

**Untersuchungen zu proximalen Anastomosendevices in der
Koronarbypasschirurgie:
Vergleich des U-Clip-Systems mit der klassischen Nahttechnik**

Susanna Kober



2014

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

**Untersuchungen zu proximalen Anastomosendevices in der
Koronarbypasschirurgie:
Vergleich des U-Clip-Systems mit der klassischen Nahttechnik**

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

**vorgelegt von
Susanna Kober
aus München**

2014

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

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Calin Vicol

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Christian Kupatt, Prof. Dr. Albert Schütz

Mitbetreuung durch promovierte Mitarbeiter: PD Dr. med. S. Eifert

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 20.02.2014

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und historischer Überblick	7
2.	Fragestellung und Arbeitshypothese	11
3.	Material und Methoden	12
3.1	Patientenkollektiv	12
3.2	Aortokoronare Bypassoperation	12
3.2.1	Operationsindikation	12
3.2.2	Präoperative Diagnostik	13
3.2.3	Operationstechnik unter EKZ und OPCAB	14
3.2.4.	Schematische Operationssituation	15
3.3	Der U-Clip	17
3.4	Mehrschicht-Computertomographie (MSCT) Untersuchung	19
3.4.1	Der MSCT des Institutes für Klinische Radiologie Klinikum München	19
3.4.2	Das Mehrschicht-Computertomogramm (MSCT) in der Herzchirurgie	19
3.4.3	Bildrekonstruktion	20
3.4.4	Messungen am T-Graft und Bildanalyse	20
3.5	Statistik	23
4.	Ergebnisse	24
4.1	Präoperative Daten	24
4.2	Intra- und perioperative Daten	27
4.2.1	Beurteilung der Koronarien intraoperativ	27
4.2.2	Beurteilung der Koronarzielgefäße	29
4.2.3	Anastomosierung der Gefäße	30
4.2.4	Zusammenfassung der perioperativen Daten	32
4.3	Postoperative Daten	34

4.3.1	Mehrschicht-Computertomographie (MSCT) Untersuchung postoperativ	34
4.3.2	Klinische Ergebnisse	37
4.3.2.1	Postoperativer Verlauf	37
4.3.2.2	Kreislaufsituation und medikamentöse Unterstützung	38
4.3.2.3	Verlauf der Herzenzyme und Nierenwerte	39
4.3.2.4	Komplikationen und allgemeine Daten	40
4.3.3	Postoperative NYHA Einteilung	42
5.	Diskussion	43
5.1	Studiendesign	43
5.2	Operativer, postoperativer Status und Letalität des Patienten	43
5.3	Mehrschicht-Computertomographie am Herzen	45
5.3.1	MSCT versus Koronarangiographie zur Nachuntersuchung in der Herzchirurgie	45
5.3.2	Radiologische Lumendiametermessungen am T-Graft	47
5.4	Der Coalescent Nitinol Clip	48
5.4.1	Der U-Clip in anderen operativen Einsatzgebieten	48
5.4.2	Der U-Clip im Vgl. zu proximalen Anastomosendevices in der Bypasschirurgie	50
5.4.3	Der U-Clip in unserer Studie	51
5.5	Limitationen der vorliegenden Arbeit	52
6.	Zusammenfassung	53
7	Literaturverzeichnis	54
8.	Danksagung	61
9.	Lebenslauf	62

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung	1: Schematische Darstellung T-Graft	10
Abbildung	2: Koronarangiographie der LCA und RCA	13
Abbildung	3a: Schematische Darstellung der Myokardrevaskularisation Gruppe A	15
Abbildung	3b: Schematische Darstellung der Myokardrevaskularisation Gruppe B	16
Abbildung	4: U-Clip in ‚offenem‘ Zustand	17
Abbildung	5: U-Clip Device bei Freigabe und in ‚geschlossenem‘ Zustand	18
Abbildung	6: Anfertigung einer Anastomose mittels U-Clip	18
Abbildung	7: MSCT Darstellung der zentralen T-Graft Anastomose mit U-Clips und postoperative Messung des Diameters am T-Graft (mit U-Clip)	21
Abbildung	8: T-Graft in 3D-Rekonstruktion mit der RITA als freier Graft	22
Abbildung	9: Skizze zu Diameter und Fläche des T-Grafts	22
Abbildung	10: Ausprägung der KHK und Koronarstenosenverteilung	25
Abbildung	11: Sklerosegrad der Koronarien	28
Abbildung	12: Verwendetes Bypassmaterial	29
Abbildung	13: Koronare Anschlussgefäße und verwendete Bypassgrafts	31
Abbildung	14: Zentrale Anastomose: Diameter in mm	35
Abbildung	15: Zentrale Anastomose: Öffnungsfläche in mm ²	35
Abbildung	16: Quantitative Angabe des Blutverlustes über 2 Tage postoperativ	37
Abbildung	17a: Katecholamingabe der Gruppe A (konventionelle Nahttechnik)	38
Abbildung	17b: Katecholamingabe der Gruppe B (U-Clip)	38
Abbildung	18: Troponinverlauf beider Gruppen postoperativ	39
Abbildung	19: Einteilung der NYHA Klassifikation prä- und postoperativ	42

Tabellen

Tabelle	1:	Koronarbefund der Patienten präoperativ in % und Anzahl	24
Tabelle	2:	Präoperative Daten	26
Tabelle	3:	Kaliber- und Sklerosegrad der Koronarien	27
Tabelle	4:	Mittelwert der Kaliber und Flussrate der Bypassgefäße insgesamt	29
Tabelle	5:	Mittelwert und Standardabweichung der Flussrate der Bypassgefäße	30
Tabelle	6:	Intraoperative Daten	32
Tabelle	7:	Zeit der zentralen Anastomose des T-Grafts in min	33
Tabelle	8:	Messung der Diameter in mm	36
Tabelle	9:	T-Graft Offenheitsrate in %	36
Tabelle	10:	Fremdblutgabe	37
Tabelle	11:	Postoperative Komplikationen	40
Tabelle	12:	Postoperative Daten im Überblick	41

Erklärung der Abkürzungen

ACVB: Aortokoronarer Venenbypass

AHA: American Heart Association

AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften

ASS: Acetylsalicylsäure

CABG: Coronary Artery Bypass Grafting

CCS: Canadian Cardiovascular Society

CK: Creatinkinase

D1/2: Ramus diagonalis 1/2

CKMB: Creatinkinase des Herzmuskels

DGG: Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie

DGTHG: Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie

EC/IC: extrakraniell/intrakraniell

EK: Erythrozytenkonzentrat

EKG: Elektrokardiogramm

EKZ: Extrakorporale Zirkulation

FFP: Fresh Frozen Plasma

HS: Hauptstamm

IABP: Intraaortale Ballonpumpe

HLM: Herz-Lungen-Maschine

HU: Hounts Unit

KHK: Koronare Herzerkrankung

LAD: Left Anterior Descending Artery

LCA: Left Coronary Artery

LITA:	Left Internal Thoracic Artery
M1/2:	Ramus marginalis 1/2
MDCT:	Multi-Detektor Computertomograph/Computertomogramm
MIDCAB:	Minimal invasive direkte coronararterielle Bypassoperation
MIP:	Maximum Intensitätsprojektion
MPR:	Multiplanare Rekonstruktionsprojektion
MSCT:	Mehrschicht- (Multislice-) Computertomograph/Computertomogramm
MRT:	Magnetresonanztomogramm
NYHA:	New York Heart Association
OPCAB:	Off-Pump Coronary Artery Bypass
PAVK:	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PCI:	Perkutane Koronarintervention
PTCA:	Perkutane Transluminare Koronarangioplastie
RCA:	Right Coronary Artery
RCX:	Ramus Circumflexus
RITA:	Right Internal Thoracic Artery
RIVA:	Ramus interventrikularis anterior
RMD:	Ramus marginalis dexter
RPD:	Right posterior descending
SCA:	Selektive Koronarangiographie
SF:	Short Form
SSCT:	Einzelspiral-Computertomograph/Computertomogramm
SV:	Sievert
VSM:	Vena saphena magna
WHO:	World Health Organisation

1. Einleitung und historischer Überblick

Der Herzinfarkt ist die häufigste akute Komplikation der Koronaren Herzerkrankung (KHK) und eine der bedeutendsten Todesursachen der westlichen Welt. In Deutschland war er mit einer Sterblichkeit von 6,7% für das Jahr 2008 sowohl bei Männern als auch bei Frauen Nummer eins der Todesursachen, obwohl laut Studien die Letalität eines Herzinfarktes für Männer und Frauen innerhalb der vergangenen 20 Jahre deutlich abgenommen hat [Statistisches Bundesamt Deutschland, KORA Herzinfarktregister Augsburg des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit].

Verantwortlich für die Vielzahl von Herz-Kreislaufferkrankungen, wie beispielsweise die KHK, der Apoplex oder die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) ist eine Verkalkung von Gefäßen, die Arteriosklerose. Diese entsteht vor allem durch eine Kombination von sogenannten Risikofaktoren erster und zweiter Ordnung. Diabetes mellitus, arterieller Hypertonus und Hyperlipidämie sowie regelmäßiger Nikotinkonsum sind Risikofaktoren erster Ordnung. Zu den Risikofaktoren zweiter Ordnung zählen zum einen die Hypercholesterinämie, Hyperhomocysteinämie und Hyperfibrinogenämie, die zum Teil durch falsche Ernährung oder genetische Veranlagung entstehen, und zum anderen Adipositas mit Stammfettsucht, mangelnde Bewegung und psychischer Stress. Weitere Einflussfaktoren bilden die familiäre Häufung von Herz-Kreislaufferkrankungen, ein erhöhtes Lebensalter und das männliche Geschlecht.

Die Koronare Herzkrankheit ist definiert als Manifestation der Arteriosklerose an den Koronarien. Symptome können in Form von Angina pectoris, Herzrhythmusstörungen, Herzinfarkt oder dem plötzlichen Herztod auftreten. Die Diagnostik bei allen Patienten folgt meist dem gleichen Stufenschema. Anamnese, körperliche Untersuchung, Labor, Ruhe- und Belastungs-EKG, Ruhe- und Stressherzechokardiographie und schließlich die Koronarangiographie. Mit dem Herzkatheter können die verkalkten Plaques sehr genau in Größe, Ausmaß und Position bestimmt und zielgerichtet dargestellt werden. Vorteil bei diesem Verfahren ist die gleichzeitige Nutzung zur Intervention bei Ballondilatationen oder Stentimplantationen. Als alternative Möglichkeit steht bei bestimmten Indikationen die chirurgische Behandlung im Rahmen der aortokoronaren Bypassoperation zur Verfügung. In der Herzchirurgie ist die koronare Bypassoperation eine der wichtigsten und häufigsten Eingriffe mit 58495 Operationen im Jahre 2009, obwohl die Zahlen leicht zurückgehen mit -4,2% im Vergleich zum Vorjahr [Gummert 2010].

Die koronare Bypassoperation wird standardmäßig mithilfe der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt. Seit einigen Jahren ist aber auch die Operation am schlagenden Herzen (OPCAB) möglich und wird zunehmend bei passender Indikation durchgeführt.

Historisch gesehen gelang R. H. Goetz 1960 erstmals erfolgreich eine koronare Bypassoperation (CABG) und 1964 anastomosierte V. Kolesov in Leningrad die erste Arteria

thoracica interna links (LITA) auf den Ramus interventrikularis anterior (RIVA) [Konstantinov 2004]. R. Favaloro und D.B. Effler setzten 1967 in Cleveland/Ohio die ersten Venenbypässe ein [Captur 2004]. In Deutschland wurde die koronare Bypassoperation erstmals 1969 in Erlangen durch G. Hegemann durchgeführt.

Anastomose (griechisch: Einmündung, Öffnung) bezeichnet die physiologische Verbindung zwischen Blut- oder Lymphgefäßen. In der Chirurgie findet dieser Begriff bei operativ angelegten Vereinigungen zwischen Hohlorganen oder Blut- und Lymphgefäßen Verwendung [Pschyrembel 2002].

Im Rahmen von Herzoperationen werden Bypässe zur Überbrückung von Koronargefäßstenosen eingesetzt. Am häufigsten wird als Bypassmaterial die LITA und die V. saphena magna (VSM) verwendet. Wenn die VSM als Bypass verwendet wird, bildet sie ein freies Graft, das zwei Anschlüsse (Anastomosen) aufweist: Die zentrale (proximale) Anastomose verbindet die Vene mit der Aorta ascendens und die periphere (distale) Anastomose verbindet die Vene mit dem Koronarzielgefäß. Wenn das Ende der Vene mit einer Längsinzision in der Wand der Koronararterie anastomosiert wird, spricht man über eine End-zu-Seit Anastomose. Wenn die Anastomose eine Längsinzision in der Wand der Vene mit einer Längsinzision in der Wand der Koronararterie verbindet, spricht man über eine Seit-zu-Seit Anastomose.

Die Entwicklung der Technik der Anastomosierung im Bereich der Blutgefäße geht bis auf das 18. Jahrhundert zurück. Zu nennen ist insbesondere die 1902 vorgestellte Anastomosennaht von A. Carrel, einem sehr bedeutenden Physiologen und Chirurgen des 19./20. Jahrhunderts, der damit einen wesentlichen Beitrag in der Gefäß- und Herzchirurgie leistete und 1912 dafür mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet wurde [Rukosujew 2006, DGG].

Eine gute Gefäßanastomosentechnik muss viele Kriterien erfüllen, um sich zu etablieren. Ein großes Problem stellt die Thrombenbildung im Bereich der Anastomosennaht durch Intimaverletzung und Stenosierung der Gefäßverbindung dar. Um weitläufig im operativen Bereich anwendbar zu sein, muss die Technik so weit wie möglich vereinfacht und der Zeitfaktor der Anastomosenanfertigung verringert werden [Rukosujew 2006, Demikhov 1962].

A. Carrel erfand die nach ihm benannte Carrel-Stich-Naht, wobei es sich um eine Gefäßnaht handelt, bei der die freipräparierten Gefäßstümpfe zunächst mit durchgreifenden U-Nähten adaptiert und dann mit fortlaufenden atraumatischen Nähten vereinigt werden [Roche-Lexikon Medizin, 5. Auflage].

Ebenfalls Anfang des 20. Jahrhunderts brachte E. Payr ein absorbierbares Magnet-Ring-System zur Fertigung nahtloser Gefäßanastomosen auf den Markt. Er war ein Wegbereiter zur Weiterentwicklung unterbrochener Nahttechniken, beispielsweise für A.H. Blakemore und

weitere Chirurgen. 1961 benutzte Goetz erstmals erfolgreich ein Payr-ähnliches Modell zur LITA-Anastomosierung bei Hunden [Tozzi 2002].

All diese Verfahren konnten jedoch nicht die fortlaufende Anastomosennaht übertreffen und ablösen. Komplexes und unhandliches Instrumentarium, unflexible Techniken, die bei signifikant unterschiedlich großen Gefäßen nicht anwendbar waren, und starre Fremdkörper, die zu Gefäßerweiterungen führten, limitierten den Gebrauch von unterbrochenen Nahttechniken. Hier kam es zu Neuentwicklungen zu Gunsten von verbessertem Material, verringerter Anastomosenfertigungszeit und geringerer Manipulation an Gefäßen.

Derzeit existieren neben der fortlaufenden Anastomosennaht zum Teil automatisierte sogenannte Anastomosendevices wie beispielsweise der U-Clip Anastomotic Device (Coalescent Surgical, Sunnyvale, CA, USA).

Das Standardbypassmaterial besteht aus der LITA, die meistens für die Revaskularisation des RIVA und aus der VSM, die für die Versorgung der Koronargefäße der Hinterwand des Herzens und der rechten Koronararterie (RCA) verwendet werden. Die Offenheitsrate der LITA liegt nach 10 Jahren bei ca. 90%, die der VSM bei ca. 50% [Loop 1986]. Unter diesen Bedingungen stellt sich die Frage, ob die Verwendung mehrerer arterieller Conduits zu besseren Ergebnissen führen kann. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass das arterielle Bypassmaterial bessere Offenheitsraten als das venöse aufweist [Lytle 1986].

Es bestehen mehrere Möglichkeiten das arterielle Bypassmaterial einzusetzen. Beide Aa. thoracicae internae können „in situ“ – wenn das Ende jedes Conduits mit einem Koronargefäß anastomosiert wird – verwendet werden. Wenn mehr als zwei Koronararterien revaskularisiert werden sollen und man nur die Verwendung arteriellen Materials beabsichtigt, werden sogenannte Conduit-Kombinationen geschaffen. Ein häufig eingesetztes solches Konstrukt ist der T-Graft (Abb. 1).

Hierbei wird die LITA „in situ“ mit dem RIVA anastomosiert und die RITA oder die Radialarterie als „freier Graft“ für die Revaskularisation der Hinterwand des Herzens eingesetzt. Die Verbindung (End-zu-Seit Anastomose) des proximalen Endes des freien Graftes mit der Seitenwand des „in-situ“ LITA-Graftes bildet die zentrale Anastomose des T-Graftes [Tector 1994]. In unserer Klinik wird als freier Graft die RITA bevorzugt.

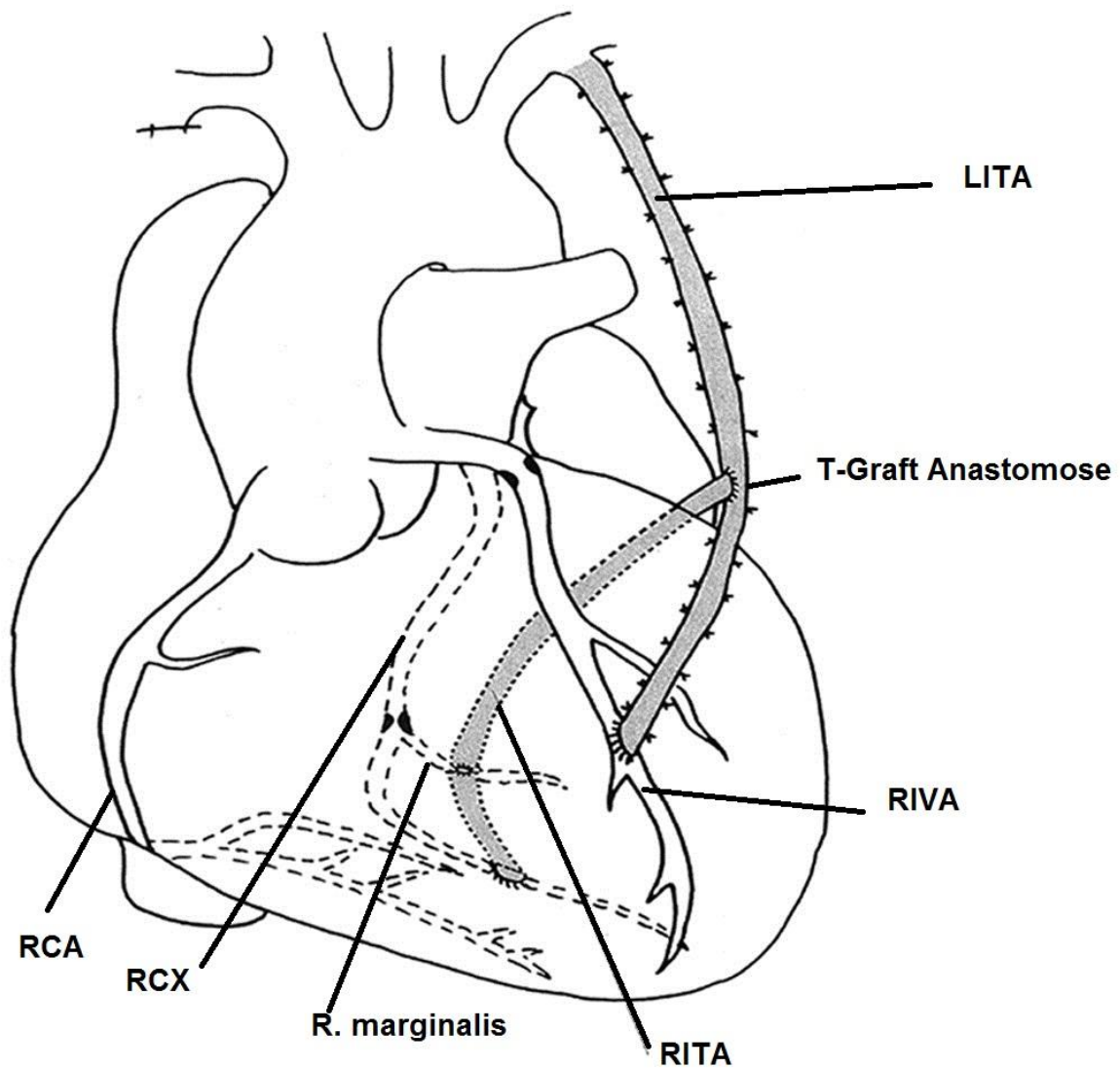


Abbildung 1: Schematische Darstellung: Arterielle Revaskularisation unter Verwendung beider Aa. thoracicae internae in der T-Graft-Technik mit LITA zu RIVA und RITA zum R. marginalis (LITA: Linke A. thoracica interna, RITA: Rechte A. thoracica interna, RIVA: Ramus interventricularis anterior, RCX: Ramus circumflexus, R. marginalis: Ramus marginalis, RCA: Rechte Koronararterie)

2. Fragestellung und Arbeitshypothese

Sobald neue Operationstechniken und Materialien entwickelt werden erfordert es signifikante Studien, um eine bessere Qualität, höhere Effektivität oder schnellere Durchführung einer Methode zu zeigen. Ob daraufhin bestimmte Techniken zu bevorzugen sind und ob etablierte Verfahren in den Hintergrund rücken sollten, steht zur Diskussion.

Ziel dieser Arbeit ist es mithilfe einer randomisierten klinischen Studie zu zeigen, ob der U-Clip der konventionellen Nahttechnik in der koronaren Bypasschirurgie aufgrund von Compliance und Elastizität der kreierten Anastomose überlegen ist. Da Bypässe mittels A. thoracica interna ihren Durchmesser an den Blutdurchfluss anpassen können, wurde des Weiteren mittels MSCT untersucht, ob die Anastomosentechnik mittels U-Clip zu Veränderungen im Bereich des LITA-RITA T-Grafts führte und sich konsekutiv das Lumen der anastomosierten Gefäße relevant veränderte.

3. Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen der prospektiven klinischen Blind-Studie wurden zwischen Februar 2005 und Februar 2006 an der Herzchirurgischen Klinik im Klinikum Großhadern insgesamt 31 Patienten, randomisiert auf zwei Gruppen verteilt, operiert und beobachtet. Darunter waren 27 Männer und 4 Frauen im Alter von 38-81 Jahren. Die Patienten unterzogen sich einer koronaren Bypassoperation unter extrakorporaler Zirkulation bei gleichen Bedingungen mit demselben Herzchirurgen. Gruppe A bestand dabei aus 16 Patienten, davon 2 Frauen, mit einem Durchschnittsalter von 64,4 Jahren. Gruppe B bestand dabei aus 15 Patienten, davon 2 Frauen, mit einem Durchschnittsalter von 64,2 Jahren. In beiden Gruppen wurden jeweils die linke und rechte Arteria thoracica interna (LITA, RITA) verwendet, die LITA „in-situ“ zum RIVA und die RITA als freier Graft angeschlossen an die Gefäße der Hinterwand. Das proximale Ende der RITA wurde im mittleren Drittel der LITA implantiert und somit der T-Graft hergestellt, bei den Patienten der Gruppe A konventionell mit einem fortlaufenden Prolenefaden 8-0 und bei denen der Gruppe B mithilfe von U-Clips.

Jeder der 31 Patienten unterlag denselben Voruntersuchungen, wies signifikante Koronarstenosen auf und entsprach den Kriterien für eine Bypassoperation. Postoperativ wurden 29 Patienten im Mittel von 14 Tagen (6–38 Tage) und 6 Monaten (166-406 Tage) mittels Mehrschicht-Computertomogramm (MSCT) am Herzen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Diagnostische Radiologie der Universität München nachuntersucht sowie 6 Monate postoperativ anhand eines Fragebogens nach ihrer Lebensqualität befragt. Dieses Projekt wurde zunächst vor Beginn der Studie von der Ethikkommission der Universität geprüft und genehmigt. Prä-, peri- und postoperative Daten sowie die Ergebnisse der CT-Untersuchungen und des Lebensqualitätsfragebogens wurden registriert.

3.2 Aortokoronare Bypassoperation

3.2.1 Operationsindikation

Die Herzkranzgefäße haben in der Regel einen Durchmesser von 1-3 mm. Ist das Lumen dieser Gefäße aufgrund einer arteriosklerotischen Plaque um 70% und mehr eingengt, spricht man von einer klinisch relevanten Koronarstenose. Diese kann sich mit den klassischen Symptomen einer Angina pectoris äußern oder bei Diabetikern als stumme Myokardischämie auftreten.

Eine Indikation zur operativen Revaskularisierung mittels Bypassoperation ist manchmal individuell zu stellen. Es bestehen Kriterien und Leitlinien für die Entscheidungsfindung, zielführend sind hier vor allem die Guidelines der European Society of Cardiology (ESC) und der European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) [Guidelines ESC und

EACTS 2010]. Hierbei erfolgt stetig eine Überarbeitung und Erneuerung aufgrund neuer Studien und Erkenntnisse.

Grundsätzlich kann man sagen, dass Patienten mit einer 3-Gefäßerkrankung und/oder einer Hauptstammstenose operiert werden sollten.

3.2.2 Präoperative Diagnostik

Jeder unserer Patienten wurde standardmäßig vor der koronaren Bypassoperation untersucht. Dazu gehörten eine ausführliche Anamnese zur Einteilung in die NYHA-Klassifikation sowie eine Medikamentenanamnese und die Ermittlung von Risikofaktoren, gefolgt von einer ausführlichen körperlichen Untersuchung. Als wichtigstes Diagnostikum zur Planung einer koronaren Bypassoperation zählt die Koronarangiographie (Abb. 2), welche standardmäßig bei allen unseren Patienten durchgeführt wurde. Begleitend wurden patientenbezogen ein EKG in Ruhe und unter Belastung sowie eine Echokardiographie in Ruhe und unter Stress angefertigt. Zur Operationsvorbereitung wurden des Weiteren ein Röntgen-Thorax p.a., ein Standardlabor und eine Carotisdoppleruntersuchung gemacht. Bei dem Vorhaben einen A. radialis-Bypass durchzuführen, wurde ein Allen-Test gemacht und bei der Planung eines VSM-Bypasses ein Venenstatus erhoben [ACC/AHA Guidelines 1999, 2004, 2007].

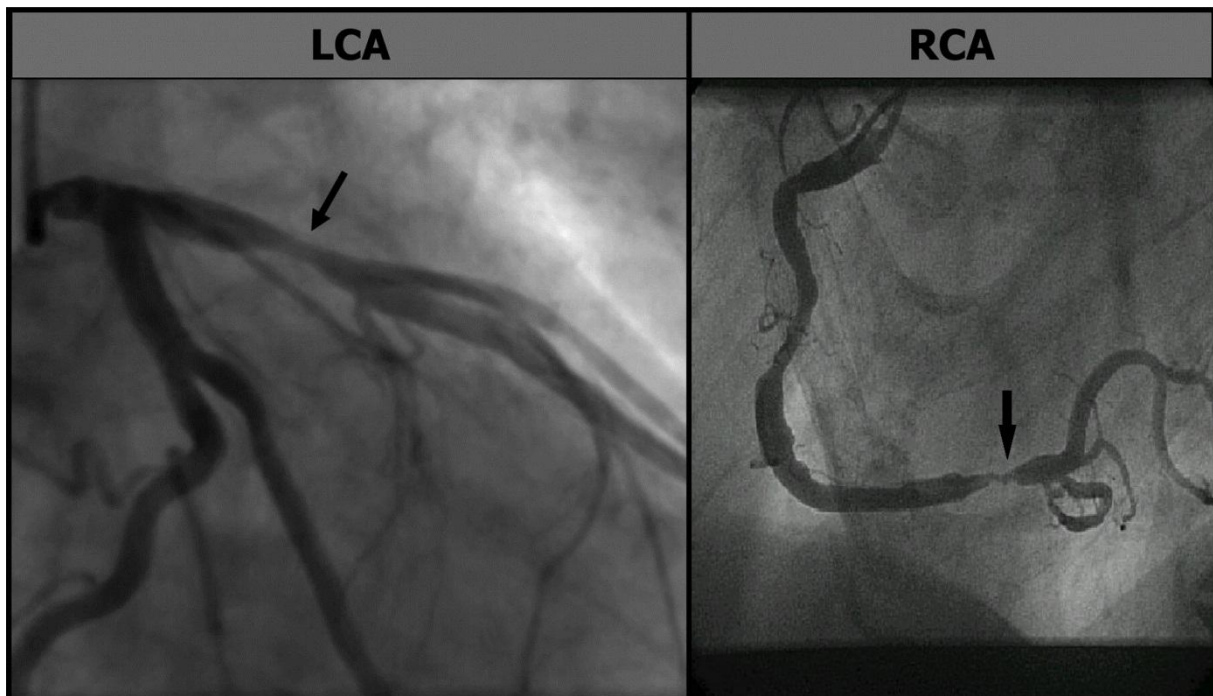


Abbildung 2: Angiographie der linken Koronararterie (LCA) und der rechten Koronararterie (RCA). Zu sehen ist eine ca. 50% Stenose der proximalen LCA und eine hochgradige Stenose der RCA. [Yilmaz et al. 2010]

3.2.3 Operationstechnik unter Extrakorporaler Zirkulation (EKZ) und am schlagenden Herzen (OPCAB)

Nach Initialisierung der Vollnarkose wurde jeder Patient median sternotomiert. Es folgte bei allen Patienten die Eröffnung des Perikards. Die Koronarien wurden inspiziert. Die zur Anastomosierung vorgesehenen Bypassgrafts, vornehmlich LITA, RITA und Segmente der Vena saphena magna bzw. die Arteria radialis wurden freipräpariert und auf ihre Dichtigkeit sowie Funktionstüchtigkeit überprüft. Um der Neigung der arteriellen Grafts zu Gefäßspasmen vorzubeugen, wurde eine vasodilatative Therapie intraoperativ mit Papaverin (Fa. Cayman Chemical Company, Michigan, USA) [Vicol 2002,2004] und postoperativ mit Milrinon 0,2-0,4mg/h (Fa. Sanofi US, Bridgewater, NJ, USA) eingeleitet. Anschließend wurden 28 Patienten an die Herz-Lungen-Maschine (HL 30) (Fa. Maquet, inc. Wayne, NJ, USA), (Oxygenator von der Fa. Medtronic, inc. Minneapolis, MN, USA) angeschlossen. Drei Patienten wurden in OPCAB-Technik operiert. Zur Myokardprotektion wurde eine kalte (ca. 3° Celsius), kristalloide kardioplegische Lösung (Custodiol®-Perfusionslösung, Dr. Franz Köhler Chemie, Bensheim, Deutschland) verwendet. Durch Kühlen der Patienten auf 32° Celsius konnte die Ischämietoleranz des Herzens auf Stunden erweitert werden. Zur Durchführung der OPCAB Prozedur wurden zur Positionierung des Herzens der Starfish Heart Positioner (Fa. Medtronic, inc. Minneapolis, MN, USA) und zur Stabilisierung des Koronarzielgefäßes das Octopus Device (Fa. Medtronic, inc. Minneapolis, MN, USA) eingesetzt. Zur Ischämieprotektion während der Durchführung der peripheren Anastomosen wurden intrakoronare Shunts (Clearview Intracoronary Shunt) (Fa. Medtronic, inc. Minneapolis, MN, USA) eingesetzt. Bei allen Patienten wurde eine komplette Revaskularisierung angestrebt. Begonnen wurde mit den peripheren Anastomosen, welche alle in fortlaufender Technik mittels Prolenefaden (Polypropylenfaden) (Ethicon, Fa. Johnson and Johnson Medical, New Brunswick, NJ, USA) in der Stärke 8-0 genäht wurden. Zum Schluss wurde die zentrale T-Graft Anastomose durchgeführt. Nach erfolgreicher Anastomosierung erfolgten bei den Patienten, die mit Hilfe der EKZ operiert wurden die Entlüftung, Reperfusion und Wiedererwärmung und der Abgang von der Herz-Lungen-Maschine. Bei beiden Patientengruppen wurden die Bypassflussmessungen mit einem Messgerät (Fa. Medistim, inc. Plymouth, MN, USA) durchgeführt. Die Durchflusszeit gilt als der genaueste und üblicherweise genutzte Wert um die Graftoffenheit zu beurteilen. Der Blutfluss wurde mit sterilen Proben und einer Echtzeit-Flusskurve bestimmt. Diese setzt sich aus dem durchschnittlichen Fluss in ml/min, dem Pulsationsindex und der diastolischen Füllung in Prozent zusammen. Im Anschluss folgte der Verschluss des Thorax.

3.2.4 Schematische Operationssituation

In den nachfolgenden Abbildungen (Abb.3a/b) ist der Operationssitus schematisch dargestellt. Zu sehen ist jeweils die Abbildung eines Patienten der Gruppe A sowie der Gruppe B.

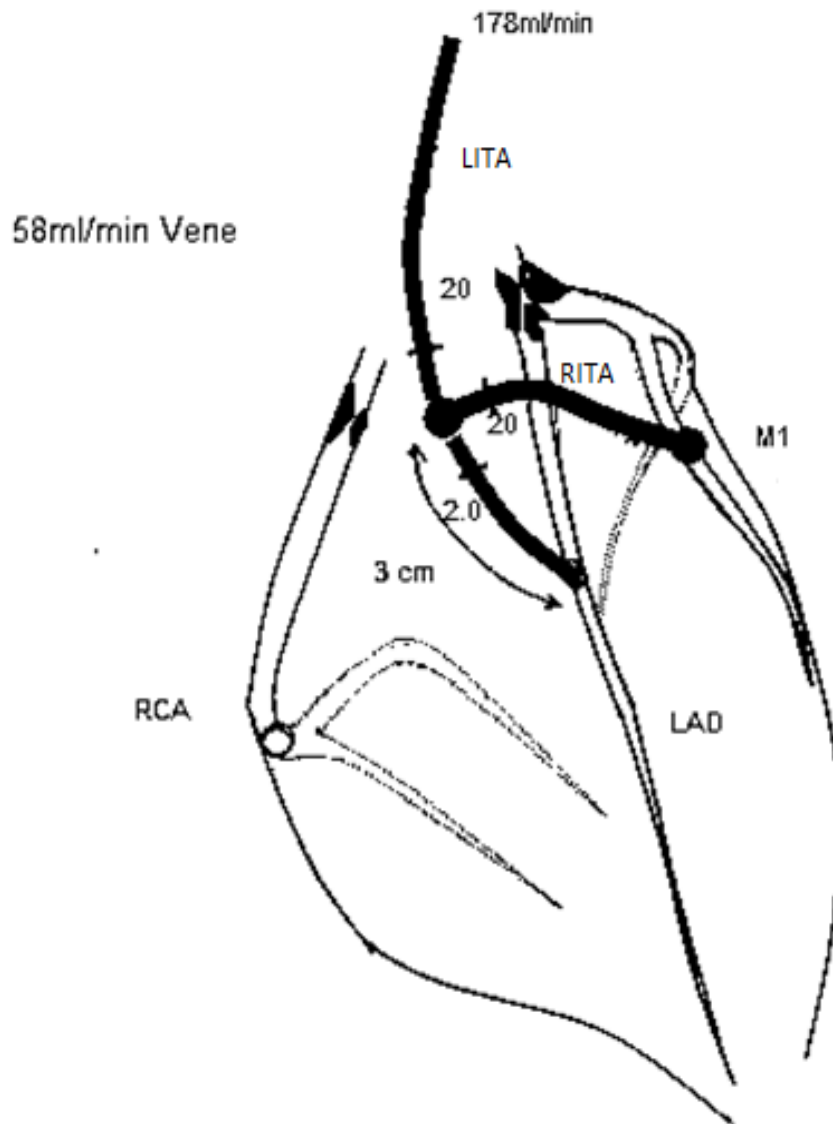


Abbildung 3a: Schematische Darstellung der Myokardrevaskularisation durch Anlage eines T-Graftes bestehend aus der LITA in situ zum RIVA und aus der RITA als freier Graft zum R. marginalis 1 und eines aortokoronaren Venenbypasses zur RCA, hierbei wurde die zentrale Anastomose des T-Grafts mittels fortlaufender 8-0 Prolenenaht hergestellt (Gruppe A)

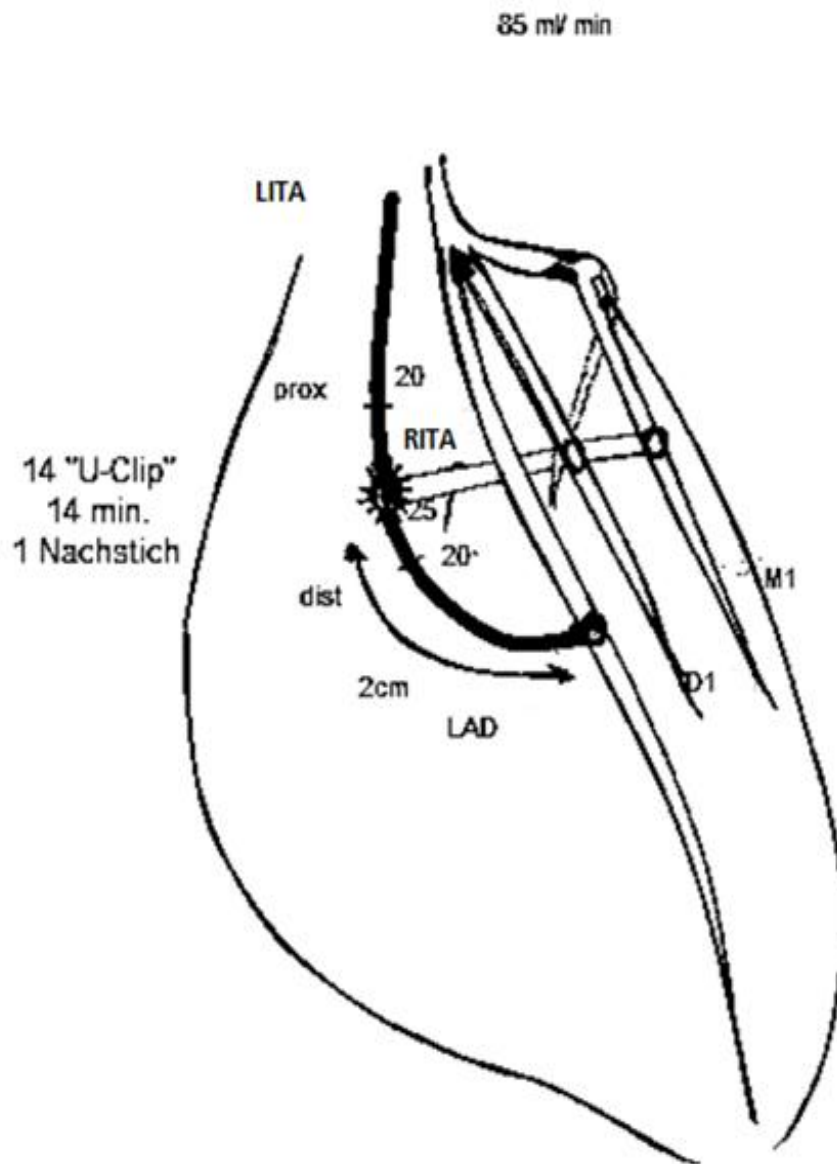


Abbildung 3b: Schematische Darstellung der Myokardrevaskularisation durch Anlage eines T-Grafts bestehend aus der LITA in situ zum RIVA und aus der RITA als freies sequentielles Graft zum R. marginalis 1 und R. diagonalis 1, hierbei wurde die zentrale Anastomose des T-Grafts mittels U-Clips hergestellt. (Gruppe B)

3.3 Der U-Clip

Der Coalescent Nitinol Clip, kurz U-Clip genannt, ist im Jahre 2000 von der Firma Coalescent Surgical (Sunnyvale, CA, USA) auf den Markt gekommen, diese wurde mittlerweile vor 5 Jahren in die Firma Medtronic (inc. Minneapolis, MN, USA) eingegliedert. Es handelt sich um eine neue Art von Anastomosendevise, das vielseitig sowohl in der minimal-invasiven oder roboterunterstützten als auch in der konventionellen Chirurgie einsetzbar ist. Der U-Clip Device besteht aus drei Teilen; einer Nadel, einem Nitinolring und einem flexiblen Teil, die miteinander verbunden sind (Abb.4). Der Nitinolring selbst besitzt einen Trigger und eine Bruchstelle, die beim Abklemmen des U-Clips vom flexiblen Teil zum automatischen Verschluss des Nitinolrings führen (Abb. 5). Sowohl die Größe der Nadel als auch die Länge des flexiblen Teiles und die Größe des Nitinolrings können variieren und werden in unterschiedlichen Größen produziert. In der Herstellung einer zentralen T-Graft Anastomose benötigt man in etwa 12 U-Clips. Abbildung 6 zeigt die Fertigung einer Gefäß-End-zu-Seit-Anastomose und in Abbildung 5 ist der Nitinolring während und nach der Freigabe zu sehen. Seit dem Jahre 2000 sind weltweit insgesamt über 100.000 Gefäßanastomosen in der Herzchirurgie unter Verwendung des Coalescent Nitinol Clips gefertigt worden, davon ein Großteil in der koronaren Bypasschirurgie [Bergmann 2004].

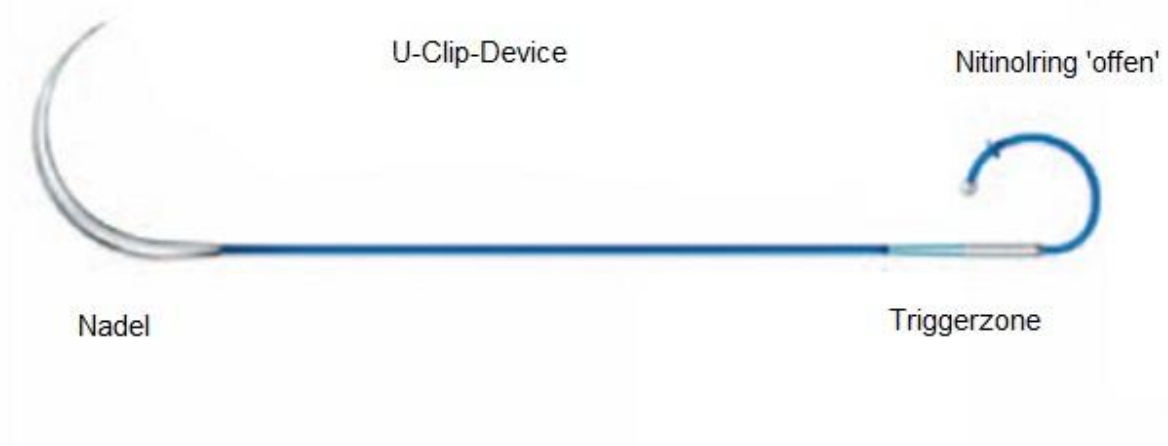


Abbildung 4: U-Clip in offenem Zustand



U-Clip Anastomotic Device

in freigegebenem Zustand

Abbildung 5: U-Clip Device bei Freigabe des Ringes und in ‚geschlossenem‘ Zustand
(©Medtronic, MN, USA)

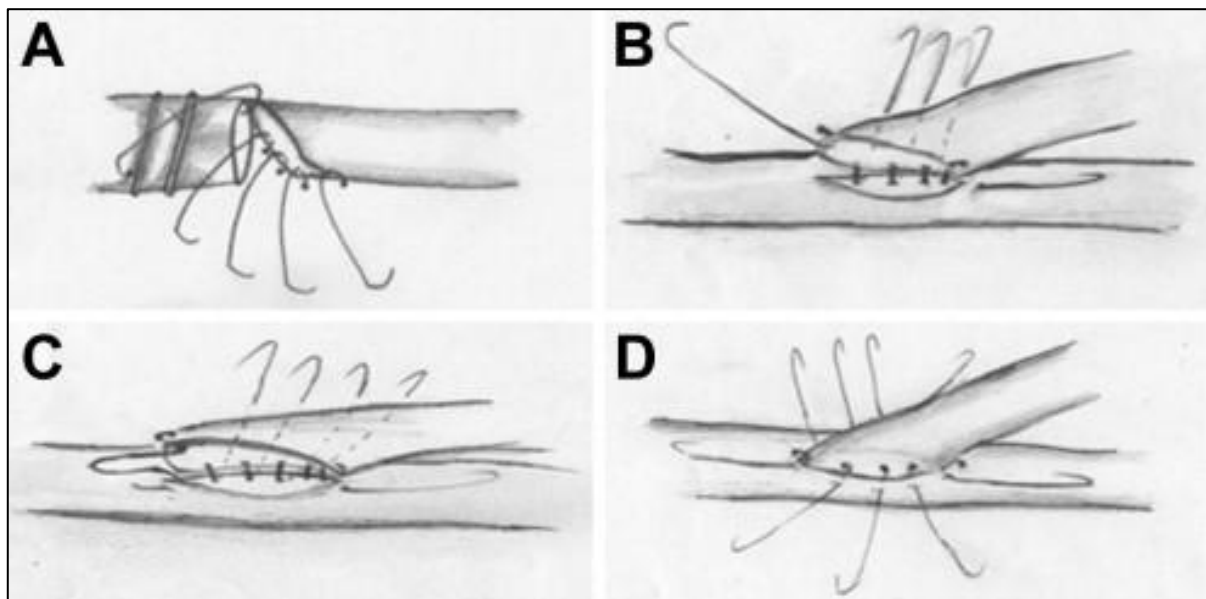


Abbildung 6: Anfertigung einer Anastomose mittels U-Clip: Nach Durchstechung der Nadel erfolgt das Abklemmen an der Triggerstelle des flexiblen Teils woraufhin sich der Nitinolring automatisch schliesst und die Anastomose entsteht (Srivastava et al. 2010)

3.4 Mehrschicht-Computertomographie (MSCT) Untersuchung

Die Patienten der Studie wurden in Kooperation mit dem Institut für Klinische Radiologie - Klinikum der Universität München in zweiwöchigem und sechsmonatigem Abstand nach erfolgter Revaskularisierung mit dem MSCT am Herzen untersucht. Dieser Eingriff dauerte pro Patient etwa 20 Minuten und wurde unter intravenöser Kontrastmittelgabe durchgeführt. Zuvor wurde jeder Patient über die Untersuchung aufgeklärt, insbesondere über die Jodunverträglichkeit bei Kontrastmittelgabe.

3.4.1 Der MSCT des Institutes für Klinische Radiologie Klinikum München

Seit Juli 2004 steht im Klinikum Großhadern ein CT-Gerät der neueren Generation, das Somatom Definition 64 (Siemens Medical Systems, Forchheim, Germany), ein 64-Zeiler-Computertomograph, zur Verfügung. Dieses Gerät besteht aus zwei Röntgenröhren und zwei Detektoren, die sich dreimal pro Sekunde um den liegenden Patienten drehen und das zu untersuchende Organ spiralförmig abtasten. Jeder Detektor des Somatom Definition 64 ist in 32 Zeilen unterteilt, und da beide Röntgenröhren den Patienten in zwei minimal verschobenen Winkeln abtasten, entstehen somit 64 Schichtbilder des Patienten. Dieser sogenannte Springfokus, die Durchleuchtung des Patienten mit minimal verschobenen Röntgenröhren, und eine speziell feine Rasterung der Detektorkeramik machen eine Auflösung von 0,4 Millimetern möglich, wodurch Aufnahmen bester Qualität ohne Erhöhung der Strahlendosis entstehen.

3.4.2 Das Mehrschicht-Computertomogramm (MSCT) in der Herzchirurgie

In der Herz-CT-Diagnostik stellt der 64-Zeiler einen großen Durchbruch der Technik dar, weil hier vor allem immer das Problem bestand, scharfe Aufnahmen des sich bewegenden Herzens zu machen und die Bildauflösung für die kleinen Koronarien lange Zeit zu gering war. Die ringförmige Gantry des Somatom Sensation 64 schafft es in 0,33 Sekunden einmal um den Patienten zu rotieren und erlangt damit eine zeitliche Auflösung von 83 Millisekunden. Dies ist schnell genug, um auch bei Patienten mit Tachykardie oder Arrhythmie ein scharfes Bild vom Herzen ohne vorherige frequenzbremsende Therapie oder langem Luft anhalten des Patienten zu bekommen. Die Röhrenspannung betrug 120kV mit einem maximalen Fluss von 560mA auf beiden Röhren und einem pitch von 0,2-0,43 an die Herzfrequenz adaptiert. Die EKG-getriggerte laufende Röhrenmodulation wurde bei etwa 65-75% des Herzzyklus nach der R-Zacke im EKG bei einer Herzfrequenz bis zu 70/min eingesetzt. Bei höheren Herzfrequenzen wurden die Röhren zwischen 30 und 80% des Herzzyklus voll gefahren, um eine zusätzliche Rekonstruktion in der Systole zu erhalten.

In der Regel dauert es 5-10 Sekunden um ein dreidimensionales Computerbild vom untersuchten Herzen mit gutem Einblick in die Koronarien, die Herzklappen und den Herzmuskel zu erhalten.

3.4.3 Bildrekonstruktion

Die Rekonstruktionslaufzeit wurde auf 70% des Herzzyklus für Herzfrequenzen bis 70/min und auf 35% für höhere Frequenzen gesetzt. Eine von zwei zusätzlichen Rekonstruktionen wurde bei variierenden Laufzeiten im Falle von suboptimaler Bildqualität berechnet. Axiale Bilder mit einer Schichtdicke von 0,75 mm wurden mittels medium soft convolution kernel (B26f) (Faltungskern) und einem monosegmentalem Algorithmus rekonstruiert um Metallartefakte zu minimieren.

Die räumliche Auflösung dieser Daten betrug 0,5x0,5x0,75 mm.

3.4.4 Messungen am T-Graft und Bildanalyse

Im Rahmen der Studie wurde besonderes Augenmerk auf die Offenheit der koronaren Bypässe gelegt. Bei unserer Untersuchung stand die zentrale T-Graft-Anastomose im Vordergrund. Die MSCT Daten wurden von einem Radiologen mit über 10-jähriger Erfahrung in koronarer CT-Angiographie an einem fixen Arbeitsplatz ausgewertet (LEONARDO, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany). Um die relevanten Gefäßsegmente anzuzeigen, wurden die originalen axialen Aufnahmen mittels Maximumintensitätsprojektionen (MIP) und Multiplanaren Rekonstruktionsprojektionen (MPR) nachbearbeitet und dargestellt (Abb. 7). Um den longitudinalen Bypassverlauf und den Bereich der zentralen T-Graft Anastomose darzustellen, wurde ein 3D Werkzeug benutzt (Abb. 8). Diverse Querschnitte entlang der Gefäßachse des Bypasses am nächsten zur T-Graft Anastomose gelegen wurden verwendet, um die Lumendiameter und Lumenfläche zu messen (Abb. 9). Somit wurden bei jedem Patienten beider Gruppen Messungen an 2 Zeitpunkten (2 Wochen und 6 Monate postoperativ) vorgenommen:

1. LITA proximal der zentralen T-Graftanastomose
2. LITA distal der zentralen T-Graftanastomose
3. RITA distal der zentralen T-Graftanastomose
4. a Durchmesser der zentralen T-Graft Anastomose
4. b Oberfläche der zentralen T-Graft Anastomose

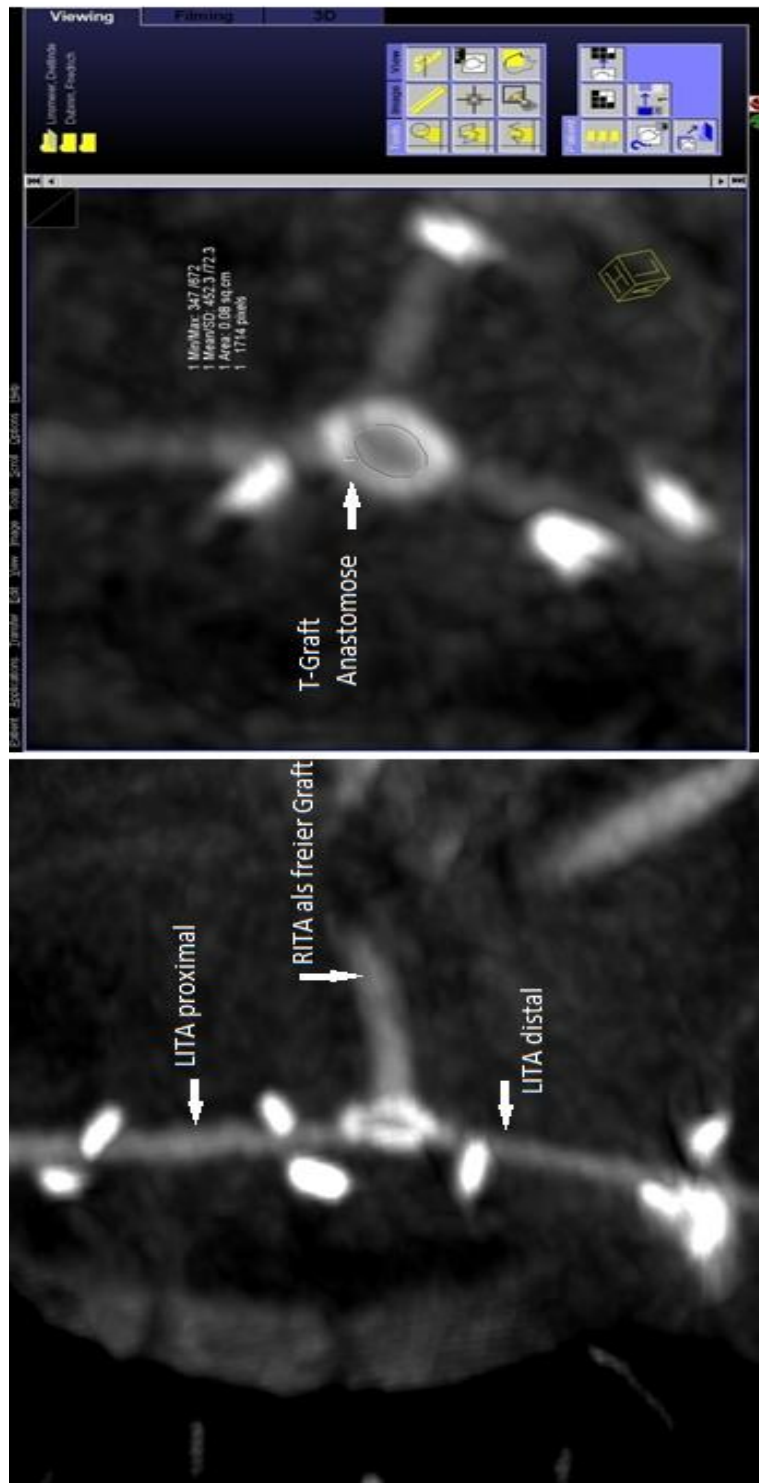


Abbildung 7: MSCT Darstellung der zentralen T-Graft Anastomose mit U-Clips und postoperative Messung der zentralen T-Graft Anastomose mit U-Clip (Kreis)

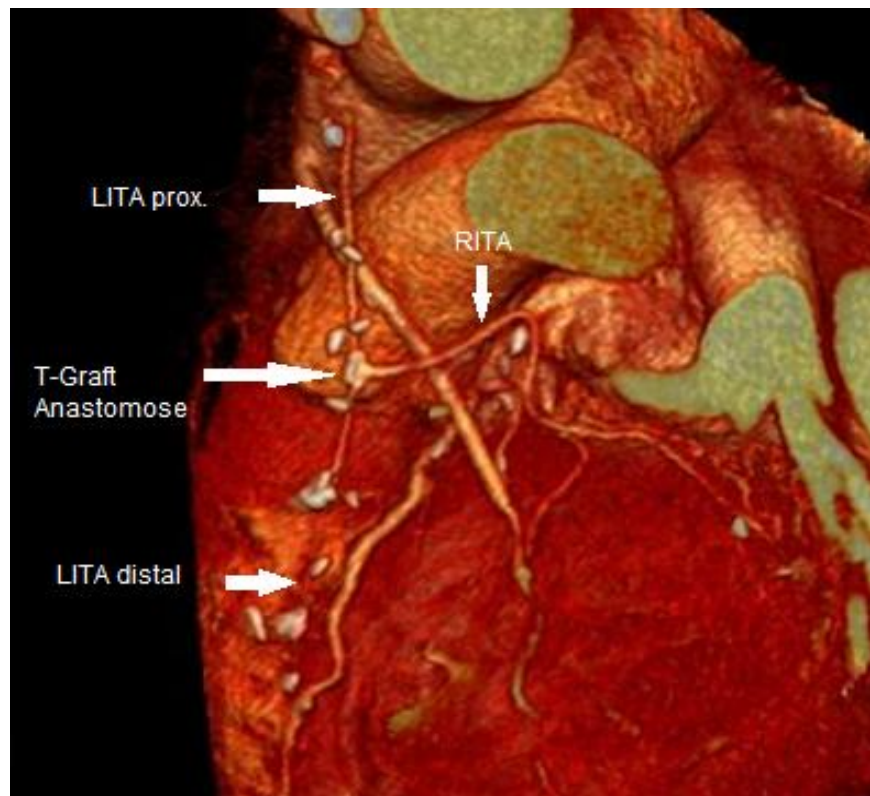


Abbildung 8: T-Graft in 3D-Rekonstruktion mit der RITA als freier Graft

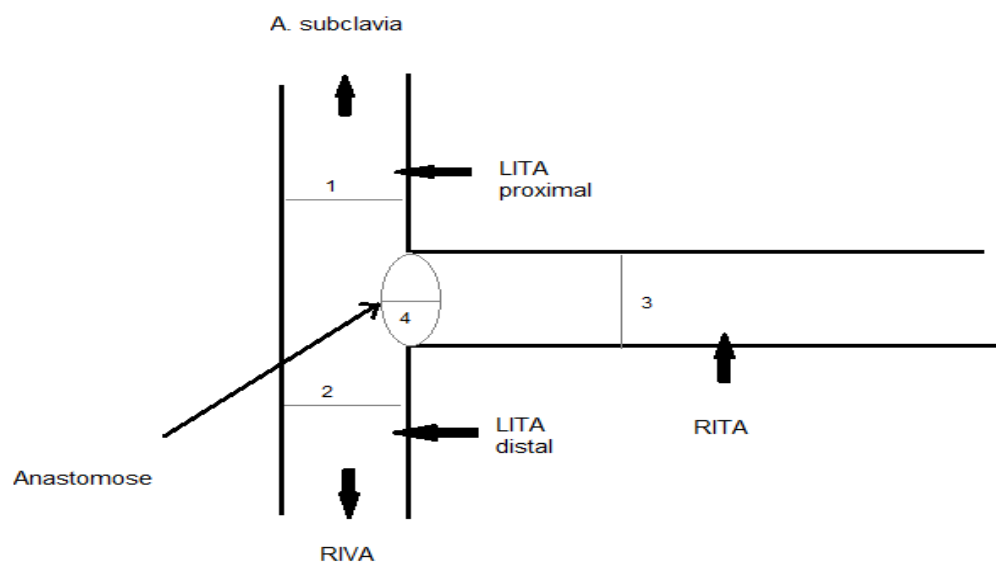


Abbildung 9: Skizze zu Diameter und Fläche des T-Grafts

3.5 Statistik

Im Rahmen der prospektiven Studie wurde ein deskriptiver Vergleich der prä- und postoperativen Daten durchgeführt. Als Lokalisations- beziehungsweise Streuungsmaße wurden jeweils der Mittelwert, die Standardabweichung, das 95%ige Konfidenzintervall für den Mittelwert sowie Minimum und Maximum angegeben. Zur Testung der Signifikanz wurde ein $p < 0,05$ herangezogen.

Es sollte eine Lumenvergrößerung der Anastomosen der Gruppe B im Vergleich zur Gruppe A sowie ein Anastomosenwachstum der Gruppe B innerhalb von 6 Monaten gezeigt werden. Dazu wurden die Durchmesser der Anastomosen anhand beider MSCT Untersuchungen radiologisch verglichen.

Weitere statistische Testverfahren wurden im Sinne von Qui-Quadrat-Tests [Rinne 2003] und dem One Way ANOVA Test [Fahrmeir 1999, Backhaus 2006] zur Analyse quantitativer und qualitativer Merkmale durchgeführt. Es wurden statistische Tests angewandt, die sowohl für verbundene als auch unverbundene Stichproben galten. Die graphische Darstellung erfolgte in Form von Tabellen und Balkendiagrammen.

4. Ergebnisse

4.1 Präoperative Daten

Demographische und präoperative Daten der 31 Patienten, aufgeteilt in Gruppe A (16 Patienten) und Gruppe B (15 Patienten), mit einem Durchschnittsalter von 64 Jahren wurden ausgewertet und miteinander verglichen (Tab. 2). In jeder Gruppe waren je zwei Frauen zu finden. Zu erwähnen gilt die leicht erhöhte Rate an Hyperlipoproteinämie in der Gruppe B, die jedoch statistisch nicht signifikant ist ($p=0,07$). Im Durchschnitt waren die Patienten unserer Studie in beiden Gruppen der NYHA-Stufe 3 zuzuordnen und gaben erhebliche Beschwerden bei leichter körperlicher Belastung an. Zudem litten 19,4 % an Diabetes mellitus, von denen 83% nicht insulinpflichtig waren, 51,6% an Hyperlipidämie, 83,9% an arterieller Hypertonie und 30% gaben an, Zigaretten zu konsumieren oder konsumiert zu haben. Der Body-Mass-Index dient zur Einteilung des Körpergewichts in Abhängigkeit zur Körpergröße. 58% unserer Patienten litten an Übergewicht, 22,6% an Adipositas Grad 1 und 19,4% der Patienten waren normalgewichtig, Adipositas Grad 2 und 3 lagen bei unseren Patienten nicht vor. Wir konnten bei 5 Patienten (16%) präoperativ einen durchgemachten Myokardinfarkt feststellen, der bei 3 Patienten mittels perkutaner Koronarangioplastie (PTCA) versorgt wurde. An einer begleitenden AVK litten 4 aller Patienten (13%). Mithilfe der präoperativen Koronarangiographie, durchgeführt durch die kardiologischen Kollegen des Hauses, wurden Zahl und Grad der Koronarstenosen (Abb. 10) ebenso wie die Ventrikelfunktion anhand der Auswurfraction (EF) ermittelt.

Mit 81,3 % der Patienten der Gruppe A und 80% der Patienten der Gruppe B, litten die meisten Patienten an einer 3- Gefäß-KHK. 18,8 % der Patienten in Gruppe A und 20% der Gruppe B hatten eine 2-Gefäß-KHK, keine der 31 Patienten wies eine isolierte 1-Gefäß-KHK auf (Tab. 1). In beiden Gruppen waren insbesondere der R. interventricularis (RIVA), die rechte Koronararterie (RCA) und der Ramus circumflexus (RCX) von Stenosen betroffen (Abb. 10). Bei der Gruppe A ergab die EF Werte zwischen 52 und 58% bei einem Mittelwert von 63%. Die EF der Gruppe B zeigte ein Minimum von 20% und ein Maximum von 75% mit einem Mittelwert von 55%. Damit war die Pumpfunktion beider Gruppen im Durchschnitt gut (Tab. 2).

	1-Gefäß KHK %	n	2-Gefäß KHK %	n	3-Gefäß KHK %	n
Gruppe A	0	0	18,8	3	81,3	13
Gruppe B	0	0	20	3	80	12

Tabelle 1: Koronarbefund der Patienten präoperativ in % und Anzahl

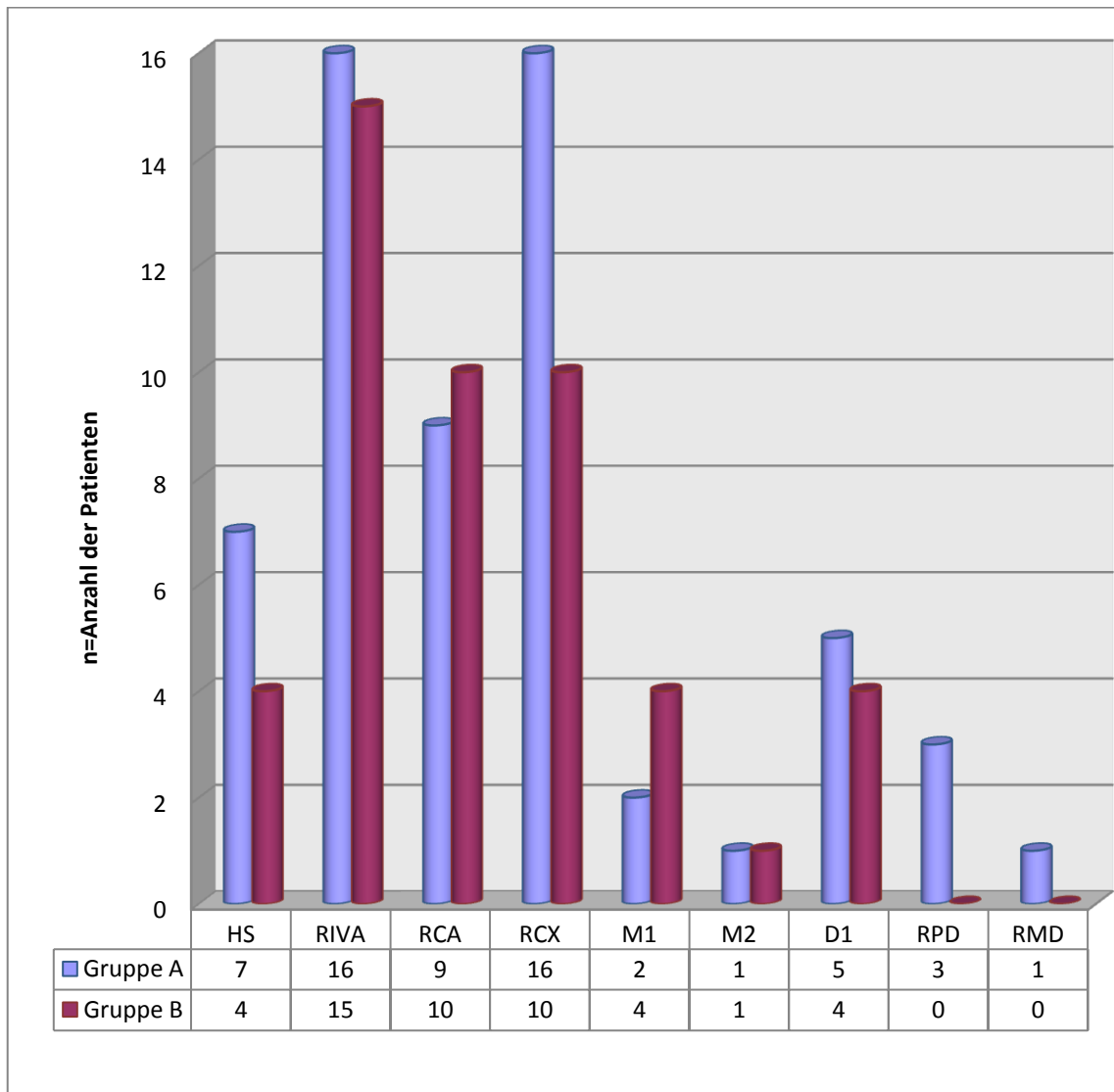


Abbildung 10: Ausprägung der KHK und Koronarstenosenverteilung der Gruppen A und B
 HS: Hauptstamm, RIVA: Ramus interventricularis anterior, RCA: rechte Koronararterie, RCX: Ramus circumflexus, M1: Ramus marginalis 1, M2: Ramus marginalis 2, D1: Ramus diagonalis 1, RPD: right posterior descending, RMD: Ramus marginalis dexter

	Gruppe A (konventionell)	Gruppe B (U-Clips)	p-Wert (Signifikanz)
Geschlecht			
weiblich	2	2	n.s.
männlich	14	13	
Alter (Jahren)	64,4±7,6	64,2±10,9	n.s.
BMI (kg/m²)	28,2±3,1	27,2±3,9	n.s.
EF (%)	63,3±14,1	55,1±15,7	n.s.
Abgelaufener Myokardinfarkt (%)	6,5	9,7	n.s.
Arterielle Hypertonie (%)	45,2	38,7	n.s.
Nikotinkonsum (%)	31,3	26,7	n.s.
Hyperlipoproteinämie (%)	68,8	31,3	p=0,07
Diabetes mellitus (%)	18,8	20	n.s.

Tabelle 2: Präoperative Daten, BMI: Body-Mass-Index, EF: Auswurfraction,

4.2 Intra- und perioperative Daten

4.2.1 Beurteilung der Koronarien intraoperativ

Intraoperativ wurden die Koronarien, die jeweiligen Anschlussgefäße der Bypässe, hinsichtlich ihrer Lumengröße und ihres Sklerosegrades beurteilt und eingeteilt. Die Kalibergröße des RIVA sowie der RCA betrug im Durchschnitt 1,8mm. Der Ramus circumflexus (RCX) hatte einen Durchschnittswert von 1,25mm, weitere Gefäßkaliberwerte sind der untenstehenden Tabelle zu entnehmen. Der RIVA zeigte einen erheblichen Sklerosegrad, wohingegen die RCA im Durchschnitt einen erheblichen bis schweren Sklerosegrad aufwies und der RCX eher von einem geringen bis erheblichen Sklerosegrad betroffen war. Die restlichen Koronarien waren durchschnittlich erheblich sklerosiert (Tab.3 und Abb.11).

Koronarien	Kalibergröße in mm	Sklerosegrad 1=gering, 2=erheblich 3=schwer
RIVA	1,8	1,9
RCA	1,8	2,2
RCX	1,25	1,5
M1	1,96	1,8
M2	1,91	1,8
RPD	1,7	2,0
D1	1,6	1,8
D2	1,5	1,7
RMD	1,75	2

Tabelle 3: Kaliber und Sklerosegrad der Koronarien (durchschnittliche Werte)

RIVA: Ramus interventricularis anterior, RCA: rechte Koronararterie, RCX: Ramus circumflexus, M1: Ramus. marginalis 1, M2: Ramus marginalis 2, RPD: right posterior descending, D1: Ramus diagonalis 1, D2: Ramus diagonalis 2, RMD: Ramus marginalis dexter

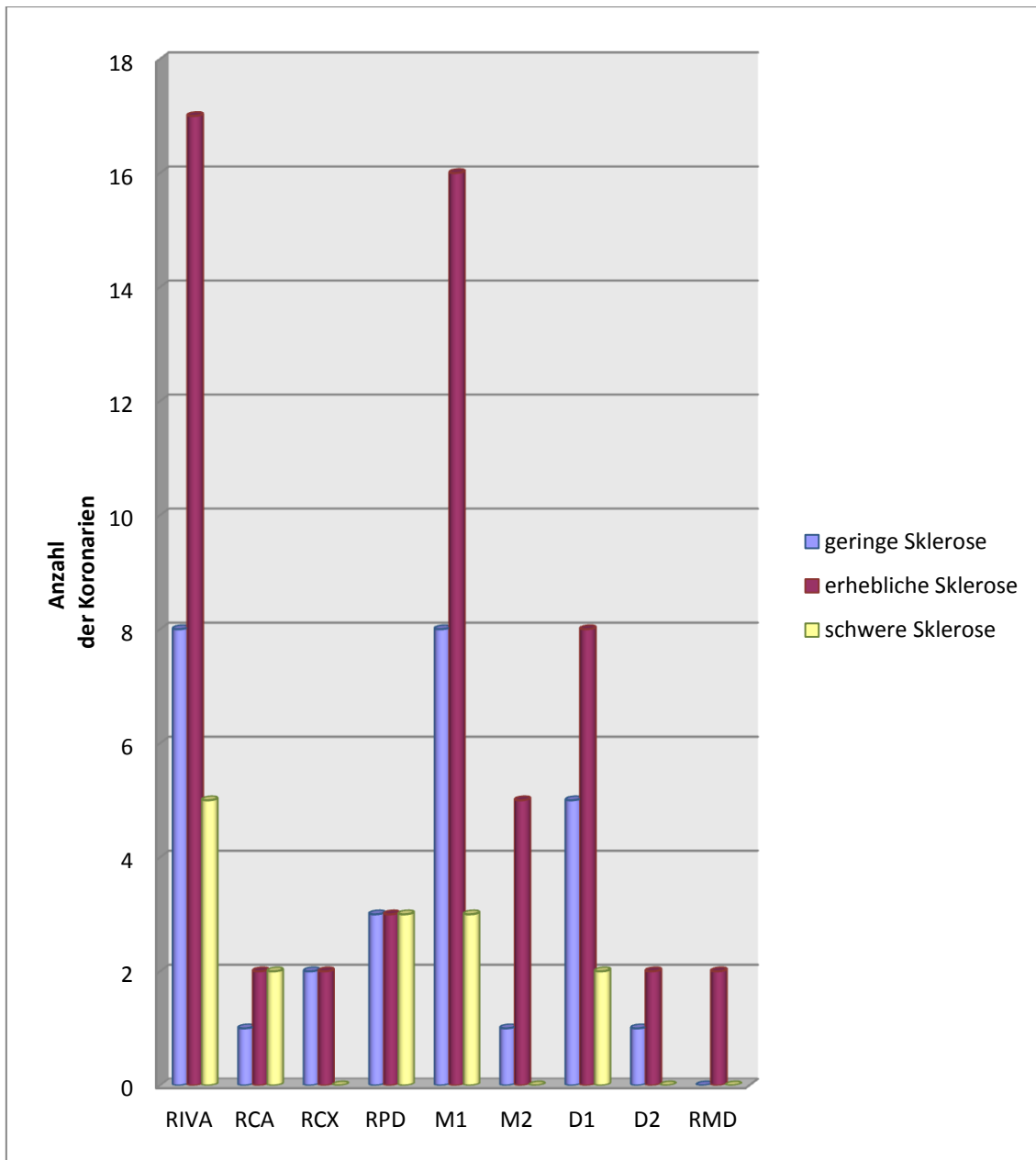


Abbildung 11: Sklerosegrad der Koronarien

RIVA: Ramus interventricularis anterior, RCA: rechte Koronararterie, RCX: Ramus circumflexus, RPD: right posterior descending, M1: Ramus. marginalis 1, M2: Ramus marginalis 2, D1: Ramus diagonalis 1, D2: Ramus diagonalis 2, RMD: Ramus marginalis dexter

4.2.2 Beurteilung der Koronarzielgefäße

Bei allen Patienten beider Gruppen (100%) wurde die LITA entnommen und bei 30 Patienten (96,8%) die RITA, sowie bei 12 Patienten insgesamt (38,7%) zusätzlich die A. radialis und bei 7 Patienten (22,6%) die Vena saphena magna (Abb.12).

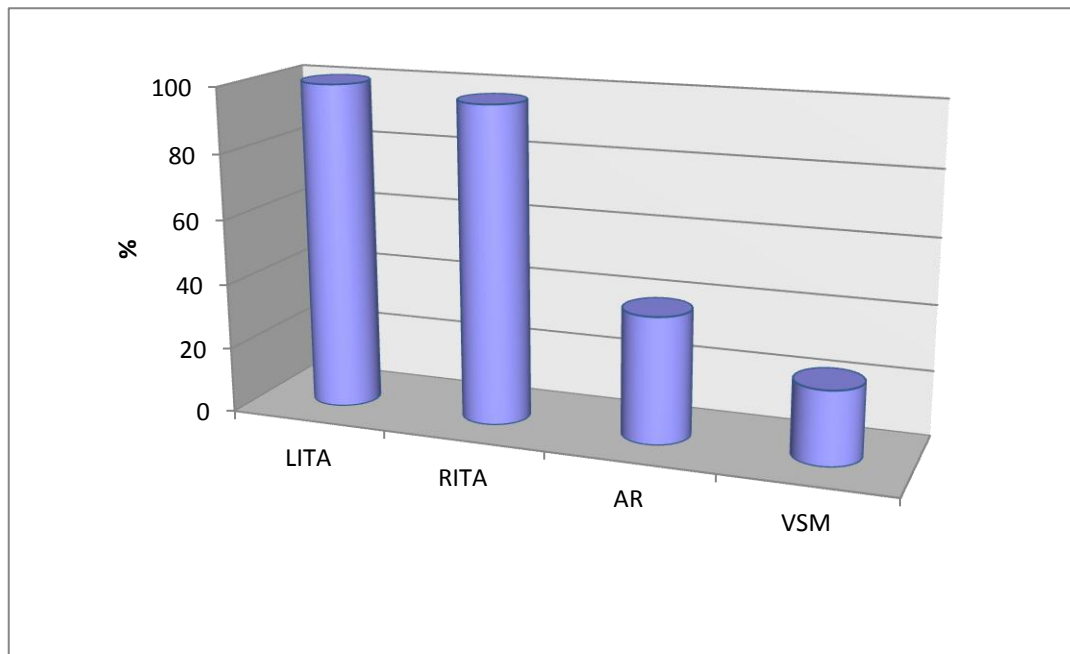


Abbildung 12: Verwendetes Bypassmaterial

LITA: linke A. thoracica interna, **RITA:** rechte A. thoracica interna, **AR:** A.radialis, **VSM:** Vena saphena magna

Die Bypassgefäße wurden nach der Entnahme auf ihre Brauchbarkeit geprüft. Dies erfolgte, indem man jeweils das Kaliber in mm und die Wandqualität ermittelte. Es wurden nur Grafts von guter Qualität verwendet.

Bypassgefäß	Diameter (mm)
LITA proximal	2,2
LITA distal	2,0
RITA	2,3

Tabelle 4: Mittelwert der Kaliber der Bypassgefäße des T-Grafts insgesamt

LITA: linke A. thoracica interna, **RITA:** rechte A. thoracica interna

4.2.3 Anastomosierung der Gefäße

Alle Patienten erhielten einen LITA-RIVA Bypass und die RITA wurde in allen Fällen als freier Graft abgehend von der LITA verwendet, davon in 24 Fällen auf den Ramus marginalis 1, in 14 Fällen auf den Ramus diagonalis 1, sowie in 3 Fällen auf den Ramus circumflexus sowie auf den Ramus diagonalis 2 und in 5 Fällen auf den Ramus marginalis 2. Die RCA, der RMD und der RPD wurden in einzelnen Fällen durch einen Venenbypass oder die A. radialis versorgt. Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Bypässe zu den jeweiligen Koronarien.

Der Abstand der zentralen T-Graft Anastomose zur LITA-RIVA Anastomose betrug in beiden Gruppen im Minimum 1cm und im Maximum 7 cm mit einem Mittelwert von 3,6 cm.

Der durchschnittliche Fluss der proximalen LITA war $93,7 \pm 44,0$ ml/min in Gruppe A, verglichen zu $108,1 \pm 68,4$ ml/min in der Gruppe B ($p=0,489$). Die Flusskurve zeigte eine diastolisch dominante Wellenform in allen Fällen. Die transitorische Flussmessung zeigte brauchbare Bypässe in allen Patienten. Die perioperativen Ergebnisse waren in beiden Gruppen ohne signifikanten Unterschied ($p=ns$) (Tab.5).

Bypassgefäße	Flussrate (ml/min) Gruppe A (min, max)	Flussrate (ml/min) Gruppe B (min, max)
proximale LITA	$93,7 \pm 45,4$ (16-178)	$108,7 \pm 68,4$ (40-264)
A.radialis	$77,7 \pm 25,3$ (46-116)	$89,6 \pm 45,6$ (35-171)
V.saphena magna	$88 \pm 41,9$ (8-150)	$124 \pm 33,4$ (80-150)

Tabelle 5: Mittelwert und Standardabweichung der Flussrate der Bypassgefäße für Gruppe A und B

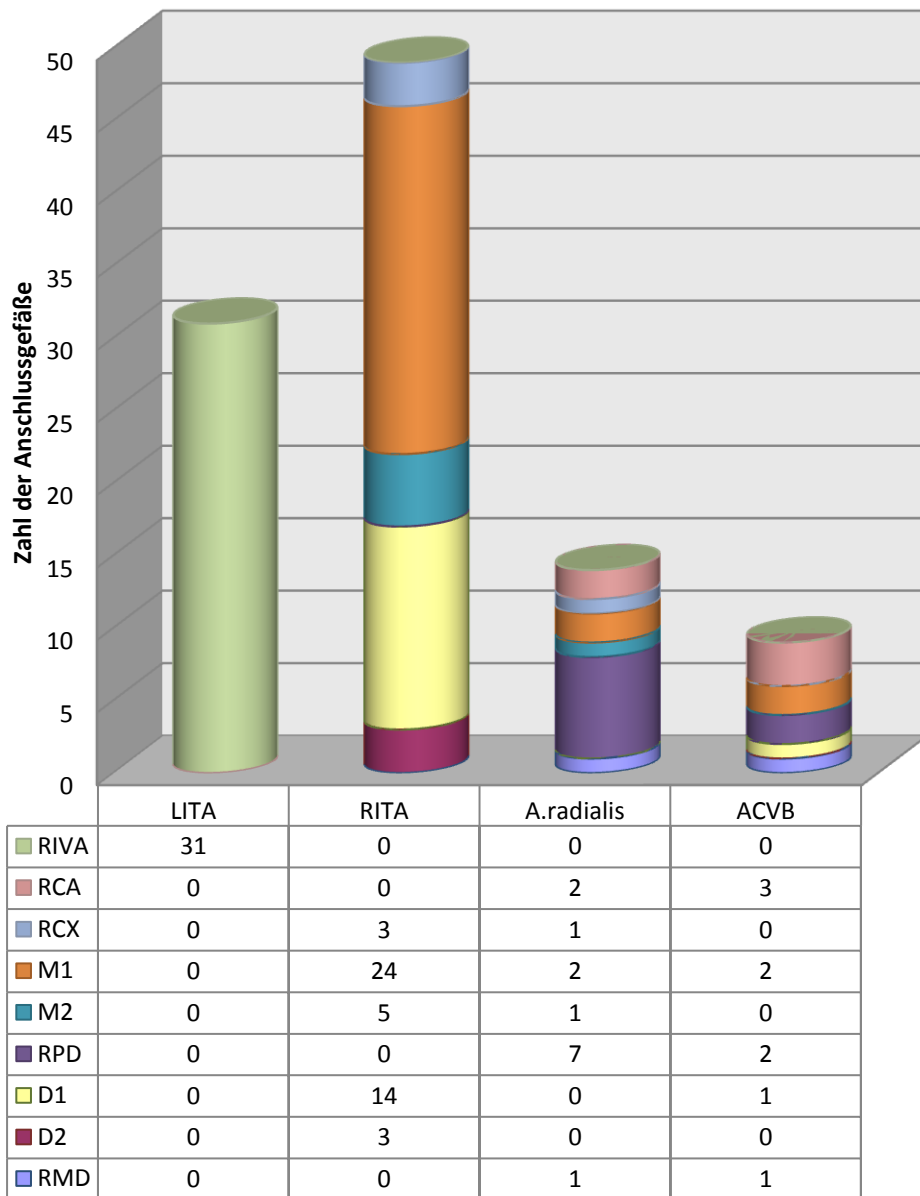


Abbildung 13: Koronare Anschlussgefäße und verwendete Bypassgrafts

LITA: linke A. thoracica interna, RITA: rechte A. thoracica interna, AR: A.radialis,

VSM: Vena saphena magna

4.2.4 Zusammenfassung der perioperativen Daten

Die Schnitt-Nahtzeit der Operationen betrug im Durchschnitt 274 Minuten (197-355 Minuten). Die extrakorporale Zirkulation lag im Durchschnitt bei 94 Minuten (53-144 Minuten) und die Aortenabklemmzeit bei 71,5 Minuten (36-114 Minuten). Die Aortenabklemmzeit betrug für die U-Clip Gruppe B $74,3 \pm 13,4$ Minuten verglichen zu $69,1 \pm 20,5$ Minuten in der Gruppe A ($p=0,439$).

Wir ermittelten eine durchschnittliche Anastomosenzzeit von $8,7 \pm 1,4$ Minuten für die fortlaufende Naht mittels Prolene und $8,3 \pm 2,0$ Minuten für eine distale Anastomose mittels U-Clip mit einer deutlichen Lernkurve (das heißt, die Anastomosenzzeit wurde von Patient zu Patient kürzer) (Tab. 6). Tendenziell war die Anastomosenzzeit beim stillgelegten Herzen (8,5 Minuten) kürzer als am schlagenden Herzen (10,3 Minuten). Alle Bypässe der Gruppe B waren offen und zeigten intraoperativ gute Flussraten. Die durchschnittliche Anzahl von benötigten U-Clips betrug 12,4 mit einem Minimum von 10 und einem Maximum von 16. In keinem Fall war ein Übergang zur Standardnaht in der U-Clip Gruppe nötig. 10 Patienten benötigten 0-3 zusätzliche U-Clips um eine ausreichende Blutstillung zu gewährleisten. Es gab kein Problem im Umgang mit dem Auslösemechanismus des Clips und keinen unzureichenden Verschluss mittels Clip.

Die OPCAB-Rate war in beiden Gruppen nicht signifikant (10% in Gruppe A versus 20% in Gruppe B). Die OPCAB Patienten wurden nicht in der Aortenabklemmzeit und EKZ berücksichtigt. Alle anderen Aspekte waren in beiden Gruppen ähnlich (Tab.7).

Mittelwert; Standardabweichung (Min, Max.)	Gruppe A (Standardnaht)	Gruppe B (U-Clip)
HLM	$8,68 \pm 1,4$ (7-12)	$8,34 \pm 1,9$ (5,5-14)
OPCAB	9	11

Tabelle 6: Zeit der zentralen Anastomose des T-Grafts (min)

HLM: Herz-Lungen-Maschine, OPCAB: off pump coronary bypass

Mittelwert; Standardabweichung (Min; Max.)	Gruppe A (konventionell) (min, max)	Gruppe B (U-Clip) (min, max)	p
Bypassgefäße (n)	43	39	-
Gesamt Op-Zeit (min)	276±41,6 (193-355)	272±34,8 (197-339)	n.s.
Aortenabklemmzeit (min)	69,1±20,5 (36-114)	74,3±13,4 (56-106)	n.s.
Extrakorporale Zirkulation (min)	89,9±24,4 (53-144)	99,5±14,2 (80-134)	n.s.
OPCAB (n)	1	2	n.s.
Anastomosenzzeit (min)	8,7±1,4 (7-12)	8,7±2,0 (5,5-14)	n.s.
Clips (n)	0	12,4±1,5 (10-16)	-
Proximale LITA Flussrate ml/min	93,7±44,0 (16-178)	108,1±68,4 (40-264)	n.s.

Tabelle 7: Intraoperative Daten

OPCAB: off pump coronary bypass, LITA: linke A. thoracica interna

4.3 Postoperative Daten

4.3.1 Mehrschicht-Computertomographie (MSCT) Untersuchung postoperativ

Wir untersuchten die Offenheitsrate der Bypassgefäße mit besonderem Augenmerk auf die zentrale T-Anastomose. 29 Patienten bekamen nach 14 Tagen (6-69) das erste MSCT und 26 Patienten nach 201 Tagen (166-406) eine Follow-Up-Untersuchung. 16 Patienten der Gruppe A und 13 Patienten der Gruppe B erhielten das Follow-Up MSCT und waren vergleichbar.

In beiden Gruppen waren zwei Wochen postoperativ je ein RITA verschlossen, die LITA zu 100% in beiden Gruppen offen. In der Gruppe A zeigte sich 6 Monate postoperativ 1 Verschluss der LITA und kein Verschluss der RITA. Der nach 2 Wochen postoperative Befund eines Verschlusses der RITA konnte nicht bestätigt werden. In der Gruppe B ergab sich ein RITA Verschluss und kein LITA Verschluss.

Der Diameter der T-Graft-Anastomose wurde von den Kollegen der Radiologie ausgemessen und verglichen. Der Diameter der LITA wurde proximal und distal und der Diameter der RITA distal der zentralen T-Graft Anastomose gemessen. In der Gruppe A betrug der durchschnittliche Diameter der proximalen LITA 2,57 mm 2 Wochen und 2,66 mm 6 Monate postoperativ (Differenz:+0,09 mm; p=n.s.). In der Gruppe B wurden proximal der LITA 2,63 mm 2 Wochen und 2,64 mm 6 Monate postoperativ gemessen (Differenz:+0,01 mm; p=ns). Der durchschnittliche Diameter der distalen LITA war 2 Wochen postoperativ 2,36 mm und 6 Monate postoperativ 2,27 mm in der Gruppe A (Differenz:-0.09 mm; p=ns). In der Gruppe B ergab sich ein Diameter der distalen LITA von 2,47 mm nach 2 Wochen und 2,51 mm nach 6 Monaten (Differenz:+0,04; p=n.s.). Der Diameter der RITA distal der T-Graft Anastomose betrug in der Gruppe A 2,24 mm nach 2 Wochen und 2,12 mm nach 6 Monaten (Differenz:-0,12 mm; p=n.s.). In der Gruppe B betrug derselbige 2,41 mm 2 Wochen und 2,29 mm 6 Monate postoperativ (Differenz:-0,12 mm; p=n.s.) (Tab. 8). Statistische Analysen zeigten keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen nach 2 Wochen und 6 Monaten (Abb.14/15 und Tab.8/9).

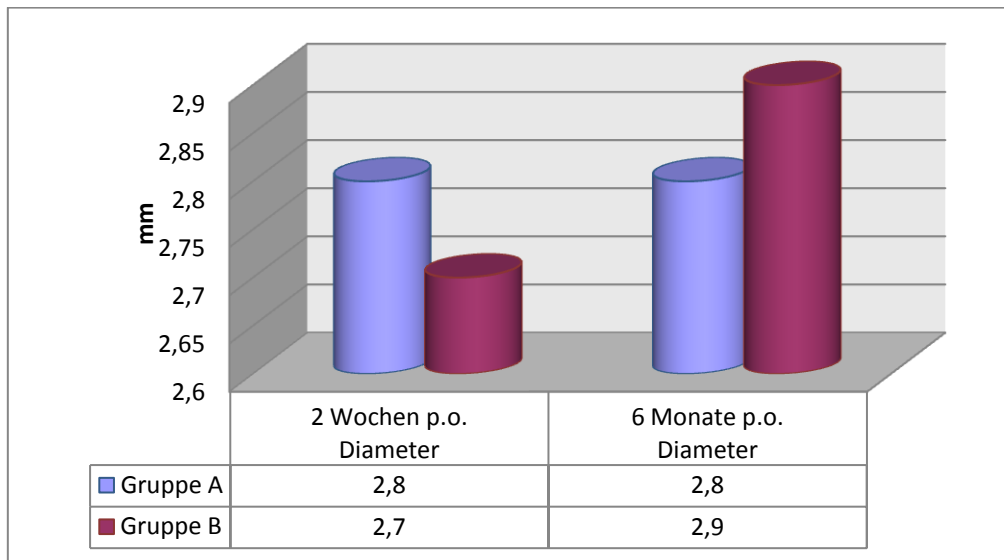


Abbildung 14: Zentrale Anastomose: Diameter in mm

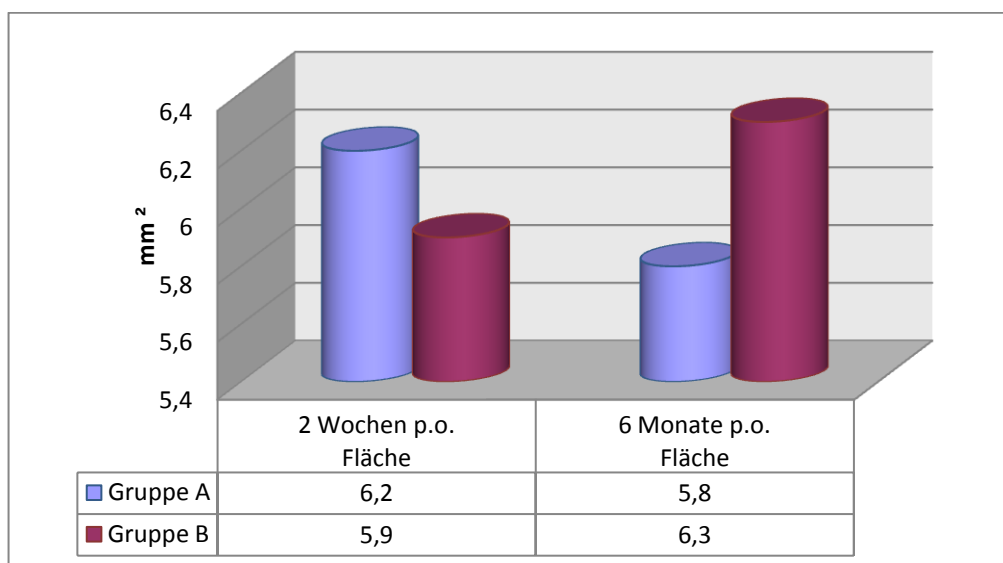


Abbildung 15: Zentrale Anastomose: Öffnungsfläche in mm²

Durchmesser der Bypässe des T-Grafts	Gruppe A 2 Wochen	Gruppe A 6 Monate	Diff.	p	Gruppe B 2 Wochen	Gruppe B 6 Monate	Diff.	p
LITA proximal	2.57	2.66	+0.09	n.s.	2.63	2.64	+0.01	n.s.
LITA distal	2.36	2.27	-0.09	n.s.	2.47	2.51	+0.04	n.s.
RITA	2.24	2.12	-0.12	n.s.	2.41	2.29	-0.12	n.s.

Tabelle 8: Messung der Diameter (mm)

LITA: linke A. thoracica interna, RITA: rechte Arteria thoracica interna

Offenheitsrate Anzahl(%)	Gruppe A 2 Wochen p.o.	Gruppe A 6 Monate p.o.	Gruppe B 2 Wochen p.o.	Gruppe B 6 Monate p.o.
LITA	12 von 12 (100%)	15 von 16 (93,8)	13 von 13 (100%)	13 von 13 (100%)
RITA	11 von 12 (91,7%)	16 von 16 (100%)	9 von 10 (90,0%)	12 von 13 (92,3%)

Tabelle 9: T-Graft Offenheitsrate absolut und in % der mittels MSCT 2 Wochen und 6 Monate postoperativ untersuchten Patienten

LITA: linke A. thoracica interna, RITA: rechte Arteria thoracica interna

4.3.2 Klinische Ergebnisse

4.3.2.1 Postoperativer Verlauf

Die Intubationszeit der Patienten betrug im Durchschnitt 15,2 Stunden (4-24), dabei 16,6 Stunden in der Gruppe A (8-24) und 13,7 Stunden in der Gruppe B (4-24) ($p=0,279$). Der Gebrauch von Erythrozytenkonzentraten und Fresh Frozen Plasma zeigte einen nicht signifikant höheren Bedarf der Gruppe B an (Tab.9).

n	Gruppe A (konventionell)	Gruppe B (U-Clip)	p
EKs	11	15	n.s.
FFPs	6	8	n.s.
TKs	2	1	n.s.

Tabelle 10: Fremdblutgabe, EK: Erythrozytenkonzentrat, FFP: Fresh Frozen Plasma, TK: Thrombozytenkonzentrat

Wir erhoben den hämodynamischen Status und notierten den Blutverlust am Operationstag sowie am ersten und zweiten postoperativen Tag (Abb.16).

Bluttransfusionseinheiten und Reoperationen aufgrund von Blutungen ergaben 19 Einheiten und 12,5% in Gruppe A verglichen zu 24 Einheiten und 0% in Gruppe B. In Gruppe A benötigten 50% keine Bluttransfusion und in Gruppe B 53,3%.

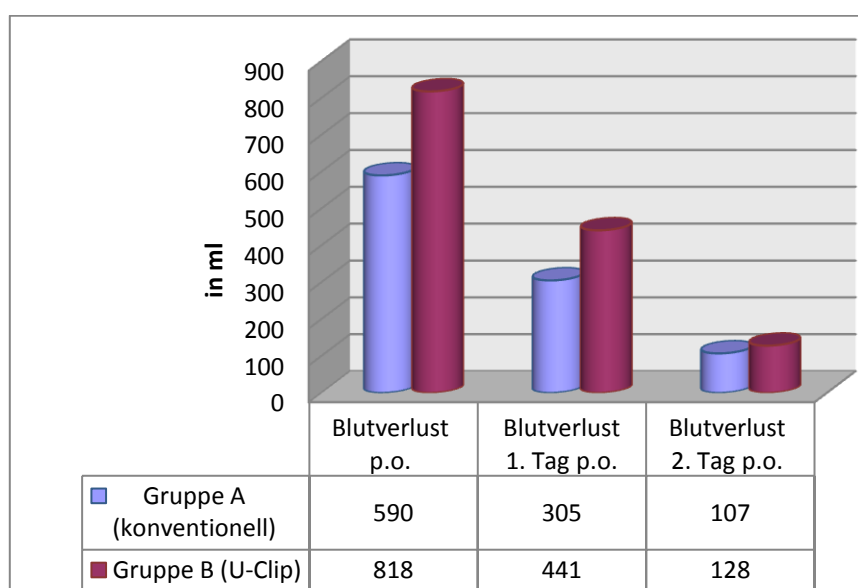


Abbildung 16: Quantitative Angabe des Blutverlustes über 2 Tage postoperativ ($p=n.s.$)

4.3.2.2 Kreislaufsituation und medikamentöse Unterstützung

Alle Patienten beider Gruppen waren direkt postoperativ kreislaufstabil und litten weder an einem „Low-output-Syndrom“ noch benötigten sie eine Intraaortale Ballonpumpe. Die Hämodynamik ermittelten wir anhand des Bedarfs der Patienten an inotrop positiven Substanzen.

Inotropische Unterstützung war bei 2 Patienten der Gruppe A (12,5%) und 3 Patienten der Gruppe B (20%), die sich einer CABG unterzogen auch noch am zweiten postoperativen Tag nötig (Abb. 17a/b).

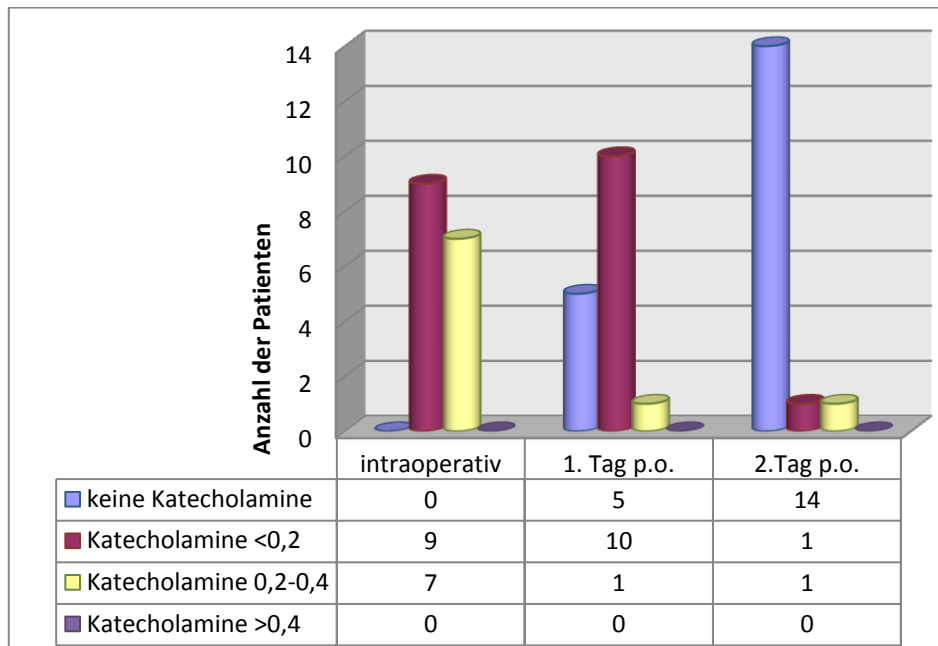


Abbildung 17a: Katecholamingabe (mg/h) der Gruppe A (konventionelle Nahttechnik)

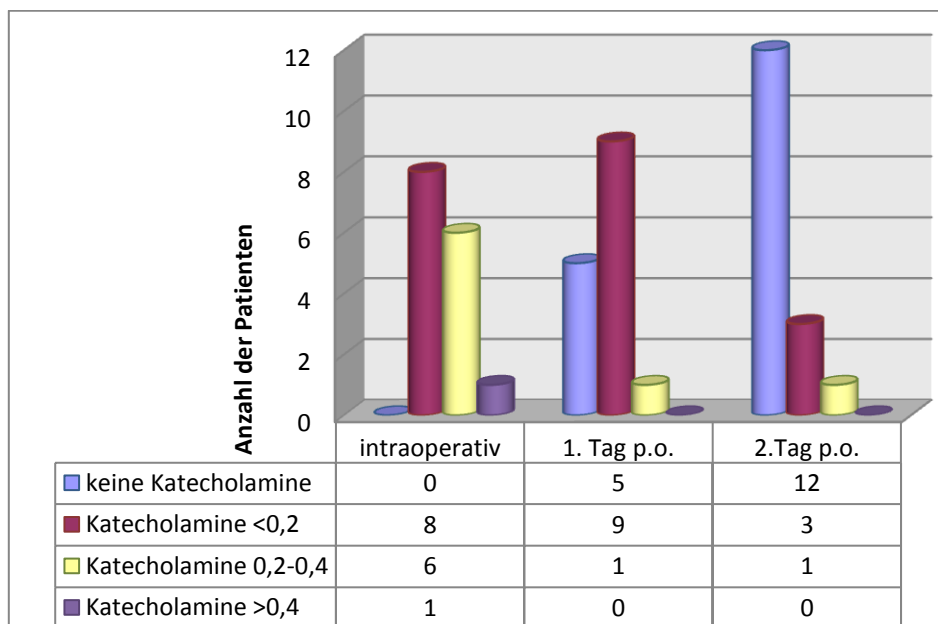


Abbildung 17b: Katecholamingabe (mg/h) der Gruppe B (U-Clip)

4.3.2.3 Verlauf der Herzenzyme und Nierenwerte

Wir bestimmten die Herzenzyme jeweils 6 Stunden postoperativ sowie am ersten und zweiten Tag postoperativ im Sinne von CK, CKMB und Troponin. Es konnte ein deutlicher Abfall des Troponins im Verlauf von 2 Tagen bei beiden Gruppen festgestellt werden (Abb. 18), wohingegen die CK, wie postoperativ zu erwarten war, stetig anstieg.

Ein CKMB Wert von über 10% des gemessenen CK-Wertes wurde in beiden Gruppen nicht festgestellt, somit trat definitionsgemäß postoperativ kein Myokardinfarkt auf. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in Hinblick auf die Herzenzyme bestanden nicht. Ebenso bestimmten wir den Kreatininwert postoperativ und konnten bei 12 Patienten der Gruppe A (75%) und 9 der Gruppe B (60%) einen Wert über 1,2 mg/dl feststellen.

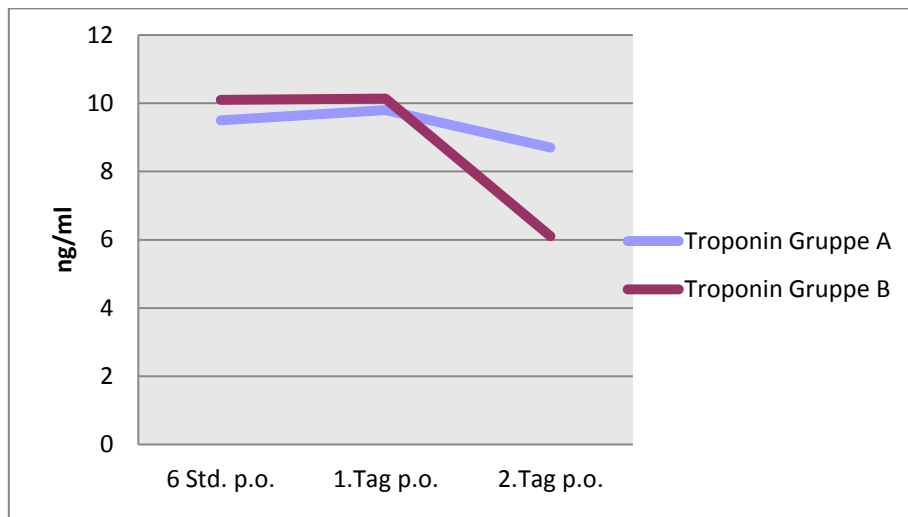


Abbildung 18: Troponinverlauf beider Gruppen postoperativ

4.3.2.4 Komplikationen und allgemeine Daten

Die postoperative Komplikationsrate war in beiden Gruppen vergleichsweise niedrig. Es musste kein Patient rethorakotomiert werden. Es wurde in 2 Fällen der Gruppe A eine sternale Wundheilungsstörung festgestellt, wovon eine operativ revidiert werden musste. In jeweils 2 Fällen der Gruppe A und der Gruppe B bestanden postoperativ Herzrhythmusstörungen im Sinne von Vorhofflimmern. Neurologische Komplikationen waren bei den Patienten beider Gruppen nicht zu finden. In 4 Fällen der Gruppe A kam es zu weiteren Komplikationen, wie einer Mediastinitis im Rahmen einer Sternumrevision, dem Verdacht auf eine Pneumonie, einem Perikarderguss und einem Psychosyndrom (Tab.11)

Der Krankenhausaufenthalt war in 23 Fällen völlig komplikationslos. Die durchschnittliche Liegezeit auf der Intensivstation betrug $58,5 \pm 35$ Stunden (24-120) in Gruppe A und $65,6 \pm 33,3$ Stunden (24-120) in Gruppe B ($p=0,568$). Der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt betrug $16,9 \pm 10$ Tage (4-45) in der Gruppe A und $16,1 \pm 5,5$ Tage (9-28) in der Gruppe B ($p=0,786$). Es gab keinen Todesfall und keine Reintervention intraoperativ und während der Follow-Up Zeit (Tab.12).

	Gruppe A (konventionell)	Gruppe B (U-Clip)	p Signifikanz
Rethorakotomie	0	0	n.s.
Vorhofflimmern (n)	2	2	n.s.
Neurologische Defizite (n)	1	0	n.s.
Wundheilungsstörung (n)	3	0	n.s.
Perikarderguss (n)	1	0	n.s.
Pneumonie (n)	1	0	n.s.
Postoperativer Myokardinfarkt	0	0	n.s.

Tabelle 11: Postoperative Komplikationen

Mittelwert; Standardabweichung (Min, Max)	Gruppe A	Gruppe B (U- Clip)	p
Intensivaufenthalt (h)	58,5±35 (24-120)	65,6±33,3 (24-120)	n.s. (0,568)
Stationärer Aufenthalt (d)	16,9±10 (4-45)	16,1±5,5 (9-28)	n.s.(0,786)
Mortalität	0	0	n.s.

Tabelle 12: Postoperative Daten im Überblick

4.3.3 Postoperative NYHA Einteilung.

Während die Patienten präoperativ im Durchschnitt in beiden Gruppen an einer Herzinsuffizienz dritten Grades litten, konnte postoperativ, nach telefonischer Rücksprache mit den Patienten, anhand eines Lebensqualitätsbogens eine deutliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit für beide Gruppen im Durchschnitt mit einer Besserung um eine Stufe festgestellt werden (Abb. 19) .

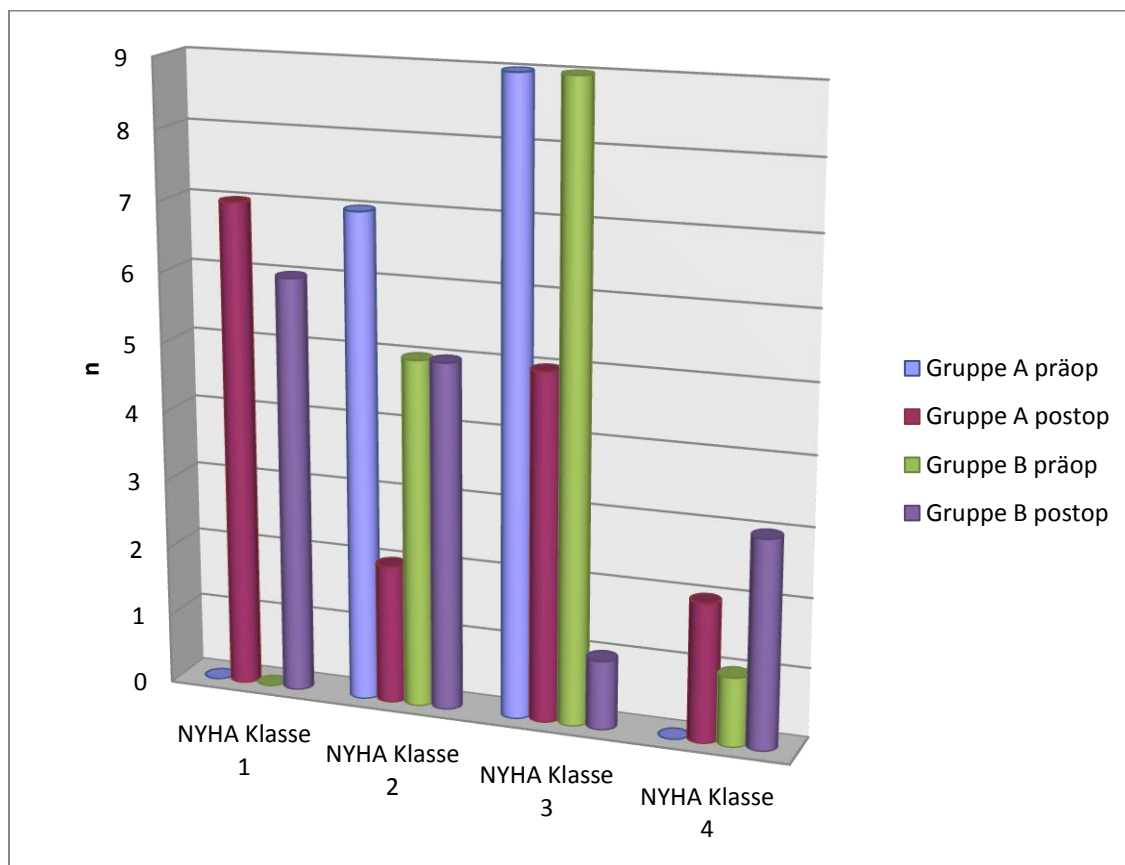


Abbildung 19: Einteilung nach NYHA Klassifikation präoperativ und 6 Monate postoperativ für Gruppe A und B

5. Diskussion

5.1 Studiendesign

Trotz routinemäßig durchgeführter elektiver Eingriffe, besteht eine Letalität nach der aortokoronaren Bypassoperation von 1-3%. Deswegen versucht man anhand neuester Methoden, Operationsrisiken so gut es geht zu verringern, die operative Technik zu optimieren und Langzeitergebnisse zu verbessern. Der Patient profitiert von einem besseren postoperativen Outcome in Hinblick auf die Offenheitsrate und den Blutdurchfluss der Bypassanastomosen, sowie einer verbesserten Lebensqualität. Genau an diesen Punkten greift die Entwicklung neuer Techniken und Verfahren an, und es entstehen neue Studien, um deren Einsatz zu prüfen. Diverse Studien, davon zuerst am Tiermodell [Hill 2001, Gerdisch 2003] und dann am Patienten sowohl in der Kinderherzchirurgie [Berdar 2002] als auch in Einzelstudien sowie multizentrischen Studien in der Erwachsenenherzchirurgie [Ono 2002, Caskey 2002, Shemin 2003, Wolf 2003] zeigten, dass die unterbrochene Nahttechnik mittels U-Clip eine sichere Alternative zur fortlaufenden Naht in der Bypasschirurgie des Herzens darstellt, und exzellente Follow-Up Ergebnisse zeigte [Ono et al 2001, Berdar 2002, Wolf 2003]. Diese letztgenannte klinische Studie vergleicht die kontinuierliche mit der unterbrochenen Nahttechnik mittels U-Clip der zentralen Anastomose zwischen LITA und RITA hinsichtlich der Offenheitsrate und des Lumendiameters. Die routinemäßige Nachuntersuchung erfolgte mittels MSCT. Dabei sollte geprüft werden, ob die T-Graft-Anastomose mittels U-Clip der kontinuierlichen Technik überlegen ist und Wachstumspotential besitzt.

Es wurden 31 Patienten ausgesucht und einfach blind randomisiert auf zwei Gruppen verteilt. Wie auch in anderen Studien wurden das Alter, die Geschlechterverteilung, die Risikofaktoren der koronaren Herzerkrankung, eine NYHA-Einteilung und Vorerkrankungen beider Gruppen verglichen, um ähnliche Voraussetzungen zu schaffen.

5.2 Operativer, postoperativer Status und Letalität der Patienten

Für unser Studiendesign ist positiv zu werten, dass beide Gruppen gleich viele Frauen enthielten, zahlenmäßig mit je 15 und 16 Patienten beinahe gleich groß waren und dasselbe Durchschnittsalter von 64 Jahren (64,2 und 64,4) besaßen und damit gut vergleichbar waren. Unsere Studie reiht sich in voran gegangene Studien ein, bei denen das Patientenkollektiv zwischen 11 und 197 Patienten sowie das Durchschnittsalter zwischen 46,2 und 65,2 Jahren variierte [Ono 2001, Berdar 2001, Caskey 2002, Wolf 2003, Shemin 2003]. Außerdem waren 56% der Gruppe A und 60% der Gruppe B unserer Kohorte der NYHA Klassifikation 3 zuzuordnen, was heißt, dass die Patienten bei geringer körperlicher Belastung Symptome der Herzinsuffizienz verspürten. Der BMI war vergleichbar mit einem Median von 29,1% der Gruppe A und 26,8 % der Gruppe B und somit laut WHO [2000] dem Übergewicht

zuzuordnen. Auch diese Parameter reihen sich in andere Studiendesigns ein, wo ein BMI von 28,8 bis 29,3 und eine NYHA Klasse 3 im Durchschnitt angegeben wurde [Ono 2001, Wolf 2003]. Ein weiterer wichtiger Vorteil unserer Studie war die Randomisierung der Patienten im Gegensatz zu festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien anderer Untersuchungen [Ono 2001, Caskey 2002, Wolf 2003]. Im Unterschied zu diesen genannten Studien, in denen die U-Clips allesamt ausschließlich zwischen LAD und LITA benutzt wurden [Wolf 2003], fertigten wir eine zentrale U-Clip T-Anastomose zwischen LITA und RITA an.

Man bestimmte die Koronarstenosen mit Hauptblick auf die LAD, den Hauptstamm, den RCX und die RCA. Dies war vor allem wichtig zur Indikationsstellung zur Operation, und sämtliche Patienten unserer Studien waren eindeutige Kandidaten für eine aortokoronare Bypassoperation.

Mit einer Kalibergröße der LAD von 1,8 mm und der LITA von proximal 2,2 mm und distal 2,0 mm in unserer Studie kamen wir auf vergleichbare Werte [Wolf 2003].

Wir verglichen die Schnitt-Naht-Zeiten und die Anastomosenfertigungszeiten beider Gruppen und konnten keinen relevanten Unterschied feststellen. Mit einer durchschnittlichen Anastomosenfertigungszeit von 8,7 Minuten lagen wir deutlich unter Werten anderer Studien von 12,4 Minuten oder 15,9 Minuten [Ono 2001, Wolf 2003]. Zu berücksichtigen ist, dass die Fertigungszeit einer U-Clip Anastomose von der Anzahl der benötigten Clips und der Übung des Chirurgen abhängt. Mit einer durchschnittlichen Zahl von 12,4 U-Clips lagen wir im Normbereich. Andere Studien gaben Werte von 11,8 oder 14,1 U-Clips an [Ono 2001, Caskey 2002, Wolf 2003]. Des Weiteren konnte in Studien gezeigt werden, dass die intraoperativ gemessene Flussrate durchschnittlich in der U-Clip Gruppe ($n=10$; $36,3 \pm 10,6 \text{ ml/min}$) höher als in der handgenähten Gruppe ($n=20$; $26,7 \pm 8,8 \text{ ml/min}$) war ($p=0,014$) [D'Ancona G 2003]. Dies konnte unsere Studie mit einer intraoperativ gemessenen Flussrate von $108,1 \pm 68,4 \text{ ml/min}$ in der U-Clip Gruppe im Vergleich zu $93,7 \pm 44,0 \text{ ml/min}$ in der Prolene-Gruppe bestätigen.

Es kam in keiner der beiden Gruppen zu einem Todesfall intraoperativ und innerhalb des untersuchten Zeitraumes im Gegensatz zu anderen Studien, die jedoch auch dort nicht als U-Clip assoziiert angegeben wurden [Wolf 2003].

5.3 Mehrschicht-Computertomographie am Herzen

Die ersten Generationen von Computertomographen sind seit den 70er Jahren in Form von SDCTs im Einsatz, damals mit Single-Detektor und Single-Generator. Die Popularität des weiterentwickelten MDCTs stieg erst 1998, als 4-Schicht-Scanner eingeführt wurden, die im Laufe der Jahre zu 6-, 8-, 10-, 16- und inzwischen 64-Zeilern weiterentwickelt wurden. Ziel war es eine bessere Bildqualität zu erzeugen, die Untersuchungszeit zu minimieren, größere Körperabschnitte zu untersuchen und sich bewegende Organe zufriedenstellend darstellen zu können. Inzwischen ist das MSCT aufgrund der verbesserten räumlichen Auflösung und möglichen 3D-Darstellung in zahlreichen Untersuchungen verschiedenster Organsysteme verbreitet. Es erleichtert die Untersuchung von pädiatrischen und geriatrischen Patienten, sowie kardiopulmonal eingeschränkten Patienten [Prokop 2002, Fishman 2007].

Im Bereich des Herzens stellen die Koronarien einen wichtigen Untersuchungspunkt dar. Problematisch war die unvollständige Interpretationsmöglichkeit der Koronar-CT-Bilder aufgrund von Bewegungs- und Kalkartefakten. Fortschritte in der Technologie kombiniert mit einer Herzfrequenzkontrolle erlauben eine sichere Aufdeckung von Koronarstenosen, und der kardialen MSCT-Technik wird großes Potential als nicht-invasives Untersuchungsverfahren attestiert [Nieman 2001 und 2002].

5.3.1 MSCT versus Koronarangiographie zur Nachuntersuchung in der Herzchirurgie

Der Goldstandard in der Verifizierung von Koronarstenosen oder in postoperativen koronaren Bypassnachuntersuchungen ist die koronare Angiographie [Probst 2004, Anders 2006]. Als ergänzendes und weniger invasives Diagnostikum wird das MSCT verwendet, um spezielle Messungen an Grafts und Anastomosen postoperativ durchführen zu können. Die Risiken der konventionellen Koronarangiographie wie Arrhythmien, Gefäßdissektionen, Myokardinfarkte und embolische Ereignisse [Yamamoto 2006, Shrestha 2008] können durch das MSCT vermieden werden.

Als Untersuchungsmöglichkeit Koronarstenosen bei koronarer Herzkrankheit zu entdecken, wurde das 4-Schicht MSCT im Vergleich zur konventionellen Angiographie untersucht [Kopp 2002]. Der Einsatz von 4-Zeiler MSCTs zeigte eine Sensitivität von 80-100% und eine Spezifität von 82-100% im Aufdecken von Koronar- und Bypassstenosen nach einer CABG [Nieman 2003].

Mit 8-Zeiler MSCTs konnte im Nachuntersuchen von Bypassgrafts eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 99,4% ermittelt werden [Song 2005].

Diverse Studien konnten mit einer Sensitivität von 96% und 100% sowie einer Spezifität von 95% und 93 % die weiterentwickelten 16-Zeiler als gute Alternative zur konventionellen Angiographie im Follow-Up nach CABG empfehlen [Schlosser 2004, Yamamoto 2006]. Der Vorteil für den die MSCT Bilder auswertenden Experten ist eine genaue Lokalisationsangabe

der Bypassgrafts in der Nachuntersuchung. Dies ist bei präoperativen Untersuchungen mittels MSCT nicht der Fall und somit zeigt sich, dass zwar proximale und mittlere Gefäßsegmente gut beurteilt werden können, aber distale Segmente und stark verkalkte Arterien oftmals schwierig zu beurteilen sind. [Probst 2004]. Weitere Studien mit dem 16-Zeiler MDCT konnten bislang keine Ablösung der Koronarangiographie zur alleinigen Diagnostik der koronaren Herzerkrankung und Planung einer CABG Operation bei allen Patienten empfehlen [Treede 2002, Anders 2005].

Mit der Einführung des 64-Zeiler MSCT ergaben sich neue Möglichkeiten in der Herzdiagnostik. Der gesamte Thorax ließ sich durch eine verbesserte räumliche und zeitliche Auflösung von 83-165 ms innerhalb von 22-25 s abbilden. Trotz allem ist die räumliche und zeitliche Auflösung der konventionellen Herzkatheteruntersuchung immer noch unangefochten [Nikolaou 2004].

Ein Vorteil des 64-Zeiler MSCT im Vergleich zu älteren MSCT Geräten ist die fehlende Notwendigkeit der medikamentösen Vorbehandlung der Patienten zur Pulssenkung sowie bessere Ergebnisse hinsichtlich Bewegungsartefakten und geringen Lumendurchmessern der Koronarien [Leber 2005, Pache 2006, Ropers 2006]. Eine genaue Gradeinteilung der Lumenobstruktion stellt sich weiterhin als problematisch dar, ebenso Artefakte aufgrund von Clip-Materialien und Gefäßkalzifikationen. Vor allem distale Anastomosen und distal abfließende Arterien können nur mit diagnostischer Ungenauigkeit beurteilt werden [Pache 2006, Onuma 2007, Pannu 2009].

Der 64-Zeiler MSCT erlaubt mit Hilfe der Dichtemessung eine Unterscheidung der Pathogenese der Gefäßplaques sowie eine 3D-Darstellung der Brustorgane und ist somit nützlich zur Planung einer koronaren Bypassoperation des Herzens beispielsweise im Bemessen der Graft-Länge oder zur Orientierung bei Re-Operationen und minimal invasiven Operationen mit eingeschränkter Übersicht des Operationssitus.

Im präoperativen Vergleich zur konventionellen Angiographie bezüglich der Aufdeckung von Koronarstenosen können Werte der Sensitivität und Spezifität von 98,5% und 99,1% bei selektiertem Patientengut angegeben werden [Bedi 2008]. Zur Steigerung der Sensitivität in nicht-selektiertem Patientenkollektiv werden neue Softwaretechniken erforderlich sein, um Artefakte, vor allem durch kalzifizierende Plaques hervorgerufen, zu unterdrücken und die Genauigkeit der Bildauswertung zu erhöhen [Han 2008].

Zur optimalen postoperativen Kontrolle besonders bei kleinen Gefäßen nach CABG wird von einigen Seiten nach wie vor die Kombination der MSCT Untersuchung mit SCA empfohlen. Patienten mit T-Graft Anastomose zwischen LITA und RITA profitieren von einem postoperativen MSCT, denn im Rahmen einer postoperativen Herzkatheteruntersuchung besteht ein erhöhtes Risiko einer T-Graft-Diskonnektion welche fatale Folgen hätte [Shrestha 2008].

Die effektive Strahlendosis für eine MSCT Untersuchung mit 16-Zeiler oder 64-Zeiler liegt sowohl bei Patienten mit als auch ohne Bypässe mit 10-15mSv höher als die der konventionellen Koronarangiographie mit 3-6mSv. Dies zeigt die Bedeutung, Techniken zur Strahlenreduktion ohne Verlust der Bildqualität im Bereich der MSCT zu entwickeln [Pannu 2009, Dill 2008, Mori 2008, Bundesministerium für Umwelt 2006]. Hier sind einerseits die Weiterentwicklung der MSCTs zu 256 und 320-Zeilern zu nennen, sowie eine neuartige Erfindung mit dem Dual-Source-Systems.

Aufgrund der bestehenden Studienlage im Jahre 2005 haben wir das 64-Zeiler MSCT als Nachuntersuchungsmethode unserer Studie gewählt. Insgesamt war die Anwendung der Methode komplikationslos. Bei einem Fall kam es zu einer fraglichen Kontrastmittelreaktion woraufhin auf die Follow-Up Untersuchung verzichtet wurde. Präoperativ erhielten alle Patienten gemäß AHA-Richtlinien eine konventionelle Koronarangiographie.

5.3.2 Radiologische Lumendiametermessungen am T-Graft

Die postoperative MSCT-Untersuchung fand erstmals nach 14 Tagen statt. Die radiologische Nachuntersuchung mittels MSCT betrug bei uns im Mittel 201 Tage und reihte sich damit gut in die Datenlage anderer Studien ein. Wir untersuchten die T-Graft-Anastomose ebenfalls qualitativ als auch quantitativ und zogen dafür als objektiven Betrachter die Kollegen des Instituts für Klinische Radiologie am Klinikum der Universität München hinzu [Wolf 2003]. Wie auch in anderen Studien wurden mittels radiologischer Auswertungsprogramme, hier mittels MPR und MIP- Technik, die Lumendiameter proximal und distal der gefertigten U-Clip Anastomose ausgemessen. Die Beurteilung der MSCT-Bilder kann aufgrund diverser Faktoren stark erschwert sein und eine große Herausforderung für den Beurteilenden darstellen. So weiß man, dass beispielsweise Adipositas, Patienten mit einem BMI von über 30, häufig Bildrauschen verursacht. In unserer Studie litten 23% der Patienten an Adipositas Grad 1, die restlichen 77% waren dem Übergewicht oder dem Normalgewicht zuzuordnen, was dieses Artefakt minimierte. Ebenso können Bewegungsartefakte ein Problem darstellen, welche aber inzwischen gut durch das ‚breath-holding‘ der Patienten und präzisere MSCTs, beispielsweise einem von uns genutzten 64-Zeiler im Vergleich zum älteren 16-Zeiler, behoben werden konnten. Weitere wichtige limitierende Faktoren sind Gefäßverkalkungen, Gefäßlumina unter 3 mm und vor allem Clipartefakte. Vorteil der Beurteilung von Bypässen, beispielsweise im Vergleich zur Beurteilung gestenteter Gefäße sind zum einen geringere Verkalkungen innerhalb der Grafts und zum anderen auch weniger Bewegungsartefakte durch teils fixierte Bypassgefäße. Außerdem spielt die Größe des Gefäßlumendurchmessers eine wichtige Rolle. Hier haben venöse Bypässe einen deutlichen Vorsprung gegenüber arteriellen Bypässen, was die Messung am arteriellen T-Graft nicht erleichterte [Teufel 2007, Graz 2010].

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt zur Bildqualität der Koronarien ist die Herzfrequenz. Vorauszusetzen ist bislang ein Sinusrhythmus, da Arrhythmien eine Bildbeurteilung fast unmöglich machen. Standardmäßig werden die Patienten derzeit EKG-getriggert, idealerweise mittels Betablocker vorbehandelt, mit einer rhythmischen Herzfrequenz von unter 75/min untersucht. Hier ist die Bildqualität in der diastolischen Phase des Herzens am aussagekräftigsten. Bei Patienten mit einer rhythmischen Herzfrequenz über 75/min entstehen deutlich bessere Bilder, vor allem in der Beurteilung der RCA, mittels Bildrekonstruktion in der systolischen Phase des Herzens. Ein Nachteil hierbei ist die höhere Strahlenbelastung des Patienten durch eine längere Untersuchungszeit, da die EKG-Triggerung wegfällt. Hier liegt aber eine weitere Möglichkeit, die Bildqualität und somit Beurteilbarkeit von Koronarien in Zukunft zu verbessern [Wintersperger 2006]. Bezüglich Arrhythmien im Sinne von Vorhofflimmern konnte aktuell gezeigt werden, dass sowohl neueste CT Geräte wie ein DSCT beurteilbare Bilder fertigen können, als auch verbesserte Rekonstruktionsprogramme das Auswerten stark erleichtern können [Blobel 2007, Artmann 2008].

5.4 Der Coalescent Nitinol Clip

Seit dem Jahre 2000 sind weltweit insgesamt etwa 100.000 Gefäßanastomosen in der Herzchirurgie unter Verwendung des Coalescent Nitinol Clips gefertigt worden, davon ein Großteil in der koronaren Bypasschirurgie [Bergmann 2004]. Im Gegensatz zur handgenähten fortlaufenden Naht mittels Prolene bringt der Coalescent Nitinol-Clip den Vorteil einer unterbrochenen Naht mit sich. Vermeidung von Gefäßstrikturen und von Gefäßthrombosen sowie ein Wachstumspotential der Anastomose angepasst an den pulsatilen Blutdurchfluss sind die wichtigsten Vorteile [Berdat 2002]. Des Weiteren ist der U-Clip einfach in der Handhabung, pro Stich benutzt man eine neue, scharfe Nadel. Es besteht die Möglichkeit eine Anastomose ohne weitere Assistenz zu fertigen.

5.4.1 Der U-Clip in anderen operativen Einsatzgebieten

Die genannten Vorteile macht man sich auch in anderen medizinischen Fachbereichen zu Nütze. In der roboterassistierten und minimal-invasiven Chirurgie stellt die Anastomose eine große technische Herausforderung dar, da das sogenannte Fingerspitzengefühl des Chirurgen zum Knüpfen fehlt [Shemin 2003]. Es entstanden einige Studien in den unterschiedlichsten medizinischen Bereichen.

Robotergestützte Operationen beispielsweise im Bereich der Nähte bei Mitralklappenrekonstruktion verwenden erfolgreich den Coalescent Nitinol Clip [Kypson 2003]. Im Tierexperiment an 12 Schafen konnte der U-Clip 2003 als sichere und effektive Alternative zur Prolene-Naht bei Mitralklappenrekonstruktionen gezeigt werden [Reade

2003]. In einer retrospektiven Studie konnten signifikant schnellere Anastomosenfertigungszeiten durch den U-Clip im Vergleich zur handgenähten Prolenenahrt im Bereich der Mitralklappenrevision mittels Roboter (RAMVP) festgestellt werden [Cook 2007].

Im Bereich der Neurochirurgie wurde der Coalescent Nitinol Clip in den letzten zwei Jahren vermehrt eingesetzt und erprobt. Duraleckagen beispielsweise bei endoskopisch endonasalen Durarekonstruktionen wurden erfolgreich mittels U-Clip gefertigt. [Gardner 2008] In einem anderen Fall wurde ein Duraleck als Komplikation einer minimal-invasiven LWK4/LWK5 Bandscheibenoperation in der ersten Sitzung versucht mit Muskel und Fibrinkleber zu verschließen, was nicht gelang. In einer zweiten Sitzung verwendete man erfolgreich den U-Clip [Ferroli 2008]. Auch intrakranielle arterielle Mikroanastomosen wurden mit dem U-Clip gefertigt. Hier wurden 2 Fälle eines EC-IC-Bypasses mittels Arteria radialis unter U-Clip Nutzung untersucht. Ein besseres kosmetisches und funktionelles Outcome konnte gezeigt werden, doch auch Probleme in der Entfernung des Devices im intrakraniellen Gebiet wurden erwähnt [Ferroli 2009].

In der kongenitalen Herzchirurgie kam der U-Clip im Jahre 2001-2002 an 10 Patienten im Durchschnittsalter von 2,4 Jahren bei diversen Shuntoperationen erfolgreich zum Einsatz. Gerade hier gilt es des Weiteren zu untersuchen, ob die Gefäßanastomosen mittels U-Clip Wachstumspotential haben, wozu weitere Studien empfohlen wurden [Berdat 2003]. Ein weiteres Einsatzgebiet in der Kinderchirurgie könnte die thorakoskopische Ösophagusrekonstruktion bei Ösophagusatresie sein. Hierzu gab es erste erfolgreiche experimentelle Versuche am Schweinemodell [Tirabassi 2004].

Im Tiermodell an sechs Schweinen wies man keinerlei signifikante Endothelreaktionen auf Bradykinin-gabe und Vasokonstriktionen als Antwort auf Kaliumchloridgaben in der U-Clip Gruppe nach. Der Nitinol Clip wurde somit als sichere Alternative zur gängigen Prolene-Naht beschrieben und eine durch den U-Clip induzierte Endotheldysfunktion konnte nicht nachgewiesen werden [Demaria 2003].

Patienten mit U-Clip-Anastomosen benötigen keine Anti-thrombozytäre Aggregation mittels Clopidogrel oder ASS postoperativ im Gegensatz zu anderen Anastomosendevices, wie den MVP Ventrica [Vicol 2005].

5.4.2 Der U-Clip im Vergleich zu proximalen Anastomosendevices in der Bypasschirurgie

Es existieren neben dem U-Clip weitere automatische Anastomosen-Devices für mechanische, proximale mikro- und makrovaskuläre Anastomosen [Cope 2001, Tozzi 2002]. Um das Abklemmen der aufsteigenden Aorta beim Anfertigen von proximalen Anastomosen und damit neurologische Komplikationen in Form eines Apoplex in der Herzbypasschirurgie zu verhindern, wurden unter anderem der St. Jude's Proximal Connector, CorLink Device von Ethicon, das PAS-Port-System von Cardica oder der Heartstring der Firma Guidant Corporation entwickelt [Wolf 2004, Carrel 2004, Vicol 2005]. Der CorLink Device ähnelt dem Symmetry Device von St. Jude, jedoch mit dem wichtigen Unterschied, dass dieser Device an der Außenseite des Venengrafts angebracht wird und somit eine Intimaberührung und -verletzung verhindert werden kann. Dieses Device wird als sichere und effektive Alternative zur Fertigung einer proximalen Venen-zu-Aorta Anastomose gesehen, dennoch sind aufgrund der seltenen Studienlage weitere Untersuchungen am Patienten zu empfehlen [Riess 2002, Bar-El 2003, Wolf 2004]. Studienergebnisse konnten zeigen, dass der Heartstring einfach in der Handhabung ist und eine sichere Alternative zur handgenähten proximalen Anastomose ist. Ein Nachteil ist der hohe Preis. Im Vergleich zur handgenähten Prolene-Naht ist der Heartstring in Deutschland um den Faktor 33 teurer. Die Fertigungszeit der Anastomose mittels dieses Devices ist nicht deutlich kürzer als die der handgenähten Anastomose [Vicol 2005]. Ein komplettes Verhindern des Blutspritzens laut Angaben des Herstellers während der Anlage des Heartstring Seal Systems ist nicht möglich [Lamm 2009]. Obwohl der Heartstring als einfache und sichere Möglichkeit der Fertigung einer proximalen Anastomose gilt, ist das Patientengut in Hinsicht auf Verkalkungen in der aufsteigenden Aorta sorgfältig auszusuchen [Kanemitsu 2006].

Der Vorteil des U-Clips liegt darin, für proximale und distale Anastomosen zur Verfügung zu stehen. Unsere Studie konnte zeigen, dass der U-Clip der fortlaufenden Prolene-Naht im Bereich der LITA-RITA Anastomose nicht unterlegen ist und eine sichere Alternative darstellt. Ein wichtiger Vorteil ist, dass keine postoperative Antikoagulation nötig ist und damit unerwünschte Blutungen vermindert werden können.

Der Kostenfaktor ist ein wichtiger Diskussionspunkt. Mit etwa 15 US \$ pro U-Clip kommt man bei der Anfertigung einer U-Clip-Anastomose mit Hilfe von im Schnitt 10-12 U-Clips auf eine Summe von 150-180 US\$. Früher verwendete Seidenfäden kommen ebenfalls pro unterbrochener Naht auf etwa 180 US\$ und auch die heute standardmäßig verwendeten Prolenefäden können einen Betrag von bis zu 120 US\$ ergeben. Laut Studien belief sich im Jahre 1998 eine koronare Bypassoperation auf knapp 45.000 US \$. Dies als Bezugspunkt genommen würde eine Relation der Kosten pro U-Clip Anastomose minimieren [Anderson 2002, Wolf 2003].

5.4.3 Der U-Clip in unserer Studie

Da bisher nur wenige Studien den Unterschied zwischen der kontinuierlichen und unterbrochenen Nahttechnik im Bereich der aortokoronaren Bypassanastomosen untersucht haben, stellt unsere Studie eine wichtige Ergänzung in diesem Bereich dar. Shioi et al. verglich die Beschaffenheit von sequentiellen Anastomosen, die einerseits mit der unterbrochenen und andererseits mit der fortlaufenden Nahttechnik durchgeführt wurden, und beobachtete, dass die unterbrochene Naht ein größeres Anastomosengebiet schaffe. Young et al. berichtete, dass die unterbrochene Naht weniger Deformitäten herstelle.

Bezüglich des Lumenausmaßes und der Dehnbarkeit von Gefäßanastomosen fanden Baumgartner et. Al heraus dass die unterbrochene Nahttechnik im Vergleich zur fortlaufenden Nahttechnik für End-zu-End Gefäßanastomosen bei kleinen Gefäßen benutzt werden sollte und auch nach Meinung einiger anderer Kollege eine bessere Methode bei mikrovaskulären Anastomosen darstelle. Trotz allem ist die fortlaufende Nahttechnik mit monofilen Polypropylen-Fäden Standard in der Koronarchirurgie. Dies beruht auch auf den Vorteilen der einfacheren Handhabung und Zeitersparnis.

Die unterbrochene Nahttechnik mittels U-Clips wurde erfolgreich in Studien am Tier und am Menschen angenommen. Hill et. Al zeigten hervorragende Graftoffenheitsraten und Heilungstendenzen bei der Nutzung von U-Clips im Bereich von koronaren Anastomosen am schlagenden Rinderherzen. Sie konnten Nachteile einer fortlaufenden Nahttechnik im Sinne von geringerer Dehnbarkeit wachsender Gefäße, Gefäßeinengungen, Unregelmässigkeit und geringerer Flexibilität der Anastomose sowie der Knotentechnik durch die Nutzung des U-Clips beseitigen.

In einer weiteren Untersuchung am Schweinmodell bezüglich der Endothelfunktion beim Vergleich der LITA-RIVA Anastomose mit dem U-Clip und mit fortlaufender Nahttechnik konnten Gerdisch et. al herausfinden, dass die U-Clip Anastomose eine dehnbare Anastomose ohne Endotheldysfunktion erzeugte.

D'Ancona et. al verglichen Flusseigenschaften von LITA-RIVA Anastomosen bei 30 Patienten in MIDCAB Technik. Hierbei konnte gezeigt werden, dass U-Clips genutzt werden können um Anastomosen am schlagenden Herzen durch zu führen. Zusätzlich war der intraoperative Zeitflusswert signifikant höher in der U-Clip Gruppe im Vergleich zur Nahtgruppe. In unserer Studiengruppe war die intraoperative Flussrate in der U-Clip Gruppe ebenfalls höher als in der Nahtgruppe, jedoch ohne signifikante Relevanz. In allen 30 Fällen war die Handhabung des U-Clips einfach und ohne technische Probleme. Die U-Clip Anastomosentechnik ist aus unserer Sicht sicher aber der fortlaufenden Nahttechnik mittels Polypropylen Material nicht überlegen. Umbauprozesse der LITA-Grafts in Nähe der T-Graft Anastomose wurden weder bei der fortlaufend genähten noch bei der U-Clip Anastomose beobachtet.

5.5 Limitationen der vorliegenden Arbeit

Wir konnten zeigen, dass die Benutzung des U-Clips keinen Nachteil für den Patienten in Hinsicht auf Operationszeit, Outcome, postoperativer Bypassqualität und Lebensqualität hat, aber dem Standardverfahren nicht überlegen ist. Auch ein Anastomosenwachstum des T-Graft mittels U-Clip konnte durch uns im angegebenen Zeitraum nicht festgestellt werden. Die Aussagekraft der Studie ist durch einige Punkte limitiert. Zunächst war die Fallzahl mit 31 Patienten relativ niedrig. Des Weiteren wurde auf ein homogenes Patientenkollektiv geachtet und nur die zentrale Anastomose betrachtet, allerdings bestanden wie beschrieben Schwierigkeiten den T-Graft- Durchmesser exakt zu bestimmen. Es entstanden durch das U-Clip-Material Artefakte im MRT was die direkte Messung in der Anastomose nahezu unmöglich machte. Diese Messungenauigkeit war bei Werten im Millimeterbereich nicht vernachlässigbar.

Somit muss das Ziel sein, prospektive Studien mit hohen Fallzahlen und einer hohen Homogenität im Patientenkollektiv durchzuführen. Längere Studienverläufe wären sinnvoll, vorzugsweise als randomisierte Studien mit eventuell mehrfachen MSCT Follow-Ups über einen längeren Verlauf und eine Optimierung der radiologischen Anastomosenmessungen durch verbesserte Software-Programme.

6. Zusammenfassung

31 Patienten wurden randomisiert in 2 Studiengruppen aufgeteilt und auf bestimmte Merkmale vor- und nachuntersucht. Alle Patienten unterzogen sich einer aortokoronaren Bypassoperation mittels LITA-RITA T-Anastomose. Die Patienten der einen Gruppe erhielten einen T-Graft fortlaufend mit Prolene genäht und die Patienten der anderen Gruppe erhielten einen T-Graft mittels 12-14 U-Clips.

Der dauerhafte Erfolg einer koronaren Bypassoperation hängt wesentlich von der Offenheit der angelegten Bypässe ab. Diese wiederum wird unter anderem beeinflusst durch die Graftwahl (arteriell oder venös), die Koronargefäß- und Graftbeschaffenheit und die Anastomosenqualität.

Im Laufe der Jahre rückte die unterbrochene Anastomosennaht mittels Prolene zu Gunsten der kontinuierlichen Anastomosennaht mittels Prolene aus Zeitgründen und leichter Handhabung in den Hintergrund. Um jedoch die Vorteile einer unterbrochenen Naht zu nutzen, wurden neue Hilfsmittel (Devices) entwickelt. Darunter ein selbst schließender Nitinol-Clip (U-Clip), der in Europa im Jahre 2000 vorgestellt wurde.

Mit dieser Arbeit wurde anhand einer prospektiven, randomisierten Studie der Einsatz von U-Clips im Bereich der LITA-RITA-Anastomose bei 15 von 31 aortokoronaren Bypassoperationen mit folgender Fragestellung geprüft: Ist der U-Clip der fortlaufend genähten Anastomosennaht überlegen? Existiert ein messbares Wachstumspotential der U-Clip Anastomose?

Je zwei Wochen und sechs Monate postoperativ wurde anhand eines 64-Zeiler MSCT die T-Graft-Anastomose der Patienten sowohl quantitativ durch die Offenheitsrate als auch qualitativ durch das Ausmessen des Lumendiameters untersucht. Diesbezüglich ergab sich kein signifikanter Unterschied.

Auch in Bezug auf die Lebensqualität, die mittels standardisierter SF-12 Fragebögen 6 Monate postoperativ untersucht wurde, konnte zwischen beiden Gruppen kein bedeutender Unterschied ermittelt werden. Die NYHA-Klassifikation besserte sich postoperativ in beiden Gruppen um eine Stufe.

Unsere Studie konnte zeigen, dass der U-Clip der fortlaufenden Prolene-Naht im Bereich der LITA-RITA Anastomose nicht unterlegen ist und eine sichere Alternative darstellt. Ein wichtiger Vorteil im Vergleich zu anderen automatischen Anastomosendevices ist, dass keine postoperative Antikoagulation nötig ist und damit unerwünschte Blutungen vermindert werden können. Zur Ausschaltung von Artefakten und Messungenauigkeiten im Bereich von millimetergroßen Gefäßen wären verbesserte radiologische Mess- und Rekonstruktionsprogramme für das Herz-MSCT in Zukunft wünschenswert. Mit Aussicht auf zunehmend technisierte Operationen wären weitere prospektive klinische Studien mit höherer Fallzahl und längerem Follow-Up Zeitraum von großem Interesse.

7. Literaturverzeichnis

1. ACC/AHA 2004 Guideline Update for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: Summary Article A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery), JACC Vol. 44, No. 5, 2004
2. ACC/AHA 2007 Guidelines On Perioperative Cardiovascular Evaluation And Care For Noncardiac Surgery: Executive Summary A & A March 2008 Vol. 106 No. 3 685-712
3. ACC/AHA Practice Guidelines, Circulation. 1999;100:1464-1480
4. Anders K., Bauma U., Schmid M., Ropers D., Schmid A., Pohle K., Daniel W., Bautz W., Achenbach S.: Coronary artery bypass graft (CABG) patency: Assessment with high-resolution submillimeter 16-slice multidetector-row computed tomography (MDCT) versus coronary angiography, European Journal of Radiology 57 (2006) 336–344
5. Anderson J., Harshbarger W., Weng H.C., Jay S. , Anderson M.: Modeling The Costs And Outcomes Of Cardiovascular Surgery Health Care Management Science 5, 103–111, 2002
6. Artmann A., Enayati S., Schwarz M., Eber B.: Herzfrequenz von 135/min. – eine lösbare Herausforderung für das Dual Source CT Journal für Kardiologie – Austrian Journal of Cardiology 2008; 15 (3-4), 77-79
7. AWMF online: Leitlinien Kardiologie: Diagnose und Behandlung der Koronaren Herzerkrankung
8. Backhaus K.: Multivariate Analysemethoden. Eine Anwendungsorientierte Einführung. 11. Überarbeitete Auflage. Springer, Berlin U. A. 2006
9. Bar-El Y. Tio F., Shofti R.: CorLink™ Sutureless Aortic Anastomotic Device: Results of an Animal Study Journal of Surgical Research 115, 127–132 (2003)
10. Barner HB, Mudd JG, Mark AL, Ahmad N, Dickens JF: Patency of internal mammary-coronary grafts. Circulation. 1976 Dec;54(6 Suppl):III70-73
11. Baumgartner N., Dobrin P., Morasch M., Dong Q.-S., Mrkvicka R.: Influence of suture technique and suture material selection on the mechanics of end-to-end and end-to-side anastomoses J Thorac Cardiovasc Surg 1996;111:1063-1072
12. Baynosa RC, Stutman R, Mahabir RC, Zamboni WA, Khiabani KT.: Use of a novel penetrating, sutureless anastomotic device in arterial microvascular anastomoses. J Reconstr Microsurg. 2008 Jan; 24(1):39-42
13. Bedi H., Gill J., Bakshi S.: Can we perform coronary artery bypass grafting on the basis of computed tomographic angiography alone? A comparison with conventional coronary angiography Eur J Cardiothorac Surg 2008;33:633-638
14. Berdat P., Kipfer B., Immer F., Pfammatter J-P., Carrel T.: Facilitated vascular interrupted anastomosis in cardiovascular surgery with a new clip device J Thorac Cardiovasc Surg 2002;124:1256-1258
15. Berdat P., Pfammatter J-P., Pavlovic M., Carrel T.: A New Clip Device for the Construction of Vascular Interrupted Anastomoses in Congenital Cardiac Surgery The Heart Surgery Forum 6 (5), 2003
16. Bergmann P., Huber S., Martin D., Keeling I., Oberwalder P., Mächler H., Rigler B.: Neue Anastomosendevices in der Herzchirurgie, J Kardiologie 2004; 11: 153–157
17. Bergsland J., Hol P., Lingas P., Lundblad R., Rein K., Andersen R., Mork B., Halvorsen S., Mujanovic E., Kabil E., Svennevig J., Fosse E.: Intraoperative and intermediate-term angiographic results of coronary artery bypass surgery with Symmetry proximal anastomotic device J Thorac Cardiovasc Surg 2004;128:718-723
18. Blobel J., Okumura M., Ota T., Tsuyuki M., De vries H., Hall J., Mews J., 2007: Herzraterspezifische CT-Bildrekonstruktion mit automatischer Phasenselektion
19. Burgstahler C., Daferner U., Drosch T.: Quantitative parameters to compare image quality of non-invasive coronary angiography with 16-slice, 64-slice and dual-source computed tomography Eur Radiol (2009) 19: 584–590

20. Busch S., Nikolaou K., Johnson T., Rist C., Knez A., Reiser M., Becker C.: Quantifizierung von Stenosen der Koronararterien 64-Zeilen-CT-Angiographie und Dual Source vs. Herzkatheter Radiologie 2007; 47:295–300
21. Calafiore A., Bar-El Y., Vitolla G., Di Giammarco G., Teodori G., L. Iacò A., D'Alessandro S., Di Mauro M.: Early clinical experience with a new sutureless anastomotic device for proximal anastomosis of the saphenous vein to the aorta, J Thorac Cardiovasc Surg 2001;121:854-858
22. Captur G.: Memento for René Favaloro Tex Heart Inst J 2004;31:47-60
23. Carrel T., Neue Wege in der Herzchirurgie, Unipress121/Juni 2004
24. Caskey M., Kirshner M., Alderman E., Hunsley S., Daniel M.: Six-Month Angiographic Evaluation of Beating-Heart Coronary Arterial Graft Interrupted Anastomoses Using the Coalescent U-CLIP Anastomotic Device: A Prospective Clinical Study The Heart Surgery Forum 5 (4), 2002
25. Cook R., Nifong L., Enterkin J., Charland P., Reade C., Kypson A., Masroor S., Chitwood W.: Significant reduction in annuloplasty operative time with the use of nitinol clips in robotically assisted mitral valve repair J Thorac Cardiovasc Surg 2007;133:1264-1267
26. D'Ancona G, Salerno TA, Aoukar PS, Karamanoukian H.: Use of nitinol-U clips and flow characteristics of LITA-LAD anastomoses. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2003 Sep;2(3):237-240
27. Demaria R., Fortier S., Malo O., Carrier M., Perrault L.: Interrupted Coalescent Nitinol Clip versus Continuous Suture Coronary Anastomosis: A Comparative Endothelial Function Study The Heart Surgery Forum 6 (2), 2003
28. Demikhov VP.: Experimental Transplantation of Vital Organs (authorized translation from the Russian by Basil Haigh). New York: Consultant's Bureau, 1962
29. Deutsches Ärzteblatt 103, Ausgabe 9 vom 03.03.2006, Seite A-520 / B-449 / C-428 Medizinreport
30. Dewey M., Zimmermann E., Deissenrieder F., Laule M., Dübel H-P., Schlattmann P., Knebel F., Rutsch W., Hamm B.: Noninvasive Coronary Angiography by 320-Row Computed Tomography With Lower Radiation Exposure and Maintained Diagnostic Accuracy Circulation. 2009;120:867-875
31. Dewey T., Crumrine K., Herbert M., Leonard A., Prince S., Worley C., Edgerton J., Magee M., Mack M.: First-Year Outcomes of Beating Heart Coronary Artery Bypass Grafting Using Proximal Mechanical Connectors Ann Thorac Surg 2004;77:1542–1549
32. DGG (deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie): A. Carrel
33. Dill T., Deetjen A., Ekin O., Möllmann S., Conradi G., Kluge A., Weber C., Weber M., Nef H., Hamm C.: Radiation dose exposure in multislice computed tomography of the coronaries in comparison with conventional coronary angiography International Journal of Cardiology 124 (2008) 307–311
34. ESC/EACTS GUIDELINES, European Heart Journal (2010) 31, 2501–2555
35. Fahrmeir L.: Statistik. Der Weg Zur Datenanalyse. 2. Verbesserte Auflage. Springer, Berlin U. A. 1999
36. FDA U.S. Food and Drug Administration: What are the Radiation Risks from CT? 2002
37. Ferroli P., Acerbi F., Tringali G., Polvani G., Parati E., Broggi G.: Self-closing Nitinol U-Clips for intracranial arterial microanastomosis: a preliminary experience on seven cases Acta Neurochir (2008)
38. Ferroli P., Bisleri G., Miserocchi A., Albanese E., Polvani G., Broggi G.: Endoscopic radial artery harvesting for U-clip high-flow EC-IC bypass Technical report, Acta Neurochir (2009) 151:529–535
39. Ferroli P., Franzini A., Messina G., Tringali G., Broggi G.: Self-closing U-clips for dural repair in mini-invasive surgery for herniated disc. Technical case report Acta Neurochir (Wien) (2008) 150:1103–1105
40. Fishman E., Horton K.: The increasing impact of multidetector row computed tomography in clinical practice, European Journal of Radiology 62S (2007) S1–S13

41. Fitzgibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD, Burton JR.: Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic Follow-Up of 5065 grafts related to survival and reoperation in 1388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28:616–626.
42. Gerdisch M., Hinkamp T., Ainsworth S.: Blood Flow Pattern and Anastomotic Compliance for Interrupted versus Continuous Coronary Bypass Grafts *The Heart Surgery Forum* 6 (2), 2003
43. Goetz R, Rhoman M, Haller J, Dee R, Rosenak S.: Internal mammary–coronary artery anastomosis. A non suture method employing tantalumring. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1961; 41:378–386.
44. Goldman S., Zadina K., Krasnicka B., Moritz T., Sethi G., Copeland J., Ovitt T., Henderson W.: Predictors Of Graft Patency 3 Years After Coronary Artery Bypass Graft Surgery *J Am Coll Cardiol* 1997;29:1563– 1568
45. Graz M. Dissertation 2010: Evaluation der Bildgebungsqualität der Myokardvaskularisation mit dem 64-Zeilen-CT unter Berücksichtigung der Koronararterien, aortokoronarer Venenbypässe, Mammaria-interna-Bypässe und koronarer Stents
46. Guglielminotti P., Bini R., Fontana D., Leli R.: Laparoscopic repair for perforated peptic ulcers with U-CLIP® *World Journal of Emergency Surgery* 2009, 4:28 doi:10.1186/1749-7922-4-28
47. Gummert JF, Funkat AK, Beckmann A, Ernst M, Hekmat K, Beyersdorf F, Schiller W., *Cardiac Surgery In Germany During 2010: A Report On Behalf Of The German Society For Thoracic And Cardiovascular Surgery*, *Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 Aug;59(5):259-67
48. Gundry S., Black K., Izutani H.: Sutureless Coronary Artery Bypass With Biologic Glued Anastomoses: Preliminary In Vivo And In Vitro Results, *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;120:473-7
49. Han S., Fang C., Chen Y., Chen C., Wang S., *Coronary Computed Tomography Angiography-A Promising Imaging Modality in Diagnosing Coronary Artery Disease* *J Chin Med Assoc* 2008;71(5):241–246
50. Hill A., Maroney T., Virmani R.: Facilitated Coronary Anastomosis Using A Nitinol U-Clip Device: Bovine Model *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;121:859-870
51. Hoffmann H., Frieler K., Hamm B., Dewey M.: Intra- and interobserver variability in detection and assessment of calcified and noncalcified coronary artery plaques using 64-slice computed tomography Variability in coronary plaque measurement using MSCT *Int J Cardiovasc Imaging* (2008) 24:735–742
52. Johnson TR, Nikolaou K, Busch S, Leber AW, Becker A, Wintersperger BJ, Rist C, Knez A, Reiser MF, Becker CR.: Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease. *Invest Radiol.* 2007 Oct;42(10):684-691
53. Kanemitsu S., Tanaka K., Suzuki H., Tokui T., Kinoshita T.: The HEARTSTRING Proximal Seal System is a Possible Source of Atheroembolism, *Circ J* 2006; 70: 638 – 640
54. Kempfert J., Opfermann U.: Twelve-Month Patency With the PAS-Port Proximal Connector Device: A Single Center Prospective Randomized Trial *Ann Thorac Surg* 2008;85:1579–1585
55. Kirsch W., Gupta S. and Zhu Y.: Sutureless vascular anastomosis: the VCS clip *Cardiovascular Surgery*, Vol. 9, No. 6, pp. 523–525, 2001
56. Klima U., Falk V., Maringkaa M., Bargenda S., Badackb S., Moritz S., Mohr F., Haverich A., Wimmer-Greinecker G.: Magnetic vascular coupling for distal anastomosis in coronary artery bypass grafting: A multicenter trial *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126: 1568-1574
57. Klöppel M., Tudor C., Kovacs L., Papadopoulos N., Höhnke C., Himsl I., Biemer E.: Comparison of Experimental Microvascular End-to-End Anastomosis via VCS1-Clips versus Conventional Suture Technique in an Animal Model *J Reconstr Microsurg* 2007;23: 45–50.

58. Konstantinov Igor E.: Vasilii I. Kolesov A Surgeon to Remember Tex Heart Inst J 2004; 31:349-358
59. Kopp A., Schroeder S., Kuettner A., Baumbach A., Georg C., Kuzo R., Heuschmid M., Ohnesorge B., Karsch K., Claussen C.: Non-invasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography, European Heart Journal (2002) 23, 1714–1725
60. Kuhl H.C. Farin E., Follert P.: Die Messung von Rehabilitationsergebnissen mit dem IRES und dem SF-12- Vor- und Nachteile unterschiedlich umfangreicher Erhebungsinstrumente in der Qualitätssicherung, Phys Med Rehab Kuror 2004; 14, 236-242
61. Kypson AP, Nifong LW, Chitwood WR.: Robotic mitral valve surgery Jr Surg Clin North Am. 2003 Dec;83(6):1387-1403
62. Lamm P., Eifert S., Kilian E., Reichart B., Juchem G.: Preventing Blood Loss During Application of the HEARTSTRING Proximal Seal System Ann Thorac Surg 2009;88:310 –312
63. Leber A., Knez A., Von Ziegler F., Becker A., Nikolaou K., Paul S., Winersperger B., Reiser M., Becker C., Steinbeck G., Boekstegers P.: Quantification of Obstructive and No obstructive Coronary Lesions by 64-Slice Computed Tomography A Comparative Study With Quantitative Coronary Angiography and Intravascular Ultrasound J Am Coll Cardiol 2005;46:147–154
64. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Golding LA, Taylor PC, Stewart RW. Free (Aorta-Coronary) Internal Mammary Artery Graft. Late Results, Journal Thorac Cardiovasc Surg 1986;92:827
65. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM., Stewart RW., Goormastic M., Williams GW., Golding LA., Gill CC., Taylor PC., Sheldon WC.: Influence of the internal mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events N Engl J Med. 1986 Jan 2;314(1):1-6.
66. Lytle B.: Anastomotic Techniques, 2000
67. Lytle BW, Loop FD, Cosgrove DM, Ratliff NB, Easley K, Taylor PC.: Long-term (5 to 12 years) serial studies of internal mammary artery and saphenous vein coronary bypass grafts., J Thorac Cardiovasc Surg. 1985 Feb;89(2):248-258.
68. Mack M., Osborne J., Shennib H.: Arterial Graft Patency in Coronary Artery Bypass Grafting: What Do We Really Know? Ann Thorac Surg 1998;66:1055–1059
69. Martens S., Dietrich M., Doss M., Morutz A.: The Heartflo Device for Distal Coronary Anastomoses: Clinical Experiences in 60 Patients Ann Thorac Surg 2002;74:1139–1143
70. Mori S., Nishizawa K., Kondo C.: Effective doses in subjects undergoing computed tomography cardiac imaging with the 256-multislice CT scanner European Journal of Radiology 65 (2008) 442–448
71. Natal P., Kirsch W., Hill A.: Nonpenetrating Clips for Coronary Anastomosis Ann Thorac Surg 1997;63:135-137
72. Nieman K, Oudkerk M, Rensing BJ, Van Ooijen P., Munne A., Van Geuns R., De Feyter P.: Coronary angiography with multi-slice computed tomography. Lancet 2001; 357:599–603.
73. Nieman K., Cademartiri F., Lemos P., Raaijmakers R.: Coronary Angiography With Multi-Slice Computed Tomography Lancet 2001; 357: 599–603
74. Nieman K., Oudkerk M, Rensing B., Van Ooijen P., Munne A., Van Geuns R., De Feyter P.: Coronary Angiography With Multi-Slice Computed Tomography Lancet 2001; 357: 599–603
75. Nieman K., Pattynama P., Rensing B., Van Geuns R., De Feyter P.: Evaluation of Patients after Coronary Artery Bypass Surgery: CT Angiographic Assessment of Grafts and Coronary Arteries, Radiology 2003; 229:749–756

76. Niinami H., Takeuchi Y., Ichikawa S., Ban T., Higashita R., Suda Y., Suzuki S.: Coronary artery bypass-grafting using interrupted anastomosis with the U-clip Kyobu Geka. 2001 Nov; 54(12):1003-1006
77. Nikolaou K., Flohr T., Knez A., Rist C., Wintersperger B., Johnson T., Reiser M., Becker C.: Advances in cardiac CT imaging: 64-slice scanner The International Journal of Cardiovascular Imaging 20: 535–540, 2004.
78. Nikolaou K., Sagmeister S., Knez A., Klotz E., Wintersperger B., Becker C., Reiser M.: Multidetector-row computed tomography of the coronary arteries: predictive value and quantitative assessment of non-calcified vessel-wall changes, Eur Radiol (2003) 13:2505–2512
79. Ono M., Wolf R., Angouras D., Schneeberger E.: Early experience of coronary artery bypass grafting with a new self-closing clip device J Thorac Cardiovasc Surg 2002;123:783-787
80. Onuma Y., Tanabe K., Chihara R., Yamamoto H., Miura Y., Kigawa I., Fukuda S., Iyairi T., Nakajima H., Hara K.: Evaluation of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice multidetector computed tomography Am Heart J 2007;154
81. Pache G., Saueressig U., Frydrychowicz A., Foell D., Ghanem N., Kotter E., Geibel-Zehender A., Bode C., Langer M., Bley T.: Initial experience with 64-slice cardiac CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts European Heart Journal (2006) 27, 976–980
82. Pannu H., Johnson P., Fishman E.: 64 Slice multi-detector row cardiac CT Emerg Radiol (2009) 16:1–10
83. Payr E.: Zur Frage der circularen Vereinigung von Blutgefäßen mit resorbierbaren Prothesen. Arch Klein Chir 1904;72:32–54.
84. Possati G., Gaudino M., Alessandrini F.: Midterm Clinical And Angiographic Results Of Radial Artery Grafts Used For Myocardial Revascularization, J Thorac Cardiovasc Surg 1998;116:1015-1021
85. Probst C., Kovacs A., Schmitz C. Schiller W., Schild H., Welz A.: Quantification of Coronary Artery Stenosis with 16-Slice MSCT in Patients before CABG Surgery: Comparison to Standard Invasive Coronary Angiography, The Heart Surgery Forum 2004-1144, 8 (1), 2005
86. Prokop M.: General principles of MDCT European Journal of Radiology 45 (2003)
87. Pschyrembel, 259. Auflage, Version 2002
88. Puskas J., Halkos M., Balkhy H., Caskey M., Connolly M., Crouch J., Diegeler A., Gummert J., Harringer W., Subramanian V., Sutter F., Matschke K.: Evaluation of the PAS-Port Proximal Anastomosis System in coronary artery bypass surgery (the EPIC trial) J Thorac Cardiovasc Surg 2009;138:125-132
89. Radoschewski, M; Bellach, B.-M. (1999): Der SF-36 im Bundes-Gesundheits-Survey – Möglichkeiten und Anforderungen der Nutzung auf der Bevölkerungsebene. In: Das Gesundheitswesen, 61 (1999), Sonderheft 2, S. 191-199
90. Reade C., Bower C., Maziarz D., Conquest A., Sun Y., Nifong L., Chitwood Jr W.: Sutureless Robot-Assisted Mitral Valve Repair: An Animal Model The Heart Surgery Forum 6 (4), 2003
91. Riess F-C, Helmold H., Hilfer I.: Clinical Experience with the CorLink Device for Proximal Anastomosis of the Saphenous Vein to the Aorta: A Clinical, Prospective, and Randomized Study The Heart Surgery Forum 5 (4), 2002
92. Rinne H.: Taschenbuch Der Statistik. 3. Auflage. Verlag Harri Deutsch, 2003, S. 562-563
93. Rist C., von Ziegler F., Nikolaou K., Kirchin M., Wintersperger B., Johnson T., Knez A., Lber A., Reiser M., Beker C.: Assessment of Coronary Artery Stent Patency and Restenosis Using 64-Slice Computed Tomography Academic Radiology Volume 13, Issue 12, December 2006, Pages 1465-1473
94. Roche Lexikon Medizin 5. Auflage

95. Ropers D., Pohle F., Kuettner A., Pflederer T., Anders K., Daniel W., Bautz W., Baum U., Achenbach S.: Diagnostic Accuracy of Noninvasive Coronary Angiography in Patients After Bypass Surgery Using 64-Slice Spiral Computed Tomography With 330-ms Gantry Rotation Circulation. 2006;114:2334-2341
96. Rukosujew A., Fugmann M., Scheld H.H.: Technik der Gefäßanastomose: Ein Blick in die Geschichte der Entwicklung, Thorac cardiovasc Surg 2006; 54:145-149
97. Schlosser T., Konorza T., Hunold P., Kühl H., Schmermund A., Barkhausen J.: Noninvasive Visualization of Coronary Artery Bypass Grafts Using 16-Detector Row Computed Tomography, J Am Coll Cardiol 2004;44:1224 –1229
98. Shemin R., Shapira O., Pawar R., Bao Y., Sayeed-Shah U., Lazar H.: U-Clip Anastomoses in Coronary Artery Bypass Grafting: Initial Clinical Experience The Heart Surgery Forum 6 (5), 2003
99. Shrestha M., Khaladj N., Bara C., Weidemann J., Marinka M., Zhang R., Haverich A., Hagl C.: Quality control after total arterial revascularisation: multislice computer tomography cannot replace coronary angiography, Clin Res Cardiol 97:371–375 (2008)
100. Song M-H., Ito T., Watanabe T., Nakamura H.: Multidetector Computed Tomography Versus Coronary Angiogram in Evaluation of Coronary Artery Bypass Grafts, Ann Thorac Surg 2005;79:585–588
101. Srivastava S., Gadasalli S., Agusala M. et al.: Beating Heart Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass, Ann Thorac Surg 2010;89:1873-1880
102. Statistisches Bundesamt Deutschland; Todesursachen 2008, <http://www.destatis.de>
103. Sundt III T., Barner H., Camillo C., Gay WR.: Total Arterial Revascularization With an Internal Thoracic Artery and Radial Artery T Graft Ann Thorac Surg 1999;68:399–405
104. Tatoulis J., Buxton B., Fuller J., Royse A.: Total Arterial Coronary Revascularization: Techniques and Results in 3,220 Patients Ann Thorac Surg 1999;68:2093–2099
105. Taylor J., Katz R., Singh N.: Use of the u-clip for microvascular anastomosis Microsurgery 26:550–551, 2006
106. Tector A., Amundsen S., Schmahl T., et. Al, Total Revascularization With T Grafts, Ann Thorac Surg 1994;57:33-39
107. Teufel M. Dissertation 2007: Diagnostische Genauigkeit der nicht-invasiven Detektion von signifikanten Koronarienstenosen mittels 64-Zeilen Computertomographie in einem konsekutiven Patientenkollektiv
108. Tirabassi M., Banever G., Moriarty K., Konefal S., Reiter E., Wait R.: Feasibility of Thoracoscopic U-Clip Esophageal Anastomosis: An Alternative for Esophageal Atresia Reconstruction J Pediatr Surg 39:851-854
109. Tozzi P., Corno A. and Segesser L.: Sutureless coronary anastomoses: revival of old concepts Eur J Cardiothorac Surg 2002;22:565-570
110. Tozzi P., Stumpe F., Ruchat P., Marty B., Corno A.F., von Segesser L.K.: Preliminary Clinical experience with the Heartflo Anastomosis device, Thorac Cardiovasc Surgery 2001; 49: 279-282
111. Traverse J., Mooney M., Pedersen W., Madison J., Flavin T., Kshetry V., Henry T., Eales F., Joyce L., Emery R.: Clinical, Angiographic, and Interventional Follow-Up of Patients With Aortic-Saphenous Vein Graft Connectors Circulation. 2003;108:452-456
112. Treede H. Becker C., Reichenspurner H., Knez A., Detter C., Reiser M., Reichart B.: Multidetector Computed Tomography (MDCT) in Coronary Surgery: First Experiences With a New Tool for Diagnosis of Coronary Artery Disease Ann Thorac Surg 2002;74:S1398–1402
113. Ura M., Sakata R., Nakayama Y. Arai Y., Saito T.: Long-Term Results of Bilateral Internal Thoracic Artery Grafting Ann Thorac Surg 2000;70:1991–1996
114. Van Himbergen D., Koenig, Jaber S. Cerrito PB., Spence PA.: A Review of Transit-time Flow Measurement for Assessing Graft Patency The Heart Surgery Forum 1999-11518, 2 (3):226–229, 1999

115. Vicol C, Raab S. Beyer M. Koronare Herzkrankheit, Die Total Arterielle Myokardrevaskularisation - Strategie, Kurz- Und Mittelfristige Ergebnisse, Zeitschrift Für Kardiologie , Volume 92, Number 3, 222-228
116. Vicol C. Nollert G. Mair H. and Reichart B.: Optimizing Use of the Octopus System for Off-Pump Total Arterial Myocardial Revascularization With the TY Graft Ann Thorac Surg 2004;77:731–733
117. Vicol C., Eifert S., Oberhoffer M., Boekstegers P. and Reichart B.: Mid-Term Patency After Magnetic Coupling for Distal Bypass Anastomosis in Coronary Surgery Ann Thorac Surg 2006;82:1452–1457
118. Vicol C., Eifert S., Oberhoffer M., Boekstegers P., Knez A., Christ F. and Bruno Reichart: Early Clinical Results With a Magnetic Connector for Distal Coronary Artery Anastomoses Ann Thorac Surg 2005;79:1738–1743
119. 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 The Heart Surgery Forum 6 (5), 2003
120. Vicol C., Oberhoffer M., Nollert G., Eifert S., Boekstegers P., Wintersperger B. and Bruno Reichart: First Clinical Experience With the HEARTSTRING, a Device for Proximal Anastomoses in Coronary Surgery Ann Thorac Surg 2005;79:1732–1737
121. Vicol C., Raab S., Beyer M., Reichart B.: Myocardial Revascularization Using the Arterial T Graft: Which Conduit Should Be Chosen for the Free Graft? The Heart Surgery Forum 6 (5), 2003
122. Vicol C., Reichart B., Eifert S., Raake P., Hinkel R., Steinbeck G. and Boekstegers P.: First Clinical Experience With the VSTENT: A Device for Direct Left Ventricle-to-Coronary Artery Bypass Ann Thorac Surg 2005;79:573–579
123. Wang M., Qi H-T., Wang X-M, Wang T., Chen J-H, Cheng L.: Dose performance and image quality: Dual source CT versus single source CT in cardiac CT angiography. Eur J Radiol (2008),
124. Weinschelbaum E., Gabe E., Macchia A., Smimmo R., Suarez LD.: Total Myocardial Revascularization With Arterial Conduits: Radial Artery Combined With Internal Thoracic Arteries J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:911-916
125. WHO (Hrsg.): Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. In: WHO Technical Report Series. 894, 2000
126. Wintersperger B., Nikolaou K., von Ziegler F., Johnson T., Rist C., Leber A., Flohr T., Knez A., Reiser MF., Becker CR.: Image Quality, Motion Artifacts, and Reconstruction Timing of 64-Slice Coronary Computed Tomography Angiography With 0.33-Second Rotation Speed, Investigative radiology Volume 41(5), May 2006, pp 436-442
127. Wolf R.: Where are we going with computer-assisted or robotic cardiac surgery? A piece of the totally endoscopic coronary bypass puzzle J Thorac Cardiovasc Surg 2002;123: 1029-1030
128. Wolf R: Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies, Volume 13, Number 1, February 2004 , pp. 4-10(7)
129. Wolf RK, Alderman EL, Caskey MP, Raczkowski AR., Dullum MK., Lundell DC., Hill AC., Wang N., Daniel MA.: Clinical and six-month angiographic evaluation of coronary arterial graft interrupted anastomoses by use of a self-closing clip device: a multicenter prospective clinical trial. J Thorac Cardiovasc Surg 2003;126:168–178
130. Yamamoto M. Kimura F., Niinami H., Suda Y., Ueno E., Takeuchi Y.: Noninvasive Assessment of Off-Pump Coronary Artery Bypass Surgery by 16-Channel Multidetector-Row Computed Tomography, Ann Thorac Surg 2006;81:820–827
131. Yilmaz A., Hill S., Schäufele T. et. Al, Images In Cardiovascular Medicine - Exercise-Induced Spastic Coronary Artery Occlusion At The Site Of A Moderate Stenosis; Circulation. 2010; 122: E570-E574

8. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Vicol, Leitender Oberarzt der Herzchirurgischen Abteilung der Klinik Augustinum München und Frau PD Dr. Eifert, Oberärztin der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik München Großhadern, die diese Arbeit ermöglichten und mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Herrn Prof. Dr. med. Reichart, ehemaliger Direktor der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik München Großhadern, sowie seinem Nachfolger Herrn Prof. Dr. Hagl sei für seine Unterstützung und Förderung während seiner Amtszeit zur Fertigstellung dieser Arbeit besonders gedankt.

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Dr. Oberhoffer, Herrn PD Dr. Kaczmarek und Herrn Dr. Bigdeli für die tatkräftige und freundliche Unterstützung im Bereich der Statistik.

Des Weiteren danke ich PD Dr. Nikolaou, geschäftsführender Oberarzt des Institutes für Radiologie des Klinikums Großhadern, und seinen Mitarbeitern für die erfolgreiche und freundliche Zusammenarbeit im Bereich der Radiologischen Messung und Auswertung der MSCT Daten.

Ohne die tatkräftige Hilfe der Mitarbeiter der Station G3 des Klinikums Großhadern insbesondere von Frau PD Dr. Eifert und Studenten wäre der Aufwand dieser Arbeit beträchtlich größer geworden, auch ihnen gilt mein größter Dank.

Zudem fühle ich mich allen Kollegen verpflichtet, die die von mir untersuchten Patienten weiterbetreuten und mir eventuelle Nachuntersuchungen zur Einsicht und Auswertung weiterleiteten.

Meinem Freund und engem Vertrauten, Mark Salzmann, gilt höchster Dank für die tägliche Motivation und Unterstützung. Danke für deinen Respekt und deine Geduld.

Meinen Eltern und Geschwistern danke ich, dass sie mir die Möglichkeit gegeben haben und mich stets ermutigten, meine Ziele zu verfolgen und meinen Traum zu verwirklichen.

Veröffentlichung im Rahmen der Promotion:

Bigdeli AK, Kaczmarek I, Eifert S, Beiras-Fernandez A, Kober S, Nikolaou K, Oberhoffer M, Vicol C., Interrupted nitinol U-Clips versus standard running suture for the central arterial T-graft anastomosis: a prospective randomized study.

Eur J Cardiothorac Surg. 2011 Aug; 40(2):e93-7. doi: 10.1016/j.ejcts.2011.02.078. Epub 2011 May 6.