

Diplomarbeit

Evaluierung des Arteria Radialis Grafts mittels Multi Slice Computer Tomografie in der  
Coronarchirurgie  
*“Evaluation of the radial artery graft via multi row dedector computed tomography in coronary  
surgery”*

eingereicht von  
**Andreas Vötsch**  
**Matrikel-Nummer: 0433276**

zur Erlangung des akademischen Grades  
**Doktor der gesamten Heilkunde**  
**(Dr. med. univ.)**

an der  
**Medizinischen Universität Graz**

durchgeführt an der  
**Klinischen Abteilung für Herzchirurgie, LKH Graz**

unter der Anleitung von  
**Univ. Prof.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> Ameli Yates**

Graz, 29.6.2010

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 29.6.2010

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein ganz besonderer Dank gilt dabei Frau Prof. Dr. Ameli Yates, für die hervorragende Begleitung dieser Arbeit und die Möglichkeit mich auf eine intensive Art und Weise mit einem Fach auseinanderzusetzen welches stets mein größtes Interesse weckte und nun umso mehr im Mittelpunkt dessen steht. Stets ein offenes Ohr für meine Anliegen gehabt zu haben, die vielen anregenden Diskussionen, sei es im OP, auf der Station oder am letzten Kongress in Linz – dafür möchte ich mich recht herzlich bedanken. Weiters möchte ich mich bei Frau Dr. Mészáros für all die Hilfe während der Studie, den großen persönlichen Einsatz für mich und die unzähligen Ratschläge während meiner Zeit an der Abteilung bedanken. Ein großer Dank gilt auch den Damen des Sekretariats der Herzchirurgie Graz, Frau Manuela Zederbauer und Frau Michaela Bucher, für die Koordination der Studientermine. Nicht zuletzt gilt natürlich Prof. Dr. Tscheliessnigg mein Dank für die Möglichkeit diese Arbeit an seiner Abteilung abfassen zu dürfen.

Meinen Eltern und meiner Familie spreche ich ein herzliches  
„Dankeschön“

für die Unterstützung aus die Notwendig war um ein Studium absolvieren zu können, immer an mich geglaubt zu haben und es mir ermöglicht zu haben diesen schönen Weg zu gehen.

## Zusammenfassung

### Einleitung

Die Bypassoperation als Methode der Wahl zur Behandlung der koronaren Herzkrankheit im fortgeschrittenen Stadium bei Beteiligung von drei bzw. zwei Gefäßen oder Hauptstamm-beteiligung stellt ein Routineverfahren der Herzchirurgie dar. Neben dem Goldstandard LIMA-LAD wird versucht weitere arterielle Conduits zu etablieren und dadurch die frühen Verschlüsse der venösen Bypass-Grafts zu vermeiden.

### Methodik

Als retrospektive singlecenter Studie angelegt, wurde mittels Multi Slice Computer Tomographie die Offenheit aller RA Grafts, sowie aller weiteren Grafts der Patienten, welche an der Grazer Abteilung für Herzchirurgie zwischen 2001 und 2008 nach dieser Methode operiert wurden evaluiert und mit der rezenten Literatur verglichen. Es erfolgte zusätzlich die Erhebung perioperativer Daten, um Einflussfaktoren zu ermitteln. Weiters wurden mit standardisierten Fragebögen Daten zum postoperativen Gesundheitszustand der Patienten erhoben.

### Ergebnisse

Im 55 ~ 18 monatigen Follow up konnte bei 47% der Patienten eine CT-Angiographie (CTA) durchgeführt werden. Offene RA Grafts zeigten sich in 68.57% bzw. offene SVGs in 76.74% der Fälle. Lediglich die LAD bzw. der erste Diagonalast als Zielgefäß, die postoperative Einnahme von Betablockern und ein Hypertonus waren mit besserer Bypassoffenheit assoziiert. Alle Patienten gaben einen im Vergleich zu vor der OP besseren bzw. annähernd gleichen Gesundheitszustand an. Die Entnahme der Arteria Radialis erfolgte in 97.06% ohne motorische Defizite. In 26.48% kam es zu persistierenden sensiblen Defiziten.

### Schlussfolgerung

Zum jetzigen Zeitpunkt liegt keine Evidenz für eine Überlegenheit des RA über den SV Graft vor. Die gewählte Methode der CTA stellte sich als geeignet zur Evaluierung von Bypass Grafts dar.

## Abstract

### Background

Coronary artery bypass grafting (CABG) represents the standard surgical procedure in the therapy of multi-vessel or left main coronary artery disease. Beside the gold standard of arterial revascularisation (the mammary artery to the left descending branch, LAD), the radial artery (RA) is used as an arterial graft. To prevent early venous graft occlusion, more arterial conduits are used.

### Methods

We performed a retrospective single-centre study, analysing the patency rate of all RA grafts which were used in all patients in the years from 2001 to 2008 at the Graz Cardiac Surgery. The grafts were controlled with the multi-slice computer tomography in 149 patients (83,2 % male), mean age 62 yrs ( $\sim$  8,21, range 39-84 yrs). We compared pre- and post-operative data and interviewed the patients in order to evaluate their current state of health, medication, risk factors and quality of life.

### Results

Our follow up rate was 55 months ( $\sim$  18). In 47 % of the patients a computer tomography (CT) angiography was performed. Patent RA grafts were shown in 68,6 % of the patients, and patent venous grafts in 76,7 %. Significant factors for patency of the radial artery graft were the location of the graft (LAD and first diagonal branch), the post-operative medication of beta-blockers and the existence of high blood pressure. All patients were in a better or equal state of health. In 97 % of the cases there was no functional impairment and in 73,5 % no persistent sensory impairment after RA harvesting.

### Conclusion

There is no clinical evidence that the radial artery graft is superior to the venous graft. We agree with current literature that RA grafts should be used as second choice in CABG. The evaluation method using the CT angiography is an excellent tool for occlusion imaging.

# Inhaltsverzeichnis

<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>3</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>5</b>
<b>VERZEICHNISSE.....</b>	<b>6</b>
<b>ABBILDUNGEN.....</b>	<b>6</b>
<b>TABELLEN.....</b>	<b>6</b>
<b>ABKÜRZUNGEN.....</b>	<b>7</b>
<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>11</b>
<b>INDIKATION ZUR BYPASSOPERATION.....</b>	<b>11</b>
<b>DIE ARTERIA RADIALIS ALS BYPASS GRAFT.....</b>	<b>12</b>
<b>HISTOLOGIE DES ARTERIA RADIALIS GRAFTS.....</b>	<b>12</b>
<b>FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG.....</b>	<b>13</b>
<b>METHODIK UND PATIENTEN.....</b>	<b>14</b>
<b>PRÄOPERATIVE EVALUIERUNG.....</b>	<b>14</b>
<b>INTRAOPERATIVER ABLAUF.....</b>	<b>14</b>
<b>STUDIENGRUPPE.....</b>	<b>14</b>
<b>STATISTISCHE DATENANALYSE.....</b>	<b>15</b>
<b>TECHNISCHE DATEN DES MSCT.....</b>	<b>15</b>
<b>ABLAUF DER CARDIAC CT UNTERSUCHUNG.....</b>	<b>15</b>
<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>17</b>
<b>PRÄOPERATIVE DEMOGRAPHISCHE DATEN.....</b>	<b>17</b>
<b>OP DATEN.....</b>	<b>20</b>
<b>KLINISCHE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE UND FRAGEBOGENRESULTATE.....</b>	<b>21</b>
<b>ANALYSE DER OFFENHEITSRATE DES RA GRAFTS.....</b>	<b>22</b>
<b>STATISTISCHE ANALYSE.....</b>	<b>23</b>
<b>DISKUSSION.....</b>	<b>24</b>
<b>SCHLUSSFOLGERUNG.....</b>	<b>27</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>28</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>32</b>
<b>PUBLIZIERTE (ZITIERFÄHIGE) BEITRÄGE FÜR WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN AUS DIESER ARBEIT</b>	<b>37</b>
<b>2010.....</b>	<b>37</b>
<b>2009.....</b>	<b>37</b>

**Verzeichnisse**

**Abbildungen**

**Tabellen**

## Abkürzungen

### A

ACS: akutes coronar Sndrom, 9

ALA: antero lateraler Ast, 27

AMI: akuter Myocardinfarkt, 15

AP: Angina pectoris, 9

### B

BIMA: bilateral internal mammary artery, 30

### C

CABG: coronary artery bypass grafting, 9

CASS: coronary artery surgery study, 9

CCS: canadian cardiovascular society, 18

CTA: computed tomography angiography, 14

CX: Ramus Circumflexus, 23

### E

ECSS: european coronary surgery study, 9

ESC: european society of cardiology, 9

### F

FCDS: farbkodierte Duplexsonografie, 15

### G

GEA: gastroepiploic artery, 9

### I

IABP: intraaortale Ballonpumpe, 22

IMA: internal mammary artery, 10

### J

JACC: Journal of the American College of Cardiology, 37

### K

KHK: koronare Herzkrankheit, 15

### L

LAD: left anterior descending, 27

LIMA: left internal mammary artery, 9

LM: left main, 27

LVEF: links ventrikuläre Ejektionsfraktion, 20

### M

MACE: major adverse cardiac event, 26

MSCT: multi slice computed tomography, 13

### N

NESTEMI: non st elevation myocardial infarction, 9

ns: nicht signifikant, 29

NYHA: new york heart association, 18

### O

OM: obtuse marginal, 27

### P

PCI: perkutane koronar Intervention, 9

PLA: postero lateraler Ast, 27

PSV: peak systolic velocity, 32

### R

RA: radial artery, 9

RAPCO: radial artery patency and clinical outcomes study, 35

RIMA: right internal mammary artery, 9

RSVP: radial artery versus saphenous vein patency study, 35

### S

STEMI: st elevation myocardial infarction, 9

SV: saphenous vein, 9

SVGs: saphenous vein grafts, 10

### T

TIMI: thrombolysis in myocardial infarction, 36

### U

UA: ulnar artery, 14

### V

VA: veterans administration cooperative study group, 9

## Einleitung

### Indikation zur Bypassoperation

Ziel der Bypassoperation ist die möglichst vollständige Wiederherstellung der myocardialen Perfusion, die Grundkrankheit Atherosklerose kann durch dieses Verfahren jedoch nicht therapiert werden. Zur Verwendung als Conduit kommen die linke Brustwandarterie, Left Internal Mammary Artery (LIMA), die rechte Brustwandarterie, Right Internal Mammary Artery (RIMA) sowie die Vena saphena magna und parva (SV). Ebenfalls finden die Unterarmarterie, Radial Artery (RA) sowie die Magenarterie, Right Gastroepiploic Artery (GEA) Anwendung.

Drei große randomisierte Studien beschreiben das Outcome nach chirurgischer Revascularisierung und medikamentöser Therapie. Dies sind die „Coronary Artery Surgery Study (CASS)“, die „Veterans Administration Cooperative Study Group (VA)“ und die „European Coronary Surgery Study (ECSS)“. Die Kernaussagen dieser Studien von 1972 bis 1984 haben bis heute ihre Gültigkeit nicht verloren. (1)

Durch coronar arterielles bypass Grafting (CABG) werden laut ESC Guidelines zwei Ziele angestrebt: die Besserung bestehender Symptome und damit Steigerung der Belastbarkeit, sowie die Verlängerung der Lebenszeit des Patienten durch Verhinderung weiterer ischämischer Geschehen, wie akuter coronar Syndrome (ACS), Myocardinfarkte ohne ST Strecken Hebung (NSTEMI) und mit ST Strecken Hebung (STEMI). (2)

Koronare Zweigefäß sowie Dreigefäßerkrankungen bzw. eine Hauptstammeteiligung sind noch immer die Domäne des CABG. Die Syntax Studie aus 2009 zeigte hierbei eine Überlegenheit des CABG gegenüber der perkutanen coronar Intervention (PCI). (3)

Verschiedene Studien (4-6) zeigen, dass die Operation in den allermeisten Fällen die AP Symptomatik der Patienten verbessert. Eine chirurgische Intervention verbessert in randomisierten Studien nicht nur effektiv die AP Symptomatik, sondern auch die AP freien Intervalle, sowie den Bedarf an antianginöser Medikation im Vergleich zur PCI. Ebenso konnte in randomisierten Studien welche beide Verfahren verglichen, durch eine operative Vorgehensweise die AP Symptomatik stärker gebessert werden als durch PCI.

Ein Schwachpunkt der Bypassoperation besteht in der Einengung bzw. dem Verschluss der Bypässe, egal ob venöse oder arterielle Grafts zur Verwendung kommen. Die Problematik des Graftversagens venöser Grafts durch Graft Atherosklerose (vein graft disease) wurde durch FitzGibbon et al. beschrieben. (7) Die Bypassverschlüsse stiegen in der genannten Studie von 8% im frühen Follow up auf 20% nach fünf Jahren, 41% nach zehn Jahren und 45% nach mehr als 11.5 Jahren postoperativ an. Im frühen Follow up waren die SVGs frei von Atherosklerose, nach einem Jahr waren atherosklerotische Veränderungen in 8%, nach fünf Jahren in 38% und nach zehn Jahren in 75% der Grafts nachweisbar.

Die chirurgische Therapie der koronaren Herzkrankheit mittels arterieller Grafts wurde weiters entscheidend durch die Arbeit von Loop et al. (8) beeinflusst. In dieser Arbeit von 1986 konnte für Patienten, welche entweder ein venöses oder ein LIMA Graft auf die LAD erhielten ein 1.61 mal größeres Todesrisiko im Zehnjahreszeitraum für die SVG Gruppe ermittelt werden. Patienten die ausschließlich venöse Grafts erhielten hatten ein 1.41 mal größeres Risiko für späte Myokardinfarkte ( $p < 0.0001$ ) und ein 1.25 mal größeres Risiko für eine Hospitalisierung aufgrund kardialer Ereignisse ( $p < 0.0001$ ). Das Risiko für kardiale Reoperationen war in der SVG Gruppe doppelt so hoch ( $p < 0.0001$ ).

Logische Konsequenz der Vorteile des LIMA Grafts im Vergleich zu SVGs war die bilaterale Verwendung der IMA, vor allem in der jüngeren Patientenkohorte. Die bilaterale Verwendung der

IMA untersteht einigen Einschränkungen, beispielsweise zeigte sich bei Patienten mit Diabetes bzw. bei adipösen Patienten eine höhere Inzidenz an sternalen Wundkomplikationen.(9, 10) Hierzu existieren jedoch auch gegenteilige Ergebnisse, wie die Arbeit von Momin et al.(11) die keine signifikanten Unterschiede feststellt.

Aus diesem Ansatz heraus kamen weitere arterielle Grafts zum Einsatz. Von Desai et al. konnte 2004 im einjährigen Follow up eine signifikant geringere Verschlussrate der RA Grafts, welche ursprünglich von Carpentier als Conduit vorgeschlagen wurden, im Vergleich zu SVGs gezeigt werden.(12)

## Die Arteria Radialis als Bypass Graft

Carpentier et al. verwendeten die RA 1971 erstmals als Graft für eine Bypass Operation.(13) Es kam jedoch zu massiven Problemen, so dass nach zwei Jahren die Verwendung der RA nicht weiter empfohlen wurde, da die Bypässe sich in angiographischen Kontrollen als nicht durchgängig darstellten.(14)

Das Versagen der Grafts war sowohl auf Spasmen, als auch auf Intima Hyperplasien zurück zu führen, verursacht durch die mechanische Dilatation, die skelettierende Präparation und die Endothelfreilegung.(15)

In den 80er Jahren gewann die Verwendung der RA wieder an Popularität als Acar et al.(16) nach 13 bis 18 Jahren die als verschlossen geglaubten Grafts durchgängig darstellen konnten.

Anfänglich wurde die RA als freies Graft ähnlich des SVG verwendet, später auch als T oder Y Graft von der LIMA bzw. als Erweiterung der RIMA um distale Gebiete zu erreichen.(17) Die Verwendung von Calcium Kanal Blockern und geänderte Harvesting Techniken führten zu verbesserten kurz- und Langzeitergebnissen.

Mit durchschnittlich 18 bis 22cm kann die RA als Graft jedes Koronargebiet erreichen. Ihr Durchmesser liegt mit 2 bis 3mm knapp über dem der Coronarien und im Gegensatz zu venösen Grafts ist sie an die Druck- und Flusssituation angepasst bzw. passt sie sich durch Veränderung ihres Durchmessers an. Hinzu kommt die unkomplizierte Gewinnung durch ihre oberflächliche Lage. Adipositas, Diabetes mellitus und stattgehabte Bestrahlungen der Brustwand oder des Mediastinums beeinflussen nicht ihre Gewinnbarkeit. Der dicke, muskuläre Wandbau ermöglicht im Vergleich zur IMA eine einfachere Handhabung und Anastomosierung.(15, 18-22)

## Histologie des Arteria Radialis Grafts

Die durchschnittlichen Maße der RA mit 18 bis 22cm Länge und einem Innendurchmesser von 2 bis 3mm bieten primär ausgezeichnete Voraussetzungen für ein Bypassgraft.(18) Nach Guo-Wei He zählt die RA zum Typ III (limb artery) deren Hauptmerkmal die erhöhte Neigung zu Spasmen verglichen mit Arterien vom Typ I und II ist.(21) Aneurysmen der RA kommen selten vor, sind wenn meist sackförmige Pseudoaneurysmen im distalen Abschnitt des Gefäßes.(20)

Gemeinsam mit allen anderen Arterien ist der Wandaufbau aus einer innersten Schicht einlagigem Endothels, einer fenestrierten Lamina elastica interna, die Media ist gekennzeichnet durch zahlreiche Leiomyozyten, Kollagenfasern und elastischen Fasern sowie einigen Macrophagen und Fibrozyten. Die Lamina elastica externa unterscheidet sich nicht wesentlich von derer anderer Arterien.(23) Die Myozyten der Media sind im Vergleich zu einer IMA wesentlich organisierter im Aufbau und in mehreren engen Schichten angeordnet, dies gemeinsam mit der größeren Wandstärke erklärt zum Teil die erhöhte Spastizität der RA.(18) Die Anfälligkeit der RA für Atherosklerose in Abhängigkeit der Risikofaktoren ist höher als die der IMA anzusehen, wobei der Flow im Graft jedoch durch den relativ großen Durchmesser im allgemeinen nicht beeinträchtigt wird.(23)

Typ	Herkunft	Beispiel
I	Somatisch	IMA
I	Splanchnisch	GEA
III	Extremitäten	RA

Table Klassifikation der Arterien nach Guo-Wei He et al. 1995(21)

### **Fragestellung und Zielsetzung**

Zielsetzung der Studie war es die Offenheit der an der Abteilung für Herzchirurgie Graz gefertigten RA Grafts mittels Multi Slice Computer Tomographie (MSCT) im Rahmen einer ambulanten Untersuchung zu bestimmen und diese mit den Ergebnissen der SVGs zu vergleichen, sowie Faktoren die Einfluss auf die Graft Patency ausüben zu erfassen. Weiters wurden Daten zum Gesundheitszustand der Patienten und Komplikationen nach der Entnahme der RA mittels standardisierter Fragebögen erhoben.

## Methodik und Patienten

Als retrospektive singlecenter Studie angelegt, wurde mittels Multi Slice Computer Tomographie die Offenheit aller RA Grafts, sowie aller weiteren Grafts dieser Patienten, welche an der Grazer Abteilung für Herzchirurgie zwischen 2001 und 2008 nach dieser Methode operiert wurden evaluiert und verglichen.

Nach Zustimmung der Ethikkommission wurden dazu aus der internen Dokumentation Cardiac bzw. Archimed, Patienten die sich zwischen 09.03.2001 und 21.01.2008 einer Bypassoperation unterzogen hatten und dabei zumindest ein RA Graft erhielten, gefiltert. In diesem Zeitraum unterzogen sich 149 Patienten einem solchen Prozedere. Indikationen zum CABG waren Hauptstammstenosen, Dreigefäß-, sowie Zweigefäßkrankungen, akuter Myokardinfarkt bzw. instabile AP, als auch Dreigefäßkrankung mit Aortenklappenstenose. Es erfolgte primär eine telefonische Kontaktaufnahme um die Patienten über die Studie zu informieren. Später erfolgte im ambulanten Setting die computer tomographische Angiographie (CTA).

## Präoperative Evaluierung

Die RA stellt gemeinsam mit der A. ulnaris (UA) die Versorgung der Hand sicher. Mehrere Kollateralverbindungen ermöglichen im Regelfall eines der beiden Gefäße zu entnehmen, ohne ischämische Komplikationen der betroffenen Hand erwarten zu müssen. Lediglich 7.5-27.1% der RA können laut Literatur aufgrund fehlender bzw. nicht ausreichender Kollateralkreisläufe nicht entnommen werden.(24, 25)

Um eine Gewährleistung für die ausreichende Versorgung der Hand nach der Entnahme abgeben zu können, ist es notwendig die Ausbildung der Kollateralkreisläufe vorab nachweisen zu können. Dies ist durch eine einfache klinische Untersuchung, den sogenannten modifizierten Allen Test möglich.(26, 27)

Während vom Untersucher RA als auch UA für 30sek komprimiert werden, wird der Patient aufgefordert mehrmals seine Hand zu einer Faust zu schließen, bis diese abblasst. Darauf hin wird die UA freigegeben und die Zeit bis zum Erreichen eines normalen Hautkolorit des Thenars und Zeigefingers ermittelt. Zeiten länger als 10sek bis zur Rekapillarisation bzw. ausbleibende Rekapillarisation weisen auf eine nicht ausreichende Kollateralisierung zwischen RA und UA hin und werden als positives Testergebnis bewertet.

Unsere Patienten wurden präoperativ einem modifizierten Allen Test, einer Pulsoszillographie sowie farbcodierter Duplexsonographie (FCDS) unterzogen, um Harvesting seitige Problem vorab auszuschließen. Wobei eine Amplitudenabflachung >50% während Kompression der RA als Kontraindikation für die Gewinnung der RA angesehen wurde. Die Entnahme erfolgte ausnahmslos vom nicht dominanten Unterarm.

## Intraoperativer Ablauf

Alle RA wurden aus dem nicht dominanten UA in konventioneller Art und Weise, wie von Reyes et al.(28) beschrieben, von einem erfahrenen Chirurgen in pedicle Technik gewonnen. Ab 2003 erfolgte die Präparation bei allen Patienten mittels Ultracision [n=57]. Die gewonnenen Grafts wurden mit verdünnter Papaverinlösung behandelt, um perioperative Spasmen zu vermeiden. Die Anastomosen erfolgten in aortocoronarer Technik, 3 Grafts wurden sequenziell anastomosiert.

## Studiengruppe

Nach telefonischer Kontaktaufnahme und Information über die Studienteilnahme stimmten insgesamt 73 Patienten [49%] einer ambulanten Untersuchung mittels MSCT zu. Je nach

Verfügbarkeit wurde mittels 64- bzw. 320 Zeiler die Untersuchung durchgeführt. Bei drei Patienten konnte aufgrund eingeschränkter Nierenfunktion die Untersuchung nicht durchgeführt werden. Folglich umfasste die Studiengruppe 70 Patienten [47%]. Indikationen zum CABG waren KHK III [n=60] und KHK II [n=10], davon ein akuter Myokardinfarkt (AMI) sowie ein Kombinationseingriff bei KHK III und Aortenklappenstenose, bei einem Patienten wurde zusätzlich ein Vorhofseptumdefekt verschlossen. Bei diesen 70 Patienten wurden insgesamt 225 Bypässe, davon 70 RA Grafts (drei sequenziell) anastomosiert (73 periphere Anastomosen).

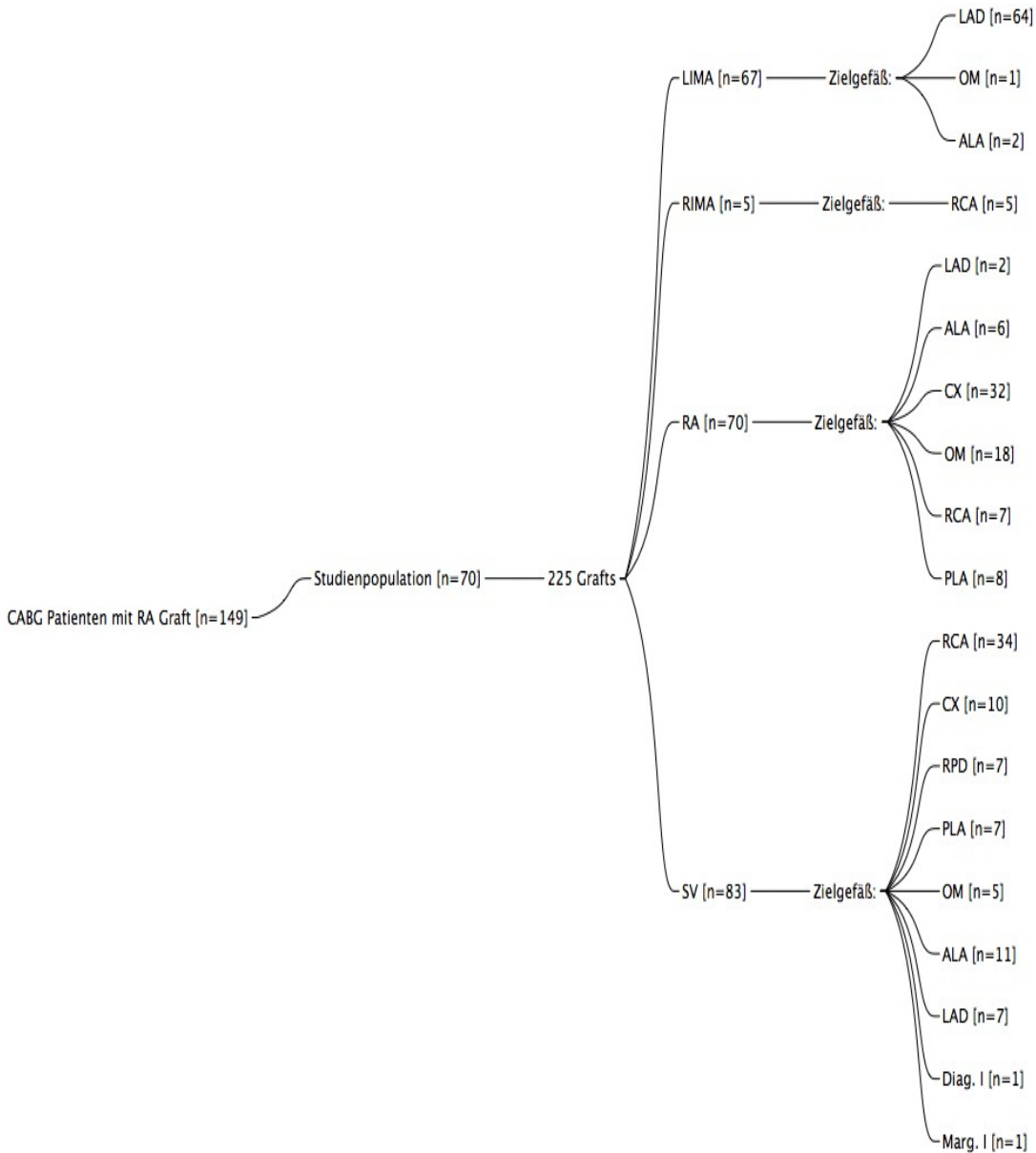


Figure Studienpopulation und Verteilung der Grafts auf die Zielgefäße (3RA Grafts sequenziell anastomosiert)

Nach Genehmigung durch die Ethikkommission wurden telefonisch Termine an der Abteilung für Herzchirurgie mit den Studienteilnehmern vereinbart. Alle Patienten gaben schriftlich ihre Zustimmung zur Studie mittels informed consent. Zu diesen Terminen fanden sich die Teilnehmer morgens an der Abteilung für Herzchirurgie ein. Nach eingehender klinischer Befragung wurde ein peripher venöser Zugang gelegt. Es erfolgte die Entnahme von 5ml Blut, zur Bestimmung der Nierenfunktion. Nach zwei Stunden konnte den Patienten der Kreatininwert, im Falle einer Erhöhung desselben das Ausscheiden aus der Studie, mitgeteilt werden.

Als Ausschlusskriterien für die Untersuchung galten Kontrastmittelunverträglichkeit, Kreatinin Werte  $>1,3\text{mg/dl}$ , Klaustrophobie sowie Schilddrüsenautonomie und Hyperthyreose.

Im Anschluss wurde an den Patienten eine Schnittbilduntersuchung des Herzens mittels Cardiac Sensations CT 64 (Siemens Medical Solutions) bzw. dem 320 Zeiler (Toshiba Aquilion One) an der Universitätsklinik für Radiologie Graz durchgeführt, sowie die Befundung der Bilder von Radiologen in Zusammenschau mit Chirurgen der Herzchirurgie vorgenommen.

Die Auswertung der Daten der CT Untersuchung erfolgte sowohl anhand der Schnittbilder, dazu wurden die Gefäßdurchmesser ermittelt um Stenosen beurteilen zu können, als auch anhand der dreidimensionalen Rekonstruktionen, in volume rendering Technik, an der Leonardo Workstation.

### Statistische Datenanalyse

Als Variablen wurden Offenheit des Grafts und Verschluss des Grafts definiert, primärer Endpunkt der Studie war die Graftoffenheit in der Follow up CTA.

Des Weiteren wurden aus den Operationsdokumentationen der Studienteilnehmer folgende Variablen erhoben: Zielgefäßstenose [%], Zielgefäßdurchmesser [mm], intraoperativer Fluss im Graft [ml/min].

Aus den Krankenakten wurden die vorliegenden Risikofaktoren Hypertonus, Hyperlipidämie, Diabetes Mellitus, Adipositas, Nikotianabusus sowie Medikation mit Betablockern, Thrombo ASS, Plavix, Marcoumar und Sintrom erhoben. Ebenfalls wurden prä- und postoperative Ejektionsfraktion und das Vorliegen eines Sinusrhythmus prä- und postoperativ erhoben.

Durch ausführliche klinische Untersuchung, sowie standardisierte Fragebögen wurden CCS sowie NYHA Score ermittelt und Daten zum aktuellen Gesundheitszustand, sensorischer als auch motorischer Defizite nach dem Harvesting und der Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis der Narbe am Unterarm ermittelt.

Die erhobenen Daten wurden zur Auswertung Prof. DI. Dr. Rehak vorgelegt und mittels NETSTAD BASIC und SPSS 18 aufbereitet. Es erfolgte eine univariate als auch multivariate Datenanalyse mittels logistischer Regression, wobei  $p < 0,05$  als signifikant und  $p < 0,08$  als Tendenz definiert wurden.

## Technische Daten des MSCT

	<b>Siemens Somatom Sensations Cardiac 64</b>	<b>Toshiba Aquilion One 320 Zeiler</b>
spatial resolution	0.4mm	0.4mm
temporal resolution (rotation time)	83ms	35ms
diagnostic accuracy for bypass Graft imaging	98-100%	noch keine Daten vorhanden
maximal scan volume/rotation		16cm

Table Technische Daten MSCT 64 bzw. 320

## Ablauf der Cardiac CT Untersuchung

Mittels Klebeelektroden (subclavicular medioclavicular rechts, medioclavicular im ICR 6 links und rechts), wurde während des Scans ein EKG abgeleitet um eine Triggerung der Untersuchung zu ermöglichen. Über den peripher venösen Zugang wurde Kontrastmittel (Visipaque 320 bzw. 370 USB/Amersham Healths, London UK) appliziert. Dieses dimere nichtionische Kontrastmittel ermöglichte die Darstellung der Bypässe mittels des Siemens Sensations Somatom Cardiac 64 bzw. Toshiba Aquilion One 320 Zeiler. Zuerst wurden jeweils 10ml als Testbolus, später 80ml intravenös während der Untersuchung, appliziert. Gesamt dauerte die Untersuchung maximal 15min, wobei die Patienten jeweils mehrmals für die Aufnahmedauer (10sek) den Atem anhalten mussten. Eine Präoxygenierung mit reinem Sauerstoff, sowie mäßige Hyperventilation erleichterten es den Patienten den Atem während des Scans anzuhalten.

Die Weiterverarbeitung der Daten erfolgte an der Leonardo Workstation. Anhand der Schnittbilder wurde durch den Verlauf des Gefäßdurchmessers die Stenosierung beurteilt. In volume rendering Technik wurden dreidimensionale Rekonstruktionen angefertigt, um die Grafts zur Darstellung zu bringen (Figure , Figure ) Die Interpretation der Bilder erfolgte in Zusammenschau von Radiologen und Herzchirurgen.

## Ergebnisse

### Präoperative demographische Daten

Die präoperativen demographischen Daten sind in (Table 3) zusammengefasst. 61 männliche und 9 weibliche Patienten im mittleren Alter von  $61.97 \sim 7.46a$  konnten in die Studie eingeschlossen werden. 60 Patienten mit Dreifäßerkrankungen, 10 Patienten mit Zweifäßerkrankungen davon ein Patient mit AMI bei KHK III sowie ein Patient mit Aortenklappenstenose + KHK III. Die mittlere LVEF betrug  $65.4 \sim 12.2$  %. Somit wurden 47% der zwischen 2001 und 2008 an der Abteilung für Herzchirurgie Graz gefertigten RA Grafts retrospektiv evaluiert.

<b>Studienpopulation gesamt</b>	<b>n=70</b>
♂	n=61
♀	n=9
<b>mean age</b>	<b>61.97 ~ 7.46a</b>
3 Gefäßerkrankung	n=60
2 Gefäßerkrankung	n=10
LVEF	65.4 ~ 12.2%
SR	n=69
FA	n=1
NYHA I	n=3
NYHA II	n=24
NYHA III	n=38
NYHA IV	n=5
Hypertonus	n=42
Hyperlipidämie	n=45
Diabetes Mellitus	n=14
Adipositas	n=8
Raucher	n=34
<b>Euro Score (log)</b>	<b>1.9 ~ 1.6</b>

Table Präoperative demographische Daten

## OP Daten

Gesamt wurden in 69 elektiven Eingriffen und einem Notfallseingriff 73 periphere Anastomosen mit RA Grafts gefertigt, davon drei als Sequentialgrafts. Insgesamt wurden 225 Grafts anastomosiert, 67 LIMA, 5 RIMA, 83 SV und 70 RA, pro Patient im Mittel 3.21 Grafts. Die mittlere OP Dauer betrug 264.11 ~ 40.29min, die mittlere Bypasszeit 115.00 ~ 24.60min und die mittlere Klemmzeit 75.89 ~ 19.83min. Es kam zu einer Nachblutung. Neurologische Komplikationen und perioperative Myokardinfarkte traten nicht auf.(Table )

Elektiveingriff	n=69
Notfalleingriff	n=1
OP Dauer [min]	264.11 ~ 40.29
Bypasszeit [min]	115.00 ~ 24.60
Klemmzeit [min]	75.89 ~ 19.83
LIMA	n=67
RIMA	n=5
SVG	n=83
RA	n=70
avg Grafts pro Patient	3.21
Nachblutung	n=1
Neurologische Komplikation	n=0
Perioperativer MI + IABP	n=0

Table OP Daten

Folgendes Diagramm zeigt die Zielgefäße des RA Grafts. Überwiegend wurde die RA in unserer Studiengruppe zur Revascularisierung des CX Stromgebietes verwendet.

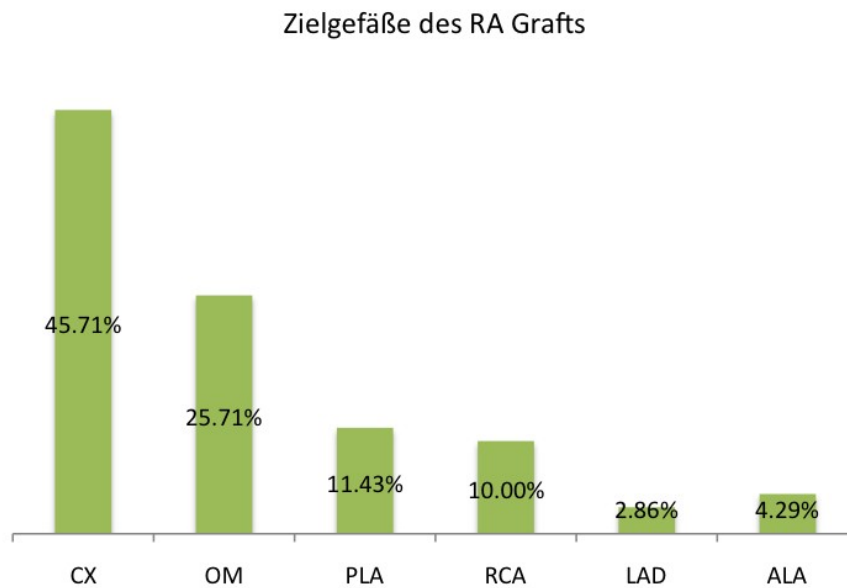


Figure Zielgefäße des RA Grafts

### Klinische Untersuchungsergebnisse und Fragebogenresultate

Um einen Überblick über den momentanen Gesundheitszustand der Patienten zu erhalten wurden mit ihnen standardisierte Fragebögen erarbeitet. Mehr als 90% der Patienten gaben bei der Befragung eine Beschreibung ihres derzeitigen Zustandes entsprechend NYHA I bzw. NYHA II an. 79% einen CCS Score von 0. Mehr als 80% der Befragten empfanden ihren Gesundheitszustand als exzellent bzw. gut und 73% besser als vor der OP. 94% gaben an zum jetzigen Zeitpunkt gut belastbar zu sein. 97% zeigten nach dem Harvesting keine motorischen Defizite, bei 26% kam es zu einer persistierenden Sensibilitätsstörung.(Figure -9)

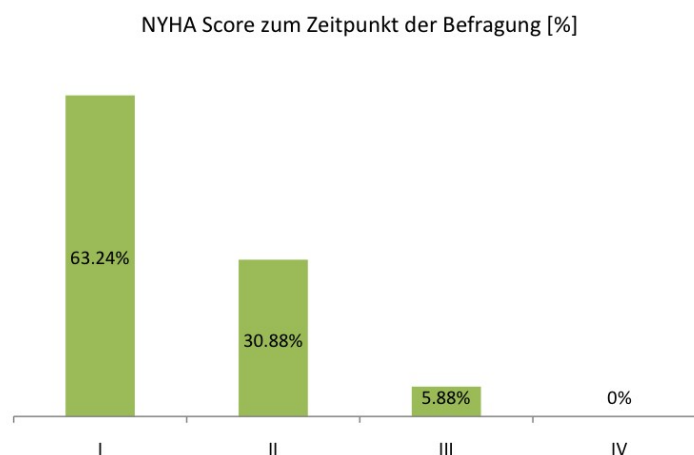


Figure NYHA Score zum Zeitpunkt der Befragung [%]

CCS Score zum Zeitpunkt der Befragung [%]

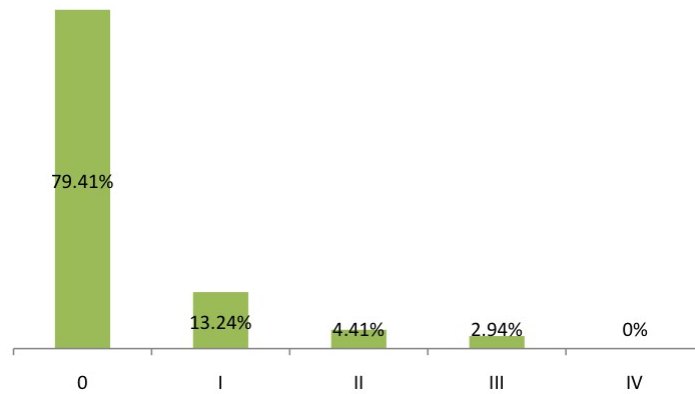


Figure CCS Score zum Zeitpunkt der Befragung

Persönliche Einschätzung des Gesundheitszustandes in [%]



Figure Subjektive Beurteilung des Gesundheitszustandes zum Zeitpunkt der Befragung durch die Patienten

Subjektiver Vergleich des Gesundheitszustandes zu vor der OP [%]

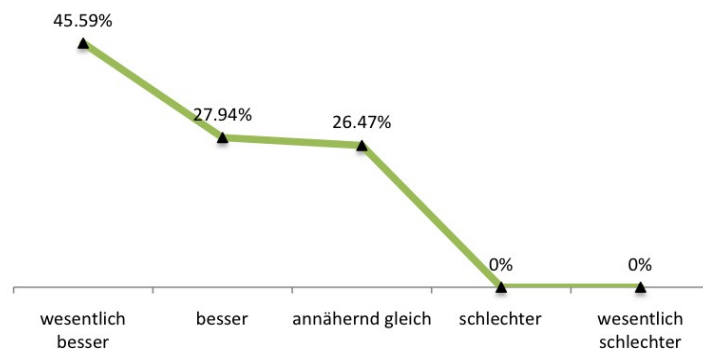


Figure Subjektive Beurteilung des Gesundheitszustandes im Vergleich zur Zeit vor der Operation

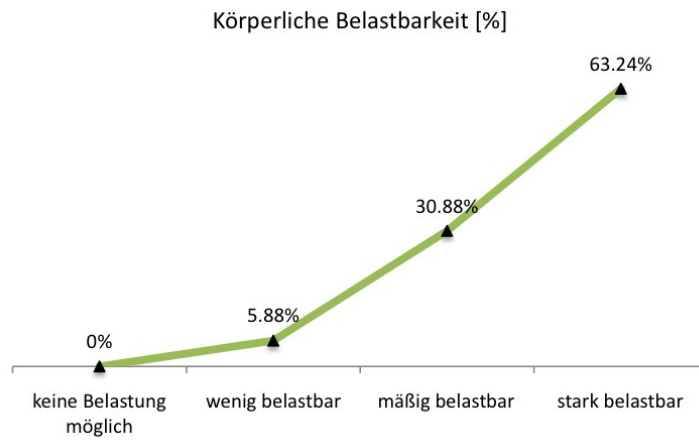


Figure Subjektive Empfindung der Belastbarkeit zum Zeitpunkt der Befragung

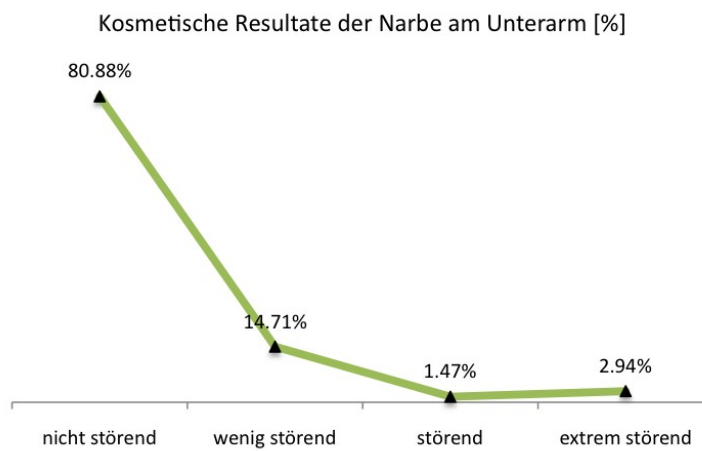


Figure Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis nach dem Harvesting

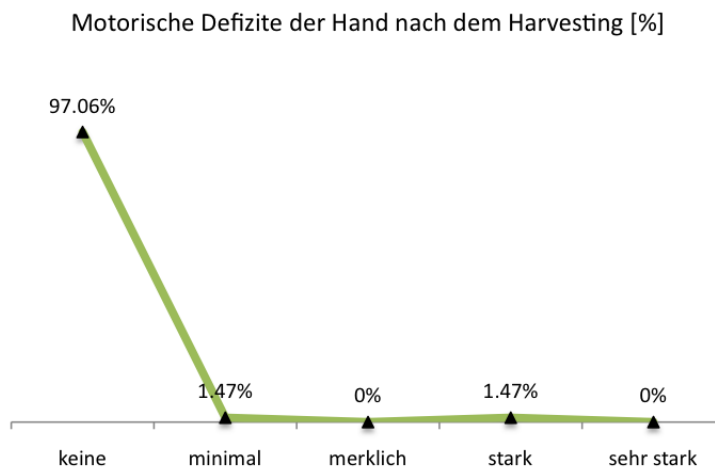


Figure Subjektives Empfinden motorischer Defizite der Hand nach dem Harvesting

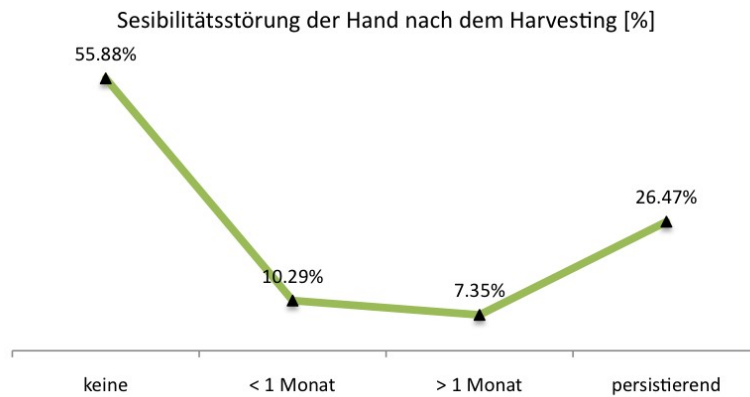


Figure Dauer etwaiger Sensibilitätsstörungen der Hand nach dem Harvesting

### Analyse der Offenheitsrate des RA Grafts

Bei einem mittleren Follow up von 55  $\sim$  18.04 Monaten zeigt sich in der Studiengruppe lediglich ein Major Adverse Cardiac Event (MACE).

Die 70 RA Grafts zeigten eine Offenheitsrate von 68.57% [n=48]. Das mittlere Alter der Patienten mit offenen RA Grafts betrug 62.9a [range 49-78] 42 Männer und 6 Frauen zeigten offene RA Grafts. Die Zielgefäßstenose betrug im Mittel 87% [range 75-100] eine LM Stenose lag in 10 Fällen vor, der Zielgefäßdurchmesser im Mittel 2mm, der intraoperativ gemessene Flow im Graft im Mittel 59ml/min.

31.43% [n=22] der RA Grafts waren in den 3D Rekonstruktionen nicht darstellbar = verschlossen bzw. zeigten in den Schnittbildern Verschlüsse. Das mittlere Alter der Patienten mit verschlossenem RA Grafts beträgt 59.9a [range 48-76] betroffen waren 19 männliche und 3 weibliche Patienten. Zielgefäße der verschlossenen Grafts waren OM [n=10], PLA [n=4], RCA [2], CX [n=5] sowie ALA [n=1] die mittlere Zielgefäßstenose lag bei 78% [range 50-100%] eine LM Stenose lag in 9 Fällen vor. Der mittlere Zielgefäßdurchmesser 2mm und der intraoperative gemessene Flow im Graft im Mittel 56ml/min.

Nur die LAD bzw. der erste Diagonalast als Zielgefäß waren bei der statistischen Analyse mit signifikant besserer Graftoffenheit assoziiert.

Damit liegen die Ergebnisse noch hinter denen der 86 SVGs zurück, welche in nur 23.26% [n=20] ein Graftversagen zeigten. Die Patency der 67 LIMA Grafts kann nur unter Vorbehalt beurteilt werden, da es bei 8 Patienten zu einer schlechten Kontrastierung derselben kam und somit eine Interpretation nur eingeschränkt möglich war. Alle 5 RIMA Grafts zeigten sich im Follow up durchgängig.(Figure )

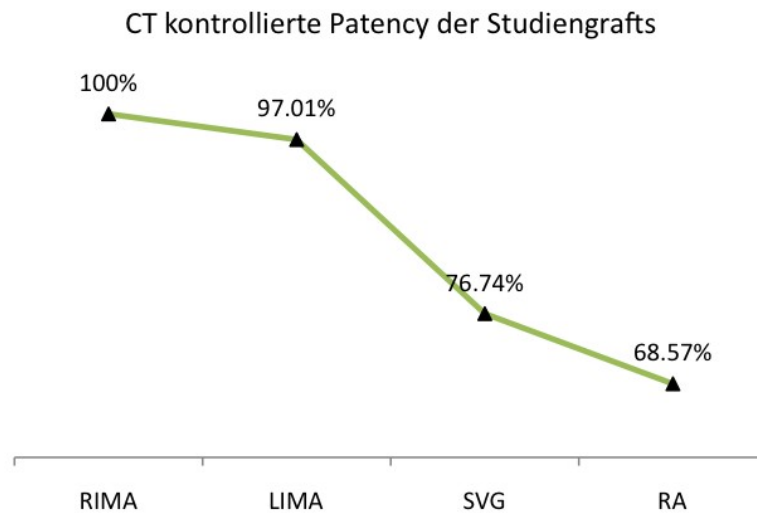


Figure CT kontrollierte Graft Patency; im Vergleich RA, SV, LIMA\*\*\*, RIMA

Zur Visualisierung zeigt die 3D Rekonstruktion in volume rendering Technik die Bypässe.(Figure , Figure )



Figure 3D Image in volume rendering Technik - offene Grafts kommen zur Darstellung

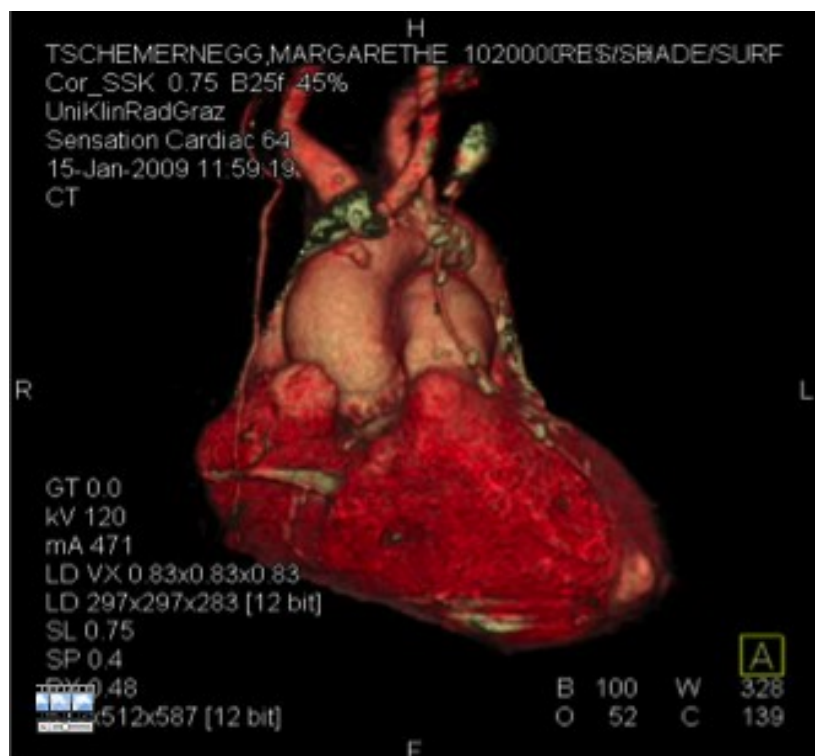


Figure 3D Image in volume rendering Technik - verschlossene Grafts kommen nicht zur Darstellung

## Statistische Analyse

Die statistische Auswertung in SPSS 18 und Netstad Basic erfolgte mittels logistischer Regression sowohl univariat als auch multivariat.  $p < 0.05$  wurde als signifikant,  $p < 0.08$  als Tendenz definiert. Weder die Zielgefäßstenose noch der intraoperative Flow im Graft hatten in unserer Auswertung signifikanten Einfluss auf die Offenheit. Lediglich das präoperative Vorliegen eines Hypertonus, sowie die postoperative Einnahme von Betablockern und das Zielgefäß zeigten in der multivariaten Analyse eine Signifikanz. (Table 6)

	<b>p-value (univariat)</b>	<b>OR</b>	<b>p-value (multivariat)</b>	<b>OR</b>
RA	0.060	0.375	0.84	1.22 0
SVG	0.616	0.761	0.376	2.07 7
Alter	ns		ns	
Geschlecht	ns		ns	
Zielgefäßstenose	ns		ns	
Intraoperativer Flow	ns		ns	
Zielgefäß LAD bzw. 1. Diagonalast	0.023	3.200	0.142	4.41 7
Hauptstammstenose	ns		ns	
Hypertonus	0.089	0.449	0.019	0.29 0
Hyperlipidämie	ns		ns	
Diabetes Mellitus	ns		ns	
Nikotinabusus	ns		ns	
Amlodipin	ns		ns	
Diltiazem	ns		ns	
Nitrate	ns		ns	
Betablocker postop	0.094	2.185	0.020	3.43 7
Adipositas	ns		ns	
Aspirin/Clopidogrel	ns		ns	
Warfarin	ns		ns	

Table Statistische Analyse der erhobenen Parameter

## Diskussion

Laut ACC/AHA Guidelines besteht bis dato keine Evidenz dafür, dass eine Erweiterung der arteriellen Revascularisation durch bilaterale Verwendung der IMA oder andere arterielle Grafts einen entscheidenden klinischen Vorteil im Vergleich zu LIMA-LAD und SV Grafts bringt. Es existieren keine aussagekräftigen randomisierten Studien, existierende Studien schließen zu wenige Patienten ein um eine detaillierte Analyse zu erlauben. Studien über die bilaterale Verwendung der IMA (BIMA) unterliegen einem Bias, da sie Notfallseingriffe und Reoperationen ausschließen, sowie einen zu geringen Anteil an Patienten mit Diabetes enthalten. Jedoch gibt es einige vergleichende, nicht-randomisierte, risikoangepasste Arbeiten die überlegene Langzeitoffenheitsraten nach BIMA Grafting zeigen. Durch die technische Schwierigkeit, längere Operationsdauer und höhere Inzidenz von Wundkomplikationen hat sich die bilaterale Verwendung der IMA auch bei elektiven Patienten nicht als Standard durchgesetzt.(29) In SVGs mindert die fortschreitende Graftsklerose die Qualität dieser Conduits im Langzeit Follow up erheblich. So bleibt die Frage nach der Auswahl des Grafts für das beste klinische Outcome speziell in der jungen Kohorte offen.

Die Wahl des Graft Materials bei arterieller Revascularisierung stellt für den Chirurgen also nach wie vor eine große Herausforderung dar. Ansprüche an die Langzeitoffenheit, als auch an die Gewinnbarkeit, sind ebenso zu berücksichtigen wie die Eignung für den jeweiligen Patienten. Die hervorragenden Patency Ergebnisse machten das IMA Graft zum Goldstandard in der arteriellen Revascularisierung.

Anfangs wurde davon ausgegangen, dass keine wesentlichen Unterschiede zwischen den verwendeten arteriellen Grafts bestehen, da sie alle dem gleichen Zweck dienen – der Versorgung des Gewebes mit Blut. Dieser Ansatz musste jedoch schnell verlassen werden, Guo-Wei He et al. (30) versuchten mit ihrer Arbeit die unterschiedlichen Reaktionen auf bestimmte pharmakologische Stimuli und die unterschiedliche Herkunft arterieller Conduits in einer Klassifikation zusammenzufassen. Grundlagenstudien zeigten, dass der Spasmus der RA im Vergleich zur LIMA wesentlich schwerer zu behandeln ist. Die Freisetzung von endothelium-derived relaxing factors ist bei der RA auf dem gleichen Wege möglich wie bei anderen arteriellen Grafts, ebenso die Reaktion auf vasokonstriktische Reize. Der Unterschied in der Reaktion erklärt sich durch den differenten Wandbau.(22) Diese Spasmen stellen gemeinsam mit der nicht immer gewährleisteten Verfügbarkeit des Conduits aufgrund von positivem Allen Test, schlechter Gefäßqualität, bei im Ultraschall darstellbaren Plaques, nach vorangegangenen Punktionen, aneurysmatischen Veränderungen oder chronischem Nierenversagen (Notwendigkeit einer Shuntanlage) und Flow competition Phänomenen die wesentlichen Nachteile dar. Ebenfalls sind Komplikationen wie Gefühlsstörungen oder motorische Dysfunktionen nach der Entnahme zu erwähnen.(Table )

Durch eine sorgfältige präoperative Evaluierung und intra- bzw. postoperative Spasmusprophylaxe können die nachteiligen Effekte des RA Grafts zum größten Teil vermieden werden.

In unserer Studie kam es durch präoperative Verwendung des modifizierten Allen Tests, sowie der FCDS und Pulsoszillographie zu sehr geringen Komplikationsraten beim Harvesting.(Figure , Figure ) Dies deckt sich auch mit den Daten von Abu-Omar et al.(31) welcher in seinem Algorithmus zum sicheren RA Harvesting (Figure , im Anhang) bei negativem Allen Test sogar den Verzicht einer FCDS empfiehlt. Unsere Patienten durchliefen alle zusätzlich zum modifizierten Allen Test die FCDS und Pulsoszillographie um nicht durch falsch positive Ergebnisse des Allen Test RA Grafts zu verlieren. Vorteil dieser Methode ist die gleichzeitige Beurteilbarkeit der Gefäßmorphologie um etwaige andere Ausschlusskriterien vom Harvesting, wie Plaques oder kaliberschwache Arterien <2mm, zu erfassen.

Beschriebene Kontraindikationen zum Harvesting der RA sind ein positiver Allen Test(32-34) sowie vorangegangene Kanülierung der RA(22). Ebenso ist die Entnahme nach Trauma bzw. Operation der betroffenen Extremität nicht empfehlenswert.(33-35) Bei bekannter Erkrankung der A. subclavia oder A. brachialis sollte ebenfalls Abstand vom Harvesting genommen werden.(34, 35) Schwere renale Insuffizienz welche möglicherweise eine Shuntanlage notwendig macht, bzw. ein bereits angelegter arterio-venöser Shunt zur Hämodialyse stellen eine Kontraindikation dar.(22, 33, 36, 37) Gefäßdurchmesser <2mm, diffuse Kalzifikationen der Intima und Media, anatomische Anomalien, sowie das Ausbleiben des retrograden Flows in der RA während Kompression derselben und eine Zunahme des Flows in der UA während Kompression der RA (=RAC) <20% sprechen ebenfalls gegen die Entnahme. In der Plethysmographie sollte der digitale Druck während RAC nicht mehr als 40% abfallen.(38) Raynaud Syndrom, Dupuytren Kontraktur, Carpaltunnel Syndrom, Vasculitiden, Sklerodermie und rheumatoide Arthritis stellen Kontraindikationen dar.(22, 32-36)

Bewertet werden in der FCDS aber nicht nur morphologische Aspekte sondern vielmehr auch der retrograde Fluss in der RA während der Kompression als auch die Zunahme der Flussgeschwindigkeit = peak systolic velocity (PSV) in der UA. Fehlender retrograder Fluss in der RA bzw. eine Zunahme der PSV in der UA um weniger als 20% werden als Ausschlusskriterien für ein Harvesting angesehen. Über die Zunahme der PSV können auch Stenosen festgestellt werden. Eine Verdoppelung der PSV entspricht einer 50%igen Stenose des Gefäßes und somit einem Ausschlusskriterium für das Harvesting.(24, 31)

Im Durchschnitt sind 5-10% positive Ergebnisse zu erwarten, also nicht Harvesting tauglich.(31, 36, 39, 40) In der Literatur tauchen verschiedene Wahrscheinlichkeiten für die positiven sowie falsch positiven Untersuchungsergebnisse auf. Dies ist im wesentlichen darauf zurück zu führen, dass keine einheitlichen Kriterien für ein positives Testergebnis existieren. Einige Autoren setzen den cutt-off point für die Rekapillarisation bei 10 sek, andere bei 6 sek bzw. 5 sek.

Ebenso wenig gibt es Konsensus darüber ob ein positiver Allen Test eine absolute oder relative Kontraindikation für die Entnahme der RA darstellt.

Vor allem seit der Arbeit von Abu-Omar et al. wurde diese Diskussion wieder angeregt. Er zeigte mittels FCDS dass 88% der Patienten mit positivem Allen Test keine okkludierenden Gefäßveränderungen an den Unterarmarterien hatten und eine Entnahme der RA problemlos möglich war.(31) Die Literatur beschreibt trotz FCDS bis zu 5% intraoperativ nicht verwendbare RA. (41)

Bei unseren Patienten konnte intraoperativ die RA in allen Fällen verwendet werden.

Bei KHK Patienten findet sich in deren RA eine relevante Läsion bis 7% häufiger als bei vergleichbaren Gesunden.(22) Faktoren wie renale Insuffizienz und DM fördern die Schädigung des Endothels im besonderen Ausmaß, erstaunlicherweise zeigt die IMA, aufgrund ihres Wandaufbaues, zum Zeitpunkt des Harvestings nur in weniger als 1% makroskopisch feststellbare Veränderungen. Im Gegensatz dazu sind dies bis zu 10% der RA - umso wichtiger ist die sorgfältige präoperative Evaluierung.

Die Literatur berichtet von einem Fall schwerer Ischämie der Hand, nach dem Harvesting bei negativem Allen Test.(34, 42-45) Solch falsch negative Testergebnisse durch anatomische Anomalien wie etwa die Existenz eines superfiziellen dorsalen Astes der RA oder eine persistierende mediane Arterie sind möglich. Anatomische Variationen der RA finden sich in bis zu 8% der Patienten.(46)

Trotz dieser Probleme dient der Allen Test noch immer als erste Evaluation vor dem Harvesting, in der Literatur werden weiterführende Untersuchungen, wie in unsere Studie durchgeführt, vorgeschlagen um die Verwendung der RA und die Sicherheit der Kollateralkreisläufe zu maximieren.

Kohonen et al. errechneten in ihrer Studie von 145 Patienten für den Allen Test eine Sensitivität von 73.2% und Spezifität von 97.1%.(38)

Alle anderen Methoden wie Plethysmographie und Ultraschall produzieren ebenfalls falsch positive Ergebnisse, wobei die FCDS der gesamten UA, wie von Abu-Omar et al. vorgeschlagen wenig falsch positive Ergebnisse liefert und somit die Anzahl der gewinnbaren Grafts steigert.(31)

Die RA als Bypass Conduit bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Ihre Länge ermöglicht es alle Koronargebieten zu erreichen.(15, 22, 32, 33, 47, 48) Mit einem im Verhältnis zur IMA größerem Lumen ist eine einfachere Anastomosierung möglich.(12, 15, 18, 19, 22, 32, 33, 47). Die oberflächliche Lage und der dicke Wandbau erlauben ein einfaches Harvesting und Handling(12, 22, 33, 47, 48), welches simultan zur Sternotomie möglich ist.(22, 28, 33, 49) Die Entnahmedauer gestaltet sich kürzer als bei bilateralem IMA Harvesting(33) und nicht zuletzt ist das Graft im Gegensatz zu SVGs an arterielle Druckverhältnisse angepasst.

In der Mehrheit der verfügbaren Studien zeigt die Patency keine Abhängigkeit vom Zielgefäß(12, 50, 51), diese Daten unterliegen jedoch einem Bias da in vielen Studien die LAD als Zielgefäß aufgrund des LIMA-LAD Grafts als Goldstandard nicht vorkommt. In unserer Arbeit zeigte sich eine signifikant bessere Patency des RA Grafts bei Anastomosierung auf die LAD bzw. einen Diagonalast. Die Zielgefäßstenose zeigt in unserer Arbeit im Gegensatz zur aktuellen Literatur(12, 33, 34, 41, 51-58) keine Signifikanz bezüglich der Offenheitsrate. (Table 6)

Ebenso wenig wies das Patientenalter in unserer Arbeit einen signifikanten Unterschied auf. Ein weiterer Überblick der in der Literatur beschriebenen Vorteile sowie Nachteile des RA Grafts findet sich in Table und Table im Anhang.

In unserer Arbeit konnte mittels MSCT die Graftoffenheit beinahe problemlos evaluiert werden, lediglich bei 8 LIMA-LAD Grafts kam es zu einer schwachen Kontrastmittelanreicherung, welche die Beurteilung beeinträchtigte. In der Bildgebung zeigte sich kein Unterschied zwischen der Verwendung des 64 und 320 Zeiler. Daten zum Vergleich des 320 Zeilers mit der konventionellen Angiographie liegen noch nicht vor. Durch die gewählte Methode konnte im Vergleich zur konventionellen Angiographie die verwendete Kontrastmittelmenge erheblich eingeschränkt werden, im Mittel wurden nur 90ml Kontrastmittel (10ml als Testbolus, 80ml für die eigentliche Aufnahme) appliziert. Vor allem hinsichtlich des immer älter werdenden Patientengutes ist für uns die Erkenntnis mittels MSCT Bypass Grafts in zufriedenstellender Weise beurteilen zu können essentiell.

Eine Nierenschädigung durch die Bypassevaluierung kann dadurch ebenso verringert werden, wie eine Blutungskomplikation durch Gefäßpunktion, wie sie bei der konventionellen Angiographie nötig ist.

Unsere Ergebnisse zur Beurteilung der Graft Patency mittels MSCT 64 bzw. 320 Zeiler spiegeln die aktuelle Literatur sehr gut wieder. Tochi et al.(59) zeigten 2010 mit ihrer Arbeit in den Ann Thorac Surg eine Sensitivität von 100% sowie Spezifität von 93.1% für Stenosen, beschrieben jedoch zeitgleich falsch positive Ergebnisse durch die MSCT im Falle von Flow competition Phänomenen. Lee et al.(60) verglichen 2010 die MSCT mit der konventionellen Angiographie und kamen ebenfalls zum Schluss mittels 64 Zeiler Grafts in ausreichender Art und Weise beurteilen zu können. Von Dikkers et al(61) wurde für die MSCT in ihrer Meta Analyse eine Sensitivität von 96% und Spezifität von 98% für Graftverschlüsse beschrieben. In 2007 wurde von Marano et al.(62) das Follow up von CABG Patienten als eine der Domänen der MSCT beschrieben. Von Jones et al.(63) wurde in einer Meta Analyse eine Sensitivität von 97.6% und Spezifität von 98.5% für Graftverschlüsse errechnet. Stenosen wurden mit einer Sensitivität von 88.7% und Spezifität von 97.4% diagnostiziert. Die Beurteilbarkeit der Graftoffenheit mittels MSCT kann demnach als gewährleistet angenommen werden, wobei die Beurteilung von Stenosen einigen Einschränkungen unterliegt.

Zur Verwendung des RA Grafts existieren im Moment laut Benedetto et al.(64) lediglich fünf prospektive randomisierte Studien, die „Radial Artery Patency and Clinical Outcomes“ Studie (RAPCO) von Buxton et al.(65) aus 2003, Desai et al.(12) publizierten 2004 ihre Ergebnisse welche RA und SVG verglichen, Gaudino et al.(66) veröffentlichten 2005 zusammenfassend Ergebnisse aus zwei Studien bei CABG Patienten und verwendetem RA Graft nach in-stent Restenosen und die „Radial Artery versus Saphenous Vein Patency“ Studie (RSVP) von Collins et al.(67) aus 2008. Die mittlere Follow up time unserer Studie mit 55 ~ 18 Monaten liegt im selben Bereich wie die der genannten Arbeiten, Buxton et al. publizierten vorläufige Ergebnisse nach 5 Jahren (Endpunkt der Studie Angiographie nach 10 Jahren), bei Desai et al. war die Follow up time mit einem Jahr wesentlich kürzer. Collins et al. hatten eine Follow up time von 5 Jahren, Gaudino et al. berichteten aus dem Follow up 55 ~ 11 Monate post operativ.

Alle Arbeiten benutzen im Follow up als Methode der Graftevaluierung eine konventionelle Angiographie. Im Vergleich zu unserer Arbeit schlossen alle randomisierten Studien wesentlich größere Patientenzahlen ein. Buxton et al. n= 438, Desai et al. n=440, Collins et al. n=103, Gaudino et al. n=120.

Auffällig in der Arbeit von Buxton et al. sind die guten Ergebnisse des SVG im Vergleich zu vorangegangenen Berichten.(36, 56, 68-71) Die Ergebnisse dieser RAPCO Studie sind vergleichbar mit Studien die nur symptomatische Patienten einschließen, solche Symptom gesteuerten Studien könnten einem Bias unterliegen, da sie eher schwer Erkrankte einschließen. Die hervorragenden SVG Ergebnisse sind vermutlich auf die großen Zielgefäße sowie die begleitende Medikation mit Vasodilatoren und 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reduktase Inhibitoren zurückzuführen. Eine Überlegenheit des RA Grafts konnte jedoch ebenso wenig wie ein verbessertes Outcome im Vergleich zu SV und RIMA belegt werden. Offenheitsraten der gesamten Grafts betragen 97% LIMA [n=87], free RIMA 91% [n=22], 86% RA [n=49] und 94% SV [n=22], bei nichtstudien SVG 84% [n=85].

Desai et al. hatten in 8.2% der RA Grafts bzw. 13.6% der SVG totale Verschlüsse [p=0.009]. In 7% der RA Grafts bzw. 0.9% der SVGs zeigte sich ein string sign des Conduits [p=0.001]. Nicht hochgradige Koronarstenosen waren mit höherem Graftversagen bzw. mit dem Auftreten eines string sign assoziiert. Stenosen >90% waren mit besserer Patency und geringerem Auftreten eines string sign assoziiert als 70-80% Stenosen [3.7% Vs 12.4% p<0.001].

Im Gegensatz zu unserer Arbeit konnte hier von Desai et al. ein starker statistischer Zusammenhang der Zielgefäßstenose mit der Graftoffenheit belegt werden (p<0.001).

Die Beurteilung von diffusen longitudinalen Verengungen des Grafts auf <1mm, des sogenannten „string signs“ regt jedoch nach wie vor die Diskussion an. Nezir et al.(72) reagierten auf die Arbeit von Desai et al., sie interpretierten das Auftreten eines string signs als Graftversagen, somit wäre die Signifikanz der Ergebnisse nicht mehr gegeben. Die Studienautoren antworteten darauf ihrerseits(73) nur 50% der string sign Grafts zeigen einen TIMI I Flow, die anderen 50% einem TIMI II oder III Flow und sind somit nicht generell als Graft failure zu werten.(74) Vor einem ähnlichen Problem standen wir in unserer Auswertung, acht unserer LIMA Grafts kamen nur schwach kontrastiert zur Darstellung.

Collins et al. angiographierten 103 Patienten [77%]. 98.3% der RA Grafts bzw. 86.4% der SVGs konnten offen dargestellt werden, p=0.04. Graftstenosen kamen in 10% der offenen RA Grafts bzw. 23% der offenen SVGs vor. Einschlusskriterien waren elektive CABG Ersteinriffe mit Zielgefäßstenosen >70% der proximalen CX und Patientenalter zwischen 40 und 70a, EF > 25%. Im Vergleich zu unserer Studiengruppe wurden in dieser Arbeit keine Notfallseingriffe sowie Kombinationseingriffe eingeschlossen.

Gaudino et al. beschreiben bei ihren Hochrisikopatienten nach PCI im Follow up von 52 ~ 11 Monaten postoperativ 19 von 20 RIMA Grafts in beiden Gruppen bzw. 20 von 20 RA Grafts in der

Studiengruppe und 19 von 20 RA Grafts in der Kontrollgruppe als offen [p=0.99]. SVG zeigten extrem schlechte Ergebnisse in beiden Kohorten [10 von 20 bzw. 15 von 20, p=0.001]. Während 55 ~ 18.04 Monaten Follow up kam es zu lediglich einem MACE in unserer Kohorte. Die Patency des RA Grafts lag im Follow up hinter der des SVG zurück. In der Literatur existiert eine Arbeit von Khot et al.(75) aus 2004 die ähnlich schlechte Ergebnisse des RA Grafts beschreibt wie sie in unserer retrospektiven Auswertung auftraten (51.3% Patency der RA vs 64% bei SVG [p=0.0016]). Ein Zusammenhang der Patency mit dem Zielgefäß bzw. der Zielgefäßstenose konnte mit Ausnahme der LAD als Zielgefäß als nicht signifikant dargestellt werden. Ebenso wenig hatte der intraoperative Flow im Graft eine signifikante Auswirkung auf die Offenheit unserer Grafts. Mit einer Studienpopulation von 70 Patienten bewegen wir uns jedoch weit unter dem Bereich anderer single center Studien, was die Aussagekraft deutlich einschränkte. Es konnte aber gezeigt werden, dass die MSCT eine Alternative für das Follow up nach CABG darstellt. Die Annahme, dass die progressive Graftsklerose die SVG Patency, vor allem jenseits des fünften postoperativen Jahres, stark negativ beeinflusst, spielt in unserer Auswertung eine entscheidende Rolle (mittleres Follow up 55 ~ 18.04 Monate). In folgender Grafik sind die Offenheitsraten der Grafts aus den randomisierten Studien und der Arbeit von Khot et al. unseren Ergebnissen gegenübergestellt.

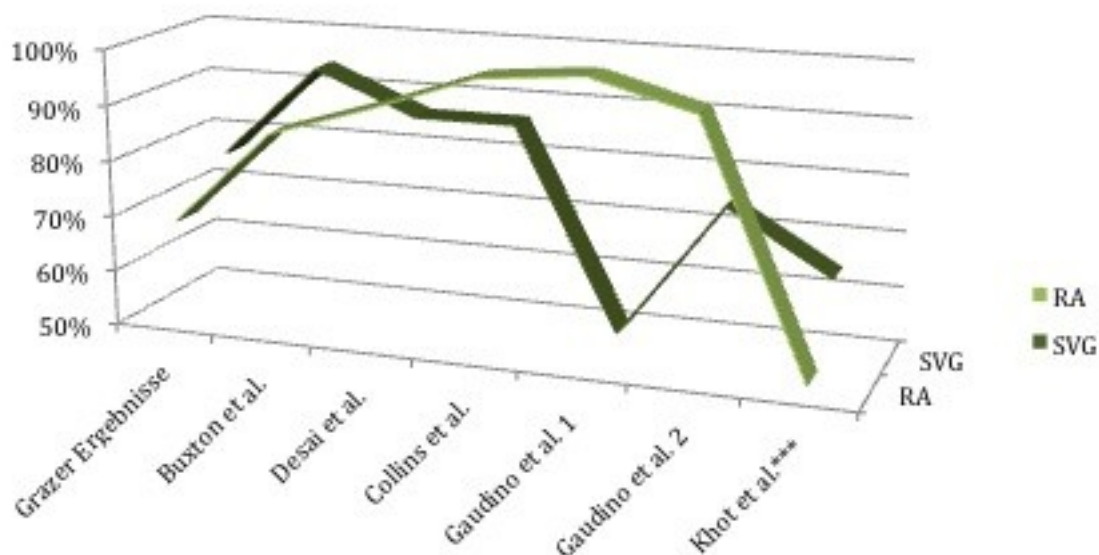
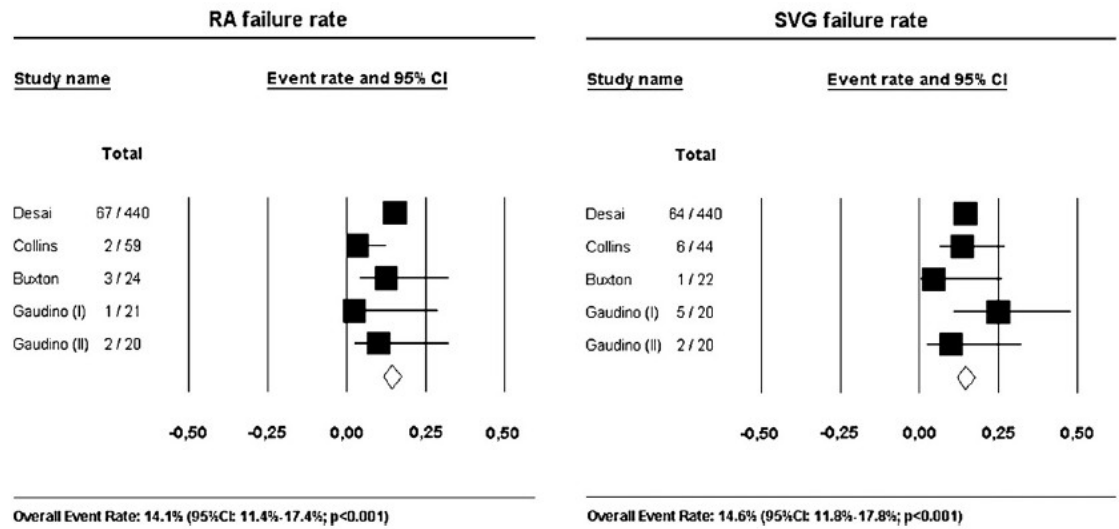


Figure RA vs SVG Patency

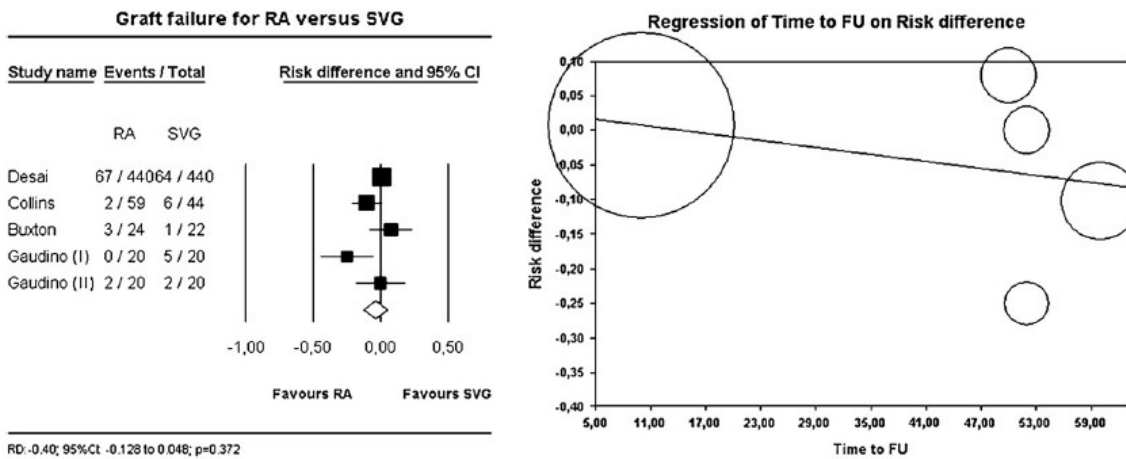
Für uns überraschend war die schlechte Graft Patency ob des momentan sehr guten klinischen Outcomes unserer Patienten. In der Literatur findet sich dazu lediglich eine Arbeit. Diese beschreibt jedoch die Auswirkung des frühen SVG Versagens auf das spätere Outcome der Patienten, wurde im März 2010 am ACC vorgestellt und wird im nächsten Journal of the American College of Cardiology (JACC) publiziert. Es zeigte sich eine starke Assoziation zwischen Verschlüssen der SVGs im ersten postoperativen Jahr und dem Risiko für Reintervention, Myocardinfarkt bzw. Tod fünf Jahre postoperativ.(76)

Benedetto et al.(64) erstellten 2010 eine Meta-Analyse aller randomisierten Studien die RA mit SV Graft Patency vergleichen. In diese Studie konnten 936 in 5 randomisierte Studien eingeschlossene Patienten aufgenommen werden, welche entweder ein RA oder SVG erhalten haben. Eingeschlossen wurden die oben genannten Studien von Gaudino et al.(66), welche zwei Substudiengruppen enthielt und Patienten mit in-stent Stenosen einschloss, Desai et al.(12) welche randomisiert das inferiore bzw. laterale Stromgebiet mit RA Grafts bzw. SVG versorgte, Collins et al.(67) welche randomisiert das Hauptgefäß der lateralen Wand mit RA bzw. SVG versorgten und Buxton et al.(65) welche randomisiert das größte Gefäß mit Ausnahme der LAD mit RA bzw. SVG versorgte. In 71.4% [n=669] wurde eine Follow up Angiographie durchgeführt, so konnten 563 RA Grafts mit 546 SVGs verglichen werden. Das mittlere Intervall zur Angiographie beträgt 22 Monate [range 10-52 Monate]. Das kumulative Graftversagen beträgt für die RA 14.1% [95%CI, 11.4-17.4%, p<0.001] bzw. 14.6% [95%CI, 11.8-17.8%, p<0.001] für SVGs. Ohne signifikanten Vorteil des RA Grafts [risk difference -0.40; 95%CI -0.128-0.048, p=0.372]. Innerhalb der untersuchten Daten beeinflusste die Follow up Zeit die Patency nicht signifikant [p=0.42]. (Figure 15)

Georghiou et al.(77) führten 2005 eine Literaturanalyse durch, welche nicht nur randomisierte Studien einschloss. Diese Summary der best evidence Papers zu diesem Zeitpunkt ist eine Metanalyse von 12 Arbeiten. Sie zeigt eine signifikant bessere Langzeitoffenheit des RA Grafts im Vergleich zum SVG, jedoch wurde gleichzeitig darauf hingewiesen die 10 Jahres Ergebnisse der RAPCO und RAPS Studien abwarten zu müssen um Gewissheit zu erlangen. Es bleibt also weiterhin abzuwarten wie sich die Offenheit des RA Grafts im Vergleich zum SVG im 10 Jahresintervall verhalten wird. In naher Zukunft werden uns die Follow up Ergebnisse der 5 randomisierten Studien Aufschluss darüber bringen.



**Overall Event Rate: 14.1% (95%CI: 11.4%-17.4%; p<0.001)** **Overall Event Rate: 14.6% (95%CI: 11.8%-17.8%; p<0.001)**  
**FIGURE 1.** Right, Radial artery (RA) failure rates of individual trials (squares) and the pooled summary effect estimate (diamond) with its 95% confidence interval (CI). Left, Saphenous vein graft (SVG) failure rates of individual trials (squares) and the pooled summary effect estimate (diamond) with its 95% confidence interval (CI).



**RD: -0.40; 95%CI: -0.128 to 0.048; p=0.372**  
**FIGURE 2.** Right, Risk difference for radial artery (RA) versus saphenous vein graft (SVG) failure rate. Squares indicate individual trials, and the diamond indicates the pooled summary effect estimate with its 95% confidence interval (CI). Left, Meta-regression analysis of time to follow-up (FU) angiographic analysis on estimated risk differences. Circles indicate individual trials.

Figure Graftversagen nach Meta-Analyse von Benedetto et al. 2010 (64)

## Schlussfolgerung

Es liegen überraschend schlechte Ergebnisse im Follow up unserer RA Grafts trotz des guten Gesundheitszustandes unserer Patienten vor. Das Harvesting war durch die präoperative Evaluierung ohne ischämische Komplikationen und mit guten kosmetischen Ergebnissen möglich. Die gewählte Methode der CT Angiographie mittels MSCT 64 bzw. 320 Zeiler eignete sich hervorragend um die Conduits beurteilen zu können. Zum jetzigen Zeitpunkt existiert keine Evidenz für eine Überlegenheit des RA Grafts im Vergleich mit dem SVG. Die laufenden randomisierten Studien werden noch Aufschluss bringen, wenn im 5-10 Jahres Intervall, die als progressiv betrachtete Graftsklerose weiter zunimmt und die Offenheitsrate des SVG reduzieren wird. In Anbetracht der vorhandenen Literatur wäre es wünschenswert einheitlichere Studienprotokolle zu entwickeln und weitere randomisierte multicenter Studien zu etablieren, um exakte Guidelines für die Verwendung der RA, die ideale präoperative Selektion und die postoperative antispastische Therapie zu beschließen.

## Anhang

Vorteile des RA Grafts	Referenz
Länge	(15, 22, 32, 33, 47, 48)
Lumen größer als bei IMA	(12, 15, 18, 19, 22, 32, 33, 47)
einfacheres Handling durch oberflächliche Lage und dicke Gefäßwand	(12, 22, 33, 47, 48)
Entnahme simultan zur Sternotomie	(22, 28, 33, 49)
kürzere Entnahmedauer als bei bilateraler IMA	(33)
Entnahme bei den meisten Patienten möglich	(22, 32, 49)
angepasst an arterielle Druckverhältnisse	(15, 22, 47)
Vasomotorik nach Entnahme erhalten	(47)
geringeres Risiko sternaler Wundkomplikationen als nach bilateraler IMA	(15, 32, 78, 79)
schnellere Mobilisierung als nach SV Harvesting	(32, 34, 47)
Entnahme simultan zur LIMA	(15, 22)
Entnahme in der Mehrheit der Patienten möglich	(22)
Zielgefäß für Patency nicht entscheidend	(12, 50, 51)
Ziel der proximalen Anastomose ist für Patency nicht entscheidend (Aorta bzw. Verwendung als composite Graft)	(33, 58, 80)
geringerer perioperativer Blutverlust und sternale Wundinfekte als bei Verwendung der RIMA	(81)
bei Flow competition sind die Langzeitergebnisse besser als die der SV	(82-84)

Table Vorteile des RA Grafts

<b>Nachteile des RA Grafts</b>	<b>Referenz</b>
Gefäßspasmus	(22, 23, 28, 30, 34, 49, 52)
Flow competition bei nicht hochgradigen Coronarstenosen schlechtere Ergebnisse wenn Graft auf CX/RCA	(12, 33, 34, 41, 51-58) (57, 58)
Tendenz zu atherosklerotischen Veränderungen > IMA	(18, 85-92)
ischämische Komplikationen der Hand nach dem Harvesting trotz präoperativer Evaluierung möglich	(22, 34, 42-45)
Composite Grafts anfälliger für Flow competition Phänomene	(93)

Table Nachteile des RA Grafts

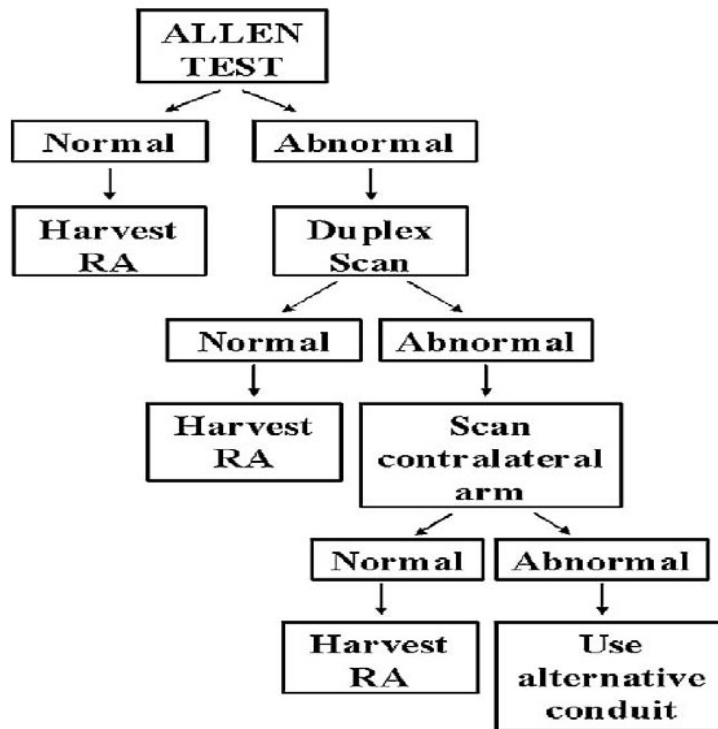


Fig 3. Algorithm for the safe preoperative assessment of the collateral circulation before harvesting of the radial artery (RA) for coronary artery bypass graft surgery.

Figure Algorithmus zum sicheren Harvesting der RA nach Abu Omar et al.

## Literaturverzeichnis

1. COHN L. Cardiac Surgery in the adult: Surgical Anatomy of the Heart 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2008.
2. Fox K, Garcia MAA, Ardissino D, Buszman P, Camici PG, Crea F, et al. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary: The Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal*. 2006 Jun 1;27(11):1341-81.
3. Serruys PW, Morice M-C, Kappetein AP, Colombo A, Holmes DR, Mack MJ, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *The New England Journal of Medicine*. 2009 Mar 5;360(10):961-72.
4. Arcidi JM, Powelson SW, King SB, Douglas JS, Jones EL, Craver JM, et al. Trends in invasive treatment of single-vessel and double-vessel coronary disease. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1988 May 1;95(5):773-81.
5. Henderson RA, Pocock SJ, Sharp SJ, Nanchahal K, Sculpher MJ, Buxton MJ, et al. Long-term results of RITA-1 trial: clinical and cost comparisons of coronary angioplasty and coronary-artery bypass grafting. *Randomised Intervention Treatment of Angina*. *Lancet*. 1998 Oct 31;352(9138):1419-25.
6. Serruys PW, Unger F, Sousa JE, Jatene A, Bonnier HJ, Schönberger JP, et al. Comparison of coronary-artery bypass surgery and stenting for the treatment of multivessel disease. *The New England Journal of Medicine*. 2001 Apr 12;344(15):1117-24.
7. FitzGibbon GM, Leach AJ, Kafka HP, Keon WJ. Coronary bypass graft fate: long-term angiographic study. *J Am Coll Cardiol*. 1991 Apr 1;17(5):1075-80.
8. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, et al. 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.
9. Buxton BF, Fuller JA, Tatoulis J. Evolution of complete arterial grafting. For coronary artery disease. *Tex Heart Inst J*. 1998 Jan 1;25(1):17-23.
10. Savage EB, Grab JD, O'Brien SM, Ali A, Okum EJ, Perez-Tamayo RA, et al. Use of both internal thoracic arteries in diabetic patients increases deep sternal wound infection. *Ann Thorac Surg*. 2007 Mar 1;83(3):1002-6.
11. Momin AU, Deshpande R, Potts J, El-Gamel A, Marrinan MT, Omigie J, et al. Incidence of sternal infection in diabetic patients undergoing bilateral internal thoracic artery grafting. *Ann Thorac Surg*. 2005 Nov 1;80(5):1765-72; discussion 72.
12. Desai ND, Cohen EA, Naylor CD, Fremes SE, Investigators RAPS. A randomized comparison of radial-artery and saphenous-vein coronary bypass grafts. *The New England Journal of Medicine*. 2004 Nov 25;351(22):2302-9.
13. Carpentier A, Guermontprez JL, Deloche A, Frechette C, DuBost C. The aorta-to-coronary radial artery bypass graft. A technique avoiding pathological changes in grafts. *Ann Thorac Surg*. 1973 Aug 1;16(2):111-21.
14. Curtis JJ, Stoney WS, Alford WC, Burrus GR, Thomas CS. Intimal hyperplasia. A cause of radial artery aortocoronary bypass graft failure. *Ann Thorac Surg*. 1975 Dec 1;20(6):628-35.
15. Kobayashi J. Radial artery as a graft for coronary artery bypass grafting. *Circ J*. 2009 Jul 1;73(7):1178-83.

16. Acar C, Jebara VA, Portoghese M, Beyssen B, Pagny JY, Grare P, et al. Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1992 Oct 1;54(4):652-9; discussion 9-60.
17. Buxton BF, Hayward PAR, Newcomb AE, Moten S, Seevanayagam S, Gordon I. Choice of conduits for coronary artery bypass grafting: craft or science? *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2009 Apr 1;35(4):658-70.
18. Acar C, Jebara VA, Portoghèse M, Fontaliran F, Dervanian P, Chachques JC, et al. Comparative anatomy and histology of the radial artery and the internal thoracic artery. Implication for coronary artery bypass. *Surg Radiol Anat.* 1991 Jan 1;13(4):283-8.
19. Chen X-j, Zhang Y, Chen X, Feng W-h, Li D-l, Li H-w. Role of radial artery in total arterial myocardial revascularization in coronary bypass surgery. *Chin Med J.* 2008 Feb 5;121(3):200-4.
20. Ercan E, Tengiz I. [Idiopathic radial artery aneurysm]. *Anadolu kardiyoloji dergisi : AKD = the Anatolian journal of cardiology.* 2003 Sep 1;3(3):287.
21. He GW, Yang CQ. Comparison among arterial grafts and coronary artery. An attempt at functional classification. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995 Apr 1;109(4):707-15.
22. Nezić DG, Knezević AM, Milojević PS, Dukanović BP, Jović MD, Borzanović MD, et al. The fate of the radial artery conduit in coronary artery bypass grafting surgery. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2006 Aug 1;30(2):341-6.
23. Risteski PS, Akbulut B, Moritz A, Aybek T. The radial artery as a conduit for coronary artery bypass grafting: review of current knowledge. *Anadolu kardiyoloji dergisi : AKD = the Anatolian journal of cardiology.* 2006 Jun 1;6(2):153-62.
24. Rodriguez E, Ormont ML, Lambert EH, Needleman L, Halpern EJ, Diehl JT, et al. The role of preoperative radial artery ultrasound and digital plethysmography prior to coronary artery bypass grafting. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2001 Feb 1;19(2):135-9.
25. Pola P, Serricchio M, Flore R, Manasse E, Favuzzi A, Possati GF. Safe removal of the radial artery for myocardial revascularization: a Doppler study to prevent ischemic complications to the hand. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1996 Sep 1;112(3):737-44.
26. Allen E. Thrombangiitis obliterans: methods of diagnosis of chronic occlusive arterial lesions distal to the wrist with illustrative cases. *Am J Med Sci.* 1929;178:237.
27. Cable DG, Mullany CJ, Schaff HV. The Allen test. *Ann Thorac Surg.* 1999 Mar 1;67(3):876-7.
28. Reyes AT, Frame R, Brodman RF. Technique for harvesting the radial artery as a coronary artery bypass graft. *Ann Thorac Surg.* 1995 Jan 1;59(1):118-26.
29. ACC/AHA Guideline Update for Coronary Artery Bypass Graft Surgery. 2004 [cited 2010]; Available from: [www.acc.org/qualityandscience/clinical/guidelines/CABG/index.pdf](http://www.acc.org/qualityandscience/clinical/guidelines/CABG/index.pdf).
30. He GW. Arterial grafts for coronary artery bypass grafting: biological characteristics, functional classification, and clinical choice. *Ann Thorac Surg.* 1999 Jan 1;67(1):277-84.
31. Abu-Omar Y, Mussa S, Anastasiadis K, Steel S, Hands L, Taggart DP. Duplex ultrasonography predicts safety of radial artery harvest in the presence of an abnormal Allen test. *Ann Thorac Surg.* 2004 Jan 1;77(1):116-9.

32. Cohen G, Tamariz MG, Sever JY, Liaghati N, Guru V, Christakis GT, et al. The radial artery versus the saphenous vein graft in contemporary CABG: a case-matched study. *Ann Thorac Surg.* 2001 Jan 1;71(1):180-5; discussion 5-6.
33. Lemma M, Mangini A, Gelpi G, Innorta A, Spina A, Antona C. Is it better to use the radial artery as a composite graft? Clinical and angiographic results of aorto-coronary versus Y-graft. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2004 Jul 1;26(1):110-7.
34. Tatoulis J, Royle AG, Buxton BF, Fuller JA, Skillington PD, Goldblatt JC, et al. The radial artery in coronary surgery: a 5-year experience--clinical and angiographic results. *Ann Thorac Surg.* 2002 Jan 1;73(1):143-7; discussion 7-8.
35. Budillon AM, Nicolini F, Agostinelli A, Beghi C, Pavesi G, Fragnito C, et al. Complications after radial artery harvesting for coronary artery bypass grafting: our experience. *Surgery.* 2003 Mar 1;133(3):283-7.
36. Dietl CA, Benoit CH. Radial artery graft for coronary revascularization: technical considerations. *Ann Thorac Surg.* 1995 Jul;60(1):102-9; discussion 9-10.
37. Tatoulis J, Buxton BF, Fuller JA. Bilateral radial artery grafts in coronary reconstruction: technique and early results in 261 patients. *Ann Thorac Surg.* 1998 Sep;66(3):714-19; discussion 20.
38. Kohonen M, Teerenhovi O, Terho T, Laurikka J, Tarkka M. Is the Allen test reliable enough? *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2007 Dec 1;32(6):902-5.
39. Acar C, Ramsheyy A, Pagny JY, Jebara V, Barrier P, Fabiani JN, et al. The radial artery for coronary artery bypass grafting: clinical and angiographic results at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 Dec 1;116(6):981-9.
40. Roberts N, Ghosh S, Boehm M, Galiñanes M. The radial hyperaemic response: a new and objective assessment of ulnar collateral supply to the hand. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2002 Mar 1;21(3):549-52.
41. Manabe S, Sunamori M. Radial artery graft for coronary artery bypass surgery: biological characteristics and clinical outcome. *Journal of cardiac surgery.* 2006 Jan 1;21(1):102-14; 15.
42. Fox AD, Whiteley MS, Phillips-Hughes J, Roake J. Acute upper limb ischemia: a complication of coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1999 Feb;67(2):535-6; discussion 6-7.
43. Nunoo-Mensah J. An unexpected complication after harvesting of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1998 Sep 1;66(3):929-31.
44. Manabe S, Tabuchi N, Toyama M, Kuriu K, Mizuno T, Sunamori M. Measurement of ulnar flow is helpful in predicting ischemia after radial artery harvest. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 Dec;50(6):325-8.
45. Jones BM, O'Brien CJ. Acute ischaemia of the hand resulting from elevation of a radial forearm flap. *Br J Plast Surg.* 1985 Jul 1;38(3):396-7.
46. Ruengsakulrach P, Buxton BF, Eizenberg N, Fahrer M. Anatomic assessment of hand circulation in harvesting the radial artery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001 Jul 1;122(1):178-80.
47. Chen AM, Brodman RF, Frame R, Graver LM, Tranbaugh RF, Banks T, et al. Routine myocardial revascularization with the radial artery: a multicenter experience. *Journal of cardiac surgery.* 1998 Jan 1;13(5):318-27.

48. Tatoulis J, Buxton BF, Fuller JA. The radial artery in reoperative coronary bypass surgery. *Journal of cardiac surgery*. 2004 Jan 1;19(4):296-302.
49. Verma S, Szmitko PE, Weisel RD, Bonneau D, Latter D, Errett L, et al. Should radial arteries be used routinely for coronary artery bypass grafting? *Circulation*. 2004 Aug 3;110(5):e40-6.
50. Iaco AL, Teodori G, Di Giammarco G, Di Mauro M, Storto L, Mazzei V, et al. Radial artery for myocardial revascularization: long-term clinical and angiographic results. *Ann Thorac Surg*. 2001 Aug;72(2):464-8; discussion 8-9.
51. Possati G, Gaudino M, Prati F, Alessandrini F, Trani C, Glieca F, et al. Long-term results of the radial artery used for myocardial revascularization. *Circulation*. 2003 Sep 16;108(11):1350-4.
52. Mussa S, Choudhary BP, Taggart DP. Radial artery conduits for coronary artery bypass grafting: current perspective. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005 Feb 1;129(2):250-3.
53. Royse AG, Royse CF, Tatoulis J, Grigg LE, Shah P, Hunt D, et al. Postoperative radial artery angiography for coronary artery bypass surgery. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2000 Mar 1;17(3):294-304.
54. Desai ND, Naylor CD, Kiss A, Cohen EA, Feder-Elituv R, Miwa S, et al. Impact of patient and target-vessel characteristics on arterial and venous bypass graft patency: insight from a randomized trial. *Circulation*. 2007 Feb 13;115(6):684-91.
55. Possati G, Gaudino M, Alessandrini F, Luciani N, Glieca F, Trani C, et al. Midterm clinical and angiographic results of radial artery grafts used for myocardial revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998 Dec;116(6):1015-21.
56. Bhan A, Gupta V, Choudhary SK, Sharma R, Singh B, Aggarwal R, et al. Radial artery in CABG: could the early results be comparable to internal mammary artery graft? *Ann Thorac Surg*. 1999 Jun 1;67(6):1631-6.
57. Maniar HS, Sundt TM, Barner HB, Prasad SM, Peterson L, Absi T, et al. Effect of target stenosis and location on radial artery graft patency. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002 Jan 1;123(1):45-52.
58. Maniar HS, Barner HB, Bailey MS, Prasad SM, Moon MR, Pasque MK, et al. Radial artery patency: are aortocoronary conduits superior to composite grafting? *Ann Thorac Surg*. 2003 Nov 1;76(5):1498-503; discussion 503-4.
59. Tochii M, Takagi Y, Anno H, Hoshino R, Akita K, Kondo H, et al. Accuracy of 64-slice multidetector computed tomography for diseased coronary artery graft detection. *Ann Thorac Surg*. 2010 Jun;89(6):1906-11.
60. Lee R, Lim J, Kaw G, Wan G, Ng K, Ho KT. Comprehensive noninvasive evaluation of bypass grafts and native coronary arteries in patients after coronary bypass surgery: accuracy of 64-slice multidetector computed tomography compared to invasive coronary angiography. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2010 Feb;11(2):81-90.
61. Dijkers R, van der Zaag-Loonen HJ, Willems TP, Post WJ, Oudkerk M. Is there an indication for computed tomography and magnetic resonance imaging in the evaluation of coronary artery bypass grafts? *J Comput Assist Tomogr*. 2009 May-Jun;33(3):317-27.
62. Marano R, Liguori C, Rinaldi P, Storto ML, Politi MA, Savino G, et al. Coronary artery bypass grafts and MDCT imaging: what to know and what to look for. *European radiology*. 2007 Dec 1;17(12):3166-78.
63. Jones CM, Athanasiou T, Dunne N, Kirby J, Aziz O, Haq A, et al. Multi-detector computed tomography in coronary artery bypass graft assessment: a meta-analysis. *Ann Thorac Surg*. 2007 Jan;83(1):341-8.

64. Benedetto U, Angeloni E, Refice S, Sinatra R. Radial artery versus saphenous vein graft patency: Meta-analysis of randomized controlled trials. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Jan 1;139(1):229-31.
65. Buxton BF, Raman JS, Ruengsakulrach P, Gordon I, Rosalion A, Bellomo R, et al. Radial artery patency and clinical outcomes: five-year interim results of a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003 Jun 1;125(6):1363-71.
66. Gaudino M, Cellini C, Pragliola C, Trani C, Burzotta F, Schiavoni G, et al. Arterial versus venous bypass grafts in patients with in-stent restenosis. *Circulation.* 2005 Aug 30;112(9 Suppl):I265-9.
67. Collins P, Webb CM, Chong CF, Moat NE, Investigators RAVSVPRT. Radial artery versus saphenous vein patency randomized trial: five-year angiographic follow-up. *Circulation.* 2008 Jun 3;117(22):2859-64.
68. Frenes SE, Christakis GT, Del Rizzo DF, Musiani A, Mallidi H, Goldman BS. The technique of radial artery bypass grafting and early clinical results. *J Card Surg.* 1995 Sep;10(5):537-44.
69. Frenes SE. Multicenter radial artery patency study (RAPS). Study design. *Control Clin Trials.* 2000 Aug;21(4):397-413.
70. Comparison of coronary bypass surgery with angioplasty in patients with multivessel disease. The Bypass Angioplasty Revascularization Investigation (BARI) Investigators. *N Engl J Med.* 1996 Jul 25;335(4):217-25.
71. Coronary artery surgery study (CASS): a randomized trial of coronary artery bypass surgery. Quality of life in patients randomly assigned to treatment groups. *Circulation.* 1983 Nov;68(5):951-60.
72. Nezic D, Knezevic A, Cirkovic M. Are we allowed to declare radial artery graft with a 'string sign' for a patent conduit? *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2009 Sep 1;36(3):605-6; author reply 6-7.
73. Buxton BF, Hayward PAR. Reply to Nezic et al. Interpretation of string sign in radial artery patency bypass grafts. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2009 Jul 8.
74. Miwa S, Desai N, Koyama T, Chan E, Cohen EA, Frenes SE. Radial artery angiographic string sign: clinical consequences and the role of pharmacologic therapy. *Ann Thorac Surg.* 2006 Jan;81(1):112-8; discussion 9.
75. Khot UN, Friedman DT, Pettersson G, Smedira NG, Li J, Ellis SG. Radial artery bypass grafts have an increased occurrence of angiographically severe stenosis and occlusion compared with left internal mammary arteries and saphenous vein grafts. *Circulation.* 2004 May 4;109(17):2086-91.
76. Lopes R, Alexander JH, Mehta RH, Hafley GE, Mack MJ, Allen KB, et al. VEIN GRAFT FAILURE FOLLOWING CORONARY ARTERY BYPASS SURGERY: DOES IT MATTER? *J Am Coll Cardiol.* 2010 Sep 3;55(10):A99.E930-.
77. Georghiou GP, Vidne BA, Dunning J. Does the radial artery provide better long-term patency than the saphenous vein? *Interactive cardiovascular and thoracic surgery.* 2005 Aug 1;4(4):304-10.
78. Matsa M, Paz Y, Gurevitch J, Shapira I, Kramer A, Pevny D, et al. Bilateral skeletonized internal thoracic artery grafts in patients with diabetes mellitus. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001 Apr;121(4):668-74.
79. Grossi EA, Esposito R, Harris LJ, Crooke GA, Galloway AC, Colvin SB, et al. Sternal wound infections and use of internal mammary artery grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991 Sep;102(3):342-6; discussion 6-7.

80. Yie K, Na C-Y, Oh SS, Kim J-H, Shinn S-H, Seo H-J. Angiographic results of the radial artery graft patency according to the degree of native coronary stenosis. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2008 Mar 1;33(3):341-8.
81. Lemma M, Gelpi G, Mangini A, Vanelli P, Carro C, Condemi A, et al. Myocardial revascularization with multiple arterial grafts: comparison between the radial artery and the right internal thoracic artery. *Ann Thorac Surg*. 2001 Jun;71(6):1969-73.
82. Nakajima H, Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, Niwaya K, Kitamura S. Competitive flow in arterial composite grafts and effect of graft arrangement in Off-Pump coronary revascularization. *Ann Thorac Surg*. 2004 Aug 1;78(2):481-6.
83. Nakajima H, Kobayashi J, Tagusari O, Niwaya K, Funatsu T, Kawamura A, et al. Angiographic flow grading and graft arrangement of arterial conduits. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006 Nov 1;132(5):1023-9.
84. Nakajima H, Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, Niwaya K, Kitamura S. Functional angiographic evaluation of individual, sequential, and composite arterial grafts. *Ann Thorac Surg*. 2006 Mar 1;81(3):807-14.
85. Kaufer E, Factor SM, Frame R, Brodman RF. Pathology of the radial and internal thoracic arteries used as coronary artery bypass grafts. *Ann Thorac Surg*. 1997 Apr 1;63(4):1118-22.
86. Chowdhury UK, Airan B, Mishra PK, Kothari SS, Subramaniam GK, Ray R, et al. Histopathology and morphometry of radial artery conduits: basic study and clinical application. *Ann Thorac Surg*. 2004 Nov 1;78(5):1614-21.
87. Oshima A, Takeshita S, Kozuma K, Yokoyama N, Motoyoshi K, Ishikawa S, et al. Intravascular ultrasound analysis of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 2005 Jan 1;79(1):99-103.
88. Ruengsakulrach P, Sinclair R, Komeda M, Raman J, Gordon I, Buxton B. Comparative histopathology of radial artery versus internal thoracic artery and risk factors for development of intimal hyperplasia and atherosclerosis. *Circulation*. 1999 Nov 9;100(19 Suppl):II139-44.
89. MacKay AJ, Hamilton CA, McArthur K, Berg G, Tropeano AI, Boutouyrie P, et al. Radial artery hypertrophy occurs in coronary atherosclerosis and is independent of blood pressure. *Clin Sci*. 2001 May 1;100(5):509-16.
90. Ruengsakulrach P, Brooks M, Sinclair R, Hare D, Gordon I, Buxton B. Prevalence and prediction of calcification and plaques in radial artery grafts by ultrasound. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001 Aug 1;122(2):398-9.
91. Ueyama K, Watanabe G, Kotoh K, Abe Y, Yamashita A, Furuta H, et al. Pathological examination of radial artery--as a graft material for coronary artery bypass grafting. *Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi*. 1997 Nov 1;45(11):1816-20.
92. Kane-ToddHall SM, Taggart SP, Clements-Jewery H, Roskell DE. Pre-existing vascular disease in the radial artery and other coronary artery bypass conduits. *Eur J Med Res*. 1999 Jan 26;4(1):11-4.
93. Gaudino M, Alessandrini F, Pragliola C, Cellini C, Glieca F, Luciani N, et al. Effect of target artery location and severity of stenosis on mid-term patency of aorta-anastomosed vs. internal thoracic artery-anastomosed radial artery grafts. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2004 Mar 1;25(3):424-8.

## Publizierte (zitierfähige) Beiträge für wissenschaftliche Veranstaltungen aus dieser Arbeit

### 2010

[Mészáros, K; Zirngast, B; Yates, A; Bergmann, P; Vötsch, A; Rienmüller, R; Tscheliessnigg, KH](#) New developments in non-invasive coronary bypass imaging: evaluation of bypass graft Patency with 320-slice CT  
European Surgery, Vol. 42, Supplement 236/2010; 42: 84-84.-51. Österreichischer Chirurgenkongress; Jun 2-4; 2010; Linz, AUSTRIA. [Poster]

[Mészáros, K; Zirngast, Bergmann, P; Vötsch, A; Yates, A; Huber, S; Rienmüller, R; Beran, E; Tscheliessnigg, KH](#) Longevity of radial artery bypass grafts vs. saphenous vein grafts- Results of a CT angiographic evaluation  
European Surgery, Vol.42 Supplement 236/102010; 42: 57-58.-51. Österreichischer Chirurgenkongress; Jun 2-4, 2010; Linz. [Oral Communication]

[Zirngast, B; Mészáros, K; Yates, A; Vötsch, A; Huber, S; Tscheliessnigg, KH.](#) Evaluierung der postoperativen Lebensqualität nach Gewinnung der A. radialis als CABG-Graft  
European Surgery Vol 42,Suppl. 236/2010; 42: 90-90.-51. Österreichischer Chirurgenkongress; Jun 2-4, 2010; Linz, AUSTRIA. [Poster]

[Mészáros, K; Yates, A; Maechler, H; Zirngast, B; Huber, S; Voetsch, A; Rienmueller, R; Tscheliessnigg, KH](#) Long-term Patency of radial artery bypass grafts: superior or inferior to saphenous grafts? Preliminary results of a CT-angiographic evaluation  
The Thoracic an Cardiovascular Surgeon, Proceedings of the 39th annual meeting of the german society for cardiac, thoracic and vascular surgery2010; -39. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Herz, Thorax und Gefäßchirurgie ; Feb. 14- 17; 2010; Stuttgart, Germany. [Oral Communication]

### 2009

[Meszaros, K; Yates, A; Huber, S; Zirngast, B; Dobaja, F; Voetsch, A; Maechler, H; Oberwalder, P; Rienmueller, R; Tscheliessnigg, KH](#)  
The radial artery as bypass graft in coronary surgery - angiographic evaluation of Patency rate with 64- or 320-Multi-Slice-CT  
Proceedings of Joint Meeting- 27th Cardiovascular Surgical Symposium, 4th Cardiac Surgery Update and Progress (Abstractband)2009; -Joint Meeting- 27th Cardiovascular Surgical Symposium, 4th Cardiac Surgery Update and Progress; Feb. 28 -March 7, 2009; Zurs, Austria. [Oral Communication]

[Mészáros, K; Yates, A; Voetsch, A; Zirngast, B; Huber, S; Tscheliessnigg, KH; Rienmüller, R](#) Is the use of radial artery in coronary surgery superior to vein grafts?\_Angiographic evaluation with 64- or 320-Multi-Slice CT  
Proceedings of the 8th International Congress of Coronary Artery Disease2009; -8th International Congress of Coronary Artery Disease; Oct 11-14; 2009; Praha. [Oral Communication]

[Mészáros, K; Yates, A; Zirngast, B; Huber, S; Voetsch, A; Rienmüller, R; Tscheliessnigg, KH](#) Factors influencing radial artery bypass graft Patency - results of a retrospective multifactorial analysis  
Proceedings of the 8th International Congress of Coronary Artery Disease2009; -8th International Congress of Coronary Artery Disease; Oct 11-14; 2009; Praha. [Poster]