

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN**

**Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie**

Deutsches Herzzentrum München

**Offenheitsraten und Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer  
Entnahme der Arteria radialis zur aorto-koronaren Revaskularisation**

Birgit Irmgard Eisenhauer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität  
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:	Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier
Prüfer der Dissertation:	1. Univ.-Prof. Dr. R. Lange
	2. Priv.-Doz. Dr. J. K. A. Weipert

Die Dissertation wurde am 23.10.2008 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 29.04.2009 angenommen.

# I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis.....	I
II	Abkürzungsverzeichnis .....	III
III	Abbildungsverzeichnis .....	V
IV	Tabellenverzeichnis.....	VII
1	Einleitung .....	8
1.1	Bypass-Operation.....	8
1.1.1	Definition und Häufigkeit.....	8
1.1.2	Koronare Herzkrankheit .....	8
1.1.3	Anatomische Grundlagen der Herzkranzgefäße.....	9
1.1.4	Indikationen der Bypassoperation .....	10
1.1.5	Verwendete Bypässe .....	11
1.2	Anatomische Grundlagen der Arteria radialis.....	12
1.2.1	Aufbau .....	12
1.2.2	Lage .....	13
1.3	Arteria radialis als Bypass.....	16
1.3.1	Geschichtliche Entwicklung.....	16
1.3.2	Vorteile .....	16
1.3.3	Nachteile.....	17
2	Problemstellung .....	19
3	Methoden .....	20
3.1	Präoperative Beurteilung der Radialarterie.....	20
3.2	Entnahme.....	21
3.2.1	Konventionelle Entnahmetechnik .....	21
3.2.2	Endoskopische Entnahmetechnik.....	22
3.2.3	Intra- und postoperatives Procedere .....	24
3.3	Patienten.....	25

3.4	Substudie A: „Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme“ .....	28
3.4.1	Fragebogen .....	28
3.4.2	Neurologische Untersuchung .....	28
3.4.2.1	Motorik.....	29
3.4.2.2	Reflexe .....	30
3.4.2.3	Sensibilität.....	31
3.5	Substudie B: „Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme“ .....	33
3.5.1	Bypässe und Zielgefäße.....	33
3.5.2	Elektrokardiografie.....	34
3.5.3	Echokardiografie .....	34
3.5.4	CT-angiografische Beurteilung der Bypässe.....	36
4	Statistische Analyse .....	38
5	Ergebnisse .....	39
5.1	Substudie A: „Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme“ .....	39
5.1.1	Klinisches Outcome.....	39
5.1.2	Vergleich der Häufigkeit von Sensibilitätsstörungen am Entnahmemarm in Abhängigkeit von der Entnahmetechnik (Auswertung der Fragebögen).....	40
5.1.3	Klinisch-Neurologische Untersuchung der endoskopischen Gruppe A (n=47) .....	44
5.2	Substudie B: „Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme“ .....	50
5.2.1	Klinisches Outcome.....	50
5.2.2	Arteria radialis-Bypass .....	54
6	Diskussion .....	60
7	Zusammenfassung.....	73
V	Literaturverzeichnis.....	75
VI	Vorträge/ Veröffentlichungen/ Poster .....	90
VII	Danksagung.....	92

## II Abkürzungsverzeichnis

A.:	Arteria
Aa.:	Arteriae
ACVB:	aortokoronarer Venenbypass
AP:	Angina pectoris
b-mode:	brightness-mode
BSR:	Bizepssehnenreflex
bzw:	beziehungsweise
CT:	Computertomografie
cw:	continuous wave
d.h.:	das heißt
DHM:	Deutsches Herzzentrum München
Diag:	Diagonalast
EF:	Ejektionsfraktion
EKG:	Elektrokardiografie
EMG:	Elektromyografie
ENG:	Elektroneurografie
HE:	Hämatoxylin-Eosin
HW:	Hinterwand
IVS:	interventrikuläres Septum
KHK:	Koronare Herzkrankheit
LACN:	Nervus cutaneus antebrachii lateralis
LCA:	linke Koronararterie
LIMA:	linke Arteria mammaria interna
LVEDD:	linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser
LVESD:	linksventrikulärer endsystolischer Durchmesser
M.:	Musculus
Marg:	Marginalast
MIP:	maximale Intensitätsprojektionen
Mm.:	Musculi
m-mode:	time motion-mode
MPR:	multiplanare Reformationen
N.:	Nervus

NA:	Noradrenalin
NYHA:	New York Heart Association
o:	offen
OP:	Operation
paVK:	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PI:	Pulsatilitätsindex
pw:	pulse wave
RA:	Radialarterie
RCA:	rechte Koronararterie
RCX/ CX:	Ramus circumflexus
RIMA:	rechte Arteria mammaria interna
RIVA:	Ramus interventricularis anterior
RIVP:	Ramus interventricularis posterior
RPL:	Ramus posterolateralis
RPR:	Radiusperiostreflex
SRN:	N. radialis superficialis
SV:	Vena saphena magna
TSH:	Thyreoidea-stimulierendes Hormon
TSR:	Trizepssehnenreflex
UC:	Ultracision
UKG:	Ultraschallkardiografie
v:	verschlossen
vs:	versus
Z.n.:	Zustand nach

### III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Koronararterien (Geist, 2001).....	10
Abbildung 2: Histologie der A. radialis (Kühnel, 2002).....	13
Abbildung 3: Lage der A. radialis und des N. radialis superficialis (Putz, 2006)	14
Abbildung 4: Versorgungsgebiet des N. radialis superficialis.....	14
Abbildung 5: Lage des N. cutaneus antebrachii lateralis (Putz, 2006) .....	15
Abbildung 6: Versorgungsgebiet des N. cutaneus antebrachii lateralis.....	15
Abbildung 7: Offene Entnahmetechnik .....	22
Abbildung 8: Endoskopische Sicht auf die A. radialis (Bleiziffer, 2006) .....	23
Abbildung 9: Proximale Absetzung der A. radialis (Bleiziffer, 2006) .....	24
Abbildung 10: Entnahmemodi .....	26
Abbildung 11: CT-Angiografie der Bypässe .....	37
Abbildung 12: NYHA-Status (konventionell vs endoskopisch).....	39
Abbildung 13: Jegliche Sensibilitätsstörungen (konventionell vs endoskopisch)	41
Abbildung 14: Parästhesien (konventionell vs endoskopisch).....	41
Abbildung 15: Schädigung des N. radialis superficialis (konventionell vs endoskopisch).....	42
Abbildung 16: Gebiet der N. radialis superficialis-Schädigung (konventionell vs endoskopisch).....	42
Abbildung 17: Schädigung des N. cutaneus antebrachii lateralis (konventionell vs endoskopisch).....	43
Abbildung 18: Histogramm Schmerzempfinden .....	46
Abbildung 19: Histogramm Temperaturempfinden.....	47
Abbildung 20: Histogramm Berührungsempfinden.....	48
Abbildung 21: Histogramm Zwei-Punkte-Diskrimination .....	48
Abbildung 22: Histogramm Vibrationsempfinden.....	49
Abbildung 23: Präoperative Ejektionsfraktion (konventionell vs endoskopisch)	51
Abbildung 24: Ejektionsfraktion bei Nachuntersuchung.....	51
Abbildung 25: Wandbewegungsstörungen .....	52
Abbildung 26: Amlodipin-Einnahme (konventionell vs endoskopisch).....	53
Abbildung 27: Noradrenalin-Einnahme (konventionell vs endoskopisch).....	53

Abbildung 28: Übersicht zu den Offenheitsraten (konventionell vs endoskopisch)  
..... 59

## **IV Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Patientencharakteristika der Substudie A: "Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme" .....	27
Tabelle 2: Patientencharakteristika der Substudie B: "Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme" .....	27
Tabelle 3: Häufigkeit der verschiedenen Bypässe und Zielgefäße .....	33
Tabelle 4: Postoperative Revision der Narben am Unterarm.....	40
Tabelle 5: Vergleich sensibler und motorischer Störungen .....	44
Tabelle 6: Grobe Kraft des linken und rechten Armes .....	45
Tabelle 7: Muskeleigenreflexe .....	45
Tabelle 8: Sensibilitätsempfinden .....	46
Tabelle 9: Postoperative Eingriffe .....	54
Tabelle 10: Zielgefäßstenose im Hinblick auf die Offenheitsrate: Ergebnisse der logistischen Regression.....	56
Tabelle 11: Einflussfaktoren auf Offenheitsrate .....	57
Tabelle 12: Studienergebnisse zum neurologischen Status nach konventioneller und endoskopischer Radialisentnahme .....	62
Tabelle 13: Studienergebnisse zu postoperativen Offenheitsraten der A. radialis	68



# **1 Einleitung**

## **1.1 Bypass-Operation**

„Die koronare Herzkrankheit (KHK) ist die häufigste Todesursache in den Industriestaaten der westlichen Welt“ (Lange, 2006, 366). Grund dafür ist der stetig ansteigende Wohlstand und die damit verbundenen Risikofaktoren für Gefäßerkrankungen wie Adipositas, Hypercholesterinämie, Diabetes mellitus, arterieller Hypertonus und Nikotinabusus.

### **1.1.1 Definition und Häufigkeit**

Die Bypasschirurgie behandelt die „direkte Überbrückung von Koronarstenosen mit autologen venösen oder arteriellen Gefäßen (Grafts)“ (Bleese, 2006, 424). Die Grafts werden poststenotisch mit der betroffenen Koronararterie anastomosiert.

Die erste Operation wurde 1967 in den USA von René Favaloro an der Cleveland Clinic durchgeführt (Captur, 2004). In den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde sie schließlich zu einem Routine-Eingriff. Mittlerweile ist die Bypassoperation die häufigste Herzoperation und eine der häufigsten Operationen überhaupt in der westlichen Welt (Tscheliessnigg, 2005). Nach den neuesten Zahlen der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie wurden im Jahr 2006 64.254 Koronaroperationen in Deutschland durchgeführt.

### **1.1.2 Koronare Herzkrankheit**

Die Bypassoperation ist eine Therapieoption bei der koronaren Herzkrankheit. Die KHK entsteht durch subintimale, „atheromatöse, später verkalkende Einlagerungen der Koronararterien“ (Berchtold, 2006, 669). Diese Plaques sind vor allem im Anfangsteil der Arterien, d.h. also sehr proximal, zu finden. Diese Tatsache ist eine wichtige Voraussetzung für eine operative Intervention (Lange, 2006). Durch die Atherosklerose kommt es zur Stenosierung und Versteifung des Gefäßes. Hochgradige Stenosen mit über 75prozentigen Engen werden als hämodynamisch relevant angesehen und führen zu einer reversiblen oder

irreversiblen Ischämie des entsprechenden Myokardareals (Berchtold, 2006). „Alle Stadien der Koronarsklerose bis zum Herzinfarkt“ (Lippert, 2006, 242) werden unter der KHK zusammengefasst. Je nach Befall einer oder mehrerer Gefäßstämme spricht man von einer Ein-, Zwei- oder Dreigefäßerkrankung.

Ein Missverhältnis zwischen Sauerstoffangebot und Sauerstoffbedarf des Herzmuskels durch Abnahme der koronararteriellen Perfusion führt zu klinischen Erscheinungen. Die Patienten berichten über „retrosternales Drücken, Ziehen, Brennen oder Stechen“ (Lange, 2006, 367), das häufig in den linken Arm, manchmal auch in den Kiefer oder das Epigastrium ausstrahlt. Diese Symptomatik wird Angina pectoris (AP) genannt.

Die Angina pectoris wird nach der New York Heart Association (NYHA) eingeteilt. Im Stadium I sind keine Einschränkungen der körperlichen Belastbarkeit und keine subjektiven Symptome gegeben. Im Stadium II kommt es zu Beschwerden bei stärkerer körperlicher Belastung. Dagegen treten im Stadium III Beschwerden schon bei leichter körperlicher Belastung auf. Im Endstadium, dem Stadium IV, berichten die Patienten über Beschwerden bereits in Ruhe (Böhle, 2003).

Die Lebenszeitprävalenz der KHK in Deutschland beträgt für Männer 30% und für Frauen 15%. Die Inzidenz eines Myokardinfarktes liegt etwa bei 300/100.000 pro Jahr (Herold, 2005).

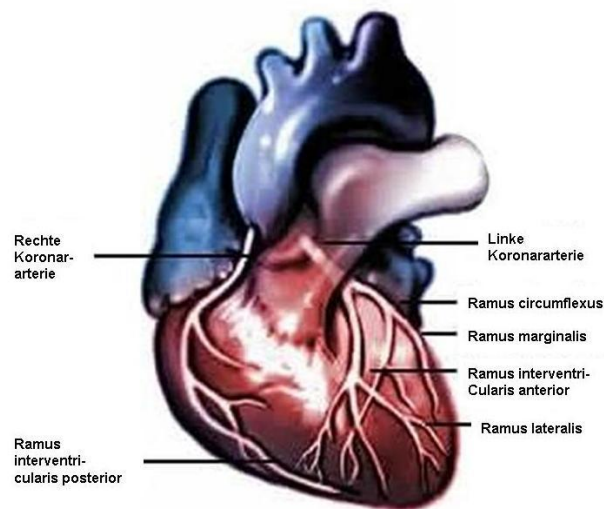
### **1.1.3 Anatomische Grundlagen der Herzkranzgefäße**

Die das Herz mit Sauerstoff versorgenden Gefäße werden Koronararterien genannt. Sie entspringen aus der Aorta ascendens kurz nach der Aortenklappe. Man unterscheidet die linke Koronararterie (LCA; lateinisch: Arteria (A.) coronaria sinistra) von der rechten Koronararterie (RCA; lateinisch: Arteria coronaria dextra).

Die A. coronaria sinistra entspringt zwischen dem Truncus pulmonalis und dem linken Herzohr und ist etwa ein Zentimeter lang (Lange, 2006). Sie teilt sich in den Ramus interventricularis anterior (RIVA), der Diagonaläste (Diag; lateinisch: Rami diagonales) abgibt, und den Ramus circumflexus (RCX/CX), den Marginaläste (Marg; lateinisch: Rami marginales) verlassen. Der Ramus interventricularis anterior läuft auf Höhe des Ventrikelseptums bis zur Herzspitze

und versorgt vor allem die Vorderwand des linken Ventrikels und das Septum. Der Ramus circumflexus liegt im Sulcus coronarius und versorgt die laterale und inferiore Wand des linken Ventrikels.

Die A. coronaria dextra entspringt zwischen dem Truncus pulmonalis und dem rechten Herzohr, verläuft im Sulcus atrioventricularis und endet als Ramus interventricularis posterior (RIVP) und als Ramus posterolateralis (RPL) (Lippert, 2006). Sie versorgt „den größten Teil des rechten Ventrikels, den Sinusknoten und einen Teil der Hinterwand des linken Ventrikels und des hinteren Septums“ (Lange, 2006, 366) (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1: Koronararterien (Geist, 2001)**

Darstellung des anatomischen Verlaufes der rechten und linken Koronararterien inklusive ihrer Abgänge

### **1.1.4 Indikationen der Bypassoperation**

Voraussetzung einer Bypassoperation sind gut durchgängige Gefäße distal der Anastomose mit mindestens einem Durchmesser von ein bis zwei Millimeter. Jenseits der Stenose muss vitales Myokard existieren (Tscheliessnigg, 2005).

Es gibt mehrere Indikationen zur chirurgischen Intervention bei der KHK. „Das Verteilungsmuster der Koronarstenosen, die Funktion des Herzens, die Schwere der Symptomatik, die Ansprechbarkeit auf die medikamentöse Therapie und das Vorliegen extrakardialer Erkrankungen [muss] berücksichtigt werden“ (Lange, 2006, 368). Zu den wichtigsten Indikationen gehören Hauptstammstenosen von mindestens 50% bzw. Stenosen von einem Hauptstammäquivalent, das bedeutet

proximale Stenosen der RIVA oder der RCX. Auch Patienten mit stabiler AP und mindestens zweifacher Gefäßerkrankung, die bei einer Ejektionsfraktion von weniger als 50% eine eingeschränkte linksventrikuläre Funktion haben, sollten operiert werden. Weiterhin ist an eine Bypassoperation zu denken, wenn es trotz guter medikamentöser Einstellung zu einer instabilen AP-Symptomatik kommt und mindestens eine Zwei-Gefäßerkrankung vorliegt. Außerdem sollten Patienten, die neben der KHK zusätzliche Risikofaktoren aufweisen wie Herzklappenvitien, Aortenaneurysma oder Stenosen an den Karotiden, chirurgisch behandelt werden (Berchtold, 2006). Im Gesamten kann man sagen, dass besonders Patienten mit mehreren stenosierten Koronararterien einen großen Nutzen von einer Bypass-Operation ziehen (Lange, 2006).

### **1.1.5 Verwendete Bypässe**

Als koronare Bypässe stehen verschiedene Gefäße zur Verfügung. Die Arteriae thoracicae (mammariae) interna sinister und dextra, die linke und rechte Brustwandarterie (LIMA und RIMA), werden häufig verwendet. Sie zeigen sehr gute Offenheitsraten von beinahe 95% (LIMA) bzw. 70-80% (RIMA) nach 10 Jahren. Die LIMA wird vor allem als Bypass für den RIVA verwendet (Galloway, 2005).

Auch Venen, insbesondere die Vena saphena magna (SV), finden Gebrauch. Dieser Eingriff wird als aortokoronarer Venenbypass (ACVB) bezeichnet. Die Vene wird vor allem als zweiter Bypass neben der LIMA lateral und inferior des Herzens verwendet. Untersuchungen ergaben jedoch mit ungefähr 65% nach 10 Jahren schlechtere Offenheitsraten als bei den Brustwandarterien. Es kam häufiger zu Atherosklerose und Restenosen (Galloway, 2005).

Wegen der guten Ergebnisse der Brustwandarterien verwendete man mehr und mehr auch andere Arterien als Bypass. Dazu gehört die A. gastroepiploica dextra. Sie wird vor allem als in-situ-Graft für die rechte Koronararterie verwendet und zeigte in Studien eine Offenheitsrate nach 5 Jahren von über 90% (Suma, 1993). Allerdings sind Nachteile wie zarte Beschaffenheit, kleiner Durchmesser, eine verlängerte Operationsdauer und eine erhöhte Komplikationsrate durch einen Zwei-Höhlen-Eingriff zu bedenken. Weiterhin findet die A. epigastrica inferior Gebrauch. Jedoch treten auch bei ihr Probleme auf. Sie ist zu kurz, um als Bypass

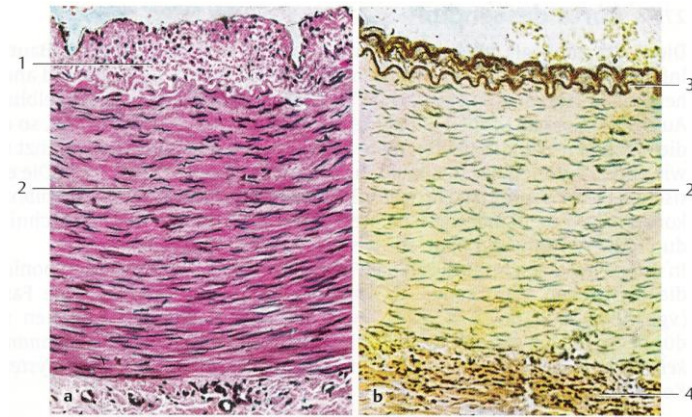
für größere Koronargefäße fungieren zu können. Nach der Entnahme kann es zu Wundkomplikationen wie Hämatomen oder Infektionen kommen. Außerdem liegen einige Kontraindikationen zur Anwendung vor, unter anderem Adipositas, Diabetes mellitus und Zustand nach einer abdominalen Operation bzw. ein geplanter chirurgischer Eingriff im unteren Abdomen. Somit haben sich diese Arterien trotz sehr guter Offenheitsraten in der Bypasschirurgie nicht durchgesetzt. Wie in Studien beschrieben zeigt die A. radialis als einziger alternativer arterieller Graft sowohl gute Offenheitsraten als auch keine der oben genannten Nachteile (Verma, 2004).

## **1.2 Anatomische Grundlagen der Arteria radialis**

### **1.2.1 Aufbau**

Der Wand einer Arterie baut sich aus drei Schichten auf. Zum Lumen hin befindet sich die Tunica intima mit Endothel, subendotheliales Bindegewebe und der Elastica interna. Mittig liegt die Tunica media mit glatten Muskelzellen, Bindegewebsfasern und der Elastica externa. Die äußerste Schicht wird als Tunica adventitia bezeichnet. Sie besteht aus Kollagenfibrillen, elastischen Fasern und Fibroblasten (Welsch, 2006).

Es werden drei verschiedene Arten von Arterien unterschieden: die großen elastischen Arterien, die muskulären Arterien und die Arteriolen. Die Arteria radialis wird zu den muskulären Arterien gezählt. Kennzeichnend dafür ist eine muskelzellreiche Media. Die glatten Muskelzellen sind dicht gepackt und verlaufen konzentrisch, einzelne sind auch längs oder steilspiralig am Innen- oder Außenrand der Media angeordnet. Sie kontrahieren oder relaxieren sich unter der Kontrolle des vegetativen Nervensystems. Weiterhin sind eine deutliche Elastica interna sowie externa zu finden (Junqueira, 2005) (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2: Histologie der A. radialis (Kühnel, 2002)**

- 1: Tunica intima    3: Elastica interna**  
**2: Tunica media    4: Tunica adventitia**

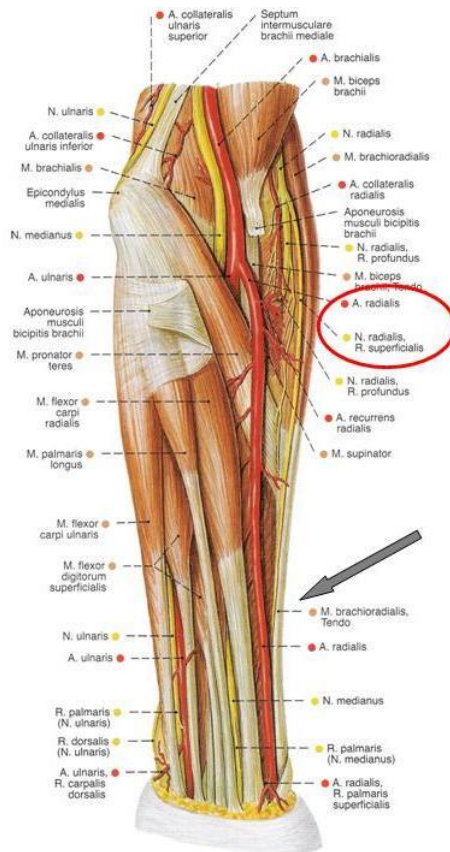
Abbildungen a) (HE-Färbung) und b) (Orcein-Färbung) zeigen histologische Bilder der A. radialis. Es ist die zum Gefäßlumen gelegene Tunica intima (1) mit ihrer Elastica interna (3) von der breiten muskelzellreichen Tunica media (2) abzugrenzen. Als äußerste Schicht ist die Tunica adventitia (4) zu erkennen.

### **1.2.2            Lage**

Die A. brachialis teilt sich auf Höhe der Ellenbeuge in die A. ulnaris und die A. radialis. Der erste Ast der A. radialis ist meist der Ramus radialis recurrens, der ein etwas größeres Gefäß darstellt und häufig direkt nach der Bifurkation der A. brachialis zu finden ist. Die Radialarterie (RA) läuft relativ oberflächlich an der Grenze zwischen Beuger- und Streckerloge handwärts. Dabei wird sie meistens vom ulnaren Rand des Musculus (M.) brachioradialis bedeckt. Dieser ist mit dem M. flexor digitorum superficialis verbunden. Im distalen Unterarmbereich verlässt die A. radialis den Schutz des M. brachioradialis, tritt an die Oberfläche und ist direkt unter der Haut zu tasten.

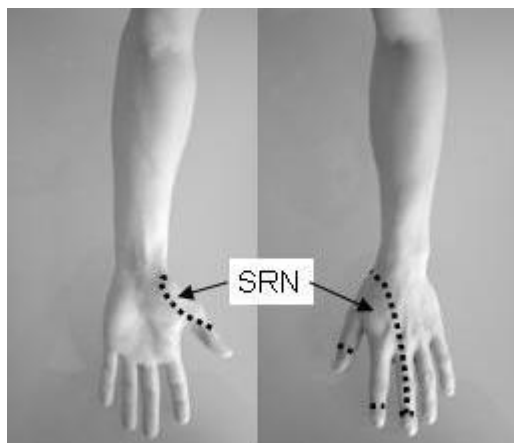
Es existieren zwei sensible Hautnerven, die in unmittelbarer Nähe der A. radialis liegen und dadurch bei der Entnahme verletzt werden können. Der Ramus superficialis des Nervus (N.) radialis (SRN) verläuft parallel zur A. radialis nach distal. Erst proximal der Radialispulsgrube verlässt er diese und verläuft nun oberflächlich. Dort bzw. etwas weiter distal verzweigt er sich (siehe Abbildung 3). Er versorgt sensibel einen Teil der dorsalen Handfläche, den Fingerrücken I und partiell die Fingerrücken II und III (siehe Abbildung 4). Der zweite Hautnerv ist der N. cutaneus antebrachii lateralis (LACN). Er ist der sensible Endast des N.

musculocutaneus. Die Hautinnervation des lateralen Unterarmbereiches ist durch ihn gewährleistet (siehe Abbildungen 5 und 6) (Lippert, 2006; Trepel, 2004).



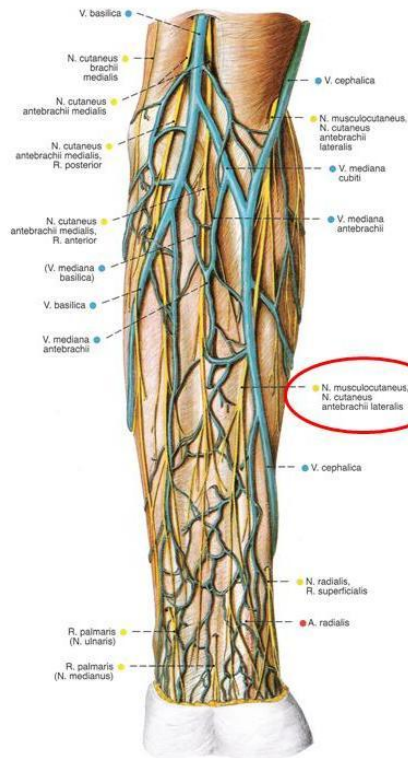
**Abbildung 3: Lage der A. radialis und des N. radialis superficialis (Putz, 2006)**

Die A. radialis verläuft als Ast der A. brachialis zwischen Beuger- und Streckenloge meistens unter dem M. brachioradialis handwärts. Distal ist sie direkt unter der Haut zu tasten. Der Ramus superficialis des N. radialis verläuft parallel der A. radialis.



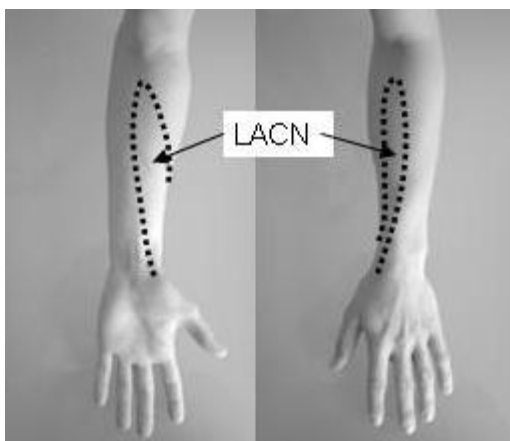
**Abbildung 4: Versorgungsgebiet des N. radialis superficialis**

Der Ramus superficialis des N. radialis versorgt sensibel partiell die dorsale Handfläche und die Fingerrücken I, II und III.



**Abbildung 5: Lage des N. cutaneus antebrachii lateralis (Putz, 2006)**

Der N. cutaneus antebrachii lateralis ist der sensible Endast des N. musculocutaneus.



**Abbildung 6: Versorgungsgebiet des N. cutaneus antebrachii lateralis**

Der N. cutaneus antebrachii lateralis versorgt sensibel den lateralen Unterarm.



### **1.3 Arteria radialis als Bypass**

#### **1.3.1 Geschichtliche Entwicklung**

1971 wurde die A. radialis zum ersten Mal von Carpentier und Kollegen als Bypass eingesetzt (Carpentier, 1973). Zwei Jahre später jedoch wurde sie in der Koronarchirurgie wieder aufgegeben, da sich schlechtere Offenheitsraten zeigten als bei der Vena saphena magna. Problematisch erwies sich ein Gefäßspasmus und eine Intimahyperplasie, die wahrscheinlich durch eine Entnahmetechnikbedingte Endothelverletzung ausgelöst wurden (Fisk, 1976). Erst als man bei einem mit einem A. radialis-Graft versehenen Patienten 15 Jahre nach der Operation eine immer noch offene RA entdeckt hatte, kam es zum erneuten Einsatz der A. radialis in der Bypasschirurgie (Verma, 2004).

1992 untersuchten Acar und Kollegen 104 Patienten mit einem A. radialis-Bypass. Eine an 50 Patienten durchgeführte Angiografie zeigte, dass die Offenheitsrate in der frühen postoperativen Phase 100% betrug. Diese sehr guten Ergebnisse wurden auf neue Erkenntnisse der Entnahmetechnik und der medikamentösen Therapie des Gefäßspasmus zurückgeführt (Acar, 1992).

Einige Studien zur A. radialis als Bypass wurden bereits veröffentlicht. So existieren mittlerweile auch verschiedene Optionen der Entnahmetechnik. Es steht die konventionelle offene Technik mit einem langen oder bis zu drei kleineren Schnitten, die schon mehrfach untersucht wurde, der neueren endoskopischen gegenüber, zu der noch keine gesicherten Daten bezüglich ihrer Vor- und Nachteile bekannt sind.

#### **1.3.2 Vorteile**

Die A. radialis hat einige Vorteile zur Verwendung in der Koronarchirurgie zu bieten. Als erstes ist eine Länge von mehr als 20 Zentimeter zu nennen. Somit ist es möglich, mit ihr als Graft jegliche Bereiche der Koronararterien und somit des Herzens zu erreichen. Weiterhin zeigt sie einen Durchmesser, der mit zwei bis drei Millimetern nahe an denen der Koronararterien liegt. Dadurch dass die A. radialis als muskuläre Arterie eine ausgeprägte muskuläre Media besitzt und

damit eine gute Stabilität, ist es technisch unproblematisch, sie mit der Aorta bzw. der betreffenden Koronararterie zu anastomosieren (van Son, 1990).

Außerdem kann die A. radialis zeitgleich mit anderen Bypässen entnommen werden. Das bedeutet eine Verkürzung der Operationsdauer und somit unter anderem eine Senkung möglicher intraoperativer Probleme (Fremes, 1995).

Im Vergleich zur Vena saphena magna stellte sich ein gesteigertes Überleben bei der Verwendung der A. radialis heraus (Cohen, 2001). Auch erhöhte Blutdruckresistenz und Klappenfreiheit sind Vorteile gegenüber der V. saphena magna. Im Gegensatz zu anderen arteriellen Grafts wurden bei der A. radialis keine Kontraindikationen wie Adipositas, Diabetes mellitus oder Zustand nach einem abdominellen chirurgischen Eingriff gefunden. Das bedeutet, sie kann bei einem sehr großen Patientenkollektiv verwendet werden (Verma, 2004). Im Vergleich zur RIMA zeigt die A. radialis seltener sternale Wundinfektionen und einen geringeren Transfusionsbedarf der Patienten bei gleicher peri- und postoperativer Mortalität (Borger, 1998).

Auch bei schlechter linksventrikulärer Funktion (Fazel, 2003) und bei Patienten mit einem Alter von über 65 Jahren (Modine, 2002) erwies sich ein koronarer Bypass unter Verwendung der A. radialis als sicher.

Nicht zu vergessen sind die in mehreren Studien belegten sehr guten Offenheitsraten, sowohl kurz nach der Operation als auch über einen längeren Zeitraum. So zeigte zum Beispiel Brodman frühe postoperative Offenheitsraten, das bedeutet weniger als sechs Monate, von 95,5% (Brodman, 1996). Auch andere Studiengruppen (unter anderem: Acar, 1992; Calafiore, 1994; Chen, 1996; da Costa, 1996) erzielten ähnliche Ergebnisse von 95,7 bis 100%. Bei Studien mit einem follow-up von über 36 Monaten stellten sich geringere Offenheitsraten heraus. So zeigten sich bei Acar Ergebnisse von 83% (Acar, 1998), wohingegen Buxton Offenheitsraten von 95% erzielte (Buxton, 2003).

### **1.3.3 Nachteile**

Jedoch weist die A. radialis auch einige Nachteile auf. Der Unterarm und die Hand werden von zwei Gefäßen und ihren Seitenästen mit Sauerstoff versorgt: der A. radialis und der A. ulnaris. Vor der Entnahme der A. radialis muss gewährleistet sein, dass die A. ulnaris alleine den Unterarm und die Hand

versorgen kann. Falls jedoch präoperative Untersuchungen dies nicht sichern können, stellt das eine Kontraindikation zur Verwendung der A. radialis als Bypass dar (Verma, 2004).

Weitere Kontraindikationen zur Verwendung der A. radialis sind Plaques, Verletzungen durch Traumata, arteriovenöse Shunts zur Hämodialyse, Vaskulitis oder das Raynaud-Syndrom (Fremes, 1995). Bei manchen Patienten kann die A. radialis nicht verwendet werden, da sie durch frühere iatrogene Kannulierung schwere Kalzifizierungen oder eine chronische Dissektion aufweist. Dieses Risiko ist jedoch mit weniger als zwei Prozent als gering einzustufen (Tatoulis, 1998). Im Deutschen Herzzentrum München stellen der Morbus Dupuytren und das Karpaltunnelsyndrom ebenso Kontraindikationen dar.

Auch nach der Entnahme der A. radialis kann es zu Komplikationen kommen. Am häufigsten ist eine sensorische Dysfunktion zu finden. Hierbei zeigt sich vor allem eine Parästhesie im Bereich des N. cutaneus antebrachii lateralis und des N. radialis, Ramus superficialis, die sowohl primär durch eine Läsion während der Operation als auch sekundär durch ein Ödem oder ein Karpaltunnel-Hämatom bedingt sein kann (Greene, 2001; Budillon, 2003).

Im Vergleich mit der LIMA fällt bei der A. radialis ein leicht erhöhter Grad der Atherosklerose auf (Kaufer, 1997).

Das größte Problem ist in der Spasmusneigung der A. radialis zu sehen. Es kann somit perioperativ zum Myokardinfarkt und zum low cardiac output syndrome kommen. Dadurch verlängert sich der Aufenthalt auf der Intensivstation, und die Mortalitätsrate steigt (Mussa, 2005). Auch die Langlebigkeit der A. radialis als Bypass wird beeinflusst. Dieser Spasmus erweist sich als schwerwiegender als bei den Brustwandarterien. Die Vasokonstriktion beruht auf einer Rezeptor-vermittelten Antwort auf Katecholamine und platelet-derived factors, unter anderem Norepinephrin, Serotonin, Endothelin I und Angiotensin II, die durch endotheliale Verletzung und Plättchenaggregation induziert werden (Chardigny, 1993). Die erhöhte Spasmusneigung der A. radialis ist auf die Dicke und Dichte der muskulären Media zurückzuführen (van Son, 1990). Diese Problematik konnte reduziert werden durch eine „minimal touch“-Entnahmetechnik sowie durch entsprechende pharmakologische Prophylaxe (Acar, 1992).

## 2 **Problemstellung**

Es gibt nur wenige Untersuchungen zum neurologischen Status des Armes nach endoskopischer Entnahme der A. radialis. Inwiefern es zu Verletzungen von Hautnerven kommen kann, auch im Vergleich zur konventionellen Entnahmetechnik, ist kaum erforscht. Zu der Offenheit der A. radialis als Bypass sind verschiedene Studien mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen veröffentlicht. Inwieweit die Entnahmetechnik oder andere Faktoren eine Rolle spielen, ist kaum untersucht.

Somit lassen sich die Ziele unserer Untersuchung in zwei Gebiete aufteilen: Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Entnahme der A. radialis und die Offenheit der endoskopisch entnommenen A. radialis als Bypass ein Jahr postoperativ.

Im Vergleich der endoskopischen mit der konventionellen Entnahmetechnik wollten wir erfahren, ob es zu Unterschieden der postoperativen Sensibilitätsempfindung am Arm gekommen war. Außerdem achteten wir auf motorische Störungen. Bei der endoskopischen Gruppe wollten wir zudem Daten zum detaillierten neurologischen Status erheben.

Weiterhin wollten wir Daten zur Offenheit der A. radialis als Bypass nach endoskopischer Entnahme erlangen. Bei einem gegebenenfalls entdeckten Verschluss war es uns wichtig, Einflussfaktoren herauszufiltern. Uns interessierte zudem, einen eventuellen Unterschied der Offenheitsraten zwischen der endoskopischen und der konventionellen Entnahmetechnik aufzudecken.

### **3 Methoden**

#### **3.1 Präoperative Beurteilung der Radialarterie**

Um zu gewährleisten, dass die A. radialis zur Entnahme geeignet ist, und die Durchblutung des Entnahmearms nicht gefährdet wird, wurden präoperativ ein Allen-Test und eine Duplexsonografie durchgeführt. Der Allen-Test stellt einen intakten Hohlhandbogen und damit eine ausreichende arterielle Versorgung der Hand allein durch die A. ulnaris sicher. Nach Komprimierung der Arteriae (Aa.) radialis und ulnaris und anschließendem Ablassen der Hand wird der Blutfluss über die A. ulnaris freigegeben. Ist der Hohlhandbogen intakt, wird die Hand zügig rosig (Hach-Wunderle, 2004). Bei anhaltender Blässe länger als vier Sekunden kann die A. radialis nicht verwendet werden. Ein pathologischer Allen-Test stellt eine Kontraindikation für eine A. radialis-Entnahme dar (Bleiziffer, 2006).

Auch eine Duplexsonografie musste vorausgegangen sein. Dabei wurde ein pulsierender (pulsed) Doppler mit dem B-mode kombiniert. Man kann damit den Gefäßfluss, den Durchmesser der A. radialis, atherosklerotische Veränderungen und anatomische Variationen erkennen und beurteilen (Mussa, 2005). Bei einem zweideutigen Allen-Test ermöglicht die Duplexsonografie in 99% der Fälle trotzdem eine Verwendung der A. radialis (Abu-Omar, 2004).

Es wurde immer die Arterie des nicht-dominanten Arms als Bypass verwendet. Bei allen unseren Patienten war das der linke Arm.

Kontraindikationen zur Entnahme der A. radialis stellten eine schwere arterielle Verschlusskrankheit, ein Karpaltunnelsyndrom, ein arteriovenöser Shunt zum Beispiel bei Dialyse und der Morbus Dupuytren an der Entnahmeseite dar (Bleiziffer, 2005).

## **3.2 Entnahme**

Man unterscheidet zwei Möglichkeiten der A. radialis-Entnahme: die konventionelle und die endoskopische. Bei der konventionellen Technik kann es sich um eine komplett offene oder eine Entnahme mit unterbrochenen Inzisionen handeln.

Bei allen Techniken wurde zunächst eine circa drei Zentimeter lange längsverlaufende Probeinzision im Bereich der Radialispulsgarbe einen Zentimeter proximal des radialen Styloids durchgeführt. Nach Freilegung der A. radialis wurde ihr Durchmesser beurteilt und auf etwaige Anzeichen einer Atherosklerose geachtet. Bei zu kleinem Durchmesser oder sichtbaren Verkalkungen wurde die A. radialis nicht als Bypass verwendet (Bleiziffer, 2006).

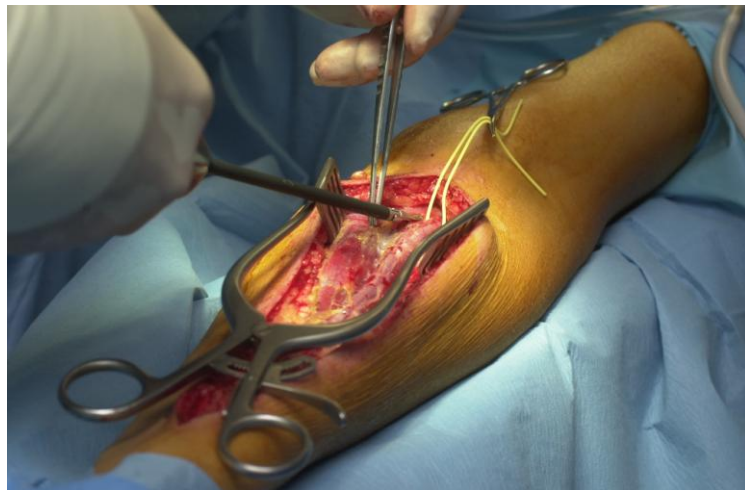
### **3.2.1 Konventionelle Entnahmetechnik**

Bei der offenen Entnahmetechnik wurde der Hautschnitt bis zur Ellenbeuge fortgeführt und mit dem Elektrokauter das Subkutangewebe durchtrennt. Der M. brachioradialis wurde von dem M. flexor digitorum superficialis getrennt. Die Faszie oberhalb der A. radialis wurde gespalten.

Jetzt wurde die A. radialis als Pedikel unter Einschluss ihrer Begleitvenen nach dem Prinzip der „no-touch“-Technik präpariert (siehe Abbildung 7). Damit wird die Gefahr eines Gefäßspasmus reduziert. Besondere Sorgfalt war wegen Verletzungsgefahr und damit verbundenen Parästhesien bei der Präparation in der Nähe des N. radialis superficialis aufzuwenden. Der Pedikel wurde nach proximal maximal bis zum Ramus radialis recurrens gewonnen und danach auf eventuelle undichte Stellen untersucht. Zur Spasmusprophylaxe wurde Papaverin von außen appliziert. Es ist ein kurzwirkender (etwa 30 Minuten) Phosphodiesteraseinhibitor. Bis zur systemischen Heparin-Gabe verblieb die A. radialis in einer warmen feuchten Kompresse in situ.

Anschließend wurde die Arterie distal abgesetzt. Zur Überprüfung des Flusses ließ man sie kurz pulsieren. Zur weiteren Spasmusprophylaxe wurde 5-10mg Papaverin intraarteriell injiziert. Nach Verschluss des distalen Endes und erneuter

Überprüfung auf eventuelle Blutungen erfolgte die proximale Absetzung der Arterie. Die Arterie wurde in heparinisiertem Blut bis zur Verwendung gelagert. Der Situs wurde auf Hämostase inspiziert. Nach Einbringung einer Mini-Redon-Drainage proximal erfolgte der schichtweise Wundverschluss und der Verband. Zur Überprüfung einer ausreichenden Durchblutung des Armes wurde der Sättigungsclip am Daumen des Entnahmearms angebracht (Bleiziffer, 2005).



**Abbildung 7: Offene Entnahmetechnik**

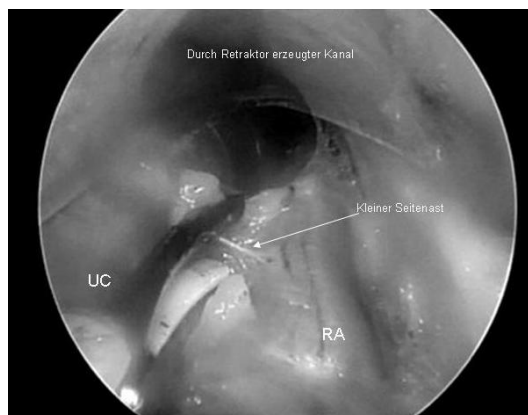
Abbildung 7 gewährt einen Blick auf den Operationssitus bei der offenen Entnahme der A. radialis.

Alternativ wurde die A. radialis mit unterbrochenen Inzisionen entnommen. Bei dieser Methode wurde der Pedikel über drei circa fünf Zentimeter lange Inzisionen entnommen, und die Bereiche unter den Hautbrücken unter direkter Sicht präpariert. Zur Erleichterung der Präparation wurde mit dem Ultracision Harmonic Scalpel gearbeitet. Die Vasospasmusprophylaxe und Lagerung der Arterie erfolgte wie oben beschrieben (Bleiziffer, 2005).

### **3.2.2 Endoskopische Entnahmetechnik**

Die endoskopische Entnahmetechnik erfolgte durch die Probeinzision unter Verwendung des Ultracision Harmonic Scalpel bzw. der Ultraschallschere. Es wurden eine Kamera und ein Kaltlichtkabel an eine fünf Millimeter 30° Optik angeschlossen und dann in einen Retraktor eingeführt. Um den durch die Ultraschallschere entstehenden Rauch abblasen zu können, wurde am oberen

Ende des Handstückes ein Schlauch zur Insufflation von Kohlendioxid angebracht. Zuerst wurde der Pedikel inklusive seiner Begleitvenen mit Hilfe des Elektrokauters freipräpariert. Dabei musste wie auch bei den anderen Entnahmetechniken der N. radialis superficialis geschont werden. Der Retraktor wurde anschließend in die initiale Inzision in Richtung Ellenbeuge eingeführt. Die Arterie konnte jetzt unter Sicht auf den Monitor mit dem Harmonic Scalpel im ganzen Verlauf bis zur Abzweigung des Ramus radialis recurrens freipräpariert werden (siehe Abbildung 8). Hierbei waren ein Sicherheitsabstand von mindestens einem Millimeter zur Arterie unter Drehung der kalten (weißen) Seite der Ultracision (UC) Schere in Richtung der Arterie unbedingt zu beachten, um einer Spasmusneigung und thermischen Schäden vorzubeugen. Zum Schluss wurde mit dem Vesseldisсекtor von distal nach proximal überprüft, ob die gesamte Länge der Arterie freigelegt und von Adhäsionen befreit ist.



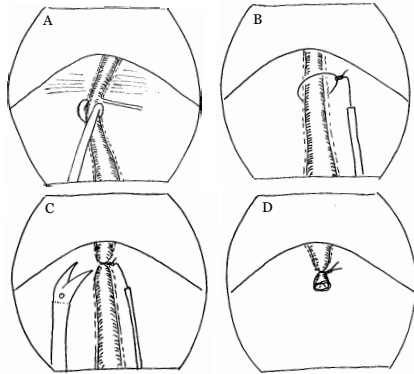
**Abbildung 8: Endoskopische Sicht auf die A. radialis (Bleiziffer, 2006)**

Abbildung 8 zeigt einen endoskopischen Blick in den durch den Retraktor erzeugten Kanal in dem Operationsgebiet am Unterarm. Es sind die Ultracision Schere (UC) und die A. radialis (RA) zu sehen.

Nach systemischer Heparinisierung wurde die Arterie abgesetzt. Dazu wurde distal eine Pean-Klemme eingesetzt und die Arterie durchgeschnitten. Zur Überprüfung des Flusses ließ man die Arterie kurz pulsieren. Danach wurden zur Spasmusprophylaxe fünf bis zehn Milligramm Papaverin intraarteriell gespritzt. Anschließend wurde das freie Ende der Arterie unterbunden. Ein vorgeknöteter Endoloop wurde nun um das distale Ende der A. radialis gelegt und unter Sicht bis zum proximalen freipräparierten Ende vorgeschoben und dort zugezogen. Somit konnte die Arterie mit der endoskopischen Schere jetzt proximal abgesetzt und dem Arm durch die distale Inzision entnommen werden (siehe Abbildung 9).



Danach wurde unter Sicht überprüft, ob der Knoten fest sitzt, und keine Blutungen im Tunnel vorhanden sind. Bis zur Verwendung als koronarer Bypass wurde die Arterie in heparinisiertem Blut gelagert.



**Abbildung 9: Proximale Absetzung der A. radialis (Bleiziffer, 2006)**

Die Bilderabfolge stellt die proximale Absetzung der A. radialis dar. Bild A zeigt mit Hilfe des Vesseldissektors einen kleinen Seitenast. Dieser muss unterbunden werden. In Bild B wird ein vorgeknöteter Endloop von distal eingeführt nach proximal vorgeschoben und dort zugezogen. In Bild C erfolgt die proximale Durchtrennung der A. radialis. Bild D stellt den Zustand nach erfolgter Absetzung dar.

Anschließend wurde der Unterarm versorgt. Es wurde ein Mini Redon eingeführt. Nach Adaptation des Subkutangewebes wurde die Haut zusammengenäht. Als Verband diente eine elastische Binde. Zur Überprüfung einer ausreichenden Durchblutung wurde der Sättigungsclip an den Daumen des operierten Armes angebracht.

Der gesamte Vorgang der endoskopischen Entnahme der A. radialis benötigt etwa 45 Minuten bei einem erfahrenen Operateur. Ein guter Umgang mit der endoskopischen Technik ist nach 10 bis 12 Entnahmen gegeben (Bleiziffer, 2006).

### **3.2.3 Intra- und postoperatives Procedere**

Intraoperativ wurde die A. radialis nach Beendigung der Herzlungenmaschine und unter stabilen hämodynamischen Bedingungen mit einem Flussmesser beurteilt. Es wurden der mittlere Fluss des Bypasses sowie der Pulsalitätsindex (PI) gemessen.

Da die A. radialis aufgrund ihrer dicken Muskelschicht mit 4-10% eine erhöhte Neigung zu Vasospasmen zeigt, wurde eine Vasospasmus-Prophylaxe durchgeführt (Mussa, 2005). Intraoperativ wurde 6-12  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  Diltiazem

intravenös gegeben und über 24 Stunden fortgeführt. Zudem wurde den Patienten 5mg Amlodipin pro Tag über drei Monate verabreicht (Bleiziffer, 2006).

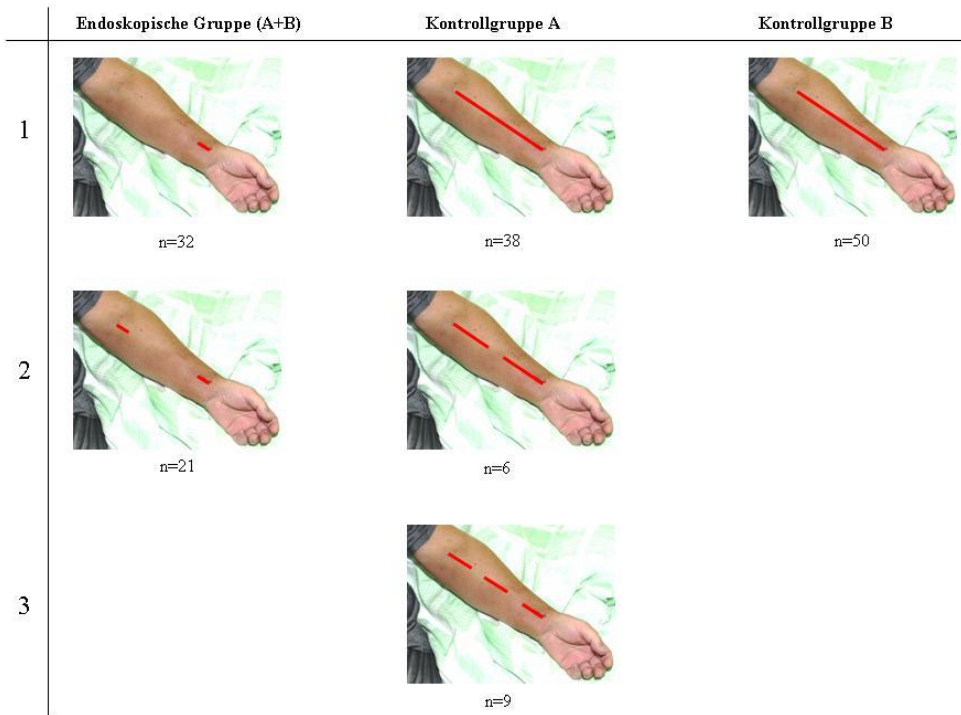
### **3.3 Patienten**

Wir untersuchten konsekutiv die Patienten nach, die von März 2004 bis August 2005 eine endoskopische A. radialis-Entnahme erhalten hatten. In diesem Zeitraum war an 1403 Patienten im Deutschen Herzzentrum München (DHM) eine koronare Bypassoperation durchgeführt worden. Davon war bei 397 die A. radialis verwendet worden. Bei 71 dieser Patienten wurde die A. radialis auf endoskopische Weise entnommen. 12 Patienten erschienen nicht zur Nachuntersuchung: Zwei lehnten diese ab und 10 lebten im Ausland. Sechs der verbleibenden 59 Patienten lehnten eine Untersuchung mittels Computertomografie (CT) ab. Wir sahen somit 53 Patienten. Bei drei Patienten zeigten sich Kontraindikationen zur Kontrastmittelgabe (erhöhtes Kreatinin oder erniedrigtes TSH). Somit erhielten wir Daten bezüglich der Offenheitsraten bei 50 Patienten (Gruppe B). Sechs Patienten lehnten die neurologische Untersuchung ab. Damit gewannen wir Daten bezüglich der genauen Neurologie bei 47 Patienten (Gruppe A).

Die komplette Nachuntersuchung enthielt Fragebogen, Anamnese, neurologische Untersuchung, Elektrokardiografie (EKG), Echokardiografie und CT.

Um die Befunde zur Offenheit der A. radialis-Bypässe und zur Neurologie des Entnahmearms mit der konventionellen Technik zu vergleichen, wurden Kontrollgruppen ausgewählt. Um die Neurologie des Entnahmearms mit der konventionellen Technik zu vergleichen, wurde an n=53 zufällig ausgewählten Patienten, die ebenfalls im gleichen Zeitraum operiert wurden, ein Fragebogen verschickt (Kontrollgruppe A). Zum Vergleich der Offenheitsraten der A. radialis-Bypässe wurden 50 Patienten nach dem Zufallsprinzip aus unserer Datenbank gewählt, die im gleichen Zeitraum operiert wurden und eine Nachuntersuchung mit CT (n=33) oder Angiografie (n=17) erhalten hatten (Kontrollgruppe B).

Die Entnahmemodi der einzelnen Gruppen zeigt folgende Übersicht (Abbildung 10).



**Abbildung 10: Entnahmemodi**

In der endoskopischen Gruppe wurde bei 32 der 53 Patienten die endoskopische Entnahme der A. radialis mit einem kurzen distalen Schnitt am Unterarm durchgeführt. Bei den restlichen 21 wurde noch ein zweiter proximaler Schnitt benötigt.

In der Kontrollgruppe A wurde die offene Entnahme bei 38 der 53 Patienten mit einem langen Schnitt, bei 6 mit zwei längeren Schnitten und bei 9 mit drei hintereinander folgenden kürzeren Schnitten durchgeführt.

In der Kontrollgruppe B wurden alle Entnahmen offen mit einem langen Schnitt durchgeführt.

Die Patientencharakteristika der Substudie A: „Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme“ sind in folgender Tabelle 1 zusammengefasst. Lediglich bezüglich der Hyperlipidämie ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

	<b>Gruppe A: Endoskopische Neuro-Gruppe (n=53)</b>	<b>Kontrollgruppe A: Neuro- Kontrollgruppe (n=53)</b>	<b>p-Wert</b>
Geschlecht (weiblich/männlich)	7/46	7/46	1
Alter (Jahre) bei OP	60,77±6,905	60,55±9,031	0,885
Nikotinabusus	16/53	19/53	0,536
Diabetes mellitus	8/53	6/53	0,566
Hyperlipidämie, behandelt mit Statinen	26/53	39/53	<b>0,010</b>
paVK	6/53	8/53	0,566
Arterielle Hypertonie	45/53	49/53	0,220

**Tabelle 1: Patientencharakteristika der Substudie A: "Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme"**

Zwischen der endoskopischen und der Kontrollgruppe in der Substudie A zeigt sich lediglich ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Hyperlipidämie.

Die Patientencharakteristika der Substudie B: „Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme“ sind in folgender Tabelle 2 zusammengefasst. Lediglich bezüglich der Hyperlipidämie ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

	<b>Gruppe B: Endoskopische Offenheitsgruppe (n=50)</b>	<b>Kontrollgruppe B: Offenheits- kontrollgruppe (n=50)</b>	<b>p-Wert</b>
Geschlecht (weiblich/männlich)	6/44	8/42	0,564
Alter (Jahre) bei Operation	60,1 ± 6,7	59,2 ± 8,2	0,548
Zusätzliche Eingriffe			0,695
Aortenklappenersatz	n=2	n=2	
Aorta ascendens Ersatz	n=1		
Mitralklappenersatz		n=1	
Trikuspidalklappenreparatur		n=1	
Nikotinabusus	15/50	19/50	0,398
Diabetes mellitus	6/50	10/50	0,275
Hyperlipidämie, behandelt mit Statinen	24/50	34/50	<b>0,043</b>
paVK	4/50	6/50	0,505
Arterielle Hypertonie			0,137
Unbehandelt	3/50	0	
Behandelt	37/50	43/50	
Präoperative Ejektionsfraktion	56,5 ± 7,8%	54,0 ± 10,8%	0,189

**Tabelle 2: Patientencharakteristika der Substudie B: "Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme"**

Zwischen der endoskopischen und der Kontrollgruppe in der Substudie B erweist sich lediglich das Auftreten einer Hyperlipidämie als statistisch signifikant unterschiedlich.

### **3.4 Substudie A: „Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme“**

#### **3.4.1 Fragebogen**

Wir ließen sowohl den Patienten aus der Gruppe A, also Patienten, bei denen die A. radialis auf endoskopischem Weg entnommen worden war (n=53), als auch der Kontrollgruppe A (n=53) einen Fragebogen zukommen.

In dem Fragebogen fragten wir nach der körperlichen Belastbarkeit im Sinne der Einteilung der NYHA-Klassifikation. Auch das Vorhandensein von Angina-Pectoris Beschwerden wie ein Brennen oder Druckgefühl hinter der Brust sowie postoperative Interventionen wurden evaluiert.

Anschließend stellten wir Fragen zu motorischen und sensorischen Defiziten. Wir explorierten die Art, Dauer und Lokalisation einer eventuell aufgetretenen Gefühlsstörung. Bezüglich der Art der Sensibilitätsstörung unterschieden wir zwischen keinem Defizit, nur dem Vorhandensein von Parästhesien, einem verminderten Gefühl bzw. einer Taubheit (Sensibilitätsminderung) und beiden Gefühlsstörungen. Den Arm inklusive der Hand unterteilten wir in vier Bereiche: in den Unterarm, und dabei entweder mehr in Richtung Ellenbogen (Versorgungsgebiet des N. cutaneus antebrachii lateralis) oder mehr in Richtung Handgelenk (Versorgungsgebiet des N. radialis Ramus superficialis), den Daumen und den Zeigefinger (Versorgungsgebiet des N. radialis Ramus superficialis). Zudem wurde erhoben, wie viele und wie lange Operationsschnitte der Arm aufweist. Zusätzlich fragten wir nach Bewegungsstörungen am Daumen und bei Vorhandensein nach der Dauer.

Zuletzt war dem Patienten die Möglichkeit gegeben, den Fragebogen mit einem eigenen Kommentar zu komplettieren. Bei unvollständig oder unklar ausgefüllten Fragebögen wurde ein zusätzliches Telefoninterview durchgeführt.

#### **3.4.2 Neurologische Untersuchung**

In der Patientengruppe nach endoskopischer A. radialis-Entnahme wurde eine ausführliche neurologische Untersuchung durchgeführt (n=47).

### 3.4.2.1 Motorik

Zur Beurteilung der Motorik des operierten Armes setzten wir fünf verschiedene Tests ein. Dazu zählte das „Hand drücken“. Dabei drückte der Patient mit gekreuzten Armen gleichzeitig beidseits die gekreuzten Hände des Untersuchers mit seinen Händen. Dazu werden die Flexoren des Unterarmes mit der kleinen Handmuskulatur darunter Musculi (Mm.) flexor carpi radialis und ulnaris, M. palmaris longus, Mm. flexor digitorum superficialis und profundus, Mm. flexor pollicis longus und brevis, M. adductor pollicis, M. flexor digiti minimi brevis und die Mm. interossei palmares benötigt.

Als nächste Untersuchung ist das „Finger spreizen“ zu nennen. Hierbei spreizte der Patient beidseits seine Finger II-V gegen den Widerstand des Untersuchers. Die Hauptmuskulatur ist hierbei die Mm. interossei dorsales und der M. abductor digiti minimi. Auch die Muskeln M. extensor digitorum, M. extensor digiti minimi, M. extensor indicis und Mm. lumbricales werden verwendet.

Auch das „Fingerhakeln“ untersuchten wir. Der Patient bildete mit dem Daumen und dem kleinen Finger einen Kreis, den er auch unter Kraftanwendung des Untersuchers aufrechterhalten sollte. Hauptsächlich wird hierdurch der M. opponens pollicis geprüft. Auch die Muskeln Mm. interossei, Mm. lumbricales, Mm. flexor digitorum superficialis und profundus, Mm. flexor pollicis longus und brevis, M. adductor pollicis, M. flexor digiti minimi brevis und M. opponens digiti minimi kommen dabei zum Einsatz.

Schließlich testeten wir das „Ellenbogen beugen und strecken“ des Patienten gegen den Widerstand unserer Armkraft. Bei dem „Ellenbogen beugen“ sind vor allem die Muskeln M. biceps brachii und M. brachioradialis beteiligt. Auch die Muskeln M. brachialis, M. extensor carpi radialis longus, M. pronator teres, M. palmaris longus, M. flexor digitorum superficialis und die Mm. flexor carpi radialis und ulnaris werden zum Teil benötigt. Dagegen wird beim „Ellenbogen strecken“ hauptsächlich der M. triceps brachii geprüft. Zudem werden die Muskeln M. anconeus, M. extensor digitorum, M. extensor digiti minimi und M. extensor carpi ulnaris verwendet.

Uns interessierte eine Kraftabschwächung. Wir achteten auf eine eventuelle einseitige Reduzierung.

### 3.4.2.2 Reflexe

Außerdem untersuchten wir vier verschiedene Reflexe der oberen Extremitäten. „Reflexe sind der Willkür nicht unterliegende Antworten der Muskulatur auf äußere Stimuli“ (Gleixner, 2006/07, 8). Man unterscheidet Eigenreflexe von Fremdreflexen. Unsere vier Tests werden alle zu den Eigenreflexen gezählt. Diese werden durch Muskeldehnung ausgelöst. Dadurch kommt es zu einer monosynaptischen Umschaltung im Rückenmark und zur Aktivierung des gereizten Muskels. Rezeptor und Erfolgsmuskel sind also hierbei identisch.

Für die Beurteilung der oberen Extremitäten führten wir den Bizepssehnenreflex (BSR), den Trizepssehnenreflex (TSR), den Radiusperiostreflex (RPR) und den Trömnerreflex durch. Mit dem BSR konnten wir die Rückenmarkssegmente C5 und C6 mit dem N. musculocutaneus beurteilen. Der Patient ließ seinen Arm angewinkelt in einer Stellung zwischen Pronation und Supination. Um den BSR auslösen und beurteilen zu können, beklopfte der Untersucher seinen auf die distale Sehne des M. biceps brachii gelegten Finger. Bei einer Reflexauslösung beugte der Patient seinen Arm. Bei einer abgeschwächten Reaktion ist die Reflexantwort mit dem Finger noch tastbar.

Der TSR ist zur Begutachtung der Segmente C6 und C7 mit dem N. radialis geeignet. Dabei war der Arm des Patienten wiederum angewinkelt. Durch einen Schlag des Untersuchers mit dem Reflexhammer auf die distale Sehne des M. triceps brachii direkt über dem Olecranon kam es zur Reflexauslösung, also zur Streckung des Armes.

Der RPR ermöglicht die Beurteilung der Segmente C5 und C6 mit dem N. radialis. Der Patient ließ seinen Arm leicht angewinkelt und in Supinationsstellung. Nun klopfte der Untersucher auf das distale Drittel des Armes. Dort liegt der Ansatz des M. brachioradialis am Processus styloideus. Bei einem Reflexerfolg kam es zur Beugung im Ellenbogengelenk und zur Pronation. Man kann mit diesem Reflex sowohl eine Kontraktion des M. brachioradialis als auch des M. biceps brachii auslösen.

Vorraussetzungen für den Trömnerreflex sind die Rückenmarkssegmente C6 und C7 mit dem N. medianus und dem N. ulnaris. Der Patient ließ bei vorgehaltenem Arm seine Hand locker nach unten hängen. Der Untersucher umschloss mit seiner linken Hand den Handrücken des Patienten und schlug mit den Fingern II-V der

rechten Hand schnell gegen die Fingerkuppen des Patienten. Bei einer Reflexauslösung beugte der Patient schnell seine Finger II-V, bei lebhaften Reflexniveau auch den Daumen (Gleixner, 2006/07).

Wir beurteilten eine gesteigerte bzw. abgeschwächte oder fehlende Reflexantwort im Seitenvergleich.

### **3.4.2.3 Sensibilität**

Man unterscheidet bei der Sensibilität die Oberflächensensibilität mit Schmerz, Temperatur und Berührung von der Tiefensensibilität mit Lagesinn und Vibrationsempfinden. Störungen können unter anderem eine Steigerung oder eine Abschwächung bis zur völligen Abstinenz der Wahrnehmung beinhalten.

Wir wollten wissen, ob nach der Operation Sensibilitätsstörungen durch Verletzung der cutanen Nerven aufgetreten waren. Um einen Seitenvergleich und damit auch einen Vergleich zum präoperativen Status aufstellen zu können, testeten wir bei den durchgeführten Untersuchungen jeweils beide Arme des Patienten. In fünf Tests überprüften wir die Sensibilität im Hinblick auf Schmerz, Temperatur, Berührung, Zwei-Punkte-Diskrimination und Vibration. Der Patient musste bei den Untersuchungen seine Augen geschlossen halten.

Um keinen sensiblen Ausfall zu übersehen, führten wir die Untersuchungen zu Schmerz, Temperatur und Berührung pro Arm zehnmal durch. Um den N. cutaneus antebrachii lateralis abzudecken, testeten wir an drei verschiedenen Stellen des lateralen Unterarms. Für den N. radialis superficialis überprüften wir eine Stelle am Handgelenk, drei Stellen am Zeigefinger und drei am Daumen. Für die Auswertung berechneten wir die Seitendifferenz der vergebenen Punkte (rechter Arm minus linker Arm). Ein positives Ergebnis bedeutete somit ein sensibles Defizit des linken Armes, und ein negatives Ergebnis bedeutete ein sensibles Defizit des rechten Armes.

Den Schmerzreiz setzten wir mit der Nadel eines Reflexhammers. Der Patient gab an, ob er den Schmerz gespürt hatte.

Zur Überprüfung der Temperaturwahrnehmung verwendeten wir als kalten Reiz das kühle Metall des Reflexhammers und als warmen Reiz eine durch Reibung erwärmte Seite desselbigen. Wir baten den Patienten, den Reiz entsprechend als kalt oder warm zu bezeichnen.



Mit einem kleinen weichen Pinsel, der im Reflexhammer enthalten war, testeten wir den Berührungssinn. Wichtig ist, dass bei dieser Untersuchung ein Tupfen mit dem Pinsel bereits ausreicht, um den Berührungssinn zu reizen und nicht eventuell zusätzlich Schmerzrezeptoren. Der Patient gab an, ob er eine Berührung wahrgenommen hatte.

Um eine zentrale Läsion, d.h. also eine Problematik im Bereich der sensiblen Großhirnrinde von einer peripheren zu differenzieren, untersuchten wir die Berührung zusätzlich im Sinne des räumlichen Auflösungsvermögens mit Hilfe der Zwei-Punkte-Diskrimination. Wenn das räumliche Auflösungsvermögen isoliert ausfällt, ist von einer zentralen Läsion auszugehen. Zur Überprüfung der Zwei-Punkte-Diskrimination setzten wir die zwei Nadeln eines Weber-Tastzirkels gleichzeitig mit gleicher Intensität im Bereich zwischen Handgelenk und Daumen auf. Der Patient sollte nun angeben, ob er eine oder zwei Nadeln spürte. Wir wiederholten den Test solange, bis wir den minimalen Abstand herausfanden, bei dem der Patient gerade noch die zwei Nadeln als zwei unterschiedliche Punkte erkannte und nicht nur einen Reiz wahrnahm. Normwerte liegen für Fingerkuppen bei bis zu 5 Millimeter und für Handrücken bei bis zu 30 Millimeter. Für die Auswertung errechneten wir den Unterschied zwischen dem rechten und dem linken Unterarm (minimaler Abstand rechter Arm minus minimaler Abstand linker Arm).

Das Vibrationsempfinden, auch Pallästhesie genannt, untersuchten wir mit einer neurologischen Stimmgabel von 128Hz. Diese wurde in Schwingung versetzt und auf den Processus styloideus gesetzt. Der Patient hielt dabei seine Augen geschlossen. Die Skala wird abgelesen, wenn der Patient kein Vibrieren mehr wahrnimmt. Die Skala wird in Achtel unterteilt. Als pathologisch ist ein Wert von weniger als sechs Achteln anzusehen. Für die Auswertung berechneten wir wiederum den Unterschied zwischen dem rechten und dem linken Arm.

Außerdem erkundigten wir uns nach neu aufgetretenen Parästhesien und deren genaue Lokalisation. Darunter sind spontane Missempfindungen wie Ameisenlaufen, Brennen oder Kribbeln zu verstehen (Gleixner, 2006/07).

### 3.5 Substudie B: „Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme“

#### 3.5.1 Bypässe und Zielgefäße

Präoperativ wurde mittels Angiografie bei allen Patienten die Stenosierung des Zielgefäßes ermittelt. Der Stenosegrad wurde dabei visuell eingeschätzt.

Alle 50 Patienten der Gruppe B und ihre Kontrollgruppe B hatten einen A. radialis-Bypass erhalten. Am häufigsten wurde die A. radialis mit jeweils 68,0% (34/50) als Bypass für Marginaläste des Ramus circumflexus eingesetzt. Die Häufigkeit weiterer Bypässe und die jeweiligen Zielgefäße sind in folgender Tabelle 3 aufgelistet. Zwischen den Gruppen zeigte sich kein Unterschied in der Verteilung der Bypässe und Zielgefäße (A. radialis:  $p=0,091$ ; LIMA:  $p=1,0$ ; Vene:  $p=0,138$ ; RIMA:  $p=0,150$ ).

Zielgefäß	Art des Bypasses							
	RA		LIMA		Vene		RIMA	
	Endoskopisch (n=50)	Konventionell (n=50)	Endoskopisch (n=48)	Konventionell (n=48)	Endoskopisch (n=16)	Konventionell (n=8)	Endoskopisch (n=14)	Konventionell (n=22)
RIVA	0	1/50 (2%)	48/48 (100%)	48/48 (100%)	0	0	0	0
Diag	4/50 (8%)	9/50 (18%)	0	0	5/16 (31%)	1/8 (13%)	0	0
Marg	34/50 (68%)	34/50 (68%)	0	0	1/16 (6%)	2/8 (25%)	2/14 (14%)	1/22 (5%)
CX	2/50 (4%)	1/50 (2%)	0	0	0	0	0	0
RCA	10/50 (20%)	5/50 (10%)	0	0	10/16 (63%)	5/8 (63%)	12/14 (86%)	21/22 (95%)

**Tabelle 3: Häufigkeit der verschiedenen Bypässe und Zielgefäße**

Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied in der Verteilung der Bypässe und Zielgefäße im Vergleich endoskopische versus offene Entnahme. In beiden Gruppen wurde die A. radialis (RA) am häufigsten für Marginaläste (Marg), alle linken Brustwandarterien (LIMA) für die Überbrückung des Ramus interventricularis anterior (RIVA), die Vene und die rechte Brustwandarterie (RIMA) hauptsächlich für die rechte Koronararterie (RCA) verwendet.

(RA: A. radialis; LIMA: linke Brustwandarterie; RIMA: rechte Brustwandarterie; RIVA: Ramus interventricularis anterior; Diag: Diagonaläste; Marg: Marginaläste; CX: Ramus circumflexus; RCA: rechte Koronararterie)

Die A. radialis der Gruppe B wurde durch vier verschiedene Operateure entnommen. Das Einsetzen der Bypässe erfolgte durch neun verschiedene Operateure.

### **3.5.2 Elektrokardiografie**

Das Elektrokardiogramm dient zur nichtinvasiven „Aufzeichnung der an die Körperoberfläche fortgeleiteten elektrischen Potentialänderungen des Herzens“ (Kurowski, 2004, 50).

Wir führten ein 12-Kanal-EKG durch. Die elektrische Aktivität wird entweder bipolar zwischen zwei Punkten oder unipolar von einem Punkt zu einer indifferenten Elektrode abgeleitet. Das Ruhe-EKG wurde in Rückenlage des Patienten geschrieben. Die Extremitätenableitungen I, II, III, aVR, aVL und aVF erfolgten nach Einthoven und Goldberger. Die Brustwandableitungen V1-V6 wurden nach Wilson durchgeführt (Kurowski, 2004).

Wir beurteilten im EKG die Frequenz, den Rhythmus, die Herzachse und die Morphologie des Stromkurvenverlaufes.

### **3.5.3 Echokardiografie**

Die Echokardiografie ist die Ultraschalldiagnostik des Herzens. Es gibt verschiedene Darstellungsmöglichkeiten. Das „B-mode“ (b für brightness) erstellt ein zweidimensionales Bild des Herzens. Es beruht auf Helligkeitsabstufungen, die durch Reflektion von mit dem Schallkopf in ein Gewebe unterschiedlicher akustischer Durchlässigkeit abgegebenen Ultraschallwellen entstehen. Mit dem „M-mode“ (m für time motion) erhält man ein eindimensionales Bild. Entlang eines Schallstrahles werden dem Schallkopf Informationen zur Tiefe übermittelt. Daraus wird das Bild erstellt. Dabei ist es außerdem möglich, die zeitliche Relation wiederzugeben. Zudem steht uns die Doppler-Echokardiografie zur Verfügung. Beim Auftreffen auf bewegte Erythrozyten ändert sich die Schallgeschwindigkeit. Somit kann der Blutfluss beurteilt werden. Man differenziert die pulse wave (pw) von der continuous wave (cw). Bei der pw kann man durch abwechselndes Senden und Empfangen eines Schallsignals den Blutfluss lokalisiert messen. Bei der cw hingegen werden durch einen kontinuierlichen Schallstrahl größere Blutflussänderungen entlang der gesamten Schallstrahlrichtung registriert. Die Doppler-Echokardiografie wird wie auch das M-mode in Abhängigkeit der Zeit dokumentiert. Im speziellen verwendeten wir

die Farb-Doppler-Echokardiografie, bei der die intrakardialen Flüsse farbkodiert im 2D-Bild dargestellt werden. Die rote Farbe entspricht hierbei einem Fluss auf den Schallkopf zu, wohingegen die blaue einen Fluss von dem Schallkopf weg anzeigt (Kurowski, 2004).

Der Schallkopf wird auf verschiedene Weise auf den Thorax zur Untersuchung platziert. Man unterscheidet unter anderem die parasternale lange und kurze Achse von der apikalen Darstellung (Shapiro, 2001).

Die Echokardiografie ist das „Verfahren der Wahl zur Verlaufs- und Therapiekontrolle nach interventionellen oder chirurgischen Eingriffen bei koronarer Herzkrankheit“ (Bartel, 2002, 153). Als signifikante Zeichen in der Ultraschallkardiografie (UKG) bei der KHK sind häufig Wandbewegungsstörungen zu finden. Bei einer größeren Infarktnarbe kommt es zur Akinesie oder Dyskinesie und zu einer Verdünnung der Wand um circa 30%, kleinere Infarkte hingegen sind meist als Hypokinesie zu sehen. Akinesie ist eine hochgradige Bewegungsarmut bis hin zur Bewegungslosigkeit. Hypokinesie stellt eine leichtere Form der Akinesie dar: Bewegungen treten seltener auf. Die Dyskinesie bezeichnet eine Störung im Bewegungsablauf (Flachskampf, 2004).

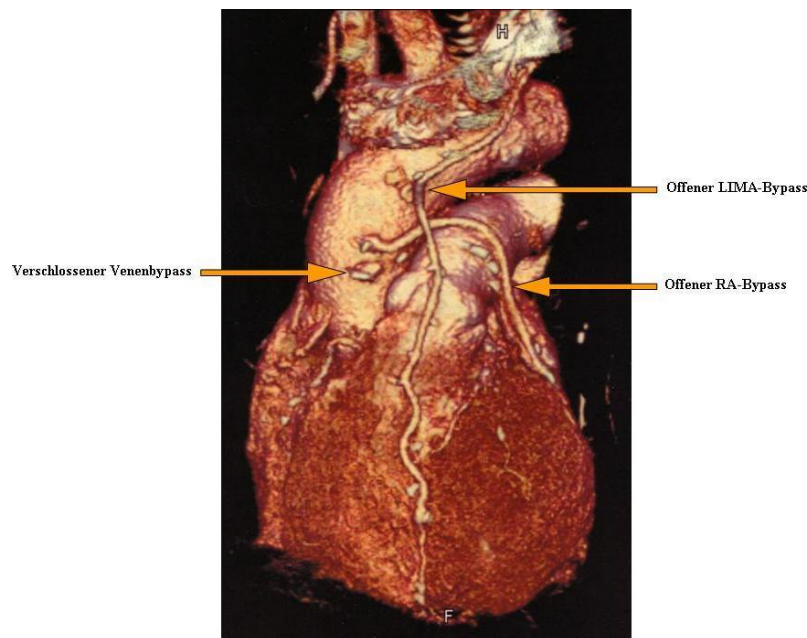
Wir beurteilten mittels Echokardiografie das Vorhandensein und die Lokalisation von Akinesien, Hypokinesien oder Dyskinesien. Um den postoperativen Zustand des Herzens beurteilen zu können, bestimmten wir außerdem die linksventrikulären Dimensionen. Mit dem M-Mode maßen wir die Dicke des enddiastolischen interventrikulären Septums (IVS) und der Hinterwand (HW) in der parasternalen langen oder kurzen Achse. Zudem bestimmten wir den linksventrikulären enddiastolischen (LVEDD) und endsystolischen (LVESD) Durchmesser. Außerdem beurteilten wir visuell die Ejektionsfraktion (EF) des linken Ventrikels. Sie stellt den prozentualen Anteil des in den Kreislauf ausgeworfenen Blutvolumens an dem enddiastolischen Volumen des linken Ventrikels und damit den wichtigsten globalen Funktionsparameter dar. Man spricht bei über 50% von einer guten EF. Bei 30-50% liegt eine mittelgradige und bei weniger als 30% eine schwere Einschränkung vor. Nach einem Myokardinfarkt kann die myokardiale Kontraktilität abnehmen. Dadurch ist die Ejektionsfraktion reduziert. Wir beurteilten die EF im Vergleich zu der präoperativ gemessenen (Flachskampf, 2004).

### 3.5.4 CT-angiografische Beurteilung der Bypässe

Um die Offenheit der Bypässe ein Jahr postoperativ beurteilen zu können, führten wir eine Computertomografie des Herzens durch. Dazu wurde eine kontrastmittelunterstützte CT-Angiografie (Somatom Sensation 64 Cardiac, Siemens Medical Solutions) unter Verwendung eines Spiralscans mit 32 x 0,6-mm Kollimation, 330 ms Gantry-Rotationszeit, einem Pitch von 0,2 pro Umdrehung und einer Röhrenspannung von 120kV aufgenommen. Durch den Gebrauch einer Strahlenquelle, die sich in der Röhre >4000 Mal pro Sekunde periodisch in longitudinaler Richtung zwischen zwei Punkten bewegte („Z-flying focus“), erhielten wir 64 überlappende 0,6mm dicke Schichten pro Rotation. Kontraindikationen für die Durchführung der CT-Angiografie stellten ein erhöhtes Kreatinin oder ein erniedrigter TSH-Wert dar. Einer Kontrastmittelallergie beugten wir gegebenenfalls medikamentös vor. Als Kontrastmittel wurde Iomeprol (350mg Iod pro ml) intravenös injiziert bei Flussraten von 4,5-5,0ml/s. Patienten, die eine Herzfrequenz von über 60 Schläge in der Minute hatten, erhielten vor der Untersuchung 5-20mg Metoprolol i.v. Für eine Vasodilatation zur Verbesserung der Bildqualität wurde den Patienten 0,8mg Nitroglycerin sublingual verabreicht. Durch die CT-Angiografie ließ sich sowohl der Verlauf der Koronarien wie auch der Bypässe darstellen. Um Artefakte durch Bewegungen des Diaphragmas zu minimieren, deren Häufigkeit mit der Dauer des Atemanhaltens zunimmt, wurden die Schichten in caudo-cranialer Richtung aufgenommen. Bei Patienten mit Sinusrhythmus wurden die CT-Bilder in der mittleren diastolischen Phase konstruiert, bei Patienten mit Arrhythmien bzw. Tachykardien in der mittleren diastolischen sowie zusätzlich in der endsystolischen Phase. Um Artefakte zu minimieren, wurde bei jedem Patienten auf den individuell optimalen Rekonstruktionszeitpunkt geachtet. Alle Bilder wurden von zwei unabhängigen Untersuchern mit Hilfe von axialen Schnitten, multiplanaren Reformationen (MPR) und maximalen Intensitätsprojektionen (MIP) beurteilt. Die beiden Untersucher waren über die Art bzw. den Verlauf der jeweils verwendeten Bypässe informiert. Die Bypässe wurden als offen, komplett verschlossen oder funktionell verschlossen (langstreckige Lumeneinengungen) klassifiziert.

Die CT-Angiografie stellt im Gegensatz zur konventionellen Koronarangiografie eine nicht-invasive Möglichkeit der Begutachtung der Koronararterien inklusive eventueller Bypässe dar. Die Sensitivität und Spezifität dieser Methode zur Beurteilung von Bypässen liegen bei 73% bis 97% und 95% bis 99% (Pugliese, 2005; Raff, 2005; Leber, 2005; Meyer, 2007).

Die folgende Abbildung zeigt eine solche CT-Angiografie der Bypässe in der 3D-Darstellung. Es ist ein offener LIMA-Bypass auf die RIVA, ein offener A. radialis-Bypass auf einen Marginalast und ein verschlossener Venenbypass auf die RCA zu sehen (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11: CT-Angiografie der Bypässe**

In einer postoperativ durchgeführten CT-Angiografie ist ein offener LIMA-Bypass auf die RIVA, ein offener A. radialis-Bypass auf einen Marginalast und ein verschlossener Venenbypass auf die RCA zu sehen.

(LIMA: linke Brustwandarterie; RA: A. radialis)

## 4 Statistische Analyse

Zur statistischen Analyse verwendeten wir das Programm SPSS Version 14.0.1. Wir errechneten absolute und prozentuale Häufigkeiten und Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen. Zur Überprüfung der statistischen Signifikanz von Unterschieden zwischen den Gruppen setzten wir den T-Test für kontinuierliche Variablen oder den Chi-Quadrat-Test für kategoriale Variablen ein, wie es jeweils erforderlich war.

In der Substudie A „Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme“ wurde bei abhängigen Stichproben (Überprüfung der groben Kraft und der Reflexe zwischen dem linken und dem rechten Arm) der Wilcoxon-Test verwendet. Unterschiede im Sensibilitätsempfinden zwischen dem linken und dem rechten Arm testeten wir mit dem T-Test für abhängige kontinuierliche Variablen.

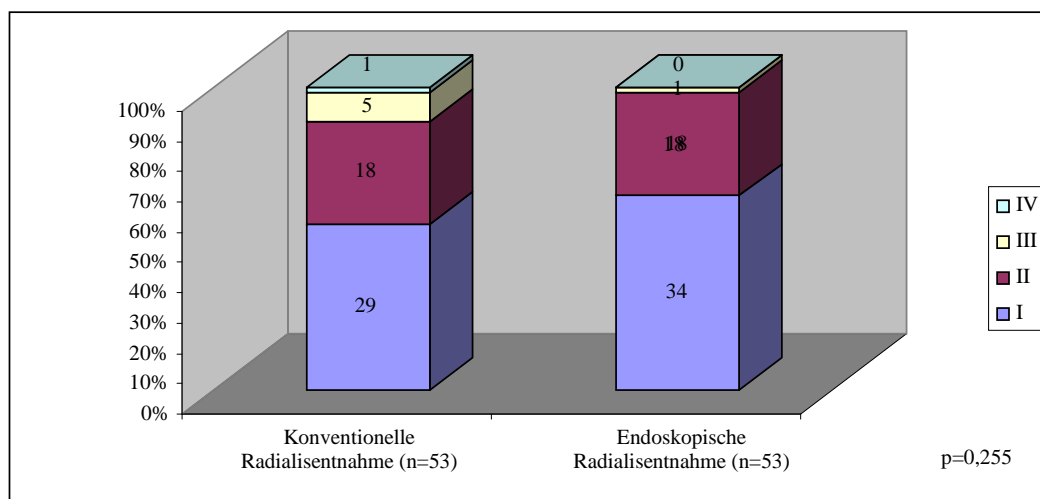
In der Substudie B „Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme“ testeten wir zudem 18 Variablen (Patientencharakteristika, Bypasseigenschaften, Zielgefäßeigenschaften) auf ihren Einfluss auf die A. radialis-Offenheit. Für die Offenheit der A. radialis nach endoskopischer Entnahme führten wir eine logistische Regressionsanalyse durch. Wir verwendeten Forward Selection und den Likelihood-Ratio Test für die Modellauswahl. Eingeschlossen wurden Alter, Geschlecht und alle Variablen mit  $p < 0,10$  in den univariaten Tests. Weil eine Normalverteilung und Homogenität nicht gegeben war, wurde ein  $p$ -Wert  $< 0,01$  als statistisch signifikant angesehen.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Substudie A: „Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme“

#### 5.1.1 Klinisches Outcome

11,0 ± 1,8 Monate nach dem Eingriff lebten alle Patienten. In folgendem Diagramm ist die NYHA-Klassifizierung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zu sehen. Die meisten Patienten sowohl der endoskopischen wie auch der konventionellen Gruppe gehörten dem Grad I (je 64,2% und 54,7%) und dem Grad II (jeweils 34,0%) an. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ( $p=0,255$ ) (siehe Abbildung 12).



**Abbildung 12: NYHA-Status (konventionell vs endoskopisch)**

In einem Vergleich des NYHA-Status der Patienten zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der konventionellen und der endoskopischen Radialisentnahme. In beiden Gruppen gehörte der Großteil dem NYHA-Status I an.

Bei 39 Patienten mit endoskopischer A. radialis-Entnahme standen uns Informationen zum direkt postoperativen Zustand des Entnahmearms zur Verfügung. Bei vier Patienten entwickelte sich ein Hämatom. Davon waren drei geringfügig und eines ausgeprägt.

Im Gegensatz zur Kontrollgruppe musste bei keinem Patienten der endoskopischen Gruppe die Narbe, die durch die Entnahme der A. radialis



entstanden war, postoperativ nochmals revidiert werden. Dieser Unterschied erweist sich als statistisch signifikant ( $p=0,045$ ). Einer der vier Patienten aus der Kontrollgruppe, bei denen die Narbe postoperativ nochmals revidiert werden musste, zeigte eine Schädigung des N. cutaneus antebrachii lateralis (siehe Tabelle 4).

	<b>Konventionelle Radialisentnahme</b>	<b>Endoskopische Radialisentnahme</b>
Revision postoperativ	4/53 Fadengranulom 3 Infektion 1	0/53

**Tabelle 4: Postoperative Revision der Narben am Unterarm**

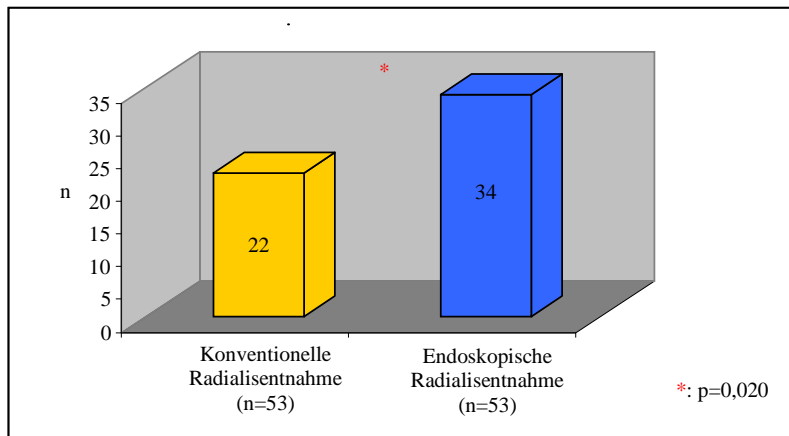
Postoperativ musste nach endoskopischer Radialisentnahme keine Narbe revidiert werden. Bei der konventionellen Entnahme traten 4 Revisionsfälle auf: drei durch ein Fadengranulom und einer infektiös bedingt.

Zudem zeigten alle Patienten der endoskopischen Gruppe bei der Nachuntersuchung eine reizlose Narbe.

### **5.1.2 Vergleich der Häufigkeit von Sensibilitätsstörungen am Entnahmemarm in Abhängigkeit von der Entnahmetechnik (Auswertung der Fragebögen)**

Wir beurteilten die Sensibilitätsstörungen nach den verursachenden Nerven (N. radialis superficialis, N. cutaneus antebrachii lateralis) und nach dem Auftreten von Parästhesien.

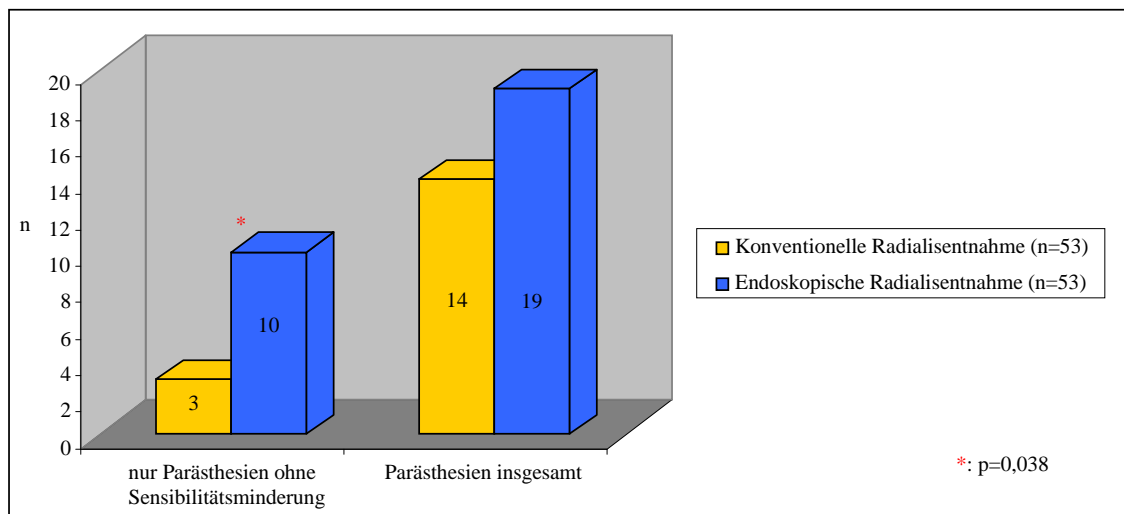
In der konventionellen Gruppe zeigten sich bei 41,5% (22/53) der Patienten neurologische Symptome am Entnahmemarm. In der endoskopischen Gruppe waren 64,2% (34/53) betroffen. Symptomfrei zeigten sich also 19/53 in der endoskopischen und 31/53 in der konventionellen Gruppe. In der konventionellen Gruppe traten somit statistisch signifikant seltener Sensibilitätsstörungen auf ( $p=0,020$ ) (siehe Abbildung 13).



**Abbildung 13: Jegliche Sensibilitätsstörungen (konventionell vs endoskopisch)**

Nach konventioneller Radialiserentnahme traten statistisch signifikant seltener Sensibilitätsstörungen auf als nach endoskopischer Radialiserentnahme (22/53 vs 34/53).

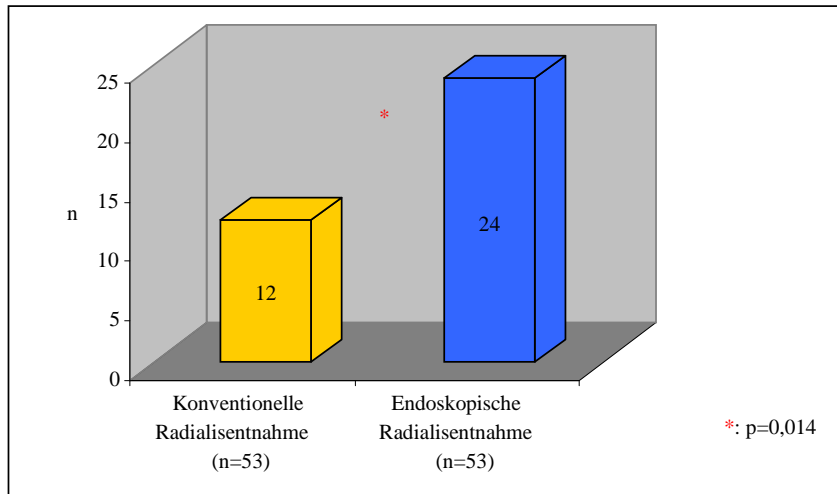
Parästhesien traten als Anzahl gesehen häufiger nach endoskopischer Entnahme der A. radialis auf (35,8% gegenüber 26,4% bei der konventionellen Entnahme). Ein statistisch signifikanter Unterschied ergab sich nur bei Betrachtung des alleinigen Auftretens von Parästhesien, d.h. ohne Schädigung der sensiblen Nerven (p=0,038) (siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14: Parästhesien (konventionell vs endoskopisch)**

Parästhesien traten als Anzahl gesehen häufiger nach endoskopischer Entnahme auf (19/53 vs 14/53). Dies zeigt aber keine statistische Signifikanz. Lediglich bei der Betrachtung von Parästhesien ohne gleichzeitiger Sensibilitätsminderung ergab sich ein statistisch signifikant gehäuftes Auftreten nach endoskopischer Radialiserentnahme (10/53 vs 3/53).

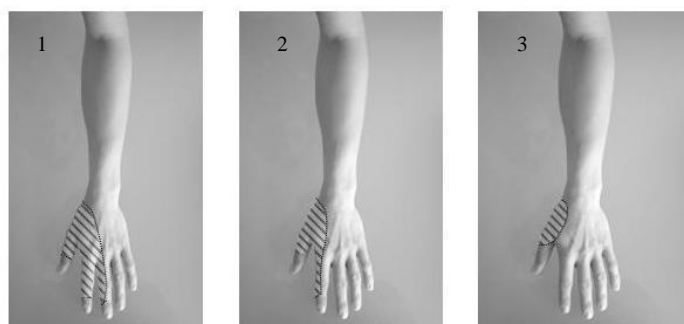
Der N. radialis superficialis war bei 45,3% (24/53) der Patienten der endoskopischen Gruppe beschädigt. Bei der Kontrollgruppe waren es mit 22,6% signifikant weniger ( $p=0,014$ ) (siehe Abbildung 15).



**Abbildung 15: Schädigung des N. radialis superficialis (konventionell vs endoskopisch)**

Bei endoskopischer Entnahme der A. radialis traten signifikant häufiger Schädigungen des N. radialis superficialis auf als bei konventioneller Entnahme (24/53 vs 12/53).

Folgendes Bild 1 der Abbildung 16 stellt den durch den N. radialis superficialis innervierten Hautbereich dar. Es zeigte sich, dass kein Patient eine komplette Schädigung des N. radialis superficialis aufwies. Die Bilder 2 und 3 bilden die aufgetretenen Schädigungsmuster ab.

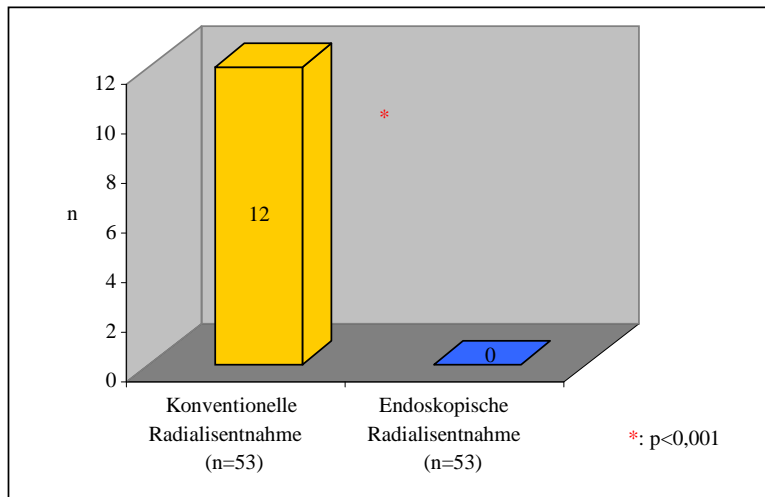


Konventionelle Radialisentnahme	0	2	10
Endoskopische Radialisentnahme	0	19	5

**Abbildung 16: Gebiet der N. radialis superficialis-Schädigung (konventionell vs endoskopisch)**

Kein Patient zeigte einen kompletten Ausfall des durch den N. radialis superficialis innervierten Hautbereiches an der Hand (Bild 1). Es zeigten sich lediglich partielle Ausfälle (Bild 2 und Bild 3).

Bei keiner endoskopischen Entnahme wurde der N. cutaneus antebrachii lateralis verletzt. Diese Komplikation trat jedoch bei 22,6% (12/53) Patienten der Kontrollgruppe auf ( $p < 0,001$ ) (siehe Abbildung 17).



**Abbildung 17: Schädigung des N. cutaneus antebrachii lateralis (konventionell vs endoskopisch)**

Bei keiner endoskopischen Entnahme der A. radialis trat eine Schädigung des N. cutaneus antebrachii lateralis auf. Diese zeigte sich jedoch bei 12/53 Patienten nach konventioneller Entnahme.

Beide Hautnerven waren bei fünf Patienten der konventionellen Gruppe verletzt worden. Da kein Patient der endoskopischen Gruppe eine Schädigung des N. cutaneus antebrachii lateralis aufwies, zeigte folglich keiner eine Verletzung beider Nerven.

Kein Patient gab im Fragebogen das Vorhandensein von motorischen Störungen an. Zwei Patienten (n=1 endoskopisch, n=1 konventionell) berichteten über Taubheitsgefühl im Bereich des N. ulnaris.

Einen Überblick über die sensiblen und motorischen Störungen der beiden Gruppen und ihre statistische Signifikanz gibt folgende Tabelle 5. Die Häufigkeit von Sensibilitätsstörungen insgesamt und Schädigungen des N. radialis superficialis waren bei der endoskopischen Entnahme statistisch signifikant erhöht. Dagegen stellten sich in der konventionellen Gruppe vermehrt Schädigungen des N. cutaneus antebrachii lateralis heraus. Jedoch war diese Gruppe häufiger frei von Sensibilitätsstörungen.

	<b>Konventionelle Radialisentnahme (n=53)</b>	<b>Endoskopische Radialisentnahme (n=53)</b>	<b>p-Wert</b>
jegliche Sensibilitätsstörung	22	34	<b>0,020</b>
nur Parästhesien ohne Sensibilitätsminderung	3	10	<b>0,038</b>
Parästhesien insgesamt	14	19	0,294
Schädigung des N. radialis superficialis	12 (4 ohne Parästhesien)	24 (16 ohne Parästhesien)	<b>0,014</b>
Schädigung des N. cutaneus antebrachii lateralis	12 (5 ohne Parästhesien)	0	<b>&lt;0,001</b>
Schädigung beider Hautnerven	5 (1 ohne Parästhesien)	0	<b>0,022</b>
Motorische Störung	0	0	1

**Tabelle 5: Vergleich sensibler und motorischer Störungen**

Die Häufigkeit von Sensibilitätsstörungen insgesamt und Schädigungen des N. radialis superficialis waren bei der endoskopischen Entnahme statistisch signifikant erhöht. Dagegen stellten sich in der konventionellen Gruppe vermehrt Schädigungen des N. cutaneus antebrachii lateralis heraus. Jedoch war diese Gruppe häufiger frei von Sensibilitätsstörungen.

Das Auftreten von Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer A. radialis-Entnahme zeigte sich nicht abhängig von Geschlecht ( $p=0,202$ ) und Alter des Patienten ( $p=0,444$ ). Auch die Risikofaktoren Hyperlipidämie ( $p=0,854$ ), Diabetes mellitus ( $p=0,916$ ), Nikotinabusus ( $p=0,869$ ), paVK ( $p=0,298$ ) und arterielle Hypertonie ( $p=0,365$ ) nahmen keinen Einfluss. Ebenso stellten wir keinen Zusammenhang dieser Faktoren mit aufgetretenen Sensibilitätsstörungen bei konventioneller Entnahme der A. radialis fest. (Alter:  $p=0,581$ ; Geschlecht:  $p=0,117$ ; Hyperlipidämie:  $p=0,608$ ; Diabetes mellitus:  $p=0,184$ ; Nikotinabusus:  $p=0,219$ ; paVK:  $p=0,803$ ; arterielle Hypertonie:  $p=0,080$ )

### **5.1.3 Klinisch-Neurologische Untersuchung der endoskopischen Gruppe A (n=47)**

Bei der Beurteilung der groben Kraft zeigten sich beim „Handdrücken“, „Ellenbogenbeugen“ und „Ellenbogenstrecken“ alle Patienten symptomfrei. Bei zwei Patienten war auf der linken Seite das „Fingerspreizen“ abgeschwächt. Das

Fingerhakeln war bei einem Patienten an seinem linken Arm reduziert. Diese Beeinträchtigungen erwiesen sich nicht als statistisch signifikant (siehe Tabelle 6).

<b>Abschwächung</b>	<b>Links (n)</b>	<b>Rechts (n)</b>	<b>p-Wert (Wilcoxon-Test)</b>
"Handdrücken"	0	0	1
"Fingerspreizen"	2	0	0,157
"Fingerhakeln"	1	0	0,317
"Ellenbogenbeugen"	0	0	1
"Ellenbogenstrecken"	0	0	1

**Tabelle 6: Grobe Kraft des linken und rechten Armes**

Bei der Untersuchung der groben Kraft an dem linken und dem rechten Arm zeigte sich keine statistisch signifikante Beeinträchtigung.

Bei der Reflexprüfung zeigte sich zwar bei einigen Patienten eine verminderte Reflexantwort, diese trat jedoch jeweils seitengleich auf. Somit ist diese nicht auf die Operation am Arm zurückzuführen. Es ergab sich keine Differenz zwischen links und rechts (siehe Tabelle 7).

<b>Abschwächung</b>	<b>Links (n)</b>	<b>Rechts (n)</b>	<b>p-Wert (Wilcoxon-Test)</b>
BSR	2	2	1
TSR	4	4	1
RPR	2	2	1
Trömnerreflex	1	1	1

**Tabelle 7: Muskeleigenreflexe**

Bei der Prüfung der Muskeleigenreflexe zeigte sich kein Unterschied des operierten zum nichtoperierten Arm.

(BSR: Bizepssehnenreflex; TSR: Tricepssehnenreflex; RPR: Radiusperiostreflex)

Bei der Auswertung des Sensibilitätsempfindens unterschieden wir zwischen Patienten, die einen Verlust der Sensibilität angaben (n=20), und Patienten, die keinen Verlust angaben (n=27). Es stellte sich eine signifikante Beeinträchtigung der Empfindungen Schmerz, Temperatur und Berührung und eine Minderung der durchschnittlichen Zwei-Punkte-Diskrimination am Entnahmearm bei Patienten, die über einen Sensibilitätsverlust berichteten, heraus. Das Vibrationsempfinden war nicht betroffen. Folgende Tabelle 8 gibt einen Überblick über die gewonnenen Daten.

	Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=20)		Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=27)		alle Patienten (n=47)	
	Linker Arm	Rechter Arm	Linker Arm	Rechter Arm	Linker Arm	Rechter Arm
Schmerz (Punkte 1-10)	7,7 ± 2,2	10,0 ± 0,2*	9,6 ± 1,6	9,6 ± 1,5	8,8 ± 2,0	9,7 ± 1,1*
Temperatur (Punkte 1-10)	6,5 ± 2,4	9,4 ± 1,0*	8,9 ± 1,4	9,1 ± 1,4	7,9 ± 2,2	9,2 ± 1,3*
Berührung (Punkte 1-10)	6,6 ± 2,0	9,9 ± 0,4*	9,7 ± 0,7	9,7 ± 1,0	8,4 ± 2,1	9,8 ± 0,8*
Zwei-Punkte-Diskrimination (mm)	41,5 ± 24,9	18,5 ± 6,1*	27,2 ± 27,7	20,2 ± 10,3	33,3 ± 27,3	19,5 ± 8,7*
Vibration (Skala 1-8)	7,2 ± 0,8	7,4 ± 0,7	7,3 ± 0,7	7,4 ± 0,6	7,3 ± 0,7	7,4 ± 0,6

\*: p≤0,002 linker vs rechter Arm

**Tabelle 8: Sensibilitätsempfinden**

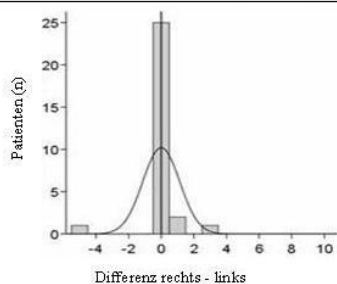
Es stellte sich eine signifikante Beeinträchtigung der Empfindungen Schmerz, Temperatur und Berührung und eine Minderung der durchschnittlichen Zwei-Punkte-Diskrimination am Entnahmeanm bei Patienten, die über einen Sensibilitätsverlust berichteten, heraus. Das Vibrationsempfinden war nicht betroffen.

Bei der Auswertung des Schmerzempfindens zeigte sich im gesamten bei 36,2% (17/47) der Patienten eine Beeinträchtigung des linken Armes.

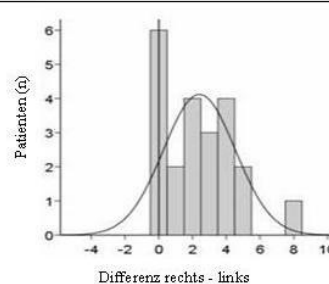
Im folgenden Vergleich der beiden Histogramme wird die Sensibilitätseinschränkung des linken Armes bezüglich des Schmerzempfindens bei den Patienten, die über einen Sensibilitätsverlust berichteten, im Gegensatz zu den anderen Patienten deutlich (siehe Abbildung 18). Das Histogramm der Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes zeigt eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve und stellt somit ein besseres Schmerzempfinden des rechten Armes gegenüber dem linken dar. Ein Wert von 0 bedeutet keinen Unterschied zwischen dem linken und dem rechten Arm. Dies ist bei den Patienten, die über keinen Verlust klagten, der Fall.

Schmerzempfinden

Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=27)



Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=20)



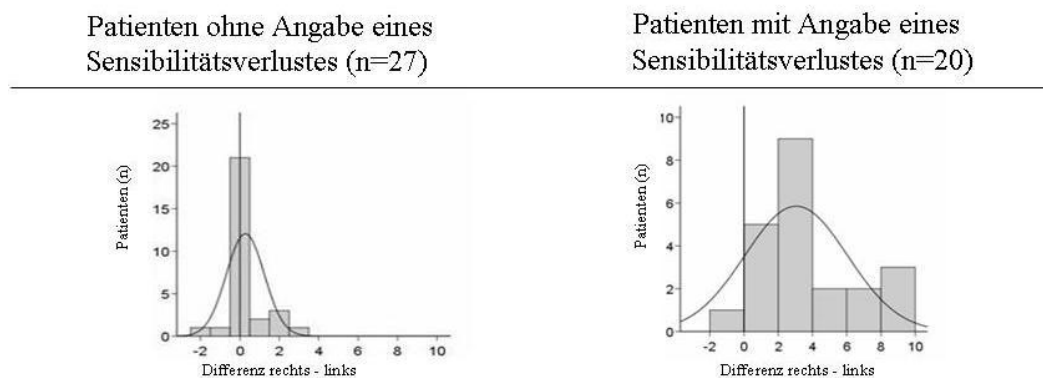
**Abbildung 18: Histogramm Schmerzempfinden**

Im Vergleich mit dem Histogramm von Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes zeigt das Histogramm der Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve und stellt somit ein besseres Schmerzempfinden des rechten Armes gegenüber dem linken dar.

Bei der Untersuchung des Temperaturempfindens ergab sich insgesamt bei 44,7% (21/47) der Patienten eine Minderung am linken Arm.

In den folgenden Histogrammen ist das schlechtere Sensibilitätsempfinden des linken Armes bezüglich der Temperatur gegenüber dem rechten Arm in der Gruppe der Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes zu sehen. Bei diesen stellt sich eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve dar (siehe Abbildung 19).

### Temperaturempfinden



**Abbildung 19: Histogramm Temperaturempfinden**

Im Vergleich mit dem Histogramm von Patienten ohne Angabe eine Sensibilitätsverlustes zeigt das Histogramm der Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve und stellt somit ein besseres Temperaturempfinden des rechten Armes gegenüber dem linken dar.

51,1% (24/47) zeigten eine Verminderung des Berührungsempfindens am linken Arm.

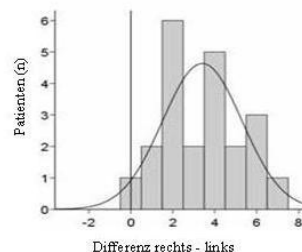
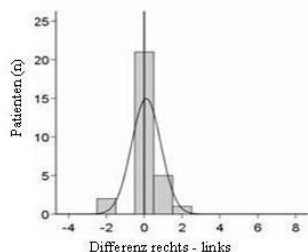
Nachfolgende Grafik zeigt im Histogramm der Patienten, die über einen Sensibilitätsverlust berichteten, eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve und stellt damit ein besseres Berührungsempfinden des rechten Armes gegenüber dem linken dar (siehe Abbildung 20).



Berührungsempfinden

Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=27)

Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=20)



**Abbildung 20: Histogramm Berührungsempfinden**

Im Vergleich mit dem Histogramm von Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes zeigt das Histogramm der Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve und stellt somit ein besseres Berührungsempfinden des rechten Armes gegenüber dem linken dar.

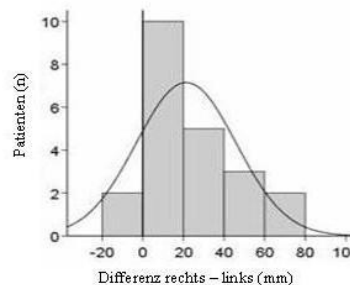
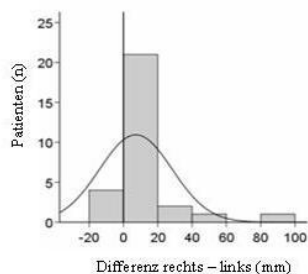
Bei der Zwei-Punkte-Diskrimination stellten wir bei insgesamt 51,1% (24/47) der Patienten eine Verminderung am linken Arm fest.

In dem zugehörigen Histogramm ist durch die Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve die Einschränkung der Zwei-Punkte-Diskrimination des linken Armes im Vergleich mit dem rechten in der Gruppe der Patienten mit Angabe eines sensiblen Defizits verdeutlicht. Die Kurve der Patienten ohne Angabe einer sensiblen Einschränkung zeigt sich normalverteilt (siehe Abbildung 21).

Zwei-Punkte-Diskrimination

Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=27)

Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes (n=20)

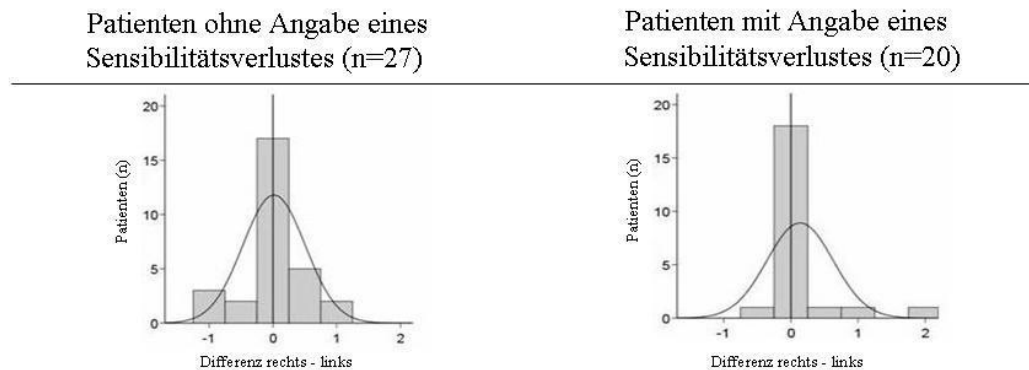


**Abbildung 21: Histogramm Zwei-Punkte-Diskrimination**

Im Vergleich mit dem Histogramm von Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes zeigt das Histogramm der Patienten mit Angabe eines Sensibilitätsverlustes eine Rechtsverschiebung des Gipfels der Verteilungskurve und stellt somit eine bessere Zwei-Punkte-Diskrimination des rechten Armes gegenüber dem linken dar.

Dagegen zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied bei der Betrachtung des Vibrationsempfindens. 32 Patienten wiesen keine Seitendifferenz auf. Bei fünf Patienten ergab sich eine Verschlechterung des rechten und bei zehn Patienten eine Verschlechterung des linken Armes. In den beiden Histogrammen zeigt der Gipfel der Verteilungskurve jeweils keine statistisch signifikante Abweichung vom Nullpunkt. Die Kurve der symptomatischen Patienten ist mit der Kurve der asymptomatischen Patienten zu vergleichen (siehe Abbildung 22).

### Vibrationsempfinden



**Abbildung 22: Histogramm Vibrationsempfinden**

In den beiden Histogrammen zeigt der Gipfel der Verteilungskurve jeweils keine statistisch signifikante Abweichung vom Nullpunkt. Somit ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Patienten mit und Patienten ohne Angabe eines Sensibilitätsverlustes bei der Betrachtung des Vibrationsempfindens des linken und rechten Armes.

Zusammenfassend zeigte sich bei der Betrachtung der groben Kraft, der Muskeleigenreflexe und des Vibrationsempfindens somit kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem linken und dem rechten Arm. Dagegen ergab sich ein statistisch signifikanter Seitenunterschied bezüglich des Schmerzempfindens, des Temperaturempfindens, des Berührungsempfindens und der Zwei-Punkte-Diskrimination.

## **5.2 Substudie B: „Offenheitsraten nach endoskopischer Radialisentnahme“**

### **5.2.1 Klinisches Outcome**

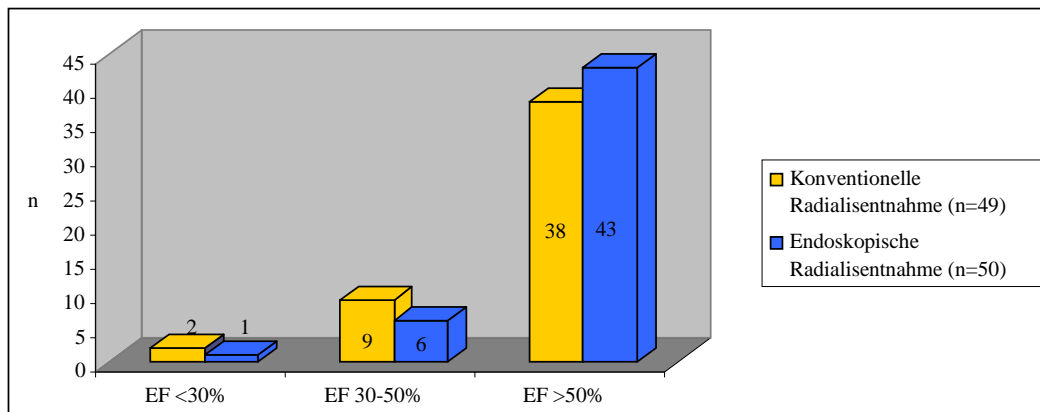
11,1 ± 1,5 Monate nach der Bypassoperation bestellten wir die Patienten ein. Das Outcome bezüglich der NYHA-Einteilung wurde bereits beschrieben (siehe Abbildung 12).

#### EKG

Im EKG stellten wir bei 47 der 50 Patienten einen Sinusrhythmus fest. Zwei Patienten hatten einen implantierten Schrittmacher. Ein Patient wies multiple vorzeitige ventrikuläre Komplexe auf. Bei diesem Patienten waren alle Bypässe jedoch offen.

#### Ejektionsfraktion

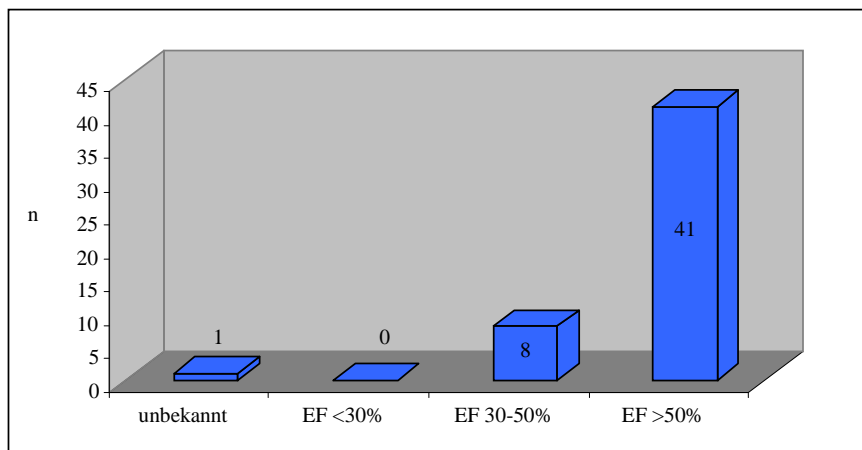
Präoperativ wurde im Herzkatheter bei 86% (43/50) mit über 50% eine gute Ejektionsfraktion gemessen. 12% (6/50) zeigten bei einer EF von 30-50% eine mittelgradige Einschränkung. Bei einem Patienten kristallisierte sich eine schwere Einschränkung mit einer EF < 30% heraus. Die durchschnittliche EF betrug 56,5 ± 7,8%. In der Kontrollgruppe ergab sich bei 38 eine gute, bei 9 eine mittelgradige und bei zwei Patienten eine schlechte EF. Bei einem Patienten erhielten wir keine Daten zur präoperativen EF. Die durchschnittliche EF wurde mit 54,0 ± 10,8% berechnet. Bei einem p-Wert von 0,189 zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen (siehe Abbildung 23).



**Abbildung 23: Präoperative Ejektionsfraktion (konventionell vs endoskopisch)**

Bei der Betrachtung der präoperativen Ejektionsfraktion zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen konventioneller und endoskopischer Radialisentnahme. (EF <30%: 2 vs 1; EF 30-50%: 9 vs 6; EF >50%: 38 vs 43)

Bei der Einbestellung beurteilten wir im UKG erneut die Ejektionsfraktion. 82% (41/50) wiesen eine gute EF auf, 16% (8/50) eine mittelgradige. Bei keinem dieser acht Patienten stellte sich der A. radialis-Bypass verschlossen dar. Kein Patient zeigte eine schwere Einschränkung der EF. Bei einem Patienten konnte per UKG keine Beurteilung zur EF abgegeben werden (siehe Abbildung 24).



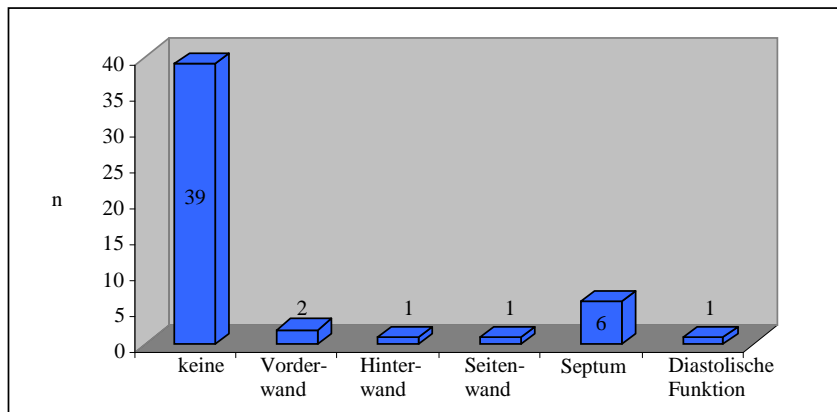
**Abbildung 24: Ejektionsfraktion bei Nachuntersuchung**

Bei der Nachuntersuchung der Patienten mit endoskopischer A. radialis-Entnahme zeigte sich im UKG bei keinem eine schwere Einschränkung der Ejektionsfraktion (<30%). Bei 8 der Patienten ergab sich eine mittelgradige EF (30-50%) und bei 41 eine gute EF (>50%).

### Regionale Wandbewegungsstörungen

Bei 39 Patienten (78%) zeigten sich in der Echokardiografie keine regionalen Wandbewegungsstörungen. Dagegen stellten wir bei zehn Probanden (20%) Wandbewegungsstörungen fest. Die diastolische Funktion war bei einem

Patienten eingeschränkt. Von diesen elf Patienten wiesen zwei eine verschlossene A. radialis auf (1 Septumhypokinesie, 1 Vorderwandhypokinesie). Jedoch ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Wandbewegungsstörung und der Offenheit des A. radialis-Bypasses ( $p=0,493$ ) (siehe Abbildung 25).



**Abbildung 25: Wandbewegungsstörungen**

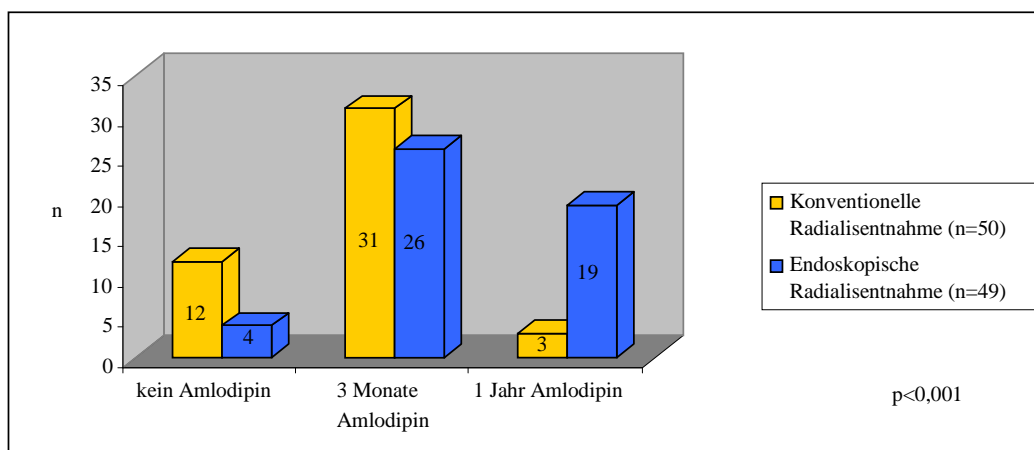
Bei den Patienten mit endoskopischer A. radialis-Entnahme zeigten sich bei 10 Wandbewegungsstörungen im UKG (2 Vorderwand, 1 Hinterwand, 1 Seitenwand, 6 Septum). Bei einem Patienten war die diastolische Funktion eingeschränkt.

### Spasmus

Intraoperativ hatte ein Patient der insgesamt 50 einen Spasmus der A. radialis entwickelt. Der Bypass dieses Patienten war offen.

### Amlodipin Applikation

Postoperativ sollten die Patienten mit Amlodipin 5mg/Tag versorgt werden. 38% (19/50) erhielten Amlodipin mit dieser Dosierung für ein Jahr, 52% (26/50) für drei Monate und 8% (4/50) gar nicht. Bei einem Patienten standen uns keine Angaben zur Verfügung. In der Kontrollgruppe hatten 6% (3/50) Amlodipin für ein Jahr, 62% (31/50) für drei Monate und 24% (12/50) gar kein Amlodipin verabreicht bekommen. Bei einem  $p$ -Wert  $<0,001$  ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen (siehe Abbildung 26).

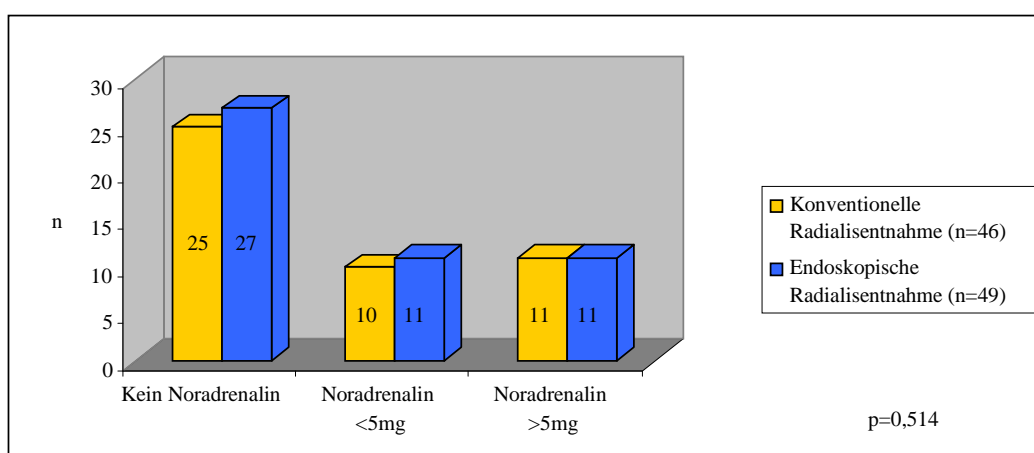


**Abbildung 26: Amlodipin-Einnahme (konventionell vs endoskopisch)**

In der postoperativen Amlodipin-Einnahme ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen konventioneller und endoskopischer Radialisentnahme (kein Amlodipin: 12 vs 4; Amlodipin für 3 Monate: 31 vs 26; Amlodipin für 1 Jahr: 3 vs 19).

### Noradrenalin Applikation

Zum Teil mussten die Patienten postoperativ Noradrenalin (NA) zur Blutdruckregulierung bekommen. 54% (27/50) hatten kein NA erhalten. Bei 22% (11/50) lag die Applikationsmenge insgesamt unter 5mg und bei 22% (11/50) über 5mg. Bei einem Patient standen uns keine Angaben bezüglich der Noradrenalingabe zur Verfügung. In der Kontrollgruppe mussten 22% (11/50) >5mg und 20% (10/50) <5mg NA verabreicht werden. 50% (25/50) erhielten kein NA. Bei 8% (4/50) standen uns keine Angaben zur Verfügung. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied (p=0,514) (siehe Abbildung 27).



**Abbildung 27: Noradrenalin-Einnahme (konventionell vs endoskopisch)**

In der postoperativen Noradrenalin-Einnahme ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen konventioneller und endoskopischer Radialisentnahme (kein Noradrenalin: 25 vs 27; Noradrenalin <5mg: 10 vs 11; Noradrenalin >5mg: 11 vs 11).

Postoperative Eingriffe

Keiner der Patienten wurde nach der Operation im DHM erneut an den Koronarien operiert. Bei einigen Patienten musste jedoch wegen Komplikationen ein chirurgischer oder angiografischer Eingriff postoperativ durchgeführt werden. Einen Überblick verschafft folgende Tabelle 9.

	Konventionelle Radialisentnahme (n=50)	Endoskopische Radialisentnahme (n=50)
Angiografie und Stentimplantation wegen		
Verschlossenem A. radialis-Bypass	3	1
Verschlossenem LIMA-Bypass	0	1
Verschlossenem RIMA-Bypass	2	0
Verschlossenem Venenbypass (V. saphena magna)	1	1
Verschlossenem RIMA- und A. radialis-Bypass	0	1
Verschlossenem LIMA- und A. radialis-Bypass	1	0
Laterale Thorakotomie wegen postoperativem Hämatothorax	0	1
Sternale Revision	4	1
Rethorakotomie wegen Blutung	1	0
Wundrevision am Entnahmemarm der A. radialis	1	0

**Tabelle 9: Postoperative Eingriffe**

Bei einigen Patienten sowohl nach konventioneller als auch nach endoskopischer Radialisentnahme musste wegen Komplikationen ein chirurgischer oder angiografischer Eingriff postoperativ durchgeführt werden.

**5.2.2 Arteria radialis-Bypass**

Intraoperativ führten wir Flussmessungen der A. radialis durch. Bei 60% (30/50) der Patienten war der Fluss über 50ml/min. Der mittlere Wert betrug 64,6ml/min  $\pm$  32,9ml/min. In der Kontrollgruppe lagen der Fluss bei 68% (34/50) über 50ml/min und der mittlere Wert bei 77,6ml/min  $\pm$  50,1ml/min. Bei einem p-Wert von 0,405 und 0,127 zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Aussagen zum Pulsatilitätsindex (PI) standen uns bei 45 Patienten der endoskopischen und 40 Patienten der konventionellen Gruppe zur Verfügung. Bei zehn Probanden der endoskopischen Gruppe betrug der PI über 3. In der Kontrollgruppe wurde bei 11 Patienten ein PI von über 3 gemessen. (p=0,573)

Der Mittelwert in der endoskopischen Gruppe lag bei  $2,4 \pm 1,3$ , in der Kontrollgruppe bei  $2,6 \pm 1,4$ . Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ( $p=0,406$ ).

Mittels der präoperativ durchgeführten Koronarangiografie gewannen wir den Stenosegrad des stenosierten Zielgefäßes, das mit einem A. radialis-Bypass versorgt wurde. 84% (42/50) der Patienten zeigten mit einer  $\geq 75$ prozentigen Lumeneinengung eine hochgradige Stenose des Zielgefäßes. 31 Patienten (62%) wiesen sogar eine  $\geq 90$ prozentige Stenosierung auf. Der Mittelwert des Stenosegrades betrug  $84,2\% \pm 17,2\%$ . In der Kontrollgruppe zeigte sich bei 52% eine  $\geq 75$ prozentige Stenose des Zielgefäßes, bei 48% (24/50) eine Stenosierung  $\geq 90\%$ . Der Mittelwert betrug in dieser Gruppe  $80,7\% \pm 14,1\%$ . Es ergab sich bei einem p-Wert von 0,263 kein statistisch signifikanter Unterschied.

Im CT zeigte sich bei 78% (39/50) ein offener A. radialis-Bypass. Bei 35 der 50 Patienten (70%) stellte er sich komplett offen dar. Bei einem Patienten wurde der Verdacht auf eine Stenose gestellt. Dieser A. radialis-Bypass stellte sich jedoch im daraufhin durchgeführten Herzkatheter offen dar. Somit erhielten wir eine perfekte Offenheitsrate von 72% (36/50). Bei 6% (3/50) stellten sich im CT langstreckige Lumeneinengungen dar, wodurch der Bypass funktionell verschlossen war. Bei 22,0% (11/50) zeigte sich der A. radialis-Bypass komplett verschlossen.

In der Kontrollgruppe zeigte sich eine Offenheit von 76% (38/50) ( $p=0,812$ ) und eine perfekte Offenheit von 74% (37/50) ( $p=0,822$ ). Damit ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Offenheit des A. radialis-Bypasses zwischen der endoskopischen und der konventionellen A. radialis-Entnahme.

Wir untersuchten mehrere Faktoren bezüglich ihres Einflusses auf die Offenheit der A. radialis, darunter Patientencharakteristika, Bypasseigenschaften, postoperative Medikation und Zielgefäßeigenschaften.

In einer multivariaten Analyse stellte sich lediglich der Stenosegrad des Zielgefäßes als auf die Offenheit einflussnehmender Faktor dar. Die durchgeführte logistische Regression verdeutlichte, dass die Zielgefäßstenose als



einzigster Parameter einen signifikanten und engen Zusammenhang mit der Offenheit des RA-Bypasses zeigte ( $p < 0,001$ ) (siehe folgende Tabelle 10). Bei den Patienten mit einem perfekt offenen A. radialis-Bypass betrug der Stenosegrad des Zielgefäßes im Mittel  $88,6\% \pm 16\%$ . Die mittlere Stenosierung bei den Patienten mit einem verschlossenen A. radialis-Bypass betrug  $72,9\% \pm 15\%$  ( $p = 0,003$ ). Bei 28 der 31 Patienten (90,3%), die eine Stenosierung des Zielgefäßes von  $\geq 90\%$  aufwiesen, stellte sich der A. radialis-Bypass offen dar ( $p < 0,001$ ). Die Offenheitsrate war 2,1 mal höher bei Patienten mit einer Zielgefäßstenose  $\geq 90\%$ . Auch wenn man die Lumeneinengung als eine kontinuierliche Variable sieht, ergibt sich immer noch ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,003$ ).

	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Wald	Freiheitsgrad	p-Wert	Exp(B)
Zielgefäßstenose	2,516	0,766	10,795	1	<b>0,001</b>	12,375
Konstante	-2,197	0,609	13,035	1	0	0,111

**Tabelle 10: Zielgefäßstenose im Hinblick auf die Offenheitsrate: Ergebnisse der logistischen Regression**

Die Zielgefäßstenose erweist sich als auf die Offenheitsrate einflussnehmender Faktor.

Bypässe mit einer Flussrate  $< 55\text{ml/min}$  waren anfälliger für einen Verschluss. Bei 36,1% (13/36) der offenen und 78,6% (11/14) der verschlossenen A. radialis-Bypässe wurde ein Fluss  $< 55\text{ml/min}$  gemessen ( $p = 0,007$ ). In der multivariaten Analyse wurde die Flussrate jedoch nicht als Einflussfaktor ermittelt.

Die Lernkurve der endoskopischen Entnahmemethode hatte keinen Einfluss auf die Offenheit. Unter den ersten 20 Fällen stellte sich nur ein A. radialis-Bypass verschlossen dar.

In der Kontrollgruppe bestätigten sich unsere Ergebnisse zu den auf die Offenheit einflussnehmenden Faktoren. Bei den Patienten mit einer Zielgefäßstenose  $\geq 90\%$  stellten sich 92% der A. radialis-Bypässe (22/24) offen dar, dagegen betrug die Offenheitsrate 58% (15/26) bei einer Zielgefäßstenose  $< 90\%$  ( $p = 0,006$ ).

Tabelle 11 auf der nachfolgenden Seite gibt eine genaue Übersicht über die untersuchten Einflussfaktoren auf die Offenheitsrate der A. radialis.

## Ergebnisse

	Variable		p-Wert	
Zielgefäßeigenschaften	Zielgefäßstenose $\geq 90\%$	Zielgefäßstenose (O) (V)	<b>&lt;0,001</b>	
		<90%		8 11
		$\geq 90\%$		28 3
	Zielgefäßstenose als kontinuierliche Variable	Zielgefäßstenose		<b>0,003</b>
		88,6 $\pm$ 16% (O) vs 72,9 $\pm$ 15% (V)		
	Zielgebiet	Zielgefäß (O) (V)		0,445
		Marg	23 11	
		CX	1 1	
		RCA	8 2	
		Diag	4 0	
		Zielgefäßstenose zum Zeitpunkt des follow-ups (CT)	(O) (V)	
	(28% der Daten fehlen wegen schwieriger Beurteilung der Stenosierung in kalzifizierten Koronarien)	0-25%	5 3	
		25-50%	4 3	
	50-75%	5 4		
	75-99%	6 1		
	100%	5 0		
Bypasseigenschaften	Fluss	Mittlerer Fluss (ml/min):	0,084	
		69,6 $\pm$ 32 (O) vs 51,6 $\pm$ 33 (V)		
	PI-Wert	PI-Wert:	0,24	
		2,2 $\pm$ 0,9 (O) vs 2,9 $\pm$ 2,0 (V)		
Sichtbarer Spasmus	Sichtbarer Spasmus:	0,529		
	1/35 (O) vs 0/14 (V)			
Patientencharakteristika	Hyperlipidämie (behandelt mit Statinen)	Inzidenz der Hyperlipidämie: 20/36 (O) vs 4/14 (V)	0,086	
	Präoperative Ejektionsfraktion	Mittlere EF (%): 55,5 $\pm$ 8,9 (O) vs 59,2 $\pm$ 2,4 (V)	0,131	
	Nikotinabusus	Inzidenz von Nikotinabusus: 12/36 (O) vs 3/14 (V)	0,409	
	Diabetes mellitus	Inzidenz von Diabetes mellitus: 5/34 (O) vs 1/14 (V)	0,510	
	paVK	Inzidenz von paVK: 3/36 (O) vs 1/14 (V)	0,889	
	Alter	Durchschnittliches Alter (Jahre): 60,4 $\pm$ 6 (O) vs 59,3 $\pm$ 9 (V)	0,577	
	Weibliches Geschlecht	Weibliches Geschlecht: 4/36 (O) vs 2/14 (V)	0,756	
	Medikation	Amlodipin-Einnahme	Zeitraum der Amlodipin-Einnahme (O) (V)	0,248
Nicht			3 1	
3 Monate			16 10	
Noradrenalin-Einnahme		1 Jahr	16 3	0,641
		Menge des eingenommenen NA (O) (V)		
		Nicht	18 9	
		<5mg	9 2	
	>5mg	8 3		
Personal	Entnehmer der RA (n=4)		0,630	
	Operateur (n=9)		0,885	

O: offen, V: verschlossen

### Tabelle 11: Einflussfaktoren auf Offenheitsrate

In der multivariaten Analyse zeigte sich nur die Zielgefäßstenose als auf die Offenheit der Bypässe Einfluss nehmender Faktor. (O: offen; V: verschlossen)

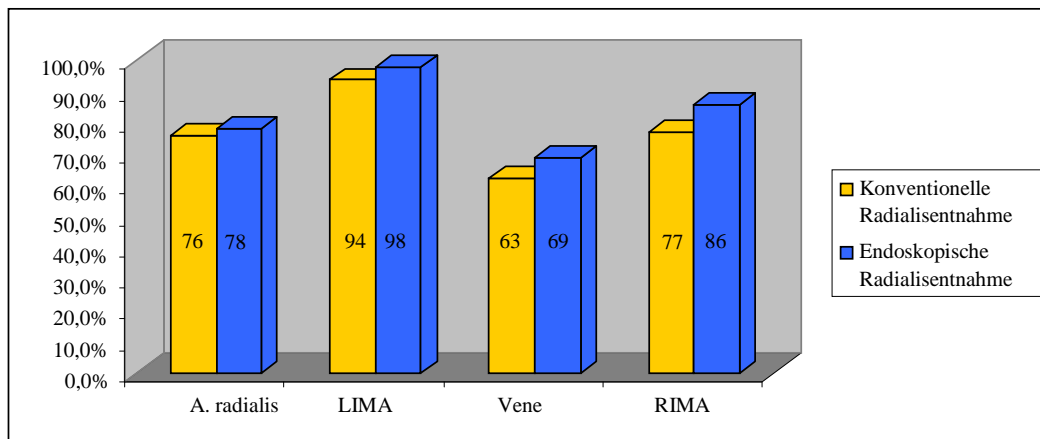
Elf der vierzehn Patienten, bei denen wir einen verschlossenen A. radialis-Bypass feststellten, hatten keine klinische Symptomatik. Diesen empfahlen wir ein Belastungs-EKG, um eine mögliche ischämische Problematik herauszufinden. Lediglich vier Patienten befolgten unseren Rat. Keiner wies Zeichen für ein ischämisches Geschehen auf. Drei der vierzehn Patienten mit einem verschlossenen A. radialis-Bypass berichteten über AP-Beschwerden bei Belastung. Bei ihnen wurde eine Zielgefäßstenose von 80% - 100% festgestellt. Einer hatte bereits eine Stentimplantation in die RCA wegen Verschlusses seines RIMA-Bypasses erhalten. Ein Patient lehnte eine Koronarangiografie ab. Bei einem Patienten mit einem verschlossenen A. radialis-Bypass zur RCA wurde eine Angiografie mit Stentimplantation in die RCA durchgeführt.

Bei den 48 Patienten, die zusätzlich einen LIMA-Bypass erhalten hatten, stellte sich bei 47 (98%) dieser Bypass in der CT-Untersuchung offen dar. Bei einem Patienten wurde ein Verschluss festgestellt. In der Kontrollgruppe zeigte sich bei 94% (45/48) der LIMA-Bypass offen. Bei einem p-Wert von 0,307 ergab sich somit kein statistisch signifikanter Unterschied.

16 der insgesamt 50 Patienten (32%) hatten zudem einen Venenbypass erhalten. In der Computertomografie stellte sich bei elf dieser Patienten (69%) der ACVB offen dar. Fünf Venenbypässe zeigten sich verschlossen. Von 8 Venenbypässen der Kontrollgruppe waren 5 offen (63%). Somit ergab sich kein Unterschied zwischen den Gruppen ( $p=0,755$ ).

14 der 50 Patienten sind zudem mit einem RIMA-Bypass versorgt worden. In der CT-Untersuchung bildeten sich 12 der RIMA-Bypässe offen ab (86%). Die zwei anderen stellten sich verschlossen dar. In der Kontrollgruppe waren von 22 RIMA-Bypässen 17 offen (77%). Somit zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ( $p=0,533$ ).

In folgendem Diagramm sind die prozentualen Offenheitsraten der einzelnen Bypässe im Überblick zu sehen (siehe Abbildung 28). Bei keinem Bypass zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Offenheitsrate zwischen den Gruppen mit jeweils endoskopischer bzw. konventioneller Radialisentnahme.



**Abbildung 28: Übersicht zu den Offenheitsraten (konventionell vs endoskopisch)**

Bei keinem Bypass zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Offenheitsrate zwischen den Gruppen mit endoskopischer bzw. konventioneller Radialisentnahme.

## 6 Diskussion

Die A. radialis zeigt eine Reihe von Vorteilen zur Verwendung als koronarer Bypass. Sie hat eine optimale Länge und einen den Koronarien gleichkommenden Durchmesser, ist aufgrund der dicken Muskelwand gut zu bearbeiten (van Son, 1990) und kann auch bei Patienten mit Varikosis, Adipositas, Diabetes mellitus und Z.n. einem abdominellen Eingriff verwendet werden (Verma, 2004). Kontraindikationen stellen ein positiver Allen-Test, Plaques, Verletzungen, AV-Shunts, chronische Dissektion, eine Vaskulitis, das Raynaud-Syndrom, der Morbus Dupuytren und das Karpaltunnelsyndrom dar. Nachteilig stellte sich in einer Studie von Gaudino nach Radialisentnahme ein gesteigerter ulnarer Blutfluss und damit verbunden ein vermehrtes Auftreten von Atherosklerose der A. ulnaris am operierten Arm heraus (Gaudino, 2006). Knobloch zeigte jedoch, dass die palmare Mikrozirkulation durch die A. radialis-Entnahme nicht gefährdet wurde (Knobloch, 2006). Selten wurde über schwere Ischämien der Hand (Mensah, 1998) und Infektionen an der Entnahmestelle (Trick, 2000) berichtet. Im Vergleich mit der V. saphena magna sind die Klappenfreiheit und eine erhöhte Blutdruckresistenz als Vorteile anzuführen (Verma, 2004). Auch berichtete Cohen über eine bessere Überlebensrate und eine geringere Inzidenz eines perioperativen Myokardinfarktes bei Verwendung der A. radialis im Gegensatz zur V. saphena magna (Cohen, 2001). Auch Zacharias bestätigte dieses Ergebnis. Er fand bezüglich der Mortalität nach einem bypass-chirurgischem Eingriff ein besseres Überleben (0-6 Jahre) bei Verwendung der A. radialis gegenüber der V. saphena magna (92,1% vs 86,8%). Diese Tatsache verstärkte sich noch bei Betrachtung des Überlebens nach drei Jahren (Zacharias, 2004). Im Vergleich mit der RIMA zeigten sich seltener sternale Wundinfektionen und ein geringerer Infusionsbedarf. Die Verweildauer auf der Intensivstation verkürzte sich (Borger, 1998). Die Acht-Jahre-Überlebensrate war ähnlich bei der Verwendung von A. radialis oder RIMA als Bypass (Calafiore, 2002). Bei dem Vergleich mit den Brustwandarterien zeigte sich jedoch ein höherer Atherosklerosegrad der A. radialis zum Zeitpunkt der Entnahme (Kaufer, 1997).

Vor einigen Jahren wurde eine Methode zur endoskopischen A. radialis-Entnahme entwickelt. Am Deutschen Herzzentrum München wurde diese 2004 eingeführt.

Der Vorteil liegt in der geringeren Invasivität. Die Narbe am Handgelenk weist lediglich eine Länge von 3cm auf. Im Gegensatz dazu entsteht bei der offenen Entnahmetechnik eine Narbe von 25-30cm am Unterarm, an einer Stelle, die im Alltag exponiert ist und als störend empfunden werden kann. Es kommt mit der endoskopischen Entnahmetechnik seltener zu Komplikationen wie Hämatomen und Wundinfektionen. In einer von Panel durchgeführten Studie an 200 Patienten (100 endoskopisch, 100 konventionell) traten bei keinem Patienten der endoskopischen Gruppe im Gegensatz zur konventionellen Gruppe Hämatome oder Wundinfektionen auf (0 vs 5, 0 vs 7) (Panel, 2004). Auch in unserer Studie bestätigte sich dieses Ergebnis. In unserer konventionellen Gruppe musste im Gegensatz zu unserer endoskopischen Gruppe bei 4 Patienten die Narbe postoperativ revidiert werden ( $p=0,045$ ). Alle Narben am Entnahmemarm in der endoskopischen Gruppe zeigten sich bei der Nachuntersuchung reizlos. Es werden also exzellente kosmetische Ergebnisse bei der endoskopischen Entnahmetechnik erreicht. Somit steigt die Akzeptanz bei den Patienten. Zur endoskopischen Entnahme der A. radialis werden circa 45 Minuten benötigt (Bleiziffer, 2006). Damit dauert die endoskopische Entnahme länger als die konventionelle (Shapira, 2006, 131). Jedoch kann parallel die Sternotomie und die Entnahme der Brustwandarterie(n) und/oder der V. saphena magna durchgeführt werden. Auch der Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine kann erfolgen. Ein gewisses Training des Entnehmers ist jedoch erforderlich. Etwa 10-12 Durchführungen sind nötig, um die Technik zu erlernen (Bleiziffer, 2006). Die zusätzlichen Materialien, die bei der endoskopischen Entnahmetechnik benötigt werden, bedeuten einen erhöhten Kostenfaktor (ein endoskopisches Entnahme-Set kostet 500€) (Shapira, 2006, 131). Die Ereignisse Mortalität, Myokardinfarkt und Apoplex sind ähnlich oft nach endoskopischer oder konventioneller Entnahme zu finden (Shapira, 2006, 21).

Bei der Entnahme der A. radialis ist aufgrund der anatomischen Nähe zu den beiden Hautnerven N. radialis superficialis und N. cutaneus antebrachii lateralis die Gefahr eines neurologischen Defizits gegeben. Studien bezüglich dieser Problematik berichten über die Häufigkeit von Sensibilitätsminderungen von 0% bis 86%, unabhängig von der Entnahmetechnik.

Folgende Tabelle 12 gibt einen Überblick über einige Studienergebnisse.

Autor	Jahr	Patientenanzahl	Entnahmetechnik	Neurologische Symptomatik	Sensible Störung	Daumenschwäche	Zeitraum des follow-ups
Tatoulis	1998	192	Konventionell	33%	10%	0,5%	5,5 Monate
Denton	2001	560	Konventionell	30%	18%	5,5%	15 Monate
Saeed	2001	127	Konventionell	70%	68%	3%	8 Monate
Greene	2001	338	Konventionell		11%		noch nicht abgeschlossen
Connolly	2002	300	Endoskopisch		9%		1 Monat
Newman	2003	100	Endoskopisch		14%		noch nicht abgeschlossen
Moon	2004	786	Konventionell	11%	11%	3%	12 Monate
Siminelakis	2004	54	Konventionell	34%	34%	7%	16 Monate
Casselmann	2004	54	Endoskopisch		28%		6 Wochen
Miles	2004	50	Endoskopisch		4%		noch nicht abgeschlossen
Shapira	2004	75	Endoskopisch	86%			noch nicht abgeschlossen
Knobloch	2005	211	Konventionell	12%	12%	3%	26 Monate
Ikizler	2005	50	Konventionell	28%	32%	6%	3 Wochen
Yoshizaki	2005	25	Endoskopisch		21%		8 Monate
Shapira	2006	108	Endoskopisch		39%		12 Wochen
	(21)	120	Konventionell		38%		46 Wochen
Dogan	2006	20	Konventionell	0%	0%	0%	3 Monate

**Tabelle 12: Studienergebnisse zum neurologischen Status nach konventioneller und endoskopischer Radialisentnahme**

Die Ursache dieser großen Streuung kann nur in der Qualität der Nachuntersuchung liegen. Einige dieser Studien beruhen hauptsächlich auf einer Beschreibung der Entnahmetechnik und der Sicherheit der A. radialis als Bypass (Tatoulis, 1998; Connolly, 2002; Newman, 2003; Casselman, 2004; Miles, 2004; Shapira, 2004; Yoshizaki, 2005). Die Daten zum neurologischen Status sind dabei meist unzureichend. Die Ergebnisse der Studien, die vor allem die neurologische Symptomatik am Entnahmemarm untersuchen, wurden durch subjektive Patientenberichte (Telefongespräch, Fragebogen oder subjektive Punktevergabe auf einer Skala) (Denton, 2001; Saeed, 2001; Moon, 2004; Knobloch, 2005; Shapira, 2006, 21), durch Elektromyografie (EMG) oder Elektroneurografie (ENG) (Ikizler, 2005; Dogan, 2006) oder durch klinisch-neurologische Untersuchung (Greene, 2001; Siminelakis, 2004) gewonnen.

In unserer Studie kombinierten wir einen Fragebogen (endoskopisch vs konventionell) mit einer detaillierten neurologischen Untersuchung der Patienten, bei denen die A. radialis durch die endoskopische Technik entnommen worden war. Es zeigte sich, dass wir bei allen Patienten, die subjektiv sensible Beschwerden angaben, auch objektiv per Untersuchung diese herausfiltern

konnten. Wir deckten bei drei Patienten motorische Defizite an den Fingern auf (n=2: Abschwächung bei „Fingerspreizen“, n=1: Abschwächung bei „Fingerhakeln“), die von den Patienten im Fragebogen nicht angegeben waren. Somit stellen wir fest, dass sensible Gefühlsminderungen im Gegensatz zu motorischen Defiziten gut durch subjektive Evaluation durch den Patienten erfassbar sind.

Es gibt verschiedene Ansätze für mögliche Ursachen der neurologischen Schädigung. So kann es zu einem sensiblen Defizit im Bereich des N. radialis superficialis und N. cutaneus antebrachii lateralis durch direkte Verletzung der Nerven bei Entnahme kommen. Auch kann ein postoperatives Ödem oder Hämatom eine Schädigung hervorrufen. Weiterhin ist es möglich, dass es nach der Entnahme der A. radialis nur zu einer unzureichenden kompensatorischen Vaskularisierung der Nerven durch Kollateralen der A. ulnaris kommt und somit eine ischämische Neuropathie entsteht. Besonders bei Patienten mit Risikofaktoren (Diabetes mellitus, paVK, Nikotinabusus) kann dieser Mechanismus eine klinische Relevanz haben (Denton, 2001). Jedoch konnte Knobloch in einer an 114 Patienten durchgeführten Studie 2006 zeigen, dass es zwei Jahre postoperativ zu keiner relevanten Reduzierung des Blutflusses am Entnahmemarm gekommen war (Knobloch, 2006). Dogan legte zudem nahe, dass auch mechanische Faktoren wie das Aufspreizen des Thorax, Armabduktion und die Präparation der LIMA Einfluss auf die Sensibilität am Entnahmemarm der A. radialis nehmen können (Dogan, 2006).

In unserer Studie stellten sich verschiedene neurologische Defizite heraus. Die Patientencharakteristika (Geschlecht, Alter, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, paVK, arterieller Hypertonus) in den beiden Gruppen waren ähnlich verteilt. Auch bezüglich des NYHA-Status ergab sich kein Unterschied. Häufiger kam es in der endoskopischen Gruppe zu Sensibilitätsstörungen (64,2% vs 41,5%). Es zeigte sich, wie erwartet, dass es durch die endoskopische Entnahme der A. radialis zu keiner Beeinträchtigung des N. cutaneus antebrachii lateralis gekommen war. Zu diesem Ergebnis waren auch die Gruppen um Casselman (Casselmann, 2004) und um Shapira (Shapira, 2006, 131) gekommen. In unserer Kontrollgruppe, Patienten mit der offenen Entnahmeart, war der N. cutaneus antebrachii lateralis dagegen bei 23% beschädigt ( $p < 0,001$ ). Dieses Ergebnis wird auch durch andere Studien bestätigt. Brodman fand bei 2,6% seiner Patienten einen Tag bis vier Wochen



postoperativ Dysästhesien im Bereich des N. cutaneus antebrachii lateralis (Brodman, 1996). In der endoskopischen Gruppe manifestierte sich jedoch häufiger ein Defizit des N. radialis superficialis. Es fiel uns auf, dass Patienten, bei denen der N. radialis superficialis verletzt worden war, nicht über sensible Störungen im gesamten Innervationsgebiet des N. radialis superficialis berichteten. So gab kein Patient ein sensibles Defizit im Bereich des Mittelfingers an (siehe Abbildung 16). Es war also nicht zum gesamten Ausfall des N. radialis superficialis gekommen, sondern es lag lediglich eine partielle Läsion vor. Die Sensibilitätsstörungen im Bereich des N. radialis superficialis waren signifikant seltener in der konventionellen Vergleichsgruppe zu finden ( $p=0,014$ ). Zu diesem Ergebnis war bisher keine Studiengruppe gekommen. So berichtete Shapira über ein vergleichbares Auftreten eines sensorischen Defizits zwischen endoskopischer und konventioneller Entnahmetechnik. Auch er zeigte jedoch, dass durch die konventionelle Entnahme sowohl der N. cutaneus antebrachii lateralis als auch der N. radialis superficialis beschädigt wurde, und dass im Gegensatz dazu bei der endoskopischen Entnahmetechnik nur der N. radialis superficialis verletzt wurde (Shapira, 2006, 21). Eine mögliche Erklärung des häufigeren Auftretens eines sensiblen Defizits bei der endoskopischen Entnahme liegt in der Technik selbst. Durch einen begrenzten Arbeitskanal kann die Hitze, die durch die Ultraschallschere entsteht, die Gewebetemperatur dramatisch anheben. Dadurch kann es trotz fehlender direkter Verletzung zu einer thermischen Nervenläsion kommen. Im Gegensatz dazu kann bei der offenen Technik die umgebende Raumtemperatur einen kühlenden Effekt ausüben. Eine weitere Ursache könnte in der Art der verwendeten Energie (Elektrokauter oder Ultraschallschere) liegen. In einer 2005 von Onorati durchgeführten Studie ergab sich ein signifikant selteneres Auftreten von neurologischen Defiziten am Entnahmemarm der A. radialis unter Verwendung von Clips und Schere als bei Gebrauch eines Elektrokauters oder einer Ultraschallschere (Onorati, 2005). Getrennt von einem Sensibilitätsverlust des N. radialis superficialis und/oder des N. cutaneus antebrachii lateralis achteten wir auf das Auftreten von Parästhesien in unserer Studie. Dabei war der Anteil von Patienten, die über Parästhesien ohne einem gleichzeitigen sensiblen Defizit berichteten, in der endoskopischen Gruppe signifikant höher als in der konventionellen Gruppe ( $p=0,038$ ). Dies kann möglicherweise auch einer thermischen Schädigung des N. radialis superficialis zugeschrieben werden. Es

existieren nur wenige Studien, die zwischen einem sensiblen Ausfall und Parästhesien unterscheiden. Royse stellte Ergebnisse von 20% für das Auftreten von Parästhesien nach konventioneller Entnahme vor (Royse, 1999). Diese Zahl liegt höher als in unserer konventionellen Gruppe (6%), ist jedoch mit unserer endoskopischen Gruppe (19%) zu vergleichen. Budillon berichtete über das Auftreten von Parästhesien bei 3,7% (10/271) seiner Patienten sechs Monate nach konventioneller Entnahme der A. radialis. Als Risikofaktoren wurden Diabetes mellitus und Nikotinabusus festgestellt (Budillon, 2003). Ikizler stellte in seiner an 50 Patienten durchgeführten Studie fest, dass es trotz früher postoperativer neurologischer Symptome bei 32% der Patienten zu keinem statistisch signifikanten Unterschied der Nervenleitgeschwindigkeit im Vergleich zum präoperativen Zustand gekommen war. Am häufigsten war eine Parästhesie und eine Taubheit des Daumens zu finden, die sich im weiteren postoperativen Verlauf besserten. Zudem waren die neurologischen Symptome in 69% mit Diabetes und in 44% mit dem Metabolischen Syndrom assoziiert (Ikizler, 2005). Das Auftreten von Sensibilitätsstörungen im Zusammenhang mit Risikofaktoren wie Hyperlipidämie, Diabetes mellitus, Nikotinabusus, paVK und arterielle Hypertonie bestätigte sich jedoch nicht in unserer Studie. Möglicherweise ist unser Patientenkollektiv zu klein, um einen Einfluss feststellen zu können.

Um einen detaillierten neurologischen Befund des Entnahmearms erheben zu können, untersuchten wir die endoskopische Gruppe. Kein Patient zeigte eine Einschränkung in den durchgeführten monosynaptischen Eigenreflexen. Bei der Prüfung der Kraft stellte sich bei drei Patienten eine Reduzierung der Finger- oder Daumenkraft heraus. Möglicherweise ist diese Tatsache auf eine thermische oder ischämische Läsion von Seitenästen des N. medianus zurückzuführen. Bei den Tests bezüglich der Sensibilität ergab sich keine Einschränkung der Propriozeption, geprüft durch das Vibrationsempfinden. Bei Patienten, die über ein sensibles Defizit berichteten, zeigte sich, dass es zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Empfindungen Schmerz, Temperatur, Berührung und Zwei-Punkte-Diskrimination gekommen war (siehe Tabelle 8).

Zudem fanden wir bei zwei Patienten (n=1 endoskopisch, n=1 konventionell) Läsionen des N. ulnaris. Eine mögliche Ursache kann die Kompression des Nerven während der Abduktion des Entnahmearms intraoperativ darstellen. Daher

ist Vorsicht bei der Lagerung des Armes gegeben, um den Sulcus ulnaris nicht einzuengen.

In unserer Studie untersuchten wir die Patienten ein Jahr postoperativ. Wir überprüften jedoch nicht einen möglichen Rückgang der Symptomatik über die Zeit gesehen. Inwieweit bei der Entnahme die Energiequelle eine Rolle für die Entstehung von Sensibilitätsstörungen spielt, ist noch unklar. Genauere Untersuchungen sollten das Auftreten von neurologischen Symptomen nach endoskopischer A. radialis-Entnahme unter Verwendung einer Ultraschallschere versus eines Elektrokauters vergleichen.

Mehrere Studien betrachteten bereits die Offenheitsraten der A. radialis als Bypass. Doch es gibt keinen Konsens in kurz-, mittel- und langzeitigen Nachuntersuchungen. Insbesondere gibt es sehr wenige Studien zur Offenheit nach endoskopischer Entnahme. Wir wollten somit herausfinden, wie sich die Offenheitsrate bei unseren Patienten, bei denen mit der endoskopischen Technik die A. radialis entnommen worden war, verhält.

Die Beurteilung der Offenheit der Bypässe erfolgte in unserer Studie per CT. Mehrere Studien zeigten bereits, dass mit dem CT eine genaue Diagnose gestellt werden kann. So erhielt Pugliese in einer an 35 Patienten mit stabiler AP durchgeführten Studie unter Verwendung eines 64-zeiligen CTs eine Spezifität von 99% und eine Sensitivität von 96%, eine über 50% des Lumens einengende Koronarstenose aufzudecken. Den Vergleichswert stellte eine ebenso durchgeführte Koronarangiografie dar. Alle Patienten oder Koronarsegmente wurden eingeschlossen, und es wurde kein Mindestdurchmesser für Koronararterien aufgestellt. Somit kann man das Ergebnis auf einen wirklichen klinischen Kontext beziehen (Pugliese, 2005). Auch zwei weitere neue Studien zeigten ähnliche, wenn auch schlechtere Ergebnisse. Raff errechnete anhand seiner Untersuchungen Werte für Sensitivität und Spezifität von 86% und 95% (Raff, 2005). Die Studiengruppe um Leber erhielt Zahlen von jeweils 73% und 97% (Leber, 2005). Eine erst 2007 aus dem Deutschen Herzzentrum München veröffentlichte Studie von Meyer erzielte mit jeweils 97% wieder bessere Ergebnisse für Sensitivität und Spezifität (Meyer, 2007).

In der Literatur reichen die Offenheitsraten der A. radialis als Bypass von 51,3% (204/398) nach  $1,6 \pm 1,4$  Jahren (Khot, 2004) bis 99,0% (100/101) nach  $2,9 \pm 2,3$

Jahren (Calafiore, 2002). Man muss beachten, dass die meisten Studien kein prospektives randomisiertes Design aufweisen, und somit ihre Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren sind (Nezic, 2006). So war die Studie von Khot, die eine Offenheit von lediglich 51,3% erzielte, retrospektiv aufgebaut. Nur Patienten mit Symptomen wurden postoperativ angiografiert (Khot, 2004). Dadurch kann die schlechte Offenheitsrate erklärt werden. Weiterhin stellt sich die Frage, ob die A. radialis der V. saphena magna überlegen ist. Eine prospektive randomisierte Studie von Buxton zeigte keine besseren Offenheitsraten und klinischen Ergebnisse nach fünf Jahren bei dem Vergleich der A. radialis (86%) mit der V. saphena magna (95%) bei Verwendung als Bypass für die größte Koronararterie (außer RIVA) (Buxton, 2003). Dagegen stellte sich in einer prospektiven randomisierten Studie von Desai eine geringere Verschlussrate der A. radialis gegenüber der V. saphena magna (8,2% vs 13,6%) nach einem Jahr per Angiografie heraus (Desai, 2004). Zu der gleichen Aussage kommt auch Zacharias (A. radialis 29,3% vs V. saphena magna 41% Verschlussrate nach sechs Jahren) (Zacharias, 2004). Auch eine an 101 Patienten durchgeführte, kürzlich veröffentlichte Studie von Webb ergab bessere Offenheitsraten der A. radialis (95%) gegenüber der V. saphena magna (79%) fünf Jahre postoperativ. Hierbei dienten alle Bypässe zur Überbrückung des Ramus circumflexus bei einer Zielgefäßstenose von über 75% (Webb, 2006). Ein 2006 von Manabe veröffentlichter Artikel beschreibt eine Offenheitsrate der A. radialis von 78,5% bei Verwendung für die RCX und von 74,1% bei Anastomosierung mit der RCA (Manabe, 2006). In unserer Studie erzielten wir ähnliche Ergebnisse. Die perfekte Offenheitsrate der A. radialis betrug 67% (RCX) und 80% (RCA). Die Offenheitsrate aller A. radialis-Bypässe lag bei 78% mit einer perfekten Offenheitsrate von 72%.

In unserer Studie untersuchten wir ein Jahr postoperativ 50 Patienten, bei denen mit der endoskopischen Technik die A. radialis entnommen worden war, bezüglich der Offenheit dieser Bypässe. Dazu existieren, soweit bekannt, fast nur Studien, die über frühe postoperative Ergebnisse berichten. So berichtet Miles in einer an 50 Patienten mit endoskopischer Entnahme der A. radialis durchgeführten Studie, dass kein Patient 30 Tage postoperativ über AP-Beschwerden klagte (Miles, 2004). Jedoch ist es sehr fraglich, ob man von einer nicht vorhandenen Symptomatik auf Offenheit schließen kann. Yoshizaki führte

bei fünf Patienten mit endoskopischer A. radialis-Entnahme eine Angiografie 8 Monate postoperativ durch. Alle Bypässe stellten sich offen dar (Yoshizaki, 2005). Auch an einer an 15 Patienten von Massetti durchgeführten Studie zeigten sich in der postoperativen Angiografie alle Bypässe offen (Massetti, 2002).

Einen Überblick über verschiedene Studien zu Offenheitsraten gibt folgende Tabelle 13.

Autor	Jahr	A.radialis-Anzahl	Entnahmetechnik	Offenheitsrate	Zeitraum des follow-ups
Acar	1992	56	Konventionell	100%	<2 Wochen
Calafiore	1994	17	Konventionell	94%	9,5 Monate
Chen	1996	94	Konventionell	96%	Postoperativ
Da Costa	1996	61	Konventionell	97%	Postoperativ
		12	Konventionell	100%	8,7 Monate
Brodman	1996	60	Konventionell	96%	12 Wochen
Acar	1998	64	Konventionell	83%	5,6±1,4 Jahre
Buxton	1998	35	Konventionell	94%	12 Monate
Possati	1998	62	Konventionell	87%	4,9±0,5 Jahre
Tatoulis	1998	22	Konventionell	91%	4,2 Monate
Royse	2000	226	Konventionell	90%	13 Monate
Iaco	2001	89	Konventionell	99%	90 Tage
		91	Konventionell	96%	4,0±2,3 Jahre
Moran	2001	114	Konventionell	80%	30,1±12,6 Monate
Calafiore	2002	101	Konventionell	99%	2,9±2,3 Jahre
Massetti	2002	15	Endoskopisch	100%	Postoperativ
Tatoulis	2002	280	Konventionell	90%	1,2±0,9 Jahre
		369	Konventionell	90%	5 Jahre
Buxton	2003	39 (<70Jahre)	Konventionell	95%	5 Jahre
		24 (≥70 Jahre)	Konventionell	86%	5 Jahre
Possati	2003	84	Konventionell	88%	8,8±0,8 Jahre
Casselmann	2004	54	Endoskopisch	96%	6 Wochen
Desai	2004	440	Konventionell	92%	1 Jahr
Khot	2004	398	Konventionell	51%	1,6±1,4 Jahre
Tatoulis	2004	177	Konventionell	96%	1 Jahr
		177	Konventionell	89%	4 Jahre
Zacharias	2004	157	Konventionell	71%	6 Jahre
Yoshizaki	2005	5	Endoskopisch	100%	8 Monate
Manabe	2006	RCX: 1013	Konventionell	79%	
		RCA: 641	Konventionell	74%	
Webb	2006		Konventionell	95%	5 Jahre

**Tabelle 13: Studienergebnisse zu postoperativen Offenheitsraten der A. radialis**

In unserer Studie ergab sich lediglich eine perfekte Offenheitsrate in der endoskopischen Gruppe von 72% (36/50). Um einen Vergleich mit der konventionellen Entnahmetechnik aufstellen zu können, evaluierten wir 50 vergleichbare Patienten aus diesem Kollektiv. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich der Offenheitsrate der A. radialis zwischen der

endoskopischen und konventionellen Entnahmetechnik (72% vs 74%,  $p=0,822$ ). Die Patientencharakteristika (Geschlecht, Alter, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, paVK, arterieller Hypertonus) in den beiden Gruppen waren ähnlich verteilt. Die Ergebnisse zu Fluss, Pulsatilitätsindex, Zielgefäßstenose, zusätzliche Eingriffe und Noradrenalinapplikation waren nicht signifikant unterschiedlich in den Gruppen. Die Offenheit der A. radialis-Bypässe war also nicht von der Entnahmetechnik abhängig. Eventuell spielt die Energiequelle auch hier eine Rolle. Onorati stellte fest, dass bessere Werte des Flusses und des Pulsatilitätsindex unter Anwendung der Ultraschallschere im Gegensatz zum Elektrokauter gemessen werden können (Onorati, 2005). Dagegen konnten sowohl Cikirikcioglu (Cikirikcioglu, 2001) als auch Shapira (Shapira, 2006, 131) bei der Untersuchung der Vasoreaktivität und der Endothelfunktion keinen Unterschied zwischen den beiden Techniken finden.

Trotz allem hatten wir bessere Offenheitsraten erwartet. Das veranlasste uns, Einflussfaktoren herauszufiltern. Personelle Faktoren (Entnehmer des A. radialis-Bypasses, Operateur) sowie die Lernkurve zeigten keine Abhängigkeit, da bei den ersten 20 Bypässen sich lediglich einer verschlossen darstellte. Auch Geschlecht und Alter der Patienten nahmen keinen Einfluss auf die Offenheit. Dagegen hatte Khot in seiner Studie einen negativen Zusammenhang des weiblichen Geschlechtes mit der Offenheit der A. radialis festgestellt (Khot, 2004). Möglicherweise ist unser Anteil weiblicher Patienten am Patientenkollektiv ( $n=6/50$  endoskopisch,  $n=8/50$  konventionell) zu gering, um zur gleichen Aussage zu gelangen. Bei einem Bypass trat ein sichtbarer Spasmus intraoperativ auf, doch stellte sich dieser in der Nachuntersuchung offen dar. Die intraoperativ gewonnenen Daten zum Fluss und Pulsatilitätsindex der A. radialis schienen bei den offenen Bypässen besser zu sein. Dieser Unterschied erwies sich aber nicht als statistisch signifikant. Wir konnten keinen PI-Grenzwert festsetzen, um einen Bypassverschluss zu prognostizieren. Bei einer Flussmessung  $<55\text{ml}/\text{min}$  war der Bypass anfälliger für einen Verschluss ( $p=0,007$ ).

Zur Vasospasmusprophylaxe stehen prinzipiell Phosphodiesteraseinhibitoren, Calciumkanal-Antagonisten und  $\alpha$ -Rezeptor-Antagonisten zur Verfügung (Mussa, 2005). Das intraoperativ verabreichte Diltiazem und das postoperativ verschriebene Amlodipin zeigen beide eine antagonistische Wirkung an Calcium-Kanälen. Durch die Blockade des Calciumeinstromes unter anderem bei der

glatten Gefäßmuskulatur kommt es zur Dilatation der Gefäße. Zudem zeigen einige Calcium-Antagonisten, darunter Diltiazem, eine bei der KHK positive Wirkung auf das Arbeitsmyokard und die Erregungsbildung und -leitung. Sie wirken negativ ino-, chrono- und dromotrop (Karow, 2006). Mögliche Nachteile des Diltiazems liegen in der hämodynamischen Instabilität durch Bradykardie, AV-Block und Hypotension (Mussa, 2005). Calciumkanal-Antagonisten zeigen einen guten Effekt gegen das Problem des Vasospasmus der A. radialis, wie bereits beschrieben wurde (He, 2000). Zu bevorzugen sind Dihydropyridinderivate wie Nifedipin und Amlodipin aufgrund ihrer potenten Wirkung. Wir empfehlen somit die Einnahme von Amlodipin für mindestens drei Monate postoperativ. In unserer Studie zeigte die Dauer der Einnahme für drei Monate oder für ein Jahr keinen Einfluss auf die Offenheitsrate.

Chamiot-Clerc berichtete über eine vermehrte Neigung der A. radialis zur Vasokonstriktion unter Gabe von Noradrenalin (Chamiot-Clerc, 1998). Auch Chardigny berichtete über diesen Zusammenhang (Chardigny, 1993). In unserer Studie ergab sich jedoch kein Einfluss der postoperativen NA-Gabe auf die Offenheit der A. radialis.

Zudem konnten wir keine Abhängigkeit der Offenheitsrate von den Faktoren Diabetes mellitus, Hyperlipidämie, Nikotinabusus, paVK und präoperative EF feststellen. Dagegen hatte Desai einen Einfluss von Diabetes mellitus, paVK und Durchmesser des Zielgefäßes, den wir jedoch nicht bestimmt hatten, auf die Offenheit der A. radialis gefunden (Desai, 2007). Jedoch war die Inzidenz dieser Risikofaktoren in unserem Kollektiv relativ gering, und ein Zusammenhang könnte somit von der geringen Zahl verdeckt sein (siehe Tabelle 11). Auch das koronare Zielgebiet der A. radialis zeigte keinen Einfluss auf die Offenheit. Dieses Ergebnis konnten ebenso Tatoulis (Tatoulis, 2004) und Possati (Possati, 2003) belegen. Jedoch berichtete Royse über eine schlechtere Offenheitsrate bei der Verwendung der A. radialis für die Überbrückung der RCA (Royse, 2000). Auch Maniar stellte dies fest (Maniar, 2002). In unserem Patientenkollektiv war die Offenheit bei Verwendung der A. radialis für die RCA (80%) jedoch besser als bei Verwendung für die RCX (67%).

Als einziger Parameter nahm in unserer Studie der Grad der Zielgefäßstenose signifikant Einfluss auf die Offenheit des A. radialis-Bypasses ein Jahr postoperativ (siehe Tabelle 11). Bei einer Zielgefäßstenose von  $\geq 90\%$  betrug die

perfekte Offenheitsrate 90,3% (28/31). Dagegen stellten sich bei einer Zielgefäßstenose <90% nur 42% (8/19) der A. radialis-Bypässe offen dar. Anscheinend fördert ein gleichzeitiger kompetitiver koronarer Fluss die Okklusion des A. radialis-Bypasses. Auch in unserer retrospektiven Kontrollgruppe konnten wir diese Beziehung erkennen. Bei einer Zielgefäßstenose  $\geq 90\%$  betrug die perfekte Offenheitsrate der konventionell entnommenen A. radialis-Bypässe 92% (22/24), im Gegensatz dazu zeigten sich bei einer Zielgefäßstenose <90% lediglich 58% (15/26) der Bypässe offen ( $p=0,006$ ). Dieser Befund war sehr ausgeprägt in unserer Studie. Auch Desai hatte schon einen Zusammenhang zwischen der Okklusionsrate der A. radialis und einem kompetitiven Fluss vermutet. Er spekulierte, dass eine progressive autoregulierende adaptive Verengung des A. radialis-Bypasses in Gegenwart eines kompetitiven Flusses zu einem Verschluss des Bypasses führen kann (Desai, 2007). So hatte auch Royse eine 70prozentige koronare Stenose als Grenzpunkt deklariert. Unter dieser Marke zeigte sich die Offenheitsrate der A. radialis signifikant reduziert (Royse, 2000). Ähnlich unseren Ergebnissen fand Desai eine signifikant niedrigere Offenheitsrate bei einer Zielgefäßstenose <90% (Desai, 2004) und empfiehlt somit die Verwendung der A. radialis für hochstenotische Zielgefäße ( $\geq 90\%$ ), um bessere Offenheitsraten zu erzielen (Desai, 2007). Auch andere Studiengruppen hatten über einen Zusammenhang zwischen der Offenheitsrate und der Zielgefäßstenose berichtet (Moran, 2001; Maniar, 2002; Possati, 2003; Tatoulis, 2004).

Glücklicherweise zeigten sich die meisten Patienten, bei denen der A. radialis-Bypass verschlossen war, beschwerdefrei (11/14). Man kann also nicht von Symptommfreiheit auf einen offenen A. radialis-Bypass schließen. Die Rate der asymptomatischen Okklusion scheint hoch zu sein.

Die Offenheitsraten des LIMA-Bypasses (98%, 47/48) und des RIMA-Bypasses (86%, 12/14) waren zufriedenstellend. Dagegen stellten sich nur 69% (11/16) der Venenbypässe offen dar, weniger als erwartet. Dies lässt sich vielleicht auf die Tatsache zurückführen, dass wir die V. saphena magna nur als Bypass der dritten Wahl nach der LIMA und der RIMA oder A. radialis benutzt haben.

In unserer Studie untersuchten wir ein Jahr postoperativ 50 Patienten mit endoskopischer A. radialis-Entnahme konsekutiv nach. Die Daten zu unserer Kontrollgruppe repräsentieren jedoch Ergebnisse, die wir retrospektiv aus unserer



Datenbank gewonnen haben. Um die Überlegenheit einer Technik sichern oder verwerfen zu können, sind prospektive Daten notwendig. Zukünftige Studien sollten dies bedenken. Bei der Beurteilung der Offenheit der Bypässe per Computertomografie ist aufgrund der Auflösung keine Unterscheidung zwischen einem kompletten Verschluss des Grafts und einem funktionellen Verschluss mit einem minimalen Residualfluss möglich. Zudem wurde die Zielgefäßstenose visuell eingeschätzt und unterliegt damit der subjektiven Beurteilung des jeweiligen Untersuchers. Da unsere Studie lediglich 50 Patienten eingeschlossen hat, werden nur große Effekte sichtbar. Die Patientenzahl sollte in zukünftigen Studien höher angesetzt werden, um auch geringfügige Effekte und Zusammenhänge sichtbar machen zu können.

Zusammenfassend haben wir gezeigt, dass Sensibilitätsstörungen häufiger nach endoskopischer als nach konventioneller Entnahme der A. radialis auftreten. Diese stellten sich als Parästhesien und Schädigungen des N. radialis superficialis dar. Die jeweiligen Offenheitsraten der Bypässe ein Jahr postoperativ sind vergleichbar (endoskopisch: 72% vs konventionell: 74%). Als einziger unabhängiger Risikofaktor für den Graftverschluss konnte der Grad der Zielgefäßstenose ermittelt werden. Wegen der sehr guten kosmetischen Ergebnisse bei weniger Wundkomplikationen und einer annehmbaren Anzahl von neurologisch-symptomfreien Patienten empfehlen wir die endoskopische Technik als Methode der Wahl zur Entnahme der A. radialis.

## 7 Zusammenfassung

Aufgrund der vielen Vorteile (Länge, Durchmesser, einfache Handhabung, kaum Kontraindikationen) ist die Verwendung der Arteria radialis neben den Brustwandarterien als Bypass sehr geeignet. Die anfänglich hohe Rate von Vasospasmen konnte durch gezielte medikamentöse Therapie reduziert werden. In der vorliegenden Dissertation wurde untersucht, inwieweit die endoskopische Entnahmetechnik Einfluss auf neurologische Komplikationen des Entnahmemannes und auf die Offenheit der Radialisbypässe nimmt. Die Vorteile der endoskopischen Arteria radialis-Entnahme liegen in einer sehr viel kleineren Narbe, selteneren Komplikationen wie Hämatomen und Wundinfektionen und damit exzellenten kosmetischen Ergebnissen, die die Akzeptanz bei den Patienten erhöhen.

Es konnte gezeigt werden, dass Sensibilitätsstörungen häufiger nach endoskopischer Entnahme der Arteria radialis auftreten. Sie stellen sich in Form von Parästhesien und partiellen Läsionen im Bereich des Nervus radialis superficialis dar. Der Nervus cutaneus antebrachii lateralis weist nur nach konventioneller Arteria radialis-Entnahme eine Schädigung auf. Bei der genaueren Untersuchung der Sensibilitätsqualitäten stellten wir fest, dass die Zwei-Punkte-Diskrimination und das Schmerz-, Temperatur- und Berührungsempfinden beeinträchtigt waren. Das Vibrationsempfinden blieb uneingeschränkt. Zudem fanden wir heraus, dass motorische Defizite nur durch objektive Beurteilung aufgedeckt werden können. Mögliche persistierende neurologische Symptome sollten in der Operationsaufklärung der Patienten eingebunden werden.

Die Entnahmetechnik nimmt keinen Einfluss auf die Offenheit der Arteria radialis als Bypass. Wir zeigten, dass die Offenheitsraten nach endoskopischer und konventioneller Entnahme statistisch nicht unterschiedlich waren. Die Auswahl des Zielgefäßes muss sorgfältig erfolgen, da demonstriert werden konnte, dass bei einer hochgradigen Zielgefäßstenose von  $\geq 90\%$  signifikant bessere Offenheitsraten zu erwarten sind. Wir stellten keine weiteren signifikanten Einflussfaktoren auf die Offenheit fest. Wir fanden außerdem heraus, dass man von Symptomfreiheit nicht auf einen offenen Bypass schließen kann.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass die endoskopische Entnahmetechnik der Arteria radialis zu mit der konventionellen Entnahmetechnik vergleichbaren Offenheitsraten führt, jedoch häufiger Sensibilitätsstörungen am Entnahmearm zu erwarten sind. Da eine annehmbare Anzahl der Patienten neurologisch völlig symptomfrei war, und die hervorragenden kosmetischen Ergebnisse bei weniger Wundkomplikationen eindeutige Vorteile für die Patienten bieten, sehen wir die endoskopische Technik als Methode der Wahl für die Entnahme der Arteria radialis an.

## **V Literaturverzeichnis**

**Abu-Omar, Y., Mussa, S., Anastasiadis, K., Steels, S., Hands, L., Taggart, D.P.**

Duplex ultrasonography predicts safety of radial artery harvest in the presence of an abnormal Allen test.

Ann Thorac Surg, 2004, 77: 116-9

**Acar, C., Jebara, V.A., Portoghese, M., Beyssen, B., Pagny, J.Y., Grare, P., Chachques, J.C., Fabiani, J.N., Deloche, A., Guermontprez, J.L.**

Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting.

Ann Thorac Surg, 1992; 54 (4): 652-9; discussion 659-60

**Acar, C., Ramsheyi, A., Pagny, J.Y., Jebara, V., Barrier, P., Fabiani, J.N., Deloche, A., Guermontprez, J.L., Carpentier, A.**

The radial artery for coronary artery bypass grafting: clinical and angiographic results at five years.

J Thorac Cardiovasc Surg, 1998; 116(6): 981-9

**Bartel, Th., Erbel, R.**

Regionale und globale Funktion des linken Ventrikels bei koronarer Herzkrankheit

In: „Praxis der Echokardiographie“, Flachskampf, F.A.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2002, 1.Auflage, 153-73

**Berchtold, R., Bruch, H.P., Trentz, O.**

„Chirurgie“

Elsevier, Urban & Fischer Verlag, Jena, 2006, 5.Auflage, 669-71

**Bleese, N.**

Herz

In: „Kurzlehrbuch Chirurgie“, Schumpelick, V., Bleese, N., Mommsen, U.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2006, 7.Auflage, 424-7

**Bleiziffer, S.**

Leitlinien des DHZ: Radialisentnahme  
2005

**Bleiziffer, S., Libera, P., Lange, R.**

Endoscopic Radial Artery Harvesting Through a Single Incision.  
Thorac Cardiovasc Surg, 2006; 54(3): 208-9

**Böhle, A.**

Herzchirurgie

In: „Chirurgie“, Henne-Bruns, D., Dürig, M., Kremer, B.  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, 2.Auflage, 987-91

**Borger, M.A., Cohen, G., Buth, K.J., Rao, V., Bozinovski, J., Liaghati-Nasseri, N., Mallidi, H., Feder-Elituv, R., Sever J., Christakis, G.T., Bhatnagar, G., Goldman, B.S., Cohen, E.A., Fremes, S.E.**

Multiple arterial grafts. Radial versus right internal thoracic arteries.  
Circulation, 1998; 98(suppl): II7-13; discussion II13-4

**Brodman, R.F., Frame, R., Camacho, M., Hu, E., Chen, A., Hollinger, I.**

Routine use of unilateral and bilateral radial arteries for coronary artery bypass graft surgery.  
J Am Coll Cardiol, 1996; 28: 959-63

**Budillon, A.M., Nicolini, F., Agostinelli, A., Beghi, C., Pavesi, G., Fragnito, C., Busi, M., Gherli, T.**

Complications after radial artery harvesting for coronary artery bypass grafting: our experience.  
Surgery, 2003; 133: 283-7

**Buxton, B.F., Fuller, J.A., Tatoulis, J.**

Evolution of complete arterial grafting for coronary artery disease.  
Tex Heart Inst J, 1998; 25: 17-23

**Buxton, B.F., Raman, J.S., Ruengsakulrach, P., Gordon, I., Rosalion, A., Bellomo, R., Horrigan, M., Hare, D.L.**

Radial artery patency and clinical outcomes: five-year interim results of a randomized trial.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2003; 125: 1363-7

**Calafiore, A.M., Di Giammarco, G., Luciani, N., Maddestra, N., Di Nardo, E., Angelini, R.**

Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization.

Ann Thorac Surg, 1994; 58: 185-90

**Calafiore, A.M., Die Mauro, M., D'Alessandro, S., Teodori, G., Vitolla, G., Contini, M., Iaco, A.L., Spira, G.**

Revascularization of the lateral wall: long-term angiographic and clinical results of radial artery versus right internal thoracic artery grafting.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2002; 123: 225-31

**Captur, G.**

Memento for René Favaloro.

Tex Heart Inst J, 2004; 31: 47-60

**Carpentier, A., Guermontprez, J.L., 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; 16(2): 111-21

**Casselmann, F.P., La Meir, M., Cammu, G., Wellens, F., De Geest, R., Degrieck, I., Van Praet, F., Vermeulen, Y., Vanermen, H.**

Initial experience with an endoscopic radial artery harvesting technique.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2004; 128: 463-6

**Chamiot-Clerc, P., Copie, X., Renaud, J.F., Safar, M., Girerd, X.**

Comparative reactivity and mechanical properties of human isolated internal mammary and radial arteries.

Cardiovasc Res, 1998; 37: 811-9

**Chen, A.H., Nakao, T., Brodman, R.F., Greenberg, M., Charney, R.,  
Menegus, M., Johnson, M., Grose, R., Frame, R., Hu, E.C., Choi, H.K.,  
Safyer, S.**

Early postoperative angiographic assessment of radial artery grafts used for coronary artery bypass grafting.

J Thoracic Cardiovasc Surg, 1996; 111(6): 1208-12

**Chardigny, C., Jebara, V.A., Acar, C., Descombes, J.J., Verbeuren, T.J.,  
Carpentier, A., Fabiani, J.N.**

Vasoreactivity of the radial artery. Comparison with the internal mammary and gastroepiploic arteries with implications for coronary artery surgery.

Circulation, 1993; 88(5 Pt 2): III115-27

**Cikirikcioglu, M., Yasa, M., Kerry, Z., Posacioglu, H., Boga, M., Yagdi, T.,  
Topcuoglu, N., Buket, S., Hamulu, A.**

The effects of the Harmonic Scalpel on the vasoreactivity and endothelial integrity of the radial artery: a comparison of two different techniques.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2001; 122: 624-6

**Cohen, G., Tamariz, M.G., Sever, J.Y., Liaghati, N., Guru, V., Christakis,  
G.T., Bhatnagar, G., Cutrara, C., Abouzhar, L., Goldman, B.S., Fremes, S.E.**

The radial artery versus the saphenous vein graft in contemporary CABG: a case-matched study.

Ann Thorac Surg, 2001; 71(1): 180-5; discussion 185-6

**Connolly, M.W., Torrillo, L.D., Stauder, M.J., Patel, N.U., McCabe, J.C.,  
Loulmet, D.F., Subramanian, V.A.**

Endoscopic radial artery harvesting: result of first 300 patients.

Ann Thorac Surg, 2002; 74: 502-5; Diskussion 506

**Da Costa, F.D., Da Costa, I.E., Poffo, R., Abuchaim, D., Gaspar, R., Garcia, L., Faraco, D.L.**

Myocardial revascularization with the radial artery: a clinical and angiographic study.

Ann Thorac Surg, 1996; 62(2): 475-9; discussion 479-80

**Denton, T.A., Trento, L., Cohen, M., Kass, R.M., Blanche, C., Raissi, S., Cheng, W., Fontana, G.P., Trento, A.**

Radial artery harvesting for coronary bypass operations: neurologic complications and their potential mechanisms.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2001; 121: 951-6

**Desai, N.D., Cohen, E.A., Naylor, C.D., Froles, S.E.**

A randomized comparison of radial-artery and saphenous-vein coronary bypass grafts.

N Engl J Med, 2004; 351: 2302-9

**Desai, N.D., Naylor, C.D., Kiss, A., Cohen, E.A., Feder-Elituv, R., Miwa, S., Radhakrishnan, S., Dubbin, J., Schwartz, L., Froles, S.E.**

Impact of patient and target-vessel characteristics on arterial and venous bypass graft patency: insight from a randomized trial.

Circulation, 2007; 115: 684-91

**Dogan, O.V., Duzgun, C., Ozeren, M., Alanoglu, E., Dogan, S., Simsek, E., Yucel, E.**

Subclinical injury to forearm nerves during radial artery harvesting: electrophysiologic study.

J Card Surg, 2006; 21: 151-4

**Fazel, S., Mallidi, H.R., Pelletier, M.P., Sever, J.Y., Christakis, G.T., Goldman, B.S., Froles, S.E.**

Radial artery use is safe in patients with moderate to severe left ventricular dysfunction.

Ann Thorac Surg, 2003; 75(5): 1414-21



**Fisk, R.L., Brooks, C.H., Callaghan, J.C., Dvorkin, J.**

Experience with the radial artery graft for coronary artery bypass grafting.

Ann Thorac Surg, 1976; 21(6): 513-8

**Flachskampf, F.A.**

Kursbuch Echokardiografie

Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2.Auflage, 2004, 52-4, 82-9

**Fremes, S.E., Christakis, G.T., Del Rizzo, D.F., Musiani, A., Mallidi, H.,  
Goldman, B.S.**

The technique of radial artery bypass grafting and early clinical results.

J Card Surg, 1995; 10(5): 537-44

**Galloway, A.C., Sharony, R., Schwartz, C.F., Sauders, P.C., Grossi, E.A.,  
Colvin, S.B.**

Acquired Heart Disease

In "Schwartz's Principles of Surgery", Brunicaudi, F.C., Andersen, D.K., Billiar, T.R., Dunn, D.L., Hunter, J.G., Pollock, R.E.

New York, McGraw-Hill Publ. Comp., 2005, 8. Edition, 652-7

**Gaudino, M., Glieca, F., Luciani, N., Losasso, G., Tondi, P., Serricchio, M.,  
Pola, P., Possati, G.**

Ten-year Echo-Doppler evaluation of forearm circulation following radial artery removal for coronary artery bypass grafting.

Eur J Cardiothorac Surg, 2006; 29: 71-3

**Geist, V.**

Bestrahlungstherapie am Herzen (2001)

<http://www.innere2.mu-luebeck.de/Patienten/brachy.htm>

Stand: 22.07.2007

**Gleixner, C., Müller, M., Wirth, S.**

Neurologie und Psychiatrie für Studium und Praxis

Medizinische Verlags- und Informationsdienste, Breisach, 2006/07, 5.Auflage, 8-9, 15-7

**Greene, M.A., Malias, M.A.**

Arm complications after radial artery procurement for coronary bypass operation.

Ann Thorac Surg, 2001; 72: 126-8

**Hach-Wunderle, V.**

Gefäße

In: "Basislehrbuch Innere Medizin"; Renz-Polster, H., Krautzig, S., Braun, J.

Urban&Fischer Verlag, München, 2004, 3.Auflage, 201

**He, G.W., Yang, C.Q.**

Comparative study on calcium channel antagonists in the human radial artery: clinical implications.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2000; 119: 94-100

**Herold, G.**

Innere Medizin

Köln, 2005, 198-219

**Iaco, A.L., Teodori, G., Di Giammarco, G., Di Mauro, M., Storto, L., Mazzei, V., Vitolla, G., Mostafa, B., Calafiore, A.M.**

Radial artery for myocardial revascularization: long-term clinical and angiographic results.

Ann Thorac Surg, 2001; 72(2): 464-8, discussion: 468-9

**Ikizler, M., Ozkan, S., Dernek, S., Ozdemir, C., Erdinc, O.O., Sevin, B., Ozdemir, G., Kural, T.**

Does radial artery harvesting for coronary revascularization cause neurological injury in the forearm and hand?

Eur J Cardiothorac Surg, 2005; 28: 420-4

**Junqueira, L.C.U., Carneiro, J., Gratzl, M.**

“Histologie”

Springer Verlag, Heidelberg, 2005, 6.Auflage, 167-9

**Karow, T., Lang-Roth, R.**

“Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie”

Köln, 2006, 14.Auflage, 125-35

**Kaufer, E., Factor, S.M., Frame, R., Brodman, R.F.**

Pathology of the radial and internal thoracic arteries used as coronary artery bypass grafts.

Ann Thorac Surg, 1997; 63(4): 1118-22

**Khot, U.N., Friedman, D.T., Pettersson, G. Smedira, N.G., Li, J., Ellis, S.G.**

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; 109: 2086-91

**Knobloch, K., Lichtenberg, A., Tomaszek, S., Hagl, C., Khaladj, N., Klima, U., Haverich, A.**

Long-term physical activity and neurologic function after harvesting of the radial artery as T-graft or free graft in coronary revascularization.

Ann Thorac Surg, 2005; 80: 918-21

**Knobloch, K., Tomaszek, S., Lichtenberg, A., Karck, M., Haverich, A.**

Long-term palmar microcirculation after radial artery harvesting: an observational study.

Ann Thorac Surg, 2006; 81: 1700-7

**Kühnel, W.**

„Taschenatlas der Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie“

Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2002, 11. Auflage, 201

**Kurowski, V.**

Diagnostik bei Herzerkrankungen

In: "Basislehrbuch Innere Medizin"; Renz-Polster, H., Krautzig, S., Braun, J.  
Elsevier, Urban&Fischer Verlag, München, 2004, 3.Auflage, 50-8

**Lange, R.**

Herzchirurgie

In: „Chirurgie“, Siewert, J.R.

Springer Verlag, Heidelberg, 2006, 8. Auflage, 366-72

**Leber, A.W., Knez, A., von Ziegler, F., Becker, A., Nikolaou, K., Paul, S.,  
Wintersperger, B., Reiser, M., Becker, C.R., Steinbeck, G., Boekstegers, P.**

Quantification of obstructive and non-obstructive coronary lesions by 64-slice  
computed tomography: a comparative study with quantitative coronary  
angiography and intravascular ultrasound.

J Am Coll Cardiol, 2005; 46: 147-54

**Lippert, H.**

“Lehrbuch Anatomie”

Elsevier, Urban&Fischer Verlag, Jena, 2006, 7.Auflage, 239-43, 754-67

**Manabe, S., Sunamori, M.**

Radial artery graft for coronary artery bypass surgery: biological characteristics  
and clinical outcome.

J Card Surg, 2006; 21: 102-14; 115

**Maniar, H.S., Sundt, T.M., Barner, H.B., Prasad, S.M., Peterson, L., Absi, T.,  
Moustakidis, P.**

Effect of target stenosis and location on radial artery graft patency.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2002; 123(1): 45-52

**Masseti, M., Babatasi, G., Bruno, P., Le Page, O., Neri, E., Nataf, P., Gerard, J.L., Klorianhayat, A.**

Less invasive radial artery harvest.

Heart Surg Forum, 2002; 5 Suppl 4: S392-7

**Mensah, J.N.**

An unexpected complication after harvesting of the radial artery for coronary artery bypass grafting.

Ann Thorac Surg, 1998; 66: 929-31

**Meyer, T.S., Martinoff, S., Hadamitzky, M., Will, A., Kastrati, A., Schömig, A., Hausleiter, J.**

Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population.

J Am Coll Cardiol, 2007; 49 (9): 946-50

**Miles, R.H., Kollpainter, R.E., Riveron, F.A., Johnkoski, J.A.**

The pneumatic tourniquet technique for endoscopic radial artery harvest.

J Card Surg, 2004; 19: 495-8

**Modine, T., Al-Ruzzeh, S., Mazrani, W., Azeem, F., Bustami, M., Ilsley, C., Amrani, M.**

Use of radial artery graft reduces the morbidity of coronary artery bypass graft surgery in patients aged 65 years and older.

Ann Thorac Surg, 2002; 74(4): 1144-7

**Moon, M.R., Barner, H.B., Bailey, M.S., Lawton, J.S., Moazami, N., Pasque, M.K., Damiano, R.J., Jr.**

Long-term neurologic hand complications after radial artery harvesting using conventional cold and harmonic scalpel techniques.

Ann Thorac Surg, 2004; 78: 535-8; discussion 535-8

**Moran, S.V., Baeza, R., Guarda, E., Zalaquett, R., Irarrazaval, M.J., Marchant, E., Deck, C.**

Predictors of radial artery patency for coronary bypass operations.

Ann Thorac Surg, 2001; 72(5): 1552-6

**Mussa, S., Choudhary, B.P., Taggart, D.P.**

Radial artery conduits for coronary artery bypass grafting: Current perspective.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2005, 129: 250-3

**Neciz, D.G., Knezevic, A.M., Milojevic, P.S., Dukanovic, B.P., Jovic, M.D., Borzanovic, M.D., Neskovic, A.N.**

The fate of the radial artery conduit in coronary artery bypass grafting surgery.

Eur J Cardiothorac Surg, 2006; 30(2): 341-6

**Newman, R.V., Lammle, W.G.**

Radial artery harvest using endoscopic techniques.

Heart Surg Forum, 2003; 6: E194-5

**Onorati, F., De Feo, M., Cristodoro, L., Esposito, A., Perrotti, A., Mastroberto, P., Renzulli, A., Cotrufo, M.**

Can harvesting techniques modify postoperative results of the radial artery conduit?

Ital Heart J., 2005; 6: 911-6

**Panel, A.N., Henry, A.C., Hunnicutt, C., Cockerham, C.A., Willey, B., Urschel, J., Harold, C.**

Endoscopic radial artery harvesting is better than the open technique.

Ann Thorac Surg, 2004; 78: 149-53

**Possati, G. Gaudino, M., Alessandrini, F., Luciani, N., Glieda, F., Trani, C., Cellini, C., Canosa, C., Di Sciascio, G.**

Midterm clinical and angiographic results of radial artery grafts used for myocardial revascularization.

J Thorac Cardiovasc Surg, 1998; 116(6): 1015-21

**Possati, G., Gaudino, M., Prati, F., Alessandrini, F., Trani, C., Glieca, F., Mazzari, M.A., Luciani, N., Schiavoni, G.**

Long-term results of the radial artery used for myocardial revascularization.  
Circulation, 2003; 108: 1350-4

**Pugliese, F., Mollet, N.R.A., Runza, G., van Mieghem, C., Meijboom, W.B., Malagutti, P., Baks, T., Krestin, G.P., deFeyter, P.J., Cademartiri F.**

Diagnostic accuracy of non-invasive 64-slice CT coronary angiography in patients with stable angina pectoris.  
Eur Radiol, 2006; 16(3): 575-82

**Putz, R., Pabst, R.**

“Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen, Band 1: Kopf, Hals, obere Extremität“

Elsevier, Urban & Fischer Verlag, München, 2006, 22.Auflage, 236, 238

**Raff, G.L., Gallagher, M.J., O’Neill, W.W., Goldstein, J.A.**

Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography.  
J Am Coll Cardiol, 2005; 46: 552-7

**Royse, A.G., Royse, C.F., Tatoulis, J., Grigg, L.E., Shah, P., Hunt, D., Better, N., Marasco, S.F.**

Postoperative radial artery angiography for coronary artery bypass surgery.  
Eur J Cardiothorac Surg, 2000; 17: 294-304

**Royse, A.G., Royse, C.F., Shah, P., Williams, A., Kaushik, S., Tatoulis, J.**

Radial artery harvest technique, use and functional outcome.  
Eur J Cardiothorac Surg, 1999; 15: 186-93

**Saeed, I., Anyanwu, A.C., Yacoub, M.H., Amrani, M.**

Subjective patient outcomes following coronary artery bypass using the radial artery: results of a cross-sectional survey of harvest site complications and quality of life.

Eur J Cardiothorac Surg, 2001; 20: 1142-6

**Shapira, O.M., Eskenazi, B.R., Anter, E., Joseph, L., Christensen, T.G.,**

**Hunter, C.T., Lazar, H.L., Vita, J.A., Shemin, R.J., Keaney, J.F.**

Endoscopic versus conventional radial artery harvest for coronary artery bypass grafting: functional and histologic assessment of the conduit.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2006; 131: 388-94

**Shapira, O.M., Eskenazi, B.R., Hunter, C.T., Anter, E., Bao, Y., Murphy, R.,**

**Lazar, H.L., Shemin, R.J.**

Endoscopic versus conventional radial artery harvest—is smaller better?

J Card Surg, 2006; 21: 151-4

**Shapira, O.M., Eskenazi, B.R., Murphy, R., Anter, E., Bao, Y., Lazar, H.L.,**

**Shemin, R.J., Hunter, C.T.**

Endoscopic radial artery harvest for coronary artery bypass grafting: initial clinical experience.

Heart Surg Forum, 2004; 7: E411-5

**Shapiro, L.M., Kenny, A.**

Echokardiographie

Verlag Hans Huber, Bern, 2001, 1.Auflage, 3-9

**Siminelakis, S., Karfis, E., Anagnostopoulos, C., Toumpoulis, I., Katsaraki,**

**A., Drossos, G.**

Harvesting radial artery and neurologic complications.

J Card Surg, 2004; 19: 505-10



**Suma, H., Wanibuchi, Y., Terada, Y., Fukuda, S., Takayama, T., Furuta, S.**  
The right gastroepiploic artery graft. Clinical and angiographic midterms results in 200 patients.

J Thorac Cardiovasc Surg, 1993; 105(4): 615-22; discussion 623

**Tatoulis, J., Buxton, B.F., Fuller, J.A.**

Bilateral radial artery grafts in coronary reconstruction: technique and early results in 261 patients.

Ann Thorac Surg, 1998; 66: 714-20

**Tatoulis, J., Buxton, B.F., Fuller, J.A.**

Patencies of 2127 arterial to coronary conduits over 15 years

Ann Thorac Surg, 2004; 77: 93-101

**Tatoulis, J., Royse, A.G., Buxton, B.F., Fuller, J.A., Skillington, P.D., Goldblatt, J.C., Brown, R.P., Rowland, M.A.**

The radial artery in coronary surgery: a 5-year experience—clinical and angiographic results.

Ann Thorac Surg, 2002; 73(1): 143-7; discussion 147-8

**Trepel, M.**

„Neuroanatomie“

Elsevier, Urban & Fischer Verlag, München, 2004, 3.Auflage, 33-7

**Trick, W.E., Scheckler, W.E., Tokars, J.I., Jones, K.C., Smith, E.M., Reppen, M.L., Jarvis, W.R.**

Risk factors for radial artery harvest site infection following coronary artery bypass surgery.

Clin Infect Dis, 2000; 30: 270-5

**Tscheliessnigg, K.H., Uranüs, S., Pierer, G.**

„Lehrbuch der allgemeinen und speziellen Chirurgie“

Maudrich, Wien, 2005, 3.Auflage, 190-2

**Van Son, J.A., Smedts, F., Vincent, J.G., Van Lier, H.J., Kubat, K.**

Comparativ anatomic studies of various arterial conduits for myocardial revascularization.

J Thorac Cardiovasc Surg, 1990; 99(4): 703-7

**Verma, S., Szmitko, P.E., Weisel, R.D., Bonneau, D., Latter, D., Errett, L., LeClerc, Y., Fremes, S.E.**

Should Radial Arteries Be Used Routinely for Coronary Artery Bypass Grafting?

Circulation, 2004, 110: e40-6

**Webb, C.M., C.P., Chong, C.F., De Souza, A.C., Pepper, J.R., Moat, N.E.**

A randomized trial of radial artery and saphenous vein grafts: 5-year patency.

Circulation suppl, 2006; 114: II-429

**Welsch, U.**

„Lehrbuch Histologie“

Elsevier, Urban&Fischer Verlag, Jena, 2006, 2.Auflage, 236-41

**Yoshizaki, T., Arai, H., Igari, T., Tabuchi, N., Tanaka, H., Sunamori, M.**

Endoscopic radial artery harvesting: our initial experience and results of the first 25 patients.

Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2005; 11: 391-6

**Zacharias, A., Habib, R.H., Schwann, T.A., Riordan, C.J., Durham, S.J., Shah, A.**

Improved survival with radial artery versus vein conduits in coronary bypass surgery with left internal thoracic artery to left anterior descending artery grafting.

Circulation, 2004; 109: 1489-96

## **VI Vorträge/ Veröffentlichungen/ Poster**

### Vorträge

Eisenhauer, B., Bleiziffer, S.

Sensibilitätsstörungen nach endoskopischer Radialisentnahme

Deutsches Herzzentrum München, 24.05.2006

Bleiziffer, S., Hettich, I., Eisenhauer, B., Ruzicka, D., Hausleiter, J., Martinoff, S.,  
Lange, R.

Patency rates of endoscopically harvested radial arteries one year after coronary  
artery bypass grafting

36<sup>th</sup> Annual Meeting DGTHG, Hamburg, Februar 2007

Endoscopic radial artery harvesting - standard of care for coronary artery bypass  
grafting?

Bleiziffer, S., Eisenhauer, B., Hettich, I., Ruzicka, D., Bauernschmitt, R., Lange,  
R.

26<sup>th</sup> International Cardiovascular Surgical Symposium, Zürs/Arlberg, Austria,  
March, 6<sup>th</sup>, 2008

### Veröffentlichungen

Bleiziffer, S., Hettich, I., Eisenhauer, B., Ruzicka, D., Wottke, M., Hausleiter, J.,  
Martinoff, S., Morgenstern, M., Lange, R.

Patency rates of endoscopically harvested radial arteries one year after coronary  
artery bypass grafting.

J Thorac Cardiovasc Surg, 2007; 134(3): 649-56

Bleiziffer, S., Hettich, I., Eisenhauer, B., Ruzicka, D., Voss, B., Bauernschmitt,  
R., Lange, R.

Neurologic sequelae of the donor arm after endoscopic versus conventional radial  
artery harvesting

J Thorac Cardiovasc Surg, 2008; 136(3): 681-7

Poster

Bleiziffer, S., Hettich, I., Eisenhauer, B., Ruzicka, D., Voss, B., Bauernschmitt, R., Lange, R.

Endoscopic radial artery harvesting for coronary artery bypass grafting leads to an increased incidence of sensation alterations in the donor arm

37<sup>th</sup> Annual Meeting DGTHG, Innsbruck, Februar 2008

---

## **VII Danksagung**

Für das Zustandekommen dieser Dissertation danke ich herzlich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Rüdiger Lange. Er ermöglichte mir das Durchführen dieser Arbeit an seiner Klinik.

Frau Dr. med. Sabine Bleiziffer danke ich von ganzem Herzen für ihre intensive Betreuung und Unterstützung. Jederzeit stand sie mir bei Fragen und Problemen zur Seite.

Frau Dr. med. Ina Hettich danke ich für die Unterstützung bei der Untersuchung der Patienten.

Herrn Dr. med. Paul Libera danke ich für seine Hilfe bei organisatorischen Fragen.

Zudem bedanke ich mich bei allen anderen, die mir kleinere und größere Fragen beantworteten, mir bei Problemen weiterhalfen oder sonst irgendwie zur Entstehung dieser Arbeit beitrugen.