
Aus der
Herzchirurgischen Klinik
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. B. Reichart

DIE ENDOSKOPISCHE ENTNAHME DER VENA SAPHENA MAGNA IN
DER KORONAREN BYPASSCHIRURGIE

KLINISCHE UND HISTOMORPHOLOGISCHE ERGEBNISSE EINER NEUEN
TECHNIK ZUR TRANSPLANTATGEWINNUNG

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

GUIDO GILLRATH

aus Hückelhoven-Ratheim

2004

MIT GENEHMIGUNG DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Berichterstatter: Prof. Dr. med. B. Reichart

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. H.-G. Dietz

Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter: Dr. med. B. Gansera

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung:

16. Dezember 2004

INHALTSVERZEICHNIS

WIDMUNG.....	
1 Einleitung	2
1.1 Hintergrund	2
1.2 Überblick über die zugrunde liegende Erkrankung und deren Behandlung	3
1.2.1 Definition und Epidemiologie der koronaren Herzerkrankung.....	3
1.2.2 Pathogenese, Klinik und Diagnostik	4
1.2.3 Herzkatheteruntersuchung.....	6
1.2.4 Therapie der koronaren Herzerkrankung	7
1.3 Die koronare Bypassoperation	8
1.3.1 Historische Entwicklung	8
1.3.2 Bypasstransplantate	9
1.4 Venenentnahmen	9
1.4.1 Andere weniger invasive Verfahren als Vorreiter der endoskopischen Technik.....	10
1.4.2 Die Entwicklung der endoskopischen Technik.....	11
2 Methode.....	12
2.1 Zur Fragestellung und den Beantwortungszielen der Arbeit	12
2.2 Patienten und Studiendesign	12
2.3 Venenproben	13
2.4 Technisches Vorgehen bei der endoskopischen Venenentnahme.....	14
2.4.1 Zugang und Material	14
2.4.2 Wesentliche Eigenschaften der Instrumente und deren Anwendung.....	15
2.5 Zum Ablauf der Bypassoperation	18
2.5.1 Technik der konventionellen Venenentnahme.....	18
2.5.2 Transplantatüberprüfung und Anastomosierung.....	18
2.6 Statistische Auswertung	19

3	Ergebnisse	20
3.1	Demographische und operative Daten	20
3.2	Transplantatvergleich	22
3.3	Präparationszeiten, Venenlängen und Schnittanzahl	23
3.4	Vergleich der Entnahmegeschwindigkeiten und Venenlängen.....	24
3.5	Anzahl der Schnittinzisionen	25
3.6	Makroskopische Venenqualität, Schwierigkeitsgrad und Konversionen.....	25
3.7	Abhängigkeit des Zeitaufwands von der Entnahmelokalisation	27
3.8	Lernkurve	28
3.9	Vergleich des postoperativen Outcomes	30
3.10	Komplikationen in der frühpostoperativen Phase	31
3.11	Myokardenzyme	31
3.12	Postoperative Arrhythmien	32
3.13	Postoperative Intensivverweildauer und postoperativer stationärer Aufenthalt	33
3.14	Wundkomplikationen, Wundinfekte	34
3.15	Hämatome	34
3.16	Semiquantitative Auswertungen - Kosmetisches Ergebnis und Zufriedenheit.....	35
3.17	Venenqualität	37
4	Diskussion	38
5	Zusammenfassung.....	46
6	Literatur	49
7	Danksagung.....	59
8	Lebenslauf	60

WIDMUNG

Für

ADRIANNA und ALESSANDRA

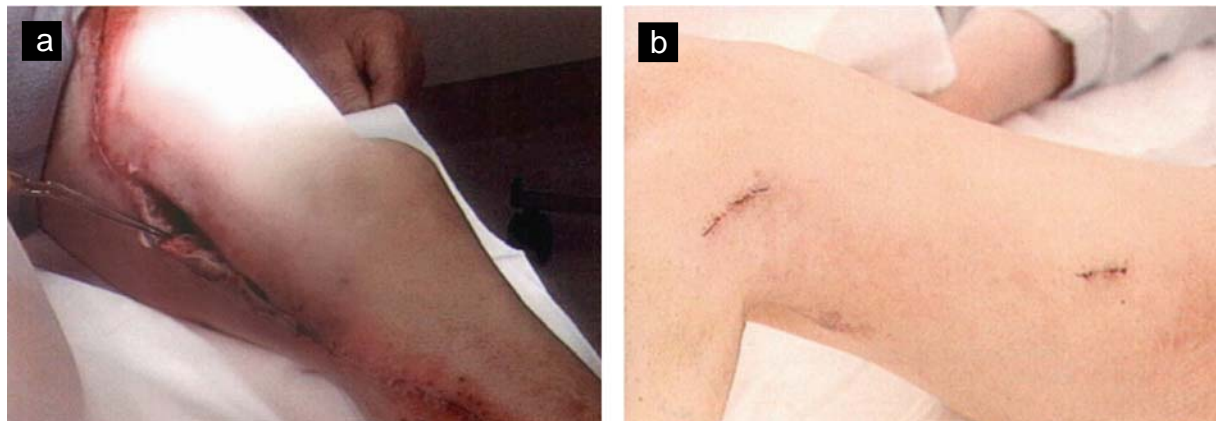
1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Vena saphena magna stellt als Bypasstransplantat einen essentiellen Bestandteil in der koronaren Bypasschirurgie dar. Bei der konventionellen Transplantatentnahme werden die Haut und das die Vene umgebende subkutane Gewebe vollständig durchtrennt. Die Länge der Wunden wird dabei allein durch Zahl und Länge der erforderlichen Venensegmente bestimmt. Insbesondere bei Patienten mit Revaskularisation mehrerer Koronargefäße können durch die Entnahme zahlreicher Segmente vergleichsweise große Wunden entstehen (Abb. 1), die zu einem nicht unerheblichen Anteil zur postoperativen Morbidität der koronaren Bypassoperation beitragen. Schmerzen und auch Komplikationen, die den Klinikaufenthalt der Patienten nach der Bypassoperation verlängern, Schwellungen, Blutungen und Entzündungen, stellen sehr häufige Problembereiche dieser konventionellen Vorgehensweise dar. Unter den Wundkomplikationen haben dabei besonders Patienten mit Übergewicht, Diabetes mellitus oder einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit zu leiden - Patienten, die bei koronaren Bypassoperationen beinahe regelhaft anzutreffen sind.

Unter der Direktion von PROF. DR. MED. BRUNO REICHART war die herzchirurgische Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München mit der methodischen Etablierung der endoskopischen Venenentnahme im Jahre 1997 als eine der ersten Kliniken in Europa in der Lage, Patienten ein minimal-invasives Verfahren als Alternative zur konventionellen Methode anzubieten. Klinisch relevanten Fragen, ob sich z.B. durch den Einsatz des Verfahrens die Erwartungen hinsichtlich eines Rückgangs der postoperativen Morbidität bei den Patienten erfüllen würden, wie die Technik methodisch in die herzchirurgische Operationsroutine zu integrieren war, und schließlich der Fragestellung nach der resultierenden Qualität der Transplantate soll in der vorliegenden Arbeit nachgegangen werden.

Abbildung 1: Postoperative Ergebnisse nach konventioneller bzw. minimal-invasiver endoskopischer Venenentnahme



- a) Dehizente Oberschenkelwunde am 18. postoperativen Tag nach konventioneller Venenentnahme.
b) Bereits schon fast verheilte Wunden am 6. postoperativen Tag nach vollständiger endoskopischer Entnahme der Oberschenkelvene.

1.2 Überblick über die zugrunde liegende Erkrankung und deren Behandlung

1.2.1 Definition und Epidemiologie der koronaren Herzerkrankung

Die koronare Herzerkrankung (*KHK*) ist eine auf unterschiedlichen Ätiologien beruhende Erkrankung der Herzkranzgefäße, die den pathophysiologischen Mechanismus der koronaren Insuffizienz gemein haben. REIN [93] definiert die Koronarinsuffizienz als eine Verminderung der myokardialen Blutversorgung mit einem Missverhältnis zwischen Sauerstoffbedarf und Angebot (*Ischämie*), was im Extremfall zum Untergang des Herzmuskels führt. Relevante Ischämien können sich dabei unter anderem als Infarkt, plötzlicher Herztod, Herzrhythmusstörung oder Herzinsuffizienz manifestieren. Mit ihrer unterschiedlichen Ausprägung ist die KHK die häufigste Todesursache in den westlichen Industrieländern. Bezüglich ihrer Inzidenz und der kardial bedingten Todesfälle gibt es von Land zu Land aber deutliche Unterschiede (WHO-MONICA-STUDIE) [101]. Im Jahre 1998 starben in Deutschland 75924 Menschen (40997 Männer vs. 34927 Frauen) an den Folgen

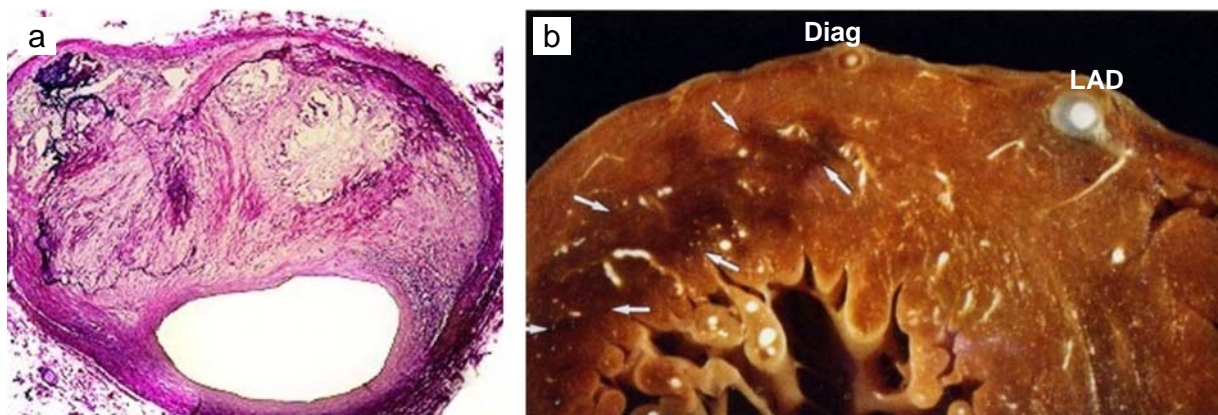
eines akuten Herzinfarkts, 55271 an Herzinsuffizienz (37977 Frauen vs. 17294 Männer), 4351 an plötzlichem Herzstillstand und 5722 an sonstigen kardialen Rhythmusstörungen (Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT) [5]. Die Zahlen belegen, weshalb den Präventiv- und Therapiemaßnahmen dieser Volkskrankheit unserer Breitengrade eine derart wichtige epidemiologische Bedeutung zukommt.

1.2.2 Pathogenese, Klinik und Diagnostik

In der Entstehung hebt sich die koronare Herzerkrankung nicht von der allgemeinen Atherosklerose ab. In den meisten Fällen beruht sie auf dem Boden einer pathologisch-anatomisch nachweisbaren Sklerose der Koronargefäße und ist eine Erkrankung, die über Jahre hinweg fortschreitet, ohne dass man etwas davon bemerken muss. Inzwischen hat sich die *Response-to-injury*-Hypothese von ROSS [94, 95] durchgesetzt. Die Sklerose beginnt dort, wo die Innenwand eines arteriellen Gefäßes geschädigt wurde, zum Beispiel bei erhöhtem Blutdruck. Durch Läsionen des Endothels dringen Lipide (*Cholesterin*) in die verletzte Gefäßwand ein und rufen eine Entzündungsreaktion hervor, die sich lichtmikroskopisch zunächst als sog. *fatty streaks*, eine Ansammlung von lipidreichen Makrophagen und T-Lymphozyten innerhalb der Gefäßintima äußert. Durch proliferierende glatte Muskelzellen und Makrophagen entwickeln sich in der Folge Intermediärläsionen (*intermediate lesions*), die ihrerseits zu komplexen fibrösen Plaques (*Atheromen*) umgeformt werden. Umgeben durch eine bindegewebige Kapsel mit einigen glatten Muskelfasern enthalten sie einen Kern aus Lipiden und nekrotischem Material. Die Plaques wachsen fortschreitend durch zunehmende Anlagerung von Lipiden, Makrophagen, glatten Muskelzellen und aktivierten T-Lymphozyten. Bei initial noch gegen die Adventitia ausgerichtetem Wachstum weist es dann, je mehr die Ablagerungen in der Gefäßwand zunehmen, zum Lumen, so dass schließlich für die myokardiale Versorgung kritische Engpässe (*Stenosen*) entstehen. Durch Bindung von Calcium-Ionen kommt es im Laufe der

Jahre außerdem zu einer zunehmenden Verkalkung. Allein durch die weitere Zunahme der Stenosen kann es letztlich bis zum Verschluss eines Gefäßes kommen. Wenn Risse in der Plaquekapsel entstehen, kann es außerdem im Fall einer Plaquesruptur durch Freisetzung subendothelialer, thrombogener Substanzen zum sofortigen Gefäßverschluss bzw. akuten Myokardinfarkt aufgrund der Aktivierung zirkulierender Thrombozyten und der Bildung eines okkludierenden Thrombus kommen (Abb. 2) [37, 38].

Abbildung 2:



a) Schnittpräparat eines durch Wandablagerungen eingengten Koronargefäßes. b) Querschnitt durch einen linksventrikulären Myokardinfarkt (Pfeile).

Epidemiologische Studien konnten verschiedene Risikofaktoren der Atherosklerose nachweisen (FRAMINGHAM-STUDIE) [22, 60, 71, 72]. Es ist am ehesten von einer multifaktoriellen Genese auszugehen, wobei das Risiko bei gleichzeitigem Vorhandensein mehrerer Risikofaktoren multiplizierend zunimmt. Neben Risikofaktoren wie arteriellem Hypertonus, Diabetes mellitus, Fettstoffwechselstörungen insbesondere im Rahmen eines metabolischen Syndroms, spielen Tabakkonsum, Bewegungsmangel, Stress und übermäßiger Alkoholkonsum wesentliche Rollen. Das Leitsymptom ist die Angina pectoris, deren Auslösung durch physische oder psychische Belastung begünstigt wird. Diesbezüglich wurde

von der CANADIAN CARDIOVASCULAR SOCIETY (CCS) eine praktische Stadieneinteilung eingeführt (Tabelle 1) [25, 26].

Tabelle 1: CCS-Stadien der Angina pectoris (AP)

CCS-Stadien	Klinik
0	stumme Ischämie
I	keine AP bei normaler körperlicher Belastung, nur bei schwerer Belastung
II	geringe Beeinträchtigung der normalen körperlichen Aktivität durch AP
III	erhebliche Beeinträchtigung der normalen körperlichen Aktivität durch AP
IV	AP bei geringster körperlicher Belastung, Ruheschmerzen

Eine ganze Reihe von Untersuchungsmethoden stehen zur Diagnostik einer koronaren Insuffizienz zur Verfügung: Neben Ruhe- und Belastungs-EKG können auch Echokardiographie, nuklearmedizinische Verfahren bis hin zu dreidimensionaler Computertomographie oder einer Kerspinuntersuchung zum Einsatz kommen. Der Goldstandard zur Erfassung von Veränderungen der Koronaranatomie ist aber die Koronarangiographie [37, 76, 109].

1.2.3 Herzkatheteruntersuchung

Die erste Sondierung des Herzens erfolgte 1929 von FORSSMANN im Selbstversuch mit einem Ureterkatheter [57], doch erst in den frühen vierziger Jahren wurde die Katheterisierung im Rahmen der kriegsbedingten Schockforschung von CURNARD und RICHARDS, später auch von DEXTER und BING aufgegriffen, um physiologische und pathophysiologische Größen des Herz-Kreislauf-Systems zu bestimmen [15, 35, 43]. Der Übergang von der Rechts- zur Linksherzsondierung wurde mit der Verfügbarkeit geeigneter Kontrastmittel möglich und 1950 von ZIMMERMANN erstmals beschrieben [48]. Nach einer diagnostisch unbefriedigenden Vorperiode der nicht selektiven Koronarangiographie, die vor

allem an die Namen BELLMANN, DOTTER, FRISCHE und PAULIN [14, 45, 58, 90, 91] geknüpft war, wurde 1962 von SONES und SHIREY [100] die selektive Koronarangiographie - das direkte Einspritzen des Kontrastmittels in die Koronararterie - mit Zugang über die Arteria brachialis eingeführt. 1967 beschrieb JUDKINS den transfemorale Zugang mit speziell geformten Kathetern [68, 69]. Zwischen 1960 und 1970 wurden die einzelnen Sondierungs- und Angiographieschritte zu der standardisierten Herzkatheteruntersuchung integriert. Beide Techniken der selektiven Koronarangiographie kommen heute weltweit zur Anwendung.

1.2.4 Therapie der koronaren Herzerkrankung

Die Koronarangiographie ist nicht nur eine der aussagefähigsten diagnostischen Methoden bei koronarer Herzerkrankung, es besteht auch unmittelbar die Möglichkeit, Stenosen z.B. durch Aufweitung mit einem Ballon direkt zu therapieren (*Interventionelle Therapie*). Die erste sog. Dilatation (PTCA, *percutaneous transluminal coronary angioplasty*) wurde 1977 von GRÜNTZIG vorgenommen, der damit eine neue Ära der nichtoperativen Behandlung zahlreicher Herzerkrankungen einleitete [62-65]. Heutzutage versucht man durch die Einbettung eines Metallgitters (*Stents*) in die Stenose u.a. den Rückstellkräften der Gefäßwand entgegenzuwirken und damit eine längerfristige Gewährleistung des Dilatationsergebnisses zu erreichen. Da einerseits die medikamentösen Maßnahmen zur initialen Behandlung der koronaren Herzerkrankung zeitlich häufig limitiert oder bei schwerem Gefäßbefall nicht ausreichend sind, andererseits der primäre Erfolg der interventionellen Therapie zurzeit immer noch mit einer hohen Rezidivrate behaftet ist und diese Verfahren zum Teil bei komplexen Mehrgefäßerkrankungen, insbesondere mit Hauptstamm-beteiligung, häufig zu risikoreich sind, ist die chirurgische Therapie bis heute aufgrund der hohen und lang anhaltenden Erfolgsquote als eine der effektivsten Behandlungsformen dieser Erkrankung anzusehen.

1.3 Die koronare Bypassoperation

Mit der hohen Inzidenz der koronaren Herzerkrankung in der westlichen Bevölkerung ist es unschwer nachvollziehbar, dass koronare Bypassoperationen die häufigsten Herzoperationen darstellen und auch im Übrigen zu den am häufigsten durchgeführten Operationen zu zählen sind. Während weltweit in den Jahren von 1967 bis 1985 bereits schon etwa 17 Millionen koronarchirurgische Eingriffe durchgeführt wurden, kommen allein in Deutschland jährlich etwa 60.000 Eingriffe hinzu. Im Jahr 1995 wurden zum Beispiel an 76 deutschen Zentren 58709 koronarchirurgische Eingriffe durchgeführt (Gesamtzahl aller herzchirurgischen Eingriffe: 108214) [70].

1.3.1 Historische Entwicklung

Obwohl HEBERDEN bereits 1786 die Koronarinsuffizienz als die wahrscheinliche Grundlage der Angina pectoris annahm [41], dauerte es bis 1962, als mit der Entwicklung der diagnostischen Koronarangiographie die grundlegende Möglichkeit geschaffen wurde, die Stenosen, das morphologische Substrat der Angina pectoris, genau zu lokalisieren und damit einer exakten chirurgischen Therapie zugänglich zu machen. Bis dahin basierten die chirurgischen Therapieansätze zunächst auf einer indirekten Verbesserung der koronaren Durchblutung: SHAUGHNESSY's Omentopexie (1937) [99], BECK's Perikard-Abrasio (1935) zur Induktion einer Kollateralen-Bildung [13] und schließlich die Implantation der Arteria mammaria interna (Synonym: *Arteria thoracica interna*) in Ischämie-Gebiete des Herzmuskels durch VINEBERG (1946) [106]. 1962 wurde an der Cleveland Clinic die von SENNING beschriebene Patchgraft-Technik [98] von EFFLER et al. verwendet, um mittels Endarterektomie eine signifikante Stenosierung einer linken Koronararterie zu beheben [47]. Wiederum an der Cleveland Clinic wurde 1967 von FAVALORO die erste direkte Revaskularisation einer verschlossenen rechten Koronararterie mittels eines interponierten Saphena-Transplantats in End-zu-End-Anastomosierung erfolgreich durchgeführt [53, 54].

Kurz danach ging FAVALORO dazu über, den Saphena-Bypass zentral an der anterolateralen Wand der Aorta anzuschließen [55]. Für diese Verdienste wird FAVALORO heute als „Vater der koronaren Bypasschirurgie“ hervorgehoben.

1.3.2 Bypasstransplantate

In den Pionierzeiten koronarer Bypassoperationen wurden überwiegend Venentransplantate als Überbrückungstransplantate verwendet. Der aortokoronare Venenbypass (ACVB) wurde in der Folgezeit auch als mehrfacher Bypasseingriff, in Kombination mit anderen Eingriffen, z.B. Aneurysmen, Herzklappenoperationen [52] und schließlich als Notfalleingriff bei Patienten mit akutem Myokardinfarkt durchgeführt [51]. Mitte der siebziger Jahre weckte die Arteria mammaria interna (IMA, *internal mammary artery*) erneut Interesse, als sie zur direkten Reperfusion vor allem der Gefäße der anterolateralen Herzwand routinemäßig herangezogen wurde [24, 30]. Von 1977 bis 1983 wurden in großen randomisierten Studien (1977 VA COOPERATIVE STUDY [3, 4, 86, 87], 1979 EUROPEAN CORONARY SURGERY STUDY [103-105], 1983 CORONARY ARTERY SURGERY STUDY [1, 2, 21, 39, 74, 107]) die Langzeit-Ergebnisse der Transplantate untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass Transplantate der Arteria mammaria bezüglich ihrer Offenheit venösen Transplantaten deutlich überlegen waren [32, 33, 61, 79]. Inzwischen gelten sie daher als Transplantate der Wahl. Mit einer Offenheit von neunzig Prozent nach 10 Jahren und einem nachgewiesenen positiven Einfluss auf das Überleben der Patienten nach der Operation werden sie heute zumindest einseitig fast regelmäßig verwendet.

1.4 Venenentnahmen

Neben der Anwendung als autologe Bypasstransplantate in der peripheren Bypasschirurgie werden Venentransplantate zum Teil in bis zu achtundneunzig Prozent bei koronaren Eingriffen eingesetzt. Als eigenständige Eingriffe betrachtet wären Venenentnahmen daher ebenfalls zu den häufigsten Operationen zu zählen. Die konventionelle Venenentnahme

(CVH, *conventional vein harvesting*) erfolgt durch Freilegung der Vene bei vollständiger Durchtrennung von Haut und Subkutangewebe. Die resultierenden Wunden sind im Wesentlichen von Zahl und Länge der benötigten Transplantate abhängig. Nicht selten erstrecken sie sich daher über die gesamte Extremität und stellen dann die größten, operativ zugefügten Wunden dar. Insbesondere bei Entnahme aus dem Oberschenkel können konventionelle Venenentnahmen mit einer beachtlichen postoperativen Morbidität einhergehen [42, 50, 77, 78, 102]. Als typische Komplikationen nach konventionellen Venenentnahmen sind zum Beispiel Lymphödeme, bisweilen chronisch, mit Zellulitis der Haut [12, 66], Neuropathien infolge der Verletzung des Nervus saphenus [28, 73, 96], chirurgische Probleme wie Hämatome, Wunddehiszenzen, Fisteln und oberflächliche oder tiefere Wundinfektionen zu erwähnen. Extrem schwerwiegende Komplikationen wie Sepsis oder Amputationen sind dagegen eher selten.

1.4.1 Andere weniger invasive Verfahren als Vorreiter der endoskopischen Technik

In der Vergangenheit gab es eine ganze Reihe operativer Ansätze, um eine Reduktion der Komplikationsrate herbeizuführen. Als Beispiel sei die sog. Brückentechnik (*bridging*) [44, 83, 84] hervorgehoben, bei der durch Belassen von Hautbrücken eine verbesserte Heilung erzielt werden konnte, oder die Transplantatgewinnung durch den Einsatz eines Mayo-Venenstrippers [82]. Doch für jede alternative Methode war und ist ebenso wie für die konventionelle Technik selbst, zu fordern, dass die Entnahmen der Venen mit der größtmöglichen Schonung des Transplantats erfolgen, dass Schädigungen, insbesondere des Endothels, minimiert werden, um langfristige Offenheitsraten der Transplantate zu gewährleisten. O'REGAN zeigte zwar anhand lichtmikroskopischer Untersuchungen, dass die Gefäßsegmente, die mit einem Mayo-Venenstripper entfernt wurden, keine signifikanten Schäden der Gefäßwand aufwiesen, und dass die Gefäßreaktivität und die Offenheits-Rate nicht verändert wurden [88]. Dennoch wurde die Entnahme mit dem Mayo-Venenstripper,

ebenso wie die Brückentechnik, nicht in weitem Umfang angewandt, da die Möglichkeit einer Schädigung der Vene vor allem durch fehlende oder zumindest beeinträchtigte visuelle Kontrolle bei der Präparation in Betracht zu ziehen war.

1.4.2 Die Entwicklung der endoskopischen Technik

Mit der fortlaufenden technischen Entwicklung entstanden Mitte der neunziger Jahre instrumentelle Voraussetzungen für die endoskopische Technik. LUMSDEN beschrieb 1994 zuerst eine video-assistierte, subkutane Entnahmetechnik der Vena saphena magna für die periphere Bypasschirurgie [80]. ALLEN führte 1997 die endoskopische Venenentnahme beziehungsweise den Begriff „ESVH“ (*endoscopic saphenous vein harvesting*) in die koronare Bypasschirurgie ein [6]. Die endoskopische Venenentnahme ist im eigentlichen Sinne als Kombination von Brückentechnik und der Anwendung des „Venenstrippers“ zu verstehen, hier aber mit dem Vorteil, dass die Präparation eben unter video-assistierter, visueller Kontrolle erfolgen kann. So gesehen können Inzisionen auf minimale Schnittgröße begrenzt werden, während die Hautbrücken bis zu einer Länge von 30 cm, der Standardlänge von Endoskopen, betragen können.

Abbildung 3: Maximale „Hautbrücken“ und geringste Schnittgrößen bei der endoskopischen Technik



2 Methode

2.1 Zur Fragestellung und den Beantwortungszielen der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll zunächst die Auswirkung endoskopischer Entnahmetechnik auf das postoperative Outcome der Patienten durch objektiv messbare Vergleiche mit der konventionellen Kontrollgruppe untersuchen und beschreiben. Darüber hinaus soll als wesentlicher Punkt die Bestimmung qualitativer Eigenschaften endoskopisch entnommener Transplantate durch ultrastrukturelle Analyse des Transplantatendothels mit Hilfe der Elektronenmikroskopie erfolgen. Zur Ergänzung sollen neben diesen objektiv ermittelbaren Kriterien auch subjektive Parameter, wie zum Beispiel Erfahrungswerte bei der Integration dieser doch immer noch relativ neuen und bisher nicht breit angewandten Technik in die operative Routine, als auch die subjektive Zufriedenheit und Meinung der Patienten über das kosmetische Ergebnis in die Arbeit mit einfließen. Dabei lagen die als offensichtlich vorteilhaft zu erwartenden Aspekte der endoskopischen Venenentnahme weniger im Blickpunkt des klinischen Interesses als der Nachweis, dass Patienten durch den Einsatz dieses minimal-invasiven Verfahrens gegenüber herkömmlich operierten Patienten keinen Nachteil erleiden und die endoskopische Venenentnahme in der operativen Praxis eine echte Alternative zur konventionellen Entnahme darstellen kann.

2.2 Patienten und Studiendesign

Es handelt sich um Patienten, welche in den Jahren 1998 und 1999 in der herzchirurgischen Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München am Standort Augustinum eine elektive koronare Bypassoperation mit Entnahme von Venen erhalten haben. Die Daten eines prospektiv randomisierten Kollektivs von 80 Patienten mit endoskopischer Venenentnahme wurden einer ebenfalls prospektiv randomisierten, konventionell operierten Kontrollgruppe von 78 Patienten des gleichen Zeitraums gegenübergestellt. Mit eingeschlossen waren alle Patienten, in Unabhängigkeit von ihrem Geschlecht, ihrem Alter oder präoperativ

bestehenden Risikofaktoren. Voraussetzung zur Durchführung einer endoskopischen Venenentnahme war einerseits die Zustimmung des Patienten zur Studienteilnahme und zum Entnahmeverfahren nach einem gesonderten Aufklärungsgespräch einschließlich potentiell unbekannter Risiken, andererseits das Fehlen jeglicher Ausschlusskriterien für die endoskopische Venenentnahme, zu denen Notfallpatienten, aber auch Patienten mit Varikosis und einer erheblich reduzierten Auswurfraction zählten.

2.3 Venenproben

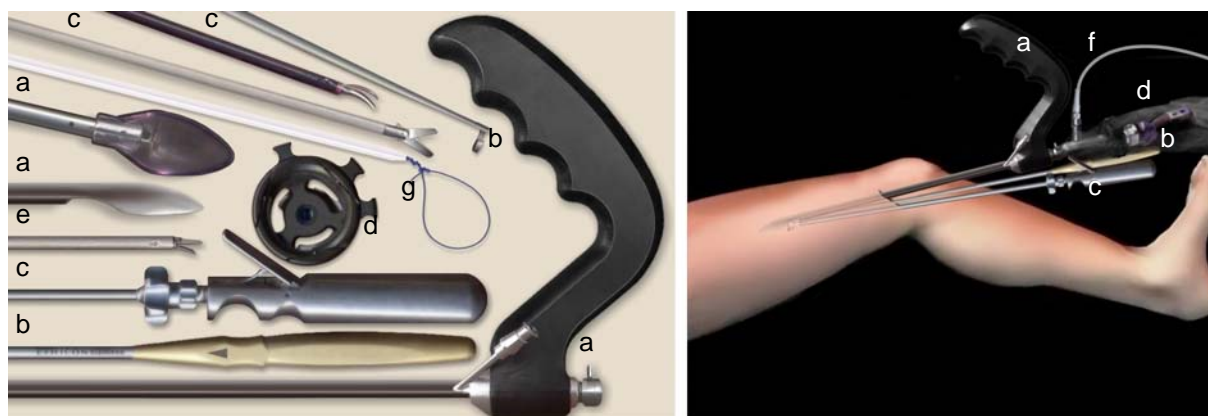
Auch zur Entnahme und Analyse der Venenproben bedurfte es einer gesonderten Zustimmung der Patienten. Im Fall endoskopischer Venenentnahmen erfolgte die Entnahme von Proben erst nach dem Abschluss der Lernphase. Eine etwa 1 cm große Venenprobe wurde bei Anlage der zentralen Anastomosen bei jeweils 20 Patienten mit konventioneller und endoskopischer Venenentnahme aus einem repräsentativen mittleren Venenanteil gewonnen und unmittelbar durch Glutaraldehyd fixiert. Die Venenproben wurden dann nach Blindung durch mehrere unabhängige und erfahrene Untersucher ultrastrukturell mit Hilfe des Elektronenmikroskops auf Schäden des Endothels begutachtet. Die Beurteilung erfolgte anhand eines Scores, d.h. die Venenproben wurden bezüglich ihrer endothelialen Qualität in fünf verschiedene Klassen eingeteilt. Die Kategorien untergliederten sich vor allem bei Berücksichtigung des Kontakts der Endothel- zu Nachbarzellen von der Qualitätsstufe 1 mit einem intakten, vollständig konfluierenden Endothel über ein partiell konfluierendes (Score 2) oder locker vernetztes Endothel (Score 3) bis hin zu einem zerstörten Endothel, entweder mit noch vereinzelt Endothelzellinseln (Score 4) oder völligem Verlust des Endothels (Score 5). Erst nach Zusammentragung aller Ergebnisse der Untersucher und deren Auswertung wurde die Blindung bezüglich der Entnahmetechnik wieder aufgehoben.

2.4 Technisches Vorgehen bei der endoskopischen Venenentnahme

2.4.1 Zugang und Material

Die Vene wurde mit einer dem Venenverlauf entsprechenden, längs gerichteten Inzision, nach Einsatz eines kleinen Sperrers aufgesucht. Wir zogen diese Schnitttrichtung gegenüber einer queren, den Verlauf der Vene kreuzenden Richtung vor, um den Schnitt ggf. bei Konversion verlängern zu können. Zum Einführen der endoskopischen Instrumente war eine Inzision von nur wenigen Zentimetern ausreichend. Als primärer Zugang wurde in der Regel die Knieregion gewählt. Zur endoskopischen Grundausstattung gehörte eine Videoeinheit, bestehend aus Videomonitor (SONY CORPORATION), Kaltlichtquelle (STORZ ENDOSKOPE) und einer 5 mm breiten, 30 cm langen endoskopischen Kamera mit 30°-Winkeloptik (STORZ ENDOSKOPE). Die Instrumente waren zunächst zum Einmalgebrauch als Set (FLEXTRAY-SET[®], ETHICON ENDOSURGERY) und etwas später auch als resterilisierbare Prototypen verfügbar (STORZ ENDOSKOPE).

Abbildung 4: Endoskopische Instrumente



- a) Subkutane Dissektoren b) Gefäßdissektor c) Endoskopische Scheren d) Endoskopische Kamera
e) Endoskopischer Clipsetzer f) Kaltlichtkabel g) Endoskopische Schlinge

2.4.2 Wesentliche Eigenschaften der Instrumente und deren Anwendung

2.4.2.1 Subkutane Dissektoren oder Retraktoren

Das Subkutangewebe kann hiermit in einem ersten Schritt von der Vene getrennt werden, wodurch der eigentliche Arbeitskanal über der Vene geschaffen wird. Subkutane Dissektoren halten die Sicht in das Tunnelende offen und bewahren die endoskopische Optik vor Verschmutzung. Durch die Kompression des umliegenden Gewebes verringern sie auch den Blutzufluss, wodurch es erst ermöglicht wird, abgetrennte Äste auf der Seite des Transplantats initial noch unverschlossen zu lassen. Um in der Vorwärtsbewegung der Tunnelung Stellen mit einem erhöhten Widerstand (Seitenast) zu überwinden, wird der Dissektor unter Beachtung, den tatsächlichen Verlauf der Vene nicht aus den Augen zu verlieren, seitlich abgewendet vorbeigeführt. Äste wurden von uns erst später, mit Rückzug des Instrumentariums, dann mit Hilfe des Gefäßdissektors, detaillierter dargestellt. Daher konnte man sich schon vor der eigentlichen Präparation, im Gegensatz zu konventioneller Technik, über eine Distanz von 30 cm einen ersten Eindruck von der Güte des Transplantats verschaffen, das Kaliber der Vene und die Eignung als Transplantat vorab beurteilen.

Abbildung 5: Anwendung des Subkutandissektors

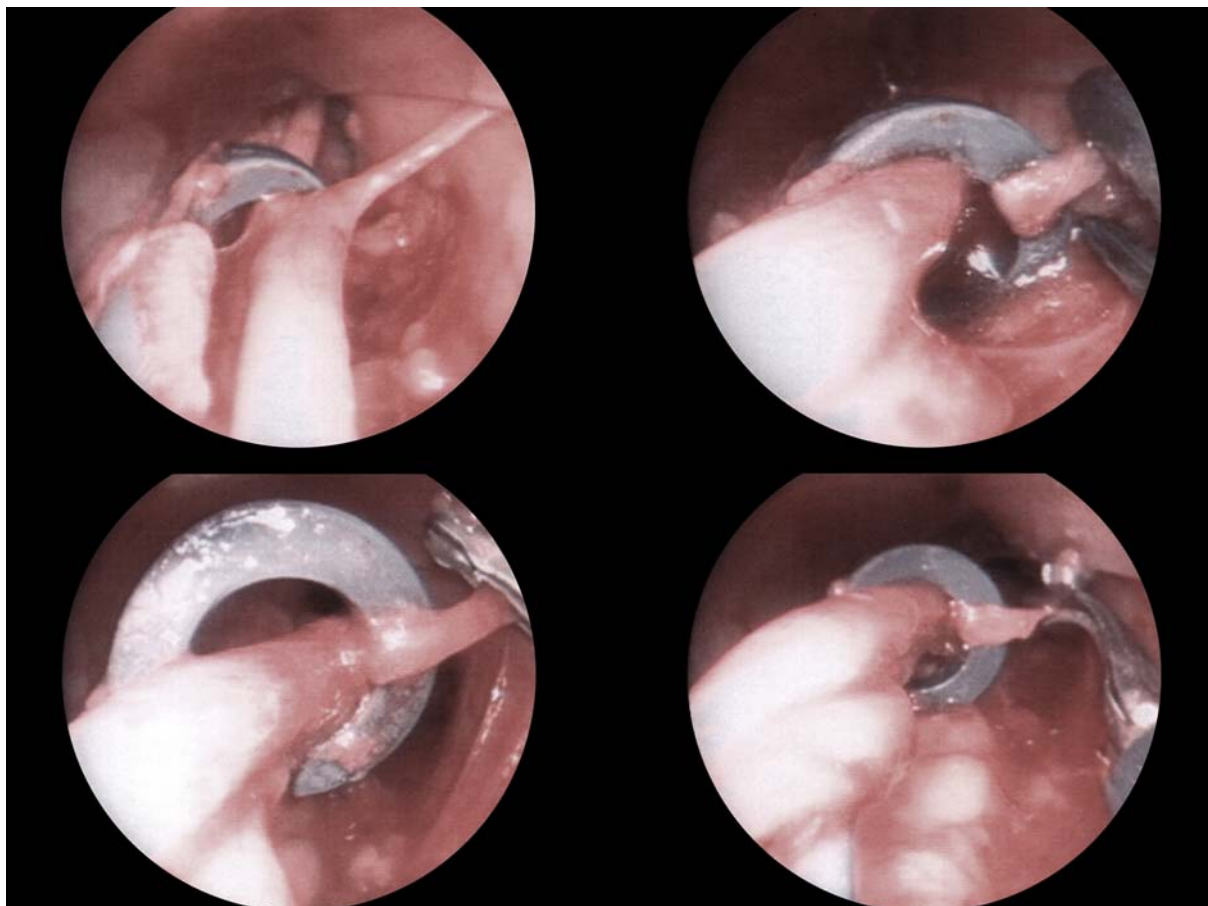


a) Vorwärtsbewegung: Tunnelung und erster Überblick über das Transplantat b) Auf dem Weg zurück dann Beginn der Präparation der Vene und ihrer Äste mit einem weiteren Instrument (Gefäßdissektor)

2.4.2.2 Der Gefäßdissektor

Der Gefäßdissektor ist das eigentliche Instrument, mit dem die Präparation des Transplantats erfolgt. Dabei handelt es sich um die Modifikation eines Mayo-Venenstrippers [70, 74, 76]. Das vordere Ende weist einen beinah geschlossenen Ring auf, der die Vene extraluminal umgibt und sie mit zirkulär und längs gerichteten Bewegungen aus dem subkutanen Gewebe herauslöst. Mit dem Gefäßdissektor werden Seitenäste der Vene aufgespürt, indem sie wiederum zunächst als Widerstand wahrgenommen werden. Durch Abstreifen des Gewebes gelangen die Äste dann zur besseren visuellen Darstellung. Äste können außerdem mit dem Gefäßdissektor vorsichtig angespannt werden, so dass sie leichter geclippt und durchtrennt werden können (s. Abb.).

Abbildung 6: Präparation und Durchtrennung der Seitenäste



2.4.2.3 Endoskopische Scheren, endoskopische Clipsetzer und Hilfsmittel

Endoskopische Scheren wurden von uns seltener zur Präparation, sondern überwiegend zur Durchtrennung der bereits mit dem Gefäßdissektor dargestellten Äste verwendet. Sie dienten außerdem unmittelbar vor der Entnahme zur Abtrennung der Vene am Tunnelende, wofür kräftige, gebogene Branchen nötig waren. Die Introdution der Scheren zum Präparationssitus wurde stets bei abgewendeter Branchenspitze mit der Kamera begleitet, um eine unkontrollierte Verletzung der Vene auszuschließen. Die Scherenbranchen dienten außerdem, da hierüber koaguliert werden konnte, zur Blutstillung. Zur Applikation von Clips wurde der ALLPORT[®]-CLIPAPPLIKATOR des FLEXTRAY-SETS (ETHICON ENDOSURGERY) aufgrund der sehr sicheren Haftung der Clips an abgetrennten Ästen auch unter den Bedingungen der sich wiederholenden Instrumenten-Einführung verwendet. Diese Clips eigneten sich aber nicht zum transplatatseitigen Verschluss der Äste, da Transplantate nach der Anastomosierung mit den Koronargefäßen arteriellen Druckverhältnissen unterliegen und die Sicherheit der Patienten im Vordergrund stand. Stattdessen wurden die Stümpfe abgetrennter Äste an der Seite des Transplantats zunächst offen gelassen, erst mit der Entnahme der Vene nachkontrolliert und dann konventionell durch Ligatur verschlossen. Dies war möglich, da, wie schon zuvor erwähnt, transplatatseitig unverschlossene Äste in der Regel keine Blutungsquelle darstellen. Sowohl bei der Applikation von Clips als auch bei der Durchtrennung der Seitenäste wurde stets der größtmögliche Abstand zur Vene gewählt. Als nützliche Hilfsmittel erwiesen sich Antibeschlagmittel zur Reinigung der Optik und die Anwendung endoskopischer Schlingen (ENDOLOOP[®]), um den Venenstumpf am Tunnelende sicher zu verschließen. Im Hinblick auf die Zeitersparnis wurden Instrumentenwechsel, die in der Regel dann auch eine Neupositionierung der Kamera innerhalb des Tunnels bedingen, nach Möglichkeit auf ein Minimum begrenzt.

2.5 Zum Ablauf der Bypassoperation

Im Anschluss an Sternotomie und Eröffnung des Herzbeutels wurden die Koronargefäße vom Chirurgen in Situ auf Durchführbarkeit der Anastomosen begutachtet. Die nach dem angiographischen Befund erhobene Strategie wurde entweder verifiziert oder anderenfalls die Anzahl der erforderlichen Transplantate neu festgelegt. Erst dann führte der Chirurg die Präparation der arteriellen Transplantate durch, während ein chirurgischer Assistent mit der Venenentnahme an den Beinen begann.

2.5.1 Technik der konventionellen Venenentnahme

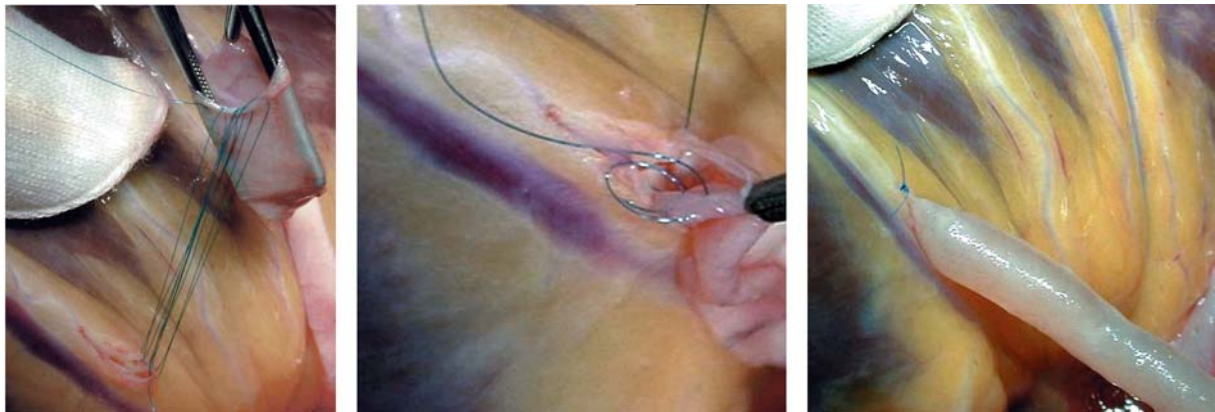
Konventionelle Venenentnahmen wurden am Unterschenkel meist mit einer primären Inzision am Innenknöchel, am Oberschenkel wahlweise am Knie oder in der Leiste begonnen. Bei der Präparation folgte man dem direkten Verlauf der Vene. Die Inzision wurde jeweils um einige Zentimeter erweitert und die Vene nach Durchtrennung des subkutanen Gewebes jeweils freigelegt. Seitenäste wurden dabei entweder mit einem Faden ligiert oder durch Metallclips verschlossen und schließlich durchtrennt. Am Ende resultierten kontinuierliche Schnittinzisionen, von Zahl und Länge der erforderlichen Transplantate abhängig. Nach Blutstillung, Wundverschluss und optionaler Einlage einer Redondrainage wurde das Bein zum Ende des Eingriffs, sofern keine peripheren Durchblutungsstörungen bestanden, elastisch umwickelt.

2.5.2 Transplantatüberprüfung und Anastomosierung

Venentransplantate wurden unmittelbar nach der Entnahme auf ihre Unversehrtheit und des sicheren Verschlusses aller Äste geprüft. Etwaige übersehene Abgänge wurden nachträglich verschlossen. Es galten die allgemein gültigen Regeln zur Behandlung von Bypasstransplantaten. Nach Abschluss der arteriellen Transplantatpräparation wurden die Patienten meist umgehend an die Herz-Lungen-Maschine (*HLM*) angeschlossen. Bei umfangreichen Venenentnahmen konnte es daher durchaus einmal vorkommen, dass die

letzten Transplantate des Beins erst nach dem Anschluss des Patienten an die HLM vorlagen. Um die Stenosen der Koronargefäße zu überbrücken und über die neu angelegten Wege wieder eine ausreichende Versorgung ischämiegefährdeter Muskelgebiete zu erreichen, wurde jedes Venentransplantat mit dem Koronargefäß jenseits einer relevanten Stenose zunächst durch eine End-zu-Seit-Naht (*periphere Anastomose*) und anschließend ebenfalls in End-zu-Seit mit der aufsteigenden Aorta vernäht (*zentrale Anastomose*).

Abbildung 7: Periphere Anastomosierung einer Vene



2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse der gesammelten Daten erfolgte durch Anwendung des Statistikprogrammes SPSS für Windows® in der Version 11.0 (SPSS INC., Chicago, Illinois, USA). Datenvergleiche erfolgten bei Varianzgleichheit durch den STUDENT-T-Test für verbundene oder unverbundene Stichproben, nonparametrische oder kategorische Daten wurden durch den WILCOXON-Rangsummentest oder Chi-Quadrat-Test auf Signifikanz getestet. Ein Signifikanzniveau von 0,1% entsprach einem hoch signifikanten, von 1% einem signifikanten und von 5% einem schwach signifikanten Ergebnis.

3 Ergebnisse

3.1 Demographische und operative Daten

Tabelle 2: Demographische Daten

	ESVH	CVH	Sig
Anzahl (<i>n</i>)	80	78	
Alter (<i>Jahre</i>)	62,9 ± 9,1 (40-78)	63,2 ± 8,9 (40-82)	
Anteil Männer (%)	78,8 (63/80)	75,6 (59/78)	
Ventrikuläre Auswurffraktion (%)	64,0 ± 8,2	63,2 ± 9,1	
<i>kardiovaskuläre Risikofaktoren</i>			
Diabetes mellitus (<i>n</i>)	7 (8,8%)	9 (11,5%)	
Adipositas (<i>n</i>)	11 (13,8%)	10 (12,8%)	
Arterieller Hypertonus (<i>n</i>)	13 (16,3%)	9 (11,5%)	
Nikotinabusus (<i>n</i>)	9 (11,3%)	9 (11,5%)	
Instabile Angina pectoris (<i>n</i>)	13 (16,3%)	18 (23,0%)	
Interventionelle Therapie ^a (<i>n</i>)	13 (16,3%)	14 (17,9%)	
Z.n. Myokardinfarkten (<i>n</i>)	26 (32,5%)	31 (38,8%)	

Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ ^{a)} PTCA, Stentimplantation

Tabelle 2 zeigt die Gegenüberstellung der demographischen Daten von 80 untersuchten Patienten mit endoskopischer Venenentnahme und der Kontrollgruppe (78 Patienten mit konventioneller Venenentnahme, CVH). Das Durchschnittsalter, das Verhältnis von Männern zu Frauen, die ventrikuläre Auswurffraktion (Ejektionsfraktion) und der Anteil von Patienten mit kardiovaskulären Risikofaktoren (Diabetes mellitus, Adipositas, arterieller Hypertonus und Nikotinabusus), mit interventionellen Vorbehandlungen (PTCA, Stentimplantation), einer instabilen Angina pectoris oder Myokardinfarkten in der Vorgeschichte waren in den beiden

Gruppen vergleichbar. Bezüglich der operativen Daten zeigt Tabelle 3 zum einen die durchschnittliche Bypasszahl (ESVH: $3,1 \pm 0,7$ vs. CVH: $3,1 \pm 0,8$), den Anteil arterieller und venöser Transplantate, zum anderen die durchschnittlichen Zeiten des partiellen und totalen extrakorporalen Bypasses (*Extrakorporale Bypasszeit, Aortenklemmzeit*) für beide Gruppen gegenüberstellt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 3: Operative Patientendaten

	ESVH	CVH	Sig
Durchschnittliche Bypasszahl (<i>n</i>)	$3,1 \pm 0,7$ (242)	$3,1 \pm 0,8$ (243)	
Arterielle Bypassgefäße (<i>n</i>)	80	76	
Venöse Bypassgefäße (<i>n</i>)	162	167	
Extrakorporale Bypasszeit (<i>min</i>)	$96,9 \pm 34,9$	$92,0 \pm 28,4$	
Aortenklemmzeit (<i>min</i>)	$60,1 \pm 21,3$	$55,6 \pm 16,4$	

Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Nur bei vereinzelt Patienten während der Lernphase oder im Fall einer aufwendigen endoskopischen Präparation mit z.B. mehr als 3 venösen Transplantaten lag das letzte endoskopisch entnommene Transplantat erst mit Anschluss des Patienten an die HLM oder gar ersten Anastomosierungen mit schon vorhandenen Transplantaten vor. In einigen von diesen Fällen wurden die nach endoskopischer Venenentnahme noch unverschlossenen Äste des Transplantats dann durch den Operateur selbst verschlossen, was nach unserer Meinung zu dem in der endoskopischen Patientengruppe geringfügigen und nicht signifikanten Anstieg der Zeiten der extrakorporalen Zirkulation und der Aortenklemmung im Vergleich zur Kontrollgruppe beigetragen hat.

3.2 Transplantatvergleich

In der folgenden Tabelle 4 werden Anzahl und Art der verwendeten Transplantate in den Gruppen detaillierter aufgeschlüsselt. Bei den meisten Patienten, insbesondere mit vergleichbar hohen Anteilen in beiden Gruppen, wurde die Arteria mammaria verwendet. Koronare einfach-, fünffach- oder gar sechsfache Bypassoperationen waren vergleichsweise eher selten. Dagegen bleibt festzuhalten, dass sich bei der Mehrzahl der Patienten (etwa 80%) die Venenentnahme auf zwei oder drei venöse Transplantate konzentrierte.

Tabelle 4: Bypasstransplantate

<i>Anzahl(n)</i>	<i>Art^a</i>	ESVH		CVH		<i>Sig</i>
		<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	
1	1 x SVG	–		1	1,3	
2	<i>LIMA</i> , 1 x SVG	8	10,0	12	15,4	
2	2 x SVG	1	1,3	4	5,1	
3	3 x SVG	2	2,5	3	3,8	
3	<i>BIMA</i> , 1 x SVG	1	1,3	1	1,3	
3	<i>LIMA</i> , 2 x SVG	48	60,0	38	48,7	
4	<i>LIMA</i> , 3 x SVG	17	21,3	15	19,2	
4	4 x SVG	–		1	1,3	
5	<i>LIMA</i> , 4 x SVG	3	3,8	1	1,3	
6	<i>LIMA</i> , 5 x SVG	–		1	1,3	
	<i>Total</i>	80	100,0	78	100,0	

^{a)}*LIMA*: Left internal mammary artery; *BIMA*: Bilateral internal mammary arteries; *SVG*: Saphenous vein grafts

Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

3.3 Präparationszeiten, Venenlängen und Schnittanzahl

Die Kenntnis einiger zeitlicher Parameter zur endoskopischen Venenentnahme wird in der Routine für die Koordination von ESVH und dem zeitlichen Ablauf der Operationsschritte, gegebenenfalls auch bei der Planung des Operationsprogramms und bei Abwägung für oder gegen den Einsatz der endoskopischen Technik bei einem Patienten von Interesse sein. Wie bei konventioneller Technik war man auch bei Anwendung endoskopischer Technik bestrebt, die Transplantate nach Möglichkeit nur von einem Bein bzw. in Form eines kontinuierlichen Segments zu entnehmenden, so dass der Operateur bei Anlage der Anastomosen die Länge eines Bypasses in Situ genau abmessen kann. Die durchschnittliche Länge eines zunächst im Ganzen vorliegenden Transplantats betrug etwa $40,4 \pm 16,7$ cm. Hierfür wurde eine durchschnittliche Entnahmedauer von etwa $42,2 \pm 19,4$ Minuten benötigt (Tabelle 5). Im Durchschnitt wurden pro Patient $2,0 \pm 0,8$ Bypasses angelegt. Bezogen auf ein einzelnes Bypassteilsegment (mittlere Länge $20,9 \pm 7,2$ cm) erforderte die endoskopische Präparation einen mittleren Zeitaufwand von $21,1 \pm 8,7$ Minuten (Tabelle 6).

Tabelle 5: Operative Ergebnisse zur endoskopischen Venenentnahme I

Patientenbezogen	
Venenanzahl / Patient (<i>n</i>)	$2,0 \pm 0,8$
Venenlänge / Patient (<i>cm</i>)	$40,4 \pm 16,7$
Entnahmedauer / Patient (<i>min</i>)	$42,2 \pm 19,4$
Schnittanzahl / Patient (<i>n</i>)	$2,9 \pm 1,0$

Tabelle 6: Operative Ergebnisse zur endoskopischen Venenentnahme II**Teilsegmentbezogen**

Venenlänge / Teilsegment (<i>cm</i>)	20,9 ± 7,2
Entnahmedauer / Teilsegment (<i>min</i>)	21,1 ± 8,7
Schnittanzahl / Teilsegment (<i>n</i>)	1,6 ± 0,8
<i>Gesamtzahlen</i>	
Patienten (<i>n</i>)	80
Venenanzahl (<i>n</i>)	160
Venenlänge (<i>m</i>)	32,0
Entnahmedauer (<i>h</i>)	56,3

3.4 Vergleich der Entnahmegeschwindigkeiten und Venenlängen

Die mittlere Entnahmegeschwindigkeit, die sich aus diesen Resultaten ableiten ließ, betrug für die endoskopische Venenentnahme etwa 1 cm in der Minute ($1,0 \pm 0,5$; Tabelle 7). Im Vergleich mit der konventionellen Technik ($1,6 \pm 0,8$ cm/min) war dies deutlich langsamer. Tabelle 7 zeigt außerdem, dass die Transplantate bei konventionellen Entnahmen im Mittel 3,4 cm länger waren - was an dieser Stelle nicht die Schlussfolgerung erlaubt, dass die Transplantate zu kurz oder zu lang gewesen wären, denn Bypasszielgebiete und die diesbezüglich *erforderlichen* Venenlängen wurden nicht berücksichtigt – nichtsdestotrotz werden konventionelle Venen möglicherweise etwas großzügiger bemessen.

Tabelle 7: Vergleich von endoskopischer und konventioneller Technik

	ESVH	CVH
Mittlere Länge (<i>cm</i>)	20,9 ± 7,2	24,3 ± 5,6
Entnahmedauer (<i>min</i>)	21,1 ± 8,7	16,1 ± 5,8
Entnahmegeschwindigkeit (<i>cm/min</i>)	1,0 ± 0,5	1,6 ± 0,8

3.5 Anzahl der Schnittinzisionen

Pro Patient wurden durchschnittlich $2,9 \pm 1,0$ Inzisionen benötigt (Tabelle 5), pro Segment $1,6 \pm 0,8$ Inzisionen (Tabelle 6). Prinzipiell kann bei Anwendung einer bidirektionalen Präparationsrichtung ausgehend von einer einzigen Inzision eine Strecke von 60 cm Vene entnommen werden - insofern erscheinen diese Zahlen relativ hoch, resultieren aber daher, dass zum einen insbesondere noch während der Lernphase Hilfschnitte benötigt wurden, zum anderen das Hauptinteresse der Bewahrung der bestmöglichen Transplantatqualität und der geringsten zeitlichen Verzögerung der Operation galten, weniger dem besten kosmetischen Ergebnis.

3.6 Makroskopische Venenqualität, Schwierigkeitsgrad und Konversionen

Die Bewertung der makroskopischen Venenqualität und des Schwierigkeitsgrads der endoskopischen Entnahme wurde anhand folgender Kategorien eingestuft. Die Venenqualität erreichte auf einer Skala von 1 bis 3 (sehr gut, akzeptabel, nicht zufriedenstellend) einen Durchschnittswert von $1,3 \pm 0,5$ (subjektive Bewertung durch den Operateur), der Schwierigkeitsgrad bei Kategorien von 1 bis 4 (sehr leicht, gut, mäßig, sehr schwer) einen Durchschnittswert von $2,0 \pm 0,9$ (Tabelle 8). Makroskopisch fand sich insgesamt eine sehr akzeptable, der konventionellen Venenentnahme vergleichbare Qualität. In keinem Fall war es aufgrund des makroskopischen Aspekts notwendig, ein Transplantat zu verwerfen. Eine

Tabelle 8: Operative Ergebnisse zur endoskopischen Venenentnahme III

Endoskopische Venenentnahme

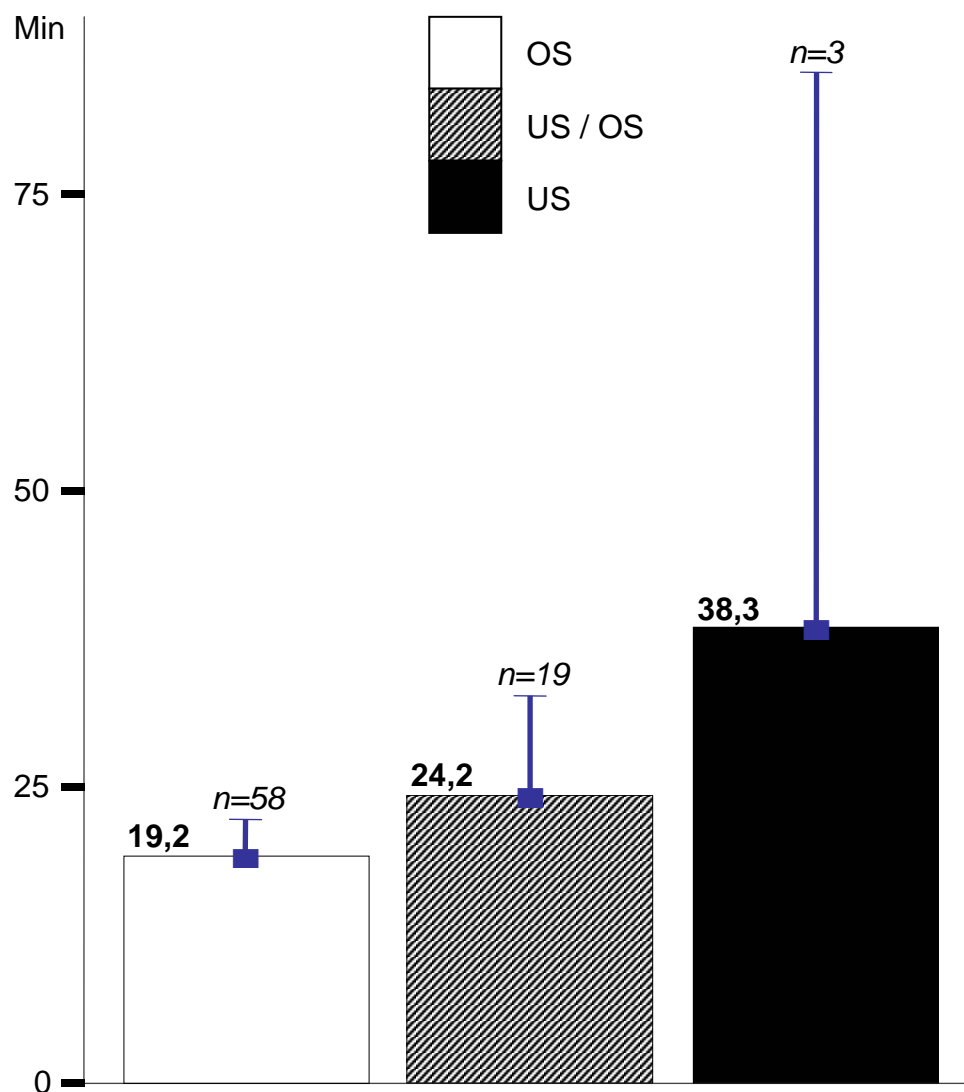
Makroskopische Venenqualität (<i>Bewertungsskala: 1 bis 3</i>) ^a	$1,3 \pm 0,5$
Schwierigkeitsgrad der Entnahme (<i>Bewertungsskala: 1 bis 4</i>) ^b	$2,0 \pm 0,9$
Abbruch / Konversion zur traditionellen Methode (<i>n</i>)	2

^{a)} 1: sehr gut; 2: akzeptabel; 3: nicht zufriedenstellend; ^{b)} 1: sehr leicht; 2: gut; 3: mäßig; 4: sehr schwer

Konversion von endoskopischer zu konventioneller Entnahme war nur bei zwei Patienten, die von der übrigen Datenerhebung ausgeschlossen wurden, erforderlich: Im ersten Fall bestand eine, bei adipöser Konstitution präoperativ nicht aufgefallene Oberschenkelvarikosis. Bei der zunächst am Knie von ihrem Kaliber noch akzeptabel erscheinenden Vene musste die endoskopische Präparation schließlich bei plötzlicher Blutung aus einem Varixknoten eingestellt werden. Im zweiten Fall zwang eine während der Präparation gebrochene endoskopische Optik zum Umstieg auf die konventionelle Technik.

Abbildung 8: Zeitaufwand und Entnahmelokalisation

OS: Oberschenkelvene; US: Unterschenkelvene



3.7 Abhängigkeit des Zeitaufwands von der Entnahmelokalisation

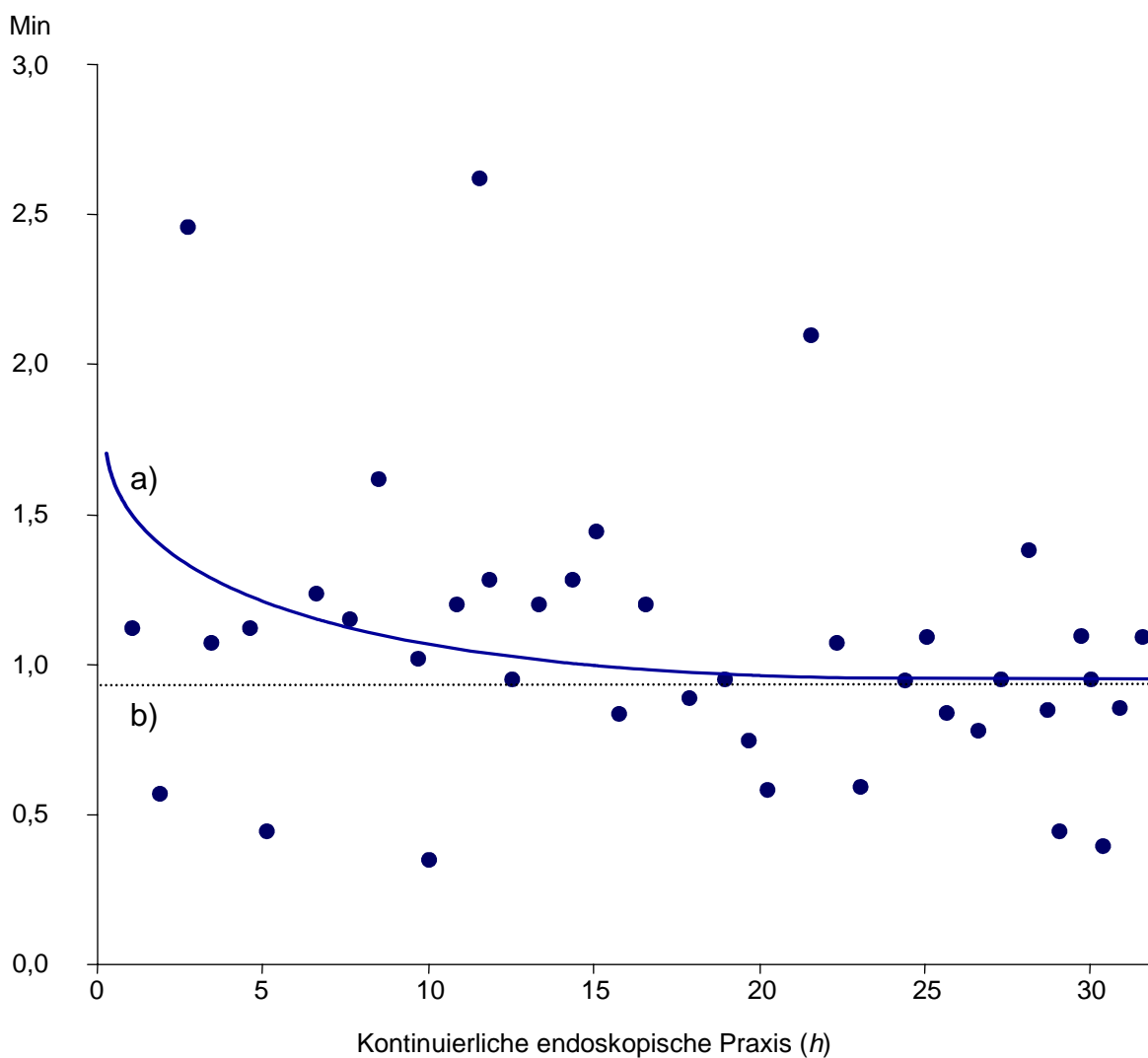
Abbildung 8 zeigt den operativen Zeitaufwand in Abhängigkeit von der Lokalisation der Entnahme am Ober- oder Unterschenkel. Während bei 58 endoskopischen Venenentnahmen der Oberschenkelvene die mittlere Entnahmedauer 19,2 Minuten pro Venensegment betrug, wurde bei kombinierten Entnahmen von Ober- und Unterschenkelvene (n = 19) ein mittlerer Zeitaufwand von 24,2 Minuten benötigt. Bei der alleinigen Entnahme der Unterschenkelvene (n = 3) stieg die Präparationszeit sogar auf 38,3 Minuten an ($p < 0,01$). Endoskopische Entnahmen der Unterschenkelvene waren mehr als doppelt so zeitaufwendig wie die des Oberschenkels. Verschiedene Gründe waren hierfür ursächlich. Unterschenkelvenen waren bzgl. ihrer Gefäßwand häufig nicht nur zarter ausgeprägt, sondern auch verletzlicher als Venen des Oberschenkels. Allein dies erforderte am Unterschenkel ein sehr behutsames Vorgehen mit dem endoskopischen Equipment. Auf der anderen Seite stieg der Präparationsaufwand durch zahlreichere Seitenastabgänge im Vergleich zum Oberschenkel an. Nicht zuletzt wurde die Präparation der Unterschenkelvene durch die geringere subkutane Fettschicht (wenig Raum, dagegen wesentlich mehr Kraft nötig), durch die anatomischen Gegebenheiten des Unterschenkels in Bezug zum Venenverlauf (hervorstehende Knochen wie Knöchel oder Tibiakopf begrenzen die Führung des Endoskops) und die enge nachbarschaftliche Lage zum Nervus saphenus erschwert, der hier wesentlich gefährdeter als am Oberschenkel ist. Mit diesen Ergebnissen und einem Zeitaufwand von beinahe 40 Minuten zur Präparation eines Venensegments erscheint es daher fraglich, ob die isolierte endoskopische Entnahme der Unterschenkelvene im Vergleich zur endoskopischen Entnahme der Oberschenkelvene bzw. im Vergleich zur konventionellen Venenentnahme in der Routine praktikabel sein kann.

3.8 Lernkurve

Da die Instrumente bei endoskopischen Venenentnahmen beidhändig auf engstem Raum bedient werden, ist es verständlich, dass diese Technik zunächst einiger Übung bedarf. Abbildung 9 zeigt den Zeitaufwand (*Minuten*) bzgl. einer Präparationsstrecke von jeweils 1 cm. Die Lernkurve (Mittelwerttrend; a) erreichte nach etwa 20 Stunden kontinuierlicher Praxis den Mittelwert der übrigen Entnahmen (b). Bezogen auf die mittlere Entnahmedauer von $42,2 \pm 19,4$ Minuten bei allen Patienten (Tabelle 4) entsprach dies in Übereinstimmung zur Literatur etwa 25 Patienten, um die Lernphase zu absolvieren.

Abbildung 9: Präparativer Zeitaufwand (*Min*) für 1 cm Vene vs. kontinuierliche Praxis (*h*)

a) Mittelwerttrend b) Mittelwert



Die einzelnen Datenpunkte in Abbildung 9 verdeutlichen andererseits die Variabilität des zeitlichen Aufwands bei endoskopischen Entnahmen. Bzgl. der operativen Planung wird die ungefähre Einschätzung des zeitlichen Aufwandes bei einer endoskopischen Entnahme ohne eine präoperative bildgebende Diagnostik des Venensystems kaum möglich sein, denn der präoperative Zeitaufwand war von der Anzahl der Seitenäste in dem betreffenden Venenanteil direkt abhängig. Bei einzelnen Patienten war die Entnahme der gesamten Oberschenkelvene durchaus sehr zügig durchzuführen, mit einem Zeitaufwand, der sogar unter dem der konventionellen Technik lag. In diesen Fällen waren aber im Unterschied zu den meisten Patienten in dem betreffenden Venenabschnitt kaum Seitenäste zu präparieren. Aufgrund dieser Variabilität des präparativen Aufwands waren wir bei endoskopischer Technik dazu übergegangen, stets so früh als möglich, bereits mit dem thorakalen Hautschnitt, nicht erst mit der arteriellen Transplantatentnahme, zu beginnen. Obwohl die Präparation bei endoskopischen Entnahmen insgesamt aufwendiger und variabler als bei konventionellen Entnahmen sein mag, unter dem Aspekt der Integration in den Operationsablauf sollte ebenfalls nicht unerwähnt bleiben, dass der Wundverschluss nach endoskopischer Technik wesentlich schneller als bei konventionellen Venenentnahmen durchführbar ist.

3.9 Vergleich des postoperativen Outcomes

Tabelle 9 zeigt den postoperativen Blutverlust (48 h) über die thorakalen Drainagen, den postoperativen (und intraoperativen) Substitutionsbedarf von Erythrozyten-Konzentraten, Fresh-Frozen-Plasma und Thrombozyten, und den durchschnittlichen Abfall des postoperativen Hämoglobins (*Minimalwerte*). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, so dass man nicht nur davon ausgehen kann, dass die Art der Venenentnahme für diese Daten unerheblich war, sondern dass die Vorgehensweise, Äste zunächst noch unverschlossen zu lassen und später durch Ligaturen zu verschließen, vertretbar erscheint.

Tabelle 9: Blutverlust^{a)}, Substitutionsbedarf, Hämoglobin

	ESVH	CVH	Sig
Thorakale Drainagenförderung (ml)	903 ± 573	878 ± 615	
<i>Postoperative Substitutionseinheiten (n)</i>			
Erythrozyten-Konzentrate	1,1 ± 1,4 (88/79)	1,0 ± 1,4 (75/78)	
intraoperativ	0,6 ± 1,1 (50/79)	0,8 ± 1,2 (59/77)	
Fresh-Frozen-Plasma	0,1 ± 0,7 (11/80)	0,1 ± 0,5 (8/78)	
intraoperativ	0,1 ± 0,6 (11/79)	0,3 ± 1,4 (21/77)	
Thrombozyten-Konzentrate	–	–	
intraoperativ	–	0,0 ± 0,1 (1/78)	
Minimaler Hämoglobinwert (mg/dl)	10,1 ± 0,9	10,4 ± 1,1	

*Signifikanz-Level: * p < 0,05; ** p < 0,01*

^{a)} Bei optionaler Verwendung von Redondrainagen war eine direkte Bestimmung des Blutverlusts aus den Wunden weder bei konventionellen noch endoskopischen Entnahmen zuverlässig möglich.

3.10 Komplikationen in der frühpostoperativen Phase

Komplikationen bzw. die Freiheit von Komplikationen in der frühpostoperativen Phase sind in der Tabelle 10 zusammengefasst. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Häufigkeit erneuter pektanginöser Beschwerden, neu aufgetretener ST-Strecken-Veränderungen im EKG oder klinisch fassbaren Myokardinfarkten. Kein Patient beider Gruppen benötigte eine Kontrollangiographie, eine angiographische Bypassintervention oder eine operative Revision. Jeweils 1 Patient wurde wegen einer Nachblutung rethorakotomiert. Todesfälle sind nicht aufgetreten.

Tabelle 10: Postoperative Ergebnisse – Kardiale Komplikationen I

	ESVH	CVH	<i>Sig</i>
Angina pectoris	1	2	
ST-Streckenveränderung (<i>passager</i>)	2	1	
Myokardinfarkt	–	–	
Kontrollangiographie / Intervention	–	–	
Rethorakotomie (<i>Nachblutung</i>)	1	1	
Operative Bypassrevision	–	–	
Tod	–	–	

*Signifikanz-Level: * p < 0,05; ** p < 0,01*

3.11 Myokardenzyme

In der Tabelle 11 werden die labor-chemischen Bestimmungen kardialer Enzyme in den frühpostoperativen Verlaufsstunden der Patienten miteinander verglichen (Maximalwerte). Sensitive, jedoch unspezifische Herzmuskelenzyme wie Myoglobin S oder die Kreatinkinase (CK) zeigten einen schwach signifikanten ($p < 0,05$) bzw. keinen signifikanten Unterschied.

Die spezifischeren Marker wie das Isoenzym der Kreatinkinase (CKMB) und Troponin I waren in der endoskopischen Patientengruppe signifikant erniedrigt gegenüber den Werten der Kontrollgruppe ($p < 0,01$) und widersprachen einer Zunahme von Ischämien durch den Einsatz der endoskopischen Technik.

Tabelle 11: Myokardiale Markerenzyme

<i>Maximalwerte</i>	ESVH	CVH	<i>Sig</i>
CK (U/l)	381,1 ± 219,6	489,6 ± 444,6	
CKMB (U/l)	13,4 ± 12,9	27,2 ± 32,0	**
Myoglobin S	82,9 ± 97,6	145,0 ± 168,3	*
Troponin I	16,8 ± 29,4	26,5 ± 37,5	**

*Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$*

3.12 Postoperative Arrhythmien

Ischämische Zustände des Myokards können sich bei postoperativen herzchirurgischen Intensivpatienten durchaus in Form von Arrhythmien äußern. In manchen Fällen deuten Arrhythmien initial als alleiniges klinisches Zeichen darauf hin, dass die Transplantate eines Patienten potentiell versagen. Insofern wurde zum Vergleich des Outcomes auch eine Analyse des Rhythmus und der antiarrhythmischen Maßnahmen bei den Patienten erhoben. Signifikanzen ergaben sich für den Anteil von Patienten mit Sinusrhythmus und der Notwendigkeit einer medikamentösen antiarrhythmischen Therapie (Tabelle 12). In der endoskopischen Gruppe lag bei 64 Patienten (80%) ein Sinusrhythmus vor, in der konventionellen Gruppe dagegen nur bei 49 (64%; $p < 0,05$). Die Aussagefähigkeit dieser Daten ist allerdings dahingehend limitiert, da keine Datenerhebung bzgl. präoperativer Rhythmusstörungen bzw. bestehender präoperativer antiarrhythmischer Therapien erfolgte und insofern kein Vergleich möglich ist.

Tabelle 12: Rhythmus und antiarrhythmische Therapie

	ESVH		CVH		Sig
	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	
SR	64	80	49	61,5	*
Antiarrhythmika	21	26,3	33	42,3	*
PACER-pflichtigkeit	7	8,8	12	15,4	
Defibrillationen	5	6,3	5	6,4	

Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

3.13 Postoperative Intensivverweildauer und postoperativer stationärer Aufenthalt

Tabelle 13 zeigt, dass sich weder bzgl. des Aufenthalts der Patienten auf der Intensivstation noch bzgl. des stationären Aufenthalts signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Art der Venenentnahme fanden. Bei über 80% der Patienten beider Gruppen betrug die Intensivverweildauer 2 Tage.

Tabelle 13: Postoperative Intensivverweildauer und stationärer Aufenthalt

	ESVH		CVH		Sig
	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	
Intensivaufenthalt (<i>Tage</i>)					
1	3	3,75	4	5,1	
2	67	83,75	65	83,3	
3	6	7,5	5	6,4	
≥ 4	4	5	4	5,1	
<i>Total</i>	100,0	80	100,0	78	
Stationärer Aufenthalt (<i>Tage</i>)	13,0 \pm 4,1		13,2 \pm 6,5		

Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

3.14 Wundkomplikationen, Wundinfekte

Die Tabelle 14 stellt zunächst die Häufigkeit der Wundkomplikationen bei den Patienten beider Gruppen dar. Der Anteil von Patienten mit leichten oder schwerwiegenderen Wundkomplikationen war in der konventionellen Gruppe jeweils gegenüber der endoskopischen Gruppe leicht, jedoch nicht signifikant erhöht.

Tabelle 14: Wundkomplikationen

	ESVH	CVH	Sig
Leichte Wundkomplikationen (n)	3 (3,75%)	7 (8,97%)	
Schwere Wundinfekte	-	3 (3,85%)	

*Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$*

3.15 Hämatome

Mit 7,5% waren ausgedehnte Hämatome in der endoskopischen Venenentnahmegruppe etwas häufiger als in der konventionellen Gruppe (2,6%) zu sehen (nicht signifikant; Tabelle 15). Insbesondere während der Heparinisierung des Patienten an der extrakorporalen Zirkulation kann es in der nicht adaptierbaren Wundhöhle bei endoskopischen Venenentnahmen zur Ansammlung von Blut kommen, die sich schließlich postoperativ in Form von Hämatomen äußert. Die alleinige Verwendung von Redondrainagen konnte hier nicht entscheidend entgegenwirken. Erst durch Kompression der Wundhöhle von außen durch intraoperative Umwicklung des Beins mit sterilen Kompressionsbandagen konnte dieses Problem gelöst werden.

Tabelle 15: Hämatome

	ESVH		CVH		Sig
	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	
ohne	25	31,25	27	34,6	
subcutan	44	55	45	57,7	
umschrieben	5	6,25	4	5,1	
ausgedehnt	6	7,5	2	2,6	
verhärtet					
<i>Total</i>	80	100,0	78	100,0	

*Signifikanz-Level: * p < 0,05; ** p < 0,01*

3.16 Semiquantitative Auswertungen - Kosmetisches Ergebnis und Zufriedenheit

Die Patienten wurden gegen Ende des stationären Verlaufs anhand eines standardisierten Fragebogens bezüglich des kosmetischen Ergebnisses befragt. Bei hoher Signifikanz zeigten sich dabei deutliche Meinungsunterschiede zwischen den Gruppen (Tabellen 16). Beinahe 60% der Patienten mit endoskopischer Venenentnahme bezeichneten das kosmetische Ergebnis als „ausgezeichnet“ oder „sehr gut“. In der konventionellen Entnahmegruppe stimmte nur 1 Patient für ein „sehr gutes“ Ergebnis, stattdessen beurteilten hier 16 Patienten (20,5%) das Ergebnis „weniger gut“. Diese Ergebnisse spiegelten sich auch in der Meinung der Patienten bzgl. ihrer postoperativen Gesamtzufriedenheit wider. Der Anteil von Patienten, die ihre Zufriedenheit auf dem Befragungsprotokoll mit „ausgezeichnet“ oder „sehr gut“ bezeichneten, lag in der endoskopischen Gruppe mit 15,0% bzw. 26,3% signifikant höher als in der konventionellen Gruppe (jeweils 5,1%), in der 11,5% (vs. ESVH: 2,5%) der Patienten „weniger“ zufrieden waren (Tabelle 17).

Tabelle 16: Subjektive Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses

	ESVH		CVH		Sig
	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	
ausgezeichnet	15	18,75			***
sehr gut	32	40	1	1,3	***
gut	31	38,75	61	78,2	***
weniger gut	2	2,5	16	20,5	***
schlecht					
<i>Total</i>	100,0	80	100,0	78	

*Signifikanz-Level: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001*

Tabelle 17: Patientenzufriedenheit

	ESVH		CVH		Sig
	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	<i>Frequenz</i>	<i>Prozent</i>	
ausgezeichnet	20	15,0	4	5,1	**
sehr gut	36	26,3	4	5,1	***
gut	22	15,0	61	78,2	***
weniger	2	2,5	9	11,5	*
schlecht					
<i>Total</i>	80	100,0	78	100,0	

*Signifikanz-Level: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001*

3.17 Venenqualität

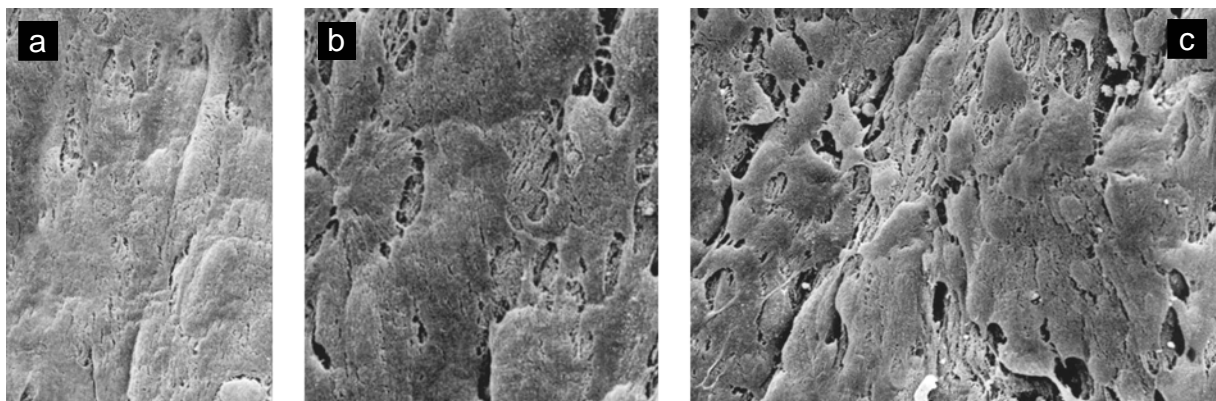
Die Beurteilung der Qualität von jeweils 20 Proben aus einem repräsentativen, mittleren Venenanteil (1 cm) nach endoskopischer und konventioneller Venenentnahme erfolgte durch ultrastrukturelle Analyse des Endothels mit dem Raster-Elektronenmikroskop (REM). Die endothelialen Eigenschaften jeder Venenprobe wurden einer der folgenden Qualitätsstufen (Score) zugeordnet: 1) vollständig konfluierendes Endothel; 2) partiell konfluierendes Endothel; 3) locker vernetztes Endothel; 4) vereinzelte Endothelzellinseln; 5) völliger Verlust des Endothels (Abbildung 10). Venenproben nach endoskopischer Venenentnahme zeigten gegenüber den Proben konventioneller Venen eine vergleichbare Qualität (Tabelle 18).

Tabelle 18: Endotheliale Qualität

	ESVH	CVH	Sig
Mittlerer REM-Score	2,2 ± 1,3	2,4 ± 1,5	

Signifikanz-Level: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Abbildung 10: Elektronenmikroskopische Beispiele



a) partiell konfluierendes Endothel b) locker vernetztes Endothel c) zerstörtes Endothel

4 Diskussion

In der koronaren Bypasschirurgie werden heutzutage zunehmend, insbesondere bei jüngeren Patienten, vollständige arterielle Revaskularisationen angestrebt, zum Beispiel durch die bilaterale Verwendung der Arteriae mammae oder die zusätzliche Entnahme einer Arteria radialis. Gleichwohl kann aber bei den wenigsten koronarchirurgischen Patienten auf eine Entnahme von Venentransplantaten verzichtet werden, denn die koronarchirurgische Therapie erfordert in den meisten Fällen, wenn Patienten erst nach überbrückenden medikamentösen und interventionellen Maßnahmen zu einem operativen Eingriff kommen, multiple Revaskularisationen der Koronargefäße. Bezüglich der Häufigkeit von Wundkomplikationen nach der offenen, konventionellen Venenentnahme war die Literatur insgesamt kritisch zu betrachten, denn einerseits gibt es sicher eine Reihe klinikinterner Eigenheiten, zum Beispiel Art des Nahtmaterials und des Wundverschlusses, Klammern vs. Intrakutannaht, oder Häufigkeit und Sorgfalt der postoperativen Wundpflege, welche mittragend an der Komplikationsrate nach Venenentnahmen beteiligt sind, andererseits ist von den Autoren nicht ganz vereinheitlicht, welche Vorkommnisse überhaupt als Komplikationen zusammengefasst wurden. Beispielsweise muss eine vorübergehende Rötung der Wunde, gegebenenfalls nur durch Auflösung einer resorbierbaren Naht bedingt, nicht zwangsläufig eine Komplikation mit Krankheitswert bedeuten. Einige Literaturstellen, die Komplikationen nach konventioneller Venenentnahme beschrieben, waren mit einer Komplikationsrate bis zu 44% zum Teil erschreckend hoch [110], oder es wurde über eine fast hundertfach häufigere Komplikationsrate bei Venenentnahmen im Vergleich zu den Komplikationen nach der Sternotomie berichtet. Auch ohne Kritik an der Höhe dieser Angaben, Methoden, die in der Lage wären, solche Raten zu minimieren, könnten für eine Vielzahl von Patienten in der koronaren als auch peripheren Bypasschirurgie von Bedeutung sein. Denn gerade die Patienten, die zu einer Bypassoperation kommen, sind durch ihre vaskulären Risikofaktoren in typischer Weise auch für postoperative Wundkomplikationen prädestiniert. Statistisch

konnten wir den Benefit der endoskopischen Venenentnahme im Zusammenhang mit postoperativen Wundheilungsstörungen durch unsere eigenen Ergebnisse zwar nicht mit Signifikanz belegen, aber auch ohne signifikantes Ergebnis war in unserem Vergleich hervorzuheben, dass in der endoskopischen Gruppe kein einziger Patient eine schwerwiegendere Wundkomplikation, zum Beispiel eine Infektion zeigte. Die aktuell verfügbare Literatur, die sich mit dem Thema postoperativer Wundheilungsstörungen nach endoskopischen und konventionellen Venenentnahmen auseinandersetzt, beschreibt im Wesentlichen einheitlich einen Benefit für all jene Patienten, bei denen die Entnahme in endoskopischer Technik erfolgte. ATHANASIOU et al. [11] führten zum Vergleich von minimal-invasiver und konventioneller Technik eine Meta-Analyse verfügbarer randomisierter Studien, die in einem Zeitraum von 1965 bis 2002 publiziert wurden, durch. Die hauptsächliche Fragestellung dieser Meta-Analyse galt „Wundinfektionen des Beines“. 14 randomisierte Studien wurden ausgewertet, die diesbezüglich eine klare Überlegenheit der endoskopischen Technik ergaben (Odds Rate: 0,22; Konfidenzintervall: 0,14 – 0,34). Auch BITONDO et al. [16] konnten einen eindeutigen Benefit hinsichtlich Wundheilungsstörungen nach endoskopischer Technik (154 Patienten) vs. konventionellen Entnahmen (106 Patienten) belegen. In dieser Serie mit relativ großen Patientenzahlen betrug die Wundkomplikationsrate 6,8% bei endoskopischer Entnahme zu 28,3% in der konventionellen Gruppe ($p < 0,001$) und war damit im Vergleich zu unserer eigenen Untersuchungsreihe wie auch zu Erfahrungen einiger anderer Untersucher in der konventionellen Gruppe relativ hoch. Durch eine logistische Regressionsanalyse wurde in dieser Arbeit die konventionelle Venenentnahme bei einem relativen Risiko von 4,0 als einziger Risikofaktor für das Auftreten von Wundkomplikationen des Beines identifiziert, wohingegen einige andere, ebenfalls größere Untersuchungsreihen [8, 36] vor allem Adipositas und Diabetes mellitus als unabhängige Prädiktoren von Wundheilungsstörungen nachgewiesen haben. Mit ähnlich großen Zahlen (jeweils 91 Patienten) konnten LUTZ et al. in einer retrospektiven Analyse zeigen, dass durch

die Anwendung des endoskopischen Verfahrens die Inzidenz postoperativer Wundheilungsstörungen von 15,3% nach konventioneller Technik auf 3,4% signifikant reduziert werden konnte ($p = 0,015$) [81]. PATEL et al. [89] publizierten eine prospektive Analyse bei jeweils 100 Patienten mit gleichfalls signifikant weniger Wundheilungsstörungen und daraus resultierend verkürztem stationären Aufenthalt ($p < 0,05$) bei den Patienten mit endoskopischer Venenentnahme. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen konnten wir die auch in anderen, vor allem im angloamerikanischen Raum durchgeführten Studien beschriebene kürzere stationäre Verweildauer nach endoskopischer Entnahmetechnik in unserem Kollektiv nicht aufzeigen. Es kann aber sowohl durch die vergleichsweise niedrige Verweildauer unserer Patienten auf der Intensivstation (2 Tage bei über 80% in beiden Gruppen) als auch die Dauer des stationären Aufenthalts in beiden Patientengruppen zumindest eine Erhöhung der Komplikationsrate oder die Benachteiligung der Patienten durch Anwendung der endoskopischen Technik weitgehend ausgeschlossen werden. Eine der bedeutsamsten Untersuchungsreihen zum Thema Wundheilungsstörungen des Beins wurde von ALLEN et al. [8], einem der Pioniere der endoskopischen Venenentnahme vorgestellt: Eine Vergleichsuntersuchung von 276 Patienten nach endoskopischer Technik eines einzigen, erfahrenen Operateurs zu 643 demographisch vergleichbaren Patienten nach konventioneller Technik. Das Follow-Up nach 6 Wochen betrug in dieser Analyse jeweils 100%. Die Inzidenz von Wundkomplikationen nach endoskopischer Entnahme betrug auch hier nur 3% gegenüber 17% nach traditioneller Technik ($p < 0,0001$). Als multivariate Prädiktoren für Infektionen wurden traditionelle Entnahmetechnik ($p < 0,0001$), Diabetes mellitus ($p = 0,0006$), und Adipositas ($p = 0,007$) identifiziert. Andere Untersuchungsreihen mit allerdings etwas kleineren Patientenzahlen [18, 20, 29, 59] unterstützen mit ihren Ergebnissen diese Erfahrungen gleichfalls. BONDE et al. [19] führten eine prospektiv randomisierte Untersuchungsreihe bei 52 Patienten nach endoskopischer Venenentnahme, verglichen mit 56 Patienten nach konventioneller Technik eines einzigen Operateurs, durch. Die Ergebnisse

dieser vergleichsweise langfristig angelegten Studie (3-Jahres-Follow-Up) zeigten eine klare Überlegenheit ($p < 0,01$) hinsichtlich Wundheilungsstörungen in der endoskopischen Gruppe, keine verlängerten Operationszeiten im Vergleich zur konventionellen Entnahme und darüber hinaus als wesentliches Merkmal eine histologisch nachgewiesene identische Qualität der Venensegmente. Dieser entscheidende Punkt der Sicherstellung der Venenqualität wurde bislang vor allem von Gegnern dieser Technik in Frage gestellt. Die alleinige makroskopische Beurteilung der Venenqualität durch den Operateur ist möglicherweise durch subjektive Faktoren beeinflusst und daher für die Bewertung sicherlich nicht ausreichend, so dass objektivere Kriterien, vor allem die histomorphologische Beurteilung der Venensegmente, unerlässlich sind. In der Literatur fanden sich zu dieser brisanten Thematik, hängen doch die Transplantatoffenheitsraten ganz entscheidend von der Integrität des Venenendothels und damit durchaus von der Präparationstechnik ab, unterschiedliche Ergebnisse: Die Mehrzahl histomorphologischer Untersuchungsreihen zu dieser Fragestellung zeigte keine qualitativen Unterschiede zwischen konventioneller und endoskopischer Technik [9, 10, 20]. KIAII et al. [75] fanden bei 28 histologisch untersuchten Segmenten keine signifikanten Schäden des Transplantatendothels. Endothel-Separation, Endothel-Ödem, Darstellung der Basalmembran und des Kollagens zur Evaluierung des Ausmaßes endothelialer Schädigungen wurden bei 45 Patienten licht- und elektronenmikroskopisch von ALRAWI et al. [9] durchgeführt und resultierten hinsichtlich struktureller Schäden in keinem statistisch signifikanten Unterschied ($p < 0,05$). BLACK et al. [17] untersuchten Effekte auf endotheliale Funktionen und glatte Muskulatur bei 40 Patienten nach endoskopischer und traditioneller Entnahmetechnik. Neben identischer Zeiten der Entnahme für beide Gruppen fand sich keine Differenz im Kontraktionsverhalten der glatten Muskulatur, auch die Vasorelaxations-Antwort auf diverse Agonisten erwies sich als identisch in beiden Gruppen. Auch FABRICIUS et al. [49] fanden licht- und elektronenmikroskopisch bei 92 Patienten in einer prospektiv randomisierten Studie keine signifikant unterschiedliche Veränderung des Endothels, allerdings einen um 26%

verlängerten Zeitraum der Präparationstechnik im Vergleich zur offenen, konventionellen Methode. Histomorphologische und immunohistochemische Untersuchungsreihen unter Anwendung der Marker CD34 (*Atherosklerose-Marker*) und Faktor VIII (*von-Willebrand-Faktor*), durchgeführt von MEYER et al. [85], ergaben bei allerdings sehr niedrigen Patientenzahlen (n = 9) keinen Unterschied für Intima, Media oder Adventitia zwischen endoskopisch und konventionell erhaltenen Transplantaten. CROUCH et al. [36] konnten diese Ergebnisse bei einem größeren Patientenkollektiv (n = 180) bestätigen. Eine aktuelle Untersuchung aus dem Jahr 2004, durchgeführt von COOK et al. [31] wies erstmals eine potentielle Dysfunktion des Endothels nach. 23 Segmente nach minimal-invasiver Venenentnahme wurden mit 33 nach konventioneller Technik verglichen und wiesen hierbei eine reduzierte Acetylcholin-induzierte Relaxation auf. Diese Studie belegt als bisher einzige Veröffentlichung eine Benachteiligung der Transplantatqualität durch minimal-invasive Technik, wenngleich auch bei dieser Untersuchungsreihe nicht das endoskopische Verfahren, sondern eine modifizierte Brückentechnik zum Einsatz kam. Einen nicht unerheblichen Diskussionspunkt stellt neben objektiven Faktoren, wie die Frequenz von Wundkomplikation oder die Transplantatqualität, der in Anspruch zu nehmende Zeitraum für unterschiedliche Präparationstechniken dar. Vor allem für ältere, multimorbide Patienten sind bekanntermaßen die Gesamtoperationszeit, insbesondere aber die Dauer des Anschlusses an die extrakorporale Zirkulation, limitierende Faktoren für Morbidität beziehungsweise Mortalität. Zur Fragestellung des unterschiedlichen Zeitaufwandes zwischen konventionellen und endoskopischen Verfahren differieren die Ergebnisse aus verfügbarer Literatur erheblich. In einer randomisierten Studie von KIAII et al. [75] mit jeweils 72 Patienten konnten einerseits signifikant reduzierte Präparationszeiten für die endoskopische Technik (27,6 Minuten vs. konventionell: 64,4 Minuten; $p < 0,0001$) nachgewiesen werden. Dagegen publizierten SCHURR et al. [97] bei 80 Patienten einen signifikant längeren Entnahmezeitraum nach endoskopischer Technik ($45 \pm 6,2$ Min vs. $31,1 \pm 6,5$ min). CARPINO et al. [27], wie auch

FABRICIUS et al. [49] oder GALBRAITH und PICA-FUREY [59] bestätigten die Ergebnisse von SCHURR et al. [97] mit signifikant verlängerten Entnahmezeiten bei endoskopischer Technik. Der Zeitaufwand für die endoskopische Venenentnahme in der vorliegenden Arbeit entspricht mit $21,1 \pm 8,7$ Minuten im Mittel im Wesentlichen den in der Literatur angegebenen Zeiten (bzgl. 1 Bypassteilsegments) und differiert aber vor allem nach der Entnahmelokalisation, was in der Literatur nicht berücksichtigt ist. So sind nach unserer Erfahrung Transplantate aus dem Oberschenkel sehr viel einfacher und dementsprechend zügiger als aus dem Unterschenkel zu gewinnen. Dieser Aspekt der Differenzierung verschiedener Entnahmestellen mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad wird von einigen Autoren außer Acht gelassen. Zur Überwindung dieser Problematik waren wir nach entsprechender Erfahrung dazu übergegangen, mit der endoskopischen Technik bei vom äußeren Aspekt zu erwartender schwieriger Präparationstechnik so früh als möglich, d.h. mit Operationsbeginn, und nicht erst nach Sternumöffnung zu beginnen. Mit dieser Strategie kann eine Verlängerung der Operationszeit, abgesehen von einigen wenigen außerordentlich schwierigen Fällen, in der Regel vermieden werden. Nicht zu vernachlässigen ist in diesem Zusammenhang auch die jeweilige Erfahrung des Chirurgen. In Übereinstimmung mit den Erfahrungen anderer Autoren [56, 108] muss eine Lernphase von etwa 25 Entnahmen mit dieser Technik vorausgesetzt werden dürfen, um vertretbare Präparationszeiten zu garantieren. Die Frequenz der Notwendigkeit einer Konversion von endoskopischer zu konventioneller Methodik lag in unserer Studie bei 2,5% (2 Patienten) und deckt sich hier ebenfalls mit den Erfahrungen anderer Autoren [59]. Perioperative Herzinfarkte konnten in unserem Patientenkollektiv weder klinisch noch laborchemisch oder elektrokardiographisch in einer Gruppe nachgewiesen werden. Die Inzidenz passagerer ST-Strecken-Veränderungen wie auch postoperativ subjektiv empfundener pektanginöser Beschwerden war ausgesprochen niedrig und insbesondere nicht unterschiedlich für beide Gruppen. COPPOOLSE et al. [34] wiesen ebenfalls als einen indirekten Hinweis für die Qualität der Transplantate eine niedrige

perioperative Infarktrate von nur 1,7% nach endoskopischer vs. 2,3% (nicht signifikant) nach konventioneller Venenentnahme bei immerhin 1400 Patienten nach. Eine operative Bypassrevision oder perkutane Intervention ist bei keinem unserer Patienten notwendig gewesen, allerdings muss hier einschränkend erwähnt werden, dass keine angiographischen Routinekontrollen durchgeführt wurden. Über postoperative angiographische Ergebnisse im kurzfristigen Verlauf (3 Monate) berichten dagegen PERRAULT et al. [92] bei 40 Patienten mit vergleichbaren Offenheitsraten für beide Techniken. Exzellente Langzeitoffenheitsraten nach endoskopischer Technik (über 95% nach 3,8 Jahren), die mit jenen nach konventioneller Technik durchaus vergleichbar sind, konnten in einer der insgesamt wenig verfügbaren angiographischen Untersuchungsreihen von DAVIS et al. [40] bei 50 Patienten nachgewiesen werden. Eine bedeutsame Studie zum Thema Langzeitverlauf nach endoskopischer vs. traditioneller Venenentnahmetechnik wurde erneut von ALLEN et al. [7], allerdings ohne angiographische Verifizierung vorgenommen: In dieser prospektiv randomisierten Studie mit 54 bzw. 58 Patienten betrug das 5-Jahres-Follow-up ebenfalls 100% und resultierte in annähernd gleicher Freiheit von kardialen Ereignissen (75% vs. 74%; $p = 0,85$) bezüglich Tod, Infarkt oder wiederkehrender Angina pectoris in beiden Gruppen. Um die kurzfristigen klinisch guten Ergebnisse unserer Untersuchungsreihe im längerfristigen Verlauf zu verifizieren, wurde eine klinische Nachuntersuchung geplant. Subjektive Parameter wie Patientenzufriedenheit, aber auch kosmetische Ergebnisse, die zwar im Gesamtkontext mit objektiveren Daten wie Venenqualität, Wundheilungsstörungen oder Infarktrate sicherlich eine untergeordnete Rolle einnehmen sollten, sind dennoch nicht zu vernachlässigen. Mehrere Autoren [46, 67, 75, 97] heben den kosmetischen Vorteil der endoskopischen Venenentnahme und die überlegene Zufriedenheit der Patienten nach endoskopischer Venenentnahme vs. konventioneller Entnahme hervor. In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen bezeichneten in unserem Kollektiv fast 60% der Patienten nach endoskopischer Venenentnahme das kosmetische Ergebnis als „ausgezeichnet“ oder „sehr gut“, während dieses Prädikat nur von

1,3% der Patienten der konventionellen Gruppe verteilt wurde. Stattdessen beurteilten immerhin 20% der Patienten dieser Gruppe das Ergebnis als „weniger gut“. Nicht zuletzt spiegelt sich die Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses in der Gesamtzufriedenheit der Patienten wider. Der Anteil von Patienten, die ihre postoperative Zufriedenheit mit „ausgezeichnet“ oder „sehr gut“ beurteilten, lag in der endoskopischen Gruppe mit 15% bzw. 26,3% signifikant höher als in der konventionellen Gruppe (jeweils 5,1%), in der sich dagegen immerhin 11,5% für ein weniger zufriedenstellendes Ergebnis aussprachen (vs. 2,5% in der endoskopischen Gruppe). Neben den entscheidenden, qualitativ objektiven Merkmalen wie den laborchemischen Befunden, der Venenqualität, postoperativen Wundheilungsstörungen oder subjektiven Parametern wie Patientenzufriedenheit und der Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses, dürfen ökonomische Aspekte von therapeutischen Maßnahmen heutzutage nicht in den Hintergrund treten. Wie von anderen Autoren beschrieben [20, 23, 67] sind valide Kosten-Vergleichs-Analysen beider Verfahren bisher kaum verfügbar, so dass die Frage offen bleibt, ob der bisher gerechtfertigte klinische Benefit des endoskopischen Verfahrens und seines technischen Aufwandes einer vertretbaren Kostenanalyse standhält. Um die ökonomischen Aspekte dieser Technologie zu evaluieren, sind daher weiterführende Analysen zur Kosteneffektivität der Methode unerlässlich. Mittlerweile hat sich diese Fragestellung zwar entschärft, da das Instrumentarium nun auch in resterilisierbarer Form verfügbar ist und man insofern nicht mehr nur auf die kostenträchtigen Einmalprodukte zurückgreifen muss. Außerdem dürfte ein Teil des initialen Mehraufwands für die endoskopische Ausstattung, auch wenn wir dies für unsere eigenen Patientenkollektive nicht belegen konnten, an der einen oder anderen Klinik durch eine frühzeitigere Patientenentlassung bzw. reduzierte Kosten in der Behandlung von Wundheilungsstörungen wieder einzusparen sein. In der Kalkulation sollte daher jede Klinik selbst entscheiden, ob und wie viel des Budgets für diese, seitens der Patienten doch auch honorierte Technik, aufgewendet werden soll.

5 Zusammenfassung

Mögliche Konsequenzen der konventionellen offenen Entnahmetechnik von Venen mit der üblichen Durchtrennung von Haut und Subkutangewebe stellen zum einen Wundkomplikationen oder kosmetisch unbefriedigende Ergebnisse bei Patienten nach koronaren Eingriffen dar. Die Suche nach Methoden, das kosmetische Ergebnis einerseits zu verbessern, und insbesondere die Komplikationsrate, die nach Angaben in der Literatur erheblich sind, andererseits zu senken, hat zu sog. minimal-invasiven Verfahren mit kleineren Hautinzisionen und dem Belassen von Hautbrücken geführt. Ende der neunziger Jahre entstanden die instrumentellen Voraussetzungen für ein neues minimal-invasives, endoskopisches Verfahren, dessen breiter Einzug in die herzchirurgische Operationsroutine aber bisher noch nicht etabliert ist. Die sog. endoskopische Venenentnahme bietet als eine moderne Methode die Möglichkeit, unter visueller, video-assistierter Kontrolle Hautschnitte auf minimale Inzisionsgröße zu begrenzen, große Hautbrücken zu belassen, und sollte damit die Inzidenz von Wundheilungsstörungen sowohl reduzieren, als auch das kosmetische Ergebnis verbessern können. Wie in mehreren histomorphologischen und ultrastrukturellen Untersuchungsreihen bereits gezeigt werden konnte, soll die Transplantatqualität bei mit dieser Technik entnommenen Venen jenen nach konventioneller Entnahme nicht nachstehen. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war die Evaluierung klinischer Ergebnisse der endoskopischen im Vergleich zur konventionellen Venenentnahme bei 80 koronarchirurgischen Patienten mit endoskopischer Venenentnahme vs. 78 Patienten eines konventionellen Patientenkollektivs, welche im Zeitraum von 1998 bis 1999 in der herzchirurgischen Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München operiert wurden. Einerseits wurden objektiv erhebbare Daten, wie z.B. die Inzidenz von Wundheilungsstörungen, Infektionen, die perioperative Infarktrate in den beiden Patientenkollektiven miteinander verglichen. Zum anderen wurde die endotheliale Qualität von Transplantaten nach jeweiliger Entnahmetechnik durch ultrastrukturelle Analyse von

jeweils 20 Proben mit dem Elektronenmikroskop bestimmt. Darüber hinaus sollten der zeitliche Aufwand der endoskopischen Technik im Vergleich zur konventionellen Methode und damit die Integrationsfähigkeit in die operative Routine, als auch subjektive Daten, wie z.B. die postoperative Patientenzufriedenheit, überprüft werden. In beiden Vergleichsgruppen waren die Patienten homogen hinsichtlich ihrer demographischen Daten und ihres kardiovaskulären Risikoprofils verteilt. Die durchschnittliche Bypassanzahl war in beiden Kollektiven vergleichbar. Die endoskopische Venenentnahme konnte routinemäßig bei fast allen Patienten ohne größere technische Schwierigkeiten durchgeführt werden. Die Präparationszeiten waren zunächst in der endoskopischen Gruppe länger, zeigten aber nach einer entsprechenden Lernkurve von etwa 25 Entnahmen mit der zunehmenden praktischen Erfahrung des Chirurgen eine deutliche Tendenz zu kürzeren Intervallen. Dennoch scheint die endoskopische Venenentnahme für Notfalloperationen oder Situationen, in denen Transplantate zügig zur Verfügung stehen müssen, nicht geeignet. Unter dem Aspekt der Integration in den Operationsablauf mag diese Technik ansonsten für alle Patienten, ausgenommen Patienten mit varikösen Venen, geeignet sein. Der ideale Patient für diese Technik benötigt nur zwei, ggf. drei venöse Transplantate, was in unserem Kollektiv auf die meisten Patienten zutraf, und ist durch seine vaskulären Risikofaktoren, wie zum Beispiel Diabetes mellitus, Übergewicht oder eine periphere arterielle Verschlusskrankheit gegenüber minderen kosmetischen Ergebnissen, insbesondere postoperativen Wundkomplikationen gefährdet, so dass er von dieser Technik im Speziellen profitieren kann. Die in der vorliegenden Untersuchungsreihe durchgeführten ultrastrukturellen Untersuchungen bzgl. der Venenqualität resultierten in einer ausgezeichneten, konventionellen Vergleichsproben sogar gering überlegenen Qualität des Venenendothels, so dass, wie auch andere Untersucher zeigen konnten, mit einer Traumatisierung des Endothels bei minimal-invasiven bzw. der von uns angewandten, *endoskopischen* Entnahmetechnik nicht zu rechnen ist. Die perioperative Myokardinfarktrate, wie auch die sogenannten myokardialen Markerenzyme (CKMB,

Troponin I) erwiesen sich als vergleichbar, so dass die endoskopische Venenentnahme bei unseren Patienten nicht mit einer erhöhten Inzidenz kardialer Ischämien assoziiert war. Die Häufigkeit ernsthafter Wundkomplikationen war nicht signifikant unterschiedlich, subjektive Parameter wie Patientenzufriedenheit, Einschätzung des kosmetischen Ergebnisses wurden in der endoskopischen Gruppe eindeutig überlegen beurteilt. Statistisch konnte der Benefit der endoskopischen Venenentnahme bezüglich Wundheilungsstörungen in der vorliegenden Untersuchung nicht mit Signifikanz belegt werden, wobei die Inzidenz von Wundkomplikationen aber im Vergleich zu jenen in Literaturrecherchen angegebenen Häufigkeitsraten in *beiden* Patientenkollektiven relativ niedrig war. Die endoskopische Venenentnahme konnte in der vorliegenden Untersuchungsreihe als sichere, im chirurgischen Routinealltag durchaus praktikable Methode und die Transplantatqualität nicht kompromittierende Methode identifiziert werden. Bei sinnvoller und den operativen Ablauf nicht beeinträchtigender Strategie erscheint eine Restriktion ihrer Anwendung aufgrund von Bedenken gegenüber ihrer Integrationsfähigkeit in die operative Routine oder gegenüber der endothelialen Qualität endoskopisch entnommener Transplantate nach unseren eigenen und auch den derzeit in der Literatur beschriebenen Erkenntnissen nicht gerechtfertigt. Im Zusammenhang mit ökonomischen Gesichtspunkten, die heutzutage eine nicht unwesentliche Rolle bei therapeutischen Entscheidungen einnehmen, sollte das Verfahren einer weiterführenden Kosten-Nutzen-Analyse, die im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt wurde, unterzogen werden. Das Fehlen postoperativer Kontrollangiographien zur Evaluierung der Bypassoffenheitsraten stellt eine Limitierung in der vorliegenden Arbeit dar. Routinemäßige postoperative Kontrollangiographien sind zwar bei klinisch asymptomatischen Patienten aus ethischen oder auch ökonomischen Gründen schwer zu rechtfertigen, würden aber im Langzeitverlauf zur Beurteilung der Transplantatoffenheitsraten einen wesentlichen Beitrag liefern und den Wert der endoskopischen Venenentnahme als eine alternative Methode zur konventionellen Entnahmetechnik abschließend bestimmen.

6 Literatur

1. *Coronary artery surgery study (CASS): a randomized trial of coronary artery bypass surgery. Quality of life in patients randomly assigned to treatment groups.* Circulation, 1983. **68**(5): p. 951-60.
2. *Coronary artery surgery study (CASS): a randomized trial of coronary artery bypass surgery. Survival data.* Circulation, 1983. **68**(5): p. 939-50.
3. *Long-term results of prospective randomised study of coronary artery bypass surgery in stable angina pectoris. European Coronary Surgery Study Group.* Lancet, 1982. **2**(8309): p. 1173-80.
4. *Prospective randomised study of coronary artery bypass surgery in stable angina pectoris. Second interim report by the European Coronary Surgery Study Group.* Lancet, 1980. **2**(8193): p. 491-5.
5. *Todesursachenstatistik nach ICD 10-3.* 1998, Statistisches Bundesamt: Bonn.
6. Allen, K.B. and C.J. Shaar, *Endoscopic saphenous vein harvesting.* Ann Thorac Surg, 1997. **64**(1): p. 265-6.
7. Allen, K.B., et al., *Influence of endoscopic versus traditional saphenectomy on event-free survival: five-year follow-up of a prospective randomized trial.* Heart Surg Forum, 2003. **6**(6): p. E143-5.
8. Allen, K.B., et al., *Risk factors for leg wound complications following endoscopic versus traditional saphenous vein harvesting.* Heart Surg Forum, 2000. **3**(4): p. 325-30.
9. Alrawi, S.J., et al., *A comparative study of endothelial cell injury during open and endoscopic saphenectomy: an electron microscopic evaluation.* Heart Surg Forum, 2001. **4**(2): p. 120-7.

10. Alrawi, S.J., et al., *Saphenous vein endothelial cell viability: a comparative study of endoscopic and open saphenectomy for coronary artery bypass grafting*. *Jsls*, 2001. **5**(1): p. 37-45.
11. Athanasiou, T., et al., *Leg wound infection after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis comparing minimally invasive versus conventional vein harvesting*. *Ann Thorac Surg*, 2003. **76**(6): p. 2141-6.
12. Baddour, L.M. and A.L. Bisno, *Recurrent cellulitis after saphenous venectomy for coronary bypass surgery*. *Ann Intern Med*, 1982. **97**(4): p. 493-6.
13. Beck, C. and V. Tichy, *The production of collateral circulation to the heart; an experimental study*. *Am Heart J*, 1934. **1**: p. 17.
14. Bellmann, G., *[Experiences with aortography.]*. *Dtsch Gesundheitsw*, 1957. **12**(34): p. 1042-6.
15. Bing, R.J., *Catheterization of the heart*. *Adv Intern Med*, 1952. **5**: p. 59-141.
16. Bitondo, J.M., et al., *Endoscopic versus open saphenous vein harvest: a comparison of postoperative wound complications*. *Ann Thorac Surg*, 2002. **73**(2): p. 523-8.
17. Black, E.A., et al., *Minimally invasive saphenous vein harvesting: effects on endothelial and smooth muscle function*. *Ann Thorac Surg*, 2001. **71**(5): p. 1503-7.
18. Black, E.A., et al., *Minimally invasive vein harvesting significantly reduces pain and wound morbidity*. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2002. **22**(3): p. 381-6.
19. Bonde, P., A.N. Graham, and S.W. MacGowan, *Endoscopic vein harvest: advantages and limitations*. *Ann Thorac Surg*, 2004. **77**(6): p. 2076-82.
20. Bonde, P., A. Graham, and S. MacGowan, *Endoscopic vein harvest: early results of a prospective trial with open vein harvest*. *Heart Surg Forum*, 2002. **5 Suppl 4**: p. S378-91.

21. Bourassa, M.G., et al., *Long-term fate of bypass grafts: the Coronary Artery Surgery Study (CASS) and Montreal Heart Institute experiences*. *Circulation*, 1985. **72**(6 Pt 2): p. V71-8.
22. Brand, R.J., et al., *Multivariate prediction of coronary heart disease in the Western Collaborative Group Study compared to the findings of the Framingham study*. *Circulation*, 1976. **53**(2): p. 348-55.
23. Brandt, C.P., et al., *Review of efforts to decrease costly leg wound complications in the medicare population following coronary revascularization*. *Heart Surg Forum*, 2003. **6**(4): p. 258-63.
24. Cameron, A., et al., *Coronary bypass surgery with internal-thoracic-artery grafts--effects on survival over a 15-year period*. *N Engl J Med*, 1996. **334**(4): p. 216-9.
25. Campeau, L., *The Canadian Cardiovascular Society grading of angina pectoris revisited 30 years later*. *Can J Cardiol*, 2002. **18**(4): p. 371-9.
26. Campeau, L., *Letter: Grading of angina pectoris*. *Circulation*, 1976. **54**(3): p. 522-3.
27. Carpino, P.A., et al., *Clinical benefits of endoscopic vein harvesting in patients with risk factors for saphenectomy wound infections undergoing coronary artery bypass grafting*. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2000. **119**(1): p. 69-75.
28. Chauhan, B.M., D.J. Kim, and S.F. Wainapel, *Saphenous neuropathy: following coronary artery bypass surgery*. *N Y State J Med*, 1981. **81**(2): p. 222-3.
29. Chavanon, O., et al., *Endoscopic saphenectomy for coronary artery bypass surgery: comparison of two techniques with and without carbon dioxide insufflation*. *Can J Cardiol*, 2000. **16**(6): p. 757-61.
30. Chenvechai, C., et al., *Aorta-coronary bypass grafting with the internal mammary artery: clinical experience in 70 patients*. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1975. **70**(2): p. 278-81.

-
31. Cook, R.C., et al., *Traction injury during minimally invasive harvesting of the saphenous vein is associated with impaired endothelial function*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2004. **127**(1): p. 65-71.
 32. Cooper, G.J., M.J. Underwood, and P.B. Deverall, *Arterial and venous conduits for coronary artery bypass. A current review*. Eur J Cardiothorac Surg, 1996. **10**(2): p. 129-40.
 33. Cooper, G.J., M.J. Underwood, and P.B. Deverall, *The lima success story--whither other arterial grafts--are vein grafts obsolete?* Br J Clin Pract, 1996. **50**(3): p. 144-50.
 34. Coppoolse, R., et al., *Routine minimal invasive vein harvesting reduces postoperative morbidity in cardiac bypass procedures. Clinical report of 1400 patients*. Eur J Cardiothorac Surg, 1999. **16 Suppl 2**: p. S61-6.
 35. Cournand, A., et al., *Report of Committee on Cardiac Catheterization and Angiocardiology of the American Heart Association*. Circulation, 1953. **7**(5): p. 769-73.
 36. Crouch, J.D., et al., *Open versus endoscopic saphenous vein harvesting: wound complications and vein quality*. Ann Thorac Surg, 1999. **68**(4): p. 1513-6.
 37. Davies, M.J. and A.C. Thomas, *Plaque fissuring--the cause of acute myocardial infarction, sudden ischaemic death, and crescendo angina*. Br Heart J, 1985. **53**(4): p. 363-73.
 38. Davies, M.J. and A. Thomas, *Thrombosis and acute coronary-artery lesions in sudden cardiac ischemic death*. N Engl J Med, 1984. **310**(18): p. 1137-40.
 39. Davis, K., et al., *Complications of coronary arteriography from the Collaborative Study of Coronary Artery Surgery (CASS)*. Circulation, 1979. **59**(6): p. 1105-12.
 40. Davis, Z., et al., *Long-term patency of coronary grafts with endoscopically harvested saphenous veins determined by contrast-enhanced electron beam computed tomography*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2004. **127**(3): p. 823-8.

41. DeBakey, M.E., *Surgery of the coronary arteries*. J Cardiovasc Surg (Torino), 1972. **13**(1): p. 98-105.
42. DeLaria, G.A., et al., *Leg wound complications associated with coronary revascularization*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1981. **81**(3): p. 403-7.
43. Dexter, L., *Cardiac catheterization in diagnosis of congenital heart disease*. Minn Med, 1954. **37**(2): p. 116-22.
44. Dimitri, W.R., I.E. West, and B.T. Williams, *A quick and atraumatic method of autologous vein harvesting using the subcutaneous extraluminal dissector*. J Cardiovasc Surg (Torino), 1987. **28**(2): p. 103-11.
45. Dotter, C.T. and L.H. Frische, *Visualization of the coronary circulation by occlusion aortography: a practical method*. Radiology, 1958. **71**(4): p. 502-24.
46. Dusterhoft, V., et al., *Wound-healing disturbances after vein harvesting for CABG: a randomized trial to compare the minimally invasive direct vision and traditional approaches*. Ann Thorac Surg, 2001. **72**(6): p. 2038-43.
47. Effler, D.B., et al., *Endarterectomy in the Treatment of Coronary Artery Disease*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1964. **47**: p. 98-108.
48. Erdmann, E. and G. Riecker, *Klinische Kardiologie*. 4. Auflage ed, ed. S. Verlag.
49. Fabricius, A.M., et al., *Minimally invasive saphenous vein harvesting techniques: morphology and postoperative outcome*. Ann Thorac Surg, 2000. **70**(2): p. 473-8.
50. Farrington, M., et al., *Study of cardiothoracic wound infection at St. Thomas' Hospital*. Br J Surg, 1985. **72**(9): p. 759-62.
51. Favalaro, R.G., et al., *Acute coronary insufficiency (impending myocardial infarction and myocardial infarction): surgical treatment by the saphenous vein graft technique*. Am J Cardiol, 1971. **28**(5): p. 598-607.
52. Favalaro, R.G., et al., *Combined simultaneous procedures in the surgical treatment of coronary artery disease*. Ann Thorac Surg, 1969. **8**(1): p. 20-9.

-
53. Favalaro, R.G., *Landmarks in the development of coronary artery bypass surgery.* Circulation, 1998. **98**(5): p. 466-78.
 54. Favalaro, R.G., *Saphenous vein autograft replacement of severe segmental coronary artery occlusion: operative technique.* Ann Thorac Surg, 1968. **5**(4): p. 334-9.
 55. Favalaro, R.G., *Saphenous vein graft in the surgical treatment of coronary artery disease. Operative technique.* J Thorac Cardiovasc Surg, 1969. **58**(2): p. 178-85.
 56. Folliguet, T., et al., *[Harvesting of an internal saphenous graft for aorto-coronary bypass using video-surgery].* Arch Mal Coeur Vaiss, 1999. **92**(7): p. 859-66.
 57. Forssmann, W., *[Historical development and methodology of heart catheterization; its application, with special reference to lung diseases.]* Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir, 1954. **279**: p. 450-73.
 58. Frische, L.H. and C.T. Dotter, *An improved method of coronary arteriography.* Dis Chest, 1959. **35**(5): p. 546-53.
 59. Galbraith, G.F. and W. Pica-Furey, *A retrospective comparative study of open and endoscopic saphenous vein harvesting.* J Endovasc Ther, 2000. **7**(6): p. 460-8.
 60. Gordon, T., et al., *Lipoproteins, cardiovascular disease, and death. The Framingham study.* Arch Intern Med, 1981. **141**(9): p. 1128-31.
 61. Grondin, C.M., et al., *Comparison of late changes in internal mammary artery and saphenous vein grafts in two consecutive series of patients 10 years after operation.* Circulation, 1984. **70**(3 Pt 2): p. I208-12.
 62. Gruentzig, A., A. Senning, and W.E. Siegenthaler, *Nonoperative dilatation of coronary-artery stenosis: percutaneous transluminal coronary angioplasty.* N Engl J Med, 1979. **301**(2): p. 61-8.
 63. Gruentzig, A. and H. Hopff, *[Percutaneous recanalization after chronic arterial occlusion with a new dilator-catheter (modification of the Dotter technique) (author's transl)].* Dtsch Med Wochenschr, 1974. **99**(49): p. 2502-10, 2511.

64. Gruentzig, A. and D.A. Kumpel, *Technique of percutaneous transluminal angioplasty with the Gruntzig ballon catheter*. AJR Am J Roentgenol, 1979. **132**(4): p. 547-52.
65. Gruentzig, A.R., *Percutaneous transluminal coronary angioplasty*. Semin Roentgenol, 1981. **16**(2): p. 152-3.
66. Hruza, L.L. and G.J. Hruza, *Saphenous vein graft donor site dermatitis. Case reports and literature review*. Arch Dermatol, 1993. **129**(5): p. 609-12.
67. Isgro, F., et al., *Minimally invasive saphenous vein harvesting: is there an improvement of the results with the endoscopic approach?* Eur J Cardiothorac Surg, 1999. **16 Suppl 2**: p. S58-60.
68. Judkins, M.P., *Percutaneous transfemoral selective coronary arteriography*. Radiol Clin North Am, 1968. **6**(3): p. 467-92.
69. Judkins, M.P., *Selective coronary arteriography. I. A percutaneous transfemoral technic*. Radiology, 1967. **89**(5): p. 815-24.
70. Kalmar, P. and E. Irrgang, *Cardiac surgery in Germany during 1995. A report by the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery*. Thorac Cardiovasc Surg, 1996. **44**(3): p. 161-4.
71. Kannel, W.B., *CHD risk factors: a Framingham study update*. Hosp Pract (Off Ed), 1990. **25**(7): p. 119-27, 130.
72. Kannel, W.B., et al., *Precursors of sudden coronary death. Factors related to the incidence of sudden death*. Circulation, 1975. **51**(4): p. 606-13.
73. Kempster, P., et al., *Painful sciatic neuropathy following cardiac surgery*. Aust N Z J Med, 1991. **21**(5): p. 732-5.
74. Kennedy, J.W., et al., *Clinical and angiographic predictors of operative mortality from the collaborative study in coronary artery surgery (CASS)*. Circulation, 1981. **63**(4): p. 793-802.

-
75. Kiaii, B., et al., *A prospective randomized trial of endoscopic versus conventional harvesting of the saphenous vein in coronary artery bypass surgery*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2002. **123**(2): p. 204-12.
 76. Knez, A., et al., [*Diagnostic imaging in cardiac diagnosis*]. Radiologe, 2000. **40**(2): p. 103-10.
 77. Lavee, J., et al., *Complications of saphenous vein harvesting following coronary artery bypass surgery*. J Cardiovasc Surg (Torino), 1989. **30**(6): p. 989-91.
 78. Lee, K.S. and L. Reinstein, *Lower limb amputation of the donor site extremity after coronary artery bypass graft surgery*. Arch Phys Med Rehabil, 1986. **67**(8): p. 564-5.
 79. Loop, F.D., et al., *Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events*. N Engl J Med, 1986. **314**(1): p. 1-6.
 80. Lumsden, A.B., *Subcutaneous, video-assisted saphenous vein harvest*. Vasc Surg, 1994. **7**: p. 43-55.
 81. Lutz, C.W., et al., *Endoscopic vs. conventional vein harvesting: first results with a new, non-disposable system*. Thorac Cardiovasc Surg, 2001. **49**(6): p. 321-7.
 82. Mayo, C., *Treatment of varicose veins*. Surg Gynecol Obstet, 1906. **2**: p. 385-388.
 83. Meldrum-Hanna, W., et al., *An improved technique for long saphenous vein harvesting for coronary revascularization*. Ann Thorac Surg, 1986. **42**(1): p. 90-2.
 84. Meldrum-Hanna, W., et al., *Long saphenous vein harvesting*. Aust N Z J Surg, 1986. **56**(12): p. 923-4.
 85. Meyer, D.M., et al., *Histologic evidence of the safety of endoscopic saphenous vein graft preparation*. Ann Thorac Surg, 2000. **70**(2): p. 487-91.
 86. Murphy, M.L., et al., *Treatment of chronic stable angina. A preliminary report of survival data of the randomized Veterans Administration cooperative study*. N Engl J Med, 1977. **297**(12): p. 621-7.

87. Murphy, M.L., et al., *Veterans Administration Cooperative Study on medical versus surgical treatment for stable angina--progress report. Section 11. The effect of coronary artery bypass surgery on the incidence of myocardial infarction and hospitalization*. Prog Cardiovasc Dis, 1986. **28**(4): p. 309-17.
88. O'Regan, D.J., et al., *Assessment of human long saphenous vein function with minimally invasive harvesting with the Mayo stripper*. Eur J Cardiothorac Surg, 1997. **12**(3): p. 428-35.
89. Patel, A.N., et al., *Prospective analysis of endoscopic vein harvesting*. Am J Surg, 2001. **182**(6): p. 716-9.
90. Paulin, S., *Coronarography*. Bibl Cardiol, 1964. **15**: p. 102-24.
91. Paulin, S., *Coronary Angiography. A Technical, Anatomic and Clinical Study*. Acta Radiol Diagn (Stockh), 1964. **54**: p. SUPPL 233:L+.
92. Perrault, L.P., et al., *Early quantitative coronary angiography of saphenous vein grafts for coronary artery bypass grafting harvested by means of open versus endoscopic saphenectomy: a prospective randomized trial*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2004. **127**(5): p. 1402-7.
93. Rein, H., *Über die Drosselungstoleranz und die kritische Drosselungsgrenze der HerzkoronargefäÙe*. Pflügers Arch ges Physiol, 1951(253): p. 205.
94. Ross, R., *The pathogenesis of atherosclerosis*. Mech Ageing Dev, 1979. **9**(5-6): p. 435-40.
95. Ross, R., J. Glomset, and L. Harker, *Response to injury and atherogenesis*. Am J Pathol, 1977. **86**(3): p. 675-84.
96. Schnall, B. and E. Luis, *Saphenous neuropathy following coronary bypass*. Orthop Rev, 1979. **8**: p. 121-122.
97. Schurr, U.P., et al., *Endoscopic saphenous vein harvesting for CABG -- a randomized, prospective trial*. Thorac Cardiovasc Surg, 2002. **50**(3): p. 160-3.

-
98. Senning, A., *Strip grafting in coronary arteries. Report of a case.* J Thorac Cardiovasc Surg, 1961. **41**: p. 542-9.
 99. Shaughnessy, L., *Surgical treatment of cardiac ischaemia.* Lancet, 1937(1): p. 185.
 100. Sones, F.M., Jr. and E.K. Shirey, *Cine coronary arteriography.* Mod Concepts Cardiovasc Dis, 1962. **31**: p. 735-8.
 101. Tunstall-Pedoe, H., et al., *Myocardial infarction and coronary deaths in the World Health Organization MONICA Project. Registration procedures, event rates, and case-fatality rates in 38 populations from 21 countries in four continents.* Circulation, 1994. **90**(1): p. 583-612.
 102. Utley, J.R., et al., *Preoperative correlates of impaired wound healing after saphenous vein excision.* J Thorac Cardiovasc Surg, 1989. **98**(1): p. 147-9.
 103. Varnauskas, E., *European coronary surgery study.* Z Kardiol, 1985. **74 Suppl 6**: p. 73-8.
 104. Varnauskas, E., *[The European bypass study].* Lakartidningen, 1979. **76**(26-27): p. 2449-50.
 105. Varnauskas, E., *Twelve-year follow-up of survival in the randomized European Coronary Surgery Study.* N Engl J Med, 1988. **319**(6): p. 332-7.
 106. Vineberg, A.M., *Development of anastomosis between coronary vessels and transplanted internal mammary artery.* Can Med Assoc J, 1946. **55**: p. 117.
 107. Vlietstra, R.E., et al., *Risk factors and angiographic coronary artery disease: a report from the coronary artery surgery study (CASS).* Circulation, 1980. **62**(2): p. 254-61.
 108. Vrancic, J.M., et al., *Endoscopic saphenous vein harvesting: initial experience and learning curve.* Ann Thorac Surg, 2000. **70**(3): p. 1086-9.
 109. Wielopolski, P.A., et al., *Coronary arteries.* Eur Radiol, 2000. **10**(1): p. 12-35.
 110. Wipke-Tevis, D.D., et al., *Frequency, manifestations, and correlates of impaired healing of saphenous vein harvest incisions.* Heart Lung, 1996. **25**(2): p. 108-16.

7 Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. med. B. Reichart, dem Direktor der Herzchirurgischen Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München, danken, der mein Interesse an der klinischen und chirurgischen Forschung im kardiovaskulären Bereich geweckt hat und durch seinen Weitblick für innovative Techniken der eigentliche geistige Initiator der endoskopischen Venenentnahme an unserer Klinik war. Ohne seine fortwährende und wohlwollende Unterstützung wäre die Durchführung dieser Arbeit nur schwer möglich gewesen. Ich möchte ihm an dieser Stelle auch für die Vermittlung profunder herzchirurgischer Kenntnisse in den Jahren meiner Assistenzarztzeit an seiner Abteilung, welche die Neigung zur Herzchirurgie entscheidend mitgeprägt haben, danken. In diesem Zusammenhang möchte ich auch nicht versäumen, meinen früheren Oberärzten der Herzchirurgischen Klinik am Augustinum für eine erste wegweisende herzchirurgische und klinische Ausbildungszeit zu danken. Als Operateure haben sie ebenfalls zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Hervorzuheben ist außerdem Herr Prof. Dr. med. P. Lamm, dem ich aufgrund der Analyse der Venenproben sehr zu Dank verpflichtet bin. Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. med. B. M. Kemkes, sowohl für die Überlassung eines wissenschaftlichen Freiraums zur Vollendung dieser Arbeit, als auch für die hervorragende klinische und chirurgische Ausbildung während meiner Tätigkeit an der herzchirurgischen Klinik des Städtischen Krankenhauses München-Bogenhausen.

Frau Dr. med. B. Gansera, die die Arbeit Korrektur gelesen hat, hat durch ihre Betreuung wesentlich zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen. Ihr möchte ich an dieser Stelle ganz besonders danken, nicht nur für ihre wertvolle Hilfestellung und Kritik, sondern auch als Freund und Kollege.

Mein ganz besonderer Dank gilt auch meiner Familie für ihre anhaltende Unterstützung.

8 Lebenslauf

Name	Gillrath
Vorname	Guido
Geburtsdatum	17.11.1966
Geburtsort	Hückelhoven-Ratheim
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	verheiratet, 1 Tochter

Schule

Aug 1973 – Jul 1977 Städtische Grundschule I, Hückelhoven

Aug 1977 – Jun 1986 Gymnasium der Stadt Hückelhoven

Okt 1986 – Dez 1987 Wehrdienst

Studium der Humanmedizin

Nov 1987 – Nov 1994 Medizinische Fakultät der Rheinisch-Westfälisch Technischen
Hochschule Aachen

Arzt im Praktikum

Jan 1995 – Jun 1996 Abteilung für Allgemein- und Unfallchirurgie, Krankenhaus
Neuwerk, Mönchengladbach

Berufliche Weiterbildung

Feb 1997 – Mär 2002 Herzchirurgische Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Apr 2002 – Jun 2004 Herzchirurgische Klinik des Städtischen Krankenhauses
München-Bogenhausen