

Aus der Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie  
(Prof. Dr. med. F. Schöndube)  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Operative Versorgung von  
Karotisstenosen in Kombination mit  
herzchirurgischen Eingriffen an der  
extrakorporalen Zirkulation**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizinischen Fakultät der  
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

**Nicolas Pölert**

aus  
Hannover

Göttingen 2016

Dekan:	Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer
Referent:	Prof. Dr. med. T. Tirilomis
Ko-Referentin:	Prof. Dr. med. D. Mielke
Drittreferent:	PD Dr. med. S. Kazmaier

Datum der mündlichen Prüfung: 14.06.2017

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Operative Versorgung von Karotisstenosen in Kombination mit herzchirurgischen Eingriffen an der extrakorporalen Zirkulation" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den 25.05.2017

Nicolas Pölert

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Karotisstenose.....	1
1.2 Arteriosklerose.....	1
1.3 Bedeutung der Karotisstenose in der Herzchirurgie .....	2
1.4 Operative Konzepte für herzchirurgische Eingriffe mit Herz-Lungen-Maschine bei Vorliegen von signifikanten Karotisstenosen .....	2
1.4.1 Simultaneingriff an Herz und Arteria carotis interna .....	3
1.4.2 Simultaneingriff unter extrakorporaler Zirkulation und Hypothermie .....	3
1.4.3 Zweizeitiges Vorgehen .....	3
1.4.4 Myokardrevaskularisation ohne extrakorporale Zirkulation .....	3
1.4.5 Katheterintervention anstelle der Thrombendarteriektomie .....	4
1.5 Ziel der vorliegenden Arbeit.....	4
<b>2 Patienten und Methode .....</b>	<b>5</b>
2.1 Studiendesign.....	5
2.2 Patienten .....	5
2.2.1 Einschlusskriterien.....	5
2.3 Datenerhebung.....	5
2.3.1 Stammdaten .....	6
2.3.2 Vorerkrankungen und Risikofaktoren .....	6
2.3.3 Kardialer Status .....	6
2.3.4 Gefäßstatus der Karotiden .....	7
2.3.5 Neurologischer Status .....	8
2.3.6 EuroSCORE.....	9
2.3.7 Präoperativ kritischer Zustand .....	11
2.3.8 Operation .....	11
2.3.9 Postoperativer Verlauf.....	12
2.3.10 Letalität.....	12
2.3.11 Schwerwiegende Komplikationen .....	12

---

2.3.12	Rankin Scale .....	13
2.4	Operationsablauf bei kombinierten Eingriffen mit Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna und herzchirurgischem Eingriff unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine .....	14
2.4.1	Thrombendarteriektomie der Arteria carotis .....	14
2.4.2	Herzchirurgischer Eingriff.....	16
2.5	Statistik.....	18
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>19</b>
3.1	Präoperative Daten .....	19
3.1.1	Alter .....	19
3.1.2	Risikofaktoren .....	19
3.1.3	Kardialer Status .....	20
3.1.4	Herzrhythmus .....	20
3.1.5	Ejektionsfraktion .....	20
3.1.6	EuroSCORE.....	21
3.1.7	Karotisstenosen.....	22
3.1.8	Neurologischer Status präoperativ.....	22
3.2	Operative und intraoperative Daten.....	23
3.2.1	Dringlichkeit der Operation.....	23
3.2.2	Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna .....	23
3.2.3	Durchgeführte Herzoperationen .....	23
3.2.4	Dauer von extrakorporaler Zirkulation und Ischämie des Herzens .....	24
3.3	Outcome.....	24
3.3.1	Frühletalität.....	24
3.3.2	Spätletalität .....	24
3.3.3	Letalität nach unterschiedlichen Eingriffen.....	25
3.3.4	Kardiale Morbidität .....	25
3.3.5	Akutes Nierenversagen.....	26
3.3.6	Neurologisches Outcome.....	26
3.4	Analyse von Risikofaktoren .....	28
3.4.1	Alter .....	28
3.4.2	Ejektionsfraktion .....	28
3.4.3	OP-Dringlichkeit .....	28
3.4.4	EuroSCORE.....	28
3.4.5	Kardiales Low-Output-Syndrom .....	29
3.4.6	Unilaterale vs. bilaterale Karotisstenosen.....	29

---

3.4.7	Symptomatische Karotisstenosen .....	29
3.4.8	Herzrhythmus .....	29
3.4.9	Bedeutung anderer Risikofaktoren und neurologischer Komplikationen.....	30
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>31</b>
4.1	Operatives Vorgehen .....	32
4.1.1	Simultaneingriff.....	34
4.1.2	Andere operative Möglichkeiten .....	35
4.1.3	Alternativ-Prozeduren .....	36
4.2	Risikofaktoren .....	37
4.3	Neurologisches Outcome.....	39
4.4	Abschließende Bewertung.....	39
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>43</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: MRA-Darstellung einer hochgradigen Stenose der Arteria carotis interna	8
Abbildung 2: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Operation .....	19
Abbildung 3: Verteilung der Ejektionsfraktion präoperativ in Prozent (n = 89) .....	21
Abbildung 4: Einteilung der Patienten nach EuroSCORE.....	21
Abbildung 5: Ausprägung der Karotisstenosen .....	22
Abbildung 6: Letalität bezogen auf durchgeführte Operationen (n = 100).....	25
Abbildung 7: Einteilung nach Rankin Scale zum Zeitpunkt der Entlassung .....	27

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ermittlung des EuroSCORE (nach Nashef et al. 1999) .....	10
Tabelle 2: Kraftgrade (nach British Medical Research Council).....	13
Tabelle 3: Ermittlung der Rankin Scale .....	13
Tabelle 4: Verteilung der Risikofaktoren im Patientenkollektiv in Prozent (n = 100) .....	20
Tabelle 5: Operationen mit kardiopulmonalem Bypass in Prozent (n = 100).....	23
Tabelle 6: Todesursachen innerhalb der ersten 30 Tage (n = 10) .....	24
Tabelle 7: postoperatives neurologisches Defizit im Bezug zur OP-Seite in Prozent (n = 10) ..	26
Tabelle 8: postoperative neurologische Dysfunktion in Prozent (n = 10).....	27
Tabelle 9: Datenerhebung .....	42

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACB	aortokoronarer Bypass
ACC	Arteria carotis communis
ACI	Arteria carotis interna
ACE	Arteria carotis externa
AK	Aortenklappe
Art HTN	arterieller Hypertonus
ASS	Acetylsalicylsäure
COPD	chronic obstructive pulmonary disease
CX	Ramus circumflexus
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
EF	Ejektionsfraktion
EK	Erythrozytenkonzentrat
EKG	Elektrokardiogramm
et al.	et alii / et aliae
FFP	fresh frozen plasma
ggf.	gegebenenfalls
HLM	Herz-Lungen-Maschine
IABP	intraaortale Ballonpumpe
i.v.	intravenös
KG	Kraftgrad
KHK	koronare Herzkrankheit
Koro	Koronarangiographie
LDL	low density lipoprotein
LOS	Low-Output-Syndrom
LV	linksventrikulär
MI	Myokardinfarkt
MK	Mitralklappe
MRA	Magnetresonanzangiographie
OP	Operation
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PK	Pulmonalklappe
präOP	präoperativ

---

PTA	perkutane transluminale Stent-Angioplastie
PTCA	perkutane transluminale koronare Angioplastie
PRIND	prolongiert reversibles ischämisches neurologisches Defizit
RCA	rechte Koronararterie
RIVA	Ramus interventricularis anterior
s.	siehe
SIRS	systemic inflammatory response syndrome
SM	Herzschrittmacher
SR	Sinusrhythmus
Tab.	Tabelle
TEA	Thrombendarteriektomie
TIA	transitorisch ischämische Attacke
TK	Thrombozytenkonzentrat
VHF	Vorhofflimmern
VT	ventrikuläre Tachykardie
z.B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

## 1.1 Karotisstenose

Die Verengung der Arteria carotis interna ist eine der Hauptursachen für die Entstehung eines ischämischen Schlaganfalls. Etwa ein Viertel der Schlaganfälle in Deutschland wird durch die Folgen einer Karotisstenose verursacht (Stötzl et al. 2012). Dabei kann es durch Embolisation von Material der Gefäßwand zur Ausbildung eines Territorialinfarktes oder durch zunehmende Verengung zu einem hämodynamisch bedingten Grenzzoneninfarkt kommen. Sind ausreichende Kollateralen über den Circulus arteriosus cerebri vorhanden, so können auch hochgradige Stenosen asymptomatisch bleiben. Ursächlich für die Karotisstenose ist die Arteriosklerose.

## 1.2 Arteriosklerose

Die Arteriosklerose ist eine weit verbreitete Erkrankung und eine der Haupttodesursachen in der industrialisierten Welt. Ihre Therapie steht im Mittelpunkt der modernen Medizin. Die Arteriosklerose ist eine Gefäßerkrankung, bei der es durch eine Läsion des Gefäßendothels der Arterien zunächst zu einer Ansammlung von low-density-lipoprotein (LDL)-Molekülen in der Gefäßwand kommt. Die LDL-Moleküle werden von Makrophagen aufgenommen, die sich zu Lipophagen umwandeln und dann zugrunde gehen. Durch zunehmende intra- und extrazelluläre Lipidablagerungen entsteht ein Atherom. Im weiteren Verlauf kommt es zu fibröser Veränderung der Gefäßwand. Nach der Fibrosierung kann es zur Entstehung einer komplizierten Läsion – einer Plaque – und im weiteren Verlauf zur Verkalkung der Läsion kommen. Die Probleme entstehen einerseits durch kontinuierliche Stenosierung des Gefäßes mit konsekutiver Minderperfusion des zu versorgenden Gewebes, außerdem kann es zur Plaqueruptur mit Embolisation von Plaquematerial und Gefäßverschluss im Bereich der Ruptur kommen (Riede et al. 2004).

### **1.3 Bedeutung der Karotisstenose in der Herzchirurgie**

Die Arteriosklerose ist eine systemische Erkrankung, die sich in verschiedenen Gefäßgebieten manifestieren kann, z. B. in extra- und intrakraniellen Hirngefäßen, Herzkranzgefäßen, Becken- und Beinarterien, viszeralen Gefäßen. Häufig kommt es dabei zur Manifestation in mehreren Gefäßgebieten gleichzeitig. Steinvil et al. zeigten 2011 eine Korrelation zwischen dem Schweregrad koronarer Herzkrankheit (KHK) und dem gleichzeitigen Vorliegen einer Arteriosklerose der Arteriae carotides internae an 1405 Patienten. Die Verengung einer Arteria carotis interna von  $> 50\%$  lag – in Abhängigkeit vom Schweregrad der koronaren Herzkrankheit – in bis zu 31,3%, von  $> 70\%$  in bis zu 10,8% der Fälle von Patienten vor, die sich am gleichen Tag einer Koronarangiographie und einer Dopplersonographie der extrakraniellen Hirngefäße unterzogen. Das parallele Bestehen von relevanten arteriosklerotischen Veränderungen der hirnversorgenden Gefäße mit operationsbedürftigen Befunden am Herzen stellt eine besondere Herausforderung für die Herzchirurgie dar. Liegen Stenosen einer oder beider Arteriae carotides internae vor, besteht ein erhöhtes Risiko im Rahmen eines herzchirurgischen Eingriffes einen Schlaganfall zu erleiden. Als Grund dafür wird ein relativ niedriger arterieller Mitteldruck während der extrakorporalen Zirkulation angesehen, durch den bedingt eine effektive Hypoperfusion des poststenotischen Areals mit konsekutiver hypoxämischer Schädigung des Hirngewebes auftreten kann (Randall et al. 2006). Um das zu verhindern gibt es verschiedene operative Strategien. Ein Konsens über das bestgeeignete Vorgehen liegt bislang nicht vor (Venkatachalam et al. 2011).

### **1.4 Operative Konzepte für herzchirurgische Eingriffe mit Herz-Lungen-Maschine bei Vorliegen von signifikanten Karotisstenosen**

Um der oben genannten Problematik gerecht zu werden, gibt es verschiedene Strategien. Grundsätzlich lässt sich unterscheiden zwischen Konzepten mit primärer Versorgung der Stenosen der Arteriae carotides internae und Konzepten mit primärer Versorgung der kardialen Grunderkrankung. Dabei beinhaltet jedes Konzept unterschiedliche Nutzen und Risiken.

#### **1.4.1 Simultaneingriff an Herz und Arteria carotis interna**

Bei diesem Konzept wird zunächst die Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna vorgenommen und danach wird – in der gleichen Sitzung – die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen und die Herzoperation durchgeführt. Ein Vorteil ist, dass zum Zeitpunkt der extrakorporalen Zirkulation die Stenose der Arteria carotis interna bereits wiedereröffnet ist und die zerebrale Perfusion begünstigt wird. Ein Nachteil ist das erhöhte Risiko durch den erweiterten chirurgischen Eingriff und die verlängerte OP-Dauer. Dieser Eingriff wurde von einigen Autoren als sicher oder als akzeptables Risiko beschrieben (Eren et al. 2005; Gansera et al. 2004; Kolh et al. 2006; Mishra et al. 2004).

#### **1.4.2 Simultaneingriff unter extrakorporaler Zirkulation und Hypothermie**

Manche Abteilungen gehen im Gegensatz dazu von einem protektiven Effekt der Herz-Lungen-Maschine aus. Wird sie bereits während der Thrombendarteriektomie genutzt, so wird durch moderate Hypothermie der zerebrale Perfusionsbedarf reduziert. Dieses Verfahren wurde von anderen Autoren vorgezogen (Guibaud et al. 2004; Khaitan et al. 2000; Minami et al. 2000).

#### **1.4.3 Zweizeitiges Vorgehen**

Außerdem werden zweizeitige Operationen durchgeführt. Dabei kann die Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna um einige Tage vorangestellt werden (staged approach). Einige Autoren stuften dieses Verfahren dem Simultaneingriff gegenüber als sicherer ein (Coyle et al. 1995; Hertzner et al. 1978). Die Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna kann aber auch auf die Herzoperation folgend (reversed staged approach) durchgeführt werden (Chiappini et al. 2005; Giangola et al. 1996).

#### **1.4.4 Myokardrevaskularisation ohne extrakorporale Zirkulation**

Für ein eingeschränktes Patientenkollektiv kommt alternativ auch das Off-Pump-Verfahren zur Anwendung (Mishra et al. 2004; Eren et al. 2005; Bucarius et al. 2003). Dabei wird auf den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine verzichtet und am schlagenden Herzen operiert. Dieses Verfahren kommt aber nur zur Myokardrevaskularisierung in Frage, Eingriffe an Herzklappen sind damit nicht möglich. Auch können nicht immer

alle Herzkranzgefäße auf diese Weise erreicht werden. Beispielsweise muss das Herz für eine Anastomosierung auf der Hinterwand luxiert werden. Dies kann unter Umständen zu hämodynamischen Verschlechterungen führen, die dieses Vorgehen unmöglich machen.

#### **1.4.5 Katheterintervention anstelle der Thrombendarteriektomie**

Es gibt auch Untersuchungen, die anstelle der Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna eine perkutane transluminale Stent-Angioplastie (PTA) vornehmen (Ranaweera et al. 2009; Mendiz et al. 2006; Guerra et al. 2009; Ziada et al. 2005; Versaci et al. 2007; Randall et al. 2006). Dadurch kann der Umfang des chirurgischen Eingriffes reduziert werden. Diese Katheterintervention wird in kurzem Abstand vor der Herzoperation durchgeführt. Als Nachteil dieser Methode ist zu werten, dass im Anschluss an die Intervention – das heißt auch während der Herzoperation – die Einnahme von Thrombozytenaggregationshemmern erfolgen muss. Dies kann zu einer erhöhten Blutungsneigung im Rahmen der Herzoperation führen. Folge kann ein erhöhter Transfusionsbedarf sein, der neben dem Infektionsrisiko auch mit einer erhöhten Letalität verbunden sein kann (van Straten et al. 2010).

### **1.5 Ziel der vorliegenden Arbeit**

Die Frage nach dem Risiko des simultanen Eingriffes an der Arteria carotis interna zusammen mit der herzchirurgischen Operation ist bislang nicht sicher beantwortet.

Ziel dieser Arbeit war es, die Ergebnisse von Kombinationseingriffen mit Karotis- und Herzoperationen unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine zu analysieren. Dabei sollten neben der Letalität auch schwerwiegende Komplikationen wie kardio- oder zerebrovaskuläre Ereignisse erfasst werden. Ferner sollten Faktoren untersucht werden, die das OP-Risiko definieren.

## **2 Patienten und Methode**

### **2.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive Studie. Die Datenerhebung erfolgte aus den Akten der Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie. Die Auswertung wurde unverblindet durchgeführt.

### **2.2 Patienten**

#### **2.2.1 Einschlusskriterien**

In die vorliegende Studie wurden Patienten eingeschlossen, die sich einem simultanen Eingriff an einer Arteria carotis interna und einer Operation am Herzen unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine unterzogen hatten. Dabei wurden sowohl Eingriffe berücksichtigt, bei denen eine isolierte Myokardrevaskularisierung durchgeführt wurde, als auch eine Kombination daraus mit zusätzlichem Eingriff an Aorten- oder Mitralklappe. Außerdem wurden isolierte Eingriffe an den Herzklappen eingeschlossen. Die Patientenauswahl erfolgte dabei nach chronologischen Gesichtspunkten. Es wurden ab Beginn der Studie 100 Patienten aus den zurückliegenden Jahren 2002 bis 2005 konsekutiv eingeschlossen. Die Identifizierung der Patienten erfolgte anhand der OP-Dokumentation.

### **2.3 Datenerhebung**

Die Datenerhebung erfolgte durch Auswertung der archivierten Patientenakten der Thorax-Herz-Gefäßchirurgie Göttingen. Dabei wurde nach Informationen zu folgenden Gesichtspunkten gesucht:

### 2.3.1 Stammdaten

Zur Datenerhebung wurde die Tabelle 9 (s. Anhang S. 42) verwendet. Die erhobenen Stammdaten beinhalteten das Alter zum Zeitpunkt der Operation und das Geschlecht.

### 2.3.2 Vorerkrankungen und Risikofaktoren

Die Vorerkrankungen und Risikofaktoren wurden erfasst, insbesondere auch das Vorliegen von Niereninsuffizienz (inklusive Kreatininwert) und pulmonaler Hypertonie (bei systolischem Druck von über 60 mmHg in der Pulmonalarterie).

### 2.3.3 Kardialer Status

Zur Erfassung des kardialen Status wurden der präoperative Herzkatheterbericht, die Echokardiographie sowie das EKG ausgewertet. Zusätzlich dienten Arztbriefe und Aufnahmebefunde der Klinik zur Erfassung der kardialen Anamnese. Dabei wurden im Detail die folgenden Parameter aufgezeichnet:

Stenosegrade von

1. Hauptstamm der linken Koronararterie
2. Ramus interventricularis anterior (RIVA)
3. Ramus circumflexus (CX)
4. rechter Koronararterie (RCA)

sowie ihrer Diagonal- und Posterolateraläste.

Dokumentiert wurden auch der Status der Herzklappen, der sowohl das Vorliegen, als auch die Art und den Grad eines Vitiums erfasste, der Herzrhythmus sowie die linksventrikuläre (LV) Funktion, gemessen an der Ejektionsfraktion (EF). Dabei erfolgte die Einteilung in:

1. normale oder leicht verminderte ( $EF > 50\%$ )
2. mittelgradig eingeschränkte ( $EF 30 - 50\%$ )
3. schwer beeinträchtigte LV Funktion ( $EF < 30\%$ ).

Anamnestisch wurde erfasst, ob bereits ein Myokardinfarkt festgestellt worden war, außerdem ob bereits eine perkutane transluminale koronare Angioplastie (PTCA) durchgeführt wurde. Dabei wurde unterschieden, ob eine PTCA in der Vergangenheit oder erst nach Aufnahme im Klinikum Göttingen stattgefunden hatte. Weiterhin wurde

festgehalten, ob ein Patient bereits zu einem früheren Zeitpunkt einer Herzoperation unterzogen wurde. Wenn ja, wurden Datum, Art des Eingriffs und Zentrum der Operation dokumentiert. Im Falle einer unvollständigen Akte wurden der Koronar- und Klappenstatus sowie der Herzrhythmus offen gelassen. Bei fehlenden Angaben zu Myokardinfarkt, früherer Herzoperation und PTCA ist davon ausgegangen worden, dass keine derartigen Eingriffe vorgenommen worden waren, beziehungsweise kein Herzinfarkt vorausgegangen war.

#### **2.3.4 Gefäßstatus der Karotiden**

Der Gefäßstatus wurde aus der Doppleruntersuchung der intrakraniellen und extrakraniellen Gefäße erhoben. Diese wurde im Rahmen der Voruntersuchungen zu einer Operation mit Herz-Lungen-Maschine routinemäßig bei allen Patienten durchgeführt. Bei Vorliegen einer signifikanten Stenose, d. h. einer Verengung des Lumens der Arteria carotis interna um mehr als 50%, wurde zusätzlich eine Magnetresonanztomographie (MRA) der supraaortalen Äste veranlasst. Diese diente der anatomischen Darstellung einer Stenose und war erforderlich, um eine sinnvolle präoperative Planung durchführen zu können. Die Stenosegrade wurden eingeteilt in:

1. leichtgradig (< 50%)
2. mittelgradig (50 - 70%)
3. hochgradig (> 70%).

Auf dieser Grundlage wurde der Gefäßstatus der Karotiden erhoben.



**Abbildung 1: MRA-Darstellung einer hochgradigen Stenose der Arteria carotis interna**

### **2.3.5 Neurologischer Status**

Bei Vorliegen von Stenosen wurde überprüft, ob diese bereits zu neurologischen Auffälligkeiten geführt hatten, die dem ipsilateralen Karotisstromgebiet zuzuordnen waren. Diese wurden wie folgt definiert:

#### 2.3.5.1 Transitorisch ischämische Attacke (TIA)

Bildeten sich neurologische Symptome eines ischämischen Schlaganfalls innerhalb von 24 Stunden vollständig zurück, so wurden diese als TIA bezeichnet.

#### 2.3.5.2 Prolongiert reversibles ischämisches neurologisches Defizit (PRIND)

Hielten die Symptome eines ischämischen Schlaganfalls länger als 24 Stunden an, bildeten sich aber innerhalb von sieben Tagen vollständig zurück, so wurde ein PRIND definiert, auch wenn im CCT frische Defekte nachgewiesen werden konnten.

#### 2.3.5.3 Schlaganfall

Ein manifester Schlaganfall wurde bei anhaltenden Symptomen definiert. In diesem Fall erfolgte retrospektiv die Einteilung des Schweregrades der neurologischen Dysfunktion, um den präoperativen Status zu dokumentieren.

Neben dem klinischen Status wurde anhand der Akte geprüft, ob es bereits Operationen an den Karotiden gegeben hatte.

### 2.3.6 EuroSCORE

Zur Einschätzung des persönlichen Risikos der frühpostoperativen Letalität wurde für jeden Patienten der EuroSCORE (Nashef et al. 1999) ermittelt. Dabei werden die einzelnen Risikofaktoren mit Zahlen bewertet, die sich zu einer Summe addieren lassen. Die Einzelpunktvergabe ist in Tabelle 1 aufgeführt. Mit der Summe lässt sich das Risiko als niedrig (0-2), mittel (3-5) oder hoch (>5) beziffern.

**Tabelle 1: Ermittlung des EuroSCORE (nach Nashef et al. 1999)**

<b>Risikofaktor</b>	<b>Definition</b>	<b>Score</b>
Alter	für 5 Jahre über 60	1
Geschlecht	weiblich	1
COPD	langjährige Einnahme von Steroiden oder Bronchodilatoren	1
extrakardiale AVK	1. Claudicatio 2. signifikante Karotisstenose > 50% 3. frühere od. geplante OP an abdomineller Aorta, Arteria carotis oder peripheren Gefäßen	2
neurologische Dysfunktion	schwere Beeinträchtigung der Selbstversorgung	2
frühere Herz Operation	erneute Eröffnung des Perikards	3
Kreatinin erhöht	> 2,26 mg/dl präoperativ	2
aktive Endokarditis	laufende antibiotische Behandlung	3
kritischer präoperativer Status	1. VT, Kammerflimmern od. überlebter Herztod 2. Herzdruckmassage präoperativ 3. Beatmung präoperativ 4. inotrope Unterstützung oder IABP präOP 5. präoperatives Nierenversagen	3
instabile Angina	i.v. Nitrate bis zur OP	2
LV Dysfunktion	mittelgradig eingeschränkt (30 - 50%) schwer beeinträchtigt (< 30%)	1 3
frischer Myokardinfarkt	innerhalb der letzten 90 Tage	2
pulmonaler Hypertonus	systolischer Druck > 60 mmHg	2
Notfalleingriff		2
nicht ACB Operation	Kombinationseingriff oder anderer als ACB	2
Chirurgie der thorakalen Aorta	Eingriff an der Aorta ascendens oder descendens	3
Septumruptur nach Infarkt		4

### **2.3.7 Präoperativ kritischer Zustand**

Es wurde geprüft, ob ein Patient bereits vor der Operation intensivpflichtig war und ob die linksventrikuläre Funktion präoperativ durch die Implantation einer intraaortalen Ballonpumpe unterstützt werden musste.

### **2.3.8 Operation**

Dem Operationsprotokoll und dem Operationsbericht wurden die wichtigen Daten des Eingriffs entnommen.

#### **2.3.8.1 Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna**

Erfasst wurden die OP-Technik (Eversionsplastik oder Patchplastik) sowie das ggf. verwendete Patchmaterial. Als weitere Details wurden die Abklemmzeit der Arteria carotis interna aus dem Anästhesieprotokoll entnommen. Die mögliche Verwendung eines intraluminalen Shunts zur Sicherung der zerebralen Perfusion während der Rekonstruktion wurde anhand des OP-Berichtes überprüft.

#### **2.3.8.2 Kardiochirurgischer Abschnitt der durchgeführten Operation**

Zu den erhobenen Daten bezüglich der Herzoperation gehörten die Art des Eingriffes inklusive operativer Details, wie z.B. die Anzahl und Ziele angeschlossener Bypassgrafts, der verwendete Klappentyp bei Klappenersatz oder die Art der Klappenrekonstruktion. Die Ischämiezeit des Herzens und die Dauer der extrakorporalen Zirkulation wurden dem Protokoll der Herz-Lungen-Maschine entnommen. Dem Operationsprotokoll wurde außerdem entnommen, ob es nötig war, mit Ende des kardiopulmonalen Bypasses die linksventrikuläre Funktion mit Hilfe der intraaortalen Ballonpumpe zu unterstützen. Ob es sich um einen elektiven oder einen dringlichen Eingriff handelte, wurde anhand der Liegezeit vor der Operation festgestellt. Ein Eingriff galt als dringlich, wenn er nach Direktverlegung aus einem anderen Krankenhaus innerhalb von 24 Stunden durchgeführt wurde. Patienten, die elektiv einbestellt worden waren, wurden auch dann nicht als dringlich eingestuft, wenn die präoperative Liegezeit weniger als 24 Stunden betrug.

### **2.3.9 Postoperativer Verlauf**

Dem Verlegungsbericht der Intensivstation wurden die Dauer des Aufenthaltes und das Vorkommen von Komplikationen, wie beispielsweise Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) oder kardiales Low-Output-Syndrom (LOS) entnommen. Zusätzlich wurde festgehalten, ob eine intraaortale Ballonpumpe implantiert wurde, eine Nierenersatztherapie notwendig war sowie der Blutverlust über die Drainagen und die eventuelle Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (EK), fresh frozen plasma (FFP) oder Thrombozytenkonzentraten (TK). Der Krankenhausaufenthalt insgesamt und der postoperative Aufenthalt wurden dem Entlassungsbericht entnommen.

### **2.3.10 Letalität**

Es wurde das frühpostoperative Versterben innerhalb der ersten 30 Tage vom spätpostoperativen Versterben differenziert. Schließlich erfolgte eine Analyse der Todesursachen.

### **2.3.11 Schwerwiegende Komplikationen**

Es wurden kardiale Komplikationen sowie vorübergehende und permanente neurologische Defizite erfasst. Diese wurden, wie bereits zuvor erläutert, in TIA, PRIND und Schlaganfall eingeteilt. Diese Informationen wurden aus den Berichten der Intensivstation, des Klinikums und der Klinik der Anschluss-Heil-Behandlung erfasst. Im Falle neurologischer Komplikationen wurden zusätzlich die Konsiliarbefunde der Abteilung für Neurologie sowie postoperative CCT-Befunde, die ggf. auch mit präoperativen Befunden verglichen werden konnten, ausgewertet.

Bei Paresen wurde der Kraftgrad (KG) ermittelt. Die Einteilung erfolgte nach British Medical Research Council in Stufen von 0 bis 5 (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2: Kraftgrade (nach British Medical Research Council)**

<b>Kraftentfaltung</b>	<b>Grad</b>
volle Kraft	5
verminderte Kraft gegen Widerstand	4
Heben einer Extremität gegen die Schwerkraft möglich	3
Heben einer Extremität unter Ausschaltung der Schwerkraft möglich	2
Muskelkontraktionen ohne Bewegung	1
vollständige Lähmung	0

### 2.3.12 Rankin Scale

Um den Schweregrad einer neurologischen Dysfunktion zu objektivieren, wurde die Rankin Scale benutzt (Banks und Marotta 2007). Die auffälligen Patienten wurden prä- und postoperativ nach Aktenlage eingestuft. Die Einteilung erfolgte von 0, wenn der Patient keine Symptome hatte, bis 6, wenn der Patient verstorben war. Dazwischen erfolgen Abstufungen, welche in Tabelle 3 dargestellt sind.

**Tabelle 3: Ermittlung der Rankin Scale**

<b>Beschreibung</b>	<b>Grad</b>
keine Symptome	0
keine signifikanten Symptome, Alltagsfähigkeit nicht eingeschränkt	1
leichte Behinderung, Einschränkungen im Alltag, Selbstversorgung möglich	2
mittelschwere Behinderung, benötigt Hilfe im Alltag, kann ohne Hilfe gehen	3
hochgradige Behinderung, benötigt Hilfe beim Gehen und der Körperpflege	4
sehr schwere Behinderung, bettlägerig, benötigt ständig Hilfe	5
Versterben infolge des Schlaganfalls	6

## **2.4 Operationsablauf bei kombinierten Eingriffen mit Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna und herzchirurgischem Eingriff unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine**

Bei dem in dieser Arbeit untersuchten Vorgehen wurde nach Einleitung der Narkose und Einbringen eines arteriellen sowie mehrerer venöser Gefäßzugänge zunächst die Lagerung der Patienten durchgeführt. Der Eingriff erfolgte in Rückenlage mit angelagerten Armen. Die zu operierende Halsseite wurde durch leichte Seitwärtslagerung mit Blick des Patienten in Richtung der Gegenseite exponiert. Es folgen die Hautdesinfektion des Halses, der Körperrumpf-Vorderseite sowie die zirkuläre Desinfektion der unteren Extremitäten im Falle der Koronarbybassoperation. Anschließend erfolgte das sterile Abdecken des Patienten mit einseitiger Aussparung des Halses sowie des Brustkorbes und ggf. der Beine. Das operative Vorgehen wurde dann in der Reihenfolge Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna und anschließender Herzoperation durchgeführt.

### **2.4.1 Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna**

Der Eingriff wurde in Allgemeinnarkose mit erweitertem neurologischen Monitoring (transkranielle Dopplersonographie und Ableitung evozierter Potentiale) durchgeführt. Als erstes wurde die Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna vorgenommen. Dazu wurde ein Hautschnitt vor dem Musculus sternocleidomastoideus durchgeführt. Dann wurde zunächst die Arteria carotis communis dargestellt, im Anschluss die Arteria carotis interna und die Arteria carotis externa. Alle drei Gefäße wurden angeschlungen. Danach wurden systemisch 5.000 Einheiten Heparin verabreicht, und die Arteria carotis communis wurde probeweise abgeklemmt. Währenddessen wurde durch eine transkranielle Dopplersonographie oder die Messung evozierter Potentiale bestimmt, ob der Blutfluss über Kollateralen des Circulus arteriosus cerebri ausreichte, um eine adäquate Perfusion des Hirngewebes zu gewährleisten. War das nicht der Fall, wurde nach der Gefäßinzision ein intraluminaler Shunt zwischen Arteria carotis communis und Arteria carotis interna eingelegt, um die Perfusion sicherzustellen. Während der Shunt eingelegt wurde, mussten die Gefäße abgeklemmt werden. Für die Thrombendarteriektomie wurden zwei operative Verfahren angewandt: Die

Thrombendarteriektomie mit Patchverschluss und die Eversions-Thrombendarteriektomie. Das Vorgehen im Einzelnen erfolgte wie im Folgenden dargestellt.

#### 2.4.1.1 Thrombendarteriektomie mit Patchverschluss

Bei der Thrombendarteriektomie (TEA) mit Patchverschluss wurde eine Längsinzision der Arteria carotis communis vorgenommen, die in die Arteria carotis interna hinein – über die Stenose hinaus – verlängert wurde. Dann wurde mit Hilfe eines Dissektors das Plaquematerial von der Gefäßwand abgelöst. Entstand dabei distal eine Intimastufe, konnte diese durch eine fortlaufende Naht an der Gefäßwand fixiert werden. Anschließend erfolgte die plastische Erweiterung des Gefäßes, das Einnähen eines Patches. Dieser Patch wurde entweder aus einer autologen Vene, oder aus Kunststoffmaterial präpariert.

#### 2.4.1.2 Eversions-Thrombendarteriektomie

Ein alternatives operatives Vorgehen bestand in der Eversions-Thrombendarteriektomie. Hierbei wurde die Arteria carotis interna zunächst direkt an der Bifurkation von der Arteria carotis communis abgesetzt. Danach wurde die Innenwand der Arteria carotis interna evertiert, d.h. nach außen umgestülpt. Auf diese Weise konnte der Plaquezylinder langsam aus der Gefäßwand herausgelöst werden. Entstand beim Ablösen der Plaques distal eine Stufe in der Tunica intima, wurde diese mit fortlaufender Naht an der Gefäßwand fixiert. Danach wurde die Gefäßwand wieder umgeschlagen und konnte an die Karotisbifurkation in fortlaufender Naht reanastomosiert werden. Diese Operationstechnik konnte ohne Patch durchgeführt werden. Grundsätzlich waren diese beiden Verfahren durchführbar und der Operateur traf die Entscheidung zu der Methode, die er für besser geeignet hielt.

In beiden Fällen wurde vor dem Setzen der letzten Nähte die Perfusion erneut unterbrochen, um den ggf. eingelegten Shunt zu entfernen. Dann wurden die Gefäße entlüftet und verschlossen. Die Perfusion wurde freigegeben. Das Operationsgebiet wurde austamponiert. Es folgte die Herzoperation.

### 2.4.2 Herzchirurgischer Eingriff

Der Zugang erfolgte über eine mediane Sternotomie. War eine Myokardrevaskularisation geplant, wurden zunächst die Arteria thoracica interna und simultan dazu die Beinvene als Bypassmaterial präpariert. Dann wurde das Perikard eröffnet und mit Haltnähten fixiert. Zunächst wurde das Herz im Bezug auf Größe und Kontraktilität inspiziert. Nach systemischer Antikoagulation mit Heparin folgte das Einbringen einer arteriellen Kanüle in die Aorta ascendens, dann entweder das Einbringen einer Zwei-Stufen-Kanüle über das rechte Herzohr in den rechten Vorhof, oder es erfolgte die selektive Kanülierung der oberen und unteren Hohlvene. Über diese Kanülen wurde die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen. Nach Erreichen eines ausreichenden Herz-Zeit-Volumens über die Herz-Lungen-Maschine wurde die Aorta ascendens quer ausgeklemmt, um die kardiale Durchblutung zu unterbrechen. Über eine in der proximalen Aorta ascendens platzierte Kanüle und optional eine zweite Kanüle im Sinus coronarius wurde dann die Blutkardioplegielösung instilliert und ein kardiopleger Herzstillstand induziert. Parallel dazu erfolgte eine milde Absenkung der Körperkerntemperatur auf 32°C. Während der Ischämie des Herzens erfolgte das intermittierende Verabreichen von Kardioplegielösung.

Darauf folgte der geplante Eingriff an Koronargefäßen und – bzw. oder – an Herzklappen. Für die Myokardrevaskularisierung wurden in der Göttinger Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie in der Regel die Vena saphena magna als autologe Vene sowie die Arteria thoracica interna sinistra als arterieller Graft verwendet. Wurde ein Eingriff an Aorten- oder Mitralklappe vorgenommen, so wurden die Aortenwurzel bzw. der linke Vorhof eröffnet. Es wurden sowohl biologische als auch mechanische Klappenprothesen implantiert.

War dieser Teil der Operation abgeschlossen, wurde, ggf. nach Entlüftung aller Herzhöhlen, die Aortenklemme entfernt und die Koronarperfusion freigegeben. Im Falle einer Myokardrevaskularisierung erfolgte während der Reperfusion die Anasomosierung der venösen Bypassgrafts in die tangential ausgeklemmte Aorta ascendens mit anschließender Entlüftung und Freigabe der Bypassperfusion. Nach ausreichender Reperfusion und Anheben der Körperkerntemperatur auf Normwerte unter Entlastung

durch die Herz-Lungen-Maschine und ggf. Defibrillation zur Stabilisierung des Herzrhythmus erfolgte der Abgang von der Herz-Lungen-Maschine.

Nach Stabilisierung des Kreislaufes ohne Unterstützung durch die Herz-Lungen-Maschine wurden die Kanülen entfernt und die Inzisionsstellen übernäht. Dann wurde Protamin verabreicht, um die Wirkung des Heparins zu antagonisieren. Bipolare Schrittmacherdrähte wurden auf rechten Vorhof und rechten Ventrikel aufgenäht und aus der Haut ausgeleitet. Es wurden Drainagen eingebracht. Das Sternum wurde mit Drahtcerclagen verschlossen. Es folgte der schichtweise Wundverschluss. Zuletzt wurde die Wunde der Arteria carotis interna schichtweise verschlossen, nachdem auch hier eine Drainage eingelegt worden war. Alle Patienten wurden auf die Intensivstation verlegt.

## 2.5 Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Softwareprogramm STATISTICA 7 (Fa. StatSoft, Tulsa, Oklahoma, USA). Die Analyse der Parameter erfolgte deskriptiv und explorativ. Für die deskriptive Statistik wurden Median- und Mittelwerte, Standardabweichungen sowie minimale und maximale Werte bestimmt.

Als geeignete statistische Testverfahren kamen der Chi-Quadrat-Test und der exakte Test nach Fischer zur Anwendung – beide zweiseitig. Diese beiden Tests dienten der Analyse von Häufigkeitsunterschieden bezüglich der Ausprägung eines oder mehrerer Merkmale. Dabei wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit für alle Testverfahren jeweils mit  $\alpha = 0,05$  festgelegt. War der p-Wert – das Ergebnis eines Signifikanztests – kleiner als das Niveau  $\alpha$ , dann war das Testergebnis signifikant, das heißt, die vorab aufgestellte Nullhypothese wurde verworfen. Andernfalls war keine Aussage möglich.

Bei nominalen und voneinander unabhängigen Daten sowie bei dichotomen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test verwandt. Bei kleinen Stichproben und bei starker Asymmetrie der Vierfeldertafel war die Verwendung des exakten Tests nach Fischer angebracht. Eine zweiseitige Hypothese nahm an, dass zwischen zwei Merkmalen ein Zusammenhang, oder zwischen zwei Gruppen ein Unterschied bestand. Sie besagte aber nichts über die Richtung des Zusammenhangs.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Präoperative Daten

#### 3.1.1 Alter

Bei der Untersuchung der Altersverteilung zeigte sich, dass von den 100 eingeschlossenen Patienten 49 älter als 70 Jahre waren. 51 Patienten waren 70 Jahre alt oder jünger (Abb. 2).

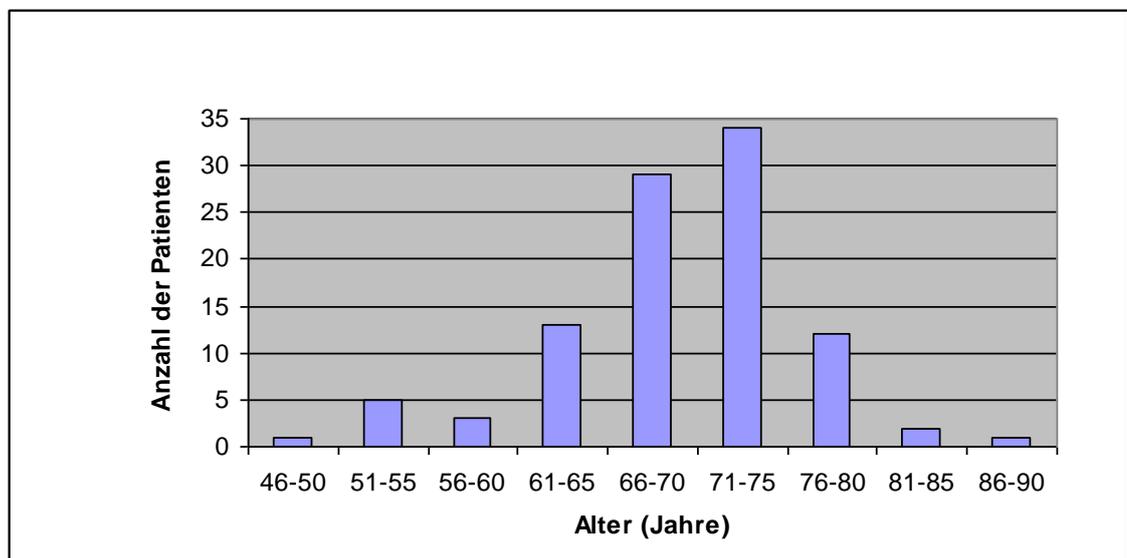


Abbildung 2: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Operation

#### 3.1.2 Risikofaktoren

Die wichtigen Risikofaktoren der Patienten sind in Tabelle 4 aufgeführt: 91 Patienten hatten einen arteriellen Hypertonus, 73 eine Hyperlipoproteinämie, 53 Patienten waren Raucher oder Ex-Raucher. Eine chronische Niereninsuffizienz lag in 52 Fällen vor. 42 Patienten hatten einen Diabetes Mellitus. Eine pAVK lag in 31 Fällen vor. 19 Patienten hatten eine COPD.

**Tabelle 4: Verteilung der Risikofaktoren im Patientenkollektiv in Prozent (n = 100)**

art. Hypertonus	91
Hyperlipoproteinämie	73
chronische Niereninsuffizienz	52
Diabetes mellitus	42
pAVK	31
Raucher	29
Ex-Raucher	24
COPD	19

### 3.1.3 Kardialer Status

19 Patienten hatten innerhalb der letzten 90 Tage vor der Operation einen Myokardinfarkt erlitten. Sechs Patienten hatten präoperativ eine instabile Angina Pectoris und benötigten Glyceroltrinitrat intravenös. Drei Patienten wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt am Herzen operiert.

### 3.1.4 Herzrhythmus

90 der 100 Patienten hatten vor der Operation einen Sinusrhythmus. Bei 7 Patienten bestand Vorhofflimmern.

### 3.1.5 Ejektionsfraktion

Bei 89 der 100 Patienten war die Ejektionsfraktion (EF) berechnet und dokumentiert. 32 Patienten zeigten eine mittelgradig eingeschränkte, 5 Patienten eine schwer beeinträchtigte Ejektionsfraktion (Abb. 3).

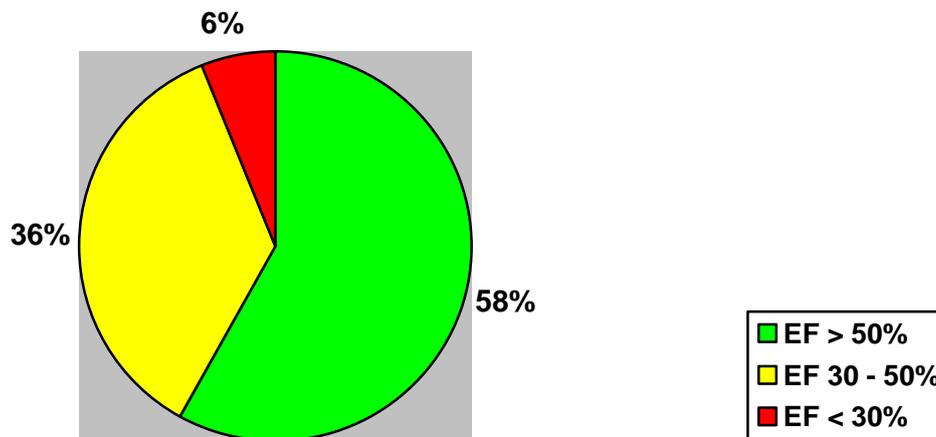


Abbildung 3: Verteilung der Ejektionsfraktion präoperativ in Prozent (n = 89)

### 3.1.6 EuroSCORE

Die meisten Patienten hatten ein höheres Risiko. Nur bei 4 Patienten betrug der EuroSCORE 2, sie fielen damit in die Gruppe mit niedrigem Risiko. 49 Patienten hatten einen EuroSCORE zwischen 3 und 5 Punkten und somit ein mittleres Risiko. 47 Patienten befanden sich mit mehr als 5 Punkten im Hochrisikobereich.

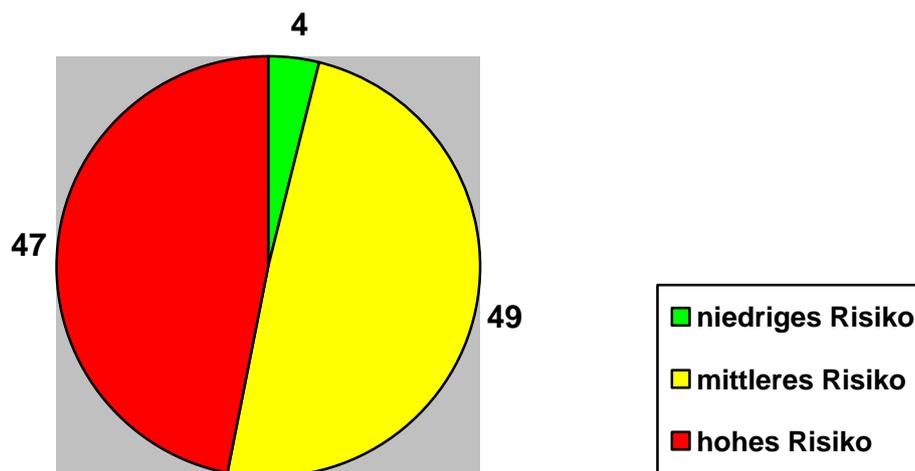


Abbildung 4: Einteilung der Patienten nach EuroSCORE

### 3.1.7 Karotisstenosen

Eine unilaterale Stenose der Arteria carotis interna lag bei 51 Patienten vor, während 42 Patienten bilaterale Stenosen hatten und 7 Patienten kontralateral einen Verschluss der Arteria carotis interna aufwiesen. 82 Patienten wurden mit einer hochgradigen Stenose der Arteria carotis interna operiert, 17 Patienten mit einer mittelgradigen Stenose. Zu einem Patienten konnte der Stenosegrad retrospektiv nicht ermittelt werden.

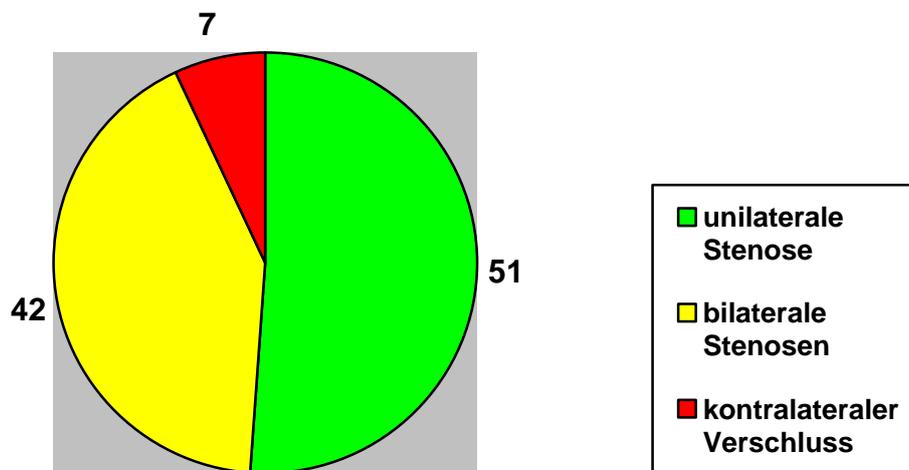


Abbildung 5: Ausprägung der Karotisstenosen

### 3.1.8 Neurologischer Status präoperativ

Ein neurologisches Ereignis hatten 22 Patienten in der Anamnese. Dabei kam es in 2 Fällen zu einer transitorischen ischämischen Attacke (TIA). 20 Patienten erlitten manifeste Schlaganfälle. Diese hinterließen in 15 Fällen eine nur unwesentliche neurologische Dysfunktion (Rankin Scale Grad 1 und 2), ein Patient hatte eine residuale Behinderung (Grad 3) und weitere 4 Patienten eine ausgeprägte Hemiparese (Grad 4).

## 3.2 Operative und intraoperative Daten

### 3.2.1 Dringlichkeit der Operation

89 Patienten wurden elektiv operiert. 9 Patienten wurden als dringlich eingestuft. Keiner der Patienten wurde als Notfall operiert. Zwei Patienten konnten retrospektiv nicht eingeteilt werden.

### 3.2.2 Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna

Bei 90 Patienten wurde eine Thrombendarteriektomie (TEA) mit Erweiterungsplastik durchgeführt. Dabei wurde in 77 Fällen eine körpereigene Vene und in 13 Fällen Kunststoffmaterial verwandt. Bei 8 Patienten wurde eine Eversions-TEA durchgeführt. In zwei Fällen konnten zur TEA retrospektiv keine Daten erhoben werden.

### 3.2.3 Durchgeführte Herzoperationen

Während dieser 100 Simultaneingriffe wurden 98 Bypassoperationen durchgeführt, in 78 Fällen als isolierter Eingriff und in 20 Fällen als Kombinationseingriff (Tab. 5). Dabei wurden im Mittel 3,44 Koronararterien revaskularisiert. In 82 Fällen wurde die Arteria thoracica interna sinistra verwendet. In 16 Fällen wurden ausschließlich Venentransplantate verwendet. In 4 Fällen wurde zusätzlich zur Bypassanlage eine Thrombendarteriektomie einer oder mehrerer Koronararterien durchgeführt. In 20 Fällen wurde, wie bereits erwähnt, eine kombinierte Bypass- und Klappenoperation durchgeführt. Zwei Patienten erhielten einen isolierten Aortenklappenersatz.

**Tabelle 5: Operationen mit kardiopulmonalem Bypass in Prozent (n =100)**

isolierter aortokoronarer Bypass (ACB)	78
ACB + Aortenklappenersatz	17
ACB + Mitralklappenersatz	1
ACB + Mitral- und Aortenklappenersatz	1
ACB + Mitralklappenrekonstruktion	1
Aortenklappenersatz	2

### 3.2.4 Dauer von extrakorporaler Zirkulation und Ischämie des Herzens

Die durchschnittliche Zeit der Herz-Lungen-Maschine betrug  $136 \pm 43$  Minuten. Die längste Dauer betrug 272 Minuten, die kürzeste 50 Minuten. Die Ischämiezeit des Herzens, d.h. die Zeit, in der das Herz von der Perfusion mit Blut ausgeklemmt war, betrug durchschnittlich  $86 \pm 30$  Minuten, im längsten Fall 211 Minuten und im kürzesten 36 Minuten.

## 3.3 Outcome

### 3.3.1 Frühletalität

Innerhalb der ersten 30 Tage verstarben 10 Patienten (10%). An einer kardialen Ursache verstarben 8 Patienten (Tab. 6), vorwiegend an den Folgen eines Low-Output-Syndroms (LOS). Zwei Patienten verstarben an nicht kardialen Ursachen: Ein Patient verstarb an einem rupturierten Bauchaortenaneurysma. In dem anderen Fall blieb die Todesursache unklar. Der Patient verstarb auf Normalstation und wurde am Morgen leblos aufgefunden. Bei keinem der verstorbenen Patienten konnte eine neurologische Todesursache festgestellt werden.

**Tabelle 6: Todesursachen innerhalb der ersten 30 Tage (n = 10)**

Myokardinfarkt mit konsekutivem Low-Output-Syndrom	1
Myokardinfarkt und Dissektion der Aorta ascendens	1
Low-Output-Syndrom	4
therapierefraktäre, bradykarde Herzrhythmusstörung	1
Ventrikeleinriss bei Notfall-Rethorakotomie	1
Ruptur eines Bauchaortenaneurysmas	1
unklare Ursache	1

### 3.3.2 Spätletalität

Ein weiterer Patient verstarb am 48. Tag postoperativ durch Kreislaufversagen bei Sepsis, welche infolge einer Pneumonie aufgetreten war. Zudem waren mehrere operative Revisionen bei Perikardtamponade und Hämatothorax notwendig. Ein Patient verstarb nach 6 Monaten während des zweiten stationären Aufenthaltes, welcher auf

Grund einer Instabilität des Sternums mit Fistelbildung notwendig geworden war. Infolge mehrmaliger Wundrevisionen mit ausgedehnter Resektion des Sternums kam es zur septischen Komplikation bei therapierefraktärer Infektion. In einem weiteren Fall blieb die Todesursache unklar: Der Patient verstarb spätpostoperativ in der Anschlussheilbehandlung.

### 3.3.3 Letalität nach unterschiedlichen Eingriffen

Von den 78 Patienten, die sich neben der Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna einer simultanen aortokoronaren Bypass-Operation unterzogen, verstarben 7 Patienten innerhalb der ersten 30 Tage. Von 20 Patienten, die einer kombinierten Bypass- und Herzklappenersatz- bzw. Rekonstruktion unterzogen wurden, verstarben drei. Keiner der zwei Patienten mit isoliertem Aortenklappenersatz verstarb (Abb. 6).

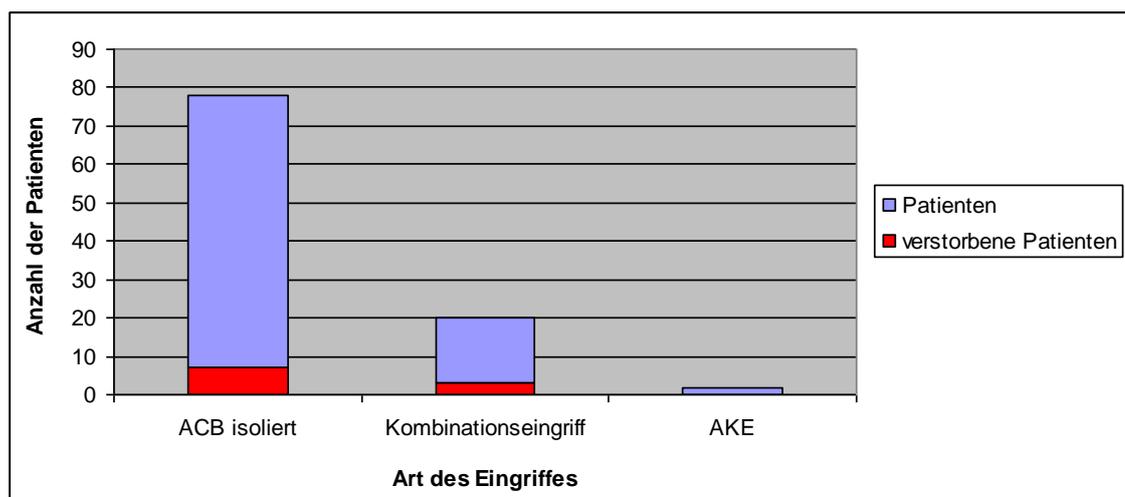


Abbildung 6: Letalität bezogen auf durchgeführte Operationen (n = 100)

### 3.3.4 Kardiale Morbidität

Bei 8 Patienten stellte sich perioperativ ein Low-Output-Syndrom (LOS) ein, welches die Implantation einer intraaortalen Ballonpumpe (IABP) erforderlich machte: In 3 Fällen intra- und in 5 Fällen postoperativ. Fünf von diesen Patienten verstarben frühpostoperativ.

### 3.3.5 Akutes Nierenversagen

Insgesamt 13 Patienten benötigten im postoperativen Verlauf eine vorübergehende Nierenersatztherapie, wobei 10 dieser Patienten bereits vor der Operation eine Niereninsuffizienz mit einem erhöhten Serumkreatininspiegel gezeigt hatten.

### 3.3.6 Neurologisches Outcome

Insgesamt 10 Patienten (10%) entwickelten ein neurologisches Problem: Von 82 Patienten, die mit einer hochgradigen Stenose der Arteria carotis interna operiert wurden, erlitten 6 Patienten einen Schlaganfall, zwei Patienten eine TIA. In 5 Fällen war die Symptomatik ausgehend von der kontralateralen Hemisphäre der TEA, in 2 Fällen von der ipsilateralen. Einmal zeigte sich eine Kleinhirnsymptomatik, passend zum Stromgebiet der Arteria cerebelli posterior inferior. 17 Patienten wurden mit einer mittelgradigen Stenose operiert. Davon erlitt einer einen Schlaganfall, ein Patient eine TIA. Die Symptomatik war einmal ipsilateral und einmal kontralateral zur TEA. In beiden Fällen lag ein Verschluss der kontralateralen Arteria carotis interna vor.

**Tabelle 7: postoperatives neurologisches Defizit im Bezug zur OP-Seite in Prozent (n = 10)**

Schlaganfall kontralateral zur TEA	4
Schlaganfall ipsilateral zur TEA	2
Ataxie	1
TIA kontralateral zur TEA	2
TIA ipsilateral zur TEA	1

Von den insgesamt 10 Patienten, die postoperativ neurologische Komplikationen zeigten, hatten 5 hochgradige bilaterale Karotisstenosen, 3 Patienten einen kontralateralen Verschluss.

Von den 7 Patienten, die einen Schlaganfall entwickelten, präsentierten zwei eine Armparese Kraftgrad (KG) 4, ein Patient eine Hemiparese KG 4. Bei einer Patientin bildete sich die Hemiparese bis zum Zeitpunkt der Entlassung vollständig zurück. Zwei

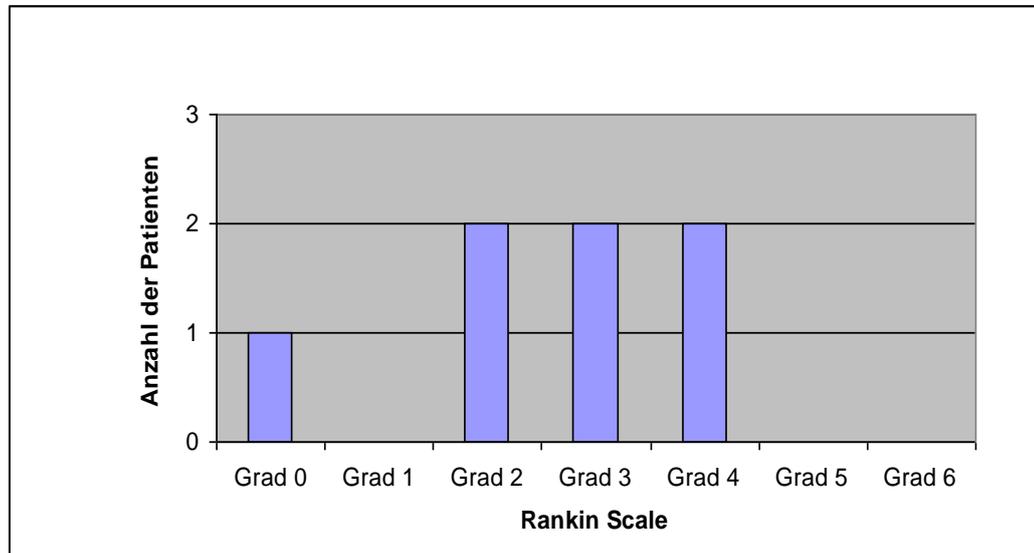
Patienten zeigten schwere Hemiparesen KG 2. Ein Patient entwickelte eine Ataxie mit dazu passender ischämischer Läsion einer Kleinhirnhemisphäre (Tab. 8).

**Tabelle 8: postoperative neurologische Dysfunktion in Prozent (n = 10)**

TIA	3
Armparese KG 4	2
Hemiparese KG 4	2
Hemiparese KG 2	2
Ataxie	1

Die mittlere Liegezeit betrug  $20 \pm 16,4$  Tage. Die längste Liegezeit betrug 146.

Bei Entlassung waren bezüglich der neurologischen Dysfunktion die Patienten in der Rankin Scale zwischen Grad 0 und Grad 4 fast gleichmäßig verteilt (Abb. 7).



**Abbildung 7: Einteilung nach Rankin Scale zum Zeitpunkt der Entlassung**

## **3.4 Analyse von Risikofaktoren**

### **3.4.1 Alter**

Von den Patienten über 70 Jahren verstarben 10. Es wurde geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen Alter und Letalität besteht. Dabei zeigte sich eine signifikant höhere Sterblichkeit der Patienten über 70 Jahre ( $p = 0,039$ ). Ein Patient erlitt einen Myokardinfarkt, 6 Patienten erlitten eine neurologische Dysfunktion. Die statistische Überprüfung dieser Komplikationen im Bezug auf das Alter der Patienten zeigte keinen signifikanten Unterschied.

### **3.4.2 Ejektionsfraktion**

Von den 52 Patienten mit normaler oder leicht verminderter Ejektionsfraktion ( $EF > 50\%$ ) starben 7 Patienten. Zwei Patienten erlitten einen Myokardinfarkt. Von 32 Patienten mit mittelgradig eingeschränkter Ejektionsfraktion ( $EF 30-50\%$ ) starben zwei. Von 5 Patienten mit schwer beeinträchtigter Ejektionsfraktion ( $EF < 30\%$ ) starben zwei. Die Patienten mit unterschiedlich eingeteilter linksventrikulärer Funktion wurden im Bezug auf die Letalität und das Auftreten eines Myokardinfarktes miteinander verglichen. Es konnte kein signifikant häufigeres Auftreten dieser Komplikationen bei zunehmend eingeschränkter Ejektionsfraktion festgestellt werden.

### **3.4.3 OP-Dringlichkeit**

Von 9 Patienten, die dringlich operiert wurden, verstarben 3 Patienten. Verglichen mit den 89 Patienten, die elektiv operiert wurden, von denen 10 Patienten verstarben, zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied. Keiner der Patienten, die dringlich operiert wurden, erlitt einen Myokardinfarkt oder eine neurologische Dysfunktion.

### **3.4.4 EuroSCORE**

In der Gruppe der Patienten, die ein niedriges Risiko hatten, traten keine Komplikationen auf. Aus der Gruppe derer, die unter das mittlere Risiko fielen, verstarben 6 Patienten. In der Hochrisikogruppe verstarben 7 Patienten. Die Patienten

mittleren Risikos wurden bezüglich der Letalität mit den Patienten, bei denen ein hohes Risiko vorlag, verglichen. Dabei zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied.

#### **3.4.5 Kardiales Low-Output-Syndrom**

Von den 8 Patienten, die im peri- oder postoperativen Verlauf ein Low-Output-Syndrom (LOS) entwickelten, verstarben 5 Patienten. Vergleicht man diese Gruppe mit den Patienten, die kein LOS erlitten, so verstarben die Patienten mit LOS signifikant häufiger ( $p = 0,0008$ ).

#### **3.4.6 Unilaterale vs. bilaterale Karotisstenosen**

Von den 49 Patienten mit bilateralen hoch- und mittelgradigen Stenosen erlitten 8 Patienten postoperativ eine neurologische Dysfunktion. Diese Patienten wurden bezüglich des Auftretens dieser Komplikation mit den Patienten verglichen, die eine unilaterale Stenose einer Arteria carotis interna hatten. Es zeigte sich ein signifikant häufigeres Auftreten neurologischer Komplikationen bei Patienten mit bilateralen Karotisstenosen ( $p = 0,0491$ ).

#### **3.4.7 Symptomatische Karotisstenosen**

Von den 22 Patienten, die präoperativ symptomatische Stenosen der Arteria carotis interna hatten, entwickelten im postoperativen Verlauf 4 Patienten eine neurologische Dysfunktion. Es zeigte sich im Vergleich zu den Patienten mit asymptomatischen Stenosen kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich des neurologischen Outcome.

#### **3.4.8 Herzrhythmus**

Unter den 90 Patienten mit Sinusrhythmus erlitten 5 Patienten einen Schlaganfall und 3 Patienten eine TIA. Von den 7 Patienten mit Vorhofflimmern erlitten 2 Patienten einen Schlaganfall. Die 3 Patienten, deren Herzrhythmus retrospektiv nicht ermittelt werden konnte, zeigten keine neurologischen Auffälligkeiten.

### **3.4.9 Bedeutung anderer Risikofaktoren und neurologischer Komplikationen**

Von den 91 Patienten mit arteriellem Hypertonus erlitten 10 Patienten eine neurologische Dysfunktion. Fünf der 42 Patienten mit Diabetes mellitus sowie drei der 31 Patienten mit pAVK entwickelten neurologische Auffälligkeiten. Es wurden die Hypertoniker sowie die Patienten mit pAVK und Diabetes mellitus mit den Patienten, die diese Risikofaktoren jeweils nicht aufwiesen, im Bezug auf die Entwicklung einer postoperativen neurologischen Dysfunktion verglichen. Dabei zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied.

## 4 Diskussion

Die Arteriosklerose ist eine systemische Erkrankung, die sich an unterschiedlichen Lokalisationen manifestiert. Dazu gehören vor allem die hirnversorgenden Gefäße, die Herzkranzgefäße und die Bauchaorta mit den Gefäßen der unteren Extremität. Die Karotisstenose ist ein verengender Prozess der extrakraniellen, hirnversorgenden Gefäße. In der 8. Lebensdekade liegt die Prävalenz der Erkrankung in Deutschland bei etwa 6,4%. Bis zu 25% der ischämischen Schlaganfälle werden durch die Folgen von Karotisstenosen verursacht (Stötzel et al. 2012). Da häufig eine Manifestation zeitgleich an mehreren Lokalisationen beobachtet werden kann, wird es von Seiten der kardiologischen Fachgesellschaften empfohlen, bei Patienten älter 65 Jahre sowie bei Vorliegen verschiedener Risikofaktoren (Hauptstammstenose, pAVK, Tabakkonsum, zurückliegender ischämischer Insult, Strömungsgeräusch der Karotiden), vor geplanter operativer Myokardrevaskularisation eine präoperative Duplexsonographie als Screening durchzuführen (Eagle et al. 2004). Diese Empfehlung wurde in der Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie in Göttingen erweitert, so dass sie auf alle Patienten vor kardiochirurgischem Eingriff angewendet wurde. Das hier untersuchte Patientenkollektiv definierte sich durch das Vorliegen einer kardialen Erkrankung mit Indikation zur chirurgischen Versorgung und das parallele Bestehen einer hochgradigen Stenose einer oder beider Arteriae carotides internae.

Führt man eine Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna durch, ohne eine koronare Herzkrankheit zu berücksichtigen, riskiert man eine hohe postoperative Sterblichkeit, die mit bis zu 18,2% beschrieben wird und zu drei Vierteln kardiale Ursachen hat (Ennix et al. 1979). Hertzner und Mascha beschrieben 2006 Langzeitergebnisse mit einer Sterblichkeit von 37% nach fünf Jahren und 58% nach elf Jahren, sofern der Verdacht auf eine koronare Herzkrankheit vorlag, diese aber nicht operativ behandelt wurde. Hertzner und Lees machten 1981 für 41% der Todesfälle Myokardinfarkte verantwortlich.

Führt man eine Herzoperation unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine durch, ohne eine bestehende Stenose der Arteria carotis interna zu beheben, besteht ein erhöhtes

Risiko für postoperative Schlaganfälle, das mit bis zu 14,3% angegeben wird (Faggioli et al. 1990). Die Ursachen hierfür sieht man zum Einen in einer zerebralen Minderperfusion während des Einsatzes der Herz-Lungen-Maschine, zum Anderen in der Ablösung thrombotischen Materials der Stenose (Hirotsani et al. 2000).

#### **4.1 Operatives Vorgehen**

Betrachtet man die beiden Krankheiten zunächst gesondert, so ist die Übereinkunft über das Vorgehen deutlicher. Die groß angelegte, randomisierte und an verschiedenen gefäßchirurgischen Zentren durchgeführte NASCE Studie untersuchte Patienten mit symptomatischen Stenosen der Karotiden und verglich die Langzeitergebnisse der Thrombendarteriektomie mit der konservativen Therapie (Barnett et al. 1998). Stenosen galten als symptomatisch, wenn sie innerhalb von 180 Tagen präoperativ zu ipsilateralen TIAs oder Schlaganfällen geführt hatten. Die Autoren stellten fest, dass symptomatische Patienten mit einem Stenosegrad von 70% oder größer beachtlich von der operativen Therapie profitierten. Auch Patienten, deren Stenose zwischen 50% und 69% betrug, zeigten bessere Langzeitergebnisse als die medikamentös therapierten Probanden, wohingegen Stenosen unter 50% besser konservativ behandelt werden sollten.

Später untersuchte die ähnlich angelegte ACS Studie Patienten mit asymptomatischen Stenosen der Arteria carotis interna (Halliday et al. 2004). Man stellte fest, dass diese bei einer Verengung von 70% oder mehr von einer Thrombendarteriektomie im Vergleich zur konservativen Therapie profitieren.

Die ECVS-Guidelines empfehlen eine Thrombendarteriektomie für Patienten mit einer symptomatischen Stenose der Arteria carotis interna (ACI) von größer 50%. Für Patienten mit asymptomatischen ACI-Stenosen wird eine Thrombendarteriektomie ab einem Stenosegrad von 70% empfohlen, jedoch mit folgenden Einschränkungen: Männer sollten unter 75 Jahre alt sein; Frauen sollten jung und von guter körperlicher Konstitution sein, da diese signifikant weniger von der Thrombendarteriektomie profitieren als Männer (Liapis et al. 2009).

Operative Eingriffe unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine tragen für sich schon das Risiko eines postoperativen Schlaganfalls, dass mit bis zu 7,7% (Wolman et al. 1999) angegeben wird. Als Risikofaktoren für die Entwicklung eines postoperativen Schlaganfalls wurden unter anderem identifiziert: fortgeschrittenes Alter (Baker et al. 2005; Borger et al. 2001), Diabetes mellitus (Dacey et al. 2005; Hogue et al. 1999), arteriellen Hypertonus (Ricotta et al. 2003; Stamou et al. 2001), weibliches Geschlecht (Charlesworth et al. 2003; Toumpoulis et al. 2008), pAVK (Bucerius et al. 2003; Mickleborough et al. 1996), Arteriosklerose der Aorta ascendens (Wolman et al. 1999; Mickleborough et al. 1996), erhöhte Retentionsparameter (Stamou et al. 2001; Almassi et al. 1999), akute Myokardinfarkte (Stamou et al. 2001; Toumpoulis et al. 2008), Vorhofflimmern (Likosky et al. 2003), bereits früher erlittene Schlaganfälle (D'Agostino et al. 1996; Ricotta et al. 1995), Strömungsgeräusche über den Karotiden (Puskas et al. 2000; McKhann et al. 1997), Stenose der Arteria carotis interna (Hirovani et al. 2000; Faggioli et al. 1990; Schwartz et al. 1995) und das Nichtdurchführen einer Thrombendarteriektomie bei Vorliegen einer signifikanten Stenose der Arteria carotis interna (Özatic et al. 2005).

Es gibt verschiedene, zum Teil groß angelegte Studien, die sich mit der Behandlung der Karotisstenose beschäftigt haben (Barnett et al. 1998; Halliday et al. 2004). Über das am besten geeignete Vorgehen bei Vorliegen dieser Konstellation aus Stenosen der hirnversorgenden Gefäße und einer geplanten Operation am Herzen unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine gibt es bisher keinen Konsens (Venkatachalam et al. 2011). Deshalb ist auch die Frage der Reihenfolge der operativen Versorgung einer oder beider Befunde Inhalt einer Reihe von Untersuchungen (Giangola et al. 1996; Chiappini et al. 2005), eine eindeutige Empfehlung zum Procedere ist jedoch noch nicht vorhanden.

Autoren, die im Rahmen ihrer Studien eine signifikante Stenose der Arteria carotis interna unbehandelt ließen, rieten auf Grund ihrer Ergebnisse zur zusätzlichen Durchführung der Karotis-OP – simultan oder zweizeitig (Stamou et al. 2001; Faggioli et al. 1990). Hirovani et al. berichteten 2000 über zweizeitige Eingriffe an Patienten mit hochgradigen, symptomatischen Stenosen, empfahlen jedoch auf Grund ihrer

Ergebnisse die Indikation auch auf hochgradige, asymptomatische Stenosen auszuweiten.

Die Ergebnisse über Simultaneingriffe mit vorangehender Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna und darauf folgendem Anschluss an die extrakorporale Zirkulation für die durchzuführende Herzoperation sind sehr unterschiedlich. Das Auftreten eines postoperativen Schlaganfalls liegt in der Literatur bei bis zu 18% (Eren et al. 2005; Bonacchi et al. 2002; Gansera et al. 2004; Li et al. 2009; Salazar et al. 2001; Vassilidze et al. 1994). Die frühe postoperative Sterblichkeit kann bis 9,2% betragen (Giangola et al. 1996; Mishra et al. 2004; Ziada et al. 2005; Guibaud et al. 2004).

Den Ergebnissen entsprechend unterscheiden sich auch die Bewertungen über die sichere Durchführbarkeit eines solchen Simultaneingriffes. Die meisten Studien empfehlen den Simultaneingriff als eine sichere, oder aber mit akzeptablem Risiko durchführbare Prozedur (Eren et al. 2005; Kolh et al. 2006; Gansera et al. 2004; Mishra et al. 2004; Roddy et al. 2002; Estes et al. 2001; Trachiotis und Pfister 1997; Akins et al. 1995), während wenige Studien darin ein hohes Risiko sahen und andere Vorgehensweisen empfahlen (Li et al. 2009; Giangola et al. 1996; Coyle et al. 1995).

#### **4.1.1 Simultaneingriff**

Die Indikationen zum Simultaneingriff variieren sehr. Asymptomatische Stenosen wurden bei der vorliegenden Studie ab 70%, wie auch bei Li et al. (2009); Eren et al. (2005); Guibaud et al. (2004); Bonacchi et al. (2002); Roddy et al. (2002) und Akins et al. (1995) operiert. In anderen Studien erfolgte die simultane Karotisoperation bei Stenosen ab 75% (Minami et al. 2000; Mishra et al. 2004). Zum Teil wurden diese Stenosen erst ab 80% operiert (Kolh et al. 2006; Gansera et al. 2004; Ricotta et al. 2003; Estes et al. 2001; Trachiotis und Pfister 1997)

Symptomatische Stenosen wurden in der Regel bereits ausgehend von einem geringeren Stenosegrad operiert, nämlich ab 60% (Özatic et al. 2005), 50% (Estes et al. 2001), oder unabhängig von der prozentualen Verengung (Bonacchi et al. 2002). In vielen Fällen lag der Stenosegrad auch bei 70% (Kolh et al. 2006; Gansera et al. 2004). Instabile und

ulzerierte Plaques waren auch in den Vergleichsstudien eine regelhafte Indikation für eine simultane Thrombendarteriektomie (Minami et al. 2000; Eren et al. 2005; Gansera et al. 2004; Bonacchi et al. 2002; Trachiotis und Pfister 1997).

Einschränkend ist dabei die Verwendung unterschiedlicher Verfahren zur Bestimmung des Stenosegrades. Dies reduziert die Vergleichbarkeit der genannten Zahlenwerte. Zur präoperativen Diagnostik können die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) und die Magnetresonanztomographie (MRA) angewandt werden. Die DSA ist eine Röntgenuntersuchung, bei der über einen Katheter Kontrastmittel direkt in das zu untersuchende Gefäßareal injiziert wird. Durch digitale Nachbearbeitung können dann die kontrastierten Gefäße dargestellt werden, indem von dem gewonnenen Bild eine vor der Kontrastmittelgabe aufgenommene Nativaufnahme subtrahiert wird. Die MRA ist eine Gefäßdarstellung mittels Magnetresonanztomographie, bei der Kontrastmittel über eine beliebige Vene injiziert werden kann. Die Bilder können auch dreidimensional dargestellt werden.

#### **4.1.2 Andere operative Möglichkeiten**

Einige Autoren wählten die Methode, die extrakorporale Zirkulation während der gesamten Operation – also bereits vor der Thrombendarteriektomie der Arteria carotis interna – anzuschließen. Dahinter stand die Überlegung, dass durch moderate Hypothermie eine zerebrale Protektion gewährleistet wird. Postoperative Schlaganfälle traten bei Khaitan et al. (2000) in 5,8% der Fälle auf, während Guibaud et al. (2004) keine postoperativen Schlaganfälle berichteten. Die Sterblichkeit wurde mit 2,6% (Minami et al. 2000) und 6% (Bonacchi et al. 2002) angegeben. Kouchoukos et al. beschrieben 1994 eine besondere zerebrale Protektionstechnik: Sie führten die gesamte Operation in tiefer Hypothermie bei 15°C durch. Die Sterblichkeit lag bei 6%, und es traten keine Schlaganfälle auf.

Ein abgestuftes Vorgehen entweder mit Vorziehen (staged approach) oder Zurückstellen (reversed staged approach) der Thrombendarteriektomie wurde ebenfalls durchgeführt. Dabei lagen in der Regel nur wenige Tage zwischen beiden Eingriffen. In jedem Fall

wurden beide Operationen innerhalb eines stationären Klinikaufenthaltes durchgeführt. Die Ergebnisse waren vergleichbar mit denen der Simultanoperation. Die Schlaganfall- und Sterblichkeitsraten bewegten sich zwischen 1,5% und 1,7% (Hertzer et al. 1978) sowie 4,8% und 12,9% (Chiappini et al. 2005). Einige Autoren, die neben dieser Methode auch den Simultaneingriff vornahmen, hielten das abgestufte Vorgehen für sicherer und zogen es nach Möglichkeit vor (Giangola et al. 1996; Coyle et al. 1995; Hertzer et al. 1978). Hingegen erkannten Takach et al. (1997) keinen Vorteil gegenüber der kombinierten Prozedur. Faggioli et al. (1990) und Hirotsu et al. (2000) verglichen ihre Ergebnisse mit denen, die bei einem alleinigen Eingriff unter extrakorporaler Zirkulation auftraten. Sie bewerteten die abgestufte, vorgezogene Thrombendarteriektomie als profitabel für die Patienten.

Chiappini et al. (2005) und Giangola et al. (1996) führten neben der gewohnten Reihenfolge auch die umgekehrte, mit nachfolgender Thrombendarteriektomie, durch. In der Untersuchung von Chiappini et al. (2005) war diese Entscheidung davon abhängig, welcher der beiden Eingriffe als dringlicher betrachtet wurde. Lag eine instabile Angina pectoris vor, wurde zunächst die Myokardrevaskularisation vorgenommen. Giangola et al. (1996) stellten niedrigere Komplikationen bei diesem umgekehrten Verfahren fest, allerdings wurde es in ihrer Untersuchung nur an zwölf Patienten durchgeführt.

#### **4.1.3 Alternativ-Prozeduren**

Um das Risiko des Einsatzes der Herz-Lungen-Maschine auszuschalten, führten einige Arbeitsgruppen (Bucerius et al. 2003; Mishra et al. 2004; Eren et al. 2005) die Operation simultan am schlagenden Herzen durch, ohne Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Die Ergebnisse zeigten niedrige Schlaganfall- (0% bis 2,5%) und Sterblichkeitsraten (1,2% bis 3,7%). Mishra et al. (2004) und Eren et al. (2005) beurteilten dieses Vorgehen als sicher und vergleichbar mit der konventionellen Methode. Bucerius et al. (2003) gingen von einer Reduktion der postoperativen Schlaganfälle aus. Diese Methode kann aber nur bedingt zum Vergleich herangezogen werden, da sie nicht für alle Patienten in Frage kommt. So können Eingriffe an Herzklappen nicht ohne Herz-Lungen-Maschine durchgeführt werden. Auch sind

beispielsweise Koronararterien auf der Hinterwand nicht sicher ohne Herzstillstand erreichbar.

In den letzten Jahren wurde zunehmend auch eine percutane transluminale Stent-Angioplastie (PTA) der Arteria carotis interna vor der geplanten Herzoperation durchgeführt (Ranaweera et al. 2009; Ziada et al. 2005). Es liegen zu wenig Daten vor, jedoch sind die Ergebnisse zum Teil erfolgversprechend. Manche Studien hatten keine postoperativen Schlaganfälle (Ranaweera et al. 2009; Mendiz et al. 2006; Guerra et al. 2009), während andere bis zu 7,5% hohe Schlaganfallraten verzeichneten (Ziada et al. 2005; Versaci et al. 2007; Randall et al. 2006). Die Sterblichkeit lag bei bis zu 14,3% (Ranaweera et al. 2009; Randall et al. 2006). Eine bedeutende Limitierung dieser Option ist außerdem die postinterventionell erforderliche Einnahme von Thrombozytenaggregationshemmern, welche die folgende Herzoperation durch längere Blutungszeiten und höheren Blutverlust belasten kann. Dadurch verlängert sich der Einsatz der Herz-Lungen-Maschine und der Transfusionsbedarf steigt.

## 4.2 Risikofaktoren

In der vorliegenden Studie wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Patientenalter über 70 Jahre und der Letalität festgestellt. Das ist vergleichbar mit den Daten von Plestis et al. (1999), die hohes Alter als Prädiktor für erhöhte Sterblichkeit beschrieben. Anders als bei Chiappini et al (2005) und Ricotta et al. (2003) konnte in der vorliegenden Untersuchung kein Zusammenhang zwischen fortgeschrittenem Alter und dem Auftreten eines postoperativen Schlaganfalls festgestellt werden.

Chiappini et al. (2005) und Guibaud et al. (2004) stellten eine schwer beeinträchtigte Ejektionsfraktion als Prädiktor für die postoperative Sterblichkeit fest. In den hier untersuchten Fällen starben zwei von fünf Patienten mit schwer beeinträchtigter linksventrikulärer Funktion. Diese Anzahl von Patienten ist jedoch zu klein für eine statistische Aussage.

Bei einigen Studien war eine Operation unter Notfallbedingungen mit einer erhöhten Sterblichkeit verbunden (Guibaud et al. 2004; Brown et al. 2003; Kolh et al. 2006). In

der vorliegenden Studie wurde kein Patient notfallmäßig operiert, allerdings fand sich bei Patienten, die dringlich operiert wurden, auch keine höhere Letalität.

Das Low-Output-Syndrom (LOS) ist eine schwere und gefürchtete Komplikation, die fast erwartungsgemäß eine statistisch signifikant höhere Letalität der Patienten, bei denen diese Komplikation auftrat, zeigte.

Ein EuroSCORE von  $> 5$  hat ein hohes Risiko mit einer zu erwartenden Letalität von 10,93% bis 11,54% Nashef et al. (1999). Die Letalität war in der vorliegenden Untersuchung mit 10% zwar hoch, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass 47% der Patienten mit dem Risiko eines EuroSCORE  $> 5$  belastet waren. Fünf von diesen 47 Patienten (11%) verstarben in der vorliegenden Studie innerhalb der ersten 30 Tage postoperativ. Obwohl dieses Ergebnis nicht statistisch signifikant war, zeigte es, wie hoch das Risiko des Patientenkollektivs dieser Studie war. Zusätzlich lag in dieser Untersuchung der Anteil der kombinierten Herzoperationen an Koronararterien und Herzklappen mit 20% verhältnismäßig hoch, was wiederum den EuroSCORE mit zwei zusätzlichen Punkten erhöht und das Risiko deutlich beeinflusst. Deswegen hatten einige Autoren in ihren Studien diese Patienten ausgeschlossen (Ricotta et al. 2003; Bonacchi et al. 2002).

Während Ricotta et al. (2003) einen vorliegenden Diabetes mellitus als einen Prädiktor für einen postoperativen Schlaganfall identifizierten, konnte dies in unserer Studie nicht bestätigt werden. Auch eine pAVK war, anders als bei Ricotta et al. (2003) und Akins et al. (1995), kein Risikofaktor für einen postoperativen Schlaganfall. Ebenso wenig war es ein arterieller Hypertonus.

Während das Vorliegen bilateraler Karotisstenosen (Hertzer et al. 1978) auch bei der vorliegenden Studie ein signifikant höheres Risiko für die Entwicklung einer neurologischen Dysfunktion bedeutete, waren symptomatische Karotisstenosen nicht mit einem höheren Risiko verbunden. Im Gegensatz zu unseren Daten hatten Brown et al. (2003) eine symptomatische Stenose und Vassilidze et al. (1994) beidseitige symptomatische Stenosen der Karotiden als Risikofaktoren identifiziert.

### 4.3 Neurologisches Outcome

In der vorliegenden Untersuchung traten bei sieben Patienten (7%) postoperative Schlaganfälle auf. Nach Einteilung mit der Rankin Scale hatten drei Patienten eine Graduierung von 0 bis 2 und waren im alltäglichen Leben damit nicht oder kaum eingeschränkt. Die Rankin Scale ist eine weit verbreitete Einteilung, um die Beeinträchtigung des Patienten nach dem Erleiden eines Schlaganfalls zu evaluieren. Diese Methode kann angewandt werden, um den Verlauf der Regeneration zu beurteilen oder auch, um den Effekt einer Behandlung zu bewerten (Banks und Marotta 2007). Zwei Patienten waren mit einer Beeinträchtigung von Grad 3 im Alltag hilfsbedürftig, aber in der Lage, selbständig zu gehen. Die zwei Patienten mit Grad 4 waren täglich auf Hilfe angewiesen und benötigten auch Unterstützung beim Gehen. Eine hochgradige Beeinträchtigung lag nur in zwei Fällen vor. Kein Patient erlitt eine sehr schwere Behinderung oder verstarb an den Folgen eines Schlaganfalls.

Auffällig ist, dass in nur zwei von 7 Fällen ein ipsilateraler Schlaganfall auftrat. In 4 Fällen war die Gegenseite betroffen und in einem Fall das Kleinhirn (Stromgebiet der Arteria cerebelli inferior posterior). Das unterstützt die Aussage, dass Patienten mit bilateralen Karotisstenosen ein höheres Risiko haben, eine postoperative neurologische Dysfunktion zu erleiden. Dadurch wird auch der protektive Effekt des durchgeführten Simultaneingriffes gestützt.

### 4.4 Abschließende Bewertung

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass es sich bei dem Simultaneingriff der Arteria carotis interna mit herzchirurgischem Eingriff unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine zwar um eine risikoreiche Operation handelt, dieses höhere Risiko aber primär durch das erhöhte kardiale Risiko (EuroSCORE > 5 bei fast der Hälfte der Patienten) definiert wird. Zusätzlich ist das höhere Alter (> 70 Jahre) ein Risikofaktor für die postoperative Letalität.

Kein Patient verstarb an den Folgen eines Schlaganfalls. Das Vorliegen bilateraler Karotisstenosen zeigte ein signifikant höheres Risiko für das Auftreten neurologischer

Komplikationen. Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist zu empfehlen, die Indikation zur simultanen Operation an der Arteria carotis interna im Rahmen der Herzoperation stets zu überprüfen. Weitere Studien und Analysen sind zu empfehlen.

## 5 Zusammenfassung

Es wurden 100 Patienten von 2002 bis 2005 retrospektiv untersucht, die in der Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie der Universität Göttingen einer Simultanoperation der Arteria carotis interna und einem herzchirurgischen Eingriff unter Benutzung der Herz-Lungen-Maschine unterzogen wurden. Es wurden prä- und postoperative Daten erhoben und analysiert sowie Risikofaktoren ermittelt, die das Outcome beeinflussen.

Zehn Patienten verstarben postoperativ innerhalb der ersten 30 Tage, vorwiegend an kardialen Ursachen (n = 8). An neurologischen Komplikationen ist kein Patient verstorben. Drei Patienten erlitten postoperativ eine TIA und 7 Patienten einen Schlaganfall, wobei sich bei einem Patienten die Symptome bis zur Entlassung komplett zurückgebildet hatten.

Die Datenanalyse ergab, dass das Letalitätsrisiko bei Patientenalter ab 70 Jahre sowie bei Auftreten eines postoperativen Low-Output-Syndroms erhöht ist. Bilaterale Karotisstenosen zeigten ein signifikant höheres Risiko für das Auftreten neurologischer Komplikationen.

Für dieses Hochrisiko-Patientenkollektiv stehen noch immer nicht ausreichend Daten bezüglich des optimalen Vorgehens zur Verfügung. Deswegen sind weitere klinische Studien dringend erforderlich.

## 6 Anhang

**Tabelle 9: Datenerhebung**

Pat#

Alter		
Geschlecht		0=m/1=w
Größe		m
Gewicht		kg
pAVK		0=Ø/1=ja
Lokalisation		
Art HTN		0=Ø/1=ja
Diabetes mellitus		0=Ø/1=ja oral/2=ja
Raucher		
innerhalb letzte 2J		0=Ø/1=ja
außerhalb letzte 2J		0=Ø/1=ja
Packyears		
Hyperlipoprot.		0=Ø/1=ja
COPD		0=Ø/1=ja
Kreatinin präOP		mg/dl
chronische Dialyse		0=Ø/1=ja

### Kardialer Status

Rhythmus		1=SR/2=VHF/3=SM
EF		%
Koronarstatus		
Hauptstamm		0=Ø/1=Stenose
		%
RIVA		0=Ø/1=Stenose
		%
CX		0=Ø/1=Stenose
		%
RCA		0=Ø/1=Stenose
		%
Z.n. PTCA vor A		0=Ø/1=ja
Z.n. PTCA nach A		0=Ø/1=ja
Z.n. MI		0=Ø/1=ja
Lokalisation		
Klappenstatus		
AK		0=Ø/1=Stenose/2=Insuff
Grad		
Methode		1=Echo/2=Koro
MK		0=Ø/1=Stenose/2=Insuff
Grad		
Methode		1=Echo/2=Koro
TK		0=Ø/1=Stenose/2=Insuff
Grad		
Methode		1=Echo/2=Koro
PK		0=Ø/1=Stenose/2=Insuff
Grad		
Methode		1=Echo/2=Koro
Z.n HerzOP		0=Ø/1=ACB/2=Klappe
wann		
Lokalisation		
Zentrum		

### Status Karotiden

ACC re		0=Ø/1=Stenose
Grad		%
ACC li		0=Ø/1=Stenose
Grad		%
ACI re		0=Ø/1=Stenose
Grad		%
ACI li		0=Ø/1=Stenose
Grad		%
ACE re		0=Ø/1=Stenose
Grad		%
ACE li		0=Ø/1=Stenose
Grad		%
Symptomatisch		0=Ø/1=ja
TIA		0=Ø/1=ja
Prind		0=Ø/1=ja
Stroke		0=Ø/1=ja
Lokalisation		
VorOP Karotiden		0=Ø/1=ja
Lokalisation		

### OP

präOP Intensiv		0=Ø/1=ja
PräOP IABP		0=Ø/1=ja
Eingriff:		
OP-Indikation		1=elekt/2=dringl/3=Notfall
Ischämie Karotide		min
Ischämie Herz		min
HLM Dauer		min
intraOP IABP		0=Ø/1=ja
Dauer Intensiv		Tage
LOS		0=Ø/1=ja
SIRS		0=Ø/1=ja
IABP		0=Ø/1=ja
Dialyse/Filter		0=Ø/1=ja
Dauer KrhsAufenth.		Tage
Dauer K.-A.		Tage
Blutverlust		ml
Transfusionen		
postOP Stroke		0=Ø/1=ja
postOP MI		0=Ø/1=ja
postOP Tod		0=Ø/1=ja

## 7 Literaturverzeichnis

- Akins CW, Moncure AC, Daggett WM, Cambria RP, Hilgenberg AD, Torchiana DF, Vlahakes GJ (1995): Safety and efficacy of concomitant carotid and coronary artery operations. *Ann Thorac Surg* 60(2), 311-317
- Almassi GH, Sommers T, Moritz TE, Shroyer AL, London MJ, Henderson WG, Sethi GK, Grover FL, Hammermeister KE (1999): Stroke in cardiac surgical patients: determinants and outcome. *Ann Thorac Surg* 68(2), 391-397
- Baker RA, Hallsworth LJ, Knight JL (2005): Stroke after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 80(5), 1746-1750
- Banks JL, Marotta CA (2007): Outcomes validity and reliability of the modified Rankin scale: implications for stroke clinical trials: a literature review and synthesis. *Stroke* 38(3), 1091-1096
- Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, Fox AJ, Ferguson GG, Haynes RB, Rankin RN, Clagett GP, Hachinski VC, Sackett DL (1998): Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 339(20), 1415-1425
- Bonacchi M, Prifti E, Frati G, Leacche M, Giunti G, Proietti P, Salica A, Papalia U (2002): Concomitant carotid endarterectomy and coronary bypass surgery: should cardiopulmonary bypass be used for the carotid procedure? *J Card Surg* 17(1), 51-59
- Borger MA, Ivanov J, Weisel RD, Rao V, Peniston CM (2001): Stroke during coronary bypass surgery: principal role of cerebral macroemboli. *Eur J Cardiothorac Surg* 19(5), 627-632
- Brown KR, Kresowik TF, Chin MH, Kresowik RA, Grund SL, Hendel ME (2003): Multistate population-based outcomes of combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass. *J Vasc Surg* 37(1), 32-39
- Bucerius J, Gummert JF, Borger MA, Walther T, Doll N, Onnasch JF, Metz S, Falk V, Mohr FW (2003): Stroke after cardiac surgery: a risk factor analysis of 16,184 consecutive adult patients. *Ann Thorac Surg* 75(2), 472-478
- Charlesworth DC, Likosky DS, Marrin CA, Maloney CT, Quinton HB, Morton JR, Leavitt BJ, Clough RA, O'Connor GT; Northern New England Cardiovascular Disease Study Group (2003): Development and validation of a prediction model for strokes after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 76(2), 436-443

- Chiappini B, Dell' Amore A, Di Marco L, Di Bartolomeo R, Marinelli G (2005): Simultaneous carotid and coronary arteries disease: staged or combined surgical approach? *J Card Surg* 20(3), 234-240
- Coyle KA, Gray BC, Smith RB 3rd, Salam AA, Dodson TF, Chaikof EL, Lumsden AB (1995): Morbidity and mortality associated with carotid endarterectomy: effect of adjunctive coronary revascularization. *Ann Vasc Surg* 9(1), 21-27
- Dacey LJ, Likosky DS, Leavitt BJ, Lahey SJ, Quinn RD, Hernandez F Jr, Quinton HB, Desimone JP, Ross CS, O'Connor GT; Northern New England Cardiovascular Disease Study Group (2005): Perioperative stroke and long-term survival after coronary bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg* 79(2), 532-536
- D'Agostino RS, Svensson LG, Neumann DJ, Balkhy HH, Williamson WA, Shahian DM (1996): Screening carotid ultrasonography and risk factors for stroke in coronary artery surgery patients. *Ann Thorac Surg* 62(6), 1714-1723
- Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R, Edwards FH, Ewy GA, Gardner TJ, Hart JC, Herrmann HC, Hillis LD, Hutter AM Jr (2004): ACC/AHA 2004 guideline update for coronary artery bypass graft surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery). *Circulation* 110(14), e340-e437
- Ennix CL Jr, Lawrie GM, Morris GC Jr, Crawford ES, Howell JF, Reardon MJ, Weatherford SC (1979): Improved results of carotid endarterectomy in patients with symptomatic coronary disease: an analysis of 1,546 consecutive carotid operations. *Stroke* 10(2), 122-125
- Eren E, Balkanay M, Toker ME, Tunçer A, Anasiz H, Güler M, Daglar B, Ipek G, Akinci E, Alp M (2005): Simultaneous Carotid Endarterectomy and Coronary Revascularization is Safe Using Either On-Pump or Off-Pump Technique. *Int Heart J* 46(5), 783-793
- Estes JM, Khabbaz KR, Barnatan M, Carpino P, Mackey WC (2001): Outcome after combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass is related to patient selection. *J Vasc Surg* 33(6), 1179-1184
- Faggioli GL, Curl GR, Ricotta JJ (1990): The role of carotid screening before coronary artery bypass. *J Vasc Surg* 12(6)724-729
- Gansera B, Schmidtler F, Angelis I, Weingartner J, Spiliopoulos K, Kemkes BM (2004): Thrombendarterektomie der Arteria carotis und simultane Herzoperation - Zusätzlicher Risikofaktor oder sichere Vorgehensweise? *Z Kardiol* 93(1), 49-57
- Giangola G, Migaly J, Riles TS, Lamparello PJ, Adelman MA, Grossi E, Colvin SB, Pasternak PF, Galloway A, Culliford AT (1996): Perioperative morbidity and

- mortality in combined vs. staged approaches to carotid and coronary revascularization. *Ann Vasc Surg* 10(2), 138-142
- Guerra M, Mota JC, Veloso M, Gama V, Vouga L (2009): Combined carotid stenting and urgent coronary artery surgery in unstable angina patients with severe carotid stenosis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 9(2), 278-281
- Guibaud JP, Roques X, Laborde N, Elia N, Roubertie F, Ewald J, Baudet E (2004): Extracorporeal circulation as an additional method for cerebral protection in simultaneous carotid endarterectomy and coronary artery surgical revascularization. *J Card Surg* 19(5), 415-419
- Halliday A, Mansfield A, Marro J, Peto C, Peto R, Potter J, Thomas D; MRC Asymptomatic Carotid Surgery Trial (ACST) Collaborative Group (2004): Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomised controlled trial. *Lancet* 363(9420), 1491-1502
- Hertzer NR, Lees CD (1981): Fatal myocardial infarction following carotid endarterectomy: three hundred thirty-five patients followed 6-11 years after operation. *Ann Surg* 194(2), 212-218
- Hertzer NR, Mascha EJ (2006): A personal experience with coronary artery bypass grafting, carotid patching, and other factors influencing the outcome of carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 43(5), 959-968
- Hertzer NR, Loop FD, Taylor PC, Beven EG (1978): Staged and combined surgical approach to simultaneous carotid and coronary vascular disease. *Surgery* 84(6), 803-811
- Hirotsu T, Kameda T, Kumamoto T, Shiota S, Yamano M (2000): Stroke after coronary artery bypass grafting in patients with cerebrovascular disease. *Ann Thorac Surg* 70(5), 1571-1576
- Hogue CW Jr, Murphy SF, Schechtman KB, Dávila-Román VG (1999): Risk factors for early or delayed stroke after cardiac surgery. *Circulation* 100(6), 642-647
- Khaitan L, Sutter FP, Goldman SM, Chamogeorgakis T, Wertan MA, Priest BP, Whitlark JD (2000): Simultaneous carotid endarterectomy and coronary revascularization. *Ann Thorac Surg* 69(2), 421-424
- Kolh PH, Comte L, Tchana-Sato V, Honore C, Kerzmann A, Mauer M, Limet R (2006): Concurrent coronary and carotid artery surgery: factors influencing perioperative outcome and long-term results. *Eur Heart J* 27(1), 49-56
- Kouchoukos NT, Daily BB, Wareing TH, Murphy SF (1994): Hypothermic circulatory arrest for cerebral protection during combined carotid and cardiac surgery in patients with bilateral carotid artery disease. *Ann Surg* 219(6), 699-705

- Li Y, Walicki D, Mathiesen C, Jenny D, Li Q, Isayev Y, Reed JF 3rd, Castaldo JE (2009): Strokes after cardiac surgery and relationship to carotid stenosis. *Arch Neurol* 66(9), 1091-1096
- Liapis CD, Bell PR, Mikhailidis D, Sivenius J, Nicolaidis A, Fernandes e Fernandes J, Biasi G, Norgren L (2009): ESVS guidelines. Invasive treatment for carotid stenosis: indications, techniques. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 37(4), 1-19
- Likosky DS, Leavitt BJ, Marrin CA, Malenka DJ, Reeves AG, Weintraub RM, Caplan LR, Baribeau YR, Charlesworth DC, Ross CS; Northern New England Cardiovascular Disease Study Group (2003): Intra- and postoperative predictors of stroke after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 76(2), 428-434
- McKhann GM, Goldsborough MA, Borowicz LM Jr, Mellits ED, Brookmeyer R, Quaskey SA, Baumgartner WA, Cameron DE, Stuart RS, Gardner TJ (1997): Predictors of stroke risk in coronary artery bypass patients. *Ann Thorac Surg* 63(2), 516-521
- Mendiz O, Fava C, Valdivieso L, Dulbecco E, Raffaelli H, Lev G, Favaloro R (2006): Synchronous carotid stenting and cardiac surgery: an initial single-center experience. *Catheter Cardiovasc Interv* 68(3), 424-428
- Mickleborough LL, Walker PM, Takagi Y, Ohashi M, Ivanov J, Tamariz M (1996): Risk factors for stroke in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 112(5), 1250-1258
- Minami K, Fukahara K, Boethig D, Bairaktaris A, Fritzsche D, Koerfer R (2000): Long-term results of simultaneous carotid endarterectomy and myocardial revascularization with cardiopulmonary bypass used for both procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg* 119(4 Pt 1), 764-773
- Mishra Y, Wasir H, Kohli V, Meharwal ZS, Malhotra R, Mehta Y, Trehan N (2004): Concomitant carotid endarterectomy and coronary bypass surgery: outcome of on-pump and off-pump techniques. *Ann Thorac Surg* 78(6), 2037-2042
- Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R (1999): European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J Cardiothorac Surg* 16(1), 9-13
- Özatic MA, Göl MK, Fansa I, Uncu H, Küçük SA, Küçükaksu S, Bayazit M, Sener E, Taşdemir O (2005): Risk factors for stroke following coronary artery bypass operations. *J Card Surg* 20(1), 52-57
- Plestis KA, Ke S, Jiang ZD, Howell JF (1999): Combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass: immediate and long-term results. *Ann Vasc Surg* 13(1), 84-92
- Puskas JD, Winston AD, Wright CE, Gott JP, Brown WM 3rd, Craver JM, Jones EL, Guyton RA, Weintraub WS (2000): Stroke after coronary artery operation: incidence, correlates, outcome, and cost. *Ann Thorac Surg* 69(4), 1053-1056

- Ranaweera PS, Bigelow BC, Leary MC, de la Torre R, Sellke F, Garcia LA (2009): Endovascular carotid artery stenting and early coronary artery bypass grafting for asymptomatic carotid artery stenosis: long-term outcomes and neurologic events. *Catheter Cardiovasc Interv* 73(2), 139-142
- Randall MS, McKeivitt FM, Cleveland TJ, Gaines PA, Venables GS (2006): Is there any benefit from staged carotid and coronary revascularization using carotid stents? A single-center experience highlights the need for a randomized controlled trial. *Stroke* 37(2), 435-439
- Ricotta JJ, Faggioli GL, Castilone A, Hassett JM (1995): Risk factors for stroke after cardiac surgery: Buffalo Cardiac-Cerebral Study Group. *J Vasc Surg* 21(2), 359-363
- Ricotta JJ, Char DJ, Cuadra SA, Bilfinger TV, Wall LP, Giron F, Krukenkamp IB, Seifert FC, McLarty AJ, Saltman AE (2003): Modeling stroke risk after coronary artery bypass and combined coronary artery bypass and carotid endarterectomy. *Stroke* 34(5), 1212-1217
- Riede UN, Drexler H, Ihling C, Kaiserling E, Müntefering H: Kardiovaskuläres System. In: Riede UN, Werner M, Schaefer HE (Hrsg.): *Allgemeine und spezielle Pathologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2004, 422-433
- Roddy SP, Darling RC 3rd, Abrishamchian AR, Ozsvath KJ, Kreienberg PB, Paty PS, Mehta M, Chang BB, Shah DM (2002): Combined coronary artery bypass with carotid endarterectomy: do women have worse outcomes? *J Vasc Surg* 36(3), 555-558
- Salazar JD, Wityk RJ, Grega MA, Borowicz LM, Doty JR, Petrofski JA, Baumgartner WA (2001): Stroke after cardiac surgery: short- and long-term outcomes. *Ann Thorac Surg* 72(4), 1195-1201
- Schwartz LB, Bridgman AH, Kieffer RW, Wilcox RA, McCann RL, Tawil MP, Scott SM (1995): Asymptomatic carotid artery stenosis and stroke in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *J Vasc Surg* 21(1), 146-153
- Stamou SC, Hill PC, Dangas G, Pfister AJ, Boyce SW, Dullum MK, Bafi AS, Corso PJ (2001): Stroke after coronary artery bypass: incidence, predictors, and clinical outcome. *Stroke* 32(7), 1508-1513
- Steinvil A, Sadeh B, Arbel Y, Justo D, Belei A, Borenstein N, Banai S, Halkin A (2011): Prevalence and predictors of concomitant carotid and coronary artery atherosclerotic disease. *J Am Coll Cardiol* 57(7), 779-783
- Stötzel S, Krause F, Bergert H (2012): Surgery of high-grade asymptomatic stenosis of the internal carotid artery. *Zentralbl Chir* 137(5), 411-413
- Takach TJ, Reul GJ Jr, Cooley DA, Duncan JM, Ott DA, Livesay JJ, Hallman GL, Frazier OH (1997): Is an integrated approach warranted for concomitant carotid and coronary artery disease? *Ann Thorac Surg* 64(1), 16-22

- Toumpoulis IK, Anagnostopoulos CE, Chamogeorgakis TP, Angouras DC, Kariou MA, Swistel DG, Rokkas CK (2008): Impact of early and delayed stroke on in-hospital and long-term mortality after isolated coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol* 102(4), 411-417
- Trachiotis GD, Pfister AJ (1997): Management strategy for simultaneous carotid endarterectomy and coronary revascularization. *Ann Thorac Surg* 64(4), 1013-1018
- van Straten AH, Bekker MW, Soliman Hamad MA, van Zundert AA, Martens EJ, Schönberger JP, de Wolf AM (2010): Transfusion of red blood cells: the impact on short-term and long-term survival after coronary artery bypass grafting, a ten-year follow-up. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 10(1), 37-42
- Vassilidze TV, Cernaianu AC, Gaprindashvili T, Gallucci JG, Cilley JH Jr, DelRossi AJ (1994): Simultaneous coronary artery bypass and carotid endarterectomy. Determinants of outcome. *Tex Heart Inst J* 21(2), 119-124
- Venkatachalam S, Gray BH, Mukherjee D, Shishehbor MH (2011): Contemporary management of concomitant carotid and coronary artery disease. *Heart* 97(3), 175-180
- Versaci F, Del Giudice C, Scafuri A, Zeitani J, Gandini R, Nardi P, Salvati A, Pampana E, Sebastiano F, Romagnoli A (2007): Sequential hybrid carotid and coronary artery revascularization: immediate and mid-term results. *Ann Thorac Surg* 84(5), 1508-1513
- Wolman RL, Nussmeier NA, Aggarwal A, Kanchuger MS, Roach GW, Newman MF, Mangano CM, Marschall KE, Ley C, Boisvert DM (1999): Cerebral injury after cardiac surgery: identification of a group at extraordinary risk. Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research Group (McSPI) and the Ischemia Research Education Foundation (IREF) Investigators. *Stroke* 30(3), 514-522
- Ziada KM, Yadav JS, Mukherjee D, Lauer MS, Bhatt DL, Kapadia S, Roffi M, Vora N, Tiong I, Bajzer C (2005): Comparison of results of carotid stenting followed by open heart surgery versus combined carotid endarterectomy and open heart surgery (coronary bypass with or without another procedure). *Am J Cardiol* 96(4), 519-523