

Diplomarbeit

**PERIOPERATIVE KOMPLIKATIONEN DER
CAROTISENDARTERIEKTOMIE**
Eine retrospektive Analyse der Komplikationen

eingereicht von

Simon THOMAS

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie
der Universitätsklinik Graz**

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. Dr. Peter Konstantiniuk

FA Dr. Gregor Siegl

Graz, 24.10.2025

Eidesstattliche Erklärung

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

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, 24.10.2025

Simon Thomas eh.

Danksagungen

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir seit vielen Jahren mit Rat, Tat und unermüdlichen Unterstützung zur Seite stehen. Ohne ihre Hilfe wäre ein Medizinstudium in dieser Form für mich nie möglich gewesen. Auch meinen Großeltern und meinem Bruder Tobias danke ich von ganzem Herzen – sie haben jede Prüfung mit mir mitgefiebert und stets an mich geglaubt und mich so weiter vorangetrieben.

Ein riesengroßes Dankeschön geht auch an meine wunderbaren Freundinnen und Freunde David, Johanna, Jordi, Michi und Luisa – sie durfte ich bereits in der ersten Woche meines Studiums kennenlernen und sie sind seitdem meine Wegbegleiter*innen. Sie haben das Studium nicht nur erleichtert, sondern vor allem auch zu einer besonderen und unvergesslichen Zeit voller schöner Erinnerungen gemacht, die hoffentlich auch in Zukunft noch anhalten werden. Ebenso wäre dieses Studium ohne meine Freund*innen aus der Heimat nicht möglich gewesen – besonders Mani, Tobi und Marie-Sophie gilt mein großer Dank!

Außerdem möchte ich mich ganz herzlich bei Priv.-Doz. Dr. Konstantinuk für seine großartige Unterstützung, Geduld und Zeit bedanken, die er in diese Arbeit investiert hat. Ebenso danke ich Dr. Siegl für seine engagierte Unterstützung und tatkräftige Begleitung. Beiden schulde ich nicht nur für diese Arbeit großen Dank, sondern auch für den wertvollen Lernzuwachs, den ich durch sie auch außerhalb der Arbeit erfahren durfte.

Zusammenfassung

Einleitung: Die Carotisendarterektomie (CEA) ist eine häufig verwendete Methode zur Prävention des ischämischen Schlaganfalls. Im Rahmen dieser Operation können jedoch auch Komplikationen, darunter schwerwiegendere wie Schlaganfall oder Tod auftreten. Die European Society for Vascular Surgery (ESVS) hat zur Qualitätssicherung Empfehlungen für akzeptable Komplikationsraten festgelegt. Diese Standards werden regelmäßig international diskutiert und fallweise in Frage gestellt. Daraus ergab sich das Ziel, die eigenen Ergebnisdaten zu überprüfen und mit den Qualitätsstandards der ESVS abzugleichen.

Material und Methoden: Es erfolgte eine retrospektive Datenanalyse aller Patient*innen mit perioperativen Komplikationen, die in dem Zeitraum von 1. Januar 2014 bis 31. Dezember 2023 an der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie der Medizinischen Universität Graz zur primären Behandlung einer Carotisstenose einer CEA unterzogen wurden. Alle Operationen, die zur Behandlung von Komplikationen einer Stent-PTA durchgeführt wurden, doppelte Datensätze sowie falsch erfasste Prozeduren, wurden ausgeschlossen. Die Datenerhebung erfolgte aus dem MEDOCS-System der KAGes sowie aus der internen klinischen Datenbank, wo u. a. die Stenosesymptomatik, die OP-Technik und die Operateur*in erfasst wurden. Durch Mitarbeiter*innen der IT-Abteilung der KAGes wurden alle Patient*innen, die innerhalb von 30 Tagen nach CEA in einem KAGes-Haus ein cerebrales CT/MRT erhielten oder verstarben, identifiziert und zusätzlich laborchemische Parameter sowie das Vorliegen eines Diabetes mellitus erhoben. Die von der IT-Abteilung identifizierten Patient*innen wurden einzeln gesichtet und aus deren Krankengeschichten studienrelevante Informationen extrahiert, insbesondere Komplikationen, die Revisionseingriffe erforderten, Insulte und Todesfälle. Ebenso wurden neben Insult und/oder Tod weitere perioperative Komplikationen erfasst und hinsichtlich Operateur*innen und Operationstechnik auf ihre Auswirkungen auf das perioperative Risiko. Weiters wurden mit Stichtag 7.12.2024 die Todesdaten der Statistik Austria eingepflegt. Zusätzlich wurde die modifizierte Rankin-Skala (mRS) bei Insult-Patient*innen dokumentiert.

Ergebnisse: Insgesamt lagen 2511 Datensätze vor, von denen elf Fälle aufgrund der oben genannten Exklusionskriterien ausgeschlossen wurden. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation betrug 71,3 Jahre und die Geschlechterverteilung zeigte 67,6 % (1689/2500) Männer und 32,4 % (811/2500) Frauen. Zum Operationszeitpunkt litten 18,4 % (459/2500) der Patient*innen unter Diabetes und 7,9 % (197/2498) der Patient*innen an (intermittierender) Vorhofflimmerarrhythmie. Insgesamt wurden 76,6 % (1914/2500) aufgrund einer asymptomatischen und 23,4 % (586/2500) aufgrund einer symptomatischen Indikation durchgeführt. 60 Patient*innen (2,4 %) benötigten mindestens einen Revisionseingriff, 2,4 % (45/1914) bei asymptomatischen und 2,6 % (15/586) bei symptomatischen Patient*innen. Insulte zeigten sich bei 63 Patient*innen (2,5 %), 1,8 % (34/1914) bei asymptomatischen und 4,9 % (29/586) bei symptomatischen. Innerhalb von 30 Tagen ab Operationstag gab es 15 Todesfälle, wobei ein Drittel der Verstorbenen (5/15) in der vierten postoperativen Woche verstarb. Die Todesrate bei asymptomatischen zeigte sich mit 0,6 % (11/1914), die der symptomatischen bei 0,7 % (4/586). Der kombinierte Endpunkt, bestehend aus Schlaganfall und Tod, trat bei 3,1 % (77/2500) der Patient*innen auf. Hierbei war das Risiko bei asymptomatischen 2,3 % (44/1914) und bei symptomatischen Patient*innen 5,6 % (33/586). Bei Betrachtung der Rankin Skala zeigten sich 61,9 % (39/63) der Insulpatient*innen als „nicht invalidisierend“ (mRS 0-2) und 38,1 % (24/63) als „invalidisierend“ (mRS 3-6).

Diskussion: Die Ergebnisse zeigten, dass die Qualitätsstandards der ESVS eingehalten wurden. Ebenso entsprachen unsere Ergebnisse denen internationaler Vergleichsstudien wie NASCET, ECST oder ACST-2. Bemerkenswert ist, dass ein Drittel der Todesfälle in der vierten postoperativen Woche eintrat. Diese Arbeit zeigt somit, dass Registerdaten, die sich nur auf den unmittelbaren Krankenhausaufenthalt beschränken, lediglich etwa zwei Drittel der perioperativen Todesfälle und Schlaganfälle erfassen. Eine 30-tägige Nachverfolgung zeigt hingegen höhere Komplikationsraten. Dieses Ergebnis ist für die Beurteilung der CEA-Versorgung von zentraler Bedeutung.

Abstract

Introduction: Carotid endarterectomy (CEA) is a commonly used procedure to prevent ischemic stroke. Nevertheless, this operation can lead to serious complications, including stroke or death. For quality assurance purposes, the European Society for Vascular Surgery (ESVS) has established recommendations for acceptable complication rates. These standards are regularly discussed and challenged across the globe, which has led to the aim of this thesis, of reviewing our own outcomes and comparing the data with the ESVS quality standards.

Material and Methods: This study is a retrospective analysis of perioperative complications following primary CEA for internal carotid stenosis performed between January 1, 2014 and December 31, 2023 at the Clinical Department of Vascular Surgery, Medical University of Graz.

All procedures performed for complications of stent PTA, duplicate records, and incorrectly documented procedures have been excluded.

Data were collected from the KAGes MEDOCS system and the internal clinical database, which records stenosis symptoms, surgical techniques, and operating surgeons. Staff from the KAGes IT department identified all patients who underwent a cerebral CT/MRI or died within 30 days of CEA in a KAGes institution and also collected laboratory parameters including the diagnosis of diabetes mellitus. Patients' medical histories were reviewed individually, and study-relevant information was extracted, in particular complications requiring revision surgery, strokes and deaths. In addition to that, other perioperative complications, patient outcomes between surgeons, and surgical techniques were compared and their impact on perioperative risk were examined.

Furthermore, data from the mortality statistics provided by the agency "Statistik Austria" were entered with December 7, 2024 as a cut-off date. In addition, the modified Rankin Scale (mRS) was documented for stroke patients.

Results: A total of 2511 records were available, of which eleven cases were excluded due to the exclusion criteria listed above. The patient's average age at the time of surgery was 71.3 years, and the gender distribution was 67.6 %

(1,689/2500) men and 32.4 % (811/2500) women. At the time of surgery, 18.4 % (459/2500) of patients were diabetic and 7.9 % (197/2498) had (intermittent) atrial fibrillation.

A total of 76.6 % (1914/2500) were performed for asymptomatic and 23.4 % (586/2500) for symptomatic stenosis. Sixty patients (2.4 %) required at least one revision procedure, 2.4 % (45/1914) in asymptomatic patients and 2.6 % (15/586) in symptomatic patients. Stroke occurred in 63 patients (2.5 %), 1.8 % (34/1914) in asymptomatic patients and 4.9 % (29/586) in symptomatic patients. There were 15 deaths within 30 days after surgery, with one third of the deceased (5/15) dying in the fourth postoperative week. The mortality rate was 0.6 % (11/1914) in asymptomatic patients and 0.7 % (4/586) in symptomatic patients.

The combined endpoint, consisting of stroke and death, occurred in 3.1 % (77/2500) of patients. The risk was 2.3 % (44/1914) in asymptomatic patients and 5.6 % (33/586) in symptomatic patients. Using the Rankin Scale, 61.9 % (39/63) of strokes were classified as "non-disabling" (mRS 0-2) and 38.1 % (24/63) as "disabling" (mRS 3-6).

Discussion: The results show that the ESVS quality standards were met. Our results were also consistent with those of international comparative studies such as NASCET, ECST, and ACST-2. Notably, one third of deaths occurred in the fourth postoperative week. This study shows that registry data limited to the immediate hospital stay might only detect about one third of perioperative deaths and strokes. These results are substantial for the evaluation of CEA care at the department of vascular surgery of the medical university of Graz and opens perspectives for further research, especially with regard to high-risk groups.

Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen

Thomas S, Konstantiniuk P, Siegl G, Cohnert T. Perioperative Komplikationen der Carotisendarterektomie - Eine retrospektive Analyse. Österreichischer Verband für Gefäßmedizin (ÖVG): VASC MED 17. –19.10.2024 in Linz, AUSTRIA.

Thomas S, Konstantiniuk P, Siegl G, Cohnert T. Perioperative Komplikationen der Carotisendarterektomie - Eine retrospektive Analyse. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Chirurgie 18.-20.6.2025 in Salzburg, AUSTRIA.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	III
Zusammenfassung	IV
Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen	VIII
Inhaltsverzeichnis.....	IX
Abkürzungen und deren Erklärung	XII
Abbildungsverzeichnis.....	XIV
Tabellenverzeichnis	XV
1 Einleitung.....	1
1.1 Anatomie der Carotiden	1
1.2 Pathophysiologie.....	2
1.2.1 Arteriosklerose.....	2
1.3 Klinische Erscheinungsbilder	3
1.3.1 Asymptomatische ACC/ACI Stenose	3
1.3.2 Symptomatische ACC/ACI Stenose	4
1.3.3 Epidemiologie	7
1.4 Therapiemöglichkeiten	7
1.4.1 Chirurgische Therapie	7
1.4.2 Komplikationen	14
1.4.3 Medikamentöse Therapie	18
1.5 Definitionen	20
1.5.1 Symptomatische ACI	20
1.5.2 TIA	20
1.5.3 Amaurosis fugax.....	20
1.5.4 Insult.....	21
1.5.5 Modifizierte Rankin-Skala	21
1.5.6 Bildgebung	22
1.5.7 Operationstechnik	23
1.5.8 Laborwerte	23

1.5.9	Statin	24
1.5.10	Thromboseprophylaxe.....	24
1.5.11	Herzrhythmus	24
1.5.12	ASA	25
1.6	Spezielle Fragestellung.....	25
2	Material und Methoden	27
2.1	Inklusionskriterien	27
2.2	Exklusionskriterien	27
2.3	Datenerhebung.....	27
2.4	Anamnestiche Daten	28
2.4.1	Geschlecht	28
2.4.2	Alter	28
2.4.3	Körpergewicht.....	28
2.4.4	Körpergröße	28
2.4.5	BMI	28
2.4.6	Vorerkrankungen	29
2.4.7	Indikationsstellung basierend auf cerebraler Symptomatik	29
2.5	Befunde zum Zeitpunkt der Operation.....	29
2.5.1	EKG.....	29
2.5.2	Kreatinin.....	29
2.5.3	GFR.....	30
2.6	Operative Daten	30
2.6.1	Operationsdatum.....	30
2.6.2	Operationstechnik	30
2.6.3	Gefäßchirurgische Operateur*innen	31
2.7	Postoperative Daten	31
2.7.1	Revisionseingriffe.....	31
2.7.2	Todesfälle	32
2.7.3	Insultrate	33
2.7.4	Kombinierter Endpunkt Tod und/oder Insult innerhalb von 30 Tagen	

2.7.5	Postoperative Rankin-Skala.....	35
2.8	Darstellung der Daten	36
2.9	Statistik	36
3	Ergebnisse / Resultate mit graphischen Darstellungen.....	37
3.1	Fälle und Zeitraum.....	37
3.2	Anamnestiche Daten	37
3.2.1	Geschlecht	37
3.2.2	Alter	38
3.2.3	Körpergewicht.....	38
3.2.4	Körpergröße	39
3.2.5	BMI	40
3.2.6	Vorerkrankungen.....	40
3.2.7	Indikationsstellung basierend auf cerebraler Symptomatik.....	41
3.3	Befunde zum Zeitpunkt der Operation.....	41
3.3.1	EKG.....	41
3.3.2	Kreatinin.....	42
3.3.3	GFR.....	43
3.4	Operative Daten	44
3.4.1	Operationstechnik	44
3.4.2	Gefäßchirurgische Operateur*innen	46
3.5	Postoperative Daten	48
3.5.1	Revisionseingriffe.....	48
3.5.2	Todesfälle	55
3.5.3	Insultrate	58
3.5.4	Kombinierter Endpunkt Tod und/oder Insult innerhalb von 30 Tagen 60	
3.5.5	Postoperative Rankin-Skala.....	65
4	Diskussion.....	69
5	Literaturverzeichnis.....	73

Abkürzungen und deren Erklärung

A./Aa.	Arteria/Arteriae
ACA	Arteria cerebri anterior
ACC	Arteria carotis communis
ACE	Arteria carotis externa
ACI	Arteria carotis interna
ACM	Arteria cerebri media
ACP	Arteria cerebri posterior
ACS	Asymptomatischen Carotisstenose
ACST	Asymptomatic carotid surgery trial
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
BMT	Best medical treatment
CAS	Carotid artery stenting
CKD-EPI	Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographie-Angiographie
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
EEA	Eversionsendarteriektomie
EEG	Elektroenzephalographie
EKG	Elektrokardiogramm
ESVS	European Society for Vascular Surgery
GFR	Glomuläre Filtrationsrate

IMD	Intima-Media-Dicke
KAGes.....	Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H
LDL	Low Density Lipoproteine
mRS	modifizierte Rankin-Skala
MRA	Magnetresonanzangiographie
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
NASCET	North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial
NIRS.....	Nahinfrarotspektroskopie
PTA.....	perkutane transluminale Angioplastie
TIA	Transitorische ischämische Attacke
TEA.....	Thrombendarteriektomie
V.....	Vena
VHFA.....	Vorhofflimmerarrhythmie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie der Carotiden	1
Abbildung 2: Stadien der Arteriosklerose	3
Abbildung 3: NASCET versus ECST Carotisstenosenquantifizierung	6
Abbildung 4: Trigonum caroticum	10
Abbildung 5: Operative Therapieformen der Carotis	13
Abbildung 6: Grund des Revisionseingriffs bei asymptomatischen und symptomatischen Patient*innen	54
Abbildung 7: Säulendiagramm Zeitpunkt der Todesfälle	57
Abbildung 8: Säulendiagramm Rankin-Skala.....	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktualisierte Klassifikation nach Eckstein und Allenberg (2001)	5
Tabelle 2: Modifizierte Rankin Skala.....	22
Tabelle 3: Ausschlussgründe.....	37
Tabelle 4: Geschlecht	37
Tabelle 5: Alter	38
Tabelle 6: Körpergewicht.....	39
Tabelle 7: Körpergröße.....	39
Tabelle 8: BMI	40
Tabelle 9: Diabetes	40
Tabelle 10: Hypertonus	41
Tabelle 11: Dringlichkeit	41
Tabelle 12: EKG	41
Tabelle 13: EKG: Unterscheidung VHFA vs. Sinusrhythmus	42
Tabelle 14: Kreatinin	43
Tabelle 15: GFR	43
Tabelle 16: Operationstechnik.....	44
Tabelle 17: Operationstechnik: Unterscheidung Eversion vs. Patchplastik	44
Tabelle 18: Zusammenhang Operationstechnik und Symptomatik.....	45
Tabelle 19: Zusammenhang Operationstechnik und Symptomatik - Chi-Quadrat- Tests	45
Tabelle 20: Operateur*in	46
Tabelle 21: Operateur*in Mindestgrenze 50	47
Tabelle 22: Revisionseingriffe	48
Tabelle 23: Revisionseingriffe: Unterscheidung keine Reoperation vs. mindestens eine Reoperation.....	48
Tabelle 24: Grund der Revisionseingriffe	49
Tabelle 25: Zusammenhang Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik	49
Tabelle 26: Zusammenhang Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik - Chi- Quadrat-Tests	50
Tabelle 27: Zusammenhang Revisionseingriffe und Symptomatik	50

Tabelle 28: Zusammenhang Revisionseingriffe und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests	51
Tabelle 29: Zusammenhang Revisionseingriffe und Operationstechnik	51
Tabelle 30: Zusammenhang Revisionseingriffe und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests	52
Tabelle 31: Revisionseingriffe und Operateur*in	53
Tabelle 32: Zusammenhang Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik	54
Tabelle 33: Todesfälle	55
Tabelle 34: Zusammenhang Todesfälle und Symptomatik	55
Tabelle 35: Zusammenhang Todesfälle und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests	56
Tabelle 36: Zusammenhang Todesfälle und Operationstechnik	56
Tabelle 37: Zusammenhang Todesfälle und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests	57
Tabelle 38: Insultrate	58
Tabelle 39: Zusammenhang Insultrate und Symptomatik	58
Tabelle 40: Zusammenhang Insultrate und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests	59
Tabelle 41: Zusammenhang Insultrate und Operationstechnik	59
Tabelle 42: Zusammenhang Insultrate und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests	60
Tabelle 43: Kombiniertes Endpunkt	60
Tabelle 44: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Symptomatik	61
Tabelle 45: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests	61
Tabelle 46: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Operationstechnik	62
Tabelle 47: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests	62
Tabelle 48: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Operationstechnik mit Symptomatik	63
Tabelle 49: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Operationstechnik mit Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests	64
Tabelle 50: Zusammenhang Kombiniertes Endpunkt und Operateur*in	65
Tabelle 51: Postoperative Rankin-Skala	65

Tabelle 52: Rankin-Skala: nicht invalidisierend versus invalidisierend.....	66
Tabelle 53: Zusammenhang Rankin-Skala und Symptomatik	67
Tabelle 54: Zusammenhang Rankin-Skala und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests	67
Tabelle 55: Zusammenhang Rankin-Skala und Symptomatik - gesamtes Patientenkollektiv	68

1 Einleitung

1.1 Anatomie der Carotiden

Die Carotiden gehören zum arteriellen System des Blutkreislaufs. Arterien haben in den meisten Fällen eine dickere Wandstruktur als Venen, bestehend aus Intima, Media und Adventitia, um dem höheren Druck im arteriellen System standzuhalten.(1)

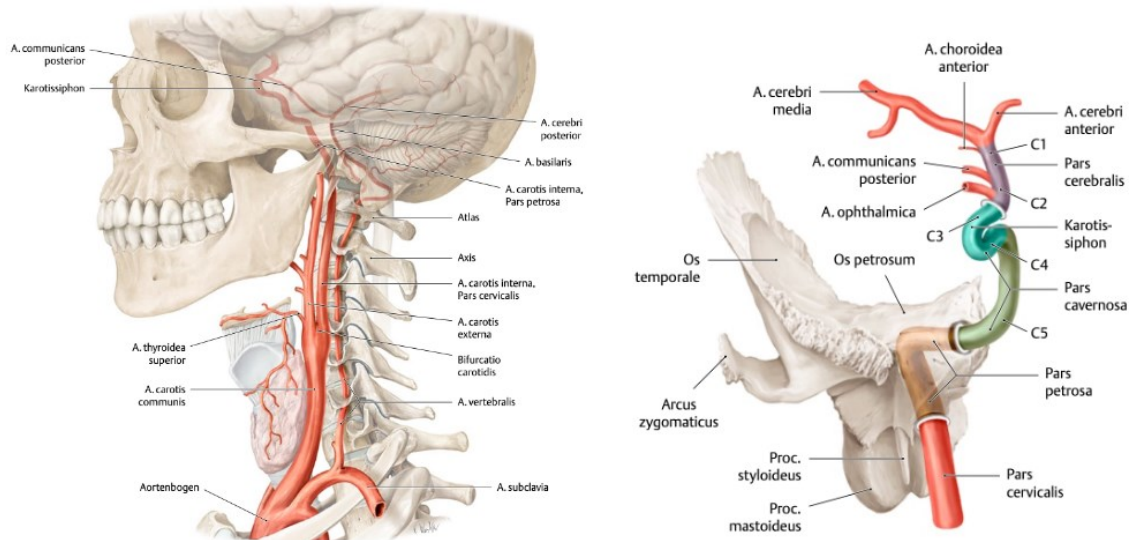


Abbildung 1: Anatomie der Carotiden

Quelle: Schünke, Schulte, Schuhmacher, Voll, Wesker, PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie - Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2022. S. 374 – 376

Die A. carotis communis (ACC) entspringt je nach Seite an unterschiedlichen Stellen. Die ACC dextra hat ihren Ursprung im Truncus brachiocephalicus, der aus dem Arcus aortae hervorgeht, während die ACC sinistra direkt aus dem Aortenbogen entspringt. Beide ACC verlaufen medial der V. jugularis interna und des N. vagus innerhalb der Vagina carotica, bevor sie sich im Trigonum caroticum auf Höhe des 4. Halswirbels an der Bifurcatio carotica in die A. carotis interna (ACI) und die A. carotis externa (ACE) aufteilen.(2,3)

Die ACE erstreckt sich dabei vorne medial unter Abgabe von Seitenästen, die die Organe des Halses sowie Kopfes versorgen. Dahinter liegt die ACI, die im Halsbereich als Pars cervicalis ohne Verzweigung in die Schädelbasis eintritt. In der mittleren Schädelgrube zweigen mehrere Äste von der ACI ab, welche die

Hypophyse, das Auge und die Basalganglien versorgen. Nach Abgang der A. choroidea anterior teilt sich die ACI in A. cerebri anterior (ACA) und A. cerebri media (ACM) auf. Über einzelne Abzweigungen entsteht auch die wichtigste intrakranielle Kollateralverbindung, die mit der A. cerebri posterior (ACP) eine Kollateralkreislauf zum posterioren Kreislauf bildet.(2,3)

1.2 Pathophysiologie

Diese Arbeit untersucht die Carotisendarteriektomie als therapeutische Maßnahme zur Senkung der Inzidenz ischämischer Insulte bei Patient*innen mit zugrunde liegender Arteriosklerose.

1.2.1 Arteriosklerose

Arteriosklerose stellt in den westlichen Industrienationen mit über 50 % die häufigste Ursache für Todesfälle dar. Sie ist ein Sammelbegriff für Atherosklerose, Mönckeberg-Sklerose und Arteriolosklerose. Arteriosklerose und Atherosklerose werden häufig synonym verwendet, so dass es sich bei der Arteriosklerose im engeren Sinne um eine progrediente arterielle Erkrankung handelt, die durch eine Verdickung der Intima infolge fibröser Ablagerungen gekennzeichnet ist. Diese Ablagerungen führen zu einer fortschreitenden Lumeneinengung und begünstigen zudem Blutungen sowie die Bildung thrombotischer Ablagerungen.(4)

Von besonderer Bedeutung für die Entstehung sind Faktoren wie das metabolische Syndrom (= Kombination von Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels, Hypertonie, Dyslipoproteinämie und Adipositas), Rauchen, Diabetes mellitus, genetische Veranlagung oder Hyperhomocysteinämie.(4)

Die ersten Anzeichen einer Arteriosklerose zeigen sich in Form von Fettstreifen (= fatty streaks), einer Ansammlung von Fettzellen, so genannten Schaumzellen, in der subendothelialen Schicht. In der zweiten Phase sterben die Schaumzellen ab und setzen Fett frei. Zusammen mit ihrem Zelldetritus bildet sich ein Fett- oder Nekrosekern. Die lokale Bildung dieses Fettkerns sowie die Bindegewebsreaktion führen zur klassischen atherosklerotischen Plaquebildung. Je nach Zusammensetzung der Plaque unterscheidet man ein Atherom (mit höherem

Fettanteil), eine fibröse Plaque (mit mehr Bindegewebe) oder ein Fibroatherom.(4,5)

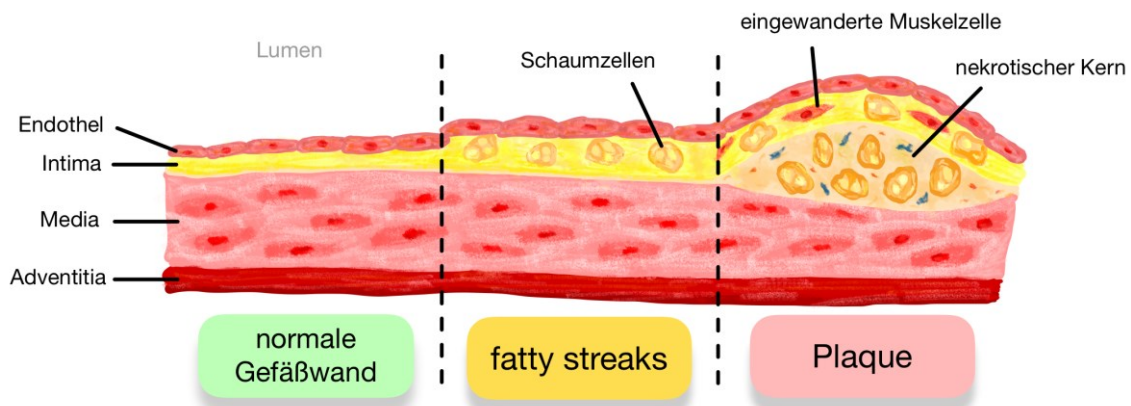


Abbildung 2: Stadien der Arteriosklerose

Quelle: Eigene Darstellung

Diese führen zu einer Verengung des Lumens und in der Folge zu einer Minderversorgung der nachfolgenden Versorgungsgebiete (Ischämie) sowie zur Bildung von Blutgerinnseln (= Thromben) oder zum Verschluss eines Gefäßes durch eingeschwemmtes Material (= Embolien) und damit zum Absterben von Gewebe durch Mangelversorgung (= Infarkt).(4)

Häufig findet sich eine stenosierende Atherosklerose im Bereich der Carotisbifurkation, die infolge einer arterioarteriellen Embolie zu einer zerebralen Ischämie mit den in Kapitel 1.3.2 beschriebenen typischen klinischen Manifestationen führt.

1.3 Klinische Erscheinungsbilder

1.3.1 Asymptomatische ACC/ACI Stenose

Bei einer asymptomatische Carotisstenose (ACS) handelt es sich um eine Stenose der A. carotis bei Patient*innen ohne klinische Vorgeschichte eines ischämischen Schlaganfalls, einer TIA oder anderer neurologischer Symptome.(6,7) In den meisten Fällen verläuft eine Carotisstenose asymptomatisch, da der Circulus arteriosus Willisii auch bei hochgradigen Stenosen den Kreislauf vollständig kompensieren kann.(8)

Die asymptomatische Carotisstenose wird häufig als Zufallsbefund entdeckt, z. B. im Rahmen kardiovaskulärer Vorsorgeuntersuchungen oder bei der präoperativen Risikoabschätzung. In der Vergangenheit spielte auch die Auskultation der Halsgefäße eine Rolle, deren diagnostische Aussagekraft jedoch aufgrund geringer Sensitivität und Spezifität eingeschränkt ist.(9) Zur Diagnostik der ACI-Stenose siehe Kapitel 1.5.6.

1.3.2 Symptomatische ACC/ACI Stenose

Am häufigsten entsteht die klinische Symptomatik durch einen Thrombus oder einen Embolus ausgehend von der Carotisstenose. Die schwerwiegendste Form hierbei ist ein Großgefäßverschluss (ACI, sowie deren Abzweigungen ACA und ACM).(10)

Aufgrund der Vielzahl der von der Halsschlagader versorgten Bereiche kann das Krankheitsbild sehr unterschiedlich sein. Die Klinik wird nach Vollmar in vier Stadien eingeteilt. Im Stadium I treten keine Symptome auf, jedoch ist in einigen Fällen ein sogenannter stummer Herd in einer Schnittbildgebung (Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT) nachweisbar. Transitorische ischämische Attacken (= TIA) treten im Stadium II auf. Hier treten die Symptome in den meisten Fällen nur für wenige Sekunden auf und klingen innerhalb von 24 Stunden wieder ab. Auch im Stadium III kommt es zu einer vollständigen Rückbildung der Symptome, jedoch innerhalb von vier Wochen. Das letzte Stadium, Stadium IV, ist das Endstadium des Insults mit zumindest teilweise bleibenden neurologischen Schäden.(11)

In der folgenden Tabelle ist die erweiterte Klassifikation nach Eckstein und Allenberg aufgeführt, die sowohl bestehende Erkrankungen der übrigen hirnversorgenden Arterien als auch die gefährliche Entwicklung einer „Crescendo-TIA“ berücksichtigt. Letztere beschreibt das Auftreten mehrerer aufeinander folgender transitorischer ischämischer Attacken und gilt als mögliches Warnsignal für einen drohenden ischämischen Schlaganfall.(12)

Stadium	Beschreibung
I	asymptomatische Carotisstenose
Ia	ohne kontralateralen Verschluss
Ib	mit kontralateralem Verschluss
II	Symptomatische Carotisstenose
IIa	Amaurosis fugax
IIb	transitorische ischämische Attacke (TIA)
III	Indikation zur Notfall-TEA der A. carotis
IIIa	Crescendo-TIA
IIIb	Progredienter bzw. akuter Apoplex
IV	Ipsilateraler Apoplex

Tabelle 1: Aktualisierte Klassifikation nach Eckstein und Allenberg (2001)

Quelle: Henne-Bruns D, Wenk HH, Schmid A. Duale Reihe Chirurgie [Internet]. 2012. S. 1006–34.

Im Rahmen der medizinischen Diagnostik wird bei einer Carotisstenose eine Klassifizierung in die Kategorien leichte, mäßige, hochgradige Carotisstenose sowie Verschluss vorgenommen. Eine Möglichkeit zur Quantifizierung der Stenose ist die Messung nach dem Prinzip der North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET). Hierfür wird ein Vergleich zwischen Durchmesser der stenosierenden Stelle und dem darüber distal-angrenzenden, nicht von der Verengung betroffenen ACI gestellt. Dabei ist eine geringgradige Stenose definiert als eine Lumeneinengung von <30 % und eine mittelgradige Stenose als eine Lumeneinengung von 30-69 %, die weiter unterteilt werden kann in eine niedrig-mittelgradige Stenose (30-49 %) und eine hoch-mittelgradige Stenose (50-69 %). Eine hochgradige Stenose wird ab ≥ 70 % diagnostiziert. Eine alternative Methodik wird von der "European Carotid Surgery Trial" verwendet, welche das Verhältnis von Verengung zum ursprünglichen Lumen untersucht.(7) Für die vorliegende Arbeit wurde die Einteilung der NASCET verwendet.

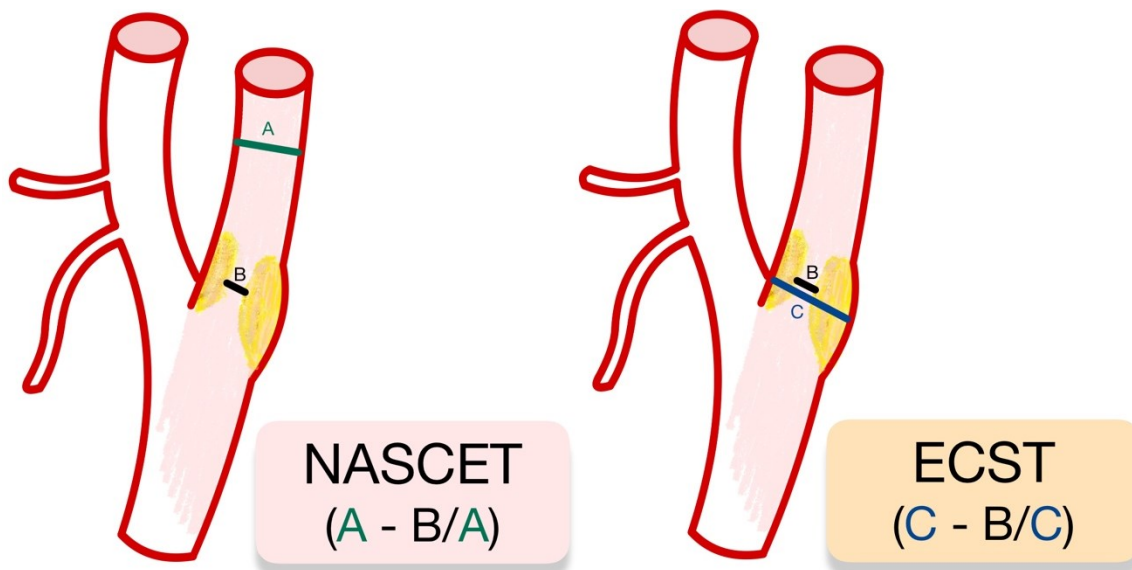


Abbildung 3: NASCET versus ECST Carotisstenosenquantifizierung

Quelle: Eigene Darstellung

Bei Media-Infarkten kann es zu einer Ischämie mit Defekten in den beiden vorderen Dritteln einer Hemisphäre kommen. Im Vordergrund stehen kontralaterale Hemiplegie mit Sensibilitätsausfällen, kontralateraler Hemineglect, homonyme Hemianopsie, Bewusstseinsstörungen, Blickabweichungen zum Läsionsort und globale Aphasie.(8,10)

Bei anterioren Infarkten finden sich kontralaterale Ausfälle eher distal und vor allem am Unterschenkel. Bei Verschluss zentraler Äste der ACA kommt es zu brachiofacialen Paresen und in einigen Fällen zu dystonen Bewegungsstörungen, Broca-Aphasie oder Harninkontinenz.(10)

Ein Verschluss der A. ophthalmica führt typischerweise zu einem abrupten Sehverlust, der in den meisten Fällen nur passager auftritt und als Amaurosis fugax bezeichnet wird.(10)

Ischämien der A. choroidea anterior können mit sensomotorischen Defiziten der kontralateralen Körperhälfte einhergehen. Darüber hinaus sind Sprachstörungen wie Aphasie, ein Hemineglect sowie Beeinträchtigungen der Gedächtnisleistung und der räumlichen Orientierung mögliche klinische Manifestationen.(10)

1.3.3 Epidemiologie

Gemäß den Leitlinien der European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 zeigen vier populationsbasierte Kohortenstudien, dass eine asymptomatische Carotisstenose von mehr als 50 % bei 2 % der Untersuchten und eine höhergradige Stenose von mehr als 70 % bei 0,5 % der Untersuchten vorlag.(7) Die Prävalenz der Carotisstenose ist bei Männern höher als bei Frauen.

Unabhängig vom Stenosegrad beträgt die Carotisstenoserate 3,8 % bei Männern und 2,7 % bei Frauen.(13)

Schätzungen zur Häufigkeit von Carotisstenosen variieren erheblich. Diese Schätzungen sind maßgeblich davon abhängig, wie die Diagnose einer Carotisstenose gestellt wird, insbesondere ob jede Verengung des Lumens bereits als Stenose gewertet wird.(13)

Nach einer populationsbasierten Studie an 2204 Patient*innen mit ischämischem Insult sind etwa 16,6 % der Insulte auf eine Atherosklerose der großen cerebralen Arterien zurückzuführen. 8 % wiesen eine ipsilaterale Carotisstenose von 50-99 % auf, während der Verschluss und die intrakranielle Stenose in jeweils 3,5 % der Fälle auftraten.(14)

1.4 Therapiemöglichkeiten

Um jegliche Folgen einer Atherosklerose oder Stenose der Halsschlagader zu vermeiden, stehen verschiedene Verfahren zur Behandlung der Grunderkrankung zur Verfügung. Diese lassen sich in konservative, endovaskuläre und offen chirurgische Möglichkeiten unterteilen.

1.4.1 Chirurgische Therapie

Die gefäßchirurgische Intervention umfasst je nach Ausmaß der Stenose die ACI, die Bifurkation und in einigen Fällen die ACC. Für die chirurgische Behandlung dieser Pathologie haben sich drei Verfahren etabliert: die Thrombendarteriektomie (TEA) mit oder ohne Patchplastik, die Eversionsendarteriektomie (EEA) und das endovaskuläre Verfahren mit Stenteinlage (CAS = Carotid artery stenting).

Nach der Qualitätssicherungsstudie der Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie 2001 sind die Operationsergebnisse mit Shunt und Patch signifikant besser als ohne Verwendung eines Shunts oder Patch.(12)

1.4.1.1 Indikationen

Das derzeitige Risiko eines ischämischen Insults bei hochgradiger ACI-Stenose liegt zwischen 2 % und 6 % pro Jahr, so dass in den meisten Fällen einer hochgradigen Stenose eine Indikation zur chirurgischen Behandlung besteht.(11)
Diese Indikationsstellung erfolgt stadienabhängig.

Im Stadium I liegt eine prophylaktische Indikation vor.(12)

In den aktuellen Leitlinien der „European Society for Vascular Surgery“ wird empfohlen, eine Carotisendarteriektomie bei Patient*innen mit einer asymptomatischen Carotisstenose von 60-99 % ohne erhöhtes Operationsrisiko in Erwägung zu ziehen, wenn bestimmte bildgebende oder klinische Merkmale auf ein erhöhtes Schlaganfallrisiko hinweisen. Voraussetzung dafür ist, dass die Mortalitäts- und Schlaganfallrate innerhalb der ersten 30 Tage unter 3 % liegt und die Lebenserwartung der Patient*innen mehr als fünf Jahre beträgt.

Zu den bildgebenden und klinischen Charakteristiken zählen unter anderem: ein stiller Infarkt im CT, eine Progression der Stenose, Intraplaque Blutungen oder kontralaterale TIA/Insulte. Als Alternative kann hierbei ebenso eine CAS in Erwägung gezogen werden.(7)

Das zweite Stadium stellt bereits eine therapeutische Indikation dar.(12)

Patient*innen mit Symptomen in den letzten 6 Monaten im Versorgungsgebiet der Carotis und einer Stenose von 70-99 % sollten einer CEA unterzogen werden, solange das Risiko einer 30-Tage-Insult-/Todesrate unter 6 % liegt. Sie sollte auch bei Patient*innen mit einer Stenose von 50-69 % in Betracht gezogen werden.(7)
Die höchste Wirksamkeit wird erreicht, wenn die Intervention innerhalb von zwei Wochen durchgeführt wird; in diesem Zeitraum ist eine „Number needed to treat“ von fünf erforderlich, um einen weiteren Schlaganfall zu verhindern. Verzögert sich die Operation um mehr als zwei Wochen oder liegt bereits ein Schlaganfall mit persistierenden neurologischen Ausfällen vor, erhöht sich die Zahl der erforderlichen Eingriffe auf 125.(15)

Eine seltene Indikation ergibt sich im Stadium III, wenn innerhalb von 6 Stunden nach Ausschluss einer intrakraniellen Blutung eine Outcome-Verbesserung durch eine Operation erreicht werden kann.(12)

Im Stadium IV erfolgt die operative Intervention aus palliativen Gründen, mit dem Ziel, einen weiteren Apoplex zu verhindern, insbesondere bei hochgradiger Stenose der kontralateralen Seite.(12)

Der Grad der symptomatischen Carotisstenose ist der wichtigste Faktor für den Nutzen der CEA, aber auch andere Aspekte, insbesondere die Zeit bis zur Operation, spielen eine wichtige Rolle. Der Eingriff sollte idealerweise innerhalb von zwei Wochen nach dem letzten Symptom erfolgen.(16)

Ebenso wurde die Anpassung der 30-Tage-Insult/Todesrate bei symptomatischen Patient*innen kontrovers diskutiert, das Leitlinienkomitee empfiehlt jedoch die Beibehaltung der 6 %. Damit soll einer übertriebenen Risikovermeidung entgegengewirkt werden, bei der Eingriffe hinausgezögert werden, um niedrigere Komplikationsraten zu erreichen, die das Risiko eines frühen Schlaganfallrezidivs für die Patient*innen erhöhen.(7)

1.4.1.2 Thrombendarteriektomie

Die Thrombendarteriektomie ist die Operation der Wahl bei Carotisstenose.(12)

In den meisten Fällen wird der chirurgische Zugang über eine Hautinzision am Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus gewählt. Die Erweiterung des Hautschnittes kann je nach Länge der Stenose bogenförmig nach dorsal erfolgen.(3)

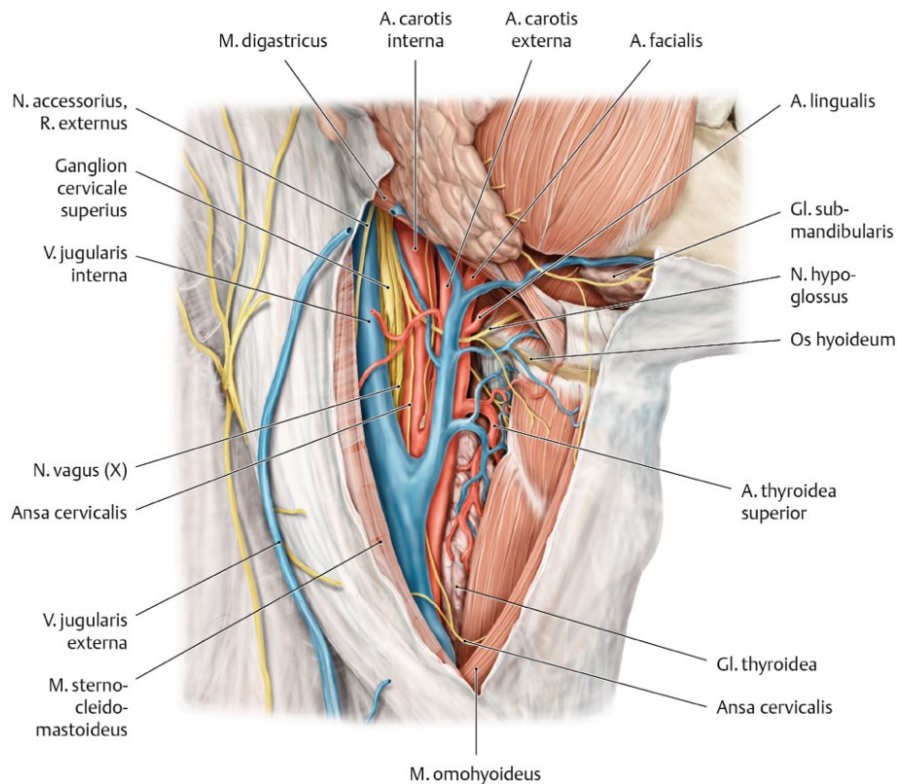


Abbildung 4: Trigonum caroticum

Quelle: Schünke, Schulte, Schuhmacher, Voll, Wesker, PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie - Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2018.

In der Regel über einen ventrojugulären Zugang erfolgt in schichtweiser Präparation des Trigonum caroticum die Darstellung der Carotisgabel, der die Vena jugularis interna schonst und eine optimale Übersicht über die Gefäßstrukturen gewährleistet. Die Vena facialis wird in der Regel abgebunden und dann durchtrennt. Je nach Operationsniveau kann es auch notwendig sein, die Vena sternocleidomastoidea zu durchtrennen. Bei der Präparation zeigt sich die Ansa cervicalis als fein verästeltes Nervengeflecht, dessen Äste nach Möglichkeit erhalten werden sollten. Besondere Vorsicht ist im Bereich des Kieferwinkels geboten, da der Nervus hypoglossus durch Zugmanöver mit dem Haken in diesem Bereich gefährdet werden kann. Zur Vermeidung von intraoperativen Insulten wird vor der Ausklemmung der Carotis unfraktioniertes Heparin verabreicht und der Blutdruck nach dem Abklemmen hochgehalten. ACC, ACI und ACE werden mit Gefäßbändchen oder Vesselloops angeschlungen. Dann wird die ACI ausgeklemmt, gefolgt von der ACE und zuletzt der ACC.(3,12)

Die Inzision erfolgt auf Höhe des Carotisbulbus und wird entlang der ACI sowie der ACC verlängert. Die Desobliteration wird mit einem Dissektor durchgeführt, mit dem das sklerotische Gewebe, das das Lumen verengt, entlang der Adventitia entfernt wird. Im Rahmen der Ausräumung können Stufenbildungen auftreten, die das Risiko einer Thrombose oder eines erneuten Gefäßverschlusses erhöhen, weshalb sie durch eine Naht angeheftet werden müssen.(3)

Der Verschluss der Arteriotomie kann durch eine direkte Naht erfolgen, wobei darauf zu achten ist, dass nicht zu viel Wandgewebe mitgestochen wird, um sowohl die Entstehung einer erneuten Stenose als auch das Risiko einer raschen Rezidivstenose zu vermeiden.(3)

Um durch die Naht der Arteriotomie keine Verengung des Lumens zu produzieren, wird meistens ein Patch eingenäht. Dieser kann aus biologischem Material, wie etwa einer präparierten Vene, oder aus Kunststoff bestehen.

Bei der Naht des Patches ist insbesondere im kranialen Bereich darauf zu achten, dass die Naht des Patches sorgfältig ausgeführt wird, um Verengungen und Reststenosen im weiteren Verlauf zu vermeiden.(3)

Sowohl für die TEA als auch für die EEA, die in 1.4.1.3 näher erläutert wird, sollte eine intraoperative Qualitätskontrolle mittels Angiographie, Duplexsonographie oder Angioskopie in Erwägung gezogen werden, um mögliche Komplikationen auszuschließen bzw. frühzeitig zu erkennen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf Restplaques oder Klemmverletzungen gelegt.(3,7)

Die Durchsicht aller relevanten Publikationen nach Bond et al. (2004) ergab, dass der Verschluss einer Carotisendarteriektomiestelle mit einem Patch mit signifikant besseren Ergebnissen hinsichtlich perioperativer Schlaganfälle, perioperativer Todesfälle und Carotisverschlüssen assoziiert ist als ohne Verwendung eines Patches.

Aus den Studien lassen sich jedoch keine eindeutigen Empfehlungen für die Wahl des Patchmaterials ableiten, da die Schlaganfallrate bei Verwendung von Venenpatches im Vergleich zu Kunststoffpatches ähnlich war.(3,17)

1.4.1.3 Eversionsendarteriektomie

Eine weitere Möglichkeit ist die Eversionsendarteriektomie. Bei diesem Verfahren wird die ACI an ihrem Abgang von der ACC getrennt. Anschließend wird die Gefäßwand der ACI umgestülpt, um die Ablagerungen vollständig zu entfernen. Besonders sorgfältig muss überprüft werden, ob alle Ablagerungen entfernt wurden, insbesondere am kranialen Ende. Falls notwendig, muss auch dieser Bereich gründlich mit einem Dissektor ausgeräumt werden.

Die ACC ist ebenfalls zu inspizieren, und sichtbare Ablagerungen in der ACC und am Abgang der ACE sind zu entfernen. Wenn ACC, ACI und ACE vollständig gereinigt sind, wird die ACI zurückgestülpt. Medial der ACI und in der distalen ACC wird eine Längsinzision vorgenommen, um den Anastomosenbereich zu erweitern und zu verbessern. Kürzungen und Straffungen sind bei verlängertem Verlauf der ACI zulässig. Nach Reanastomosierung der ACI an den Bulbus ist eine sorgfältige Entlüftung aller Gefäßabschnitte vorzunehmen, um das Risiko einer Luftembolie in die ACI zu minimieren. Dazu kann die ACI freigegeben werden und die verbleibenden Nähte unter zerebralen Rückstrom gesetzt. Anschließend wird der Blutfluss in der ACE wiederhergestellt, um eine mögliche Mikroembolisation in die ACE zu leiten und einen Insult in der ACI zu verhindern. Erst nach dieser Maßnahme wird die ACI freigegeben.(12)

Die Anwendung einer Patchplastik im Rahmen einer Eversionsendarteriektomie stellt in der Regel eine Ausnahme dar und erfolgt meist nur als Bail-out-Maßnahme bei intraoperativen Komplikationen.

1.4.1.4 Endovaskuläre Stenteinlage

Eine weitere Möglichkeit zur Behandlung einer Carotisstenose ist das endovaskuläre Verfahren mit Stenteinlage. Der Zugangsweg für eine CAS (= Carotid artery stenting) erfolgt in den meisten Fällen über die A. femoralis - andere Zugänge wären über die A. brachialis, A. radialis oder ein direkter Zugang. Ist ein Zugang vorhanden wird die ACC mittels eines Führungsdrahts sondiert und eine Schleuse eingeführt. Anschließend kann ein Projektionssystem platziert werden. Zur genauen Darstellung der Stenose sowie der hämodynamischen Verhältnisse erfolgt daraufhin eine Angiographie. Anschließend wird der

Führungsdraht vorsichtig durch die Stenose vorgeschoben, bis er den verengten Bereich vollständig passiert hat und in einem Abschnitt mit ungestörten Gefäßverhältnissen liegt. Nach angiographischer Vermessung der Stenose ergibt sich in den meisten Fällen die Notwendigkeit einer Überstentung der ACE. Heutzutage werden fast immer selbstexpandierende Stents verwendet, jedoch wird meist zusätzlich eine Ballonangioplastie durchgeführt werden, um den Stent nachträglich noch weiter an die Gefäßwand anzupassen. Vor Entfernung jeglicher Instrumente wird noch eine angiographische Lagekontrolle angefertigt, wobei auf Embolien oder Spasmen der Gefäße zu achten ist.(3)

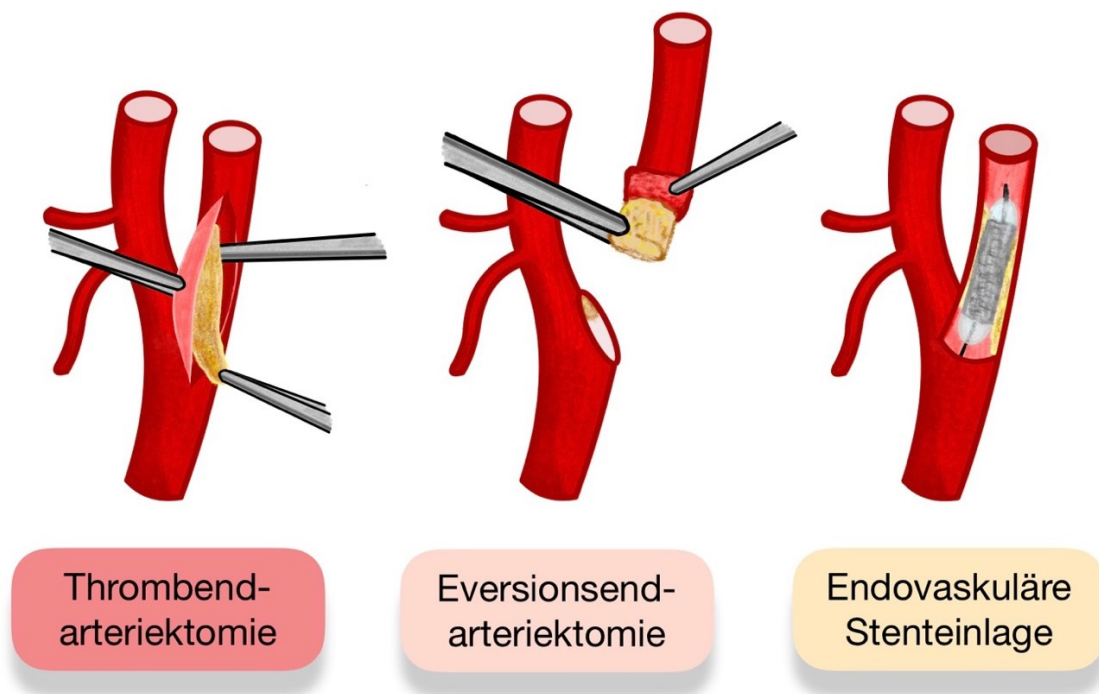


Abbildung 5: Operative Therapieformen der Carotis

Quelle: Eigene Darstellung

1.4.1.5 CEA versus CAS

Die 30-Tage-Ergebnisse von sechs randomisierten kontrollierten Studien (RCTs), darunter der Carotid Revascularisation Endarterectomy vs. Stenting Trial (CREST-1), der Stent Protected Percutaneous Angioplasty of the Carotid Artery vs. Endarterectomy Trial-2 (SPACE-2), der Asymptomatic Carotid Trial-1 (ACT-1) sowie die ACST-2-Studie, zeigten, dass die Schlaganfall- und Mortalitätsraten bei

asymptomatischen Patient*innen innerhalb von 30 Tagen nach einer CAS höher waren. Bei 3,17 % trat ein Ereignis nach einer CAS auf, während bei CEA nur in 2,24 % der Fälle es zu einem Insult/Tod kam. Im Gegensatz dazu trat ein Myokardinfarkt innerhalb von 30 Tagen häufiger nach einer CEA auf. Hinsichtlich anderer Endpunkte ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.(18)

Bei symptomatischen Patient*innen zeigen vier weitere RCTS eine niedrigere Insult- und Mortalitätsrate bei CEA (5,5 %) im Vergleich zu CAS (8,7 %).(7,19)

Im Zuge des langfristigen Outcomes zeigten sich ähnliche Ergebnisse bezüglich des Insults und Todesrate zwischen CEA und CAS, sowohl bei asymptomatischen als auch bei symptomatischen Patient*innen.(7,18) Insbesondere bei der Restenose zeigte sich jedoch ein signifikanter Unterschied: Ein Cochrane Review, das neun RCTs untersuchte, konnte zeigen, dass eine CAS >50 % höhere Restenoseraten aufweist als eine CEA.(20)

1.4.2 Komplikationen

Ein chirurgischer Eingriff an der A. carotis ist mit verschiedenen potenziellen Risiken verbunden, die sowohl während als auch nach der Operation auftreten können. Je nach Literatur werden unterschiedliche Zeitfenster für perioperative und postoperative Komplikationen verwendet. Für die folgende Arbeit wurden die Komplikationen entsprechend den ESVS-Richtlinien in perioperative Komplikationen, die innerhalb eines Zeitfensters von 30 Tagen auftraten, und Spätkomplikationen unterteilt. Obwohl es zahlreiche mögliche Komplikationen gibt, konzentrieren sich die Qualitätskennzahlen der ESVS ausschließlich auf den kombinierten Endpunkt Schlaganfall und Tod.

1.4.2.1 Perioperative Komplikationen

Eine der häufigsten Komplikationen im perioperativen Setting sind Wundhämatome. Kleinere Hämatome verursachen in der Regel nur geringe Beschwerden, während größere oder schnell zunehmende Hämatome eine sofortige Behandlung erfordern. Sofern keine Atemwegsobstruktion vorliegt, sollte die Entlastung des Hämatoms im Operationssaal erfolgen. Ist jedoch der Atemweg

durch das Hämatom beeinträchtigt, wird empfohlen, die Wunde direkt am Patientenbett zu eröffnen.(21)

Im Rahmen der Operation kann es zu Nervenläsionen durch die Freilegung der A. carotis oder den Zug am Gewebe durch Haken kommen. Durch ihr Lageverhältnis sind vor allem der N. hypoglossus, der die A. carotis überkreuzt und manchmal zur Seite gehalten werden muss, der Ramus marginalis mandibulae des N. facialis, N. laryngeus recurrens und seltener der N. glossopharyngeus, N. accessorius und der Sympathikus prädisponiert. Laut der ECST-Studie betrugen die Nervenläsionen unmittelbar nach der Operation 5 %, während sie nach vier Monaten auf nur noch 0,5 % zurückgingen.(3,22)

Schlaganfälle stellen eine relevante, wenn auch nicht häufige Komplikation dar. Rund zwei Drittel der Embolien, die einen perioperativen Insult verursachen, sind auf eine Thrombenbildung im Eingriffsbereich zurückzuführen. Von den Schlaganfällen bei Patient*innen, die vor der Operation beschwerdefrei waren, sind >80 % auf methodische Fehler zurückzuführen. Dies sind übersehene Plaquereste, da die freigelegte Gefäßwand nach der Desobliteration eine erhöhte Thromboseneigung aufweist, sowie Dissektionen, unvollständige Entlüftungen oder Nahtfehler. Thromben können sich auch bereits während der Abklemmung und Präparation lösen, in sehr seltenen Fällen auch während der Entklemmung.(3,23)

Eine weitere, wenn auch seltenere Ursache perioperativer ischämischer Ereignisse ist die Clamping-Ischämie, die in weniger als 15 % der Fälle auftritt. Der Nachweis einer solchen Ischämie variiert je nach Anästhesieverfahren. Bei Eingriffen in Lokalanästhesie ist eine direkte neurologische Überwachung möglich, da der Patient während des Eingriffs kontaktierbar bleibt. Auffälligkeiten wie fehlende Reaktionen, fehlende Ausführung motorischer Kommandos, Hyperventilation, Agitation oder im Extremfall Bewusstlosigkeit ermöglichen eine rasche Detektion einer hämodynamischen Instabilität während der Klemmphase. Bei sedierten Patient*innen erfolgt die Ischämiedetektion durch technisches Neuromonitoring, z. B. mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), Elektroenzephalographie (EEG) oder transkranieller Dopplersonographie, deren

diagnostische Sensitivität begrenzt ist. Bei beiden Anästhesieverfahren kann die präemptive Anlage eines Shunts das Auftreten neurologischer Defizite in den meisten Fällen verhindern.(3,23)

Etwa 20 % der perioperativen Insulte sind Hirnblutungen. Diese Komplikation ist mit einer Mortalität von zwei Dritteln besonders gefährlich und muss daher so schnell wie möglich diagnostiziert werden. Ein erhöhtes Blutungsrisiko besteht bei Patient*innen mit schlecht eingestelltem Bluthochdruck, vorbestehender ischämischer Hirnschädigung, kontralateralem Carotisverschluss, verminderter Reservekapazität bei unzureichender intrakranieller Kollateralversorgung oder intraoperativer Embolie. Sie äußert sich in der Regel durch heftige Kopfschmerzen und in einigen Fällen durch Krampfanfälle, die vor allem in den ersten vier postoperativen Tagen auftreten.(3,24)

Eine intrakranielle Blutung kann auch sekundär als Folge eines Hyperperfusionssyndroms auftreten. Durch eine gestörte zerebrale vaskuläre Autoregulation und dem postoperativen Blutdruckanstieg, der durch eine Schädigung der Barorezeptoren während der Operation ausgelöst werden kann, steigt auch der Druck im zerebralen Gefäßsystem an.(25) Vor der Operation besteht im betroffenen Hirnareal eine chronische Hypoperfusion, wodurch die kleinen Gefäße zur Aufrechterhaltung des Blutflusses maximal dilatiert bleiben, was zu einem Verlust der Autoregulation führt. Nach Beseitigung der Stenose steigt der Blutfluss bei normalem oder erhöhtem Perfusionsdruck an, ohne dass eine ausreichende Vasokonstriktion zum Schutz des Kapillarnetzes erfolgt. Dies kann zu Hirnödemen und Blutungen führen.(21) Etwa 20 % der Patient*innen, die eine CEA erhalten haben, erleiden postoperativ hypertensive Phasen, wie eine aktuelle Metaanalyse zeigt.(3) Ein Hyperperfusionssyndrom tritt bei 1 % auf und 0,5 % erleiden eine intrazerebrale Blutung. Typisch sind starke einseitige Kopfschmerzen, oft begleitet von Übelkeit und Erbrechen.(25)

Zu beachten ist auch das erhöhte Mortalitätsrisiko bei Patient*innen mit Carotisstenose, die sich einer Operation unterziehen. Da die Grunderkrankung Arteriosklerose keine carotidenspezifische Erkrankung ist, sondern den gesamten arteriellen Kreislauf betrifft, haben diese Patient*innen ein erhöhtes

Komplikationsrisiko. Neben perioperativen Schlaganfällen spielen kardiale Ursachen eine wichtige Rolle bei der Mortalität. Diese reichen von Herzinfarkten, Angina pectoris, Arrhythmien bis hin zur dekompensierten Herzinsuffizienz. In den meisten Studien werden diese Komplikationen als kombinierter Endpunkt „vaskuläre Komplikationen“ aufgelistet.(3) Lediglich die NASCET Studie zeigt die Endpunkte separat auf: Es treten in 8,1 % kardiovaskuläre Komplikationen auf, davon beispielsweise 1,3 % Angina Pectoris, 0,8 % Myokardinfarkt oder neu aufgetretene Arrhythmie in 1,6 % der Fälle.(21)

Hypotonie/Hypertonie sind im Hinblick auf Mortalität und kardiale Komplikationen von Bedeutung. Hypotonie tritt bei etwa 5 % der Patient*innen auf, Hypertonie bei 19 %. Patient*innen mit präoperativer Hypertonie haben ein erhöhtes Risiko für eine Hypertonieepisode.(3,26)

Seltenere Ursachen für die Sterblichkeitsrate sind respiratorische Komplikationen mit 0,8 %, sowie thromboembolische Ursachen in Form einer Lungenembolie mit maximal 0,2 %.(3,27)

1.4.2.2 Spätkomplikationen

Bei 0,5–1 % der Patient*innen bei CEA mit Patch entwickelt sich eine Infektion. Ein Drittel tritt innerhalb der ersten zwei Monate auf, zwei Drittel nach mehr als sechs Monaten. Frühe Infektionen zeigen sich als Wundinfektionen oder Abszesse, späte durch chronischen Sinusausfluss oder Pseudoaneurysmen. Hauptverursacher sind Staphylokokken und Streptokokken (90 %).

Eine weitere Spätkomplikation ist die Restenose. Eine internationale Carotisstenting-Studie zeigt, dass im Langzeitverlauf bei 10,8 % der operierten CAS-Patient*innen und bei 8,6 % der CEA-Patient*innen eine Restenose oder Okklusion auftrat.(28) Diese Rezidivstenosen sind häufig Zufallsdiagnosen, da sie meist asymptomatisch sind.(11)

1.4.2.3 Revisionseingriffe

Je nach Komplikation und Schweregrad kann ein Revisionseingriff erforderlich sein.

Bei umfangreichen Wundinfektionen ist die Wunde zu spalten, eine Drainage anzulegen und eine Antibiose einzuleiten.(3) Ebenso kann es von Nöten sein den Patch zu ersetzen. Falls bei der Operation ein Fremdmaterial wie ein Kunststoffpatch verwendet wurde, sollte dieser durch einen autologen Patch, wie den Venen-Patch, ersetzt werden. In seltenen Fällen kann auch eine Veneninterposition durchgeführt werden.(11)

Sollte neue neurologische Symptomatik in der Aufwachphase auftreten, so ist sofortige Kontrolle der ACI mittels Sonographie, CT oder MRT vorzunehmen. Ist keine Strömung darstellbar ist eine Reoperation vorzunehmen. Im Falle einer Rezidivstenose zu einem späteren Zeitpunkt kann die Reoperation mittels TEA mit Patchplastik oder venösem Interponat erfolgen.(11)

Nervenläsionen, die während der Operation entstehen, regenerieren sich in den meisten Fällen innerhalb weniger Wochen vollständig.(11) Je nach betroffenem Nerv kann die Erholung durch logopädische Therapie gezielt unterstützt werden.(3)

Treten Schluckstörungen oder Atemprobleme auf, ist eine sofortige chirurgische Entlastung des Hämatoms erforderlich, da eine ausgeprägte Hämatombildung die Trachea verlagern und eine Intubation deutlich komplizieren kann.(3)

1.4.3 Medikamentöse Therapie

Eckpfeiler der medikamentösen Therapie sind die Thrombozytenaggregationshemmer und die Therapie der Risikofaktoren.

Bei symptomatischen Patient*innen sollte unabhängig von einer Operation unmittelbar nach einem Ereignis eine duale Therapie mit Acetylsalicylsäure (ASS) und Clopidogrel eingeleitet werden, sobald eine intrakranielle Blutung ausgeschlossen ist. Erfolgt keine chirurgische Behandlung, wird in den meisten Fällen nach drei Wochen eine Monotherapie mit Clopidogrel angeraten. Dagegen wird nach CEA eine Monotherapie mit Clopidogrel ab dem ersten postoperativen Tag empfohlen.(7,29)

Eine Metaanalyse der CETC (Carotid Endarterectomy Trialists Collaboration) ergab, dass Patient*innen mit Stenosen unter 50 % keinen Vorteil von einer Carotisendarteriektomie (CEA) in Kombination mit einer optimalen medikamentösen Therapie gegenüber einer alleinigen medikamentösen Therapie hatten. Erst ab einer Stenose von 50 % zeigte sich ein Vorteil der CEA gegenüber der BMT, wobei dieser Effekt mit zunehmendem Schweregrad der Stenose zunahm.(7,16,30)

Die Operation an der Carotis ist mit einem erhöhten Risiko an Blutungen einhergehend. Aus diesem Grund sollten Antikoagulantien vorübergehend und länger als bei Operationen mit niedrigem Risiko pausiert werden. Im Zuge der Pausierung wird empfohlen, dass auf einen Thrombozytenaggregationshemmer wie Aspirin oder Clopidogrel umgestellt wird.(7)

Bei asymptomatischen Patient*innen mit einer Carotisstenose >50 % sollte eine niedrig dosierte Aspirin-Monotherapie begonnen werden.(7,31)

Beiden gemeinsam ist die zusätzliche Therapie der Risikofaktoren, die im Wesentlichen aus einer lipidsenkenden Therapie, Diabetestherapie und Blutdruckeinstellung besteht.(7)

Zu den lipidsenkenden Therapien zählt u.a. die Statintherapie, deren Studien ein besserer Outcome bei Patient*innen mit Statintherapie im Vergleich zu Patient*innen ohne Statintherapie zeigen. Eine Metaanalyse zeigt eine perioperative Mortalität von 0,2 % bei Patient*innen mit CEA und vorheriger Statintherapie im Vergleich zu 1,3 % bei Patient*innen ohne Statintherapie.(7,32)

Ebenso sollte eine Lebensstiländerung mit gesunder Ernährung, Nikotinentwöhnung und sportlicher Betätigung erfolgen.

1.5 Definitionen

1.5.1 Symptomatische ACI

Patient*innen werden als kürzlich symptomatische ACI klassifiziert, wenn sie innerhalb der letzten sechs Monate klinische Anzeichen zeigten, die dem Carotisstromgebiet zugeordnet werden können. Dazu zählen:

- Höhere kortikale Dysfunktion (Aphasie, Apraxie, Gesichtsfeldeinschränkung, ...)
 - Amaurosis fugax
 - Chronisches okuläres ischämisches Syndrom
 - Schwäche und/oder Sensibilitätsstörung im Gesicht, an den Armen und/oder Beinen
 - Koordinationsschwierigkeiten der oberen/unteren Extremitäten
 - Limb-shaking TIAs(7)

Die Mehrheit der Symptome ist negativ, was bedeutet, dass die Funktionalität eingeschränkt ist, während positive Symptome wie zum Beispiel Parästhesien nur selten auftreten.

1.5.2 TIA

Transiente ischämische Attacken (TIA) sind Episoden, bei denen es zu einer fokalen Dysfunktion des Gehirns, der Retina oder des Rückenmarks kommt. Sie dauern weniger als 24 Stunden an und werden durch unzureichende Blutzufuhr verursacht. Patient*innen, die TIAs erleiden, insbesondere mit höhergradigen Stenosen der Carotis und rezidivierenden Episoden, weisen ein erhöhtes Risiko für einen Insult auf.(10,33)

1.5.3 Amaurosis fugax

Eine vorübergehende einseitige Erblindung, bekannt als Amaurosis fugax, ist ein typisches Symptom einer symptomatischen Carotisstenose. Hierbei treten Mikroembolien in der A. ophtalmica auf, die im Stromgebiet der A. carotis liegt. Die Symptomatik wird als langsames Herabfallen eines Vorhangs über einem Auge

beschrieben und in der Literatur häufig einer TIA zugeordnet, in der in 1.3.2 zitierten aktualisierten Klassifikation nach Eckstein und Allenberg jedoch als eigenständige Erkrankung angesehen.(34)

1.5.4 Insult

Ein Insult ist ein abrupt einsetzendes neurologisches Defizit mit eher fokaler als globaler Beeinträchtigung, dessen Symptome entweder länger als 24 Stunden anhalten oder innerhalb dieses Zeitraums zum Tod führen und das nach umfassender Untersuchung auf eine nicht traumatische vaskuläre Ursache zurückgeführt wird.(35)

1.5.5 Modifizierte Rankin-Skala

Die modifizierte Rankin-Skala (mRS) ist eine Klassifikation für postapoplektische Patient*innen und dient der Beschreibung neurologischer Defizite. Sie versucht, die funktionelle Unabhängigkeit im Vergleich zur Aktivität vor dem Insult zu kategorisieren.

Die Erfassung dieser Informationen erfolgt durch ein Gespräch mit den Patient*innen, in dem ihre Alltagsaktivitäten sowie deren Einschränkungen vor und nach dem Insult erörtert werden.(36)

Die mRS ist in die folgende 6 Graden unterteilt:

Grad	Beschreibung
0	Keine Symptomatik.
1	Keine signifikanten Beeinträchtigungen; Patient*in kann Alltag selbstständig bewältigen.
2	Geringe Beeinträchtigungen; Patient*in kann nicht mehr alle vorherigen Aktivitäten ausführen, benötigt aber keine Hilfe.
3	Moderate Beeinträchtigung; Patient*in ist auf Hilfe im Alltag angewiesen; Gehen ohne Assistenz oder Hilfsmittel möglich.
4	Moderat-schwere Beeinträchtigung; Patient*in braucht Hilfe bei körperlicher Pflege; Gehen ohne Assistenz oder Hilfsmittel nicht möglich.

5	Schwere Beeinträchtigung; Patient*in ist bettlägerig, inkontinent und auf kontinuierliche Pflege sowie Betreuung angewiesen.
6	Tod durch Insult

Tabelle 2: Modifizierte Rankin Skala

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, Schouten HJ, van Gijn J. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. Stroke [Internet]. 1988

1.5.6 Bildgebung

Zur Diagnostik und Quantifizierung der Carotisstenose existieren diverse bildgebende Verfahren, die in den entsprechenden Leitlinien angegeben sind. Hierzu zählen der Ultraschall, eine CT- oder MR-Angiographie (= CTA und MRA) sowie eine digitale Subtraktionsangiographie (DSA). Diese Verfahren dienen der Einteilung des Stenosegrades sowie der Plaquemorphologie.

Sonographie

Am häufigsten zum Einsatz in der Diagnostik der Carotisstenose kommt der Ultraschall, bei der die ACC, ACI und ACE, sowie typischerweise im Zuge der Untersuchung auch A. subclavia und A. vertebralis geschallt werden. Im brightness modulation-Mode (=B-Mode) können erste stenosierende Veränderungen in der Intima-Media-Dicke (= IMD) dargestellt werden. Zur Quantifizierung der Stenose wird dann auf den pulsed wave-Doppler (pw-Doppler) gewechselt, der mittels der pulsierenden Echosignale Flussgeschwindigkeiten, die maximale Beschleunigung (= Vmax) und somit eine Erhebung des Stenosegrades aufzeigen kann. Wichtig für die Auswertung ist die korrekte Auswahl der Messpunkte. Die derzeitige standardisierte NASCET-Methode vergleicht den Durchmesser der Stenose mit dem distalen Gefäßdurchmesser ohne Ablagerungen. Dies kann durch eine farbige Darstellung mittels Farbdopplersonographie erweitert werden, die Turbulenzen sichtbar macht. (3)

CTA und MRA

Die Vorteile der CTA und der MRA liegen in der Unabhängigkeit vom Untersucher, was bei der Sonographie ein großes Problem darstellt. Beide Untersuchungen verwenden Kontrastmittel, wobei das Kontrastmittel der MRA nicht jodhaltig und weniger nephrotoxisch ist. Weitere Vorteile der MRA sind die Strahlenfreiheit und

die bessere Erkennung kleiner, rezenter Läsionen. Aus Kosten-, Zeit- und Verfügbarkeitsgründen wird jedoch in der Regel die Sonographie eingesetzt.(3)

DSA

Die DSA spielt bei komplexen Stenosen eine wichtige Rolle. Da es sich jedoch um ein invasives Verfahren mit erheblichem Komplikationsrisiko handelt, muss die Indikation sorgfältig abgewogen werden.(3)

1.5.7 Operationstechnik

Wie unter Punkt 1.4.1 dargestellt, gibt es verschiedene offen chirurgische Möglichkeiten zur Behandlung einer Carotisstenose. An der Abteilung für Gefäßchirurgie des Landeskrankenhauses Universitätsklinikum Graz, werden folgende Eingriffe durchgeführt: Eversions-TEA mit und ohne Kürzung der ACI, TEA mit Patch und TEA ohne Patch.

1.5.8 Laborwerte

Kreatinin

Kreatinin ist das Abbauprodukt von Kreatin in der Muskulatur und wird über die Nieren filtriert und ausgeschieden. Es wird zur Überprüfung der Nierenfunktion vor einer Operation bestimmt, da es als Marker für die glomeruläre Filtrationsrate (=GFR) dient. Der Grenzwert liegt bei Männern bei <1,17 mg/dl und bei Frauen bei <0,95 mg/dl.(37)

Cholesterin

Cholesterin ist ein wichtiger Marker des Fettstoffwechsels. Es wird mit der Nahrung aufgenommen oder in Leber und Darm synthetisiert und gilt als entscheidender Risikofaktor für die Atherosklerose. Hauptträger sind die LDL (Low Density Lipoproteine), die daher als wichtiger Angriffspunkt für eine lipidsenkende Therapie gelten. Ab einem Gesamtcholesterin von 200 mg/dl sollten Transportproteine wie LDL bestimmt werden, um das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen abzuschätzen.(37)

1.5.9 Statin

Bei Hypercholesterinämie werden neben Lebensstiländerungen auch häufig Statine eingesetzt. Durch die Hemmung des Enzyms HMG-CoA-Reduktase kann die Cholesterinsynthese und damit das LDL-Cholesterin gesenkt werden. Die am häufigsten verwendeten Präparate sind: Simvastatin, Lovastatin, Atorvastatin, Rosuvastatin.(5)

1.5.10 Thromboseprophylaxe

Bei der medikamentösen Thromboseprophylaxe unterscheidet man zwischen der Thrombozytenaggregationshemmung und der plasmatischen Antikoagulation. Erstere verhindert die Aggregation von Thrombozyten und deren Anlagerung an die Gefäßwand und wird im prä- und postoperativen Setting der CEA eingesetzt. Die Antikoagulation, die die plasmatische Gerinnung hemmt, wird vor allem bei Patient*innen mit erhöhtem kardialen Risiko, z. B. bei Vorhofflimmern, eingesetzt.

1.5.11 Herzrhythmus

Im Sinusknoten des rechten Vorhofs entsteht eine Erregung, die bei ungestörter Impulsweiterleitung die Herzfrequenz bestimmt.

Sinusrhythmus

Von einem normalen Sinusrhythmus spricht man bei einer Herzfrequenz von 60 bis 100 Schlägen pro Minute und unauffälligem EKG.(4)

Vorhofflimmern

Ist die Impulsweiterleitung in den Vorhöfen gestört (z. B. durch Herzinsuffizienz, koronare Herzkrankheit, ...), steigt die atriale Erregung an (bis zu 500/min), wodurch eine geordnete Kontraktion in den Vorhöfen nicht mehr möglich ist. Die Folge ist eine Arrhythmie (VHFA= Vorhofflimmerarrhythmie).(4,5)

Vorhofflimmern kann zu kardialen Embolien führen, die einen Insult auslösen können, und stellt auch ein erhebliches Risiko bei Operationen dar. Für die Arbeit wurde zwischen Sinusrhythmus, Vorhofflimmern und intermittierendem Vorhofflimmern unterschieden.

1.5.12 ASA

Die ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists) dient der Risikoeinschätzung von chirurgischen Patient*innen. Sie ist in sechs Klassen unterteilt, die sich wie folgt zusammensetzen:

- I: Gesunde/r Patient*in
- II: Patient*in mit geringer systemischer Erkrankung
- III: Patient*in mit schwerer systemischer Erkrankung
- IV: Patient*in mit schwerer systemischer Erkrankung, die eine dauerhafte Bedrohung des Lebens darstellt
- V: Unheilbare/r Patient*in, der/die voraussichtlich nicht ohne Eingriff überleben wird
- VI: Hirntote/r Patient*in, dessen/deren Organe für eine Spende entnommen werden(38)

1.6 Spezielle Fragestellung

Die zentrale Fragestellung dieser Diplomarbeit ist eine umfassende retrospektive Analyse der perioperativen Komplikationen im Zeitraum von 30 Tagen nach Carotisendarteriektomie. Ziel dieser Untersuchung ist es, die Einhaltung der von der European Society of Vascular Surgery (ESVS) definierten Qualitätsstandards zu überprüfen. Diese sehen vor, dass die Schlaganfall- und Mortalitätsrate nach dem Eingriff bei asymptomatischen Patient*innen unter 3 % und bei symptomatischen Patient*innen unter 6 % liegen soll.

Ein wesentlicher Bestandteil der Analyse ist die detaillierte Erfassung der aufgetretenen Komplikationen, wobei Art, Häufigkeit und Schweregrad systematisch untersucht werden. Diese können von leichten, vorübergehenden Beschwerden bis hin zu schweren, bleibenden neurologischen Ausfällen oder sogar zum Tod reichen. Insbesondere das Auftreten von Schlaganfällen steht im Mittelpunkt der Untersuchung, da sie eine der schwerwiegendsten Komplikationen nach Carotisendarteriektomie darstellen und die Prognose der Patient*innen maßgeblich beeinflussen.

Darüber hinaus sollen mögliche prädiktive Faktoren identifiziert werden, die das Auftreten perioperativer Komplikationen begünstigen können.

Die Analyse könnte zudem wertvolle Erkenntnisse darüber liefern, in welchem Zeitraum nach dem Eingriff die meisten Komplikationen auftreten. Diese würde essenzielle Informationen für eine optimierte postoperative Überwachung und Nachsorge liefern.

Neben der allgemeinen Komplikationsrate wird auch die Häufigkeit notwendiger Revisionseingriffe untersucht, um ein besseres Verständnis der Einflussfaktoren auf Sekundäreingriffe zu gewinnen und die Behandlungsstrategien weiter zu verbessern.

2 Material und Methoden

2.1 Inklusionskriterien

Für die vorliegende Diplomarbeit wurden alle Patient*innen eingeschlossen, die sich im Zeitraum vom 1. Jänner 2014 bis zum 31. Dezember 2023 an der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie der Medizinischen Universität Graz einer elektiven oder notfallmäßigen Carotisendarteriektomie unterzogen haben.

2.2 Exklusionskriterien

Ausgeschlossen wurden alle ursprünglich erfassten Operationen, bei denen es sich nicht um primäre Carotisendarteriektomien handelte, sondern die zur Komplikationsbehandlung einer stentgestützten perkutanen transluminalen Angioplastie (Stent-PTA) durchgeführt wurden. Doppelte Datensätze, wie sie z. B. bei akuten Reoperationen (auch Ausweitung einer TEA) auftreten können, wurden eliminiert; in solchen Fällen wurde nur der erste Eingriff (erste Carotisendarteriektomie) in die Analyse einbezogen, um eine statistische Verzerrung der Ergebnisse zu vermeiden. Ebenso wurden fehlerhafte Datensätze, wie z. B. die Dokumentation des falschen Verfahrens, aus der Analyse ausgeschlossen.

2.3 Datenerhebung

Es handelt sich um eine Single-Center retrospektive Kohortenstudie, bei der die Datenerhebung auf verschiedenen Quellen basiert. Dazu gehören:

1. Das digitale Informationssystem (openMEDOCS) der Steiermärkischen Krankenanstaltengesellschaft (KAGes)
2. Die interne Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie der Medizinischen Universität Graz (genehmigtes Subsystem der KAGes)
3. Statistik Austria
4. Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz
5. Abgerufene Patient*innenakten

Die gesamte Datenerhebung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie. Die Kohorte wurde zunächst von Mitarbeiter*innen der IT-Abteilung der Medizinischen Universität Graz erhoben und anschließend jene Patient*innen identifiziert, die innerhalb von 30 Tagen nach einer Carotisendarteriektomie in einem Haus der KAGes eine cerebrale Bildgebung in Form eines CT oder MRT hatten oder verstorben waren. Die Krankengeschichten dieser Patienten wurden einzeln gesichtet und studienrelevante Informationen extrahiert. Zusätzlich wurden die Sterbedaten der Statistik Austria mit Stichtag 7.12.2024 für die Gesamtkohorte eingepflegt.

2.4 Anamnestische Daten

2.4.1 Geschlecht

Das Geschlecht der Patient*innen kategorisiert als männlich oder weiblich.

2.4.2 Alter

Das Alter der Patient*innen zum Zeitpunkt der Operation dokumentiert in Jahren (keine Rundungen).

2.4.3 Körpergewicht

Das Körpergewicht der Patient*innen während des stationären Settings dokumentiert in Kilogramm. Körpergewichte unter 45 kg sowie über 145 kg wurden aufgrund fehlender Plausibilität von der Auswertung ausgeschlossen.

2.4.4 Körpergröße

Die Körpergröße der Patient*innen im Laufe des stationären Settings dokumentiert in Zentimetern. Körpergrößen unter 120 cm sowie über 220 cm werden aufgrund fehlender Plausibilität von der Auswertung ausgeschlossen.

2.4.5 BMI

Der Body-Mass-Index (BMI) der Patient*innen wurde im Rahmen des stationären Aufenthalts anhand der dokumentierten Körpergröße und des Körpergewichts berechnet. Körpergewichte unter 45 kg und über 145 kg, sowie Körpergrößen

unter 120 cm sowie über 220 cm werden aufgrund fehlender Plausibilität von der Auswertung ausgeschlossen.

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht (kg)}}{(\text{Körpergröße (m)})^2}$$

2.4.6 Vorerkrankungen

Relevante Vorerkrankungen, die das perioperative Risiko beeinflussen könnten; extrahiert von der IT-Abteilung elektronisch aus dem MEDOCS-System:

- Diabetes mellitus: Ja/Nein
- Hypertonie: Ja/Nein

2.4.7 Indikationsstellung basierend auf cerebraler Symptomatik

Vorliegen eines präoperativen cerebralen Ereignisses wie Schlaganfall, TIA, Amaurosis fugax oder Sprachstörung, gegebenenfalls mit bildgebender Bestätigung (CT oder MRT); ermittelt aus MEDOCS. Für die Auswertung wurde zwischen einer asymptomatischen ACI-Stenose, die einer selektiven Operationsindikation entspricht, und einer symptomatischen ACI-Stenose, die einer dringlichen Operationsindikation entspricht, unterschieden.

2.5 Befunde zum Zeitpunkt der Operation

2.5.1 EKG

Elektrokardiographischer Befund zum Zeitpunkt der Aufnahme; ermittelt aus MEDOCS: Sinusrhythmus/Vorhofflimmern, gegebenenfalls Angabe intermittierende VHFA.

2.5.2 Kreatinin

Kreatininwerte der Patient*innen im Rahmen des stationären Aufenthalts mittels Blutabnahme dokumentiert in Milligramm pro Deziliter (mg/dl); ermittelt aus MEDOCS.

2.5.3 GFR

Glomeruläre Filtrationsrate der Patient*innen im Rahmen des stationären Aufenthalts vom Labor berechnet mittels CKD-EPI-Formel (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration), dokumentiert in Milliliter pro Minute bezogen auf eine standardisierte Körperoberfläche von 1,73 Quadratmetern (ml/min/1,73 m²); ermittelt aus MEDOCS. Am LKH Graz wird die CKD-EPI-Formel aus dem Jahr 2009 der KDIGO 2012 Clinical Practice Guidelines verwendet, die leicht verminderte Schätzwerte als die aktuelle Version angibt:

eGFR (estimated GFR):

$$eGFR = 141 \times \min\left(\frac{Kreatinin}{\kappa}, 1\right)^{\alpha} \times \max\left(\frac{Kreatinin}{\kappa}, 1\right)^{-1.209} \times 0.993^{Alter} \times Faktor$$

- κ (kappa) = 0,7 (Frauen), 0,9 (Männer)
- α (alpha) = -0,329 (Frauen), -0,411 (Männer)
- Alter = Lebensalter [Jahre]
- Faktor =
 - 1,018 für Frauen
 - 1.159 für Personen afrikanischer Herkunft (fakultativ, wird in neueren Versionen nicht mehr verwendet)

2.6 Operative Daten

2.6.1 Operationsdatum

Datum des chirurgischen Eingriffs; extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie: Tag/Monat/Jahr; wurde zur Ermittlung des Alters benötigt.

2.6.2 Operationstechnik

Angabe der angewandten Operationstechnik; extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie.

2.6.2.1 Operationstechnik und Symptomatik

Gegenüberstellung der angewandten Operationstechnik (TEA oder EEA) und der jeweiligen Dringlichkeit der Operation, unterschieden nach asymptomatischer oder symptomatischer Operationsindikation; extrahiert aus MEDOCS.

2.6.2.2 Anästhesieverfahren:

Verwendetes Anästhesieverfahren; extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie: Lokalanästhesie/Allgemeinanästhesie (Narkose/Sedoanalgesie).

2.6.3 Gefäßchirurgische Operateur*innen

Namentliche Erfassung des durchführenden Operateurs bzw. der durchführenden Operateurin oder des Operationsteams zur späteren Zuordnung und Qualitätskontrolle; extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie.

2.7 Postoperative Daten

2.7.1 Revisionseingriffe

Notwendigkeit operativer Reinterventionen in Folge postoperativer Komplikationen im 30 Tage-Fenster; extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie: Keine Reoperation, eine Reoperation oder zwei Reoperationen, sowie Datum; für die weitere Auswertung erfolgt die Unterscheidung nach „mindestens eine Reoperation: Ja/Nein. Die Analysen und Vergleiche beziehen sich dabei jeweils auf die Daten der Erstoperation.

2.7.1.1 Grund der Revisionseingriffe

Erhebung der Gründe für postoperative Revisionseingriffe aus dem MEDOCS-System:

- a. Blutung
- b. Inadäquate Revaskularisation
- c. Abszess/Phlegmone

2.7.1.2 Revisionseingriffe und Symptomatik

Erfassung der postoperativen Reinterventionen aus dem System MEDOCS unter Berücksichtigung der symptombezogenen primären Operationsindikation, differenziert nach asymptomatischer und symptomatischer Carotisstenose.

2.7.1.3 Revisionseingriffe und Operationstechnik

Erfassung postoperativer Reinterventionen aus dem MEDOCS-System unter Berücksichtigung der initialen Operationstechnik, differenziert nach Eversionsendarteriektomie und Thrombendarteriektomie mit Patchplastik.

2.7.1.4 Revisionseingriff und Operateur*in

Erfassung der Anzahl der postoperativen Reinterventionen aus dem MEDOCS-System unter Berücksichtigung des/der Operateur*in, extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie.

2.7.1.5 Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik

Erfassung des Reoperationsgrundes (Blutung und inadäquate Revaskularisierung) aus dem MEDOCS-System unter Berücksichtigung der symptombezogenen primären Operationsindikation, unterschieden nach asymptomatischer und symptomatischer Operationsindikation.

2.7.2 Todesfälle

Todesfälle, die innerhalb von 30 Tagen nach dem operativen Eingriff aufgetreten sind; extrahiert aus dem MEDOCS-System: Ja/Nein, Datum.

2.7.2.1 Todesfälle und Symptomatik

Erfassung der Todesfälle innerhalb von 30 Tagen unter Berücksichtigung der symptombezogenen Operationsindikation mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der Variable „Dringlichkeit“ (asymptomatisch/symptomatisch) die absoluten Häufigkeiten der innerhalb von 30 Tagen Verstorbenen berechnet. Anschließend wurde für jede Dringlichkeitskategorie die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt.

2.7.2.2 Todesfälle und Operationstechnik

Erfassung der Todesfälle innerhalb von 30 Tagen unter Berücksichtigung der Operationstechnik mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs werden für jede Ausprägung der Variable „Operationstechnik“ (Eversionsendarteriektomie/Thrombendarteriektomie mit Patch) die absoluten Häufigkeiten der Verstorbenen innerhalb von 30 Tagen berechnet. Anschließend wird für jede Kategorie der Operationstechnik die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt.

2.7.2.3 Zeitpunkt der postoperativen Todesfälle

Erfassung des Zeitpunkts der Todesfälle innerhalb von 30 Tagen; extrahiert aus dem MEDOCS-System und der Statistik Austria: Datum, Kategorisierung nach postoperativer Woche.

2.7.3 Insultrate

Auftreten eines ischämischen oder hämorrhagischen Schlaganfalls, der innerhalb von 30 Tagen nach dem operativen Eingriff aufgetreten ist, gegebenenfalls mit bildgebender Bestätigung: Alle postoperativ in einem Krankenhaus der KAGes durchgeführten bildgebenden Untersuchungen (CT oder MRT) wurden durch die IT-Abteilung identifiziert, die zugehörigen Befunde wurden manuell gesichtet und dahingehend klassifiziert ob postoperativ ein Insult aufgetreten war: Ja/Nein, Datum.

2.7.3.1 Insultrate und Symptomatik

Erfassung von Insulten innerhalb von 30 Tagen unter Berücksichtigung der symptombezogenen Operationsindikation mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der Variable „Dringlichkeit“ (asymptomatisch/symptomatisch) die absoluten Häufigkeiten der Schlaganfälle innerhalb von 30 Tagen berechnet. Anschließend wurde für jede Kategorie der Dringlichkeit die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt. In weiterer Folge wurde mit dem Fisher-Exact-Test ermittelt, ob ein statistischer Zusammenhang vorhanden ist.

2.7.3.2 *Insultrate und Operationstechnik*

Erfassung von Insulten innerhalb von 30 Tagen unter Berücksichtigung der Operationstechnik mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der Variable „Operationstechnik“ (Eversionsendarteriektomie/Thrombendarteriektomie mit Patch) die absoluten Häufigkeiten der Schlaganfälle innerhalb von 30 Tagen berechnet. Anschließend wurde für jede Kategorie der Operationstechnik die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt. In weiterer Folge wurde mit dem Fisher-Exact-Test ermittelt, ob ein statistischer Zusammenhang vorhanden ist.

2.7.4 Kombiniertes Endpunkt Tod und/oder Insult innerhalb von 30 Tagen

Erfassung des kombinierten Endpunkts aus Tod und/oder Auftreten eines ischämischen oder hämorrhagischen Schlaganfalls innerhalb von 30 Tagen nach dem Eingriff; extrahiert aus dem MEDOCS-Systems: Ja/Nein und Datum.

2.7.4.1 *Kombiniertes Endpunkt und Symptomatik*

Erfassung des Endpunktes unter Berücksichtigung der symptombezogenen Operationsindikation mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der Variable „Dringlichkeit“ (asymptomatisch/symptomatisch) die absoluten Häufigkeiten des kombinierten Endpunktes innerhalb von 30 Tagen berechnet. Anschließend wurde für jede Kategorie der Operationstechnik die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt. In weiterer Folge wurde mit dem Fisher-Exact-Test ermittelt, ob ein statistischer Zusammenhang vorhanden ist.

2.7.4.2 *Kombiniertes Endpunkt und Operationstechnik*

Erfassung des Endpunktes unter Berücksichtigung der Operationstechnik mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der Variable „Operationstechnik“ (Eversionsendarteriektomie/Thrombendarteriektomie mit Patch) die absoluten Häufigkeiten des kombinierten Endpunktes innerhalb von 30 Tagen berechnet. Anschließend wurde für jede Kategorie der Operationstechnik die relative

Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt. In weiterer Folge wurde mit dem Fisher-Exact-Test ermittelt, ob ein statistischer Zusammenhang vorhanden ist.

2.7.4.3 *Kombinierter Endpunkt und Operationstechnik mit Symptomatik*

Erfassung des Endpunktes unter Berücksichtigung der Operationstechnik mit symptombezogener Operationsindikation mit Hilfe des MEDOCS-Systems. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der kombinierten Variable „Technik mit Symptomatik“ (asymptomatisch mit Patch, asymptomatisch mit Eversion, symptomatisch mit Patch, symptomatisch mit Eversion) die absolute Häufigkeit des kombinierten Endpunktes innerhalb von 30 Tagen berechnet. Anschließend wurde für jede Kategorie die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt. In weiterer Folge wurde mit dem Chi-Quadrat-Test geprüft, ob ein statistischer Zusammenhang zwischen Operationstechnik mit Symptomatikstatus und dem kombinierten Endpunkt besteht.

2.7.4.4 *Kombinierter Endpunkt und Operateur*in*

Erfassung des Endpunktes aus dem MEDOCS-System unter Berücksichtigung des/der Operateur*in, extrahiert aus der internen Datenbank der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie. Zur Analyse des Zusammenhangs wurden für jede Ausprägung der Variable „Operateur*in“ mit mindestens 50 CEA-Operationen innerhalb der Studienkohorte die absoluten Häufigkeiten des kombinierten Endpunktes innerhalb von 30 Tagen berechnet: Ja/Nein. Anschließend wurde für jede Kategorie der Operationstechnik die relative Häufigkeit innerhalb der jeweiligen Zeile bestimmt.

2.7.5 Postoperative Rankin-Skala

Erhebung des funktionellen Status mittels modifizierter Rankin-Skala im postoperativen Verlauf; extrahiert aus dem MEDOCS-Systems: 0-6.

Rankin-Werte 0-2 wurden als „nicht invalidisierend“ klassifiziert, Rankin-Werte von 3-6 als „invalidisierend“.

2.7.5.1 Rankin-Skala und Symptomatik

Krankenakten von Patient*innen mit einem postoperativen Insult wurden im Hinblick auf das funktionelle Ergebnis aus dem MEDOCS-System gesichtet und eine Klassifizierung nach der Rankin-Skala vorgenommen.

2.8 Darstellung der Daten

Die Darstellung der erhobenen Daten erfolgte differenziert nach Datentypen:

- Die nominalen Daten wurden in Form von Häufigkeitstabellen, Modus und grafisch in Form von Kreis- und Balkendiagrammen dargestellt.
- Ordinale Daten wurden mit Median, Modus, Spannweite und Quartilsabstand sowie grafisch als Balkendiagramme dargestellt.
- Die metrischen Daten wurden als arithmetischer Mittelwert, Median, Standardabweichung und Varianz grafisch in Form von Kurvendiagrammen der Dichtefunktion dargestellt.

2.9 Statistik

Die Daten wurden letztendlich pseudonymisiert aus der gefäßchirurgischen Datenbank (Microsoft Access) und dem MEDOCS-System exportiert und unter Berücksichtigung von Zugriffsberechtigungen auf dem Serverlaufwerk der Universitätsklinik für Gefäßchirurgie gespeichert. Die pseudonymisierten Daten (MEDOCS-ID) wurde zusammen mit Alter und Geschlecht der Patient*innen und den erhobenen Zielgrößen in MS-Excel dokumentiert und ergänzend mit „IBM SPSS Statistics“ Version 29.0.0.0 statistisch ausgewertet. Die Datenerhebung, -verarbeitung und -analyse erfolgte nach den Prinzipien der Good Medical Practice, wobei besonderer Wert auf methodische Sorgfalt, Datenintegrität, transparente Dokumentation und verantwortungsvollen Umgang mit sensiblen Patientendaten gelegt wurde.

Für die Analyse der kategorialen Variablen wurde der Fisher-Exact-Test verwendet, um zu prüfen, ob ein statistischer Zusammenhang besteht. P-Werte kleiner oder gleich 0,05 wurden als signifikant bezeichnet. Alle Tests wurden zweiseitig durchgeführt.

3 Ergebnisse / Resultate mit graphischen Darstellungen

3.1 Fälle und Zeitraum

Im Zeitraum von 01.01.2013 bis einschließlich 31.12.2023 wurden 2511 Patient*innen an der Klinischen Abteilung der Gefäßchirurgie Graz einer Carotisendarteriektomie unterzogen. Davon wurden elf Fälle aus der Gesamtauswertung ausgeschlossen, die sich wie folgt unterteilen:

Fälle	Ausschlussgrund
2	Akute Folgeeingriffe wegen Komplikationen nach TEA oder Stent-PTA
6	Doppelter Datensatz
3	Erfassung falsche Prozedur

Tabelle 3: Ausschlussgründe

Somit ergaben sich 2500 Patient*innen, die in die Studie eingeschlossen wurden.

3.2 Anamnestische Daten

3.2.1 Geschlecht

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	männlich	1689	67,6	67,6	67,6
	weiblich	811	32,4	32,4	100,0
	Gesamt	2500	100,0	100,0	

Tabelle 4: Geschlecht

67,6 % (1689/2500) der Patient*innen waren männlich, 32,4 % (811/2500) waren weiblich.

3.2.2 Alter

			Statistik	Standardfehler
Alter	Mittelwert		71,3	,172
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	70,9	
		Obergrenze	71,6	
	5 % getrimmtes Mittel		71,5	
	Median		72,2	
	Varianz		74,0	
	Standardabweichung		8,6	
	Minimum		36,5	
	Maximum		96,8	
	Spannweite		60,3	
	Interquartilbereich		12,3	

Tabelle 5: Alter

Das Durchschnittsalter der Patient*innen zum Zeitpunkt der Operation betrug 71,3 Jahren, die Altersspanne reichte von 36,5 Jahren bis 96,8 Jahren.

3.2.3 Körpergewicht

			Statistik	Standardfehler
KG	Mittelwert		78,4	,29
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	77,8	
		Obergrenze	79,0	
	5 % getrimmtes Mittel		78,0	
	Median		78,0	
	Varianz		201,1	

	Standardabweichung	14,2	
	Minimum	46,0	
	Maximum	132,0	
	Spannweite	86,0	
	Interquartilbereich	18,0	

Tabelle 6: Körpergewicht

Im Durchschnitt wogen die Patient*innen 78,4 kg, das Maximum betrug 132 kg, das Minimum 46 kg.

3.2.4 Körpergröße

			Statistik	Standardfehler
GROESSE	Mittelwert		170,2	,18
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	169,8	
		Obergrenze	170,5	
	5 % getrimmtes Mittel		170,2	
	Median		170,0	
	Varianz		75,6	
	Standardabweichung		8,7	
	Minimum		138	
	Maximum		197	
	Spannweite		59	
	Interquartilbereich		11	

Tabelle 7: Körpergröße

Die mittlere Körpergröße der Patient*innen betrug 170,2 cm, wobei die Spanne von 138 cm bis 197 cm reichte.

3.2.5 BMI

			Statistik	Standardfehler
BMI	Mittelwert		27,0	,084
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	26,8	
		Obergrenze	27,2	
	5 % getrimmtes Mittel		26,8	
	Median		26,5	
	Varianz		17,2	
	Standardabweichung		4,1	
	Minimum		16,4	
	Maximum		44,1	
	Spannweite		27,7	
	Interquartilbereich		5,3	

Tabelle 8: BMI

Der Mittelwert des BMI lag bei 27,0 mit einer Spanne von 16,42 bis 44,08.

3.2.6 Vorerkrankungen

Diabetes:

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	Nein	2041	81,6
	Ja	459	18,4
	Gesamt	2500	100,0

Tabelle 9: Diabetes

18,4 % (459/2500) der Patient*innen litten unter Diabetes.

Hypertonus:

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	Nein	1180	47,2
	Ja	1320	52,8
	Gesamt	2500	100,0

Tabelle 10: Hypertonus

52,8 % (1320/2500) der Patient*innen litten unter Hypertonus.

3.2.7 Indikationsstellung basierend auf cerebraler Symptomatik

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	asymptomatisch	1914	76,6	76,6
	symptomatisch	586	23,4	23,4
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 11: Dringlichkeit

76,6 % (1914/2500) hatten eine asymptomatische und 23,4 % (586/2500) eine symptomatische Carotisstenose.

3.3 Befunde zum Zeitpunkt der Operation

3.3.1 EKG

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Sinusrhythmus	2301	92,0	92,0
	Vorhofflimmern	182	7,3	7,3
	Intermitt. VHFA	15	,6	,6
	Schrittmacher-EKG	1	,0	,0
	Loss of data	1	,0	,0
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 12: EKG

Für die weitere Auswertung erfolgt in anschließender Tabelle eine Zusammenfassung von persistierendem und intermittierendem Vorhofflimmern zu einer gemeinsamen Gruppe. Der Fall mit Schrittmacher-EKG sowie der Fall mit fehlenden EKG-Daten werden aufgrund unzureichender Fallzahlen nicht in die statistische Auswertung inkludiert.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Sinusrhythmus	2301	92,0	92,1
	(intermitt.) VHFA	197	7,9	7,9
	Gesamt	2498	99,9	100,0
Fehlend	System	2	,1	
Gesamt		2500	100,0	

Tabelle 13: EKG: Unterscheidung VHFA vs. Sinusrhythmus

Es zeigten sich 2301 Patient*innen mit Sinusrhythmus, welches 92,0 % entspricht und 197 Patient*innen mit (intermittierender) VHFA (7,9 %).

3.3.2 Kreatinin

			Statistik	Standardfehler
Kr	Mittelwert		,94	,0086
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,92	
		Obergrenze	,96	
	5 % getrimmtes Mittel		,90	
	Median		,87	
	Varianz		,18	
	Standardabweichung		,42	
	Minimum		,33	

Maximum	10,5	
Spannweite	10,2	
Interquartilbereich	,30	

Tabelle 14: Kreatinin

Der Kreatinin-Wert der Patient*innen betrug im Mittel 0,94 mg/dl und lag in einem Bereich von 0,33 bis 10,5 mg/dl.

3.3.3 GFR

			Statistik	Standardfehler
GFR	Mittelwert		77,4	,38
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	76,7	
		Obergrenze	78,2	
	5 % getrimmtes Mittel		78,3	
	Median		81,3	
	Varianz		352,8	
	Standardabweichung		18,8	
	Minimum		3,3	
	Maximum		123,1	
	Spannweite		119,7	
	Interquartilbereich		26,0	

Tabelle 15: GFR

Die mittleren Glomeruläre Filtrationsrate betrug 77,4 ml/min/1,73 m² und lag in einem Bereich von 3,3 bis 123,1 ml/min/1,73 m².

3.4 Operative Daten

3.4.1 Operationstechnik

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Eversions-TEA & Patch	7	,3	,3
	Kürzung ACI & TEA ACC	6	,2	,2
	Eversions-TEA	1552	62,1	62,1
	TEA ACI mit Patchplastik	925	37,0	37,0
	TEA ACI ohne Patch	4	,2	,2
	TEA ACI mit Replantation	5	,2	,2
	Carotisreplantation ohne TEA	1	,0	,0
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 16: Operationstechnik

Für die weitere Auswertung wurde in der anschließenden Tabelle die Eversionstechnik (mit oder ohne Patch) der Thrombendarteriektomie mit Patchplastik gegenübergestellt. Somit betrug die Gesamtzahl der Eversions- und Thrombendarteriektomien 2484 Patient*innen.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Eversion	1559	62,4	62,8
	Patchplastik	925	37,0	37,2
	Gesamt	2484	99,4	100,0
Fehlend	System	16	,6	
Gesamt		2500	100,0	

Tabelle 17: Operationstechnik: Unterscheidung Eversion vs. Patchplastik

62,8 % (1159/2484) der Patient*innen wurden einer Eversionsendarteriektomie (mit oder ohne Patchplastik) unterzogen und 37,2 % (925/2484) einer Thrombendarteriektomie mit Patchplastik.

3.4.1.1 Operationstechnik und Symptomatik

			Eversion	Patch	Gesamt
Dringlichkeit	asymptomatisch	Anzahl	1218	682	1900
		% von Dringlichkeit	64,1 %	35,9 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	341	243	584
		% von Dringlichkeit	58,4 %	41,6 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		1559	925	2484
	% von Dringlichkeit		62,8 %	37,2 %	100,0 %

Tabelle 18: Zusammenhang Operationstechnik und Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen Operationstechnik und Symptomatik wurden von den asymptomatischen Patient*innen 64,1 % (1218/1900) mit Eversionsendarteriektomie versorgt, von den symptomatischen 58,4 % (341/584).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	6,242 ^a	1	,012		
Kontinuitätskorrektur ^b	6,000	1	,014		
Likelihood-Quotient	6,182	1	,013		
Exakter Test nach Fisher				,014	,007
Zusammenhang linear-mit-linear	6,240	1	,012		
Anzahl der gültigen Fälle	2484				

Tabelle 19: Zusammenhang Operationstechnik und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 217,47.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Symptomatik (Dringlichkeit) wies einen signifikanten Einfluss auf die Wahl der Operationstechnik auf (p = 0,01).

3.4.1.2 Anästhesieverfahren

Alle Operationen wurden unter Narkose durchgeführt.

3.4.2 Gefäßchirurgische Operateur*innen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Operateur*in 1	1	,0	,0
	Operateur*in 2	4	,2	,2
	Operateur*in 3	7	,3	,3
	Operateur*in 4	9	,4	,4
	Operateur*in 5	44	1,8	1,8
	Operateur*in 6	146	5,8	5,8
	Operateur*in 7	106	4,2	4,2
	Operateur*in 8	1	,0	,0
	Operateur*in 9	108	4,3	4,3
	Operateur*in 10	173	6,9	6,9
	Operateur*in 11	236	9,4	9,4
	Operateur*in 12	262	10,5	10,5
	Operateur*in 13	113	4,5	4,5
	Operateur*in 14	285	11,4	11,4
	Operateur*in 15	280	11,2	11,2
	Operateur*in 16	342	13,7	13,7
	Operateur*in 17	371	14,8	14,8
	Operateur*in 18	11	,4	,4
	Gesamt	2499	100,0	100,0
Fehlend	System	1	,0	
Gesamt		2500	100,0	

Tabelle 20: Operateur*in

Um statistische Tests mit einer hinreichenden Power durchführen zu können, wurden für die Berechnung des Zusammenhangs zwischen Operateur*in und Komplikation nur Operateur*innen mit mindestens 50 Operationen herangezogen:

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Operateur*in 6	146	6,0	6,0
	Operateur*in 7	106	4,4	4,4
	Operateur*in 9	108	4,5	4,5
	Operateur*in 10	173	7,1	7,1
	Operateur*in 11	236	9,7	9,7
	Operateur*in 12	262	10,8	10,8
	Operateur*in 13	113	4,7	4,7
	Operateur*in 14	285	11,8	11,8
	Operateur*in 15	280	11,6	11,6
	Operateur*in 16	342	14,1	14,1
	Operateur*in 17	371	15,3	15,3
	Gesamt	2422	100,0	100,0

*Tabelle 21: Operateur*in Mindestgrenze 50*

Die meisten Operationen wurden von Operateur*in 17 durchgeführt mit 371 Operationen (15,3 %).

3.5 Postoperative Daten

3.5.1 Revisionseingriffe

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	keine Reoperation	2440	97,6	97,6
	eine Reoperation	57	2,3	2,3
	zwei Reoperationen	3	,1	,1
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 22: Revisionseingriffe

Insgesamt 60 Patient*innen erhielten eine Reoperation, davon drei Patient*innen mit doppeltem Revisionseingriff. Für eine sinnvolle statistische Betrachtung wurde im Folgenden nur mehr zwischen Reoperation „Nein oder Ja“ (mindestens eine Reoperation) unterschieden:

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Nein	2440	97,6	97,6
	Ja	60	2,4	2,4
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 23: Revisionseingriffe: Unterscheidung keine Reoperation vs. mindestens eine Reoperation

2,4 % (60/2500) erhielten mindestens eine Reoperation im 30 Tages-Fenster, 97,6 % (2440/2500) hatten keine Reoperation.

3.5.1.1 Grund der Revisionseingriffe

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Blutung	46	76,7	76,7
	Inadäquate Revaskularisierung	13	21,7	21,7
	Abszess/Phlegmone	1	1,7	1,7
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 24: Grund der Revisionseingriffe

In 76,6 % (46/60) zeigte sich eine Blutung und in 21,7 % (13/60) eine inadäquate Revaskularisierung als Grund für eine Reoperation. Dies entspricht Revisionsoperationen mit 1,84 % (46/2500) des Gesamtkollektivs aufgrund von Blutungen und 0,52 % (13/2500) aufgrund von inadäquater Revaskularisation. Lediglich ein/e Patient*in (1,7 %) erhielt eine Reoperation im Zuge eines Abszesses/einer Phlegmone.

			Blutung	inadäquate Revaskularisierung	Gesamt
Dringlichkeit	asymptotisch	Anzahl	36	8	44
		% von Dringlichkeit	81,8 %	18,2 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	10	5	15
		% von Dringlichkeit	66,7 %	33,3 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	46	13	59
		% von Dringlichkeit	78,0 %	22,0 %	100,0 %

Tabelle 25: Zusammenhang Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik

Nach Eliminierung des einzelnen Abszess/Phlegmone-Falls konnte eine 2x2-Tabelle zur Durchführung von Chi-Quadrat-Tests erstellt werden:

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	1,495 ^a	1	,221		
Kontinuitätskorrektur ^b	,743	1	,389		
Likelihood-Quotient	1,406	1	,236		
Exakter Test nach Fisher				,283	,192
Zusammenhang linear-mit-linear	1,470	1	,225		
Anzahl der gültigen Fälle	59				

Tabelle 26: Zusammenhang Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 1 Zellen (25,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 3,31.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Symptomatik (Dringlichkeit) wies im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf die Verteilung der Gründe für Revisionseingriffe (Blutung vs. inadäquate Revaskularisierung) auf ($p = 0,28$).

3.5.1.2 Revisionseingriffe und Symptomatik

			keine Reoperation	mindestens eine Reoperation	Gesamt
Dringlichkeit	asymptomatisch	Anzahl	1869	45	1914
		% von Dringlichkeit	97,6 %	2,4 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	571	15	586
		% von Dringlichkeit	97,4 %	2,6 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2440	60	2500
	% von Dringlichkeit		97,6 %	2,4 %	100,0 %

Tabelle 27: Zusammenhang Revisionseingriffe und Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen Revisionseingriffe und Symptomatik erhielten asymptomatische Patient*innen in 2,4 % (45/1914) mindestens eine Reoperation, bei symptomatischen Patient*innen waren es 2,6 % (15/586).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,083 ^a	1	,773		
Kontinuitätskorrektur ^b	,018	1	,893		
Likelihood-Quotient	,082	1	,774		
Exakter Test nach Fisher				,759	,436
Zusammenhang linear-mit-linear	,083	1	,773		
Anzahl der gültigen Fälle	2500				

Tabelle 28: Zusammenhang Revisionseingriffe und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 14,06.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Symptomatik (Dringlichkeit) wies im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf die Reoperationshäufigkeit auf ($p = 0,76$).

3.5.1.3 Revisionseingriffe und Operationstechnik

			keine Reoperation	mindestens eine Reoperation	Gesamt
Eversion versus TEA mit Patchplastik	Eversion	Anzahl	1525	34	1559
		% von Eversion versus TEA mit Patchplastik	97,8 %	2,2 %	100,0 %
	Patch	Anzahl	899	26	925
		% von Eversion versus TEA mit Patchplastik	97,2 %	2,8 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2424	60	2484
	% von Eversion versus TEA mit Patchplastik		97,6 %	2,4 %	100,0 %

Tabelle 29: Zusammenhang Revisionseingriffe und Operationstechnik

Im Zusammenhang zwischen Operationstechnik und Reoperationsrate erhielten Patient*innen mit einer Eversionsendarteriektomie in 2,2 % (34/1559) der Fälle

mindestens eine Reoperation. Bei den Patient*innen mit Thrombendarteriektomie lag der Anteil der Reoperationshäufigkeit bei 2,8 % (26/925).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,98 ^a	1	,32		
Kontinuitätskorrektur ^b	,73	1	,39		
Likelihood-Quotient	,96	1	,33		
Exakter Test nach Fisher				,35	,20
Zusammenhang linear-mit-linear	,98	1	,32		
Anzahl der gültigen Fälle	2484				

Tabelle 30: Zusammenhang Revisionseingriffe und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 22,34.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Operationstechnik wies keinen signifikanten Einfluss auf die Reoperationshäufigkeit auf ($p = 0,35$).

3.5.1.4 Revisionseingriffe und Operateur*in

			keine Reoperation	mindestens eine Reoperation	Gesamt
Operateur*in	Operateur*in 6	Anzahl	143	3	146
		% von Operateur*in	97,9 %	2,1 %	100,0 %
	Operateur*in 7	Anzahl	102	4	106
		% von Operateur*in	96,2 %	3,8 %	100,0 %
	Operateur*in 9	Anzahl	105	3	108
		% von Operateur*in	97,2 %	2,8 %	100,0 %
	Operateur*in 10	Anzahl	167	6	173
		% von Operateur*in	96,5 %	3,5 %	100,0 %

	Operateur*in 11	Anzahl	232	4	236
		% von Operateur*in	98,3 %	1,7 %	100,0 %
	Operateur*in 12	Anzahl	255	7	262
		% von Operateur*in	97,3 %	2,7 %	100,0 %
	Operateur*in 13	Anzahl	109	4	113
		% von Operateur*in	96,5 %	3,5 %	100,0 %
	Operateur*in 14	Anzahl	275	10	285
		% von Operateur*in	96,5 %	3,5 %	100,0 %
	Operateur*in 15	Anzahl	275	5	280
		% von Operateur*in	98,2 %	1,8 %	100,0 %
	Operateur*in 16	Anzahl	337	5	342
		% von Operateur*in	98,5 %	1,5 %	100,0 %
	Operateur*in 17	Anzahl	365	6	371
		% von Operateur*in	98,4 %	1,6 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	2365	57	2422
		% von Operateur*in	97,6 %	2,4 %	100,0 %

Tabelle 31: Revisionseingriffe und Operateur*in

Das beste Ergebnis mit der niedrigsten Rate an Revisionseingriffen wurde bei Operateur*in 16 mit 1,5 % (5/337) erzielt. Die höchste Rate zeigte sich bei Operateur*in 7 mit 3,8 % (4/102).

Reoperationen sind ein seltenes Ereignis, weswegen es nur sechs Operateur*innen gibt, welche zumindest fünf Reoperationen im Beobachtungszeitraum aufweisen, nur für diese sechs Operateur*innen wäre eine Auswertung mittels Chi-Quadrat-Test möglich. Eine derart selektive Auswertung ist jedoch nicht sinnvoll.

3.5.1.5 Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik

			Blutung	Revaskularisierung	Abszess/Phlegmone	Gesamt
Dringlichkeit	asymptomatisch	Anzahl	36	8	1	45
		% von Dringlichkeit	80,0 %	17,8 %	2,2 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	10	5	0	15
		% von Dringlichkeit	66,7 %	33,3 %	0,0 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		46	13	1	60
	% von Dringlichkeit		76,7 %	21,7 %	1,7 %	100,0 %

Tabelle 32: Zusammenhang Grund des Revisionseingriffs und Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen dem Grund des Revisionseingriffs und der Symptomatik zeigte sich, dass der Großteil der Revisionseingriffe wegen Blutungen vorgenommen werden musste, bei den asymptomatischen Patient*innen waren dies 80,0 % (36/45), bei den symptomatischen Patient*innen 66,7 % (10/15).

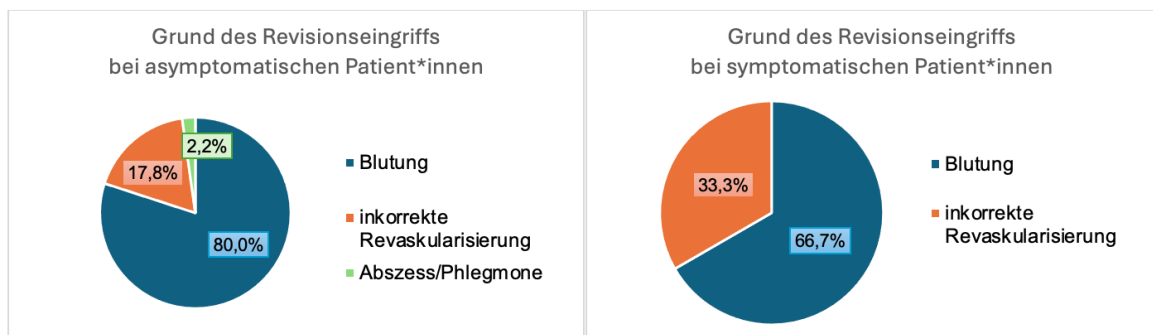


Abbildung 6: Grund des Revisionseingriffs bei asymptomatischen und symptomatischen Patient*innen

3.5.2 Todesfälle

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	0	2485	99,4	99,4
	1	15	,6	,6
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 33: Todesfälle

15 Patient*innen sind innerhalb von 30 Tagen verstorben, das entspricht einem prozentuellen Anteil von 0,6 %.

3.5.2.1 Todesfälle und Symptomatik

			Nein	Ja	Gesamt
Dringlichkeit	asymptomatisch	Anzahl	1903	11	1914
		% von Dringlichkeit	99,4 %	0,6 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	582	4	586
		% von Dringlichkeit	99,3 %	0,7 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	2485	15	2500
		% von Dringlichkeit	99,4 %	0,6%	100,0 %

Tabelle 34: Zusammenhang Todesfälle und Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen Symptomatik und Todesfällen starben 0,6 % (11/1914) der asymptomatischen Patient*innen. Bei den symptomatischen Patient*innen lag der Anteil der Todesfälle bei 0,7 % (4/586).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,088 ^a	1	,767		
Kontinuitätskorrektur ^b	,000	1	1,000		
Likelihood-Quotient	,085	1	,771		

Exakter Test nach Fisher				,762	,482
Zusammenhang linear-mit-linear	,088	1	,767		
Anzahl der gültigen Fälle	2500				

Tabelle 35: Zusammenhang Todesfälle und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

- a. 1 Zellen (25,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 3,52.
b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Symptomatik (Dringlichkeit) wies im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf die Todesfallrate auf ($p = 0,76$).

3.5.2.2 Todesfälle und Operationstechnik

			Nein	Ja	Gesamt
Eversion versus Patchplastik	Eversion	Anzahl	1550	9	1559
		% von Eversion versus Patchplastik	99,4 %	0,6 %	100,0 %
	Patch	Anzahl	919	6	925
		% von Eversion versus Patchplastik	99,4 %	0,6 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2469	15	2484
	% von Eversion versus Patchplastik		99,4 %	0,6 %	100,0 %

Tabelle 36: Zusammenhang Todesfälle und Operationstechnik

Im Zusammenhang zwischen Operationstechnik und Todesfällen starben 0,6 % (9/1559) der Eversions-Patient*innen. Bei den Patient*innen, die eine Thrombendarteriektomie erhalten haben, lag der Anteil der Todesfälle ebenso bei 0,6 % (6/925).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,049 ^a	1	,824		
Kontinuitätskorrektur ^b	,000	1	1,000		
Likelihood-Quotient	,049	1	,825		
Exakter Test nach Fisher				,796	,509
Zusammenhang linear-mit-linear	,049	1	,824		
Anzahl der gültigen Fälle	2484				

Tabelle 37: Zusammenhang Todesfälle und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,59.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Operationstechnik wies im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf die Todesfallrate auf ($p = 0,80$).

3.5.2.3 Zeitpunkt der postoperativen Todesfälle

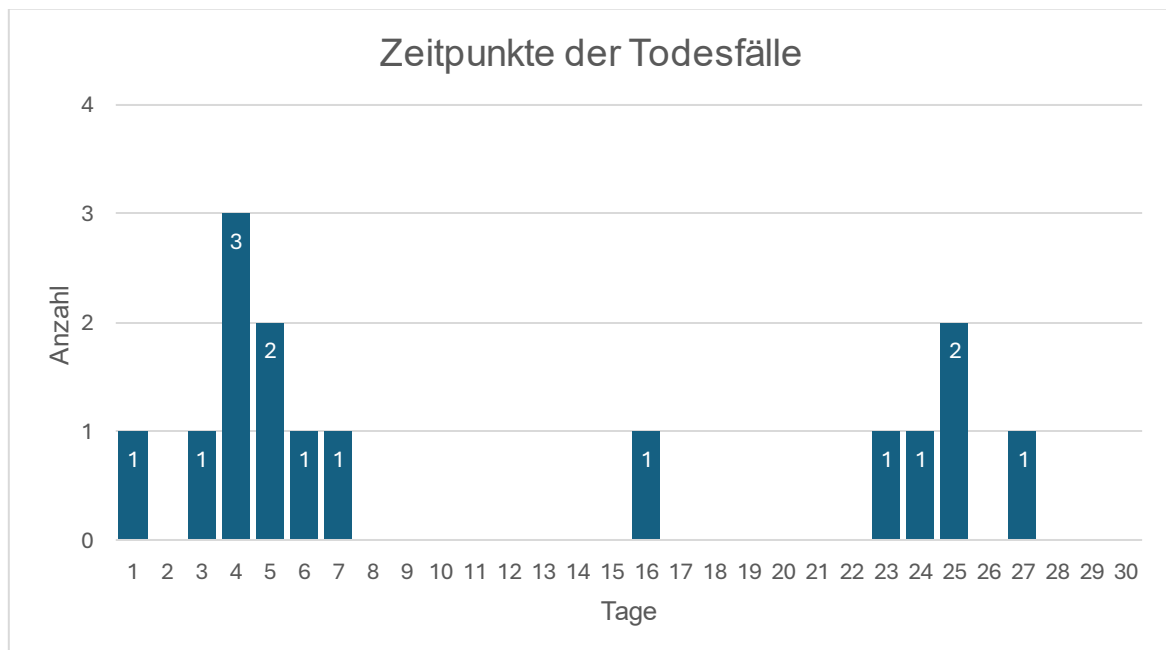


Abbildung 7: Säulendiagramm Zeitpunkt der Todesfälle

Die Todesfälle innerhalb von 30 Tagen konzentrierten sich vor allem auf die erste und vierte postoperative Woche, wobei ein Drittel der Verstorbenen (5/15) in der vierten postoperativen Woche verstarb.

3.5.3 Insultrate

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Nein	2437	97,5	97,6
	Ja	63	2,5	2,4
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 38: Insultrate

Von 2500 Patient*innen, die eine Carotisendarteriektomie erhalten haben, erlitten 60 Patient*innen einen Insult, was einem Prozentsatz von 2,5 % entspricht.

3.5.3.1 Insultrate und Symptomatik

			Nein	Ja	Gesamt
Dringlichkeit	asymptomatisch	Anzahl	1880	34	1914
		% von Dringlichkeit	98,2 %	1,8 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	557	29	586
		% von Dringlichkeit	95,1 %	4,9 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2437	63	2500
	% von Dringlichkeit		97,5 %	2,5 %	100,0 %

Tabelle 39: Zusammenhang Insultrate und Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen Symptomatik und Insultrate erlitten 1,8 % (34/1914) der asymptomatischen Patient*innen einen Insult. Bei den symptomatischen Patient*innen lag die Insultrate bei 4,9 % (29/586).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	18,381 ^a	1	<,001		
Kontinuitätskorrektur ^b	17,112	1	<,001		
Likelihood-Quotient	15,831	1	<,001		
Exakter Test nach Fisher				<,001	<,001
Zusammenhang linear-mit-linear	18,373	1	<,001		
Anzahl der gültigen Fälle	2500				

Tabelle 40: Zusammenhang Insultrate und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 14,77.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Symptomatik (Dringlichkeit) wies im exakten Test nach Fisher einen signifikanten Einfluss auf die Insultrate auf ($p < 0,001$).

3.5.3.2 Insultrate und Operationstechnik

			Nein	Ja	Gesamt
Eversion versus Patchplastik	Eversion	Anzahl	1526	33	1559
		% von Eversion versus Patchplastik	97,9 %	2,1 %	100,0 %
	Patch	Anzahl	895	30	925
		% von Eversion versus Patchplastik	96,8 %	3,2 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2421	63	2484
	% von Eversion versus Patchplastik		97,5 %	2,5 %	100,0 %

Tabelle 41: Zusammenhang Insultrate und Operationstechnik

Im Zusammenhang zwischen Operationstechnik und Insultrate erlitten 2,1 % (33/1559) der Eversions-Patient*innen einen Schlaganfall. Bei den Patient*innen, die eine Thrombendarteriektomie erhalten hatten, lag der Anteil der Insulte bei 3,2 % (30/925).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	2,980 ^a	1	,084		
Kontinuitätskorrektur ^b	2,542	1	,111		
Likelihood-Quotient	2,896	1	,089		
Exakter Test nach Fisher				,088	,057
Zusammenhang linear-mit-linear	2,979	1	,084		
Anzahl der gültigen Fälle	2484				

Tabelle 42: Zusammenhang Insultrate und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests

Die Operationstechnik wies im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf die Insultrate auf ($p = 0,088$).

3.5.4 Kombiniertes Endpunkt Tod und/oder Insult innerhalb von 30 Tagen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Nein	2423	96,9	96,9
	Ja	77	3,1	3,1
	Gesamt	2500	100,0	100,0

Tabelle 43: Kombiniertes Endpunkt

77 Patient*innen haben innerhalb von 30 Tagen den kombinierten Endpunkt, der aus Insult und/oder Tod besteht, erreicht. Dies entspricht einen prozentuellen Anteil von 3,1 %.

3.5.4.1 Kombierter Endpunkt und Symptomatik

			Nein	Ja	Gesamt
Dringlichkeit	Asymptomatisch	Anzahl	1870	44	1914
		% von Dringlichkeit	97,7 %	2,3 %	100,0 %
	Symptomatisch	Anzahl	553	33	586
		% von Dringlichkeit	94,4 %	5,6 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2427	2423	77
	% von Dringlichkeit		97,1 %	96,9 %	3,1 %

Tabelle 44: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen Symptomatik und kombiniertem Endpunkt haben 2,3 % (44/1914) der asymptomatischen Patient*innen den Endpunkt erreicht. Bei den symptomatischen Patient*innen lag der Anteil bei 5,6 % (33/586).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	16,691 ^a	1	<,001		
Kontinuitätskorrektur ^b	15,594	1	<,001		
Likelihood-Quotient	14,602	1	<,001		
Exakter Test nach Fisher				<,001	<,001
Zusammenhang linear-mit-linear	16,685	1	<,001		
Anzahl der gültigen Fälle	2500				

Tabelle 45: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 18,05.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Symptomatik (Dringlichkeit) wies im exakten Test nach Fisher einen signifikanten Einfluss auf den kombinierten Endpunkt auf ($p < 0,001$).

3.5.4.2 Kombierter Endpunkt und Operationstechnik

Nein	Ja	Gesamt
------	----	--------

Eversion versus Patchplastik	Eversion	Anzahl	1518	41	1559
		% von Eversion versus Patchplastik	97,4 %	2,6 %	100,0 %
	Patch	Anzahl	889	36	925
		% von Eversion versus Patchplastik	96,1 %	3,9 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		2407	77	2484
	% von Eversion versus Patchplastik		96,9 %	3,1 %	100,0 %

Tabelle 46: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Operationstechnik

Im Zusammenhang zwischen der Operationstechnik und dem kombinierten Endpunkt erreichten 2,6 % (41/1559) der Eversions-Patient*innen den Endpunkt. Bei den Patient*innen, die eine Thrombendarteriektomie erhalten hatten, lag der Anteil der kombinierten Endpunkte bei 3,9 % (36/925).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	3,078 ^a	1	,079		
Kontinuitätskorrektur ^b	2,672	1	,102		
Likelihood-Quotient	2,997	1	,083		
Exakter Test nach Fisher				,093	,052
Zusammenhang linear-mit-linear	3,077	1	,079		
Anzahl der gültigen Fälle	2484				

Tabelle 47: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Operationstechnik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 28,67.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Operationstechnik wies im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf den kombinierten Endpunkt auf ($p = 0,093$).

3.5.4.3 Kombierter Endpunkt und Operationstechnik mit Symptomatik

			Nein	Ja	Gesamt
Operationstechnik mit Symptomatik	asymptomatisch, Eversion	Anzahl	1193	25	1218
		% von Technik mit Symptomatik	97,9 %	2,1 %	100,0 %
	asymptomatisch, Patch	Anzahl	663	19	682
		% von Technik mit Symptomatik	97,2 %	2,8 %	100,0 %
	symptomatisch, Eversion	Anzahl	325	16	341
		% von Technik mit Symptomatik	95,3 %	4,7 %	100,0 %
	symptomatisch, Patch	Anzahl	226	17	243
		% von Technik mit Symptomatik	93,0 %	7,0 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	2407	77	2484
		% von Technik mit Symptomatik	96,9 %	3,1 %	100,0 %

Tabelle 48: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Operationstechnik mit Symptomatik

Im Zusammenhang zwischen Operationstechnik mit Symptomatik und dem kombinierten Endpunkt erreichten 2,1 % (25/1218) der asymptomatischen Eversions-Patient*innen und 2,8 % (19/682) der asymptomatischen Thrombendarteriektomie-Patient*innen den Endpunkt. Bei den symptomatischen Patient*innen lag der Anteil der kombinierten Endpunkte bei 4,7 % (16/341) der Eversions-Patient*innen und 7,0 % (17/243) der Patient*innen, die eine Thrombendarteriektomie erhalten hatten.

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	19,829 ^a	3	<,001
Likelihood-Quotient	16,889	3	<,001
Zusammenhang linear-mit-linear	18,569	1	<,001
Anzahl der gültigen Fälle	2484		

Tabelle 49: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Operationstechnik mit Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,53.

Es besteht im Pearson-Chi-Quadrat ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Operationstechnik in Kombination mit der Symptomatik und dem Auftreten des kombinierten Endpunkts ($p = < 0,01$).

3.5.4.4 Kombierter Endpunkt und Operateur*in

			Nein	Ja	Gesamt
Operateur*in	Operateur*in 6	Anzahl	144	2	146
		% von Operateur*in	98,6 %	1,4 %	100,0 %
	Operateur*in 7	Anzahl	103	3	106
		% von Operateur*in	97,2 %	2,8 %	100,0 %
	Operateur*in 9	Anzahl	100	8	108
		% von Operateur*in	92,6 %	7,4 %	100,0 %
	Operateur*in 10	Anzahl	167	6	173
		% von Operateur*in	96,5 %	3,5 %	100,0 %
	Operateur*in 11	Anzahl	231	5	236
		% von Operateur*in	97,9 %	2,1 %	100,0 %
	Operateur*in 12	Anzahl	255	7	262
		% von Operateur*in	97,3 %	2,7 %	100,0 %
	Operateur*in 13	Anzahl	109	4	113
		% von Operateur*in			

	% von Operateur*in		96,5 %	3,5 %	100,0 %
	Operateur*in 14	Anzahl	273	12	285
	% von Operateur*in		95,8 %	4,2 %	100,0 %
	Operateur*in 15	Anzahl	273	7	280
	% von Operateur*in		97,5 %	2,5 %	100,0 %
	Operateur*in 16	Anzahl	329	13	342
	% von Operateur*in		96,2 %	3,8 %	100,0 %
	Operateur*in 17	Anzahl	364	7	371
	% von Operateur*in		98,1 %	1,9 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	2348	74	2422
	% von Operateur*in		96,9 %	3,1 %	100,0 %

Tabelle 50: Zusammenhang Kombierter Endpunkt und Operateur*in

Das beste Ergebnis mit der niedrigsten Rate an Eintritten des kombinierten Endpunktes wurde bei Operateur*in 6 mit 1,4 % (2/146) erzielt. Die höchste Rate zeigte sich bei Operateur*in 9 mit 7,4 % (8/108).

3.5.5 Postoperative Rankin-Skala

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	0	4	6,3	6,3
	1	27	42,9	42,9
	2	8	12,7	12,7
	3	6	9,5	9,5
	4	14	22,2	22,2
	5	3	4,8	4,8
	6	1	1,6	1,6
	Gesamt	63	100,0	100,0

Tabelle 51: Postoperative Rankin-Skala

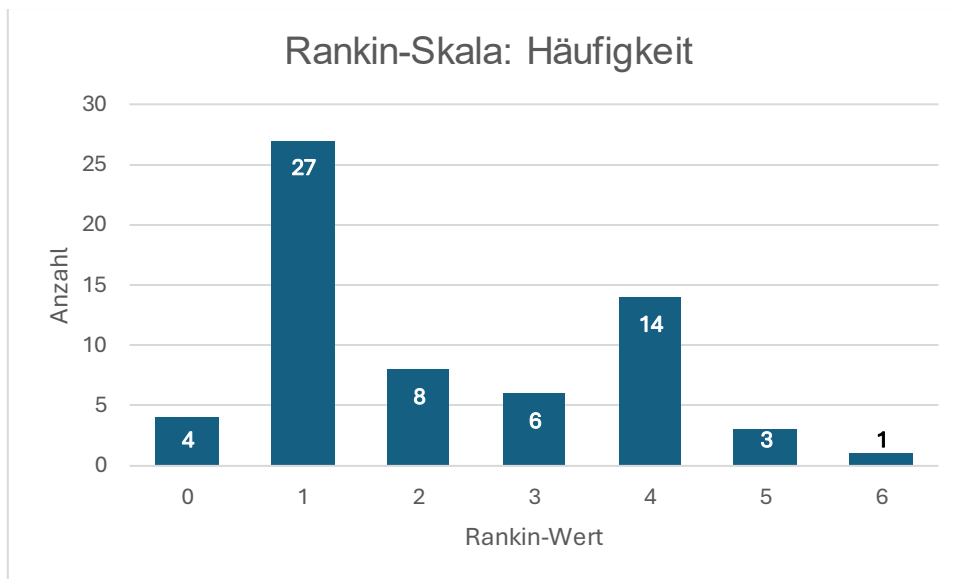


Abbildung 8: Säulendiagramm Rankin-Skala

Von den insgesamt 63 Insult-Patient*innen wiesen die Mehrzahl einen Rankin-Wert von 1 auf (27/63), lediglich ein/e Patient*in kam auf einen Rankin-Wert von 6, was dem Tod entspricht.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	nicht invalidisierend (RANKIN 0-2)	39	61,9	61,9
	invalidisierend (RANKIN 3-6)	24	38,1	38,1
	Gesamt	63	100,0	100,0

Tabelle 52: Rankin-Skala: nicht invalidisierend versus invalidisierend

Zur Verbesserung der Aussagekraft wurde die Rankin-Skala in die Kategorien „nicht invalidisierend“ und „invalidisierend“ unterteilt. In dieser binären Einteilung zeigten sich 61,7 % der Schlaganfälle als „nicht invalidisierend“ (37/60), während 38,3 % (23/60) als „invalidisierend“ eingestuft wurden.

3.5.5.1 Rankin-Skala und Symptomatik

			nicht invalidisierend (RANKIN 0-2)	invalidisierend (RANKIN 3-6)	Gesamt
Dringlichkeit	asymptotisch	Anzahl	24	10	34
		% von Dringlichkeit	70,6 %	29,4 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	15	14	29
		% von Dringlichkeit	51,7 %	48,3 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	39	24	63
		% von Dringlichkeit	61,9 %	38,1 %	100,0 %

Tabelle 53: Zusammenhang Rankin-Skala und Symptomatik

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Symptomatik und Invalidisierung hatten 70,6 % (24/34) der asymptotischen Patient*innen keine Invalidisierung und 29,4 % (10/34) eine Invalidisierung. Bei den symptomatischen Patient*innen lag der Anteil für „nicht invalidisierend“ bei 51,7 % (15/29) und für „invalidisierend“ bei 48,3 % (14/29).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	2,362 ^a	1	,124		
Kontinuitätskorrektur ^b	1,629	1	,202		
Likelihood-Quotient	2,368	1	,124		
Exakter Test nach Fisher				,193	,101
Zusammenhang linear-mit-linear	2,324	1	,127		
Anzahl der gültigen Fälle	63				

Tabelle 54: Zusammenhang Rankin-Skala und Symptomatik - Chi-Quadrat-Tests

a. 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 11,05.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Die Dringlichkeit hat im exakten Test nach Fisher keinen signifikanten Einfluss auf den Schweregrad des postoperativen, neurologischen Ereignisses ($p = 0,19$).

			nicht invalidisierend (RANKIN 0-2)	invalidisierend (RANKIN 3-5)	kein Insult in 30 Tagen	Gesamt
Dringlichkeit	asymptomatisch	Anzahl	24	10	1880	1914
		% von Dringlichkeit	1,3 %	0,5 %	98,2 %	100,0 %
	symptomatisch	Anzahl	15	14	557	586
		% von Dringlichkeit	2,6 %	2,4 %	95,1 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	39	24	2437	2500
		% von Dringlichkeit	1,6 %	1,0 %	97,5 %	100,0 %

Tabelle 55: Zusammenhang Rankin-Skala und Symptomatik - gesamtes Patientenkollektiv

Auf das gesamte Patientenkollektiv bezogen, erlitten im Zusammenhang 1,3 % (24/1914) der asymptomatischen Patient*innen einen nicht invalidisierenden, 0,5 % (10/1914) einen invalidisierenden Schlaganfall. Bei den symptomatischen Patient*innen lag der Anteil für „nicht invalidisierend“ bei 2,6 % (15/586) und für „invalidisierend“ bei 2,4 % (14/586).

4 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit ist die retrospektive Analyse der perioperativen Komplikationen nach Carotisendarterektomien an der Klinischen Abteilung für Gefäßchirurgie der Medizinischen Universität Graz über einen Zeitraum von 10 Jahren, vom 1.1.2014 bis einschließlich 31.12.2023. Untersucht wurden sowohl die Einhaltung der Qualitätsstandards der ESVS als auch mögliche Einflussfaktoren auf das Auftreten des kombinierten Endpunktes (Tod und/oder Schlaganfall innerhalb von 30 Tagen).

Das zentrale Ergebnis dieser Analyse ist, dass der kombinierte Endpunkt bei 2,3 % (44/1914) der asymptomatischen und bei 5,6 % (33/586) der symptomatischen Patient*innen eingetreten ist.

Insgesamt liegen diese Ergebnisse im Rahmen internationaler Vergleichswerte, wie beispielsweise von zusammengeführten Daten aus RCTs der ECST, NASCET und Veterans-Affairs.(6,30) Eine Metaanalyse von Saratzis A. und Naylor R. hat die 30-Tage-Ergebnisse von sechs randomisierten kontrollierten Studien (RCTs) untersucht, darunter der Carotid Revascularisation Endarterectomy vs. Stenting Trial (CREST-1), der Stent Protected Percutaneous Angioplasty of the Carotid Artery vs. Endarterectomy Trial-2 (SPACE-2), der Asymptomatic Carotid Trial-1 (ACT-1) und die ACST-2-Studie. Es zeigte sich, dass es bei asymptomatischen Patient*innen innerhalb von 30 Tagen nach einer CEA in 2.24 % (71/3156) der Fälle zu einem Insult/Tod kam.(18) Der kombinierte Endpunkt Schlaganfall/Tod trat in unserer Studie in 2,3 % der Fälle ein, was fast identisch mit den Daten aus obiger Metaanalyse ist.

Bei symptomatischen Patient*innen zeigte eine weitere Metaanalyse mit Daten von 4754 Patient*innen aus vier weiteren RCTs (EVA-3S, SPACE, ICSS, CREST) mit jeweils über 500 Patient*innen eine Insult- und Mortalitätsrate von 5,5 %.(7,19) Der kombinierte Endpunkt Schlaganfall/Tod bei symptomatischen Patient*innen trat in unserer Studie in 5,6 % der Fälle ein, was wiederum fast identisch mit den Daten aus der erwähnten Metaanalyse ist.

Unsere Studie zeigt somit, dass die Schlaganfallrate und die 30-Tage-Mortalitätsrate den in der ESVS definierten Grenzwerten ($\leq 3\%$ für asymptomatische und $\leq 6\%$ für symptomatische Patient*innen) entspricht.(7) Somit kann von einer hohen Versorgungsqualität im Rahmen der durchgeführten CEAs ausgegangen werden.

Ein relevantes Diskussionsthema ist die Reduktion der Komplikationsrate des kombinierten Endpunkts. Die Leitlinien der ESO 2021 (European Stroke Organisation) sowie die deutsch-österreichische S3-Leitlinie empfehlen eine Krankenhausmortalitäts- und Insultrate von $\leq 2\%$ bei asymptomatischen und $\leq 4\%$ bei symptomatischen Patient*innen.(39,40) Diese Zahlen beziehen sich jedoch nur auf Ereignisse während des Krankenhausaufenthalts. Obwohl dieser Zeitraum gut kontrollierbar ist, zeigen RCTs wie die CREST-Studie, dass 19-24 % der perioperativen Todesfälle und Schlaganfälle erst nach dem achten postoperativen Tag auftreten.(7,41)

Die Analyse der Todesfälle dieser Arbeit bestätigt diese Beobachtung: Mehr als ein Drittel der Todesfälle (6/15) ereignete sich nach der ersten postoperativen Woche. Bemerkenswert war, dass fünf dieser Patient*innen in der vierten Woche nach der Operation verstarben. Insgesamt waren es 15 Todesfälle, was 0,6 % des Gesamtkollektivs entspricht. Einer dieser Fälle konnte erst durch eine ergänzende Abfrage bei Statistik Austria identifiziert und berücksichtigt werden, der im KAGes- bzw. openMEDOCS-System nicht erfasst war. Dies macht deutlich, dass Analysen, die ausschließlich auf In-Hospital-Daten beruhen, die tatsächliche 30-Tage-Mortalität unterschätzen können.

Von 2500 Patient*innen erlitten 63 einen Insult im perioperativen Setting. Von der Gesamtauswertung waren 1,6 % (39/2500) nicht invalidisierende Fälle (mRS 0-2) und 0,96 % (24/2500) invalidisierende Fälle (mRS 3-6). Unterteilt nach der Dringlichkeit der Indikation ergab sich bei den asymptomatischen Patientinnen und Patienten ein Anteil von 0,5 % (10/1914) invalidisierenden und 1,3 % (24/1914) nicht invalidisierenden Ereignissen. Im Vergleich dazu ergaben sich in der ACST-2 Studie ähnliche Ergebnisse mit 0,4 % (7/1736) invalidisierender und 1,6 % (29/1736) nicht invalidisierender Fälle. Ein methodischer Unterschied zu unserer

Analyse besteht darin, dass in der ACST-2 Studie Todesfälle (mRS 6) innerhalb von 30 Tagen separat gelistet wurde. Zusammen mit diesen ergibt sich ein Anteil von 0,7 % (12/1736) mit einem mRS von 3-6.(42)

Von den symptomatischen Fällen waren in unserer Studie 2,4 % (14/586) invalidisierend (mRS 3-6) und 2,6 % (15/586) nicht invalidisierend (mRS 0-2).

In der Vergleichsstudie NASCET gab es von 1415 Fälle 2,9 % mit einem Schlaganfall mit mRS 3-6 und 3,7 % nicht invalidisierende Fälle (mRS 0-2) im 30-Tage-Fenster.(43)

Somit sind die Ergebnisse unserer Studie sowohl bei asymptomatischen als auch bei symptomatischen Patient*innen sehr gut mit internationalen Studien wie ACST–2 und NASCET zu vergleichen.

Andere relevante Komplikationen wie Nachblutung, Revisionsoperation oder Abszesse fließen dabei nicht in diese Bewertung ein, obwohl sie klinisch bedeutsam sind. Eine differenzierte Analyse dieser Ereignisse erfolgte dennoch, um ein vollständiges Bild der perioperativen Risiken zu erhalten.

Eine Metaanalyse von 6 RCTs zeigt, dass bei 2,2 % der CEA eine Re-Exploration aufgrund eines Hämatoms erforderlich war.(19) In unserer Arbeit lag die Reoperationsrate aufgrund von Blutungen bei 1,8 % (46/2500) und damit ähnlich dem in der Metanalyse berichteten Vergleichswert.(19)

Bei differenzierter Betrachtung zeigte sich, dass symptomatische Patient*innen erwartungsgemäß eine höhere Komplikationsrate aufwiesen als asymptomatische. Dies deckt sich mit den Daten internationaler Studien, z. B. des NASCET-Kollektivs oder der Metaanalyse von A. Batchelder.(7,19,30)

Bei der Darstellung der Operateur*innen zeigt sich, dass alle die Qualitätsstandards der ESVS-Guidelines erfüllen, jedoch aufgrund der geringen Eventrate wären für eine aussagekräftige statistische Analyse Operationszahlen pro Operateur*in in der Höhe von 500 – 1000 erforderlich. Bei einer Mindestanzahl von 50 Operationen pro Operateur*in zeigt sich unter Beobachtung des kombinierten Endpunktes das beste Ergebnis mit 1,4 % (2/146) und das schlechteste mit 7,4 % (8/108). Eine aussagekräftige Analyse aller Operateurinnen und Operateure mittels Chi-Quadrat-Test ist nicht möglich, da in der

entsprechenden Kreuztabelle einzelne Zellen mit zu niedrigen Fallzahlen (<5) auftreten. Hier stellt sich die Frage, ob eine qualitative Bewertung im weiteren Kontext und Vergleich überhaupt sinnvoll ist, da hierfür mehrere hundert Eingriffe pro Operateur*in notwendig wären, um belastbare Aussagen treffen zu können.

Ein Schwachpunkt der vorliegenden Arbeit ist die sehr kleine, aber doch grundsätzlich vorhandene Datenlücke hinsichtlich Patient*innen, die im Ausland verstorben sind oder in einem nicht zur KAGes gehörigen Krankenhaus einen Schlaganfall erlitten haben könnten. Dies wird jedoch als wenig wahrscheinlich erachtet, da die Akutneurologie in der Steiermark nahezu vollständig an KAGes-Standorten konzentriert ist und Patient*innen mit akutem Schlaganfall üblicherweise dorthin zugewiesen werden.

Insgesamt liefert die vorliegende Arbeit wichtige Einblicke in die Versorgungsqualität der Carotisendarteriektomie am Standort Graz. Besonders hervorzuheben sind Bereiche, in denen eindeutige Nachteile für die Patient*innen festgestellt wurden, wie z. B. postoperative Blutungen, intrakranielle Blutungen und respiratorische Komplikationen, da diese einen erheblichen Einfluss auf Morbidität und Mortalität haben. Um hier gezielt Verbesserungsmöglichkeiten zur Reduktion perioperativer Komplikationen zu gestalten, wären weiterführende Studien mit prospektivem Studiendesign und differenzierter Subgruppenanalyse wünschenswert: Insbesondere im Hinblick auf bestimmte Risikogruppen, wie präoperativer Grunderkrankungen, prä- und intraoperativer gerinnungsaktiver Medikation sowie Vorhofflimmern als Begleiterkrankung.

5 Literaturverzeichnis

1. Lüllmann-Rauch. Thieme: Taschenlehrbuch Histologie. 2024;303–11.
2. Aust G, Engele J, Kirsch J, Mayerhofer A, Mense S, Salvetter J, u. a. Duale Reihe Anatomie. 2025 [zitiert 10. März 2025];883–1146.
Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b0000000824>
3. Rantner B, Fraedrich G, Frech A. Operative und interventionelle Gefäßmedizin, Kapitel XII. Debus ES, Gross-Fengels W, Herausgeber. 2020 [zitiert 17. März 2025];465–93. Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-53380-2>
4. Silbernagl S, Lang F. Taschenatlas Pathophysiologie. Taschenatlas Pathophysiologie. 8. November 2019;210–68.
5. Arastéh K, Dörr O, Eich W, Ernst S, Fischer K, Fischer-Rasokat U, u. a. Duale Reihe Innere Medizin. 2024 [zitiert 11. März 2025];
Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b0000000592>
6. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis [Internet]. 1995 [zitiert 17. März 2025]. S. 1421–8. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7723155/>
7. Naylor R, Rantner B, Ancetti S, De Borst GJ, De Carlo M, Halliday A, u. a. CLINICAL PRACTICE GUIDELINE DOCUMENT Editor's Choice- European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. European Journal of Vascular & Endovascular Surgery [Internet]. 2023 [zitiert 12. März 2025];7–111.
Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011>
8. Heck D, Jost A. Carotid stenosis, stroke, and carotid artery revascularization. Prog Cardiovasc Dis [Internet]. 1. März 2021 [zitiert

11. März 2025];65:49–54. Verfügbar unter:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33744381/>
9. Hennerici M, Aulich A, Sandmann W, Freund HJ. Incidence of asymptomatic extracranial arterial disease. *Stroke* [Internet]. 1981 [zitiert 12. März 2025];(6):750–8. Verfügbar unter:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7303064/>
 10. Rohkamm R, Kermer P. Taschenatlas Neurologie. Taschenatlas Neurologie. 23. Oktober 2017;218–9.
 11. Hepp Wolfgang, Kogel Helmut. Gefäßchirurgie. 2013;385–400.
 12. Henne-Bruns D, Wenk HH, Schmid A. Duale Reihe Chirurgie [Internet]. 2012 [zitiert 17. März 2025]. S. 1006–34. Verfügbar unter:
https://eref.thieme.de/ebooks/717870#/ebook_717870_SL21358155
 13. Mathiesen EB, Joakimsen O, Bønaa KH. Prevalence of and Risk Factors Associated with Carotid Artery Stenosis: The Tromsø Study. *Cerebrovascular Diseases* [Internet]. 1. Juli 2001 [zitiert 12. März 2025];(1):44–51. Verfügbar unter:
<https://dx.doi.org/10.1159/000047680>
 14. Flaherty ML, Kissela B, Khoury JC, Alwell K, Moomaw CJ, Woo D, u. a. Carotid Artery Stenosis as a Cause of Stroke. *Neuroepidemiology* [Internet]. 1. Dezember 2012 [zitiert 24. März 2025];40(1):36–41. Verfügbar unter: <https://dx.doi.org/10.1159/000341410>
 15. DaCosta M, Tadi P, Surowiec SM. Carotid Endarterectomy. Primary and Repeat Arterial Reconstructions [Internet]. 24. Juli 2023 [zitiert 18. März 2025];185–202. Verfügbar unter:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470582/>
 16. Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA, Warlow CP, Barnett HJM. Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to clinical subgroups and timing of surgery. *The Lancet*. 20. März 2004;363(9413):915–24.

17. Bond R, Rerkasem K, Naylor AR, Aburahma AF, Rothwell PM. Systematic review of randomized controlled trials of patch angioplasty versus primary closure and different types of patch materials during carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* [Internet]. 2004 [zitiert 19. März 2025];40(6):1126–35. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15622366/>
18. Saratzis A, Naylor R. 30 Day Outcomes After Carotid Interventions: An Updated Meta-analysis of Randomised Controlled Trials in Asymptomatic Patients. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 1. Jänner 2022;63(1):157–8.
19. Batchelder AJ, Saratzis A, Ross Naylor A. Editor's Choice - Overview of Primary and Secondary Analyses From 20 Randomised Controlled Trials Comparing Carotid Artery Stenting With Carotid Endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 1. Oktober 2019 [zitiert 25. März 2025];58(4):479–93. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31492510/>
20. Müller MD, Lyrer P, Brown MM, Bonati LH. Carotid artery stenting versus endarterectomy for treatment of carotid artery stenosis. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 25. Februar 2020 [zitiert 1. April 2025];2(2). Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32096559/>
21. Biller J, Feinberg WM, Castaldo JE, Whittemore AD, Harbaugh RE, Dempsey RJ, u. a. American Heart Association: Guidelines for Carotid Endarterectomy. *Circulation* [Internet]. 10. Februar 1998 [zitiert 20. März 2025];97(5):501–9. Verfügbar unter: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.97.5.501>
22. Bennett KM, Scarborough JE, Shortell CK. Risk factors for cranial nerve injury after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* [Internet]. 1. August 2015 [zitiert 21. März 2025];62(2):363–9. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25935272/>

23. Riles TS, Imparato AM, Jacobowitz GR, Lamparello PJ, Giangola G, Adelman MA, u. a. The cause of perioperative stroke after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg.* 1. Februar 1994;19(2):206–16.
24. Russell DA, Gough MJ. Intracerebral Haemorrhage Following Carotid Endarterectomy. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery.* 1. August 2004;28(2):115–23.
25. Moulakakis KG, Mylonas SN, Sfyroeras GS, Andrikopoulos V. Hyperperfusion syndrome after carotid revascularization. *J Vasc Surg.* 1. April 2009;49(4):1060–8.
26. Bove EL, Fry WJ, Gross WS, Stanley JC. Hypotension and hypertension as consequences of baroreceptor dysfunction following carotid endarterectomy. *Surgery [Internet].* 1. Juni 1979 [zitiert 21. März 2025];85(6):633–7. Verfügbar unter: <https://www.surgjournal.com/action/showFullText?pii=0039606079901508>
27. Paciaroni M, Eliasziw M, Jaap Kappelle L, Finan JW, Ferguson GG, Barnett HJM. Medical complications associated with carotid endarterectomy. *North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET). Stroke [Internet].* 1999 [zitiert 21. März 2025];30(9):1759–63. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10471420/>
28. Featherstone RL, Dobson J, Ederle J, Doig D, Bonati LH, Morris S, u. a. Carotid artery stenting compared with endarterectomy in patients with symptomatic carotid stenosis (International Carotid Stenting Study): a randomised controlled trial with cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess [Internet].* 1. März 2016 [zitiert 21. März 2025];20(20):1–94. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26979174/>
29. Hao Q, Tampi M, O'Donnell M, Foroutan F, Siemieniuk RAC, Guyatt G. Clopidogrel plus aspirin versus aspirin alone for acute minor ischaemic

stroke or high risk transient ischaemic attack: systematic review and meta-analysis. BMJ [Internet]. 18. Dezember 2018 [zitiert 25. März 2025];363:5108. Verfügbar unter: <https://www.bmj.com/content/363/bmj.k5108>

30. Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA, Fox AJ, Taylor DW, Mayberg MR, u. a. Analysis of pooled data from the randomised controlled trials of endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. The Lancet. 11. Jänner 2003;361(9352):107–16.
31. Lanzino G, Rabinstein AA, Robert D Brown J. Treatment of Carotid Artery Stenosis: Medical Therapy, Surgery, or Stenting? Mayo Clin Proc [Internet]. April 2009 [zitiert 25. März 2025];84(4):362. Verfügbar unter: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2665982/>
32. Texakalidis P, Giannopoulos S, Kokkinidis DG, Jabbour P, Reavey-Cantwell J, Rangel-Castilla L. Outcome of Carotid Artery Endarterectomy in Statin Users versus Statin-Naïve Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. World Neurosurg [Internet]. 1. August 2018 [zitiert 24. März 2025];116:444-450.e1. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29859356/>
33. Landi G. Clinical diagnosis of transient ischaemic attacks. Lancet [Internet]. 15. Februar 1992 [zitiert 26. März 2025];339(8790):402–5. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1346667/>
34. Masuhr KF, Neumann M. Neurologie. Masuhr KF, Masuhr F, Neumann M, Herausgeber. 2013 [zitiert 28. März 2025]; Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-003-106487>
35. Bamford J. Clinical examination in diagnosis and subclassification of stroke. The Lancet. 15. Februar 1992;339(8790):400–2.
36. Modified Rankin Scale (MRS) – Strokengine [Internet]. [zitiert 28. März 2025]. Verfügbar unter: <https://strokengine.ca/en/assessments/modified-rankin-scale-mrs/>

37. Böhm BO, Niederau CM. Klinikleitfaden Labordiagnostik [Internet]. Urban & Fischer. Urban & Fischer; 2024 [zitiert 31. März 2025]. Verfügbar unter: <https://shop.elsevier.de/klinikleitfaden-labordiagnostik-9783437210945.html>
38. Böhmer A, Defosse · J, Geldner · G, Rossaint · R, Zacharowski · K, Zwissler · B, u. a. The updated ASA classification The reintroduction of examples and subdivision into patient groups facilitates correct risk stratification-and can correct persistent misapprehension. Hospital Management & Health Economics Special Articles 223 . 2021;
39. Eckstein HH, Kühne A, Knüttel H, Wein F, Storck M, Kopp I. S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der extracraniellen Carotisstenose [Internet]. AWMF online. 2020 [zitiert 21. Mai 2025]. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/004-028m_extracranielle-Carotisstenose-Diagnostik-Therapie-Nachsorge_2020-02_1.pdf
40. Bonati LH, Kakkos S, Berkefeld J, de Borst GJ, Bulbulia R, Halliday A, u. a. European Stroke Organisation guideline on endarterectomy and stenting for carotid artery stenosis. Eur Stroke J [Internet]. 1. Juni 2021 [zitiert 21. Mai 2025];6(2):I–XLVII. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34414302/>
41. Hill MD, Brooks W, MacKey A, Clark WM, Meschia JF, Morrish WF, u. a. Stroke after carotid stenting and endarterectomy in the carotid revascularization endarterectomy versus stenting trial (CREST). Circulation. 18. Dezember 2012;126(25):3054–61.
42. Halliday A, Bulbulia R, Bonati LH, Chester J, Craddock-Bamford A, Peto R, u. a. Second asymptomatic carotid surgery trial (ACST-2): a randomised comparison of carotid artery stenting versus carotid endarterectomy. Lancet [Internet]. 18. September 2021 [zitiert 27. Juni 2025];398(10305):1065–73. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34469763/>

43. Ferguson GG, Eliasziw M, Barr HWK, Clagett GP, Barnes RW, Wallace MC, u. a. The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial: Surgical results in 1415 patients. *Stroke* [Internet]. 1999 [zitiert 21. Mai 2025];30(9):1751–8. Verfügbar unter: <http://ahajournals.org>