

Elektives Carotis-Stenting erfüllt die in Leitlinien festgelegten Qualitätsstandards

Neurologisch kontrollierte Daten im Vergleich zu Notfalleingriffen beim akuten Schlaganfall

Elective carotid stenting fulfills quality standards defined in guidelines

Neurologically controlled data compared to emergency interventions for acute stroke

Autorinnen/Autoren

Fee Keil¹, Simon Stahn², Sarah Christina Reitz³, Franziska Lieschke⁴, Richard du Mesnil de Rochemont⁵, Elke Hattingen¹, Joachim Berkefeld¹

Institute

- 1 Neuroradiology, Hospital of the Goethe University Frankfurt Institute of Neuroradiology, Frankfurt am Main, Germany
- 2 Radiology, Hospital Nordwest Frankfurt, Germany
- 3 Neurosurgery, Hospital of the Goethe University Frankfurt Center of Neurology and Neurosurgery, Frankfurt am Main, Germany
- 4 Neurology, Hospital of the Goethe University Frankfurt Center of Neurology and Neurosurgery, Frankfurt am Main, Germany
- 5 Radiology und Neuroradiology, HSK, Wiesbaden, Germany

Key words

vascular, angiography, QA/QC, carotid artery stenosis, carotid artery stenting, quality criteria

eingereicht 31.01.2023

akzeptiert 17.08.2023

Artikel online veröffentlicht 14.11.2023

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2024; 196: 471–481

DOI 10.1055/a-2175-4029

ISSN 1438-9029

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. Fee Keil

Neuroradiology, Hospital of the Goethe University Frankfurt Institute of Neuroradiology, Theodor Stern Kai 7, 60528 Frankfurt am Main, Germany

Tel.: +49/0 69/63 01 54 62

fkeil@med.uni-frankfurt.de

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung Nach der Evidenz aus randomisierten Studien und aktuellen Leitlinien wird das elektive Carotis-Stenting (CAS) gegenüber der Carotisendarterektomie (CEA) immer noch als Zweitlinientherapie angesehen. Die Publikation der randomi-

sierten Vergleichsstudien für Patienten mit symptomatischen Stenosen erfolgte allerdings vor deutlich mehr als 10 Jahren. Angesichts von Problemen der deutschen Qualitätssicherung bei der sauberen Trennung zwischen elektiven und Notfalleingriffen und geringen Fallzahlen für die CAS-Nischenindikationen erschien es sinnvoll, neurologisch kontrollierte CAS-Ergebnisse darzustellen, und zu untersuchen, ob elektives CAS die strengen Qualitätskriterien durchgängig erfüllt und welche Unterschiede zu notfalligen CAS-Eingriffen beim akuten ischämischen Schlaganfall bestehen.

Material und Methoden Zwischen 01/2012 und 07/2022 wurden 141 elektive CAS-Eingriffe zur Behandlung von Patienten mit symptomatischen (n = 123) und asymptomatisch (n = 18) Stenosen durchgeführt. Bei 134 dieser elektiven Eingriffe (95 %) konnte eine Protektion durch ein Filtersystem erfolgen. Im gleichen Zeitraum wurden 158 Patienten im Rahmen eines akuten Schlaganfalles mittels Carotis-Stent behandelt. Die Komplikationsrate wurde anhand neurologisch kontrollierter Daten ermittelt. Bei den Notfall-Eingriffen wurden CAS-bezogene Komplikationen (Stent-Thrombosen, Stent-assoziierte Gefäßschäden, Thrombembolien und symptomatische Blutungen) extrahiert und das klinische Outcome (NIHSS-Verlauf) während des stationären Aufenthalts ermittelt. **Ergebnisse** Die während des stationären Aufenthalts für elektive symptomatische Patienten ermittelte Rate an Schlaganfällen und Todesfällen lag bei 0,8 %. Eine frühe Behandlung innerhalb der ersten 7 Tage nach dem Indexereignis, Alter > 70 Jahre und Erfahrung des Operateurs waren keine signifikanten Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen. Nach CAS-asymptomatischer Stenosen wurden keine Komplikationen beobachtet. Die prozedurbezogene Komplikationsrate bei Notfalleingriffen lag bei 7,8 % und war damit erwartungsgemäß signifikant höher als nach elektivem CAS (p < 0,006).

Schlussfolgerung Auch bei begrenzter Indikationsstellung und eingeschränkter Fallzahl ist die Einhaltung der strengen Qualitätskriterien der aktuellen S3-Leitlinie 2022 für elektive CAS-Eingriffe sowohl bei symptomatischen als auch bei asymptomatischen Stenosen in einem erfahrenen Zentrum möglich. Notfall-CAS-Eingriffe haben bei anderen Vorausset-

zungen signifikant höhere Komplikationsraten und müssen bezüglich der Qualitätssicherung separat betrachtet werden.

Kernaussagen:

- Elektives Carotis-Stenting erfüllt die strengen Qualitätskriterien der aktuellen S3-Leitlinie 2022.
- Notfalliges Carotis-Stenting weist signifikant höhere Komplikationsraten auf als elektive Eingriffe.
- Elektives und notfalliges Carotis-Stenting sind nicht sinnvoll vergleichbar.

Zitierweise

- Keil F, Stahn S, Reitz SC et al. Elective carotid stenting fulfills quality standards defined in guidelines. *Fortschr Röntgenstr* 2024; 196: 471–481

ABSTRACT

Purpose According to evidence from randomized trials and current guidelines, elective carotid artery stenting (CAS) is still considered second-line therapy compared with carotid endarterectomy (CEA). However, the publication of randomized comparative trials for patients with symptomatic stenoses occurred well over 10 years ago. In view of problems regarding German quality assurance when differentiating elective from emergency interventions and low case numbers for CAS indications, it seemed reasonable to present neurologically controlled CAS results and to investigate whether elective CAS consistently fulfills the strict quality criteria and what differences exist with respect to emergency CAS interventions in acute ischemic stroke.

Materials and Methods Between 01/2012 and 07/2022, 141 elective CAS procedures were performed to treat patients with symptomatic ($n = 123$) and asymptomatic ($n = 18$) stenoses. Protection by a filter system was achieved in 134 of these elective procedures (95%). During the same period, 158 patients underwent carotid stenting for acute stroke. Complication rates were determined using neurologically controlled data. CAS-related complications (stent thrombosis, stent-associated vascular damage, thromboembolism, and symptomatic hemorrhage) were extracted from emergency interventions, and clinical outcome (NIHSS progression) was determined during the inpatient stay.

Results The rate of stroke and death determined during the inpatient stay for elective symptomatic patients was 0.8%. Early treatment within the first 7 days after the index event, age > 70 years, and operator experience were not significant risk factors for the occurrence of complications. No complications were observed after CAS of asymptomatic stenoses. The procedure-related complication rate for emergency procedures was 7.8%, which was significantly higher than after elective CAS, as expected ($p < 0.006$).

Conclusion Even with limited indications and limited case numbers, compliance with the strict quality criteria of the current S3 Guideline 2022 for elective CAS interventions is possible for both symptomatic and asymptomatic stenoses in an experienced center. Emergency CAS interventions have significantly higher complication rates under other conditions and must be considered separately with regard to quality assurance.

Einleitung

Nach aktuellen Leitlinien und systematischen Übersichtsarbeiten stellt die stentgestützte Carotis-Angioplastie (CAS) gegenüber der als Standard empfohlenen Carotis-Endarteriektomie (CEA) eine Zweitlinientherapie für Patienten (Pat.) dar, die für eine offene Operation nicht gut geeignet sind [1–3]. Hauptgrund dafür sind die für CAS höheren Komplikationsraten in „randomised controlled trials“ (RCTs) [4–7]. Obwohl sich die Unterschiede zwischen endovaskulärer und operativer Therapie im Langzeitverlauf nivellieren [8–10], hatten diese Ergebnisse abnehmende CAS-Fallzahlen zur Folge. So stehen in der verpflichtenden deutschen Qualitätssicherung (QS) heute jährlich ca. 4000 CAS-Eingriffe mehr als 24000 CEAs gegenüber [11]. Viele deutsche CAS-Zentren haben niedrige Fallzahlen von maximal 10 Eingriffen pro Jahr [12]. Bei Beurteilung der heutigen Evidenz ist zu berücksichtigen, dass die Publikation der RCTs für Pat. mit sympt. Stenosen deutlich mehr als 10 Jahre zurückliegt. Aktuelle Daten aus RCTs liegen nur für Pat. mit asympt. Stenosen vor. Die ACST-2-Studie konnte bezüglich akuter Komplikationsrate und im Langzeitverlauf keine signifikanten Unterschiede zwischen CAS und CEA nachweisen [9]. Nach Scheitern zweier europäischer RCTs zu CAS vs. CEA vs. Best medical treatment (BMT) aufgrund mangelnder Rekrutierung [13, 14] sind für die nähere Zukunft keine neuen RCTs ge-

plant. In den USA rekrutiert nur noch CREST-2 Pat. mit asympt. Stenosen zum Vergleich BMT vs. CEA vs. CAS [15].

Bei fehlenden aktuellen RCT-Daten für sympt. Pat. können verpflichtende QS-Register dazu beitragen, CAS-Komplikationsraten zu erfassen [11]. In Deutschland werden elektive und notfallige CAS-Eingriffe aber ohne klare Differenzierung gemeinsam erfasst.

In dieser Situation erschien es sinnvoll, neurologisch kontrollierte Daten mit der Frage zu untersuchen, ob die endovaskuläre Behandlung die strengen Qualitätsanforderungen für die elektive Carotis-Revaskularisation durchgängig erfüllt und welche Unterschiede es im Vergleich zu Notfalleingriffen im Rahmen der interventionellen Schlaganfallbehandlungen gibt.

Material und Methoden

Es erfolgte eine monozentrische retrospektive Analyse aller zwischen 01/2012 und 07/2022 in einem neurovaskulären Zentrum behandelten Carotis-Stent-Patienten. Eingeschlossen wurden sowohl elektiv behandelte Pat. mit hochgradigen symptomatischen und asymptomatischen Carotisstenosen als auch notfallig mittels CAS behandelte Patienten mit akutem Schlaganfall auf dem Boden einer Carotisstenose. Ausgeschlossen wurden Patienten mit intraduralen Carotisstenosen, proximalen ACC-Stenosen sowie

Fälle mit beschichteten Stents zur Behandlung von Aneurysmen oder Blutungen aus HNO-Tumoren.

Alle CAS-Patienten wurden sowohl prä- als auch postinterventionell fachneurologisch untersucht und stationär in der Klinik für Neurologie behandelt.

Die CAS-Indikation für **elektive Eingriffe** wurden in einer interdisziplinären Konferenz zwischen Neurologen, Neurochirurgen, Gefäßchirurgen und Neuroradiologen unter Berücksichtigung der Leitlinienempfehlungen und der Patientenpräferenz gestellt. Zusätzlich zur dopplersonographischen Bestimmung des Stenosegrades lagen dazu eine CTA oder MRA der Halsgefäße sowie eine zerebrale Bildgebung vor. Alle elektiven Patienten wurden eingehend über die Therapiealternativen CAS, CEA oder BMT aufgeklärt und willigten schriftlich in die Intervention ein. Das Studienprotokoll wurde von der lokalen Ethikkommission genehmigt.

- Die **elektiven CAS-Eingriffe** wurden unter Lokalanästhesie mit anästhesiologischem Standby durchgeführt. Die präinterventionelle Thrombozytenaggregationshemmung (TAH) erfolgte mit 75 mg Clopidogrel und 100 mg ASS 5 Tage vor der Intervention (alternativ mit 600 mg Clopidogrel und 100 mg ASS am Tag vor dem Eingriff). Während des Eingriffs wurde 5000 I. E. Heparin als Bolus i. v. und verdünntes Nimotop über die Spüllösung verabreicht. Nach 3 Monaten wurde die doppelte TAH durch eine Monotherapie mit 100 mg ASS ersetzt.

Die CAS-Prozedur war mit wenigen Materialien wie folgt standardisiert:

Nach transfemorale Einlage einer 6F-Schleuse in die zu behandelnde A. carotis communis erfolgte nach angiographischer Darstellung die Sondierung der Stenose mit einem Embolieschutz-Filterssystem (Filter-Wire, Boston oder Spider, Medtronic). Der Filter wurde in einem geraden Gefäßabschnitt oberhalb der Stenose freigesetzt. Über den Draht des Filtersystems erfolgte -wenn notwendig- die Vordilatation mit einem 3 mm PTA-Ballon. Anschließend wurde ein selbstexpandierender Carotis-Stent (Wallstent, Boston Scientific; Precise, Cordis; C-Guard, Balt; Casper, Microvention) über der Stenose freigesetzt und auf 5 mm nachdilatiert. Nach Bergung des Filters erfolgten Kontrollen mit DSA-Serien der behandelten A. carotis und der abhängigen intrakraniellen Arterien, der Rückzug des Zugangssystems und der Verschluss der Punktionsstelle in der Leiste (Angio-Seal, Terumo).

Alle Patienten wurden postinterventionell auf der Stroke Unit neurologisch überwacht. Die Offenheit der Stents wurde sonographisch kontrolliert; eine zerebrale Bildgebung wurde nur bei neu aufgetretenen neurologischen Defiziten durchgeführt. Nach Entlassung erfolgte die Nachsorge in der klinikinternen neurologischen Gefäßsprechstunde.

- Die Indikation für **notfällige CAS-Eingriffe** wurde im Konsens zwischen Neurologen und Neuroradiologen anhand der zerebralen Bildgebung mit nativer CT und CTA bzw. MRT und MRA bei klinisch schwer betroffenen Patienten (NIHSS > 5) gestellt.

Alle Notfalleingriffe erfolgten in Intubationsnarkose. Sobald die Notwendigkeit einer Stentimplantation feststand, wurde eine medikamentöse TAH mit i. v.-Gabe von 250 mg ASS und einer Loading-Dose von 600 mg Clopidogrel oder 180 mg Ticagrelor

per Magensonde begonnen. Dies erfolgte unabhängig von einer präinterventionellen i. v.-Lyse.

Nach transfemoralem Einführen einer langen 6F-Schleuse und angiographischer Gefäßdarstellung wurde darüber bei verschlossener ACI zunächst am Plaque aspiriert. Anschließend wurde die extrakranielle Stenose über einen Draht mit einem Aspirationskatheter (Sofia, Microvention) und -wenn möglich- mit der Schleuse passiert. Hochgradige Stenosen wurden dazu vordilatiert. In der Regel wurde die intrakranielle Thrombektomie zuerst durchgeführt. Nur in Einzelfällen war für die Passage der Stenose eine primäre Stentimplantation erforderlich. Intrakranielle Thromben wurden mit Aspiration und Stent-Retriever (Solitaire, Medtronic; Aperio, Acandis) entfernt. Ziel war eine möglichst vollständige Rekanalisation der intrakraniellen Gefäße.

Nach der Thrombektomie wurde das Zugangssystem unter Aspiration in die ACC unterhalb der Stenose zurückgezogen und ein selbstexpandierender Carotis-Stent freigesetzt. Bei wandständigen Thromben wurden vorzugsweise doppelagige Stents eingesetzt. Ein Protektionssystem wurde in der Regel nicht verwendet.

Nach Abschlusskontrolle der extrakraniellen ACI und der nachgeschalteten intrakraniellen Arterien wurde das Zugangssystem entfernt und die Punktionsstelle in der Leiste verschlossen.

Nach dem Eingriff wurden die Pat. mind. 24 Std. auf der neurologischen Intensivstation mit systolischen Zielblutdruckwerten zwischen 120 mmHg bis 140 mmHg überwacht und schnellstmöglich extubiert. Die medikamentöse Nachbehandlung erfolgte mit doppelter TAH mit 75 mg Clopidogrel und 100 mg ASS oder 2 × 90 mg Ticagrelor und 100 mg ASS für 3 Monate, gefolgt von einer Monodauertherapie mit 100 mg ASS. Am Folgetag erhielten alle Pat. eine zerebrale Bildgebung, vorzugsweise mit CT zum Nachweis des Infarktausmaßes und zum Blutungsausschluss. Nach Beendigung der Intensivbehandlung erfolgte die weitere Therapie auf der Stroke-Unit bis zur Entlassung oder Verlegung in eine Reha-Einrichtung.

Die Auswertung erfolgte für beide Patientengruppen getrennt:

- Für **elektive Patienten** wurden die CAS-Indikationen und technische Erfolgsraten beschrieben. Postinterventionell aufgetretene Schlaganfälle, Todesfälle und Gefäßkomplikationen wie Dissektionen, thrombembolische Ereignisse oder Stent-Thrombosen wurden während des stationären Aufenthalts ermittelt. Im Falle neu aufgetretener neurologischer Defizite wurde zwischen ischämischen Infarkten, sympt. Blutungen und Reperfusionsoedem differenziert und die wahrscheinlichste Ursache ermittelt. Der Schweregrad neurologischer Einschränkungen wurde anhand der National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) bestimmt [16]. Daneben wurden nicht-neurologische Komplikationen wie Leistenhämatome, Femoralarterienverschlüsse und Herzinfarkte erfasst.
- Zur Ermittlung der Komplikationsrate von **Notfalleingriffen** haben wir versucht, CAS-bezogene Ereignisse von Thrombektomie- oder Schlaganfall-assoziierten Komplikationen zu trennen. Als CAS-bezogen wurden Stent-Thrombosen, Stent-assoziierte intrakranielle Embolien und CAS-assoziierte Gefäßschäden definiert. Da sympt. intrakranielle Blutungen durch die aggressive TAH begünstigt werden könnten, wurden diese ebenfalls als CAS-Komplikationen gewertet [17, 18].

Der Grad der intrakraniellen Rekanalisation wurde mittels mTICI-Skala bewertet [19]. Als erfolgreiche Rekanalisation wurde ein mTICI-Grad $\geq 2b$ definiert.

Das neurologische Behandlungsergebnis wurde anhand des NIHSS-Verlaufs bei Entlassung bewertet.

Die **statistische Auswertung** erfolgte unter SPSS Statistics 27 (IBM) mit dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson, dem exakten Test nach Fischer und logistisch multivariater Regressionsanalyse.

Ergebnisse

Von den insgesamt eingeschlossenen 299 Pat. waren 141 **elektive Fälle** (► **Tab. 1**) mit sympt. ($n = 123$) oder asympt. ($n = 18$) Stenosen und 158 **Notfallpatienten**.

97 Pat. mit **elektiver CAS** waren männlich, der Altersdurchschnitt lag bei 67,8 Jahren ($\pm 9,1$). Der mittlere Stenosegrad lag bei 83,8% ($\pm 10,7$ SD). Präinterventionell hatten 17 (13,8%) der sympt. Pat. eine TIA und 101 (82,1%) einen Schlaganfall. Der Schweregrad der neurologischen Beeinträchtigung vor dem Eingriff lag im Durchschnitt bei 2,3 NIHSS-Punkten, 22 Pat. (15,6%) hatten einen schweren Schlaganfall ≥ 16 Punkte.

Die interdisziplinär festgelegten CAS-Indikationen für sympt. und asympt. Fälle finden sich in ► **Tab. 2**. Hauptindikationen für CAS waren Verschluss oder hochgradige Stenose der kontralateralen ACI oder sonstige Mehrgefäßstenosen ($n = 35$), hochzervikale Lokalisation der Stenose ($n = 5$), Restenose nach CEA ($n = 10$) oder Patientenwunsch ($n = 88$). Eine Frühbehandlung sympt. Pat. innerhalb der ersten 7 Tage nach dem Indexereignis erfolgte in 73 von 123 Fällen (59,3%). 39% aller elektiven CAS-Pat. waren zum Eingriffszeitpunkt älter als 70 Jahre.

74 der 158 **Notfallpatienten** (► **Tab. 3**) waren männlich, das Durchschnittsalter betrug 67,9 Jahre ($\pm 12,1$). Die Pat. wurden überwiegend mit Tandemläsionen behandelt (84,2%), seltener bestanden hämodynamische Ischämien ohne intrakraniellen Gefäßverschluss. Der NIHSS bei Aufnahme lag im Durchschnitt bei 12,5 Punkten ($\pm 6,1$). 94 Pat. zeigten einen extrakraniellen ACI-Verschluss, 74 eine hochgradige ACI-Stenose. Bei den Tandemläsionen lagen am häufigsten M1-Verschlüsse ($n = 76$; 57,1%) vor. Distale ACI ($n = 13$), Carotis-T ($n = 19$) und M2 ($n = 22$) waren seltener verschlossen.

Bis auf einen Fall waren alle **elektiven Prozeduren** technisch erfolgreich ($n = 140/141$). Bei einem Pat. mit ausgeprägt verkalkter Stenose fand sich postinterventionell eine residuale Enge $> 30\%$. Peristationär gab es einen Myokardinfarkt-bedingten Todesfall, einen postinterventionellen Schlaganfall gab es nicht. Ein Pat. hatte eine reversible Visusminderung durch retinale Mikroembolien. Zwei Pat. zeigten vorübergehende Verschlechterungen vorbestehender neurologischer Defizite ohne Nachweis eines neuen Infarkts im MRT. In beiden Fällen war ein Reperfusionsoedem nach Rekanalisation einer hochgradigen Carotisstenose mit deutlicher hämodynamischer Beeinträchtigung die wahrscheinlichste Ursache. Sympt. Blutungen oder Stent-Thrombosen wurden bei elektiven Pat. nicht beobachtet. An weiteren nicht-neurologischen Komplikationen wurden zwei Leistenhämatome und ein Femoralarterienverschluss beobachtet, zwei Pat. entwickelten eine Pneumonie.

Bei geringer Ereignisrate konnten statistisch keine signifikanten Prädiktoren periinterventioneller Komplikationen ermittelt werden. Insbesondere waren weder eine Frühbehandlung sympt. Pat. noch ein Alter über 70 Jahre mit einem schlechten Outcome assoziiert. In einem Team von 6 Interventionalisten mit unterschiedlichem Erfahrungsstand konnten wir keine Abhängigkeit der Komplikationsrate vom Durchführenden feststellen.

Bei den **Notfalleingriffen** war CAS in 155 von 158 Fällen (98,1%) technisch erfolgreich. Bei Pat. mit Tandemläsionen konnte in 124 von 133 Fällen (93,2%) eine erfolgreiche Rekanalisation \geq mTICI 2b erreicht werden. Nach Stentimplantation kam es zu 16 Stentthrombosen (10,1%). Es traten vier Dissektionen auf, darunter eine letal endende Aortendissektion bei Aortenaneurysma.

Sympt. Blutungen wurden in zwölf Fällen (7,6%) beobachtet. Neue ischämische Defizite in Verbindung mit der Stentimplantation fanden sich in drei Fällen (1,9%). ► **Tab. 4** fasst die Komplikationsraten für elektive und Notfalleingriffe zusammen.

Bei unterschiedlichen Ausgangswerten waren Komplikationsraten und klinisches Outcome der Notfallpatienten signifikant schlechter als bei elektiven Eingriffen. Peristationär betrug die Rate an guten klinischen Outcomes (NIHSS 0–4) 90,8% bei elektivem CAS und 40% bei Notfall-CAS ($p < 0,001$), unter Berücksichtigung klinischer Verbesserungen (≥ 2 NIHSS-Punkte) wird ein gutes klinisches Ergebnis von 95,7% vs. 67,1% erreicht ($p < 0,001$).

Diskussion

Die Analyse unserer Daten zeigt, dass **elektive CAS-Eingriffe** unter strenger Indikationsstellung auch bei moderaten Fallzahlen mit sehr niedrigen Komplikationsraten möglich sind. Unsere Zahlen unterschreiten die Obergrenze periinterventioneller Schlaganfälle und Todesfälle während des stationären Aufenthalts von 4% bei sympt. und 2% bei asympt. Patienten [1, 2]. Dies widerlegt die Generalisierung der Annahme, dass CAS-Eingriffe grundsätzlich mit erhöhten Risiken gegenüber der CEA verbunden sind. Wir sind uns allerdings bewusst, dass die kleine Single-Center-Fallserie die Ergebnisse in einem erfahrenen CAS-Zentrum widerspiegelt und nicht als Grundlage für generelle Empfehlungen zur CAS dienen kann.

Die Tatsache, dass 39% unserer Pat. ≥ 70 Jahre waren und die Mehrzahl von 59,3% der sympt. Fälle früh innerhalb von 1 bis 7 Tagen nach dem Indexereignis behandelt wurden, zeigt, dass nicht nur Pat. mit niedrigem Interventionsrisiko behandelt wurden [20, 21]. 19,5% der eingeschlossenen Pat. hatten präinterventionell bereits Hirninfarkte mit deutlichen neurologischen Defiziten (NIHSS ≥ 5). Der mittlere Stenosegrad betrug 83,8%, der Anteil hochgradiger Stenosen (70–99%) war mit 92,9% höher als in den großen RCTs [20] zur sympt. Carotisstenose (82,5%) und dem deutschen QS-Register [11] (91,6%). Elektive Pat., die aufgrund extremer Gefäßelongation oder zirkumferenter Plaquerkalkungen ungeeignet für eine endovaskuläre Behandlung schienen, wurden einer gefäßchirurgischen Therapie zugeführt.

Die angewendeten Entscheidungskriterien für elektive CAS-Eingriffe in der interdisziplinären Konferenz sind diskussionsbedürftig. Es gibt von wenigen Ausnahmen (Restenose nach CEA, hochzervikale Stenose, Tandemstenose, radiogene Stenose) ab-

► Tab. 1 Patienten-Charakteristika bei elektivem CAS.

		elektiv (n = 141)	sympt. CS (n = 123)	asympt. CS (n = 18)	p-Wert
Alter (Jahre)	MW (±SD)	67,8 (± 9,1)	68 (± 2,6)	66,7 (± 7)	
▪ > 70 Jahre	n (%)	55 (39%)	50 (40,7%)	5 (27,8%)	0,296a
▪ > 80 Jahre	n (%)	13 (9,2%)	13 (10,6%)	0 (0%)	0,374b
Geschlecht (männlich)	n (%)	97 (68,8%)	82 (66,7%)	15 (83,3%)	0,154a
NIHSS-prä (Punkte)	MW (±SD)	2,3 (± 3,7)	2,6 (± 3,8)	0 (± 0)	
▪ NIHSS 0	n (%)	68 (48,2%)	50 (40,7%)	18 (100%)	<0,001a
▪ NIHSS 1–4	n (%)	51 (36,2%)	51 (41,5%)	0 (0%)	<0,001a
▪ NIHSS 5–15	n (%)	20 (14,2%)	20 (16,3%)	0 (0%)	0,076b
▪ NIHSS 16–20	n (%)	1 (0,7%)	1 (0,8%)	0 (0%)	1b
▪ NIHSS 21–42	n (%)	1 (0,7%)	1 (0,8%)	0 (0%)	1b
▪ NIHSS ≥ 16	n (%)	2 (1,4%)	2 (1,6%)	0 (0%)	
frischer Infarkt (in der Bildgebung)	n (%)	100 (70,9%)	99 (80,5%)	1 (5,6%)	<0,001a
▪ ipsilateral oder bds.	n (%)	99 (70,2%)	98 (79,7%)	1 (5,6%)	<0,001a
alte Infarkte (in der Bildgebung)	n (%)	36 (25,5%)	32 (26%)	4 (22,2%)	1b
Vorerkrankungen und Risikofaktoren	n (%)				
▪ zerebrovaskuläre Erkrankungen (CVE)	n (%)	41 (29,1%)	33 (26,8%)	8 (44,4%)	0,164b
▪ koronare Herzerkrankung (KHK)	n (%)	29 (20,6%)	23 (18,7%)	6 (33,3%)	0,208b
▪ periphere AVK (pAVK)	n (%)	13 (9,2%)	12 (9,8%)	1 (5,6%)	1b
▪ vask. Erkrankungen (CVE, KHK, pAVK)	n (%)	60 (42,6%)	48 (39%)	12 (66,7%)	0,027b
▪ Hypertonie	n (%)	80 (56,7%)	73 (59,3%)	7 (38,9%)	0,102a
▪ Diabetes	n (%)	34 (24,1%)	31 (25,2%)	3 (16,7%)	0,562b
▪ Hypercholesterinämie/-lipidämie	n (%)	22 (15,6%)	20 (16,3%)	2 (11,1%)	0,739b
▪ Nikotinabusus	n (%)	48 (34%)	42 (34,1%)	6 (33,3%)	0,946a
▪ Vorhofflimmern	n (%)	8 (5,7%)	6 (4,9%)	2 (11,1%)	0,271b
▪ Herzinsuffizienz	n (%)	2 (1,4%)	2 (1,6%)	0 (0%)	1b
▪ maligne Grunderkrankung	n (%)	14 (9,9%)	14 (11,4%)	0 (0%)	0,216b
Stenosegrad ipsilaterale ACI (%)	MW (±SD)	83,8 (± 10,7)	83,5 (± 11,1)	86,1 (± 8)	
▪ mittelgradig (50–69%)	n (%)	8 (5,7%)	8 (6,5%)	0 (0%)	0,596b
▪ hochgradig (70–99%)	n (%)	131 (92,9%)	113 (91,9%)	18 (100%)	0,361b
▪ Verschluss	n (%)	2 (1,4%)	2 (1,6%)	0 (0%)	1b
Seite (rechts)	n (%)	78 (55,3%)	67 (54,5%)	11 (61,1%)	0,597a
Stenose-Besonderheiten	n (%)	18 (12,8%)	17 (13,8%)	1 (5,6%)	0,469b
▪ Dissektion	n (%)	1 (0,7%)	1 (0,8%)	0 (0%)	1b
▪ mit Thromben	n (%)	3 (2,1%)	3 (2,4%)	0 (0%)	1b
▪ radiogene Stenose	n (%)	4 (2,8%)	4 (3,3%)	0 (0%)	1b
▪ Restenose nach CEA	n (%)	10 (7,1%)	9 (7,3%)	1 (5,6%)	1b
kontralaterale ACI-Stenose/-Verschluss	n (%)	58 (41,1%)	48 (39%)	10 (55,6%)	0,183a
▪ Verschluss	n (%)	12 (8,5%)	10 (8,1%)	2 (11,1%)	0,652b
Vertebralarterienstenose	n (%)	29 (20,6%)	27 (22%)	2 (11,1%)	0,366a
Mehrgefäßobstruktion	n (%)	59 (41,8%)	50 (40,7%)	9 (50%)	0,453a

Fett gedruckte p-Werte waren statistisch signifikant. PAVK: periphere arterielle Verschlusskrankheit; MW: Mittelwert; NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale; SD: Standardabweichung. a: Chi-Quadrat-Test; b: exakter Test nach Fischer.

► **Tab. 2** Elektive CAS-Indikationen.

		elektiv (n = 141)	sympt. CS (n = 123)	asympt. CS (n = 18)
Differenzial-Indikation (CAS statt CEA)				
▪ hohes OP-Risiko	n (%)	32 (22,7 %)	27 (22 %)	5 (27,8 %)
kontralateraler ACI-Verschluss	n (%)	12 (8,5 %)	10 (8,1 %)	2 (11,1 %)
radiogene Stenose	n (%)	4 (2,8 %)	4 (3,3 %)	0 (0 %)
Restenose nach CEA	n (%)	10 (7,1 %)	9 (7,3 %)	1 (5,6 %)
kontralaterale Rekurrensparese	n (%)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
kardiale Risikofaktoren ^a	n (%)	8 (5,7 %)	6 (4,9 %)	2 (11,1 %)
▪ stenosebedingt	n (%)	27 (19,1 %)	23 (18,7 %)	4 (22,2 %)
hochzervikale ACI-Stenose	n (%)	5 (3,5 %)	3 (2,4 %)	2 (11,1 %)
thorakale Tandem-Stenose	n (%)	4 (2,8 %)	4 (3,3 %)	0 (0 %)
intrakranielle Tandem-Stenose	n (%)	19 (13,5 %)	17 (13,8 %)	2 (11,1 %)
▪ Patientenwunsch	n (%)	88 (62,4 %)	77 (62,6 %)	11 (61,1 %)
Schlaganfall-RF bei asymptomatischer CS				
▪ Stenoseprogression	n (%)			13 (72,2 %)
▪ Mehrgefäßobstruktion mit eingeschränkter Kollateralisierung	n (%)			11 (61,1 %)
▪ kontralaterale TIA oder Schlaganfall	n (%)			4 (22,2 %)

ACI: A. carotis interna; CAS: Carotid artery stenting; CEA: Carotid endarterectomy; CS: Carotisstenose; NYHA: New York Heart Association; RF: Risikofaktoren.
a: Herzinsuffizienz NYHA 3/4, instabile Angina pectoris, kürzlich erlittener Myokardinfarkt.

gesehen keine klare Definition, bei welchen Patientengruppen mit erhöhten CEA-Risiken [1, 2] zu rechnen ist. Aktuelle systematische Übersichtsarbeiten bestätigen jedoch unsere Annahme, dass die CEA-Risiken bei Pat. mit hochgradiger Obstruktion der kontralateralen ACI höher sind und CAS damit gut vertretbar ist [2, 3]. Auch bestand bei nachweislich eingehaltenen Qualitätskriterien kein Grund, CAS-Eingriffe nach interdisziplinärer Aufklärung bei Patientenwunsch abzulehnen. Wir haben uns um eine Leitliniengerechte Indikationsstellung bemüht. Die relativ niedrige Fallzahl von ca. 15 elektiven CAS-Fällen pro Jahr spricht gegen eine zu liberale Handhabung und Ausweitung der Indikation zur endovaskulären Behandlung.

Unter diesen Voraussetzungen müssen CAS-Zentren mit dem Dilemma umgehen, dass CAS aufgrund der Nischenindikationen selten durchgeführt wird, andererseits aber hohe Fallzahl und Erfahrung des Interventionalisten als wichtige Voraussetzungen für eine niedrige Komplikationsrate gelten [3, 22, 23]. Unsere Fallserie zeigt, dass hohe Qualitätsstandards auch mit begrenzter Fallzahl von Interventionalisten mit unterschiedlicher Erfahrung eingehalten werden können. Die Zuweisung von Eingriffen angepasst an den Erfahrungsstand, die Standardisierung der Abläufe und Materialien mit Beschränkung auf zwei Filtertypen und 4 Carotis-Stents und ein Bewusstsein für die Risiken bei der Manipulation in atherosklerotischen Gefäßen sind die wahrscheinlichsten Gründe dafür [1].

Unsere konsequente Anwendung von Filterprotektionssystemen wird nicht durch dedizierte RCTs oder Subgruppenanalysen

gestützt, dient jedoch nach unserer Überzeugung dazu, Makroembolien zu vermeiden [24, 25]. Derartige Ereignisse oder schwerwiegende Filterkomplikationen wurden in unserer Serie nicht beobachtet.

Für die Verwendung von Filtersystemen sprachen deren konsequente Verwendung in amerikanischen CAS-Studien (CREST, ACT-1), jahrelange gute Erfahrungen und die standardisierte Handhabung mit entsprechendem Training der Interventionalisten. Ballonführungskatheter zum temporären Verschluss der ACE und ACI oder Flussumkehrkatheter mit zusätzlicher Verbindung zur V. femoralis können ähnlich wie Filtersysteme einen Schutz gegen embolische Komplikationen gewährleisten [26]. Aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit und Limitierungen bezüglich des Innenlumens wurden sie im Rahmen unserer Studie nicht verwendet. Auch sprach die angestrebte Standardisierung der Technik gegen die zusätzliche Einführung von Ballonokklusionssystemen.

Die konsequente Durchführung der antithrombotischen Therapie und die peri- und postinterventionelle Überwachung unter Berücksichtigung von Blutdruckobergrenzen haben wahrscheinlich ebenfalls zu einer niedrigen Komplikationsrate beigetragen.

Neben Acetylsalicylsäure (ASS) haben wir bei elektiven Eingriffen überwiegend Clopidogrel eingesetzt. Ticagrelor hat den Vorteil eines kürzeren Wirkungseintritts von nur 2 Stunden nach Gabe einer Loading-Dose von 180 mg und wurde deshalb bei Notfalleingriffen bevorzugt. Resistenzen sind zudem seltener als beim Clopidogrel. Im Rahmen dieser Studie haben wir keine systematische Testung auf Clopidogrel- oder ASS-Resistenz durchgeführt. Nach

► **Tab. 3** Patienten-Charakteristika bei Notfall-CAS.

		Notfall (n = 158)	Tandem (n = 133)	hämodyn. (n = 25)	p-Wert
Alter (Jahre)	MW (±SD)	67,9 (± 12,1)	67,1 (± 11,8)	72,3 (± 8,2)	
▪ > 70 Jahre	n (%)	72 (45,6%)	59 (44,4%)	13 (52%)	0,482a
▪ > 80 Jahre	n (%)	29 (18,4%)	20 (15%)	9 (36%)	0,022b
Geschlecht (männlich)	n (%)	74 (46,8%)	57 (42,9%)	17 (68%)	0,021a
NIHSS-prä (Punkte)	MW (±SD)	12,5 (± 6,1)	13,3 (± 5,6)	8,2 (± 6,6)	
▪ NIHSS 0	n (%)	2 (1,3%)	1 (0,8%)	1 (4%)	0,292b
▪ NIHSS 1–4	n (%)	17 (10,8%)	10 (7,5%)	7 (28%)	0,007b
▪ NIHSS 5–15	n (%)	83 (52,5%)	70 (52,6%)	13 (52%)	0,954a
▪ NIHSS 16–20	n (%)	47 (29,7%)	45 (33,8%)	2 (8%)	0,01b
▪ NIHSS 21–42	n (%)	9 (5,7%)	7 (5,3%)	2 (8%)	0,635b
▪ NIHSS ≥ 16	n (%)	56 (35,4%)	52 (39,1%)	4 (16%)	
frischer Infarkt (in der Bildgebung)	n (%)	140 (88,6%)	121 (91%)	19 (76%)	0,042b
▪ ipsilateral oder bds.	n (%)	139 (88%)	120 (90,2%)	19 (76%)	0,085b
alte Infarkte (in der Bildgebung)	n (%)	28 (17,7%)	20 (15%)	8 (32%)	0,05b
Vorerkrankungen und Risikofaktoren	n (%)				
▪ zerebrovaskuläre Erkrankungen (CVE)	n (%)	18 (11,4%)	11 (8,3%)	7 (28%)	0,01b
▪ koronare Herzerkrankung (KHK)	n (%)	22 (13,9%)	19 (14,3%)	3 (12%)	1b
▪ periphere AVK (pAVK)	n (%)	9 (5,7%)	8 (6%)	1 (4%)	1b
▪ vask. Erkrankungen (CVE, KHK, pAVK)	n (%)	38 (24,1%)	30 (22,6%)	8 (32%)	0,311a
▪ Hypertonie	n (%)	86 (54,4%)	71 (53,4%)	15 (60%)	0,542a
▪ Diabetes	n (%)	25 (15,8%)	21 (15,8%)	4 (16%)	1b
▪ Hypercholesterinämie/-lipidämie	n (%)	20 (12,7%)	14 (10,5%)	6 (24%)	0,094b
▪ Nikotinabusus	n (%)	44 (27,8%)	39 (29,3%)	5 (20%)	0,34a
▪ Vorhofflimmern	n (%)	16 (10,1%)	12 (9%)	4 (16%)	0,286b
▪ Herzinsuffizienz	n (%)	5 (3,2%)	5 (3,8%)	0 (0%)	1b
▪ maligne Grunderkrankung	n (%)	10 (6,3%)	10 (7,5%)	0 (0%)	0,365b
Stenosegrad ipsilaterale ACI (%)	MW (±SD)	96,5 (± 6,7)	97,3 (± 5,8)	92,2 (± 9)	
▪ mittelgradig (50–69%)	n (%)	1 (0,6%)	1 (0,8%)	0 (0%)	1b
▪ hochgradig (70–99%)	n (%)	74 (46,8%)	55 (41,4%)	19 (76%)	<0,001a
▪ Verschluss	n (%)	94 (59,5%)	88 (66,2%)	6 (24%)	<0,001a
Seite (rechts)	n (%)	68 (43%)	62 (46,6%)	6 (24%)	0,036a
Stenose-Besonderheiten	n (%)	20 (12,7%)	17 (12,8%)	3 (12%)	1b
▪ Dissektion	n (%)	10 (6,3%)	8 (6%)	2 (8%)	0,659b
▪ mit Thromben	n (%)	7 (4,4%)	6 (4,5%)	1 (4%)	1b
▪ radiogene Stenose	n (%)	1 (0,6%)	1 (0,8%)	0 (0%)	1b
▪ Restenose nach CEA	n (%)	11 (7%)	2 (1,5%)	9 (36%)	1b
kontralaterale ACI-Stenose/-Verschluss	n (%)	31 (19,6%)	21 (15,8%)	10 (40%)	0,011b
▪ Verschluss	n (%)	11 (7%)	5 (3,8%)	6 (24%)	0,002b
Vertebralarterienstenose	n (%)	18 (11,4%)	11 (8,3%)	7 (28%)	0,01b
Mehrgefäßobstruktion	n (%)	32 (20,3%)	24 (18%)	8 (32%)	0,111a

Fett gedruckte p-Werte waren statistisch signifikant. AVK: arterielle Verschlusskrankheit; MW: Mittelwert; NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale; SD: Standardabweichung. a: Chi-Quadrat-Test; b: exakter Test nach Fischer.

► **Tab. 4** Vergleich der Komplikationen bei elektiven und notfalligen Eingriffen.

		elektiv (n = 141)	Notfall (n = 158)	p-Wert
Schlaganfall oder Tod	n (%)	1 (0,7%)	32 (20,3%)	<0,001a
▪ Prozedur-bezogen	n (%)	0 (0%)	11 (7%)	<0,001a
▪ Schlaganfall-bezogen	n (%)	1 (0,7%)	11 (7%)	0,006a
▪ unklare Genese	n (%)	0 (0%)	10 (6,3%)	0,002b
Tod	n (%)	1 (0,7%)	25 (15,8%)	<0,001a
▪ infarktbedingt	n (%)	0 (0%)	17 (10,8%)	<0,001a
▪ kardial	n (%)	1 (0,7%)	3 (1,9%)	0,625b
▪ sonstige Ursache	n (%)	0 (0%)	5 (3,2%)	0,062b
neuer oder progredienter Schlaganfall	n (%)	0 (0%)	20 (12,7%)	<0,001a
Reperfusionsoedem	n (%)	2 (1,4%)		
neurologische Verschlechterung	n (%)	1 (0,7%)	12 (10,5%)	<0,001a
▪ mäßig (2–3 NIHSS Punkte)	n (%)	1 (0,7%)	6 (5,3%)	0,048b
▪ relevant (≥ 4 NIHSS-Punkte)	n (%)	0 (0%)	6 (5,3%)	0,008b
zerebrale Blutung	n (%)	0 (0%)	36 (22,8%)	<0,001a
▪ Minor	n (%)	0 (0%)	19 (12%)	<0,001a
▪ Major (PH2)	n (%)	0 (0%)	17 (10,8%)	<0,001a
▪ symptomatisch (sICH)	n (%)	0 (0%)	12 (7,6%)	<0,001a
▪ letal	n (%)	0 (0%)	8 (5,1%)	0,008b
Gefäßkomplikationen	n (%)	1 (0,7%)	31 (19,6%)	<0,001a
▪ symptomatisch	n (%)	0 (0%)	7 (4,4%)	0,016b
▪ Stentthrombose	n (%)	1 (0,7%)	16 (10,1%)	<0,001a
vollständig	n (%)	0 (0%)	9 (5,7%)	0,004b
symptomatisch	n (%)	0 (0%)	3 (1,9%)	0,25b
▪ Embolisation	n (%)	0 (0%)	14 (8,9%)	<0,001a
symptomatisch	n (%)	0 (0%)	3 (1,9%)	0,25b
▪ Dissektion	n (%)	0 (0%)	4 (2,5%)	0,125b
symptomatisch	n (%)	0 (0%)	1 (0,6%)	1b
▪ Carotis-Cavernosus-Fistel	n (%)	0 (0%)	2 (1,3%)	0,5b
neurologische Komplikationen	n (%)	3 (2,1%)	67 (42,4%)	<0,001a
▪ symptomatisch	n (%)	0 (0%)	27 (17,1%)	<0,001a
nicht-neurologische Komplikationen	n (%)	7 (5%)	50 (31,6%)	<0,001a
▪ letal	n (%)	1 (0,7%)	25 (15,8%)	<0,001a
▪ akuter Myokardinfarkt	n (%)	1 (0,7%)	4 (2,5%)	0,375b
letal	n (%)	1 (0,7%)	2 (1,3%)	1b
▪ Pneumonie	n (%)	2 (1,4%)	40 (25,3%)	<0,001a
letal	n (%)	0 (0%)	3 (1,9%)	0,25b
▪ Leistenhämatom	n (%)	2 (1,4%)	8 (5,1%)	0,109b
▪ Femoralarterienverschluss	n (%)	1 (0,7%)	1 (0,6%)	1b

Fett gedruckte p-Werte waren statistisch signifikant. NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale; PH2: Parenchymale Hämorrhagie Typ 2 (Einblutung in >30% des Infarktgebietes mit relevanter raumfordernder Wirkung); sICH: symptomatische zerebrale Blutung. a Chi-Quadrat-Test; b: exakter Test nach Fischer.

unseren Ergebnissen spielen Stent-Thrombosen beim elektiven Stenting kaum eine Rolle, sodass unseres Erachtens keine Notwendigkeit zur Testung besteht. Für Notfalleingriffe ist anstelle der von uns bevorzugten Gabe von ASS i. v. + Ticagrelor per Magensonde die Verwendung eines GP IIb/IIIa-Hemmers wie Tirofiban i. v. mit dem Vorteil eines sofortigen Wirkungseintritts zu diskutieren. Es ist jedoch unklar, ob sich dadurch das Risiko von Blutungskomplikationen erhöht. Nach neueren Registerdaten ist auch beim notfallmäßigen CAS eine aggressive Thrombozytenfunktionshemmung einer alleinigen ASS-Gabe überlegen und führt durch die Prävention von Stent-Thrombosen zu einem besseren klinischen Outcome. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Art des aggressiven Therapieregimes und der Rate der damit verbundenen Blutungskomplikationen ließ sich bei kleinen Fallzahlen in den entsprechenden Subgruppen bislang nicht nachweisen [27, 28].

Wir sind uns bewusst, dass das Thema der antithrombotischen Therapie gerade bei Notfalleingriffen kontrovers diskutiert wird. Eine differenzierte Darstellung würde den Rahmen dieser Arbeit übersteigen und erfordert vermutlich weitere prospektive Multi-centerstudien.

Die eigenen guten Ergebnisse werden auch durch die CAS-Daten aus der verpflichtenden deutschen QS bestätigt, die auch multizentrisch In-Hospital-Schlaganfall- und Todesfallraten bis 4 % bei sympt. Stenosen und bis 2 % bei asympt. Stenosen realistisch erscheinen lassen [12, 29]. Bei Pat. mit asympt. Stenosen werden die guten CAS-Ergebnisse auch innerhalb der ACST-2-Studie bestätigt, die keine signifikanten Unterschiede zur CEA mehr nachweisen konnte [9].

Der Vergleich der elektiven Ergebnisse zu **notfälligen CAS-Eingriffen** beim akuten Schlaganfall zeigt hier signifikant höhere Komplikationsraten und ein schlechteres klinisches Behandlungsergebnis. Mit einer Stent-Thrombose-Rate von 10,1 % und sympt. Blutungen in 7,6 % der Fälle liegen die eigenen Ergebnisse für die wichtigsten CAS-assoziierten Komplikationen im Bereich publizierter Daten aus anderen Studien [30–37]. So führte die relativ aggressive und konsequente TAH nicht zu einer klar erhöhten Blutungsrate. Die im Vergleich zur Literatur [38–41] (10–22 %) geringere Rate an Stentverschlüssen von 5,7 % war möglicherweise auf die sehr frühe Etablierung einer dualen TAH zurückzuführen. Weitere Studien mit größerer Fallzahl sind jedoch erforderlich, um die mit einer notfälligen Stentimplantation verbundenen Risiken zu klären [42]. Unsere technischen Erfolgsraten Reperfusion von 93,3 % mTICI \geq 2b lagen über den publizierten Ergebnissen des deutschen Strokeregisters und des älteren TITAN-Registers [36, 37].

Die für Schlaganfallstudien üblichen 3-Monats-Daten zur Beurteilung des klinischen Behandlungsergebnisses standen für diese Fallserie nicht zur Verfügung. Das Behandlungsergebnis während des stationären Aufenthalts mit Mortalität von 15,6 % und gutem Outcome (NIHSS 0–4) von 40 % ist weitgehend vergleichbar mit anderen CAS-Studien zu Tandemläsionen [36, 37, 43].

Limitierungen unserer Studie sind vor allem durch das retrospektive, monozentrische Studiendesign mit eingeschränkter Fallzahl bedingt. Ein Vergleich mit CEA- und BMT-Gruppen fehlt. Das monozentrische Design hat jedoch den Vorteil, dass die Interventionen nach einem festgelegten Standard durchgeführt wurden und damit die Ergebnisse der CAS nicht durch unterschiedliche Interventionsregime und Materialien beeinflusst sein sollten. Für

Patienten mit sympt. Stenosen wären neue randomisierte Studien erforderlich, deren Durchführbarkeit aktuell nicht realistisch ist. Verpflichtende QS-Register ermöglichen bei vorausgesetzter Untersuchung durch einen unabhängigen Neurologen eine vollständige Erfassung aller Prozeduren mit Bewertung der Qualität.

Schlussfolgerung

Trotz begrenzter Indikationsstellung und Fallzahl ist die Einhaltung Leitlinien-konformer Qualitätskriterien für elektive CAS-Eingriffe bei Pat. mit sympt. und asympt. Stenosen möglich. Eine dem Erfahrungsstand des Interventionalisten angepasste Indikationsstellung sowie Standardisierung von Techniken und Materialien sind dafür wichtige Voraussetzungen.

Notfall-CAS-Eingriffe können bezüglich der QS nicht mit elektiven Fällen verglichen werden. Für deren Zwecke sind eine getrennte Erfassung mit Definition prozedur-bezogener Komplikationen und des klinischen Outcomes erforderlich.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Eckstein HH, Kuehnl A, Berkefeld J et al. S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der extracraniellen Carotisstenose. Langfassung. 2. Auflage. AWMF-Registernummer: 004-028. Im Internet (Stand: 18.04.2023): https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/004-028l_extracranielle-Carotisstenose-Diagnostik-Therapie-Nachsorge_2020-02_03.pdf
- [2] Bonati LH, Kakkos S, Berkefeld J et al. European Stroke Organisation guideline on endarterectomy and stenting for carotid artery stenosis. *Eur Stroke J* 2021; 6: I–XLVII. doi:10.1177/23969873211012121
- [3] Muller MD, Lyrer P, Brown MM et al. Carotid artery stenting versus endarterectomy for treatment of carotid artery stenosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 2: CD000515. doi:10.1002/14651858.CD000515.pub5
- [4] Mas JL, Chatellier G, Beyssens B et al. Endarterectomy versus stenting in patients with symptomatic severe carotid stenosis. *N Engl J Med* 2006; 355: 1660–1671. doi:10.1056/NEJMoa061752
- [5] Ederle J, Dobson J. International Carotid Stenting Study Investigators et al. Carotid artery stenting compared with endarterectomy in patients with symptomatic carotid stenosis (International Carotid Stenting Study): an interim analysis of a randomised controlled trial. *Lancet* 2010; 375: 985–997. doi:10.1016/S0140-6736(10)60239-5
- [6] Ringleb PA, Allenberg J. Space Collaborative Group et al. 30 day results from the SPACE trial of stent-protected angioplasty versus carotid endarterectomy in symptomatic patients: a randomised non-inferiority trial. *Lancet* 2006; 368: 1239–1247. doi:10.1016/S0140-6736(06)69122-8
- [7] Brott TG, Hobson RW, Howard G et al. Stenting versus endarterectomy for treatment of carotid-artery stenosis. *N Engl J Med* 2010; 363: 11–23. doi:10.1056/NEJMoa0912321
- [8] Bonati LH, Dobson J, Featherstone RL et al. Long-term outcomes after stenting versus endarterectomy for treatment of symptomatic carotid stenosis: the International Carotid Stenting Study (ICSS) randomised trial. *Lancet* 2015; 385: 529–538. doi:10.1016/S0140-6736(14)61184-3
- [9] Halliday A, Bulbulia R, Bonati LH et al. Second asymptomatic carotid surgery trial (ACST-2): a randomised comparison of carotid artery stenting versus carotid endarterectomy. *Lancet* 2021; 398: 1065–1073. doi:10.1016/S0140-6736(21)01910-3

- [10] Brott TG, Howard G, Roubin GS et al. Long-term results of stenting versus endarterectomy for carotid-artery stenosis. *N Engl J Med* 2016; 374: 1021–1031. doi:10.1056/NEJMoa1505215
- [11] Eckstein HH, Tsantilas P, Kuhn A et al. Surgical and endovascular treatment of extracranial carotid stenosis. *Dtsch Arztebl Int* 2017; 114: 729–736. doi:10.3238/arztebl.2017.0729
- [12] [Anonym]. Karotis-Revaskularisation – Bundesauswertung zum Erfassungsjahr 2020. Qualitätsindikatoren und Kennzahlen. Berlin: IQTIG – Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen. 2021
- [13] Eckstein HH, Reiff T, Ringleb P et al. SPACE-2: a missed opportunity to compare carotid endarterectomy, carotid stenting, and best medical treatment in patients with asymptomatic carotid stenoses. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2016; 51: 761–765. doi:10.1016/j.ejvs.2016.02.005
- [14] Cheng SF, van Velzen TJ, Gregson J et al. The 2nd European Carotid Surgery Trial (ECST-2): rationale and protocol for a randomised clinical trial comparing immediate revascularisation versus optimised medical therapy alone in patients with symptomatic and asymptomatic carotid stenosis at low to intermediate risk of stroke. *Trials* 2022; 23: 606. doi:10.1186/s13063-022-06429-z
- [15] Mott M, Koroshetz W, Wright CB. CREST-2: identifying the best method of stroke prevention for carotid artery stenosis: national institute of neurological disorders and stroke organizational update. *Stroke* 2017; 48: e130–e131. doi:10.1161/STROKEAHA.117.016051
- [16] Lyden P. Using the National Institutes of Health Stroke Scale: a cautionary tale. *Stroke* 2017; 48: 513–519. doi:10.1161/STROKEAHA.116.015434
- [17] Heck DV, Brown MD. Carotid stenting and intracranial thrombectomy for treatment of acute stroke due to tandem occlusions with aggressive antiplatelet therapy may be associated with a high incidence of intracranial hemorrhage. *Journal of neurointerventional surgery* 2015; 7: 170–175. doi:10.1136/neurintsurg-2014-011224
- [18] Stampfl S, Ringleb PA, Mohlenbruch M et al. Emergency cervical internal carotid artery stenting in combination with intracranial thrombectomy in acute stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014; 35: 741–746. doi:10.3174/ajnr.A3763
- [19] Zaidat OO, Yoo AJ, Khatri P et al. Recommendations on angiographic revascularization grading standards for acute ischemic stroke: a consensus statement. *Stroke* 2013; 44: 2650–2663. doi:10.1161/STROKEAHA.113.001972
- [20] Howard G, Roubin GS, Jansen O et al. Association between age and risk of stroke or death from carotid endarterectomy and carotid stenting: a meta-analysis of pooled patient data from four randomised trials. *Lancet* 2016; 387: 1305–1311. doi:10.1016/S0140-6736(15)01309-4
- [21] Rantner B, Kollerits B, Roubin GS et al. Early endarterectomy carries a lower procedural risk than early stenting in patients with symptomatic stenosis of the internal carotid artery: results from four randomized controlled trials. *Stroke* 2017; 48: 1580–1587. doi:10.1161/STROKEAHA.116.016233
- [22] Poorthuis MHF, Brand EC, Halliday A et al. High operator and hospital volume are associated with a decreased risk of death and stroke after carotid revascularization: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg* 2019; 269: 631–641. doi:10.1097/SLA.0000000000002880
- [23] Calvet D, Mas JL, Algra A et al. Carotid stenting: is there an operator effect? A pooled analysis from the carotid stenting trialists' collaboration. *Stroke* 2014; 45: 527–532. doi:10.1161/STROKEAHA.113.003526
- [24] Bonati LH, Lyrer P, Ederle J et al. Percutaneous transluminal balloon angioplasty and stenting for carotid artery stenosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2012: CD000515. doi:10.1002/14651858.CD000515.pub4
- [25] Knappich C, Kuehn A, Tsantilas P et al. The use of embolic protection devices is associated with a lower stroke and death rate after carotid stenting. *JACC Cardiovasc Interv* 2017; 10: 1257–1265. doi:10.1016/j.jcin.2017.03.032
- [26] Garcia-Ledesma O, Mantilla D, Correa-Ruiz PA et al. Proximal balloon-guided catheter with flow inversion vs. distal filter protection during the carotid stent placement, a seven years experience in a Colombian reference center. *Interv Neuroradiol* 2023; 29: 301–306. doi:10.1177/15910199221085363
- [27] Marnat G, Finistis S, Moreno R et al. Aspirin versus aggressive antiplatelet therapy for acute carotid stenting plus thrombectomy in tandem occlusions: ETIS Registry results. *J Neurointerv Surg* 2022. doi:10.1136/jnis-2022-019527
- [28] Holden D, May CC, Robbins BT et al. Multicenter comparison of antiplatelet treatment strategies for urgent/emergent neuroendovascular stenting. *Interv Neuroradiol* 2023. doi:10.1177/15910199231180003
- [29] Bodzin H, Neumann A, Tremmel R. Qualitätsreport 2020. Berlin: IQTIG – Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen. 2020
- [30] Sivan-Hoffmann R, Gory B, Armoiry X et al. Stent-retriever thrombectomy for acute anterior ischemic stroke with tandem occlusion: a systematic review and meta-analysis. *European radiology* 2017; 27: 247–254. doi:10.1007/s00330-016-4338-y
- [31] Sadeh-Gonik U, Tau N, Friehmann T et al. Thrombectomy outcomes for acute stroke patients with anterior circulation tandem lesions: a clinical registry and an update of a systematic review with meta-analysis. *Eur J Neurol* 2018; 25: 693–700. doi:10.1111/ene.13577
- [32] Wilson MP, Murad MH, Krings T et al. Management of tandem occlusions in acute ischemic stroke—intracranial versus extracranial first and extracranial stenting versus angioplasty alone: a systematic review and meta-analysis. *J Neurointerv Surg* 2018; 10: 721–728. doi:10.1136/neurintsurg-2017-013707
- [33] Coelho A, Lobo M, Gouveia R et al. Overview of evidence on emergency carotid stenting in patients with acute ischemic stroke due to tandem occlusions: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of cardiovascular surgery* 2018; 60: 693–702. doi:10.23736/S0021-9509.18.10312-0
- [34] Dufort G, Chen BY, Jacquin G et al. Acute carotid stenting in patients undergoing thrombectomy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2021; 13: 141–145. doi:10.1136/neurintsurg-2020-015817
- [35] Hellegering J, Uyttenboogaart M, Bokkers RP et al. Treatment of the extracranial carotid artery in tandem lesions during endovascular treatment of acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Translational Medicine* 2020; 8: 1278–1278. doi:10.21037/atm-2020-cass-17
- [36] Feil K, Herzberg M, Dorn F et al. Tandem lesions in anterior circulation stroke: analysis of the german stroke registry-endovascular treatment. *Stroke* 2021; 52: 1265–1275. doi:10.1161/STROKEAHA.120.031797
- [37] Papanagiotou P, Haussen DC, Turjman F et al. Carotid stenting with anti-thrombotic agents and intracranial thrombectomy leads to the highest recanalization rate in patients with acute stroke with tandem lesions. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2018; 11: 1290–1299. doi:10.1016/j.jcin.2018.05.036
- [38] Steglich-Arnholm H, Holtmannspotter M, Kondziella D et al. Thrombectomy assisted by carotid stenting in acute ischemic stroke management: benefits and harms. *J Neurol* 2015; 262: 2668–2675. doi:10.1007/s00415-015-7895-0
- [39] Eker OF, Buhlmann M, Dargazanli C et al. Endovascular treatment of atherosclerotic tandem occlusions in anterior circulation stroke: technical aspects and complications compared to isolated intracranial occlusions. *Front Neurol* 2018; 9: 1046. doi:10.3389/fneur.2018.01046
- [40] Renu A, Blasco J, Laredo C et al. Carotid stent occlusion after emergent stenting in acute ischemic stroke: incidence, predictors and clinical relevance. *Atherosclerosis* 2020; 313: 8–13. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2020.09.002

- [41] Pop R, Hasiu A, Mangin PH et al. Postprocedural antiplatelet treatment after emergent carotid stenting in tandem lesions stroke: impact on stent patency beyond day 1. *AJNR Am J Neuroradiol* 2021. doi:10.3174/ajnr.A6993
- [42] Zhu F, Hossu G, Soudant M et al. Effect of emergent carotid stenting during endovascular therapy for acute anterior circulation stroke patients with tandem occlusion: a multicenter, randomized, clinical trial (TITAN) protocol. *Int J Stroke* 2021; 16: 342–348. doi:10.1177/1747493020929948
- [43] Maus V, Borggreffe J, Behme D et al. Order of treatment matters in ischemic stroke: mechanical thrombectomy first, then carotid artery stenting for tandem lesions of the anterior circulation. *Cerebrovascular Diseases* 2018; 46: 59–65. doi:10.1159/000492158