

# Stentgestützte perkutane transluminale Angioplastie der Arteria carotis bei vaskulären Hochrisiko-Patienten – eine therapeutische Alternative?

B. Griewing<sup>1</sup>, F. Brassel<sup>2</sup>, U. Schminke<sup>3</sup>, Ch. Kessler<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Neurologische Klinik, Rhön Klinikum Bad Neustadt/S.,

<sup>2</sup>Abteilung Neuroradiologie, Medizinische Hochschule Hannover,

<sup>3</sup>Neurologische Klinik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

## Zusammenfassung

Mit dem Abschluß multizentrischer, randomisierter Studien wurde der sekundärprophylaktische Effekt der Karotisendarterektomie hochgradiger Stenosen der Arteria carotis nachgewiesen. Die stentgeschützte perkutane Karotisangioplastie (SA) könnte für Patienten mit einem erhöhten operativen Behandlungsrisiko zu einer therapeutischen Alternative werden.

In einer prospektiven Pilotstudie wurden 25 vaskuläre Hochrisiko-Patienten (4 Frauen, 21 Männer; mittleres Alter  $62,62 \pm 11,6$  Jahre) mit hochgradigen symptomatischen ( $n=14$ ) und rasch progredienten, asymptomatischen ( $n=11$ ) Stenosen der Arteria carotis (nach NASCET-Kriterien) endovaskulär mit SA behandelt. Vor, während und nach der Intervention erfolgte ein intensives neurologisches Monitoring. Die farbkodierte Duplexsonographie wurde vor, 24 Std. sowie drei Monate nach dem Eingriff durchgeführt. Eine Kontrollangiographie erfolgte ebenfalls nach drei Monaten.

Der mittlere Stenosegrad der Arteria carotis wurde angiographisch von  $87,5 \pm 10,2\%$  auf  $6,8 \pm 19,6\%$  reduziert. Während des stationären Aufenthalts erlebten drei Patienten eine TIA (zwei im Rahmen einer transienten Herzrhythmusstörung), ein Patient einen kompletten Hirninfarkt. Mit der farbkodierten Duplexsonographie konnten alle Fälle nach Stentimplantation effektiv beurteilt werden: In drei Fällen verblieb nach dem Eingriff eine Reststenose von 50–60%, in zwei Fällen kam es im weiteren Verlauf zu einem kompletten Verschluß des Stent.

Zusammenfassend ermutigen die Ergebnisse bezüglich einer weiteren Verbreitung der Methode, allerdings müssen erst vergleichende randomisierte Studien abgewartet werden.

**Schlüsselwörter:** Arteria carotis, Stent, Angioplastie

## Carotid angioplasty with stent implantation in patients at surgical high risk – a therapeutic alternative?

B. Griewing, F. Brassel, U. Schminke, Ch. Kessler

### Abstract

Recently, several randomized multicenter trials have demonstrated the effect of carotid endarterectomy (CE) for secondary prevention of stroke in case of a high-grade carotid artery stenosis. Carotid angioplasty with stent implantation (SA) could be a therapeutic alternative in case of an increased risk for an operation.

In a prospective pilot study, 25 vascular high-risk patients (21 male, 4 female, mean age  $62,62 \pm 11,6$  years) with a high-grade symptomatic ( $n=14$ ) or asymptomatic ( $n=11$ ) carotid artery stenosis received endovascular treatment with SA. Prior, during and after SA an intensive neurological monitoring was performed. Furthermore, all patients underwent color coded duplex sonography prior, 24 hours and 3 months after SA. An additional angiography (DSA) was performed after 3 months.

The mean degree of the carotid artery stenosis was reduced from  $87,5 \pm 10,2\%$  to  $6,8 \pm 19,6\%$  as assessed by DSA. During hospitalization, 3 patients suffered from TIA (in 2 cases caused by cardiac arrhythmia) and one patient had a complete stroke. In all patients, color coded duplex sonography allowed an effective investigation of the vessels after stent implantation. In 3 cases, a residual 50–60% stenosis was present after SA. During follow up, a complete stent occlusion occurred in 2 cases.

In summary, the results of the present study are encouraging. However, a wide use of this method can not be recommended until randomized trials that compare SA with CE are completed.

**Key words:** carotid artery, stent, angioplasty

Neurol Rehabil 2000; 6 (3): 134-139

## Einleitung

Mit verschiedenen multizentrischen, randomisierten Studien (NASCET [1]; ECST [7]; ACAS [6]) wurde in den letzten zehn Jahren der sekundärprophylaktische Effekt der Karotisthrombendarteriektomie hochgradiger symptomatischer und asymptomatischer Stenosen der Arteria carotis nachgewiesen. Gemäß dieser Studien betrug z. B. das Risiko bezüglich Schlaganfall oder Tod zwischen 5,8% und 7,5% innerhalb der ersten 30 Tage nach Operation symptomatischer Karotisstenosen.

Seit 1980 wurden mehrfach Ergebnisse zur perkutanen transluminalen Angioplastie (PTA) an supraaortalen Arterien publiziert [4, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 15]. Trotzdem wird die PTA bis heute in der klinischen Praxis eher zurückhaltend angewandt und allenfalls als Alternative zur operativen Maßnahme bei chirurgisch schwer angehbaren Lokalisationen von Stenosen hirnversorgender Arterien eingesetzt. Hauptgrund gegen die Verbreitung der PTA ist die Befürchtung, bei der PTA von hirnzuführenden Gefäßen eine zerebrale Embolie auszulösen. Diese Gefahr resultiert aus dilatationsbedingten Gefäßschäden mit Intima- und Mediaruptur sowie dem Aufbrechen von arteriosklerotischen Plaques mit Ablösung von oberflächlichen Plaqueanteilen [2, 9]. Um diesem Risiko entgegenzuwirken, wird von vielen Autoren die Verbindung der PTA mit der Stenttechnologie verlangt [3, 14, 16, 17, 18].

In einer prospektiven Pilotstudie stellen wir die stentgeschützte perkutane transluminale Angioplastie (SA) der Arteria carotis bei vaskulären Hochrisiko-Patienten, bei denen von einem chirurgischen Vorgehen abgesehen wurde, vor und diskutieren die Frage ihres sekundärprophylaktischen Potentials beim Schlaganfall.

## Patienten und Methoden

### Patienten

Im Zeitraum von Oktober 1996 bis November 1998 wurden bei 25 Patienten (4 Frauen, 21 Männer; mittleres Alter  $62,62 \pm 11,6$  Jahre) an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität in Greifswald endovaskuläre Interventionen an den Karotiden gemäß eines standardisierten Protokolls vorgenommen. Gemäß den angiographischen Stenosegradkriterien nach NASCET hatten 14 Patienten symptomatische, 11 Patienten asymptomatische hochgradige Stenosen  $>70\%$  der A. carotis. In 24 Fällen wurden Stenosen der A. carotis interna (in einem Fall bilateral) sowie bei einem weiteren Patienten eine Stenose der A. carotis externa bei Verschluss der ipsilateralen A. carotis interna und überwiegender Kollateralisation über das stenosierte Gefäß dilatiert. Zusätzliche Entscheidungskriterien aus der Angiographie und/oder der Ultraschalldiagnostik waren: Insuffiziente Kollateralisation, rasch progrediente Stenosierung innerhalb des letzten Jahres, zusätzliche Mehrgefäßerkrankung hirnversorgender Gefäße. Tab. 1 zeigt die wichtigsten klinischen Basisinformationen zu unseren Patienten.

Alle Patienten wurden in interdisziplinärer Absprache (Neurologie, Innere Medizin, Anästhesie, Neuroradiologie, Gefäßchirurgie) nach folgenden klinischen Kriterien von einem operativen Vorgehen ausgeschlossen: Mehr als zwei hochgradige Stenosen oder Verschlüsse der großen extra- und intrakraniellen Arterien (Karotiden, Aa. vertebrales, Hauptäste des Circulus arteriosus Willisii); Alter  $>80$  Jahre; Herz-, Lungen-, Leber- oder Nierenerkrankung mit einem zu hohen Risiko für eine reguläre Narkose; instabile Angina pectoris oder Myokardinfarkt in den letzten sechs Monaten; größerer operativer Eingriff in den letzten 30 Tagen. Von einer SA wurden Patienten in folgenden klinischen Situationen ausgeschlossen: Intrakranieller Tumor oder arteriovenöse Malformation vorhanden; schwere Behinderung nach einem Schlaganfall oder bei Demenz; periphere arterielle Erkrankung, die einen interventionellen Zugang verhindert sowie Patienten, die nicht in der Lage sind, ihr informiertes Einverständnis zu geben.

### Klinische, sonographische, radiologische Protokolle

Die stationäre Aufnahme erfolgte 2–3 Tage vor dem Eingriff in die Neurologische Klinik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität. Vor jeder Intervention wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- klinisch-neurologische und allgemeine körperliche Untersuchung,
- Doppler- und duplexsonographische Untersuchung extra- und intrakranieller Arterien,
- laborchemische Routinewerte,
- kraniale CT bzw. MRT mit CT/MR-Angiographie.

Vor jedem Eingriff wurden die Patienten anhand eines Aufklärungsbogens und einer Skizze ausführlich über die geplanten Maßnahmen einschließlich der potentiellen Risiken aufgeklärt (sogenannter »Heilversuch«) und Behandlungsalternativen aufgezeigt.

Während der Intervention erfolgte ein neurologisches und internistisches Monitoring (neurologischer Befund, Blutdruck, Pulsfrequenz).

Nach der neuroradiologischen Intervention wurden alle Patienten zunächst für 24 Stunden in der Stroke Unit der Neurologischen Klinik überwacht. Dort erfolgte nochmals eine klinisch-neurologische und allgemeine körperliche Untersuchung. Eine doppler- und duplexsonographische Beurteilung des Stents wurde innerhalb von 24 Stunden durchgeführt. Erste follow up-Untersuchungen fanden nach drei Monaten statt. Alle Patienten stellten sich in der neurovaskulären Sprechstunde der Neurologischen Klinik vor, wo sie klinisch-neurologisch, allgemein-körperlich sowie apparativ mit der Doppler- und Duplexsonographie im Stentbereich untersucht wurden. Nach drei Monaten erfolgte auch eine selektive Angiographie der jeweiligen A. carotis in vier Ebenen. Die Stent-Implantation wurde in der Regel in Stand-by-Anästhesie durchgeführt (23 von 25 Patienten, 92%). Bei zwei Patienten (8%) war eine Intubationsnarkose erforderlich, da neben dem Stenting die Embolisation eines Aneurysmas erfolgte.

Pat. Nr.	Alter/Geschl.	Anamnese		Gefäß	Lumen		Stenosen-Progression	AVHA
		ipsilateral	kontra-lateral		Ver-schluß	Stenose		
1	68/w	TIA		R-ACI		*		L-Sub. S
2	63/m	Asy	Stroke	L-ACI R-ACI	*	*	*	L-AV S R-AV S2 L-ACE S
3	77/m	Asy	Stroke	L-ACI R-ACI	*	*		R-AV V
4	56/m	Stroke	Stroke	L-ACE L-ACI	*	*		R-AV V L-AV V
5	59/w	TIA		L-ACI		*		L-AV V L-Sub. S
6	47/w	TIA		L-ACI			Dissekat	
7	58/m	Asy	Stroke	L-ACI R-ACI	*	*		R-AV V
8	62/m	TIA	TIA	L-ACI R-ACI	*	*		L-ACE S R-ACE S
9	68/m	Asy	TIA	L-ACI R-ACI	*	*	*	L-ACE S
10	61/m	Asy		L-ACI		*	*	L-ACE S
11	72/m	TIA		R-ACI		*	*	L-AV S
12	47/m	TIA		R-ACI		*		
13	62/m	Asy	Stroke	L-ACI R-ACI	*	*		L-ACE S
14	72/m	Asy	Asy	L-ACI R-ACI	*	*	*	L-ACE S R-ACE S
15	72/w	Stroke	Asy	L-ACI R-ACI		*	*	L-ACE S R-ACE S R AV S
16	22/m	Stroke		R-ACI			Aneurysma	
17	61/m	Asy	Asy	L-ACI R-ACI		*	*	L-AV S
18	65/m	Stroke	Asy	R-ACI L-ACI	*	*		L-ACE S R-ACE S L-AV S
19	76/m	TIA	Asy	L-ACI R-ACI		*	*	L-ACE S
20	61/m	Stroke	Asy	L-ACI R-ACI		*	*	L-AV V R-AV S
21	69/m	Asy	Asy	R-ACI L-ACC	*	*	*	L-AV V L-Sub. S
22	65/m	Stroke		R-ACI		*		R-AV S L-AV S
23	62/m	Stroke Asy		L-ACI R-ACI		*	*	L-AV S R-AV S R-Sub. S
24	77/m	Asy	Asy	L-ACI/ ACC R-ACI		*	*	
25	57/m	Asy	Asy	R-ACI L-ACI		*	*	L-AV S R-ACE S

Tab. 1: Klinische Basisdaten der 25 Patienten zur Stent-Implantation

ACI Arteria carotis interna, TIA Transiente ischämische Attacke, S Stenose, ACC Arteria carotis communis, Asy Asymptomatisch, V Verschuß, ACE Arteria carotis externa, AV Arteria vertebralis, S2 2 Stenosen, Sub. Arteria subclavia, AVHA andere Verschlüsse hirnversorgender Arterien

Die angiographische Intervention erfolgte zunächst mit einer Darstellung des Aortenbogens und der selektiven Darstellung der A. carotis communis und A. subclavia beidseits. Die zerebrale Gefäßversorgung wurde in zwei Ebenen dargestellt. Der Stenosegrad wurde prozentual im Verhältnis zum Durchmesser eines normalen Gefäßsegmentes distal der Stenose angegeben (gemäß NASCET-Methode). Alle Eingriffe wurden an einer Einebenen-Angiographieanlage der Firma Siemens durchgeführt (Angiostar, Siemens, Erlangen). Bei hochgradigen Stenosen, die eine primäre Passage mit dem Stentkatheter nicht erlaubten, war eine Vor-dilatation mit einem kleineren PTA-Ballon (2–3 mm Durchmesser) erforderlich. Danach und in den anderen Fällen sofort wurde der Stentkatheter (Wallstent der Fa. Schneider, 6–9 mm Durchmesser, 20–64 mm Länge) durch die Stenose hindurch bis in einen nichtstenotischen distalen Abschnitt der A. carotis implantiert. Danach wurde über den liegenden Führungsdraht eine Ballondilatation bzw. Nachdilatation der Stenose durch Stentaufdehnung unter hohem Druck (12–14 atü) über Sekunden bis zum Erreichen eines Normallumens der A. carotis durchgeführt.

Bis fünf Stunden vor dem Beginn der Intervention wurden alle Patienten vollheparinisiert, unmittelbar vor dem Eingriff erfolgte die intraarterielle Gabe von 5.000–10.000 I.E. Heparin zur Thromboembolieprophylaxe. Die Nachbehandlung erfolgte mit i. v. Gabe von Heparin (PTT=60 Sekunden) mindestens während der ersten 48 Stunden nach dem Eingriff. Die ASS-Gabe (3x100 mg/Tag) wurde als Dauertherapie in allen Fällen fortgeführt. Simultan erfolgte die Gabe von 2x250 mg Ticlopidin bzw. 1x75 mg Clopidogrel pro Tag über die ersten drei Wochen.

## Ergebnisse

### Klinische Ergebnisse

Die basalen klinischen Charakteristika der 25 behandelten Patienten werden in der Tab. 1 gezeigt. 40% der Patienten hatten zusätzliche kontralaterale Karotisokklusionen, 56% hatten zusätzliche Stenosen oder Verschlüsse der vertebro-basilären Gefäße. 71% der Patienten litten unter einer schweren koronaren Herzerkrankung. Alle Patienten wurden für eine SA-Behandlung nach einer ambulanten oder stationären Behandlung wegen einer transitorischen ischämischen Attacke oder eines kompletten Schlaganfalls interdisziplinär vorgestellt. Die mittlere Länge des jeweiligen Krankenhausaufenthaltes betrug  $2,2 \pm 1,3$  Tage (Spanne von minimal 1 bis maximal 11 Tagen).

An klinischen Ereignissen ergab sich ein Schlaganfall bereits in der diagnostischen Phase der Angiographie ohne Implantation des Stents. In drei anderen Beispielen trat jeweils eine TIA während des Eingriffs auf, auch in den folgenden computertomographischen oder magnetresonanztomographischen Untersuchungen fanden sich keine bleibenden morphologischen Korrelate dazu. Zwei der Patienten mit einer TIA erlitten zum Zeitpunkt der klinischen Beschwerden eine transiente Sinusarrhythmie und/oder

-bradykardie während der Stentdilataion. In allen anderen Fällen zeigten sich keine klinischen Auffälligkeiten. Über die ersten drei Monate der Verlaufskontrollen traten keine weiteren klinischen Beschwerden bei den Patienten auf.

### Angiographische und sonographische Ergebnisse

Die stentgestützte Karotisangioplastie war zunächst bei 24 der 25 Patienten erfolgreich durchgeführt worden. Keiner der Patienten benötigte einen zweiten Behandlungsversuch oder einen notfallmäßigen operativen Eingriff. 23 Patienten hatten arteriosklerotische Läsionen, ein Patient eine Karotidisdissektion sowie ein weiterer Patient ein extrakraniell lokalisiertes partiell thrombosiertes Aneurysma der A. carotis interna.

Die sonographischen und angiographischen Stenosegradierungen vor und drei Monate nach dem Eingriff werden in Abb. 1 dargestellt. Alle Stents konnten in der farbkodierten Duplexsonographie gut beurteilt werden. In drei Fällen konnten nach den ersten 24 Stunden sonographisch gemäß den gemessenen Blutflußgeschwindigkeiten im Bereich der Stents Reststenosen von 50–60% festgestellt werden. Diese sind jedoch durch eine nicht vollständige Dilatation des Gefäßes bedingt und nicht als beginnende Thrombosierung zu werten. Einer dieser drei Fälle betraf den Stent der A. carotis externa, der zunächst eine 60% Reststenose aufwies, aber im weiteren Verlauf sich einschließlich der ipsilateralen A. carotis communis asymptomatisch verschlossen hatte, was auch angiographisch bestätigt wurde. Der Patient selbst hatte keine klinischen Beschwerden. Bei einem weiteren Patienten war bereits nach der ersten sonographischen Kontrolle ein kompletter Verschuß des ACI-Stent festzustellen, der allerdings klinisch ebenfalls ohne Symptome blieb.

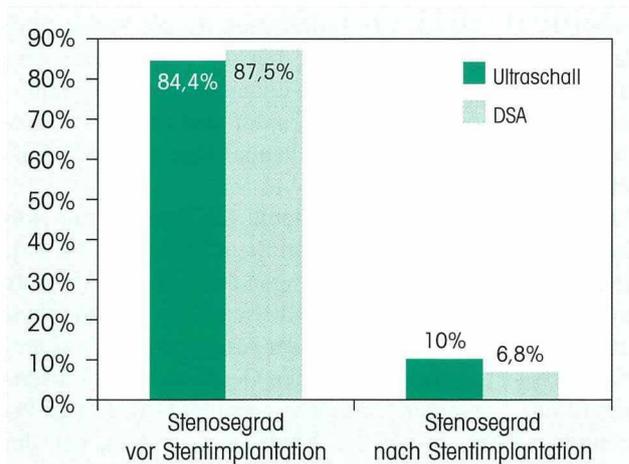
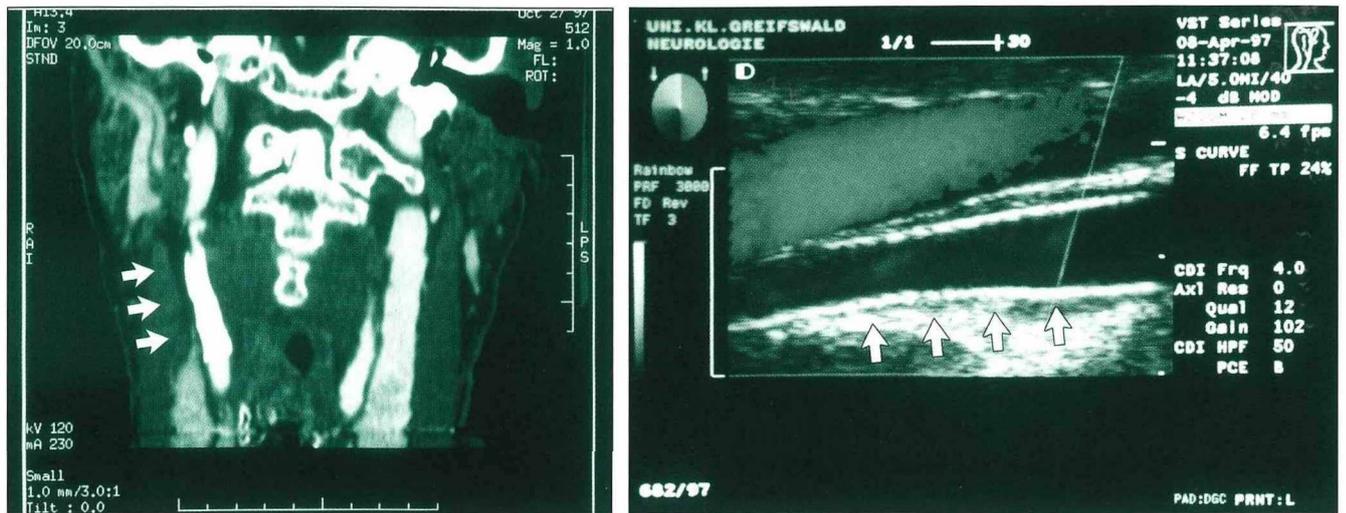


Abb. 1: Angiographische und duplexsonographische Stenosegrade der Arteria carotis vor und nach Stent-Implantation

## Diskussion

Hochgradige symptomatische und asymptomatische Stenosen der Arteria carotis durch Arteriosklerose gehören zu



**Abb. 2a und b:** CT-Angiographie (a) und farb-kodierte Duplexsonographie (b) nach Stent-Implantation und Angioplastie einer hochgradigen Stenose der Arteria carotis

den häufigsten Ursachen eines ischämischen Hirninfarktes. Prospektive Studien Anfang der achtziger bis Mitte der neunziger Jahre zeigten bei erfahrenen Operateuren eine Überlegenheit der chirurgischen Behandlung von >70%igen Karotisstenosen gegenüber der medikamentösen Therapie [1, 6, 7]. Allerdings bergen gefäßchirurgische Eingriffe ein erhöhtes Risiko an Mortalität und Morbidität bei Patienten mit multiplen Stenosen hirnersorgender Arterien, schwerer Koronarerkrankung und anderen konsumierenden interistischen Erkrankungen in sich.

Obwohl sie zunächst ohne größere Verbreitung blieben, wurden vereinzelt schon Anfang der achtziger Jahre erste, zum Teil intraoperative Ballondilatationen von Stenosen der Arteria carotis mit günstigen Ergebnissen durchgeführt [5, 8]. Im Verlauf der folgenden Jahre wurden erfolgreiche Ergebnisse der PTA supraaortaler Arterien vielfach publiziert [10, 11, 12, 13, 15]. Limitierend für die Verbreitung der PTA war die Befürchtung, bei der Angioplastie von hirnzuführenden Gefäßen durch dilatationsbedingte Gefäßschäden mit Intima- und Mediaruptur sowie durch Aufbrechen von arteriosklerotischen Plaques eine zerebrale Embolie auszulösen [2, 9].

Diesem Problem konnte man durch die Kombination von Stent und nachfolgender PTA im Stent begegnen [14, 15]. Ständige technische Verbesserungen des Kathetermaterials und die Diskussion um Sinn und Nutzen der Stentimplantation in Halsgefäße hat die SA der Arteria carotis zu einem vieluntersuchten und -diskutierten Gegenstand der wissenschaftlichen Auseinandersetzung gemacht [16]. Einige Pilotstudien haben bisher den Eindruck vermittelt, daß die stentgestützte Angioplastie eine effiziente Therapie in der sekundären Schlaganfallprophylaxe bei Patienten mit hochgradigen Karotisstenosen werden könnte [17, 18]. In diesen Untersuchungen wurde meist ein sehr inhomogenes Patientengut untersucht, so eine große Zahl von Fällen, die gerade von einer operativen Therapie profitiert hätten.

Daher haben wir bei geforderter einvernehmlicher interdisziplinärer Absprache und den genannten klinischen Krite-

rien in einem relativ langen Zeitraum von knapp zwei Jahren nur 25 Patienten in diese Studie einschließen können. Wir erlebten durch ein intensives neurologisches Monitoring dieser Patienten vor, während und nach dem Eingriff – was sicherlich in anderen Studien bisher nicht unbedingt die Regel war – dreimal eine transitorische ischämische Attacke und einen kompletten Hirninfarkt. Zwei der Patienten mit einer TIA erlitten gleichzeitig eine Herzrhythmusstörung aufgrund der mechanischen Wanddehnung der Arteria carotis nach Stentimplantation und Dilatation. In der klinischen Folgebeobachtung von mindestens drei Monaten wurden bisher keine weiteren Auffälligkeiten festgestellt. Im Vergleich zu anderen Autoren, wie *Yadav et al.* [18], die bei 107 Patienten in einem Beobachtungszeitraum bis 30 Tage nach dem Eingriff ein Risiko für Tod und Schlaganfall von 9,6% beobachtet hatten, erscheint unsere Komplikationsrate von 16% hoch. Allerdings ist das vaskuläre Risikoprofil unserer Patienten auch deutlich höher als in der Vergleichsstudie gewesen.

Eine weitere Erfahrung in dieser Studie war, daß die farb-kodierte Duplexsonographie eine umfassende Beurteilung der Arteria carotis vor und nach Stentimplantation bezüglich Blutfluß und morphologischer Kriterien ermöglichte (Abb. 2a und b). Alle Stents konnten sonographisch bewertet werden, auch korrelierten sie in den bisherigen Vergleichen mit der jeweiligen Stenosegraduierung durch die Angiographie signifikant. Wir werden daher den Ultraschall gerade für die Langzeitverlaufsbeobachtung der Stents zur Frage der Restenosierungsrate gut verwenden können, auch sollte er in anstehenden Multicenter-Studien verwendet werden.

Um die stentgestützte Angioplastie (SA) der Arteria carotis wissenschaftlich zu evaluieren, sind große randomisierte Vergleichsstudien mit der Karotisthrombendarteriektomie unverzichtbar. Trotz aller beschriebenen positiven Eindrücke zu dieser Technik muß sie daher derzeit noch als ungeprüft und experimentell einschließlich ihrer Bedeutung zur Sekundärprophylaxe beim Schlaganfall einge-

schätzt werden. Studien mit großen Patientenzahlen und langer Nachbeobachtungszeit sind sowohl in Europa als auch in den USA in aktiver Vorbereitung.

In jedem Fall ist bei klinischem Einsatz dieser Technik eine interdisziplinäre Teamarbeit von Neurologen, Kardiologen, Anästhesisten, Radiologen und Gefäßchirurgen gefordert, wobei der Neurologe die entscheidenden klinischen Kriterien festlegen muß.

## Literatur

1. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 1991; 25: 445-453
2. Benichou H, Bergeron P: Carotid angioplasty and stenting: Will periprocedural transcranial Doppler monitoring be important? *J Endovasc Surg* 1996; 3: 217-223
3. Bergeron P, Chambran P, Benichou H, Alessandri C: Recurrent carotid disease: Will stents be an alternative to surgery? *J Endovasc Surg* 1996a; 3: 76-79
4. Bergeron P, Chambran P, Hartung O, Bianca S: Cervical carotid artery stenosis: Which technique, balloon angioplasty or surgery? *J Cardiovasc Surg Torino* 1996b; 37: 73-75
5. Block PC, Baughman KL, Pasternak RC, Fallon JT: Transluminal angioplasty: Correlation of morphologic and angiographic findings in an experimental model. *Circulation* 1980; 61: 778-785
6. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. *JAMA* 1995; 273: 1421-1428
7. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: Final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998; 337: 1235-1243
8. Kachel R: Indikation, Technik und Ergebnisse der PTA an den supraaortalen Arterien. Eine echte Alternative zur Operation? *Angiologie* 1992; 14: 255-262
9. Markus HS, Clifton A, Buckenham T, Brown MM: Carotid angioplasty. Detection of embolic signals during and after the procedure. *Stroke* 1994; 25: 2403-2406
10. Mathias K: Perkutane transluminale Katheterbehandlung supraaortaler Arterienobstruktionen. *Angiologie* 1981; 3: 47-50
11. Mathias K, Gospos C, Thron A, Ahmadi A, Mittermyer C: Percutaneous transluminal treatment of supraaortic artery obstruction. *Ann Radiol Paris* 1980; 23: 281-282
12. Motarjeme A, Keifer JW, Zuska AJ: Percutaneous transluminal angioplasty of the vertebral artery. *Radiology* 1981; 139: 715-717
13. Ritter H, Grossmann K, Basche S, Heerklotz I, Schiffmann R, Schumann E: Die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) von Aortenbogenästen. *Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearmed* 1982; 136: 365-370
14. Roubin GS, Yadav S, Iyer SS, Vitek J: Carotid stent-supported angioplasty: A neurovascular intervention to prevent stroke. *Am J Cardiol* 1996; 78: 8-12
15. Theron J: Angioplasty of brachiocephalic vessels. In: Vinuela F (ed): *Interventional Neuroradiology: Endovascular therapy of the central nervous system*. Raven Press, New York 1992; 167-180
16. Vitek J, Iyer S, Roubin G: Carotid Stenting in 350 vessels: Problems faced and solved. *J Invas Cardiol* 1998; 10: 311-314
17. Yadav JS, Roubin GS, Iyer S, Vitek J, King P, Jordan WD, Fisher WS: Elective stenting of the extracranial carotid arteries. *Circulation* 1997; 95: 376-381
18. Yadav JS, Roubin GS, King P, Iyer S, Vitek J: Angioplasty and stenting for restenosis after carotid endarterectomy. Initial experience. *Stroke* 1996; 27: 2075-2079

### Korrespondenzadresse:

PD Dr. med. habil. Bernd Griewing  
 Neurologische Klinik – Rhön Klinikum  
 von-Guttenberg-Str. 10  
 97616 Bad Neustadt/Saale  
 e-mail: castroke@neurologie-bad-neustadt.de