

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

**Neurochirurgische Möglichkeiten
der Versorgung endovaskulär
vorbehandelter zerebraler
Aneurysmen. Management von
Aneurysmarezidiven, Nachblutungen
und endovaskulären Komplikationen**

Gruber A, Dorfer C, Bavinzski G

Standhardt H, Knosp E

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2010; 11 (1), 46-57

Homepage:

www.kup.at/

JNeurolNeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

77. Jahrestagung

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie



2026
7.–10. Juni
AACHEN

Personalisierte Neurochirurgie – digital, kompetent, vernetzt

Joint Meeting with the Belgian Society and the Dutch
Society of Neurosurgery and Neurosurgeons of Luxembourg

dgnc-kongress.de

*Werfen Sie einen
Blick ins Programm!*



*Registrieren
Sie sich jetzt!*



Neurochirurgische Möglichkeiten der Versorgung endovaskulär vorbehandelter zerebraler Aneurysmen

Management von Aneurysmarezidiven, Nachblutungen und endovaskulären Komplikationen

A. Gruber, C. Dorfer, G. Bavinzski, H. Standhardt, E. Knosp

Kurzfassung: Mit der endovaskulären Coil-Embolisation steht eine hocheffiziente Technik für den minimalinvasiven Verschluss zerebraler Aneurysmen zur Verfügung. In Abhängigkeit von Aneurysmagröße und -morphologie ist bei Einsatz moderner endovaskulärer Techniken mit stabilen Aneurysmaverschlüssen in > 85 % der Fälle zu rechnen. Auch ursprünglich als endovaskulär unbehandelbar eingestufte Läsionen können durch den Einsatz verschiedener Hilfsmittel wie Protektionsballons, intrakraniellen Stents oder modernen semipermeablen Stents, sogenannten „Flow diverter“, häufig therapiert werden. Behandlungspflichtige Aneurysmarezidive können durch endovaskuläre Verfahren, chirurgische Techniken oder auch durch kombiniert multimodale Behandlungen wie den therapeutischen Gefäßverschluss unter Bypassschutz therapiert werden. An unserem Zentrum wird die Mehrzahl behandlungspflichtiger Aneurysmarezidive nach initialer Coil-Embolisation neuer-

lich durch endovaskuläre Techniken versorgt. In einigen Fällen, wie nicht embolisierbaren Aneurysmarezidiven, Nachblutungen oder akuten interventionellen Komplikationen, kann das chirurgische Management endovaskulär vorbehandelter Aneurysmen erforderlich werden. Der vorliegende Bericht gibt einen kurzen Überblick über die häufigsten Behandlungsszenarien.

Abstract: Treatment Strategies for Cerebral Aneurysms Following Insufficient Endovascular Therapy. Neurosurgical Management of Aneurysmal Recurrences, Re-bleedings, and Endovascular Complications. Endovascular treatment of intracranial aneurysms has become an established technique that can provide stable permanent occlusion in > 85 % of cases. Even those aneurysms considered untreatable by endovascular means can now often be managed using adjunctive

measures, e.g. balloon protection devices, intracranial stents, and semipermeable stents, i.e. „flow diverters“. In those cases, in which relevant aneurysm recurrences are documented upon angiographic follow-up, both endovascular and surgical techniques can be employed. In rare cases, combined treatment strategies including parent artery occlusion under bypass protection can be performed. At our center, the majority of relevant aneurysm recurrences after initial coil embolisation are managed by a second endovascular procedure. In some cases, e.g. aneurysm recurrences not feasible for endovascular re-treatment, bleeding from a previously embolised aneurysm, and acute hemorrhagic or ischemic complications during endovascular procedures, surgical management of these lesions can be necessary. The present report briefly outlines the most frequent treatment scenarios. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2010; 11 (1): 46–57.**

■ Einleitung

Die Notwendigkeit zur Behandlung zerebraler Aneurysmen ergibt sich aus der potenziellen Rupturgefahr, wobei die für die Aneurysmaruptur typische Subarachnoidalblutung eine schwere lebensbedrohliche Gehirnblutung darstellt [1–3]. Die Indikation zur Therapie nicht rupturierter Aneurysmen ist nach der Publikation mehrerer Studien Gegenstand intensiver Diskussion [2, 3]. Der Stellenwert der einzelnen Therapieoptionen befindet sich ebenfalls im Wandel, da die endovaskuläre Therapie in der Akutbehandlung rupturierter Aneurysmen stark an Bedeutung gewonnen hat bzw. in bestimmten Fällen zur Therapie der Wahl geworden ist [4, 5].

■ Therapieoptionen

Einen systematischen Überblick über die verfügbaren Techniken zur Behandlung zerebraler Aneurysmen gibt Tabelle 1. Eine detaillierte Darstellung dieser Behandlungsoptionen wurde in einem rezenten Bericht gegeben [6]. Rekonstruktive Therapieverfahren ermöglichen den Verschluss eines Aneurysmas unter Erhalt des aneurysmatragenden Gefäßes, wobei der Verschluss durch mikrochirurgische Clippung [7–14] oder endosakkuläre Coil-Embolisation [15–30] erfolgen kann. Im Falle geometrisch ungünstig konfigurierter Aneu-

rysmen können Coils unter Zuhilfenahme sogenannter „Neck bridging devices“ im Aneurysma abgesetzt werden. Darunter sind endovaskuläre Protektionsballons [31–36], intrakranielle Stents [37–42] und sogenannte „Flow diverter“ [43, 44] zu verstehen. Bei den „Flow diverter“-Systemen handelt es sich um semipermeable Stents, welche den Aneurysmahals wie ein „Covered stent“ verschließen, ohne gleichzeitig überstentete Gefäß- und Perforatorabgänge zu beeinträchtigen. Dadurch wird in Zukunft die Behandlung anatomisch geeigneter Aneu-

Tabelle 1: Techniken zur Behandlung zerebraler Aneurysmen.

Die rekonstruktiven chirurgischen und endovaskulären Verfahren ermöglichen einen selektiven Aneurysmaverschluss unter Erhaltung des aneurysmatragenden Gefäßes. Zur endovaskulären Rekonstruktion anatomisch für die Embolisation ungeeigneter Aneurysmen können „Neck bridging“- und „Flow diverter“-Techniken eingesetzt werden (Protektionsballons, Stents, semipermeable Stents). Die dekonstruktiven Verfahren erreichen den definitiven Aneurysmaverschluss durch gleichzeitigen Verschluss des aneurysmatragenden Gefäßes, wobei sich die einzelnen Techniken durch die zur Kollateralversorgung des Parenchyms distal des Gefäßverschlusses verwendeten Strategien unterscheiden.

Rekonstruktive Verfahren

- Mikrochirurgische Clippung
- Coil-Embolisation
- „Neck bridging“- und „Flow diverter“-Techniken

Dekonstruktive Verfahren

- Therapeutischer Gefäßverschluss („parent artery occlusion“ [PAO])
- PAO unter Bypassschutz
- „Flow modification“-Techniken

Aus der Univ.-Klinik für Neurochirurgie, Medizinische Universität Wien

Korrespondenzadresse: Ao. Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Gruber, Univ.-Klinik für Neurochirurgie, Medizinische Universität Wien, A-1090 Wien, Währinger Gürtel 18–20; E-Mail: andreas.gruber@meduniwien.ac.at

Tabelle 2: Neurochirurgische Möglichkeiten der Versorgung endovaskulär vorbehandelter zerebraler Aneurysmen

Zeitliche Abfolge	1.	→	2.	→	3.	Abb.
Langzeitproblematik	Coil-Embolisation	→	Rest-/Rezidivaneurysma	→	Clippung	1, 2
	Coil-Embolisation	→	Rest-/Rezidivaneurysma	→	Clippung, 2. Aneurysma	3
	Coil-Embolisation	→	Rest-/Rezidivaneurysma	→	EIAB + PAO	4
Spätkomplikationen	Coil-Embolisation	→	Blutung aus Aneurysma-Rezidiv	→	Clippung	5
	Coil-Embolisation	→	Blutung aus Aneurysma-Rezidiv	→	EIAB + PAO	6
Frühkomplikationen	Coil-Embolisation	→	Blutung während Embolisation	→	Clippung	7
	Coil-Embolisation	→	Ischämie während Embolisation	→	Clippung, Coil-Entfernung	8
	Coil-Embolisation	→	Ischämie während Embolisation	→	EIAB	9
	PAO	→	Ischämie nach Embolisation	→	EIAB	10

PAO: „Parent artery occlusion“; EIAB + PAO: therapeutischer Gefäßverschluss unter Bypassschutz

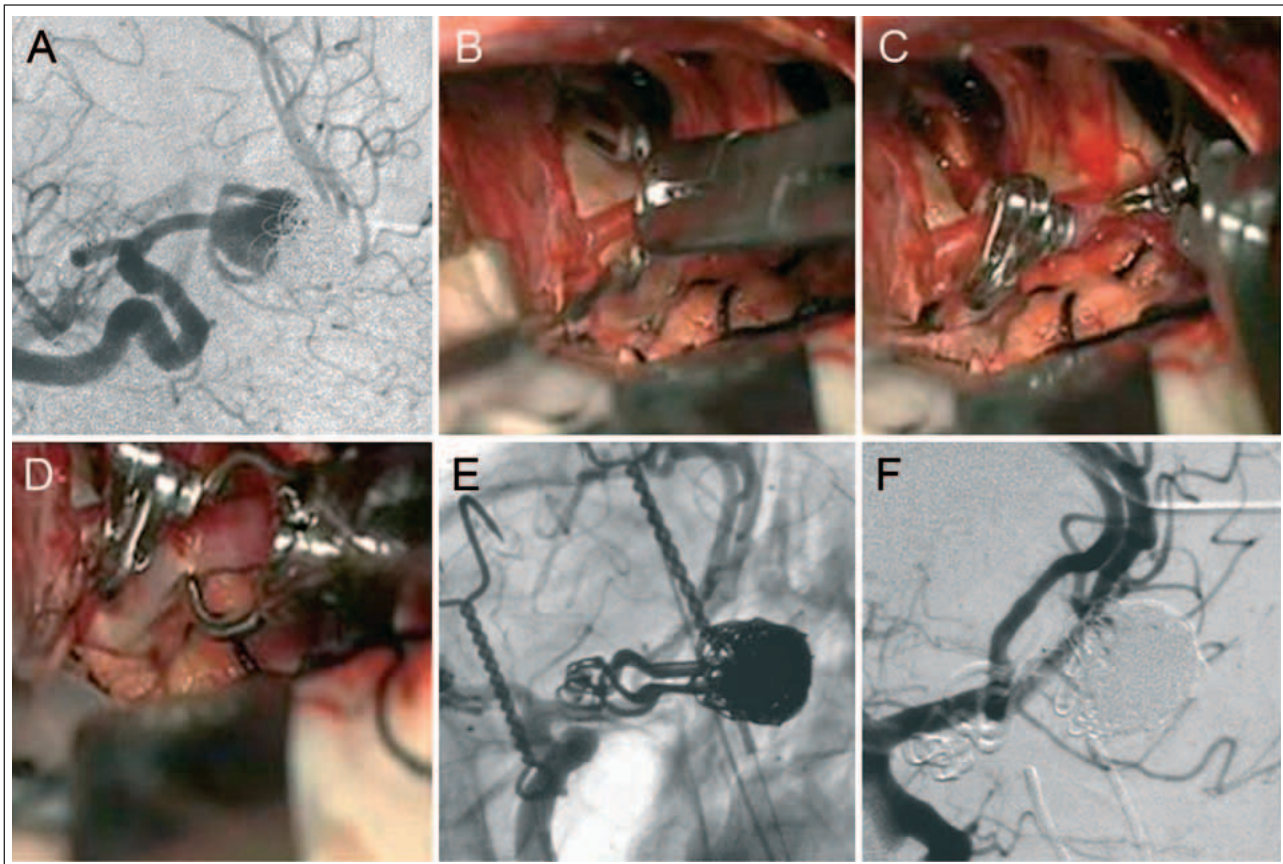


Abbildung 1: Mikrochirurgische Clippung nach Coil-Embolisation. Kontrollangiographie der A. carotis interna rechts 12 Monate nach Coil-Embolisation eines rupturierten, an einem auswärtigen Zentrum akut versorgten Aneurysmas der A. communicans anterior zeigt eine deutliche basale Repermeation, welche für die Reembolisation ohne „Neck bridging device“ anatomisch ungeeignet ist (a). Das Volumen der intra-aneurysmalen Coils macht trotz des relativ großen Resthalses die Clippung des Aneurysmas schwierig (b), erst nach temporärer Clippung der A. cerebri anterior proximal des Aneurysmas (c) ist die Clippung mit 3 Ringclips möglich (d). Intraoperative Angiogramme dokumentieren den korrekten Aneurysmaverschluss (e, f).

rysmen durch Stentimplantation ohne nachfolgendes Coiling möglich werden. Im Gegensatz zu den rekonstruktiven Techniken ermöglichen dekonstruktive Therapieverfahren einen definitiven Aneurysmaverschluss durch gleichzeitigen Verschluss des aneurysmatragenden Gefäßes. Die verschiedenen Verfahren, d. h. therapeutischer Gefäßverschluss („Parent artery occlusion“ [PAO]) ohne Bypassschutz [45–48], therapeutischer Gefäßverschluss nach vorbereitender Bypassoperation [49–56] und die sogenannten „Flow modification“-Techniken [57–61] unterscheiden sich durch die verschiedenen Strategien zur Vermeidung ischämischer Parenchymschäden im arteriellen Gefäßterritorium distal des therapeutischen Gefäßverschlusses.

■ Neurochirurgische Therapieoptionen nach vorangegangener endovaskulärer Behandlung zerebraler Aneurysmen

Tabelle 2 gibt einen kurzen Überblick über die unserer Erfahrung nach häufigsten Szenarien, in welchen endovaskuläre Therapien nicht durchgeführt, abgebrochen oder durch chirurgische Maßnahmen ergänzt bzw. erweitert werden mussten. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf Probleme der routinemäßig durchgeführten endosakkulären Coil-Embolisation und berücksichtigt nur vereinzelt jene Komplikationen, welche durch den Einsatz effizienterer, moderner Verfahren wie stentgestützter Coil-Embolisation

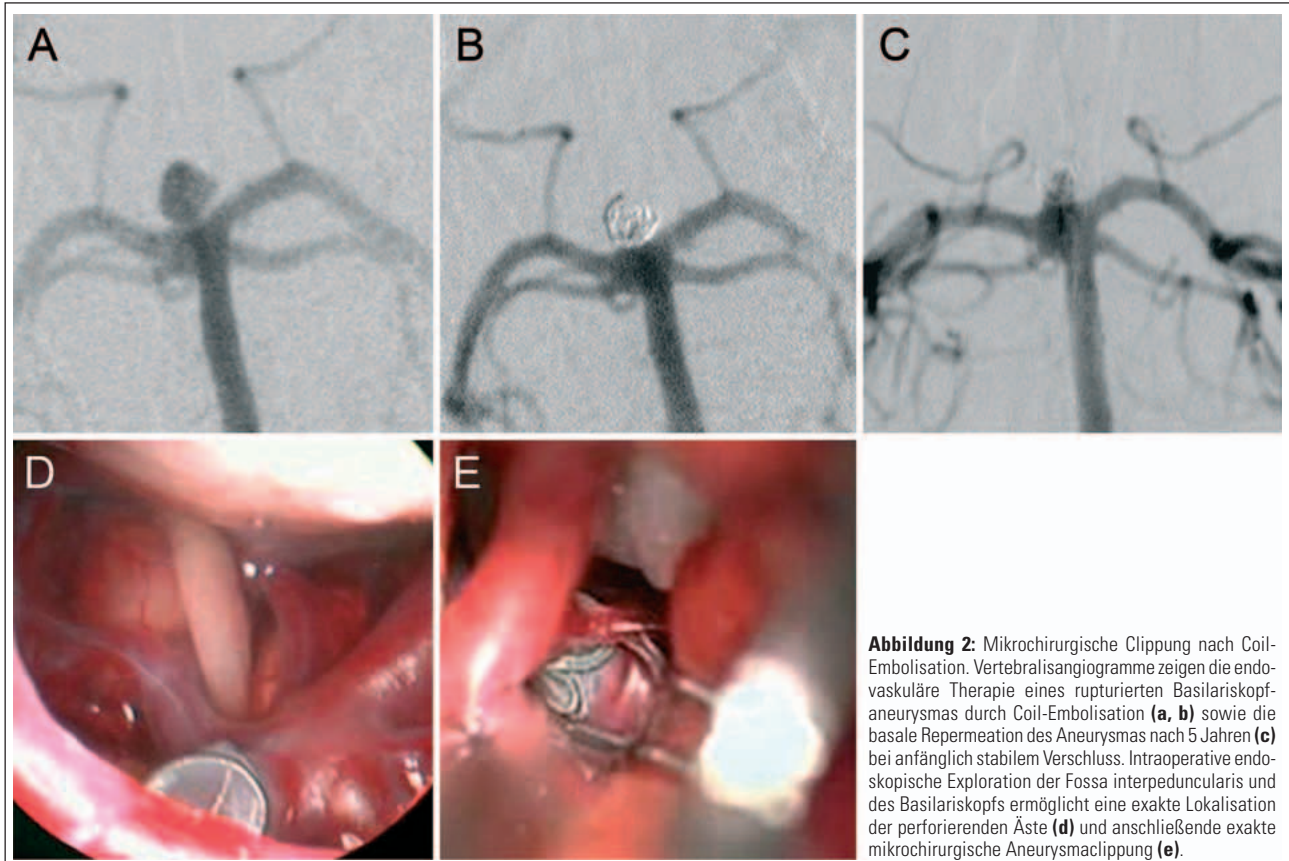


Abbildung 2: Mikrochirurgische Clipping nach Coil-Embolisation. Vertebralisangiogramme zeigen die endovaskuläre Therapie eines rupturierten Basilariskopfaneurysmas durch Coil-Embolisation (a, b) sowie die basale Repermeation des Aneurysmas nach 5 Jahren (c) bei anfänglich stabilem Verschluss. Intraoperative endoskopische Exploration der Fossa interpeduncularis und des Basilariskopfs ermöglicht eine exakte Lokalisation der perforierenden Äste (d) und anschließende exakte mikrochirurgische Aneurysmaclipping (e).

oder Einsatz von Protektionsballons hervorgerufen worden sind. Die letztgenannten Verfahren weisen in der Regel eine höhere Eingriffsmorbidität auf, welche durch den besseren bzw. durch diese Therapie überhaupt erst ermöglichten endovaskulären Aneurysmaverschluss meist aufgewogen wird. Als Beispiele seien die Ruptur intrakranieller Gefäße oder des Aneurysmas durch den Einsatz von Ballonkathetern oder der Verschluss großer Hirnarterien durch Stentthrombose genannt.

Aus der Zahl der in Tabelle 2 dargestellten Szenarien geht hervor, dass die vereinfachende Formulierung „Clip nach Coil“ der Vielfalt der möglichen konzeptionellen und technischen Probleme der endovaskulären Therapie, welche in seltenen Fällen durch chirurgische Techniken gelöst werden müssen, nicht gerecht wird.

■ Endosakkuläre Coil-Embolisation

Das grundlegende Problem der endovaskulären Therapie zerebraler Aneurysmen mit absetzbaren Coils liegt in der Form des Aneurysmaverschlusses. Während durch mikrochirurgische Clipping der Verschluss des Aneurysmahalses durch die physikalische Schlusskraft des Aneurysmaclips erreicht wird, stellt die endovaskuläre Behandlung auf biologische, durch endosakkulär platzierte Coils induzierte Effekte ab. Durch Coil-Embolisation werden selten mehr als 25–30 % des Aneurysmavolumens initial mit Coils aufgefüllt, der überwiegende Anteil des Aneurysmavolumens wird durch Stagnationsthrumbose und später Narbengewebe verschlossen. Die Stabilität des endovaskulären Aneurysmaverschlusses hängt

damit sowohl von der mechanischen Festigkeit der platzierten Coils als auch von der Beschaffenheit des intra-aneurysmal sekundär gebildeten Gewebes ab [62–65]. Coils neuerer Bauart versuchen diesen Nachteil durch besondere Eigenschaften zu kompensieren. Bioaktive Coils besitzen ein eigenes Coating, welches eine heftigere Fremdkörperreaktion mit anschließender ausgeprägter Narbengewebsbildung induzieren soll. Erste klinische Studien mit diesen Coils waren entgegen den hohen in sie gesetzten Erwartungen wenig erfolgversprechend [66–68]. Andere Coils besitzen eine Beschichtung, welche nach Kontakt mit Flüssigkeiten aufquillt, wodurch die Coils nach Absetzen im Aneurysma ein größeres Volumen einnehmen können [69, 70]. Durch diese Steigerung der „Packungsdichte“ auf im Idealfall annähernd 100 % kann theoretisch ein mechanisch stabilerer, weil von biologischen Einflüssen der Blutgerinnung und Narbenbildung weniger stark abhängiger Aneurysmaverschluss erzielt werden [71, 72].

Dennoch bleibt das grundlegende Problem ungelöst, dass der eigentliche Locus minoris resistentiae der Gefäßwand, von welchem das Aneurysma seinen Ausgang nimmt, durch endosakkuläre Coil-Embolisation nicht ausreichend behandelt werden kann. Während der Aneurysmaclip durch mechanischen Halsverschluss eine Reapproximation von gesunden Gefäßwandanteilen ermöglicht, bleibt bei endosakkulärer Coil-Embolisation der Aneurysmahals („orifice“) in vielen Fällen offen [63]. Als Ausdruck einer möglichen, durch Coil-Embolisation induzierten Heilungsreaktion der Gefäßwand wird die histologisch nachweisbare Bildung einer Neointima über den im Aneurysmahals liegenden Coils interpretiert [62,

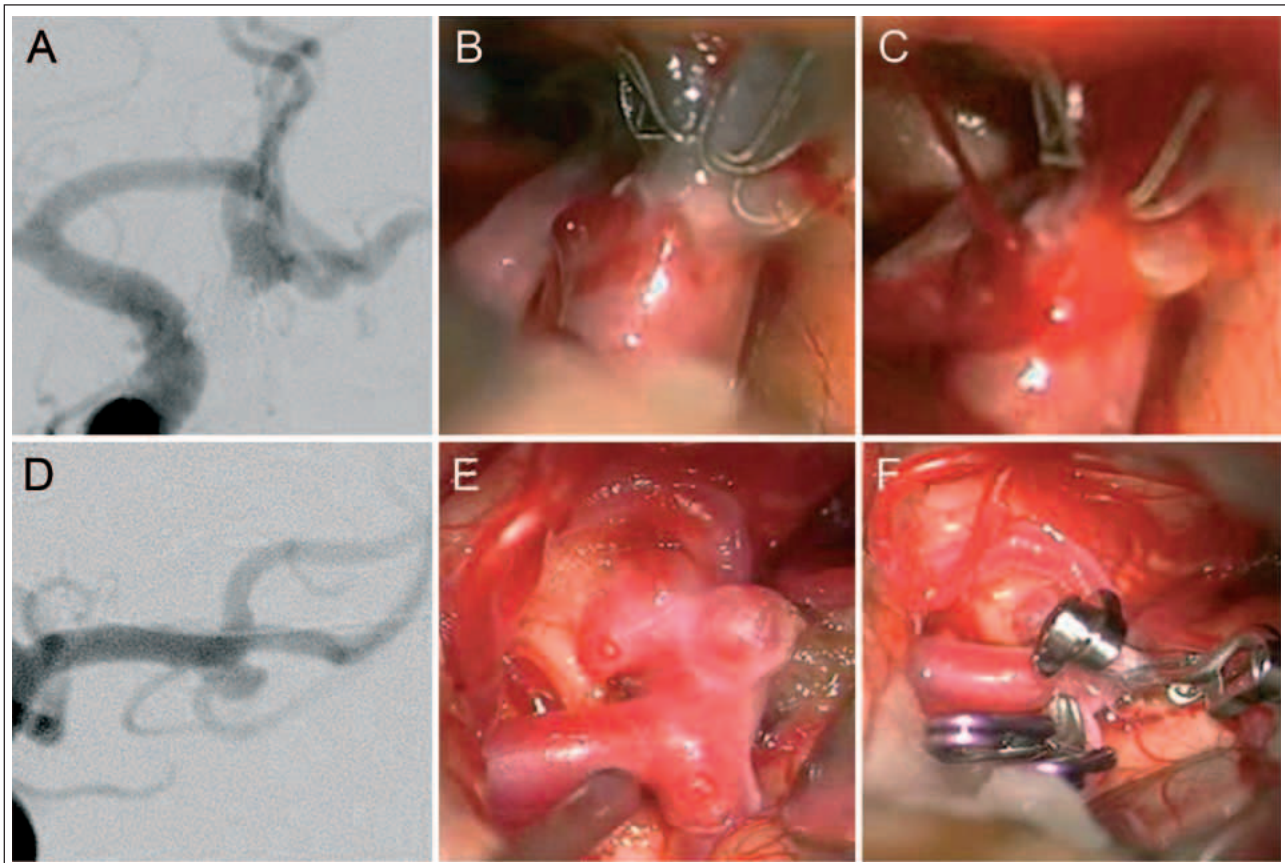


Abbildung 3: Beispiele für dünnwandige Mikroaneurysmen, welche im Rahmen der angiographischen Abklärung nicht diagnostiziert und erst durch mikrochirurgische Exploration als solche erkannt wurden. Angiographie der A. carotis interna rechts zeigt ein mehrfach embolisiertes, rupturiertes Aneurysma der A. communicans anterior (a). Während der Exploration des Aneurysmahalses findet sich ein < 2 mm großes Aneurysma am Abgang der rechten A. pericallosa (b), welches während der weiteren Präparation ohne wesentliches mechanisches Trauma rupturiert (c). Angiogramme der A. carotis interna links zeigen ein blandes Mediaaneurysma (d). Im Zuge der mikrochirurgischen Exploration finden sich multiple, dünnwandige Aneurysmen an der Mediabifurkation (e), welche im Rahmen der interventionellen Therapie als solche nicht erkannt und in weiterer Folge unversorgt geblieben wären. Abbildung 3f zeigt die Clipsektion der Mediabifurkation.

66]. Schlüssige Beweise, dass die Neointimabildung wesentlich zur mechanischen Stabilität des endovaskulären Aneurysmaverschlusses beiträgt, liegen allerdings nicht vor. Durch die Überstentung des Aneurysmahalses wird dieses Problem für seitständige Aneurysmen wahrscheinlich in absehbarer Zeit gelöst werden können. Durch den Einsatz immer weicherer und kleinerer Coils ist es in den vergangenen Jahren gelungen, die intra-aneurysmalen Packungsdichten zu steigern und die Stabilität des endovaskulären Aneurysmaverschlusses zu verbessern [73]. In erfahrenen endovaskulären Zentren liegen die „retreatment rates“ bei 10–15 %, d. h. in > 85 % der Fälle ist davon auszugehen, dass anatomisch geeignete Aneurysmen nach einmaliger Coil-Embolisation ohne zusätzlichen Einsatz von Stents oder anderer Implantate permanent stabil verschlossen bleiben [74]. Für Aneurysmen mit breiten (> 4 mm bzw. breiter als der Durchmesser des aneurysmatragenden Gefäßes) Halsen und Aneurysmen > 15 mm liegen die durchschnittlichen, durch alleinige endosakkuläre Coil-Embolisation möglichen Packungsdichten niedriger, weshalb hier mit schlechterer Langzeitstabilität zu rechnen ist [75].

Aneurysmarezidive durch Coil-Rekompaktierung

Abbildungen 1 und 2 zeigen Fälle initial endovaskulär behandelter Aneurysmen, welche bei angiographischer Nachuntersuchung basale Coil-Rekompaktierung und damit Repermea-

tion des Aneurysmasacks aufwiesen. In den meisten Fällen wird der Versuch einer weiteren endovaskulären Therapie unternommen, welcher in neuerlicher Coil-Embolisation oder in anderen Techniken (Stentung, therapeutischer endovaskulärer Gefäßverschluss) bestehen kann. In jenen Fällen, in denen das reoperierte Aneurysmalumen geometrisch nicht für eine neuerliche Coil-Embolisation geeignet ist und die mikrochirurgische Clippung kein höheres Eingriffsrisiko als die endovaskuläre Therapie mit diversen „Neck bridging devices“ hat, wird in vielen Zentren der chirurgischen Therapieoption der Vorzug gegeben. Wesentlichen Einfluss auf den Erfolg der mikrochirurgischen Therapie nach vorangegangener Coil-Embolisation hat die Größe des aneurysmatischen Resthalses. Bei großen Aneurysmen können Coil- und Thrombusmassen den Schluss der Clipbranchen behindern bzw. vollständig unmöglich machen. Im Gegensatz zu nicht vorembolisierten Aneurysmen, welche – manchmal erst nach temporärer Clippung – weich, komprimierbar und – sofern nicht verkalkt bzw. durch atherosklerotische Plaques am Hals verändert – durch Clips verschließbar sind, sind größere Aneurysmen nach Coil-Embolisation hart und chirurgisch schwieriger zu manipulieren (Abb. 1) [76–80]. Die chirurgische Entfernung intra-aneurysmaler Coils ist nach längerem Intervall zur Embolisation oft nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich, da die Coils häufig narbig in die Aneurysmawand eingebaut werden. Im Gegensatz dazu ist die

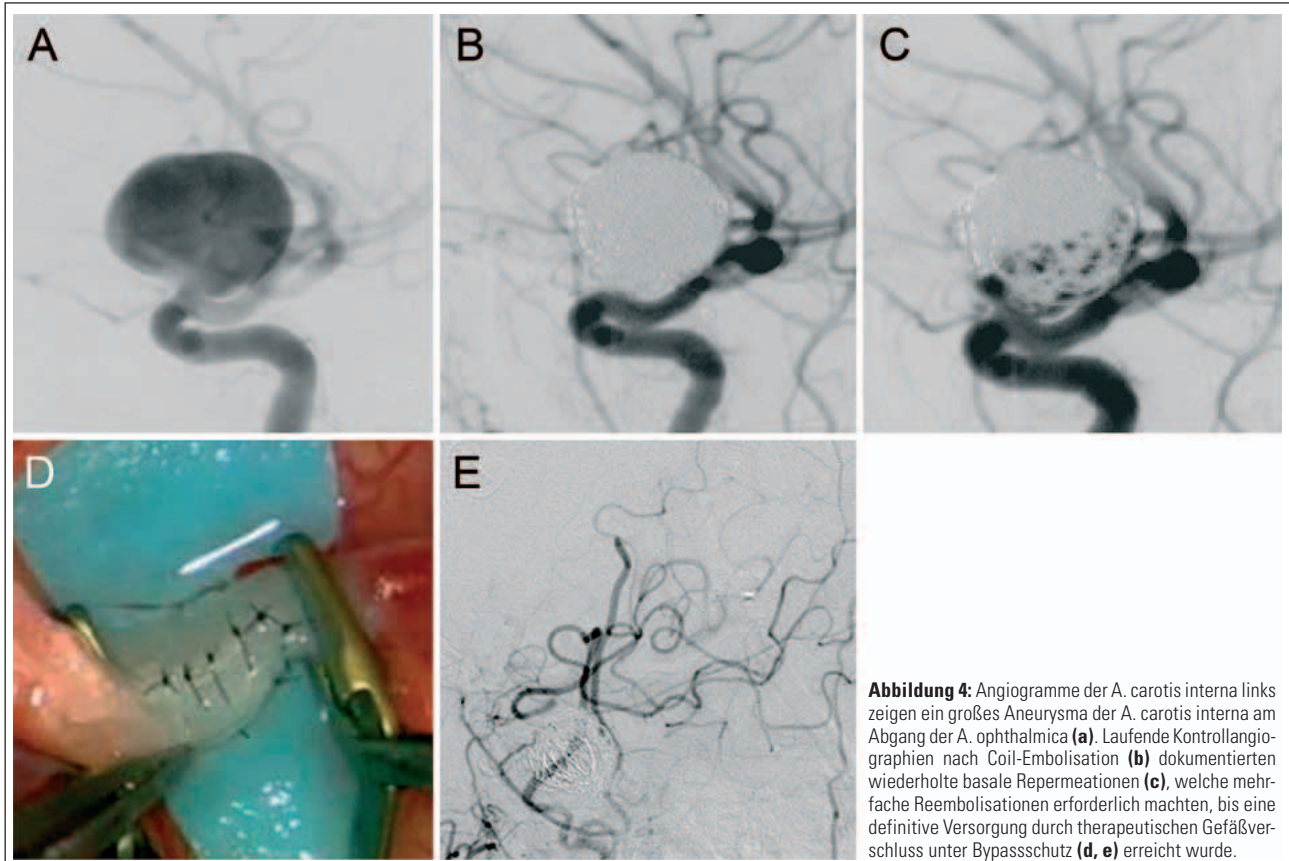


Abbildung 4: Angiogramme der A. carotis interna links zeigen ein großes Aneurysma der A. carotis interna am Abgang der A. ophthalmica (a). Laufende Kontrollangiographien nach Coil-Embolisation (b) dokumentierten wiederholte basale Repermeationen (c), welche mehrfache Reembolisierungen erforderlich machten, bis eine definitive Versorgung durch therapeutischen Gefäßverschluss unter Bypassschutz (d, e) erreicht wurde.

Clippung kleiner Aneurysmen nach vorangegangener Coil-Embolisation meist ohne nennenswerte Schwierigkeiten möglich (Abb. 2). In vielen Fällen ist eine deutliche Atrophie der Aneurysmawand zu beobachten.

Ein zu beobachtendes Problem stellt die Identifikation weiterer Aneurysmen während der mikrochirurgischen Exploration vorembolisierter repermeierter Aneurysmen dar. Trotz hochwertiger angiographischer Bildgebung können Aneurysmen im Bereich < 3 mm bei Standardangiographien durch Überlagerungseffekte, bei Rotationsangiographien durch Bewegungsartefakte und in 3D-rekonstruierten Bildern durch „Surface rendering“- und „Threshold shift“-Effekte manchmal nicht als solche erkannt werden [81]. Bei Patienten mit vorangegangener Subarachnoidalblutung ist die weitere Prognose dieser kleinen, initial übersehenen Aneurysmen unklar. Abbildung 3 zeigt Beispiele kleiner, sehr dünnwandiger aneurysmatischer Gefäßwandläsionen, welche erst im Zuge des chirurgischen Eingriffs erkannt wurden.

Neben der mikrochirurgischen Clippung besteht die Möglichkeit der Weiterbehandlung vorembolisierter, repermeierter Aneurysmen durch therapeutischen Gefäßverschluss. Wie in einem früheren Bericht dargestellt [6], werden diese Eingriffe mehrzeitig durchgeführt. In einem ersten Behandlungsschritt wird die aneurysmatragende Hemisphäre über eine Externa-Interna-Anastomose revaskularisiert. Achtundvierzig Stunden nach der Bypassoperation wird beim wachen Patienten nach angiographischer Dokumentation der Durchgängigkeit der Bypässe eine Ballontestokklusion des aneurysmatragenden Gefäßes durchgeführt [82]. Ist nach neurologischen und

angiographischen Kriterien der Gefäßverschluss möglich, so wird der Testballon entleert, zurückgezogen und in Abhängigkeit der Aneurysmalokalisation und -morphologie der definitive Gefäßverschluss mit Ballons oder absetzbaren thrombogenen Coils durchgeführt. Abbildung 4 zeigt beispielhaft ein trotz mehrfacher Coil-Embolisation instabil verschlossenes Aneurysma der Arteria carotis interna am Abgang der Arteria ophthalmica, welches letztlich durch therapeutischen Gefäßverschluss unter Bypassschutz behandelt wurde. Die Indikation zur endovaskulären Therapie, welche initial in der günstigen schmalbasigen Aneurysmamorphologie bestand, ist in diesem Fall zu hinterfragen. Vergleichbare Fälle würden heute besser durch den Einsatz von semipermeablen Stents [43, 44], durch therapeutischen Gefäßverschluss oder in ausgewählten Fällen durch initiale Aneurysmachirurgie behandelt werden, um eine suffiziente Opticus-Dekompression zu erreichen.

Späte Nachblutungen aus Aneurysmarezidiven

Wie in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt, können initial insuffizient embolisierte oder durch Coil-Rekompaktierung repermeierte Aneurysmen schwere Blutungen hervorrufen [64, 65]. Das Vorliegen raumfordernder intrazerebraler Hämatome und eine für die routinemäßige endosakkuläre Coil-Embolisation ungeeignete Morphologie des aneurysmatischen Resthalses können die chirurgische Versorgung solcher Aneurysmen erforderlich machen. Diese wird in den meisten Fällen in der Clippung des Aneurysmas bestehen. Da in der Phase des posthämorrhagischen Vasospasmus die Kollateralkreislaufkapazitäten zur Kompensation eines Gefäß-

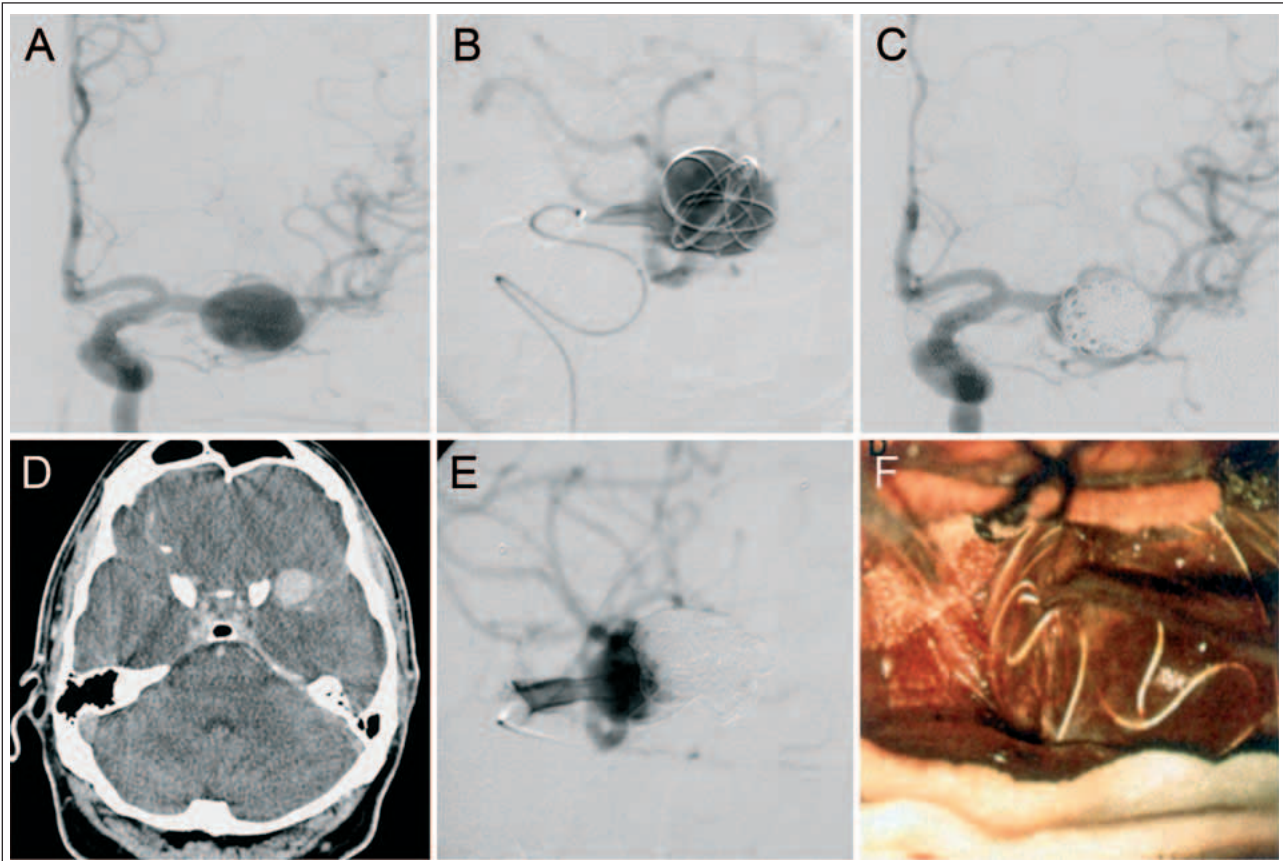


Abbildung 5: Angiogramme der A. carotis interna links zeigen ein breitbasiges blandes Mediaaneurysma (a), welches 1995 ohne 3D-Coils und ohne Ballonprotektion (b) durch Coil-Embolisation angiographisch suffizient verschlossen werden konnte (c). Monate nach dieser Intervention erlitt der Patient eine erstmalige Subarachnoidalblutung (d). Kontrollangiographien dokumentierten eine ausgedehnte basale Repermeation des Aneurysmas, welche mit den damaligen endovaskulären Methoden nicht befriedigend behandelt werden konnte (e). Abbildung 5f zeigt die Exploration und Clipping des Aneurysmas. Im Gegensatz zu Abbildung 1 findet sich eine auffällig dünnwandige, transparente Aneurysmawand, die intra-aneurysmalen Coils sind gut zu erkennen.

verschlusses erschöpft bzw. in nicht vorhersehbarer Weise beeinträchtigt sind, ist der therapeutische Gefäßverschluss in der Akutphase nach aneurysmatischer Subarachnoidalblutung kontraindiziert. Die Daten der ersten „Cooperative Aneurysm Study“ belegen diese Erfahrung [83]. In der Akutphase nach Aneurysmaruptur ist der therapeutische Gefäßverschluss auch unter Bypasschutz nicht immer sicher möglich.

Aneurysmaruptur während endovaskulärer Therapie

Während der mikrochirurgischen Exploration eines Aneurysmas können Wanddicke und -beschaffenheit ausreichend abgeklärt und die weitere chirurgische Manipulation darauf abgestimmt werden. Im Gegensatz dazu bleibt es während der endosakkulären Coil-Embolisation unklar, welche mechanischen Belastungen während der Intervention tolerabel sind. Von seltenen Fällen abgesehen, in welchen Tochttersäcke Hinweise auf die Rupturstelle geben, ist das Vorliegen wandschwacher, rupturgefährdeter Aneurysmaabschnitte während der endovaskulären Therapie schwierig nachzuweisen. Die publizierten Daten über Aneurysmarupturen während der endovaskulären Behandlung sind widersprüchlich. Ein wesentlich erhöhtes Blutungsrisiko während der Behandlung frisch rupturierter Aneurysmen im Vergleich zu blanden Aneurysmen konnte nicht einheitlich dokumentiert werden [84, 85].

Einige Publikationen bestätigen allerdings, dass die Inzidenz behandlungspflichtiger Aneurysmarezidive nach endosakkulärer Coil-Embolisation frisch rupturierter Aneurysmen höher sein dürfte, was am ehesten mit der tendenziell vorsichtigeren Embolisationstechnik und der damit verbundenen geringeren Packungsdichte der Coils zusammenhängen dürfte [86, 87].

Aneurysmarupturen durch Mikrokatheter- oder Coil-Perforation während der endovaskulären Therapie können vergleichsweise benigne verlaufen. In seltenen Fällen ist erst in späteren Kontroll-CTs subarachnoidales Kontrastmittel zu erkennen, häufiger ist das Extravasat bereits während der Angiographie als solches zu erkennen. In Abhängigkeit von der Schwere der Wandverletzung, dem Ausmaß der für endovaskuläre Eingriffe erforderlichen Antikoagulation, der prä-existenten zisternalen Vernarbung, der mechanischen Beschaffenheit möglicher subarachnoidaler Koagel und der intrakraniellen Compliance können austretendes Blutvolumen und resultierende Hirndrucksteigerung unterschiedlich groß sein. In manchen Fällen kann bei stabilem Hirndruckverlauf nach Ausschluss eines raumfordernden Hämatoms der endovaskuläre Eingriff fortgesetzt werden, bis ein ausreichend sicherer Aneurysmaverschluss erreicht ist [88]. Neuere Angiographieanlagen verfügen über die Möglichkeit, durch C-Arm-Rotation CT-Bilder am Angiographietisch anzufertigen, wodurch eine relevante Nachblutung vor Ort ausgeschlossen werden kann [89]. An manchen Zentren wird – der

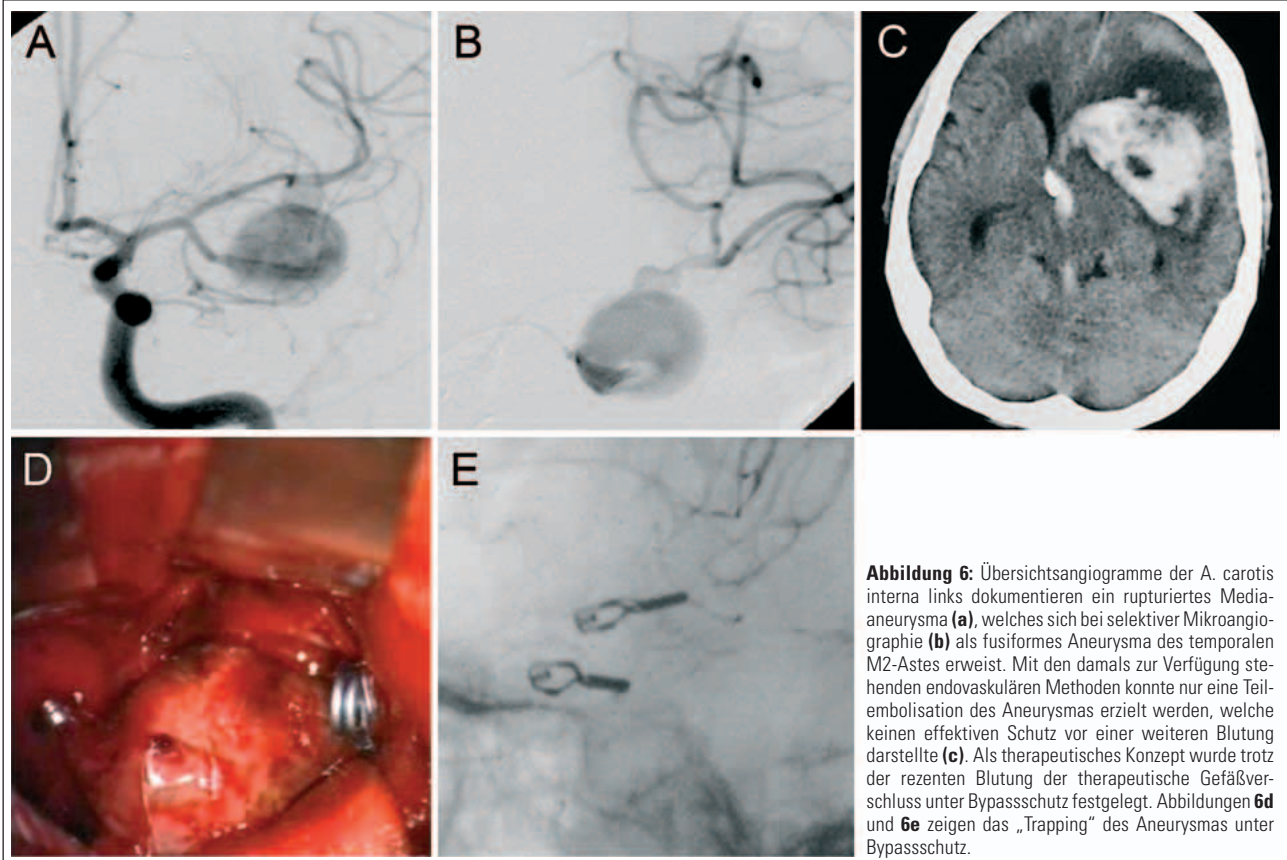


Abbildung 6: Übersichtangiogramme der A. carotis interna links dokumentieren ein rupturiertes Mediaaneurysma (a), welches sich bei selektiver Mikroangiographie (b) als fusiformes Aneurysma des temporalen M2-Astes erweist. Mit den damals zur Verfügung stehenden endovaskulären Methoden konnte nur eine Teil-embolisation des Aneurysmas erzielt werden, welche keinen effektiven Schutz vor einer weiteren Blutung darstellte (c). Als therapeutisches Konzept wurde trotz der rezenten Blutung der therapeutische Gefäßverschluss unter Bypassschutz festgelegt. Abbildungen 6d und 6e zeigen das „Trapping“ des Aneurysmas unter Bypassschutz.

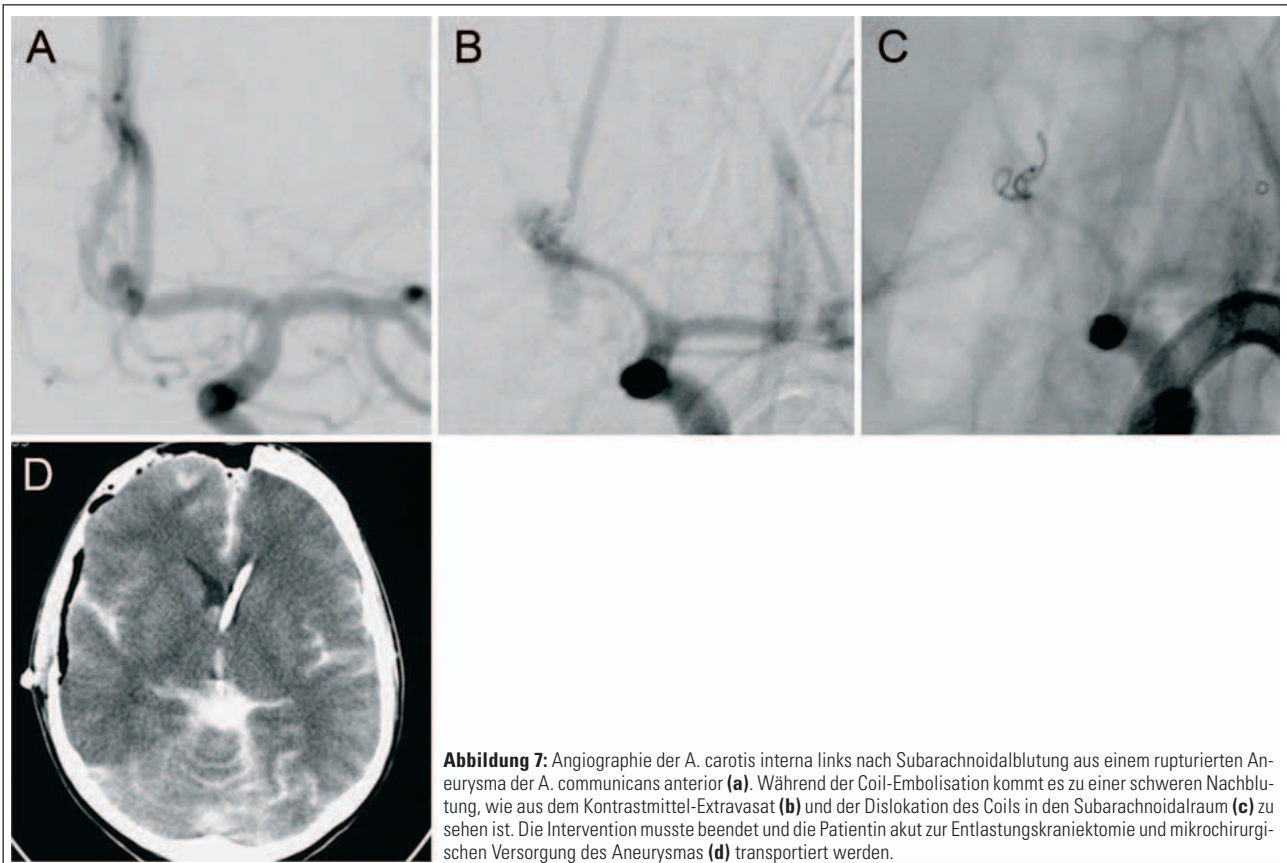


Abbildung 7: Angiographie der A. carotis interna links nach Subarachnoidalblutung aus einem rupturierten Aneurysma der A. communicans anterior (a). Während der Coil-Embolisierung kommt es zu einer schweren Nachblutung, wie aus dem Kontrastmittel-Extravasat (b) und der Dislokation des Coils in den Subarachnoidalraum (c) zu sehen ist. Die Intervention musste beendet und die Patientin akut zur Entlastungskraniektomie und mikrochirurgischen Versorgung des Aneurysmas (d) transportiert werden.

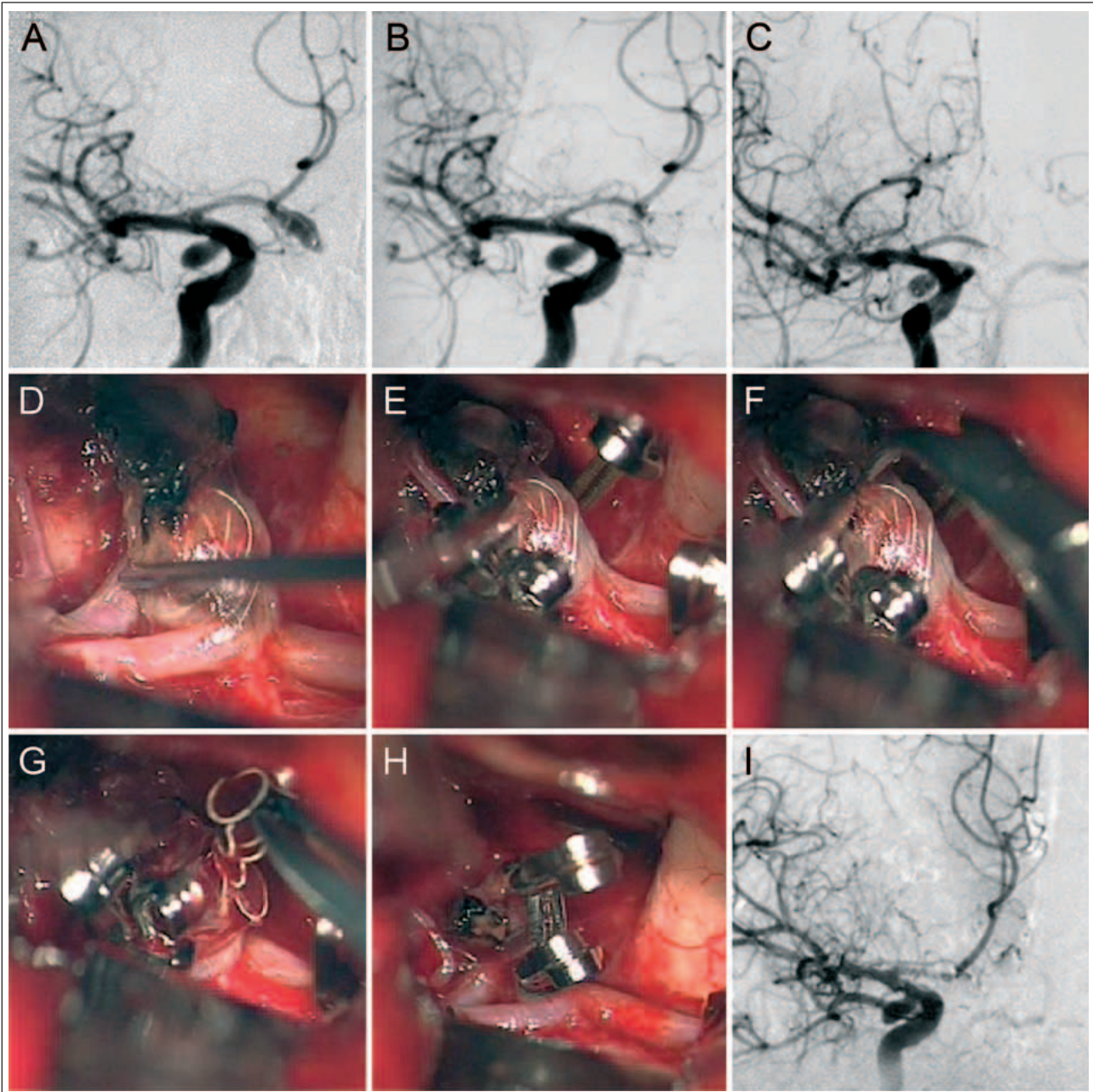
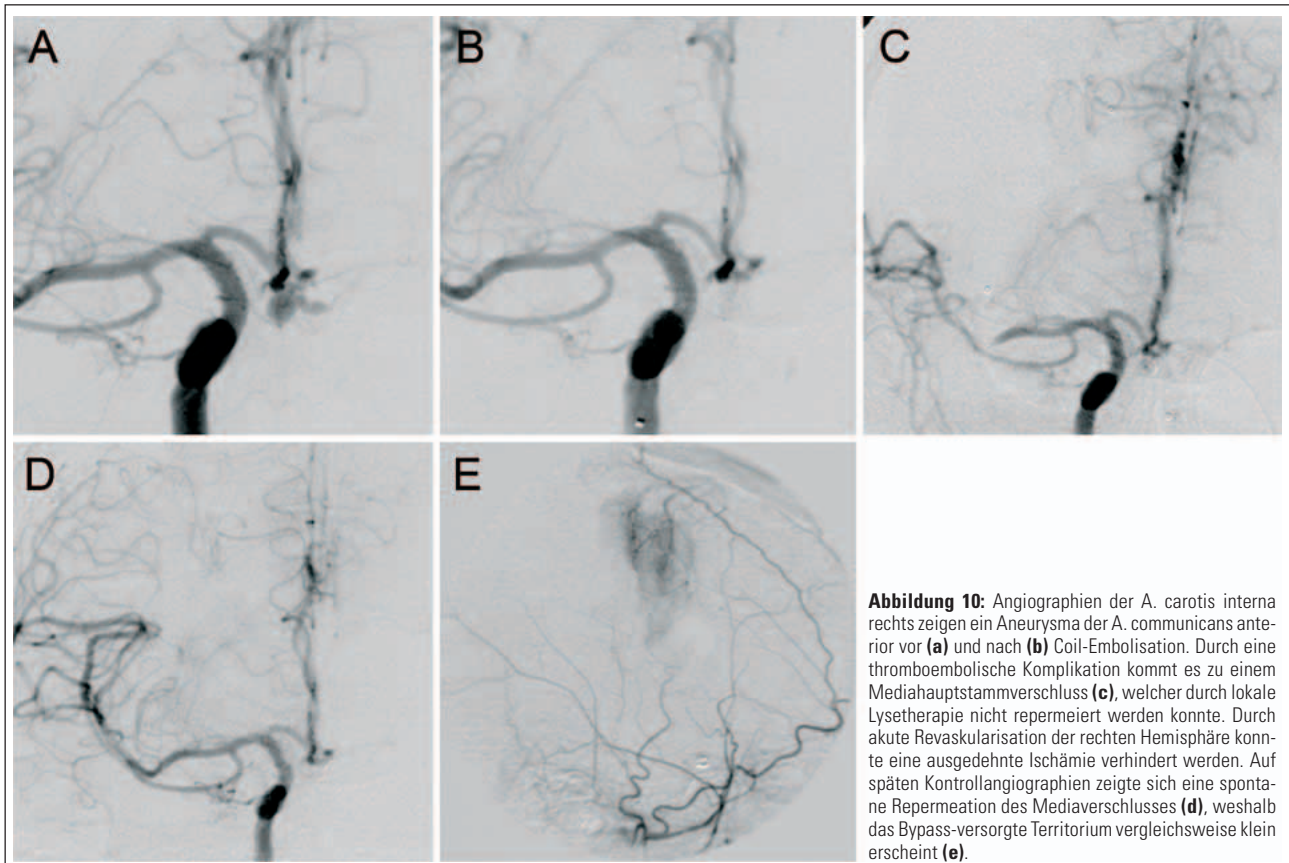
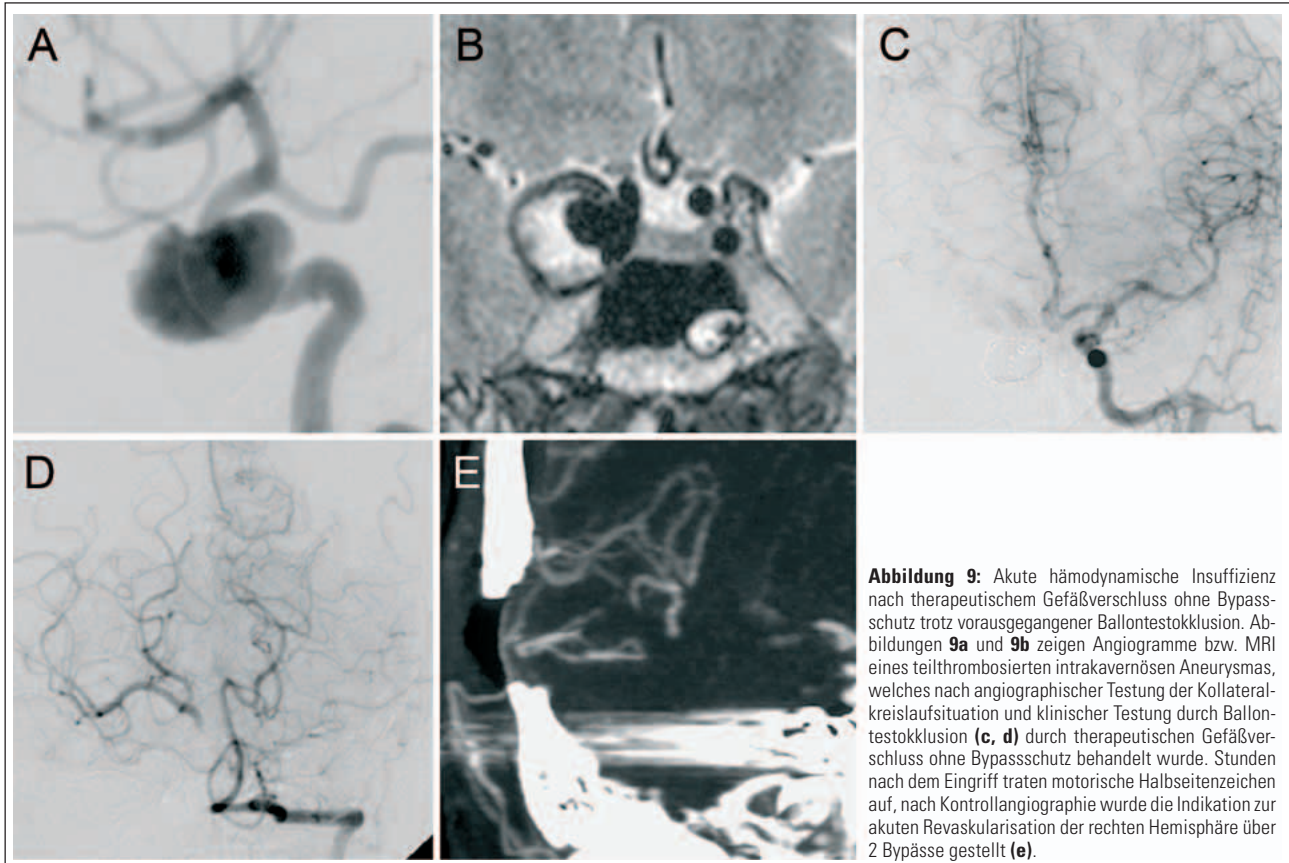


Abbildung 8: Angiogramme der A. carotis interna rechts nach Subarachnoidalblutung aus einem rupturierten Aneurysma der A. communicans anterior vor (a) und unmittelbar nach (b) Coil-Embolisation. Minuten später zeigen neuerliche Angiogramme (c) den Verschluss des rechten A1/A2-Winkels am Abgang der A. pericallosa durch aus dem Aneurysma dislozierte Coil-Schlingen. Die Patientin wurde akut zur mikrochirurgischen Entfernung der Coils und Clippung des Aneurysmas gebracht. Abbildung 8d zeigt das Aneurysma mit Thrombus an der Rupturstelle und den durch die dünne Wand durchscheinenden Coil. Nach temporärer Clippung der Äste des A.-communicans-anterior-Komplexes unter Barbiturat-Loading (e) wird das Aneurysma mit Mikroscheren eröffnet (f), die Coils aus dem geöffneten Aneurysma entfernt (g) und das Aneurysma anschließend regulär geclippt (h). Abbildung 8i zeigt ein intraoperatives Kontrollangiogramm mit durchgängiger, chirurgisch rekonstruierter A. cerebri anterior rechts.

mikrochirurgischen Strategie der temporären Clippung nach Aneurysmaruptur entlehnt – empfohlen, über einen zweiten Katheterzugang einen Mikrokatheter mit Protektionsballon proximal des Aneurysmas zu platzieren, um im Falle einer iatrogenen Aneurysmaruptur das aneurysmatragende Gefäß endovaskulär verschließen und die Blutung so beherrschen zu können [90]. Es liegen diesbezüglich zu wenige Daten vor, um die möglichen Vorteile dieser Technik bewerten zu können.

In jenen Fällen, in denen die Katheterperforation rasch zu dramatischen Effekten wie angiographischer Verlagerung von

Hirngefäßen durch raumfordernde Blutung, Verlängerung der zerebralen Zirkulationszeit durch Hirndruckanstieg, arterielle Blutung aus externer Ventrikeldrainage o. ä. führt, muss der Eingriff abgebrochen und der Patient unter Antagonisierung der bisherigen Antikoagulation akut in den Operationsaal gebracht werden. Ein wesentlicher Nachteil der endovaskulären Therapie besteht darin, dass im Falle einer intra-interventionellen Aneurysmaruptur – im Gegensatz zur Mikrochirurgie, welche durch proximales und distales temporäres Clippen eine ausreichende Beherrschung der Blutung erlaubt – keine sofortigen Maßnahmen zur Blutstillung getroffen werden können. Erschwerend kommt hinzu, dass die Blutung – im



Gegensatz zur Aneurysmachirurgie am offenen Schädel – in einem geschlossenen Kompartiment abläuft und auch bei akuter Operation zu schwersten Schädigungen führen kann.

Bei solchen Akutoperationen wird eine über die übliche Kraniotomie hinausgehende ausgedehnte Entlastungskraniotomie angelegt. Die Präparation und Clippung des Aneurysmas kann wegen der vorangegangenen mechanischen Zerreißung des Aneurysmasacks und oft weiterhin suboptimaler Blutgerinnung erschwert sein. Abbildung 7 zeigt die möglichen Konsequenzen einer Mikrokatheterperforation während der endovaskulären Therapie eines Arteria-communicans-anterior-Aneurysmas.

Gefäßverschluss während endovaskulärer Therapie

Durch Antikoagulation und thrombozytenaggregationshemmende Medikation während endovaskulärer Behandlungen ist das Risiko schwerwiegender thromboembolischer Komplikationen weitgehend minimiert worden. Appositionsthromben an Coil-Schlingen im Aneurysmahals können durch eine Kombination von hämodynamischen Maßnahmen (Erhöhung des Blutdrucks, Reposition der Katheter) und lokaler intra-arterieller Lysetherapie erfolgreich behandelt werden. In der Akutphase nach Subarachnoidalblutung besteht die erhebliche Gefahr, durch lokale und/oder systemische Lysetherapie einer thrombotischen Komplikation während der endovaskulären Behandlung eine schwere Rezidivblutung durch pharmakologische Wiedereröffnung der Rupturstelle in der Aneurysmawand zu provozieren. Die selektive intra-arterielle Anwendung von GPIIb/IIIa-Rezeptorblockern (Abciximab) resultiert in angiographischen Repermeationsraten, welche jener der lokalen Lysetherapie zumindest ebenbürtig sind. Da akute Nachblutungskomplikationen gleichzeitig extrem selten sind, wurde diese Medikamentengruppe zu einer wichtigen „Rescue medication“ der endovaskulären Therapie [91–94]. Im Gegensatz zu reiner Appositionsthalose am Aneurysmahals können Coil-Schlingen, welche aus dem Aneurysmalumen durch den Hals in das tragende Gefäß disloziert wurden, zu schwerwiegenden und durch lokale pharmakologische Maßnahmen nicht beherrschbaren thrombotischen Komplikationen führen. In schweren Fällen, in denen die Kollateralkreislaufsituation ungenügend und eine endovaskuläre Bergung der Coils technisch nicht möglich ist, können die Coils über eine Arteriotomie entfernt und das Aneurysma anschließend regulär geclippt werden (Abb. 8). Eine andere Möglichkeit stellt die akute Revaskularisationsoperation der betroffenen Hemisphäre dar, welche in der Akutphase nach aneurysmatischer Subarachnoidalblutung wegen gleichzeitiger Hirnschwellung, Spasmusneigung der Gefäße und zisternaler Koagel technisch schwierig sein kann (Abb. 9) [95].

Therapeutischer Gefäßverschluss

Um abschätzen zu können, ob ein therapeutischer Gefäßverschluss ohne Defizit toleriert werden kann, wird nach angiographischem Studium der Kollateralkreislaufsituation beim wachen Patienten eine Ballontestokklusion des aneurysmatragenden Gefäßes durchgeführt [82]. Dieser temporäre Gefäßverschluss erfolgt unter systemischer Heparinisierung,

neurologischer Kontrolle des Patienten und unter induzierter Hypotension. Die Dauer der Testokklusion beträgt in der Regel 20–30 Minuten. Ist nach neurologischen und angiographischen Kriterien der Gefäßverschluss möglich, so wird der Testballon entleert, zurückgezogen und der definitive Gefäßverschluss durchgeführt. Ist nach den Ergebnissen der Ballontestokklusion der Gefäßverschluss nicht möglich, so wird die betroffene Hemisphäre über eine Bypassoperation revaskularisiert [49–56] und die Testung wiederholt.

In einem einzigen Fall ist es trotz korrekter Ballontestokklusionstests nach definitivem Gefäßverschluss zu einer hemisphärischen Minderperfusion mit akuter Insultsymptomatik gekommen. Abbildung 10 zeigt diesen ungewöhnlichen Fall, welcher eine akute Revaskularisationsoperation erforderlich machte.

Eigenes Datenmaterial

In einer retrospektiven Analyse der an der Univ.-Klinik für Neurochirurgie der Medizinischen Universität Wien seit Implementierung der endosakkulären Coil-Embolisation im Februar 1992 behandelten zerebralen Aneurysmen wurde die Häufigkeit relevanter, d. h. zu einer Zweitbehandlung führender Aneurysmarezidive nach endovaskulärer Therapie erhoben. Es zeigte sich eine solche Coil-Instabilität in 14,7 % der behandelten Aneurysmen, wobei in diese Analyse sowohl rezente Fälle als auch frühe Interventionen mit nach heutiger Einschätzung veralteten Coil- und Kathetertechniken einfließen. In mehr als der Hälfte der nachbehandelten Aneurysmen wurde initial eine neuerliche endovaskuläre Intervention indiziert, chirurgische Techniken wie Clippung oder therapeutischer Gefäßverschluss unter Bypassschutz wurden in 37 bzw. 6 % der Fälle eingesetzt. Sowohl bei endovaskulärer als auch bei chirurgischer Nachbehandlung lag die periprozedurale Infarktrate < 5 %. Weiteres Zahlenmaterial und Detailanalysen werden in einer in Vorbereitung befindlichen Publikation (C. Dorfer et al.) berichtet werden.

Ausblick und Relevanz für die Praxis

Mit der endovaskulären Coil-Embolisation steht eine hocheffiziente Technik für den zumeist permanenten Verschluss zerebraler Aneurysmen zur Verfügung. Bei Einsatz moderner endovaskulärer Techniken und Materialien ist mit stabilen therapeutischen Langzeitergebnissen in > 85 % der Fälle zu rechnen [74]. Aneurysmarezidive nach initialer endosakkulärer Coil-Embolisation können durch neuerliche routinemäßige Coil-Embolisation, durch den Einsatz moderner endovaskulärer Strategien wie Ballonprotektion, Stentimplantation und Einsatz von „Flow diverter“ [43, 44] oder chirurgische Verfahren wie mikrochirurgische Clippung bei ausreichend großem Resthals sowie therapeutischem Gefäßverschluss unter Bypassschutz behandelt werden. Die endovaskulären und mikrochirurgischen Nachbehandlungstechniken weisen unserer Erfahrung nach vergleichbar niedrige Eingriffsmorbiditäten auf [76–80, 96–99]. Die Wahl der geeigneten Methode zur Behandlung von Aneurysmarezidiven nach initialer endovaskulärer Therapie sollte aus diesem Grund einzel-fallabhängig und individualisiert erfolgen.

Literatur:

1. Jennett B, Bond M. Assessment of outcome after severe brain injury. *Lancet* 1975; 1: 480-4.
2. Wiebers DO and the International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms – risk of rupture and risk of surgical intervention. *N Engl J Med* 1998; 399: 1725-33.
3. Wiebers DO and the International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *Lancet* 2003; 362: 103-10.
4. Molyneux AJ, Kerr R, Stratton I, Sandercock P, Clarke M, Shrimpton J, Holman R; International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized trial. *Lancet* 2002; 360: 1267-74.
5. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, Clarke M, Sneade M, Yarnold JA, Sandercock P; International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: A randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet* 2005; 366: 783-5.
6. Gruber A, Bavinszki G, Standhardt H, Knosp E. Multimodale Therapie zerebraler Aneurysmen. Klinische, technische und angiographische Kriterien der Entscheidungsfindung. *J Neurol Neurochir Psychiatr* 2007; 8: 16-26.
7. Dandy WE. Intracranial aneurysm of the internal carotid artery. Cured by operation. *Ann Surg* 1938; 107: 654-9.
8. Kassell NF, Torner JC, Haley EC, Jane JA, Adams HP, Kongable G. The International Cooperative Study on the Timing of Aneurysm Surgery. Part 1: Overall management results. *J Neurosurg* 1990; 73: 18-36.
9. Kassell NF, Torner JC, Haley EC, Jane JA, Haley EC, Adams HP. The International Cooperative Study on the Timing of Aneurysm Surgery. Part 2: Surgical results. *J Neurosurg* 1990; 73: 37-47.
10. Yasargil MG. *Mikroneurosurgery II*. Thieme-Stratton Inc, New York, 1984.
11. Ogilvy CS, Crowell RM. Middle cerebral artery aneurysms. In: Ojemann RG, Ogilvy CS, Crowell RM, Heros RC (eds). *Surgical Management of Neurovascular Disease*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1995; 257-68.
12. Lawton MT, Vates GE, Spetzler RF. Surgical approaches to posterior circulation aneurysms. In: Winn HR, Spetzler RF, Meyer FB (eds). *Youmans Neurological Surgery*, 5th ed. Elsevier Inc, Philadelphia, 2003; 1971-2005.
13. Drake CG, Peerless SJ, Hernesniemi JA. Small aneurysms at the bifurcation of the basilar artery: 493 patients. In: Drake CG, Peerless SJ, Hernesniemi JA (eds). *Surgery of Vertebralbasilar Aneurysms*. London, Ontario experience on 1767 patients. Springer, New York, 1996; 17-41.
14. Koos WT, Spetzler RF, Richling B, Lang J. Aneurysms of the brain. In: Spetzler RF, Koos WT, Richling B, Lang J (eds). *Mikroneurosurgery*. Vol II. Cerebrovascular lesions. Thieme, Stuttgart-New York, 1997; 121-343.
15. Guglielmi G, Vinuela F, Sepetka I, Macellari V. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 1: Electrochemical basis, technique, and experimental results. *J Neurosurg* 1991; 75: 1-7.
16. Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. *J Neurosurg* 1991; 75: 8-14.
17. Gruber A, Richling B. Aneurysms. In: Byrne J (ed). *Interventional Neuroradiology*, Oxford University Press, Oxford, 2002; 95-136.
18. Richling B, Bavinszki G, Gross C, Gruber A, Killer M. Early clinical outcome of patients with ruptured cerebral aneurysms treated by endovascular (GDC) or microsurgical techniques. A single center experience. *Int Neuroradiol* 1995; 1: 19-27.
19. Eskridge JM, Song JK. Endovascular embolization of 150 basilar tip aneurysms with Guglielmi detachable coils: results of the Food and Drug Administration multicenter clinical trial. *J Neurosurg* 1998; 89: 81-6.
20. Guglielmi G, Vinuela F, Duckwiler G, Dion J, Lylik P, Berenstein A, Strother C, Graves V, van Halbach V, Nichols D, Hopkins LN, Ferguson R, Sepetka I. Endovascular treatment of posterior circulation aneurysms by electrothrombosis using electrically detachable coils. *J Neurosurg* 1992; 77: 515-24.
21. Malisch TW, Guglielmi G, Vinuela F, Duckwiler G, Gobin P, Martin NA, Frazee JG. Intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coil: midterm clinical results in a consecutive series of 100 patients. *J Neurosurg* 1997; 87: 176-83.
22. Bavinszki G, Richling B, Gruber A, Killer M, Levy D. Endosaccular occlusion of basilar artery bifurcation aneurysms using electrolytically detachable coils. *Acta Neurochir (Wien)* 1995; 134: 184-98.
23. McDougall CG, Halbach VV, Dowd CF, Higashida RT, Larsen DW, Hieshima GB. Endovascular treatment of basilar tip aneurysms using electrolytically detachable coils. *J Neurosurg* 1996; 84: 393-9.
24. Nichols DA, Brown RD, Thielen KR, Meyer FB, Atkinson JL, Pieppras DG. Endovascular treatment of ruptured posterior circulation aneurysms using electrolytically detachable coils. *J Neurosurg* 1997; 87: 374-80.
25. Pierot L, Boulin A, Castaigns L, Rey A, Moret J. Selective occlusion of basilar aneurysms using controlled detachable coils: report of 35 cases. *Neurosurgery* 1996; 38: 948-54.
26. Raymond J, Roy D, Bojanowski M, Moudjian R, L'Esperance G. Endovascular treatment of acutely ruptured and unruptured aneurysms of the basilar bifurcation. *J Neurosurg* 1997; 86: 211-9.
27. Vinuela F, Duckwiler G, Mawad M. Guglielmi detachable coil embolization of acute intracranial aneurysms: perioperative anatomical and clinical outcome in 403 patients. *J Neurosurg* 1997; 86: 475-82.
28. Gruber A, Killer M, Bavinszki G, Richling B. Clinical and angiographic results of endosaccular coiling treatment of giant and very large intracranial aneurysms: a 7-year, single center experience. *Neurosurgery* 1999; 45: 793-804.
29. Bavinszki G, Killer M, Gruber A, Reinprecht A, Gross CE, Richling B. Treatment of basilar bifurcation aneurysms using Guglielmi detachable coils: a 6 year experience. *J Neurosurg* 1999; 90: 843-52.
30. Richling B, Gruber A, Killer M, Bavinszki G. Treatment of ruptured saccular intracranial aneurysms by microsurgery and electrolytically detachable coils: evaluation of outcome and long-term follow-up. *Oper Tech Neurosurg* 2000; 3: 282-99.
31. Levy DI. Embolization of wide-necked anterior communicating artery aneurysm: technical note. *Neurosurgery* 1997; 41: 979-82.
32. Moret J, Pierot L, Castaigns L. "Remodeling" of the arterial wall of the parent vessel in the endovascular treatment of intracranial aneurysms. *Neuroradiology* 1994; 36: S83.
33. Ross IB, Dhillon GS. Balloon assistance as a routine adjunct to the endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Surg Neurol* 2006; 66: 593-601.
34. Malek AM, Halbach VV, Phatouros CC, Lempert TE, Meyers PM, Dowd CF, Higashida RT. Balloon-assist technique for endovascular coil embolization of geometrically difficult intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2000; 46: 1397-406.
35. Turk AS, Rappe AH, Villar F, Virmani R, Strother CM. Evaluation of the TriSpan neck bridge device for the treatment of wide-necked aneurysms: an experimental study in canines. *Stroke* 2001; 32: 492-7.
36. Raymond J, Guilbert F, Roy D. Neck-bridge device for endovascular treatment of wide-neck bifurcation aneurysms: initial experience. *Radiology* 2001; 221: 318-26.
37. Szikora I, Guterman LR, Wells KM, Hopkins LN. Combined use of stents and coils to treat experimental wide-necked carotid aneurysms: preliminary results. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 1091-102.
38. Turjman F, Massoud TF, Ji C, Guglielmi G, Vinuela F, Robert J. Combined stent implantation and endosaccular coil placement for treatment of experimental wide-necked aneurysms: a feasibility study in swine. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 1087-90.
39. Fiorella D, Albuquerque FC, Deskmukh VR, Woo HH, Rasmussen PA, Masaryk TJ, McDougall CG. Endovascular reconstruction with the Neuroform stent as monotherapy for the treatment of uncoilable intradural pseudoaneurysms. *Neurosurgery* 2006; 59: 291-300.
40. Fiorella D, Albuquerque FC, McDougall CG. Preliminary experience using the Neuroform stent for the treatment of cerebral aneurysms. *Neurosurgery* 2004; 54: 6-16.
41. Fiorella D, Albuquerque FC, Deshmukh VR, McDougall CG. Usefulness of the Neuroform stent for the treatment of cerebral aneurysms: results at initial (3-6 mo) follow-up. *Neurosurgery* 2005; 56: 1191-201.
42. Benitez RP, Silva MT, Klem J, Veznedaroglu E, Rosenwasser RH. Endovascular occlusion of wide-necked aneurysms with a new intracranial microstent (Neuroform) and detachable coils. *Neurosurgery* 2004; 54: 1359-67.
43. Lylik P, Miranda C, Ceratto R, Ferrario A, Scivano E, Luna HR, Berez AL, Tran Q, Nelson PK, Fiorella D. Curative endovascular reconstruction of cerebral aneurysms with the pipeline embolization device: the Buenos Aires experience. *Neurosurgery* 2009; 64: 632-42.
44. Fiorella D, Woo HH, Albuquerque FC, Nelson PK. Definitive reconstruction of circumferential, fusiform intracranial aneurysms with the pipeline embolization device. *Neurosurgery* 2008; 62: 1115-20.
45. Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg* 1974; 41: 125-45.
46. Romodanov AP, Shcheglov VI. Intravascular occlusion of saccular aneurysms of the cerebral arteries by means of a detachable balloon catheter. *Adv Tech Stand Neurosurg* 1982; 2: 25-49.
47. Fox AJ, Vinuela F, Pelz DM, Ferguson GG, Drake CG, Debrun G. Use of detachable balloons for proximal artery occlusion in the treatment of unclippable cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 1987; 66: 40-6.
48. Larson JJ, Tew J Jr, Tomsick TA, van Loveren HR. Treatment of aneurysms of the internal carotid artery by intravascular balloon occlusion: long-term follow up of 58 patients. *Neurosurgery* 1995; 36: 23-30.
49. EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. *N Engl J Med* 1985; 313: 1191-200.
50. Hopkins LN, Grand W. Extracranial-intracranial arterial bypass in the treatment of aneurysms of the carotid and middle cerebral arteries. *Neurosurgery* 1979; 5: 21-30.
51. Lawton MT, Hamilton MG, Morcos JJ, Spetzler RF. Revascularization and aneurysm surgery: current techniques, indications, and outcome. *Neurosurgery* 1996; 38: 83-94.
52. Spetzler RF, Schuster H, Roski RA. Elective extracranial-intracranial arterial bypass in the treatment of inoperable giant aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 1980; 53: 22-7.
53. Weill A, Cognard C, Levy DI, Robert G, Moret J. Giant aneurysms of the middle cerebral artery trifurcation treated with extracranial-intracranial arterial bypass and endovascular occlusion. Report of two cases. *J Neurosurg* 1998; 98: 474-8.
54. Hachein-Bey L, Connolly ES Jr, Mayer SA, Young WL, Pile-Spellman J, Solomon RA. Complex intracranial aneurysms: combined operative and endovascular approaches. *Neurosurgery* 1998; 43: 1304-12.
55. Martin NA, Kureshi I, Coitero D. Bypass techniques for the treatment of intracranial aneurysms. *Oper Tech Neurosurg* 2000; 3: 255-70.
56. Lawton MT, Quinones-Hinojosa A, Sanai N, Malek JY, Dowd CF. Combined microsurgical and endovascular management of complex intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2003; 52: 263-74.
57. Hoh BL, Putman CM, Budzik RF, Carter BS, Ogilvy CS. Combined surgical and endovascular techniques of flow alteration to treat fusiform and complex wide-necked intracranial aneurysms that are unsuitable for clipping or coil embolization. *J Neurosurg* 2001; 95: 24-35.
58. Redekop G, TerBruggen K, Willinsky R. Subarachnoid hemorrhage from vertebral-basilar dissecting aneurysm treated with staged bilateral vertebral artery occlusion: the importance of early follow-up angiography: technical case report. *Neurosurgery* 1999; 45: 1258-63.
59. Drake CG, Peerless SJ, Ferguson GG. Hunterian proximal arterial occlusion for giant aneurysms of the carotid circulation. *J Neurosurg* 1994; 81: 656-65.
60. Killer M, Bavinszki G, Gruber A, Richling B. Giant or fusiform cerebral aneurysms: A new endovascular technique for parent vessel occlusion. Presented at the International Congress on Minimally Invasive Neurosurgery, May 1997, Paris, France.
61. Selverstone B, White JC. A method for gradual occlusion of the internal carotid artery in the treatment of aneurysms. *Proceedings of the New England Cardiovascular Society* 1952; 9: 24.
62. Bavinszki G, Talazoglu V, Killer M, Richling B, Gruber A, Gross CE, Plenk H. Gross and microscopic histopathological findings in aneurysms of the human brain treated with Guglielmi detachable coils. *J Neurosurg* 1999; 91: 284-93.
63. Kwan ESK, Heilman CB, Shucart WA, Kulcznik RP. Enlargement of basilar artery aneurysms following balloon occlusion – "water hammer effect". Report of two cases. *J Neurosurg* 1991; 75: 963-8.
64. Manabe H, Fujita S, Hatayama T, Suzuki S, Yaghashi S. Rupture of coil-embolized aneurysm during long-term observation. Case report. *J Neurosurg* 1998; 88: 1096-8.
65. Mericle RA, Wakhloo AK, Lopes DK, Lanzino G, Guterman LR, Hopkins LN. Delayed aneurysm regrowth and recanalization after Guglielmi detachable coil treatment. *J Neurosurg* 1998; 89: 142-5.
66. Taschner CA, Leclerc X, Rachdi H, Barros AM, Pruvo JP. Matrix detachable coils for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: analysis of early angiographic and clinical outcomes. *Stroke* 2005; 36: 2176-80.
67. Murayama Y, Vinuela F, Ishii A, Nien YL, Yuki I, Duckwiler G, Jahan R. Initial clinical experience with matrix detachable coils for the treatment of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 2006; 105: 192-9.

68. Katsaridis V, Papagiannaki C, Violaris C. Guglielmi detachable coils versus matrix coils: a comparison of the immediate posttreatment result of the embolization on 364 aneurysms in 307 patients: a single-center, single-surgeon experience. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 1841–8.
69. Gaba RC, Ansari SA, Roy SS, Marden FA, Viana MA, Malisch TW. Embolization of intracranial aneurysms with hydrogel-coated coils versus inert platinum coils: Effects on packing density, coil length and quality, procedure performance, cost, length of hospital stay, and durability of therapy. *Stroke* 2006; 37: 1443–50.
70. Berenstein A, Song JK, Niimi Y, Namba K, Heran NS, Brisman JL, Nahoum MC, Madrid M, Langer DJ, Kupersmith MJ. Treatment of cerebral aneurysms with Hydrogel-coated platinum coils (HydroCoil): early single-center experience. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 1834–40.
71. Cloft HJ; HEAL Investigators. HydroCoil for Endovascular Aneurysm Occlusion (HEAL) study: 3–6 month angiographic follow-up results. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007; 28: 152–4.
72. Cloft HJ. Hydrocoil for Endovascular Aneurysm Occlusion (HEAL) study: Periprocedural results. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 289–92.
73. Slob MJ, van Rooij WJ, Sluzewski M. Influence of coil thickness on packing, re-opening and retreatment of intracranial aneurysms: a comparative study between two types of coils. *Neuro Res* 2005; 27 (Suppl 1): S116–S119.
74. Holmin S, Krings T, Ozanne A, Alt JP, Claes A, Zhao W, Alvarez H, Rodesch G, Lasjaunias P. Intradural saccular aneurysms treated by Guglielmi detachable bare coils at a single institution between 1993 and 2005: clinical long-term follow-up for a total of 1810 patient-years in relation to morphological treatment results. *Stroke* 2008; 39: 2288–97.
75. Zubillaga AF, Guglielmi G, Vinuela F, Duckwiler GR. Endovascular occlusion of intracranial aneurysms with electrically detachable coils: correlation of aneurysm neck size and treatment results. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 815–20.
76. Gurian JH, Martin NA, King WA, Duckwiler GR, Guglielmi G, Vinuela F. Neurosurgical management of cerebral aneurysms following unsuccessful or incomplete endovascular embolization. *J Neurosurg* 1995; 83: 843–53.
77. Civit T, Auque J, Marchal JC, Bracard S, Picard L, Hepner H. Aneurysm clipping after endovascular treatment with coils: a report of eight patients. *Neurosurgery* 1996; 38: 955–61.
78. Zhang J, Barrow D, Cawley M, Dion JE. Neurosurgical management of intracranial aneurysms previously treated with endovascular therapy. *Neurosurgery* 2003; 52: 283–95.
79. Veznedaroglu E, Benitez RP, Rosenwasser RH. Surgically treated aneurysms previously coiled: lessons learned. *Neurosurgery* 2004; 54: 300–5.
80. Tirakotai W, Sure U, Yin Y, Benes L, Schulte DM, Bien S, Bertalanffy H. Surgery of intracranial aneurysms previously treated endovascularly. *Clin Neuro Neurosurg*. 2007; 109: 744–52.
81. Hoh BL, Cheung AC, Rabinov JD, Pryor JC, Carter BS, Ogilvy CS. Results of a prospective protocol of computed tomographic angiography in place of catheter angiography as the only diagnostic and pre-treatment planning study for cerebral aneurysms by a combined neurovascular team. *Neurosurgery* 2004; 54: 1329–42.
82. Mathis JM. Temporary balloon test occlusion of the internal carotid artery: experience in 500 cases. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995; 16: 749–54.
83. Locksley HB. Report on the co-operative study of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage. Section V, Part 1: natural history of subarachnoid haemorrhage, intracranial aneurysms and arteriovenous malformations based on 6368 cases in the co-operative study. *J Neurosurg* 1966; 28: 219–39.
84. Cloft HJ, Kallmes DF. Cerebral aneurysm perforations complicating therapy with Guglielmi detachable coils: a meta-analysis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23: 1706–9.
85. Raymond J, Roy D. Safety and efficacy of endovascular treatment of acutely ruptured aneurysms. *Neurosurgery* 1997; 41: 1235–46.
86. Nguyen TN, Hoh BL, Amin-Hanjani S, Pryor JC, Ogilvy CS. Comparison of ruptured vs unruptured aneurysms in recanalization after coil embolization. *Surg Neurol* 2007; 68: 19–23.
87. Raymind J, Guilbert F, Weill A, Georganos SA, Juravsky L, Lambert A, Lamoureux J, Chagnon M, Roy D. Long term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 2003; 34: 1398–403.
88. McDougall CG, Halbach VV, Dowd CF, Higashida RT, Larsen DW, Hieshima GB. Causes and management of aneurysmal hemorrhage occurring during embolization with Guglielmi detachable coils. *J Neurosurg* 1998; 89: 87–92.
89. Eide KR, Ødegård A, Myhre HO, Haraldseth O. Initial observations of endovascular aneurysm repair using Dyna-CT. *J Endovasc Ther* 2007; 14: 50–3.
90. Mawad ME. Unruptured intracranial aneurysms. Who should we treat? Advanced Aneurysm Treatment Symposium Oxford, December 15–17, 2008.
91. Ries T, Siemonsen S, Grzyska U, Zeumer H, Fiehler J. Abciximab is a safe rescue therapy in thromboembolic events complicating cerebral aneurysm coil embolization: single center experience in 42 cases and review of the literature. *Stroke* 2009; 40: 1750–7.
92. Gralla J, Rennie AT, Corkill RA, Laloo ST, Molyneux A, Byrne JV, Kuker W. Abciximab for thrombolysis during intracranial aneurysm coiling. *Neuroradiology* 2008; 50: 1041–7.
93. Jones RG, Davagnanam I, Colley S, West RJ, Yates DA. Abciximab for treatment of thromboembolic complications during endovascular coiling of intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29: 1925–9.
94. Park JH, Kim JE, Sheen SH, Jung CK, Kwon BJ, Kwon OK, Oh CW, Han MH, Han DH. Intraarterial abciximab for treatment of thromboembolism during coil embolization of intracranial aneurysms: outcome and fatal hemorrhagic complications. *J Neurosurg* 2008; 108: 450–7.
95. Standhardt H, Gruber A, Ferraz-Leite H, Bavinszki G. Emergency extracranial-to-intracranial bypass after thromboembolic occlusion of the middle cerebral artery following GDC embolisation of a ruptured ACoA aneurysm. *Intervent Neuroradiol* 2004; 10: 257–63.
96. Henkes H, Fischer S, Liebig T, Weber W, Reinartz J, Miloslavski E, Kühne D. Repeated endovascular coil occlusion in 350 of 2759 intracranial aneurysms: safety and effectiveness aspects. *Neurosurgery* 2008; 62 (Suppl 3): 1532–7.
97. Kang HS, Han MH, Kwon BJ, Kwon OK, Kim SH. Repeat endovascular treatment in post-embolization recurrent intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2006; 58: 60–70.
98. Renowden SA, Koumellis P, Benes V, Mukonoweshuro W, Molyneux AJ, McConachie NS. Retreatment of previously embolized cerebral aneurysms: the risk of further coil embolization does not negate the advantage of the initial embolization. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29: 1401–4.
99. Campi A, Ramzi N, Molyneux AJ, Summers PE, Kerr R, Sneade M, Yarnold JA, Rischmiller J, Byrne JV. Retreatment of ruptured cerebral aneurysms in patients randomized by coiling or clipping in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Stroke* 2007; 38: 1538–44.

Ao. Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Gruber

Geboren 1968, Medizinstudium in Wien, Ausbildung zum Facharzt für Neurochirurgie an der Univ.-Klinik für Neurochirurgie Wien. Ausbildung in endovaskulärer Neurochirurgie und neurochirurgischer Intensivmedizin. Notarzt. *Venia docendi* 2001, ao. Univ.-Prof. 2002. Leitender Oberarzt der Intensivstation der Univ.-Klinik für Neurochirurgie. Schwerpunkte der klinischen und wissenschaftlichen Tätigkeit in den Bereichen vaskuläre und endovaskuläre Neurochirurgie sowie neurochirurgische Intensivmedizin.



Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)