

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

**Endovaskuläre Verfahren zur
Behandlung von intrakraniellen
Gefäßmißbildungen oder Aneurysmen**

Richling B

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2002; 3 (4), 12-16

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,-

76. Jahrestagung

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie DGNC

Joint Meeting mit der Französischen
Gesellschaft für Neurochirurgie



2025
1.–4. Juni
HANNOVER

www.dgnc-kongress.de

Im Spannungsfeld zwischen
Forschung und Patientenversorgung

PROGRAMM JETZT ONLINE EINSEHEN!



Deutsche
Gesellschaft für
Epileptologie



64. JAHRESTAGUNG

der Deutschen Gesellschaft für Epileptologie

10.–13. Juni 2026
Würzburg



© CIM Deimer Deque/Kosch/KARL70
Bavaria_HFB/Alto/Warri | Stock Adobe

Endovaskuläre Verfahren zur Behandlung von intrakraniellen Gefäßmißbildungen oder Aneurysmen

B. Richling

Endovaskuläre Verfahren spielen heute in der Behandlung von intrakraniellen Gefäßmißbildungen (AV-Malformationen) oder zerebralen Aneurysmen eine bedeutende Rolle. Bei den ersteren ist der endovaskuläre Eingriff selten als solcher heilend, das heißt, er führt meist nicht zur permanenten und völligen Ausschaltung des Angioms. Häufig wird die Embolisation als Vorbereitung zum mikrochirurgischen oder auch zum radiochirurgischen Eingriff durchgeführt. Bei zerebralen Aneurysmen hingegen stellt das endovaskuläre Behandlungsverfahren mittels Platinspiralen eine weltweit eingeführte Alternative zur Mikrochirurgie dar, wobei bei der Wahl zum endovaskulären Vorgehen dem entscheidenden Therapeuten bewußt sein muß, daß die „Aneurysmaembolisation“ zwar den Vorteil des atraumatischen Zugangs zum Aneurysma hat, jedoch andererseits den Nachteil in sich trägt, daß das angiographische Ergebnis der Embolisation (von kleinen oder schmalhalsigen Aneurysmen abgesehen) über die Zeit instabil ist und Nachkontrollen und eventuell Nachembolisationen bedarf. Man kann jedoch davon ausgehen, daß die technischen Entwicklungen bereits in der allerersten Zeit den heutigen Nachteil der Langzeitinstabilität größtenteils kompensieren werden können und somit den endovaskulären Verfahren in der Behandlung zerebraler Aneurysmen zukünftig ein noch größerer Spielraum eingeräumt werden wird.

Schlüsselwörter: intrakranielle Gefäßmißbildungen, zerebrale Aneurysmen, Embolisation

Endovascular Therapy for Brain Arteriovenous Malformations and Aneurysms. Endovascular therapy plays a major role today for the treatment of intracranial AV-malformations and brain aneurysms. Embolization for brain AVMs leads to cure (i.e., permanent and total occlusion) in a small group of patients only. In most cases AVM-embolization is used as a pre-surgical or pre-radiosurgical tool. Endovascular therapy for cerebral aneurysms using platinum coils is today a worldwide-accepted technique representing an alternative tool to the "golden standard" microsurgery. The big advantage of endovascular aneurysm therapy is the atraumatic approach to the aneurysm. The main disadvantage, however, is the instability of the angiographic results on follow-up examinations (with the exception of small and especially small neck aneurysms) requiring not only regular follow-up but also eventually re-treatments. These disadvantages will be overcome soon by the upcoming technical developments bringing endovascular therapy for cerebral aneurysms to an even greater importance. *J Neurol Neurochir Psychiatr* 2002; 3 (4): 12–16.

Key words: intracranial arteriovenous malformations, cerebral aneurysms, embolization

Unter den intrakraniellen Gefäßmißbildungen stellen die AV-Malformationen eine Erkrankung dar, die meist im dritten bis fünften Lebensjahrzehnt symptomatisch wird, wobei das Hauptsymptom die intrakranielle (meist intrazerebrale oder ventrikuläre) Blutung ist. Dieses Risiko wird in den meisten Studien mit 2–4 % pro Jahr beziffert [1] und dominiert die zur Therapie führende Risikoabwägung. Die übrigen von AV-Malformationen ausgehenden Symptome, wie Anfälle (18–28 %), progressive neurologische Ausfälle (7 %) und Kopfschmerz (5–35 %) [2, 3], werden (mit Ausnahme therapieresistenter Anfälle) nur selten in Therapieentscheidungen einbezogen.

Zerebrale Aneurysmen stellen, auch wenn sie mitunter gemeinsam mit AV-Malformationen auftreten, eine völlig andere pathologische Entität dar. Was sie mit AV-Malformationen gemeinsam haben, ist die intrakranielle Blutung als dominantes Risiko. Dieses Risiko wird im wissenschaftlichen Schrifttum sehr unterschiedlich gesehen. Grundsätzlich wird das Blutungsrisiko bei Aneurysmen ohne vorangegangene Blutung geringer eingestuft als bei solchen, die bereits geblutet haben. Bei bisher nicht gebluteten Aneurysmen mit einem Durchmesser von weniger als 10 mm wird das statistische Risiko unter 0,1 % pro Jahr angegeben [4], während es bei Aneurysmen mit mehr als 10 mm Durchmesser bei etwa 0,5 % pro Jahr liegt. Aneurysmen mit der Vorgeschichte einer Subarachnoidalblutung zeigen Blutungsrisiken zwischen 0,65 % pro Jahr für kleine Aneurysmen (< 10 mm Durchmesser) und 1,5 % pro Jahr für größere, wobei das Risiko bei bestimmten Aneurysmenlokalisationen (z. B. Basilarisaufteilung) noch höher erscheint. Die statistische Erfassung des Blutungsrisikos wird durch den meist nicht einflußfreien Aufbau der Studien beeinträchtigt [5]; gesichert scheint, daß Aneurysmengröße und -form sowie Lokalisation, vor

allem aber vorausgegangene Subarachnoidalblutungen die statistisch bedeutungsvollsten Prädiktoren für eine Blutung sind.

Der klassische Behandlungsstandard für zerebrale AV-Malformationen und Aneurysmen, die Mikrochirurgie, stellte den Neurochirurgen seit jeher vor spezielle Herausforderungen. Die besonderen, von Art, Lage und Größe der Läsion abhängigen chirurgisch-technischen Schwierigkeiten schaffen gemeinsam mit der oft geringen Fallzahl eine Situation, die schon sehr früh Anlaß war, nach alternativen Behandlungsmöglichkeiten zu suchen.

Endovaskuläre Therapie bei zerebralen AV-Malformationen

Das Prinzip der endovaskulären Behandlung von AV-Malformationen des Gehirns besteht darin, daß speziell gebaute Mikrokatheter in einem koaxialen Kathetersystem unter speziellen Durchleuchtungstechniken (Roadmapping) von der Arteria femoralis aus in die gehirnversorgenden und angiomversorgenden Arterien eingebracht und bis in den Angiomnidus vorgeschoben werden. Über den Mikrokatheter werden rasch aushärtende Kunststoffe (meist Acrylate) in den Angiomnidus injiziert. Das Prinzip dieses Vorgehens ist fast 30 Jahre alt [6–8], wenn auch – vor allem im Bereich der Mikrokatheter – bedeutungsvolle technische Entwicklungen stattgefunden haben. Moderne Mikrokatheter für die zerebrale Anwendung werden heute in Kombination mit zarten Führungsdrähten verwendet, die ihrerseits höchstes technologisches Know-how beinhalten; wird die Katheterspitze ohne Führungsdraht geführt, so ist sie aufgrund ihrer Bauweise und Flexibilität in der Lage, durch den (meist erhöhten) Blutfluß im angiom-

Aus der Landesklinik für Neurochirurgie, Christian-Doppler-Klinik, Salzburg

Korrespondenzadresse: Univ.-Prof. Dr. Bernd Richling, Vorstand der Landesklinik für Neurochirurgie, Christian-Doppler-Klinik, A-5020 Salzburg, Ignaz-Harrer-Straße 79; E-Mail: b.richling@lks.at

speisenden Gefäß zum Angiomnidus „gezogen“ zu werden. Die große Vielfalt unterschiedlichster Mikrokathetersysteme erlaubt es, in den allermeisten Fällen ganz nahe an den Angiomnidus heranzukommen, ja sogar in ihn einzudringen oder durch die AV-Shunts auf die venöse Seite zu gelangen (Abb. 1). Diese hohe Selektivität des Katheterzuganges ist Voraussetzung dafür, daß das Embolisationsmaterial im Angiomnidus, genauer gesagt in den AV-Shunts des Angioms, plaziert wird.

Auch die Embolisationsmaterialien selbst haben eine jahrzehntelange Vorgeschichte [9–12]. Zyanoacrylate, die bei Kontakt mit den freien Wasserstoffionen des Blutes rasch polymerisieren, entsprechen vom Prinzip her dem heutigen „Sekundenkleber“ und wurden schon 1972 von Zanetti [11] als Neuroembolisat beschrieben. Die heute verwendeten Acrylate sind nicht nur selbstverständlich mit Kontrastmittel versehen und daher in der Durchleuchtung sichtbar, sondern erlauben auch durch moderne Oberflächentechnologie unterschiedliches Verhalten im schnellen Blutfluß des AV-Shunts. Das Verhalten des flüssigen, mit Blutkontakt aushärtenden Embolisates im schnellfließenden Blut des AV-Shunts stellt eine besondere Herausforderung für den neurointerventionellen Therapeuten dar. Die Einbringung von höher viskosen Embolisaten verbietet sich durch die geringen Lumenquerschnitte der Mikrokatheter, so daß das Ziel, das primär dünnflüssige Embolisat im schnell fließenden Blutstrom genau an der richtigen Stelle fest werden zu lassen, durch andere „Tricks“ erreicht werden muß: Hierzu zählen die Anpassung der Polymerisationsgeschwindigkeit des Embolisates an die Bedingungen im AV-Shunt, das Einbringen von zarten Metalldrähten (meist Platinspiralen) in den AV-Shunt

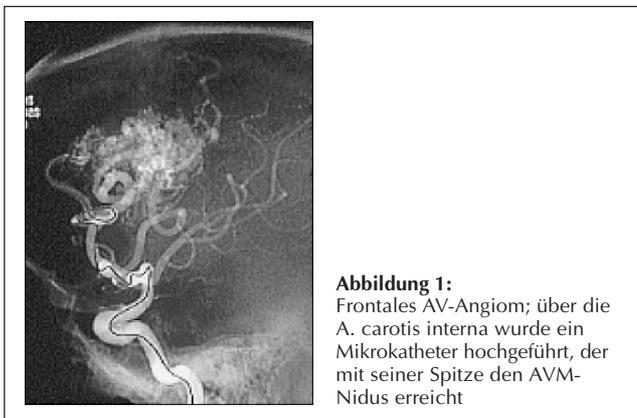


Abbildung 1: Frontales AV-Angiom; über die A. carotis interna wurde ein Mikrokatheter hochgeführt, der mit seiner Spitze den AVM-Nidus erreicht

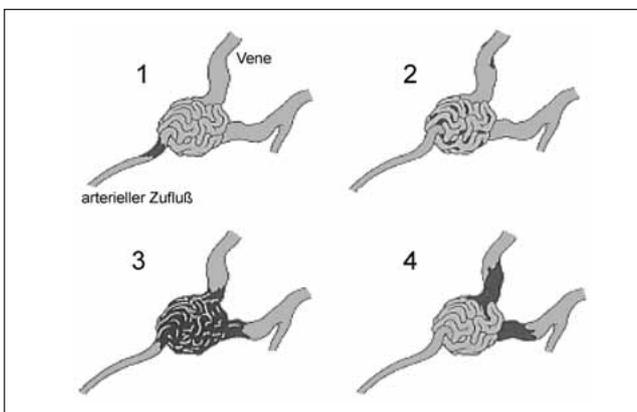


Abbildung 2: Unterschiedliche Verteilungsmuster von Embolisat im Angiomnidus; nur das Verteilungsmuster 3 läßt kompletten und permanenten Verschuß erwarten

als „Fänger“ des flüssigen Embolisates oder die Kontrolle des Blutflusses durch Mikrobällone an der Katheterspitze. Ziel der Embolisation ist der solide Ausguß des angepeilten Angiomnidus, wie dies aus Abbildung 2 ersichtlich ist. Der mit Embolisat gefüllte Mikrokatheter wird nach Beendigung des wenigen Sekunden bis Minuten dauernden Embolisationsvorganges zurückgezogen und verworfen. Da Angiome meist aus mehreren, oft sogar aus vielen Compartments bestehen, ist es erforderlich, all diese Compartments einzeln zu begehen und zu embolisieren. Daraus wird verständlich, daß die Embolisation größerer Angiome vielfach in mehreren Sitzungen durchgeführt werden muß. Auch wird verständlich, daß nicht nur das verwendete Material, sondern die Röntgeneinrichtung speziell auf die Bedürfnisse der zerebralen Embolisation (höchste örtliche Auflösung bei gleichzeitiger Möglichkeit, rasch fließende Teilchen sichtbar zu machen, rauschfreie Darstellung kontrastmittelschwacher Strukturen auch durch den Knochen der Schädelbasis etc.) ausgerichtet sein muß.

Die Embolisation von AV-Angiomen in Kombination mit anderen Behandlungsverfahren

Primäres Ziel der endovaskulären Embolisation von AV-Angiomen des Gehirns ist die Heilung des Patienten von dieser Erkrankung. Dies wird nur dann erreicht, wenn alle Angiomanteile dauerhaft verschlossen sind. Dies wird jedoch nur bei einem Anteil von 15–35 % der Angiome erreicht werden können (Abb. 3), in den meisten Fällen wird durch die Komplexität der Angioarchitektur nur ein endovaskulärer Teilverschluß möglich werden. Hinzu kommt, daß die verstärkte Bemühung, alle Compartments eines Angioms selektiv zu erreichen und zu embolisieren, das Gesamtrisiko erhöht und damit die Frage aufwirft, ob der verbleibende Angiomrest nicht durch andere, alternative Behandlungsformen mit geringerem Risiko behandelt werden kann. Dies führt zum Konzept der Kombination der Embolisation mit der Mikrochirurgie in Form der „präoperativen Embolisation“ oder der Kombination mit der Radiochirurgie. Da die Mehrheit der Embolisationen bei AV-Angiomen als Teilembolisationen enden und in Kombination mit den anderen Therapieverfahren geführt werden, nimmt diese Embolisationsart einen besonders breiten Raum ein. Die strategischen Gesichtspunkte sind

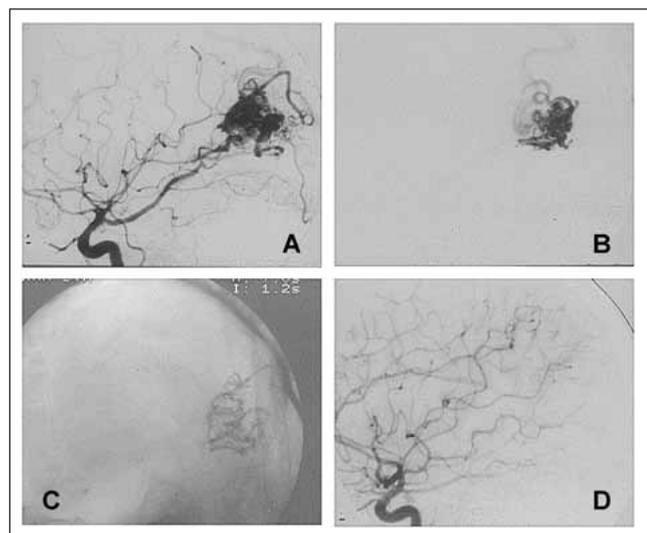


Abbildung 3: Okzipitales AV-Angiom vor (A), während (B, C) und nach (D) Embolisation mit einem Gemisch aus dem öligen Kontrastmittel Lipiodol und dem Akrylat Histoacryl (75/25); alles in seitlicher Projektion

in diesem Zusammenhang folgende: 1. Die Teilembolisation muß in ihrem Ablauf auf die spätere Kombinationsbehandlung „zugeschnitten“ sein, das heißt, daß z. B. in Vorbereitung zum chirurgischen Eingriff jene Compartments nach Möglichkeit embolisiert werden, die chirurgisch schwer zu erreichen sind, oder daß in Vorbereitung zur Radiochirurgie das Verteilungsmuster des Embolisates so gewählt wird, daß es die dosimetrische Planung erleichtert und nicht erschwert (Abb. 4). 2. Durch die Kombination von Behandlungsformen und die Erhöhung der Anzahl von Eingriffen steigt in der Summe das Behandlungsrisiko. Für die strategische Gesamtplanung ist es wichtig zu verhindern, daß etwa die Embolisation, die den chirurgischen Eingriff erleichtern soll, selbst ein hohes Komplikationsrisiko in das Gesamtrisiko einbringt.

Die Risikoabwägung in der Embolisation von AV-Malformationen

Wird beim interventionellen Katheterzugang zum AV-Nidus eine selektive Position am Nidus erreicht, so wird das weitere Eingriffsrisiko durch das Verhalten des Embolisates während der Verfestigung bestimmt. Dies wird beeinflusst durch den Blutfluß im AV-Shunt (siehe oben), durch die Wahl des Embolisates und durch die Injektionstechnik. Gelingt es nicht, die Katheterspitze ganz an den Nidus heranzuführen, so ist, je nach Funktionalität des Gefäßterritoriums, mit Funktionsausfällen durch das Einfließen von Embolisat in physiologische Gefäße zu rechnen. Das funktionelle „Testen“ des Stromgebietes zwi-

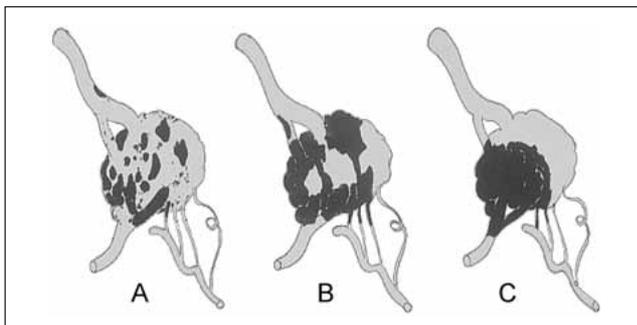


Abbildung 4: Mögliche Verteilungsmuster von Embolisat im Angiomnidus und die daraus entstehende Tauglichkeit des Restangioms zur Gamma-knife-Therapie. A: diffus verteiltes Embolisat: sehr ungünstig, keine Verbesserung der Dosimetrie. B: mehrere kleine Compartments: schwierige, jedoch machbare Dosimetrie. C: solider Teilausguß: stark verbesserte Dosimetrie im Vergleich zum nichtembolisierten Angiom

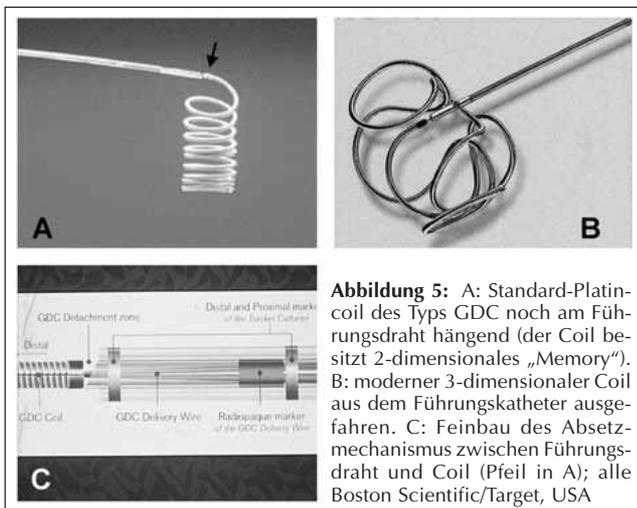


Abbildung 5: A: Standard-Platincoil des Typs GDC noch am Führungsdraht hängend (der Coil besitzt 2-dimensionales „Memory“). B: moderner 3-dimensionaler Coil aus dem Führungskatheter ausgefahren. C: Feinbau des Absetzmechanismus zwischen Führungsdraht und Coil (Pfeil in A); alle Boston Scientific/Target, USA

schen Katheterspitze und Angiomnidus durch die Injektion kurz wirksamer Barbiturate hat sich nicht bewährt. Nicht nur, daß der Patient zum „Barbiturat-Test“ wach sein muß (man bevorzugt heute für den endovaskulären Eingriff Vollnarkose), auch ist nicht sichergestellt, daß das Barbiturat alle Territorien erreicht. Genaue Kenntnis der Gefäßanatomie, Studium der oft komplexen Vasoarchitektur des Angioms und hochselektive Lage des Katheters am Angiom sind die besten Voraussetzungen, um das Embolisationsrisiko so niedrig wie möglich zu halten.

Endovaskuläre Therapie von zerebralen Aneurysmen

Seit der Einführung von Latexballonen, die auf Mikrokatheter montiert werden [13], wurde es möglich, die im Blutfluß schwimmenden Ballone in zerebrale Aneurysmen einzuschwemmen. Nachdem zur Fixierung des Ballons am Katheter elastische Latexfäden verwendet wurden, ließ sich der Ballon durch Zug am Katheter im Aneurysma absetzen. Die Embolisation von zerebralen Aneurysmen durch absetzbare Latex- oder Silikonballone war bis 1991/92 das einzige in größerer Zahl angewandte Verfahren [14]. Durch die Einführung sehr weicher Spiralen aus feinstem Platindraht durch Guglielmi wurde 1991 ein Verfahren vorgestellt, das es ermöglichte, zerebrale Aneurysmen mit weichen Platinspiralen auszufüllen, wobei sich der feine Platindraht (im Gegensatz zu den Ballonen) der Aneurysmaform anpaßte [15]. Voraussetzung hierfür ist, daß der Mikrokatheter das Aneurysmännere erreicht, was in der Regel ohne besondere Schwierigkeiten möglich ist, und die Architektur des Aneurysmas die Platzierung der Platinspiralen so erlaubt, daß die aneurysmatragenden Hirngefäße nicht eingeeengt werden. Dieses, zuerst als „Guglielmi Detachable Coil“® (Boston Scientific, Target Division, USA) vorgestellte System wurde mit seiner Abkürzung „GDC“ bald Synonym für die endovaskuläre Therapie zerebraler Aneurysmen. Die zunächst in nur wenigen Größen vorliegenden Platinspiralen wurden bald in unterschiedlichsten Helixdurchmessern und Längen sowie Platindrahtstärken angeboten, um möglichst allen Aneurysmaformen und -größen gerecht werden zu können (Abb. 5). So bestand über Jahre hinweg die endovaskuläre Standardtherapie zerebraler Aneurysmen in der Begehung des Aneurysmalumens mittels speziellem Mikrokatheter, der Einbringung einer ersten Platinspirale (Coil), die in ihrem Durchmesser gering größer als das Aneurysma gewählt wird, um eine Verteilung in Form einer Gitterkugel zu ermöglichen (Abb. 6), und im Auffüllen dieser Gitterkugel durch weichere Platinspiralen, bis diese im Aneurysma so dicht wie möglich gepackt sind. Je breiter der Aneurysmahals, desto schwieriger und unsicherer ist die Platzierung der letzten Coils ohne Kompromittierung der aneurysmatragenden Gefäße; ein Umstand, der sowohl auf die Langzeitergebnisse als auch auf die Entwicklung von Alternativtechniken Einfluß hat.

Klinische und angiographische Ergebnisse nach Aneurysmaembolisation

Sowohl der endovaskuläre Zugang zum Aneurysma als auch das Platzieren der Coils im Aneurysma erfolgt ohne nennenswerte Manipulation an den Hirngefäßen. Speziell der Zugang zum Aneurysma ist mit dem chirurgischen Zugang weder von seiten der Geschwindigkeit des Ablaufes noch dem Ausmaß der Invasivität zu vergleichen. Dies bedeutet für den Patienten einen minimalinvasiven Eingriff, der durchaus auch ohne Narkose völlig schmerzfrei

abgewickelt werden könnte. Aufgrund der Notwendigkeit einer völlig ruhigen Kopfhaltung unter dem (heute meist biplanen) Röntgengerät und der Sicherheit der besseren Überwachung der Vitalparameter werden diese Eingriffe jedoch heute fast immer in Vollnarkose durchgeführt. Die minimale Invasivität führt zu hervorragenden klinischen Ergebnissen [16, 17] und bietet die Möglichkeit, auch Patienten in schlechtem klinischem Zustand, trotz des Einflusses von Hirnödemen oder Vasospasmus, zu therapieren. Der nach Subarachnoidalblutungen nicht seltene Vasospasmus stellt hier keine Eingriffsbehinderung dar; vielmehr kann der Vasospasmus durch den endovaskulären Zugang über die Injektion von Gefäßdilantien (Papaverin) oder mittels Ballon (Angioplastie) therapiert werden (Abb. 7).

Die guten klinischen Ergebnisse spiegeln sich nicht nur im Befinden der Patienten nach dem Eingriff, sondern auch in einer sehr niedrigen Nachblutungsrate wider. Diese liegt zwischen 0,4 % und 7,9 % [18–22], was vor allem angesichts der nicht immer befriedigenden angiographischen Ergebnisse beeindruckend erscheinen muß. Die Ergebnisse angiographischer Nachuntersuchungen zeigen, daß sich die weichen Platinspiralen durch den Einfluß des pulsilen Blutflusses in der folgenden Zeit in ihrer Lage verändern können, und sich nicht selten im Aneurysmahals „verdichten“ und somit den ursprünglichen embolisierten Aneurysmahals wieder freigeben. Das Ausmaß dieser unerwünschten Veränderung ist vor allem von der Größe des Aneurysmas, von der Weite des Aneurysmahalses und von der Art und Dichte der eingebrachten Coils abhängig (Tab. 1). Wird bei angiographischer Nachuntersuchung (die aufgrund des beschriebenen Phänomens nach Aneurysmaembolisationen unverzichtbar ist) eine Wiedereröffnung des Aneurysmahalses gesehen, so ist aus der angiographischen Studie zu entscheiden, ob das Aneurysma einer zweiten Embolisation unterzogen werden muß. Diese Unsicherheit, die dem angiographischen Ergebnis (im Gegensatz zum mikrochirurgischen Vorgehen, wo die Rate von Misklipping bei 5,2 % liegt) [24] anhaftet, ist nicht nur Grund für wiederholte angiographische Kontrollen, sondern führt auch dazu, daß zu den Patienten – im Gegensatz zur Chirurgie – vor allem bei größeren Aneurysmen nur vom „Schutz vor einer Blutung“, nicht jedoch von „Heilung“ gesprochen werden kann. Das Phänomen dieser unerwünschten Coilverlagerung stimuliert die Industrie zur Verbesserung des Coilverfahrens oder auch zur Entwicklung anderer alternativer Embolisationstechniken (siehe unten).

Eingriffstypische Risiken während der Embolisation von zerebralen Aneurysmen sind zum Beispiel die Perforation des Aneurysmas bei der Begehung mittels Mikrodrahtes und Mikrokatheters. Dies ist ein Risiko, das besonders bei sehr kleinen Aneurysmen (Durchmesser 2–3 mm)

Tabelle 1: Angiographische Analyse der Verschlussstabilität endovaskulär therapierter Aneurysmen (GDC). Bei kleinen schmalhalsigen Aneurysmen zeigen sich 83 % stabil, bei weiteren Halsen sind nur mehr 58 % stabil. Bei größeren Aneurysmen hielt der Verschluss nur bei 13 %, bei sehr großen nur bei 10 % (nach [23])

N = 455	Progr. thromb.	Unchanged	Recanal.
Kleines Aneurysma (schmaler Hals)	50 %	33 %	17 %
Kleines Aneurysma (weiter Hals)	25 %	33 %	42 %
Großes Aneurysma	-	13 %	87 %
Sehr großes Aneurysma	-	10 %	90 %

relevant wird. Im Fall einer Ruptur wird die Embolisation des Aneurysmas rasch fortgesetzt und Aneurysma und Rupturstelle verschlossen. Weitere eingriffstypische Risiken sind die ungewollte Verlagerung von Platinspiralen und die daraus entstehende Kompromittierung der nahen Blutgefäße. Durchblutungsstörungen von Gefäßterritorien können aus solchen dislozierten Coils, aber auch additiv durch Thrombembolien erfolgen. Das Risiko von thromboembolischen Komplikationen haftet der zerebralen Embolisation grundsätzlich an und ist der Grund dafür, daß die Patienten während und nach den Eingriffen gerinnungsgemäß geführt werden.

Zukunftsperspektiven

Intensive Forschung wird in universitären und industriellen Labors betrieben, um die der Aneurysmenembolisation heute anhaftenden Nachteile zu minimieren. Schwerpunkte sind hier einerseits Projekte, die Qualität der Coils

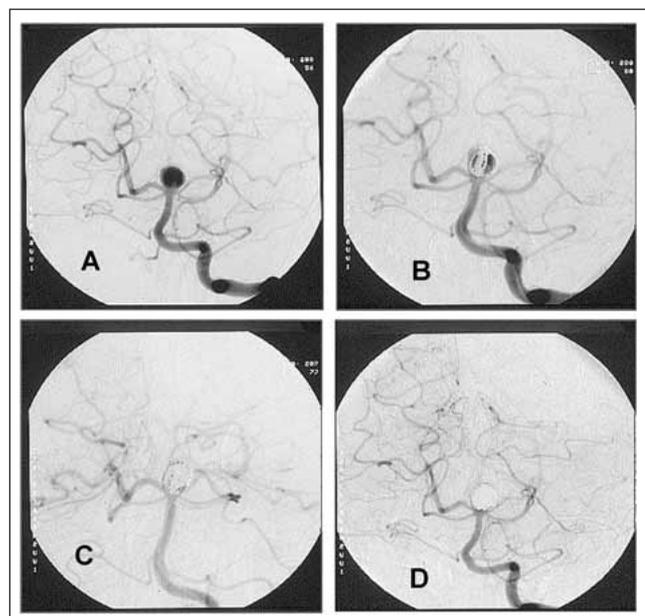


Abbildung 6: A: Aneurysma an der Aufteilungsstelle der A. basilaris mit engem Hals. B: Zustand nach Einbringung des ersten „Basket-Coils“. C: das voll mit Coils gepackte Aneurysma. D: Kontrollangiographie 1 Jahr nach Embolisation; Aneurysma nach wie vor komplett verschlossen

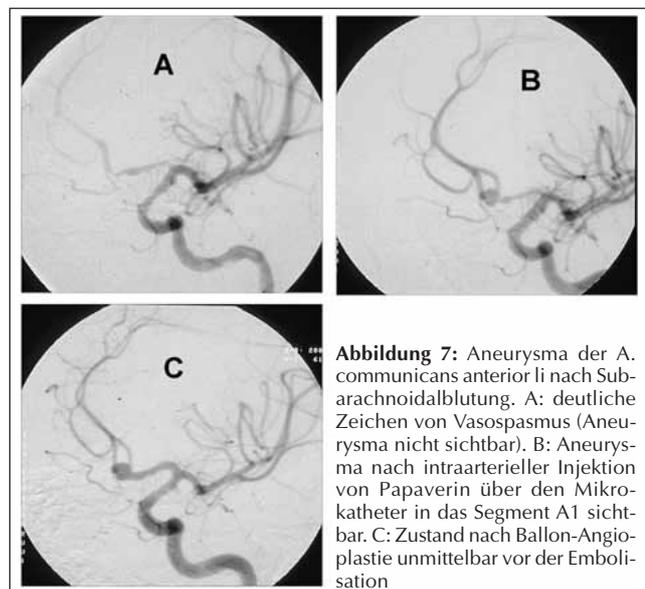


Abbildung 7: Aneurysma der A. communicans anterior li nach Subarachnoidalblutung. A: deutliche Zeichen von Vasospasmus (Aneurysma nicht sichtbar). B: Aneurysma nach intraarterieller Injektion von Papaverin über den Mikrokatheter in das Segment A1 sichtbar. C: Zustand nach Ballon-Angioplastie unmittelbar vor der Embolisation

durch unterschiedliche Beschichtungen oder Kombination mit anderen Materialien so zu modifizieren, daß die „Coilverschiebung“ und damit die Teilwiedereröffnung des Aneurysmas verhindert wird. Coilbeschichtungen, die den Heilungsprozeß verbessern sollen (Matrix-Coil, Boston Scientific/Target Division) oder Hydrogel-Coils (Microvention, USA), die durch Aufquellen des Hydrogels den Bluteinstrom in das Aneurysma verhindern, werden in der allernächsten Zeit für den klinischen Routineeinsatz verfügbar sein. Auch die Entwicklung flüssiger Embolisate, mit denen das zerebrale Aneurysma ausgegossen wird (was unter gleichzeitigem Schutz des aneurysmatragenden Gefäßes erfolgen muß), ist mittlerweile fortgeschritten und wird bei bestimmten Aneurysmaformen Anwendung finden. Auch zarte Gitterschläuche (Stents), wie sie extrakraniell bereits seit Jahren Anwendung finden, werden in Zukunft zur Behandlung bestimmter Aneurysmentypen zum Einsatz kommen, erste Erfahrungen mit „zerebralen Stents“ bei fusiformen oder seitständigen Aneurysmen an Arteria carotis oder Arteria vertebralis sind vielversprechend [25, 26].

Literatur

1. Wilkins RH. Natural history of intracranial vascular malformations: a review. *Neurosurgery* 1985; 16: 421–30.
2. Perret G, Nishioka H. Report on the cooperative study of intracranial aneurysms and subarachnoid hemorrhage. Section VI. Arteriovenous malformations. An analysis of 545 cases of cranio-cerebral arteriovenous malformations and fistulae reported to the cooperative study. *J Neurosurg* 1966; 25: 467–90.
3. Rigamonti D, Spetzler RF, Johnson PC, Drayer BP, Carter LP, Ueda T. Cerebral vascular malformations. *BNI Q* 1987; 3: 18–28.
4. Wiebers DO. Natural history of unruptured intracranial aneurysms. *Operative Techniques in Neurosurgery* 2000; 3: 166–8.
5. International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms – risk of rupture and risk of surgical interventions. *N Engl J Med* 1998; 339: 1725–33.
6. Djindjian R, Cophignon J, Théron J, Merland JJ, Houdart R. Embolization by superselective arteriography from the femoral route in neuroradiology. Review of 60 cases. *Neuroradiology* 1973; 6: 20–6.
7. Hilal SK, Michelsen JW. Therapeutic percutaneous embolization for extraaxial vascular lesions of the head, neck, and spine. *J Neurosurg* 1975; 43: 275–87.
8. Zanetti PH, Sherman FE. Experimental evaluation of a tissue adhesive as an agent for the treatment of aneurysms and arteriovenous anomalies. *J Neurosurg* 1972; 36: 72–9.
9. Luessenhop AJ, Spence WT. Artificial embolisation of cerebral arteries. Report of use in a case of arteriovenous malformation. *J Am Med Ass* 1960; 172: 1153–5.
10. Sano K, Jimbo M, Saito I, Basugi N. Artificial embolization of inoperable angioma with polymerizing substance. In: Pia HW, Gleave JRW, Grote E, Zierski J. *Cerebral angiomas*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1975; 222–9.
11. Zanetti PH, Sherman FE. Experimental evaluation of a tissue adhesive as an agent for the treatment of aneurysms and arteriovenous anomalies. *J Neurosurg* 1972; 36: 72–9.
12. Richling B. Homologous controlled-viscosity fibrin for endovascular embolization. Part I. Experimental development of the medium. *Acta Neurochirurgica* 1982; 62: 159–70.
13. Serbinenko FA. Ballon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg* 1974; 41: 125–45.
14. Moret J. Endovascular treatment of berry aneurysms by endosaccular occlusion. *Acta Neurochir Suppl* 1991; 53: 48–9.
15. Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: Preliminary clinical experience. *J Neurosurg* 1992; 76: 337–9.
16. Richling B, Bavinzski 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. *Interventional Neuroradiology* 1995; 1: 19–27.
17. Molyneux A. ISAT-International Subarachnoid Aneurysm Trial. Persönliche Mitteilung.
18. Gruber A, Killer M, Bavinzski 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: 793–803.
19. Cognard C, Weill A, Castaings L, Rey A, Moret J. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology* 1998; 206: 499–510.
20. 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.
21. Byrne JV, Sohn MJ, Molyneux AJ, Chir B. Five-year experience in using coil embolization for ruptured intracranial aneurysms: outcomes and incidence of late rebleeding. *J Neurosurg* 1999; 90: 656–63.
22. Vanninen R, Koivisto T, Saari T, Hernesniemi J, Vapalahti M. Ruptured intracranial aneurysms: acute endovascular treatment with electrolytically detachable coils – a prospective randomized study. *Radiology* 1999; 211: 325–36.
23. Hayakawa M, Murayama Y, Duckwiler GR, Gobin YP, Guglielmi G, Vinuela F. Natural history of the neck remnant of a cerebral aneurysm treated with the Guglielmi detachable coil system. *J Neurosurg* 2000; 93: 561–8.
24. Thornton J, Bashir Q, Aletich VA, Debrun GM, Ausman JI, Charbel FT. What percentage of surgically clipped intracranial aneurysms have residual necks? *Neurosurgery* 2000; 46: 1294–8.
25. Higashida RT, Smith W, Gress D, Urwin R, Dowd CF, Balousek PA, Halbach VV. Intravascular stent and endovascular coil placement for a ruptured fusiform aneurysm of the basilar artery. Case report and review of the literature. *J Neurosurg* 1997; 87: 944–9.
26. Lylyk P, Cohen JE, Ferrario A, Ceratto R, Miranda C. Partially clipped intracranial aneurysm obliterated with combined stent and coil implantation. *J Endovasc Ther* 2002; 9: 160–4.

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](#)