

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

Endovaskuläre Behandlungsmöglichkeiten des akuten ischämischen Schlaganfalls

Killer-Oberpfalzer M, Broussalis E

Trinka E

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2011; 12 (3), 229-234

Homepage:

www.kup.at/

JNeurolNeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

77. Jahrestagung

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie



2026
7.–10. Juni
AACHEN

Personalisierte Neurochirurgie – digital, kompetent, vernetzt

dgnc-kongress.de

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

*Werfen Sie einen
Blick ins Programm!*



*Registrieren
Sie sich jetzt!*



Endovaskuläre Behandlungsmöglichkeiten des akuten ischämischen Schlaganfalls

M. Killer-Oberpfalzer, E. Broussalis, E. Trinka

Kurzfassung: Der akute ischämische Schlaganfall ist nach wie vor eine Erkrankung mit schwerwiegendem Krankheitsbild und einer hohen Sterberate. Bisher bildet die Therapie mit einem intravenösen (i.v.) gewebespezifischen Plasminogenaktivator („tissue-type plasminogen activator“ [tPA]) die einzige etablierte Behandlungsförm. Dennoch erhalten nur etwa 3–10 % der Patienten mit akutem ischämischem Schlaganfall diese Behandlung.

Basierend auf den Daten der ECASS-III-Studie wurde das Zeitfenster für die wirksame Behandlung eines akuten ischämischen Schlaganfalls mit i.v. tPA von 3 auf 4,5 Stunden nach Symptombeginn erweitert. Darüber hinaus und zusätzlich zur intravenösen Therapie hat die interventionelle Schlaganfalltherapie eine wichtige Rolle in der Behandlung des akuten ischämischen Schlaganfalls eingenommen.

Derzeit werden neue, vielversprechende mechanische Behandlungsmethoden, die in diesem Review vorgestellt werden, als Routinetherapien etabliert, um weiter verbesserte Ergebnisse für Schlaganfallpatienten zu erzielen.

Schlüsselwörter: endovaskuläre Schlaganfalltherapie, Clot-Retriever, Thrombektomie, Thrombolyse

Abstract: Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke. Acute ischemic stroke remains a condition of high morbidity and mortality. So far, the only established therapy is intravenous tissue-type plasminogen activator (tPA). Only 3–10 % of patients with acute ischemic stroke receive this treatment.

Based on data from the ECASS III study, the time window for beneficial treatment of ischemic stroke with intravenous tPA was extended from 3 to 4.5 hours after onset of stroke symptoms. Beyond that window of opportunity and additionally to intravenous treatment, interventional stroke therapy has assumed an important role for treatment of acute ischemic stroke.

Currently, new promising mechanical treatment options, which are presented in this review, are on the way to be established as routine procedures to achieve further improved outcome for stroke patients. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2011; 12 (3): 229–34.**

Key words: endovascular treatment of stroke, clot retrieval, thrombectomy, thrombolysis

■ Einleitung

Der Schlaganfall ist nach dem Herzinfarkt und der Krebserkrankung die dritthäufigste Todesursache in der westlichen Welt und die häufigste Ursache für schwere Behinderungen [1]. 30–50 % der überlebenden Schlaganfallpatienten erlangen keine funktionelle Unabhängigkeit mehr und 15–30 % davon bleiben dauerhaft behindert. Der Schlaganfall ist somit eine massive finanzielle und persönliche Bürde in unserer Gesellschaft [2]. Für den akuten Schlaganfall gilt immer: Je früher eine Behandlung erfolgt, desto besser ist das Ergebnis. Um dies zu erreichen, wurden Protokolle etabliert, um Patienten innerhalb des therapeutischen Zeitfensters thrombolytischen und mechanischen Rekanalisationstherapien zuzuführen.

Die Auswertung der bedeutendsten, randomisierten, placebo-kontrollierten i.v. rtPA-Schlaganfallstudien belegte einen positiven Nutzen von i.v. rtPA für bis zu 3 Stunden nach Beginn der Schlaganfallsymptome [3–6]. Die ECASS-III-Studie zeigt einen Nutzen für i.v. rtPA-Therapie auch für den Zeitbereich zwischen 3 und 4,5 Stunden [7]. Trotz dieser Ergebnisse liegt die Rekanalisationsrate von i.v. rtPA bei einem proximalen Arterienverschluss nur zwischen 10 und 30 %.

Die relativ hohe Blutungsrate in Kombination mit niedrigen vollständigen Rekanalisationsraten zeigt die Grenzen aus-

schließlicher pharmakologischer Therapien. Besonders beim distalen Karotis- oder bei Basilararterien-Verschluss kann meist keine bedeutende Rekanalisation erzielt werden. Thrombozytenreiche Gerinnsel, alte und verkalkte Gerinnsel und Fettembolien können meist gar nicht aufgelöst werden.

■ Endovaskuläre Therapie des akuten Schlaganfalls

Als Vorteile verspricht die endovaskuläre Therapie gegenüber i.v. rtPA höhere Rekanalisationsraten, Reduktion der Medikamentendosis und potenziell längere Zeitfenster für die Behandlung. Dennoch muss der mögliche Nutzen der endovaskulären Therapie gegen die Risiken der Behandlung abgewogen werden. Intraarterielle (i.a.) Schlaganfalltherapie wird mit einem 5–7%igen Risiko für klinisch signifikante Komplikationen [8] und einem 6–15%igen Risiko für eine symptomatische ICH [9, 10] in Verbindung gebracht.

Patienten mit einem leichten Schlaganfall, die mit i.v. rtPA behandelt werden, haben eine Chance auf ein positives Behandlungsergebnis von 82 %, wobei das Risiko einer symptomatischen Blutung und Tod bei 3 bzw. 1 % liegt [11]. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Patienten von einer endovaskulären Schlaganfalltherapie profitieren würden, da die zerebralen Angiogramme oft keinen Gefäßverschluss zeigen [12]. Die Mehrzahl der Schlaganfallzentren wendet die i.a. Schlaganfalltherapie nur bei Patienten mit schweren Schlaganfällen (NIHSS > 10) an [12].

Um eine Reperfusion der verschlossenen Gefäße zu erlangen, werden verschiedene Strategien der endovaskulären Therapie angewendet. Die meisten Techniken zielen darauf ab, den verschließenden Thrombus zu entfernen und aufzulösen, um wieder einen antegraden Durchfluss herzustellen. Manche Techniken nutzen jedoch das kollaterale Gefäßsystem des

Eingelangt am 12. April 2011; angenommen nach Revision am 19. Juni 2011; Pre-Publishing Online am 26. Juli 2011

Aus der Universitätsklinik für Neurologie, Paracelsus Medizinische Privatuniversität Salzburg

Korrespondenzadresse: PD Dr. med. Monika Killer-Oberpfalzer, Forschungsinstitut für Neurointervention/Universitätsklinik für Neurologie der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität, Universitätsklinikum Salzburg, Christian-Doppler-Klinik, A-5020 Salzburg, Ignaz-Harrer-Straße 79; E-Mail: m.killer@salk.at

Tabelle 1: Strategien der endovaskulären Schlaganfallbehandlung

Interventionelle Methode	Medizinprodukt	Reperfusion	
		Antegrad	Retrograd
Intraarterielle Thrombolyse	Mikrokatheter	x	
Mechanische Thrombusfragmentierung	Mikrodraht, Laser	x	
Perkutane transluminale Angioplastie	Mikrokatheter mit Ballon		
Aspiration des Thrombus	Führungskatheter	x	
Endovaskuläre Thrombektomie	Clot-Retriever	x	
Erweiterte Fibrinolyse	Ultraschall	x	
Stentimplantation	Stent	x	
Temporärer endovaskulärer Bypass	Stent	x	
Durchflussteigerung	Ballonkatheter		x
Transarterielle oder transvenöse retrograde Reperfusion	Ballonkatheter		x

Gehirns, um den Durchfluss retrograd zu steigern. Die verschiedenen interventionellen Methoden sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Intraarterielle Thrombolyse

Der theoretisch größte Vorteil der i.a. Thrombolyse gegenüber der i.v. Thrombolyse ist, dass Mikrokathetertechniken einen direkten Zugang zum verschlossenen intrakraniellen Gefäß ermöglichen und der fibrinolytische Wirkstoff mittels Mikrokatheter auch direkt in den Thrombus eingebracht werden kann. Dadurch wird eine geringere Dosis des fibrinolytischen Wirkstoffs benötigt, um eine höhere lokale Konzentration zu erzielen als bei der systemischen Lyse, idealerweise wird dadurch eine vollständigere Rekanalisation möglich. Darüber hinaus kann das Risiko für Komplikationen, die aus der systemischen Lyse resultieren, einschließlich einer intrakraniellen Blutung, theoretisch reduziert werden. Daher kann das Zeitfenster für die Behandlung mit endovaskulären Techniken über das typische i.v. Zeitfenster auf 6–8 Stunden hinaus ausgedehnt werden. Dies ist besonders bedeutsam aufgrund der niedrigen Anzahl an Patienten, die innerhalb des 3-Stunden-Zeitfensters vorstellig werden [12, 13].

Die ersten Ergebnisse einer i.a. Verabreichung thrombolytischer Wirkstoffe, hauptsächlich in der posterioren Zirkulation, wurden in den 1980er-Jahren veröffentlicht. Insgesamt wurde eine Rekanalisationsrate von 60 % und eine Sterberate von 90 % unter den nicht-rekanalisierten Patienten gegenüber 31 % bei zumindest teilweise rekanalisierten Patienten dokumentiert [14, 15].

Eine Analyse von Patienten, die mit Urokinase behandelt wurden, zeigte eine Rekanalisationsrate von > 75 % bei zusätzlichem Einsatz endovaskulärer Techniken (wie mechanische Fragmentierung des Thrombus, Thrombusabsaugung, perkutane transluminale Angioplastie und Stentimplantation) [6].

Kombinierte intravenöse und intraarterielle Thrombolyse

Verschiedene Studien evaluierten die Machbarkeit, Sicherheit und Wirksamkeit einer kombinierten i.v. rtPA und i.a. Thrombolyse bei Patienten mit akutem Schlaganfall. Dieser Ansatz hat das Potenzial, die Vorteile der i.v. rtPA (schneller und einfacher Einsatz) mit den Vorteilen der i.a. Therapie

(gezielte Therapie, titrierte Dosierung, mechanische Hilfsmittel für die Rekanalisierung und höhere Rekanalisierungsraten) zu vereinen und so die Rekanalisationsgeschwindigkeit und deren Frequenz zu steigern.

Die „Emergency Management of Stroke Bridging Trial“- (EMS-) Studie konnte keinen Unterschied in den 7–10-Tages- oder 3-Monats-Ergebnissen zwischen der i.v. rtPA und der i.v. Placebogruppe nachweisen, die beide anschließend sofort einer intraarteriellen Therapie mit rtPA zugeführt wurden, allerdings wurden mehr Todesfälle in der i.v./i.a. Gruppe dokumentiert [16]. Die interventionelle Schlaganfallmanagementstudie „Interventional Management of Stroke (IMS I) Study“ untersuchte einen kombinierten Ansatz von i.v. und i.a., um eine Rekanalisation bei Patienten mit ischämischem Schlaganfall zu erzielen [17]. Die 90-Tages-Sterberate unter den IMS-I-Studienpatienten war mit 16 % zahlenmäßig zwar niedriger, aber statistisch nicht signifikant unterschiedlich zu den Sterberaten der Placebopatienten (24 %) oder zu rtPA-behandelten Patienten (21 %) in der NINDS-rtPA-Schlaganfallstudie.

■ Intraarterielle mechanische Therapien

Die Grenzen der i.a. Lyse hängen unmittelbar mit den Eigenschaften des Thrombus zusammen. Die Wirksamkeit des pharmakologischen Mittels kann je nach Gerinnseltyp variieren. Gerinnsel, die reich an weißen Blutplättchen sind, zeigen eine höhere Resistenz gegenüber der Lyse als frische Gerinnsel mit mehrheitlich roten Blutzellen. *De-novo*-Herzgerinnsel und paradoxe venöse Gerinnsel sprechen besser auf die Therapie an als verkalkte Gerinnsel, die von arteriosklerotischen Ablagerungen stammen.

Mit Zulassung des ersten mechanischen Clot-Retrievers durch die „US Food and Drug Administration“ im Jahr 2004 änderte sich der therapeutische Zugang dramatisch [18]. Die mechanische Fragmentierung eines Thrombus vergrößert die Oberfläche und damit einhergehend die Angriffsfläche für fibrinolytische Wirkstoffe. Somit kann die Geschwindigkeit gesteigert werden, mit der die Thrombolyse stattfindet. Die Dosierung und der Einsatz von chemischen Thrombolysewirkstoffen sind geringer oder können vermieden werden, besonders bei Patienten mit Kontraindikationen zur thrombo-

lytischen Therapie. Das therapeutische Zeitfenster kann über 6–8 Stunden hinaus ausgedehnt werden. Mithilfe von Clot-Retrievern kann die Wahrscheinlichkeit gesteigert werden, einen Thrombus zu fassen und Gefäßpfropfen aus Cholesterin, Kalzium oder anderem Material arteriosklerotischer Läsionen zu beseitigen [9, 18].

Die Nachteile des mechanischen Zugangs sind vor allem die Schwierigkeit, den Retriever in den intrakraniellen Kreislauf einzubringen, mögliche schwere Verletzungen der Blutgefäße (es kann zu Vasospasmus, Perforation oder Reißen der Blutgefäße kommen) und ein Verstopfen von entfernten, bis dahin nicht betroffenen Gefäßarealen durch Stücke des zerteilten Thrombus.

Mechanische Thrombusfragmentierung

In der mechanischen Gerinnselfragmentierung werden verschiedene Techniken angewendet. Am häufigsten wird der Thrombus mit einem Mikroführungsdraht fragmentiert [19]. Alternativ kann auch eine Schlinge (z. B. Amplatz goose-neck micro-snare, Microvena) eingebracht werden, die mehrmals durch die Okklusion geführt wird, um den Thrombus zu zerstören [19]. Eine Schlinge kann auch für eine Gerinnselfextraktion eingesetzt werden, vor allem wenn der Thrombus eine feste Konsistenz hat.

Um mithilfe von Lasertechnologie die intrakraniellen Blutgerinnsel zu zerstören, wandelt der EPAR (Endovaxis, Belmont, CA, USA) an seiner Glasfaserspitze die fiberoptisch von der Laserquelle zur Katheterspitze übertragene photonische Energie in Schallenergie um. Thrombusmaterial wird durch seitliche Öffnungen in die Katheterspitze eingesaugt, durch die Schallenergie emulgiert und in Form kleinster Partikel (subkapilläre Größe) herausgespült. Mit diesem System konnte in einer Pilotstudie mit 34 Patienten eine Gefäßrekanalisation in 61,1 % erzielt werden. Blutungen traten bei 5,9 % auf und die Sterberate lag bei insgesamt 38,2 % [20].

Perkutane transluminale Angioplastie

Die Durchführbarkeit und hohe Wirksamkeit der perkutanen transluminalen Angioplastie (PTA) bei einem akuten Schlaganfall wurde nachgewiesen [21]. Partielle oder vollständige Rekanalisation konnte bei 91 % der Patienten erzielt werden, die mit direkter PTA behandelt wurden, gegenüber 64 %, die ausschließlich eine thrombolytische Therapie erhielten. Blutungen traten bei 3 % der PTA-Patienten auf versus 19 % bei thrombolytisch therapierten Patienten, und zu einem guten Ergebnis kamen 73 % der PTA-Patienten versus 50 % der thrombolytischen Patienten [22].

Endovaskuläre Thromboaspiration

Der Einsatz eines großen 7- oder 8-F-Führungskatheters mit Ansaugspitze ist eine einfache und bewährte Technik, die bisher eingesetzt wurde, um den okkludierenden Thrombus zu entfernen und den Durchfluss bei symptomatischem akutem A.-carotis-interna-Verschluss wiederherzustellen. Der Führungskatheter wird dabei langsam zurückgezogen, um eine vollständigere Entfernung des Thrombus zu ermöglichen [23].

Eine Thrombektomie mittels Absaugung oder Thromboaspiration unter Einsatz eines Mikro- oder Führungskatheters bie-

tet sich vor allem für frische Gerinnsel an. Aspirationsbehelfe verursachen weniger Embolien und Vasospasmen, können aber schwierig in die intrakranielle Zirkulation einzubringen sein.

Das Penumbra-System (Penumbra, Alameda, CA, USA) besteht aus einem Mikrokatheter und einem Separator, der durch den Katheter eingeschoben und zurückgezogen wird, um das Gerinnsel zu fragmentieren, und einer Saugvorrichtung, um es zu beseitigen. Dieses System wurde in einer Pilotstudie mit 23 Patienten getestet. Ein gutes Ergebnis nach 30 Tagen wurde bei 45 % der Patienten dokumentiert. Die Sterberate betrug 45 %. Jedoch wurde der Einsatz der begleitenden i.a. Thrombolysetherapie mit einem häufigeren Auftreten von Blutungen in Verbindung gebracht [24].

Der Angiojet (Possis Medical, Minneapolis, MN, USA) ist ein endovaskuläres rheolytisches Thrombektomieinstrument, das lokale Wirbelsaugkraft, die durch Hochdruckstrahlen aus Kochsalzlösung erzeugt wird, mit mechanischer Zerstückelung kombiniert. Die so entstehenden Gerinnselfragmente werden dann in den 4- oder 5-F-Zugangskatheter eingesaugt, der jedoch nicht elastisch genug ist, um eine Navigation in die intrakraniellen Arterien zu erlauben. Der NeuroJet (Possis Medical) wurde speziell für die intrakranielle Navigation entwickelt. Bedauerlicherweise führten das Auftreten von Gefäßverletzungen sowie die mangelnde Fähigkeit, durch den Karotissiphon zu navigieren, zum Abbruch der Pilotstudie [25].

Endovaskuläre Thrombektomie

Unter endovaskulärer Thrombektomie versteht man die Extraktion des Thrombus mithilfe eines endovaskulären Hilfsmittels durch einen Katheter. Dadurch soll eine schnelle Rekanalisation und Wiederherstellung des Durchflusses bei einem reduzierten Risiko von distalen embolischen Komplikationen gewährleistet werden. Die endovaskuläre Thrombektomie wird alleine oder in Verbindung mit thrombolytischen Medikamenten angewendet. Die Grenzen dieser Hilfsmittel zeigen sich in der intrakraniellen Navigation und der Erfassung des Thrombus innerhalb der gewundenen zerebralen Gefäße und dem Risiko einer Gefäßwandschädigung oder Perforation. Einige der Instrumente erfassen den Thrombus proximal, andere sind korbähnlich und haben einen distalen Zugang zum Gerinnsel.

Das Merci Retrieval System (Concentric Medical, Mountain View, CA, USA) besteht aus einem Nitinoldraht mit integriertem Formspeichereffekt, der mit Platin umhüllt ist, um die Sichtbarkeit unter der Durchleuchtung zu verbessern. Der Nitinoldraht wird durch einen Mikrokatheter distal zum Thrombus eingebracht. Nach dem Zurückziehen des Mikrokatheters nimmt der Draht eine Form an, die an einen Korkenzieher erinnert, und wird langsam unter kontinuierlicher Aspiration durch einen Ballonführungskatheter zurückgezogen. Weit > 10.000 Patienten wurden bisher mit dem Merci Retrieval System behandelt. Mit einem 4,3-F-Katheter („distal access catheter“ [DAC]) kann dem System eine zusätzliche koaxiale Stütze beigefügt werden, um eine verbesserte Leistungsfähigkeit zu erzielen und gleichzeitig die Möglichkeit für eine Thromboaspiration oder Thrombolyse zu eröffnen.

Das Merci-Thrombektomiesystem wurde in der MERCI- und Multi-MERCI-Studie untersucht, die eine Rekanalisationsrate von bis zu 55 % der behandelbaren Gefäße verzeichneten, sogar 68 % nach i.a. rtPA- oder mechanischer Begleittherapie. Klinisch signifikante Komplikationen durch diese Behandlung traten bei 5,5 % und Blutungen bei 9,8 % der Patienten auf [9, 18].

Der Phenox Clot Retriever (Phenox, Bochum, Deutschland) erhielt die CE-Zertifizierung für die Behandlung eines akuten Schlaganfalls im Jahr 2006. Er besteht aus einem hochflexiblen Drahtkern aus einer Nitinol-Platin-Legierung, der mit steifen, senkrecht ausgerichteten Polyamid-Mikrofilamenten von konischer Form eingefasst ist. Der Phenox Clot Retriever wird mittels eines Mikrokatheters, der distal zum Thrombus eingeführt wird, in das Zielgefäß eingebracht und langsam unter kontinuierlicher Aspiration durch den Führungskatheter zurückgezogen. Die kleinste Version dieses Instruments wird für die Rekanalisation von distalen mittleren zerebralen Arterien- (MCA-) Ästen verwendet [26]. Vor Kurzem wurde die zweite Generation des Instruments (Phenox Clot Retriever Cage) entwickelt, bei dem ein Nitinolkorb in das ursprüngliche Design eingebaut wurde. Der Phenox Clot Retriever Cage wurde für die Behandlung von Thromben mit festerer Konsistenz entwickelt und erzielte eine Rekanalisationsrate von 56,4 % in einer Studie unter 45 Schlaganfallpatienten ohne Nachweis Device-abhängiger Erkrankungen oder Sterberaten [27].

Als Körbchen präsentiert sich das Catch-System (Balt Extrusion, Montmorency, France), die Weiterentwicklung eines selbstexpandierenden geflochtenen Nitinolstents. Der Nitinolkorb ist am distalen Ende geschlossen, am proximalen Ende ist ein Paar Nitinoldrähte zum Einführen und Zurückziehen verankert [28]. Ein direkter Vergleich zwischen dem Merci- und dem Catch-Device in einem Tierversuch hat die Überlegenheit des Merci-Retrievers gezeigt, der eine höhere Gesamtrekanalisationsrate erzielte (90 vs. 70 %), eine höhere Erfolgsrate beim ersten Rekanalisationsversuch vorweisen konnte und eine niedrigere Rate der Thrombusfragmentation/distalen Embolisation verzeichnete [29].

Der Alligator Retriever (Chestnut Medical Technologies, Menlo Park, CA, USA) ist ein Retriever mit 4 Greifklemmen, die an der Spitze eines elastischen Drahtes befestigt sind. Dieses Instrument wurde für die Behandlung intrakranieller Gerinnsel (vorwiegend MCA) bei 6 Patienten verwendet. Bei allen Patienten konnte eine rasche Gerinnselentfernung und eine klinische Verbesserung erzielt werden [30].

Der In-Time Retriever (Boston Scientific, Natick, MA, USA) besitzt 4–6 Drahtschlingen, die dazu tendieren, sich zu biegen, wenn der Retriever geöffnet wird, hat jedoch keine spezifische Öffnung, um den Embolus einzufangen. Dieses Instrument wurde erfolgreich in Fallstudien eingesetzt [19].

Erweiterte Fibrinolyse

Der MicroLysUS-Infusionskatheter (EKOS, Bothell, WA, USA) ist ein Mikrokatheter zur kontinuierlichen Medikamenteninfusion kombiniert mit einem Hochfrequenzultraschall mit niedriger Energie. Der Ultraschall induziert Veränderun-

gen im Fibrinnetzwerk des Thrombus und ermöglicht somit die Ausbildung von kleinen, so genannten „microstreams“ von Plasma durch den Thrombus. Hierdurch soll die Penetration und somit die Wirkung von rtPA im Thrombus verbessert werden.

In einer Pilotstudie wurden 14 Patienten mit i.a. rtPA oder Reteplase-Infusion mittels EKOS-Mikrokatheter bei gleichzeitiger Sonographie für ≤ 60 Minuten behandelt. Eine Rekanalisation wurde bei 57 % der Patienten erzielt und ein gutes klinisches Ergebnis konnte bei 43 % verzeichnet werden. Die Sterberate lag bei 36 %. Ein Vergleich der angiographischen Ergebnisse zwischen Patienten, die in der IMS-II-Studie mit dem EKOS-Katheter und IMS-I-Patienten, die mit einem Standardmikrokatheter behandelt wurden, zeigte eine Rekanalisationsrate von 73 versus 56 %. Der EKOS-Katheter ist Gegenstand weiterführender Untersuchungen in der IMS-III-Studie [6].

Stentimplantation

Eine Stentimplantation in einem akut verschlossenen intrakraniellen Gefäß kann eine schnelle Rekanalisation ermöglichen, indem der Thrombus zwischen dem Stent und der Gefäßwand eingeklemmt wird. Daraufhin kann eine Thrombusentfernung entweder durch eine endogene oder pharmakologische Thrombolyse erfolgen [6]. Die Behandlung mit ballontmontierten Stents zeigte eine Rekanalisationsrate von 79 % ohne vermehrten Auftritt von symptomatischen intrakraniellen Blutungen [31]. Auch intrakranielle selbstexpandierbare Stents werden in der akuten Schlaganfalltherapie verwendet, obwohl sie primär für die Behandlung von breitbasigen Aneurysmen entwickelt wurden: der Neuroform- (Boston Scientific), der Enterprise- (Cordis, Miami Lakes, FL, USA), der LEO- (Balt Extrusion, Montmorency, France) und der Solitaire/Solo-Stent (ev3 Endovascular, Plymouth, MN, USA). Der Wingspan-Stent (Boston Scientific) ist für die Behandlung von intrakraniellen arteriosklerotischen Läsionen zugelassen. Kommen diese Stents während der Schlaganfallbehandlung zum Einsatz, werden während der Behandlung oder sofort danach Gp-IIb/IIIa-Inhibitoren verabreicht, um eine akute Stentthrombose zu vermeiden. Unabhängige Fallberichte und Studien dokumentieren eine erfolgreiche intrakranielle Rekanalisation unter Einsatz dieser Stents [32–34].

Temporärer endovaskulärer Bypass

Die Notwendigkeit einer starken antithrombotischen Therapie nach einer Stentimplantation bleibt eine der wesentlichen Einschränkungen für deren Einsatz beim akuten Schlaganfall. Jedoch erlauben neuartige geschlossenzellige Stents das Zurückziehen und die Entfernung des Stents nach Rekanalisation. Eine dem Eingriff folgende duale Thrombozytenaggregationshemmertherapie, die das Blutungsrisiko des Infarkts steigern könnte, ist nicht mehr notwendig. Daten über den Gebrauch des Solitaire/SOLO-Devices mit ausgezeichnetem Erfolg als temporärer endovaskulärer Bypass wurden veröffentlicht [35]. Ein klinischer Fall mit Einsatz eines Enterprise-Stents resultierte in sofortiger Rekanalisation eines Media-verschlusses, der gegen i.v. und i.a. rtPA, i.a. Abciximab und mechanische Manipulation resistent war und bestätigt somit das therapeutische Konzept [35].

Einer der neuesten Retriever ist das Trevo™-System (Concentric Medical, Mountain View, CA, USA). Die Hauptkomponente des Trevo-Systems ist der Stentretreiver™, ein nicht absetzbarer Stent, der den Durchfluss im verstopften Gefäßbereich wiederherstellen und das Gerinnsel unter Aspiration in den Führungskatheter beseitigen kann.

Ähnliche stentartige Retriever sind das Mindframe-System (Intersect Partners LLC, San Clemente, CA, USA) oder das Bonnet (Phenox, Bochum, Deutschland), die nach demselben Prinzip funktionieren.

■ Alternative Reperusionsstrategien

Die alternativen Reperusionsstrategien nutzen das Kollateral-Gefäßsystem des Gehirns ebenso wie den retrograden Durchfluss.

Retrograde Reperfusion und Flussumkehr sind experimentelle Behandlungstechniken, die eine komplette Umkehr der zerebralen Zirkulation verursachen. Das venöse System wird mit arteriellem Blut bis in das Kapillarbett durchblutet, das physiologisch nahe der verschlossenen Arterie liegt.

Durchfluss-Steigerung

Allgemeine Reperfusion oder Durchflusssteigerung zielt darauf ab, den Blutfluss im Gehirn zu steigern („cerebral blood flow“ [CBF]), um das Gehirngewebe distal zum verstopften Thrombus über leptomeningeale Areale zu durchbluten. Diese retrograde Reperfusion kann zu besseren Rekanalisationsraten führen, wenn sie zusätzlich zur antegraden Reperusionsbehandlung eingesetzt wird. Der Anstieg des CBF soll einen gezielten lokalen Einsatz thrombolytischer Medikamente beim Gerinnsel ermöglichen und theoretisch zu einer besseren Rekanalisation mit systematischer Thrombolyse führen.

Eine Durchflusssteigerung kann mechanisch mit dem NeuroFlo-Device (CoAxia, Maple Grove, MN, USA) erzielt werden. Der NeuroFlo-Device ist ein dualer Ballonkatheter, der die Aorta ober- und unterhalb des Beginns der Nierenarterie teilweise verschließt. Der Blutfluss zum Gehirn soll dadurch vergrößert und der durch den Schlaganfall verursachte Schaden reduziert werden. Die erst kürzlich abgeschlossene Phase-III-Studie SENTIS („Safety and Efficacy of NeuroFlo Technology in Ischemic Stroke“) hat die Sicherheit und Wirksamkeit des NeuroFlo™-Katheters für Patienten mit ischämischem Schlaganfall untersucht. Die Ergebnisse wurden bislang noch nicht veröffentlicht.

■ Schlussfolgerungen und Relevanz für die Praxis

Die Vorteile der pharmakologischen gegenüber der mechanischen Thrombolyse sind wie folgt: Die Medikamente sind einfacher zu handhaben und die Behandlung kann schneller erfolgen. Künftige Generationen von Lysemedikamenten und Thrombozytenaggregationshemmern könnten noch schneller, wirksamer und spezifischer sein. Der Nachteil ist, dass die Behandlung oft ohne Erfolg bleibt

und, obwohl sie rasch eingeleitet werden kann, die Wirkung langsam eintritt und das Risiko lokaler und systemischer Blutungskomplikationen evident wird.

Die grundlegenden Nachteile eines invasiven Eingriffs sind zusätzliche Risiken und hohe Kosten verglichen mit i.v. rtPA, die gegen die Erzielung höherer Reperfusionen abgewogen werden müssen.

Der gegenwärtige vielversprechende Therapieansatz beim akuten ischämischen Schlaganfall kombiniert den Einsatz medikamentöser Therapie mit fibrinolytischen Medikamenten mit dem endovaskulären Gebrauch von mechanischen Instrumenten. Künftige Studien werden weitere kombinierte Behandlungsstrategien mit Neuroprotektoren, Antithrombosedmitteln und ergänzenden mechanischen Strategien erforschen.

Interessenkonflikt

Die korrespondierende Autorin verneint einen Interessenkonflikt.

Literatur:

- Stroke – 1989. Recommendations on stroke prevention, diagnosis, and therapy: report of the WHO Task Force on Stroke and other Cerebrovascular Disorders. *Stroke* 1989; 20: 1407–31.
- Rosamond W, Flegal K, Furie K, et al. Heart disease and stroke statistics: 2008 update – a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation* 2008; 117: e25–e146.
- rtPA Stroke Study Group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke: The National Institute of Neurological Disorders and Stroke. *N Engl J Med* 1995; 333: 1581–7.
- Adams HP Jr, Brodt TG, Furlan AJ, et al. Guidelines for thrombolytic therapy for acute stroke: a supplement to the guidelines for the management of patients with acute ischemic stroke – a statement for healthcare professionals from a Special Writing Group of the Stroke Council, American Heart Association. *Circulation* 1996; 94: 1167–74.
- Hacke W, Donnan G, Fieschi C, et al. Association of outcome with early stroke treatment: pooled analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rtPA stroke trials. *Lancet* 2004; 363: 768–74.
- Nogueira RG, Schwamm LH, Hirsch JA. Endovascular approaches to acute stroke. Part 1: drugs, devices, and data. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009; 30: 649–61.
- Hacke W, Kaste M, Bluhmki E, et al. Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke. *N Engl J Med* 2008; 359: 1317–29.
- Furlan A, Higashida R, Wechsler L, et al. Intra-arterial prourokinase for acute ischemic stroke. The PROACT II study: a randomized controlled trial. *Prolyse in Acute Cerebral Thromboembolism. JAMA* 1999; 282: 2003–11.
- Smith WS, Sung G, Saver J, et al. Mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: final results of the Multi MERCI trial. *Stroke* 2008; 39: 1205–12.
- The Interventional Management of Stroke (IMS) II Study. *Stroke* 2007; 38: 2127–35.
- The NINDS Stroke Study Investigators. Recombinant tissue plasminogen activator for minor strokes: the National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study experience. *Ann Emerg Med* 2005; 46: 243–52.
- Fischer U, Arnold M, Nedeltchev K, et al. NIHSS score and arteriographic findings in acute ischemic stroke. *Stroke* 2005; 36: 2121–5.
- Flint AC, Duckwiler GR, Budzik RF, et al.; MERCI and Multi MERCI Writing Committee. Mechanical thrombectomy of intracranial internal carotid occlusion: pooled results of the MERCI and Multi MERCI Part I trials. *Stroke* 2007; 38: 1274–80.
- Zeumer H, Hacke W, Ringelstein EB. Local intraarterial thrombolysis in vertebrobasilar thromboembolic disease. *AJNR Am J Neuroradiol* 1983; 4: 401–4.
- Hacke W, Zeumer H, Ferbert A, et al. Intra-arterial thrombolytic therapy improves outcome in patients with acute vertebrobasilar occlusive disease. *Stroke* 1988; 19: 1216–22.
- Lewandowski CA, Frankel M, Tomsick TA, et al. Combined intravenous and intra-arterial r-TPA versus intra-arterial therapy of acute ischemic stroke: Emergency Management of Stroke (EMS) Bridging Trial. *Stroke* 1999; 30: 2598–605.
- IMS Study Investigators. Combined intravenous and intra-arterial recanalization for acute ischemic stroke: the Interventional Management of Stroke Study. *Stroke* 2004; 35: 904–11.
- Smith WS, Sung G, Starkman S, et al. Safety and efficacy of mechanical embolectomy in acute ischemic stroke: results of the MERCI trial. *Stroke* 2005; 36: 1432–8.
- Bergui M, Stura G, Daniele D, et al. Mechanical thrombolysis in ischemic stroke attributable to basilar artery occlusion as first-line treatment. *Stroke* 2006; 37: 145–50.
- Berlis A, Lutsep H, Barnwell S, et al. Mechanical thrombolysis in acute ischemic stroke with endovascular photoacoustic recanalization. *Stroke* 2004; 35: 1112–6.
- Ueda T, Hatakeyama T, Kohno K, et al. Endovascular treatment for acute thrombotic occlusion of the middle cerebral artery: local intra-arterial thrombolysis combined with percutaneous transluminal angioplasty. *Neuroradiology* 1997; 39: 99–104.
- Nakano S, Iseda T, Yoneyama T, et al. Direct percutaneous transluminal angioplasty for acute middle cerebral artery trunk occlusion: an alternative option to intra-arterial thrombolysis. *Stroke* 2002; 33: 2872–6.
- Breckenfeld C, Remonda L, Nedeltchev K, et al. Endovascular neuroradiological treatment of acute ischemic stroke: techniques and results in 350 patients. *Neurol Res* 2005; 27 (Suppl 1): S29–S35.
- Bose A, Henkes H, Alfke K, et al. The Penumbra System: a mechanical device for the treatment of acute stroke due to thromboembolism. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29: 1409–13.
- Molina CA, Saver JL. Extending reperfusion therapy for acute ischemic stroke: emerging pharmacological, mechanical, and imaging strategies. *Stroke* 2005; 36: 2311–20.
- Liebig T, Reinartz J, Hannes R, et al. Comparative in vitro study of five mechanical embolectomy systems: effectiveness of clot removal and risk of distal embolization. *Neuroradiology* 2008; 50: 43–52.
- Henkes H, Reinartz J, Lowens S, et al. A device for fast mechanical clot retrieval from intracranial arteries (Phenox clot retriever). *Neurocrit Care* 2006; 5: 134–40.
- Chaput R. First experience with the Catch, a new device for cerebral thrombectomy. *Intervent Neuroradiol* 2005; 11: 58.
- Breckenfeld C, Schroth G, El-Koussy M, et al. Mechanical thromboembolectomy for acute ischemic stroke: comparison of the catch thrombectomy device and the Merci Retriever in vivo. *Stroke* 2008; 39: 1213–9.
- Kerber CW, Wanke I, Bernard J Jr, et al. Rapid intracranial clot removal with a new device: the alligator retriever. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007; 28: 860–3.
- Levy EI, Ecker RD, Horowitz MB, et al. Stent-assisted intracranial recanalization for acute stroke: early results. *Neurosurgery* 2006; 58: 458–63.
- Zaidat OO, Wolfe T, Hussain SI, et al. Interventional acute ischemic stroke therapy with intracranial self-expanding stent. *Stroke* 2008; 39: 2392–5.
- Fitzsimmons BF, Besske T, Nelson PK. Rapid stent-supported revascularization in acute ischemic stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 1132–4.
- Levy EI, Siddiqui AH, Crumlish A, et al. First Food and Drug Administration-Approved Prospective Trial of Primary Intracranial Stenting for Acute Stroke. SARIS (Stent-Assisted Recanalization in Acute Ischemic Stroke). *Stroke* 2009; 40: 3552–6.
- Kelly ME, Furlan AJ, Fiorella D. Recanalization of an acute middle cerebral artery occlusion using a self-expanding, reconstrainable, intracranial microstent as a temporary endovascular bypass. *Stroke* 2008; 39: 1770–3.

PD Dr. med. Monika Killer-Oberpfalzer

Geboren 1963. 1993 Promotion Medizin, 1999 Fachärztin für Neurochirurgie, 2002 International Master (MSc) of Neurovascular Diseases, 2003 Ernennung zur Oberärztin, seit 2006 Leitung des Forschungsbereichs experimentelle Angiographie an der Christian-Doppler-Klinik Salzburg, seit 2007 Leitung der klinischen Neurointervention an der Neurologischen Universitätsklinik Salzburg, 2009 Habilitation in Neurointervention.



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](#)