

Diplomarbeit

**Coilembolisation von zerebralen arteriellen
Aneurysmen
Vergleich verschiedener Embolisationstechniken**

eingereicht von
Bernhard Jelinek
Mat.Nr.: 0433383

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der
Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am
Institut / Klinik für Radiologie

unter der Anleitung von
Ao. Univ. - Prof. Dr. Hannes Deutschmann

Ort, Datum

(Unterschrift)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

Vorwort

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Jedoch möchte der Verfasser ausdrücklich festhalten, dass die bei Personen verwendete maskuline Form für beide Geschlechter zu verstehen ist.

Danksagungen

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Ao. Univ. - Prof. Dr. Hannes Deutschmann für die Möglichkeit der Bearbeitung dieses Themas, sowie für die Beantwortung meiner Fragen und die Unterstützung beim Schreiben dieser Arbeit recht herzlich bedanken.

Des Weiteren gilt ein besonderer Dank meinen Eltern, die mich während der letzten Jahre immer unterstützt haben und ohne die ein erfolgreicher Abschluss meines Studiums nicht möglich gewesen wäre.

Zusammenfassung

Hintergrund: Seit seiner Einführung vor 20 Jahren konnte sich das endovaskuläre Coiling als sichere Methode zur Behandlung zerebraler Aneurysmen etablieren. Heutzutage stehen hierfür 3 verschiedene Varianten zur Verfügung: Das klassische Coiling, das stentassistierte und das ballonassistierte Coiling.

Ziel: Das zentrale Ziel der vorliegenden Arbeit ist ein Vergleich der 3 verschiedenen Varianten des endovaskulären Coilings bezüglich initialer Verschlussraten und Komplikationen.

Methoden: Es handelt sich um eine monozentrische, retrospektive Datenanalyse und Vergleichsstudie. Hierfür wurden die Operationsberichte der im Zeitraum zwischen 01.01.2008 und 31.12.2010 an der Grazer Universitätsklinik mittels endovaskulärem Coiling behandelten Patienten ausgewertet.

Ergebnisse: Für den angegebenen Zeitraum konnten 157 Fälle ausgewertet werden, wovon zwischen 88,9 % (stentassistiert) und 95,8 % (ballonassistiert) erfolgreich behandelt werden konnten. Zwischen 55,6 % (stentassistiert) und 87,5 % (ballonassistiert) der Aneurysmen konnten dabei komplett verschlossen werden. Die häufigsten Komplikationen waren thrombembolische Ereignisse (3,2 %), Rupturen/Perforationen (3,2 %) und Vasospasmen (4,5 %). Die Komplikationsraten lagen hierbei zwischen 8,3 % (ballonassistiert) und 13,9 % (stentassistiert).

Diskussion: Die besten Verschlussraten konnten beim ballonassistierten Coiling erzielt werden. Die Quote der komplett verschlossenen Aneurysmen lag in dieser Gruppe statistisch signifikant höher als in der stentassistierten Gruppe. Auch die Komplikationsrate lag beim ballonassistierten Coiling niedriger als bei den anderen Methoden, allerdings ist die Fallzahl hier zu gering um verlässliche Aussagen treffen zu können. Die Aneurysmagröße und ob das Aneurysma rupturiert/nicht rupturiert war schien keinen Einfluss auf Verschlussraten und Komplikationen zu haben. Insgesamt zeigten alle 3 Varianten gute Ergebnisse, wobei das ballonassistierte Coiling aufgrund der besseren Verschlussraten gegenüber dem stentassistierten Coiling leicht zu favorisieren sein sollte.

Abstract

Background: Since its introduction 20 years ago the endovascular coiling proved to be a safe and reliable method for the treatment of intracranial aneurysms. Nowadays there are three different techniques available: The plain coiling, the stent-assisted and the balloon-assisted coiling.

Purpose: The main aim of this study is a comparison of these three coiling techniques regarding initial occlusion rates and complications.

Methods: The study is a single-center, retrospective data analysis and comparative study. For this purpose the operative reports of patients, which received endovascular aneurysm treatment by coiling in the university clinic Graz between 01.01.2008 and 31.12.2010, were analyzed.

Results: 157 cases could be found for that given period. In 88,9 % (stent-assisted group) to 95,8 % (balloon-assisted group) of these cases successful treatment of the aneurysm was possible, with total occlusion rates between 55,6 % (stent-assisted group) and 87,5 % (balloon-assisted group). The most common complications were thromboembolic events (3,2 %), iatrogenic ruptures/perforations (3,2 %) and vasospasms (4,5 %), with total complication rates between 8,3 % (balloon-assisted group) and 13,9 % (stent-assisted group).

Discussion: Balloon-assisted coiling achieved the best results of the three techniques. The total occlusion rate in this group was significantly higher than in the stent-assisted group. Complication rates also seemed to be lower in the balloon-assisted group, although the number of cases is too small to make reliable statements about that. The size of the aneurysm and if it was ruptured/unruptured didn't seem to have an influence on occlusion rates and complications. Altogether, all three techniques showed satisfying results, but the balloon-assisted coiling maybe should be favored over the stent-assisted technique, because of the better occlusion rates.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Überblick.....	1
1.2 Anatomie.....	1
1.3 Aneurysmen.....	4
1.3.1 Definition.....	4
1.3.2 Formen.....	4
1.3.3 Hirnbasisaneurysmen.....	5
1.3.4 Aneurysmaruptur.....	7
1.4 Subarachnoidalblutung.....	7
1.4.1 Definition.....	7
1.4.2 Klinik.....	8
1.4.3 Komplikationen.....	9
1.4.4 Diagnostik.....	11
1.4.5 Therapie.....	12
1.5 Coiling.....	14
1.5.1 Klassisches Coiling.....	16
1.5.2 Stentassistiertes Coiling.....	19
1.5.3 Ballonassistiertes Coiling.....	20
2 Material und Methoden.....	23
2.1 Aufbau und Ziel der Studie.....	23
2.2 Ein- und Ausschlusskriterien für Patienten.....	24
2.3 Verwendete Materialien.....	24
2.4 Patienten.....	25
3 Resultate.....	28
3.1 Technischer Erfolg.....	28
3.2 Komplikationen.....	33
4 Diskussion.....	38
4.1 Technischer Erfolg.....	38
4.2 Komplikationen.....	39
4.3 Conclusio.....	40
5 Literaturverzeichnis.....	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Circulus arteriosus cerebri (Willisii).....	3
Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Circulus_arteriosus_cerebri (25.08.2011)	
Abbildung 2: DSA mit Darstellung eines großen Aneurysmas der rechten A. carotis interna (Pfeil).....	6
Quelle: http://www.medizin.uni-greifswald.de/neuro_ch/index.php?id=425 (25.08.2011)	
Abbildung 3: Schematische Darstellung eines gecoilten Aneurysmas	14
Quelle: http://www.yalemedicalgroup.org/stw/images/126181.jpg (25.08.2011)	
Abbildung 4: Schematische Darstellung des ballonassistierten Coilings	21
Quelle: Pierot L, Cognard C, Spelle L, Moret J. Safety and Efficacy of Balloon Remodeling Technique during Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms: Critical Review of the Literature. AJNR Am J Neuroradiol. 2011 Feb 24. [Epub ahead of print]	
Abbildung 5: Häufigkeiten der verschiedenen Behandlungsmethoden	26
Abbildung 6: Technischer Erfolg insgesamt	29
Abbildung 7: Technischer Erfolg der verschiedenen Methoden in Prozent	30
Abbildung 8: Technischer Erfolg bei rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen in Prozent.....	31
Abbildung 9: Technischer Erfolg nach Größe in Prozent.....	33
Abbildung 10: Komplikationen insgesamt.....	34
Abbildung 11: Komplikationsraten der Methoden in Prozent.....	35
Abbildung 12: Komplikationsraten bei rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen in Prozent	36
Abbildung 13: Komplikationen bei kleinen und mittelgroßen Aneurysmen	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schweregradeinteilung nach HUNT und HESS	8
Tabelle 2: Komplikationsraten beim klassischen Coiling	18
Tabelle 3: Verschlussraten beim klassischen Coiling	19
Tabelle 4: Einschlusskriterien für Patienten	24
Tabelle 5: Lokalisation der Aneurysmen	25
Tabelle 6: Aneurysmagrößen	26
Tabelle 7: Charakteristiken der Patienten	27
Tabelle 8: Technischer Erfolg der verschiedenen Methoden	30
Tabelle 9: Technischer Erfolg bei rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen	31
Tabelle 10: Größenabhängiger technischer Erfolg	32
Tabelle 11: Komplikationsraten der verschiedenen Methoden	35
Tabelle 12: Komplikationen der rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen	36

1 Einleitung

1.1 Überblick

Subarachnoidalblutungen sind für etwa 7 % der Schlaganfälle verantwortlich. Einer Subarachnoidalblutung liegt in der Regel die spontane Ruptur eines Aneurysmas einer Hirnarterie zugrunde. [1] Deshalb sollten zerebrale Aneurysmen wenn möglich bereits präventiv, aber auch nach bereits erfolgter Ruptur zur Vermeidung einer Rezidivblutung, behandelt werden. Die Behandlung kann neurochirurgisch mittels Clipping oder Wrapping oder interventionell neuroradiologisch mittels endovaskulärem Coiling erfolgen. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Methode des endovaskulären Coilings. Es kann zwischen 3 Arten des Coilings unterschieden werden:

- klassisches Coiling
- stentassistiertes Coiling
- ballonassistiertes Coiling

Die drei Methoden werden miteinander verglichen und auf Unterschiede bezüglich initialem Therapieerfolg und Komplikationen untersucht.

1.2 Anatomie

Die Blutversorgung des Gehirns erfolgt beim Menschen über vier große Arterien. Dies sind auf jeder Seite jeweils eine A. carotis interna und A. vertebralis, wobei zwischen einem vorderen (A. carotis) und einem hinteren (Aa. vertebrales) Kreislauf unterschieden wird, wenngleich es Anastomosen zwischen den beiden Kreisläufen gibt.

Die A. carotis interna geht aus der A. carotis communis hervor, die rechts aus dem Truncus brachiocephalicus, links direkt aus dem Aortenbogen entspringt und sich dann in A. carotis interna und externa teilt. Sie wird aufgrund ihres Verlaufes in vier Teilstrecken gegliedert:

- Pars cervicalis: Gefäßabschnitt von der Bifurcatio carotica bis zur äußeren Schädelbasis, wo die Arterie durch die äußere Öffnung des Canalis caroticus in den Knochen eintritt.
- Pars petrosa: Teilstrecke der A. carotis interna im Knochenkanal. Sie entlässt die Aa. caroticotympanicae zur Paukenhöhle.
- Pars cavernosa: Im Sinus cavernosus gelegener Arterienabschnitt. Ihre Äste versorgen die umliegende harte Hirnhaut, das Trigeminalganglion und über die A. hypophysialis inferior die Neurohypophyse.
- Pars cerebralis: Abschnitt der A. carotis interna nach Durchbrechung der harten Hirnhaut. Sie entlässt zunächst die A. ophthalmica zur Versorgung des Auges, die A. communicans posterior sowie die A. choroidea anterior und teilt sich anschließend in zwei kräftige Endäste, die A. cerebri anterior und A. cerebri media, die jeweils größere Abschnitte des Endhirns versorgen. [2]

Die Arteria vertebralis entspringt beidseits aus der A. subclavia und zieht meist ab dem 6. Halswirbel durch alle Löcher der Querfortsätze aufwärts. Auf dem Atlasbogen wendet sie sich nach medial und tritt durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle ein, wo sie sich mit dem gleichnamigen Gefäß der Gegenseite zur Arteria basilaris vereinigt. [2] Die A. vertebralis wird entsprechend ihres Verlaufs ebenfalls in vier Abschnitte gegliedert:

- Pars praevertebralis: Zwischen M. scalenus anterior und M. longus colli.
- Pars transversaria: Verlauf in den Foramina transversaria des 6. bis 1. Halswirbels.
- Pars atlantica: Abschnitt, in dem sich die A. vertebralis nach medial wendet und die Membrana atlantooccipitalis posterior sowie die Dura mater spinalis durchbohrt.
- Pars intracranialis: Erreicht durch das Foramen magnum die Schädelhöhle. Hier umgreift sie seitlich die Medulla oblongata und vereinigt sich kaudal der Brücke mit der A. vertebralis der anderen Seite zur Arteria basilaris. [3] Diese steigt an der Ventralfläche der Brücke aufwärts und gabelt sich an ihrem Oberrand in die zwei Aa. cerebri posteriores auf.

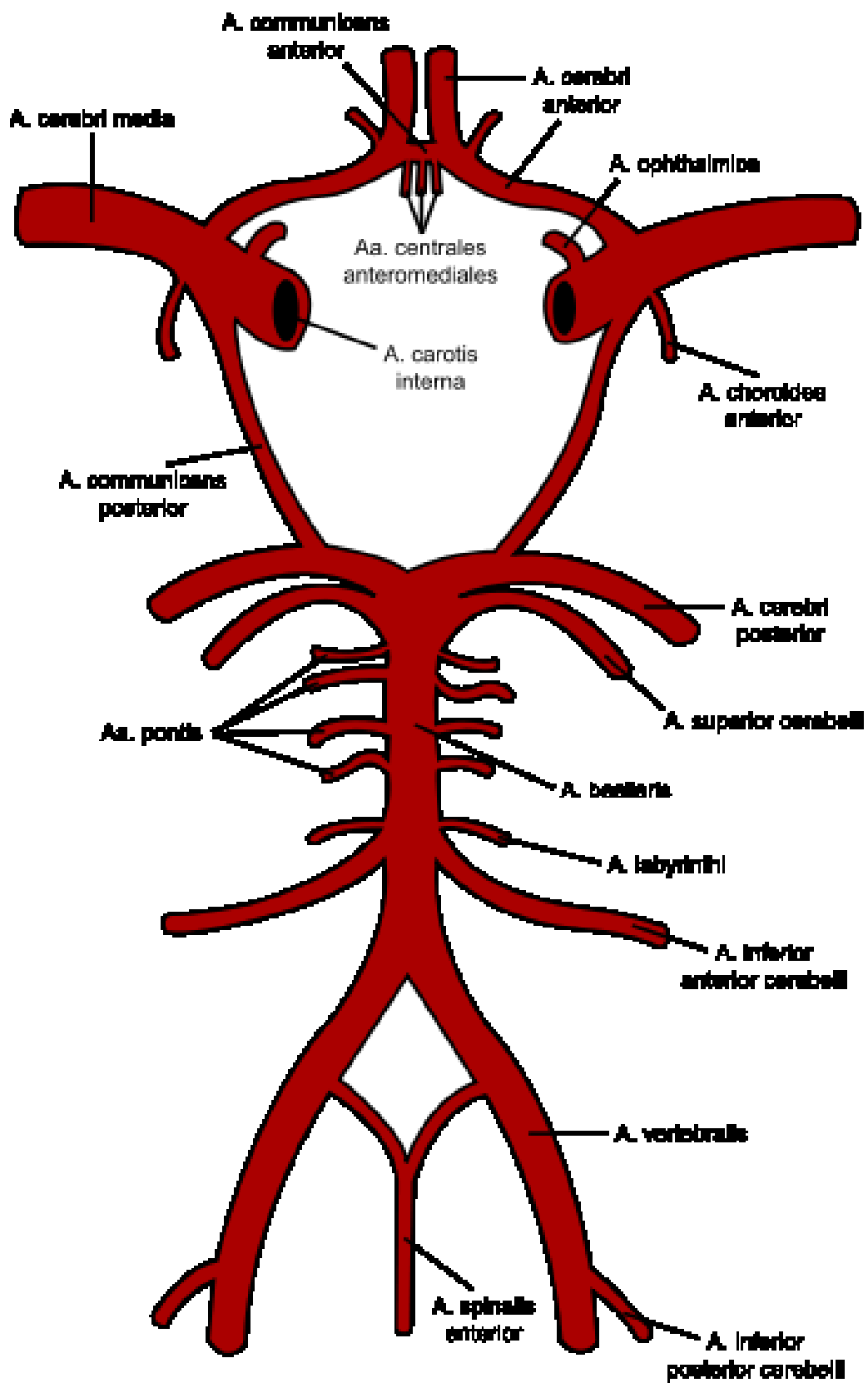


Abbildung 1: Circulus arteriosus cerebri (Willisii)

Circulus arteriosus cerebri (Willisii): Die Aa. communicantes posteriores verbinden zu beiden Seiten die Aa. cerebri posteriores mit den Aa. carotides internae so, dass der Blutstrom der Vertebralarterien mit dem der Karotiden kommunizieren kann. Die Aa. cerebri anteriores sind wiederum durch die A. communicans anterior miteinander verknüpft. Auf diese Weise entsteht ein geschlossener arterieller Ring an der Hirnbasis. Die Anastomosen sind allerdings oft so dünn, dass über sie kein nennenswerter Blutaustausch stattfinden kann. Unter normalen intrakraniellen Druckverhältnissen wird jede Hemisphäre von der gleichseitigen A. carotis interna und der gleichseitigen A. cerebri posterior gespeist. [4]

1.3 Aneurysmen

1.3.1 Definition

Als Aneurysma bezeichnet man die umschriebene Ausweitung eines arteriellen Blutgefäßes infolge angeborener oder erworbener Wandveränderungen. Es kann morphologisch als sackförmiges (A. sacciforme), spindelförmiges (A. fusiforme sive cylindricum), kahnförmiges (A. naviculare sive cuneiforme) oder geschlängeltes Aneurysma (A. serpentinum) bzw. als Trauben- oder Rankenaneurysma (A. cirsoideum sive racemosum) in Erscheinung treten. [5]

1.3.2 Formen

Es wird zwischen folgenden Arten von Aneurysmen unterschieden [5]:

- Aneurysma verum (echtes Aneurysma) mit Ausweitung der gesamten Gefäßwand mit allen Schichten (Intima, Media und Adventitia) bei erhaltener Gefäßwandkontinuität.
- Aneurysma spurium (falsches Aneurysma): hierbei steht ein perivasales, z.T. endothelialisiertes und organisiertes Hämatom mit der Gefäßlichtung in Verbindung. Die Entstehung erfolgt durch einen Gefäßwandeinriss.

- Aneurysma dissecans: Einriss der Intima mit Wühlblutung und Kanalisierung innerhalb der Gefäßwand (Media) mit eventueller distaler Wiedereinmündung in das Gefäßlumen.
- Aneurysma arteriovenosum: aneurysmatische Verbindung zwischen Arterie und Vene (Sonderform der arteriovenösen Fistel).

1.3.3 Hirnbasisaneurysmen

Definition:

Unter einem Hirnbasisaneurysma versteht man eine abnorme, fokale oder segmentale Ausweitung der Hirnbasisarterien bei kongenitaler Gefäßwandschwäche (Fehlen der Lamina elastica interna). [6]

Ätiologie und Pathogenese:

Bei fokalen Mediadefekten entsteht durch den intravasalen Druck und oppositionellen Abscheidungsthromben an hämodynamisch belasteten Gefäßabschnitten (Teilungsstellen) eine lokale Gefäßwanddilatation. Da die Muskelschicht der intrakraniellen Arterien dünner ist, als in den übrigen Arterien des Körpers, sind die zerebralen Gefäße prädisponiert für die Entstehung von Aneurysmen. Atherosklerotische Veränderungen mit lokaler Zerstörung der Elastica interna können kofaktoriell ebenfalls eine Rolle spielen. [6]

Epidemiologie:

Hirnbasisaneurysmen kommen bei 1-2 % der erwachsenen Bevölkerung vor. Die Inzidenz nimmt mit dem Lebensalter zu. Bei 10-20 % der Patienten mit klinischer Manifestation lassen sich multiple Aneurysmen nachweisen. [6] Deshalb sollten bei einem Zufallsbefund eines Aneurysmas immer alle vier hirnversorgenden Arterien (beide Karotiden und Vertebralarterien) selektiv dargestellt werden.

Morphologie:

Die meisten Aneurysmen präsentieren sich ballonförmig mit gestielter oder breitbasiger („sackförmiger“ oder „beerenförmiger“) Ausstülpung der Gefäßwand. Der Durchmesser variiert von einigen Millimetern bis hin zu mehreren Zentimetern.

Die häufigsten Lokalisationen sind die A. communicans anterior (28 %), die A. communicans posterior (25 %) sowie die A. cerebri media (24 %). Gelegentlich können auch angrenzende Hirnstrukturen durch Aneurysmen komprimiert werden. Histologisch gesehen besteht die Aneurysmawand lediglich aus einer dünnen Membran von fibrösem Gewebe und Endothel. Muscularis und Elastica interna fehlen partiell oder komplett. In großen Aneurysmen lassen sich oft Abscheidungsthromben nachweisen. Sehr selten findet man fusiforme Aneurysmen. [6] [7]

Diagnostik:

Die Diagnose von Hirnbasisaneurysmen kann mittels digitaler Subtraktionsangiographie (DSA), CT-Angiographie oder Magnetresonanztomographie der Zerebralarterien erfolgen, wobei die DSA am empfindlichsten ist, während mittels eines kranialen CTs vor allem größere Aneurysmen detektiert werden können. Eine Katheter-Angiographie ist heutzutage zum Nachweis eines Aneurysmas nicht mehr zwingend notwendig, da in den meisten Fällen die CT- oder MR-Angiographie bereits eine exakte Aussage liefern, die zur Planung des therapeutischen Vorgehens ausreicht. [5] [8] [7]

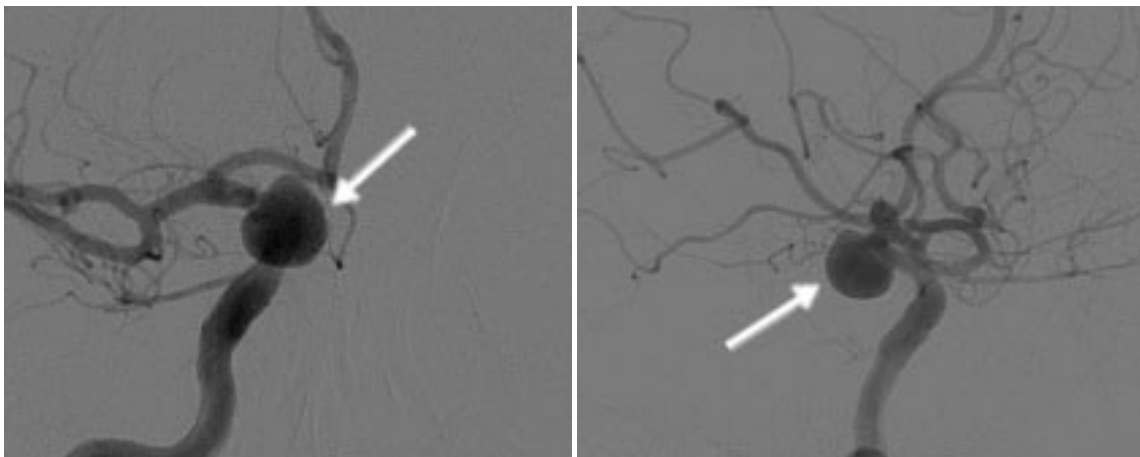


Abbildung 2: DSA mit Darstellung eines großen Aneurysmas der rechten A. carotis interna (Pfeil)

1.3.4 Aneurysmaruptur

Mit einer Inzidenz von ca. 12/100 000 Einwohnern pro Jahr ist die Aneurysmaruptur ein relativ häufiges, potentiell letales Ereignis (laut Ingall et al. [9] verlaufen bis zu 40 % der Aneurysmablutungen innerhalb der ersten 30 Tage letal). Auslöser ist meistens ein akuter Blutdruckanstieg infolge physischer oder psychischer Belastung. Als erwiesene Risikofaktoren sind Bluthochdruck sowie das Rauchen anerkannt. Das Durchschnittsalter beträgt 50 Jahre mit breiter Streuung, beginnend mit der Pubertät; Kinder sind sehr selten betroffen. Gehäuft treten Aneurysmen auch bei fibromuskulärer Dysplasie, polyzystischer Nierenerkrankung und Bindegewebserkrankungen wie dem Marfan-Syndrom auf. [6] [1]

Schwerwiegende Folgen einer Aneurysmaruptur können sein [6]:

- Subarachnoidalblutung
- Intrazerebrale Massenblutung
- Haematocephalus internus
- Vasospasmus
- Rezidivblutung

Im Prinzip stellt jedes zerebrale Aneurysma ein Risiko für diese potentiell lebensgefährlichen Ereignisse dar, wobei das Risiko einer Ruptur mit zunehmender Größe des Aneurysmas steigt. Deshalb sollten auch die meisten zufällig entdeckten und bisher nicht rupturierten Aneurysmen behandelt werden, wobei die Risikoabschätzung für jeden Patienten individuell festgelegt werden muss.

1.4 Subarachnoidalblutung

1.4.1 Definition

Die Subarachnoidalblutung ist durch ein Eindringen von freiem Blut in den mit Liquor cerebrospinalis gefüllten Subarachnoidalraum gekennzeichnet. Dies führt zu einer Reizung der zerebralen Gefäße und Hirnhäute mit einem teils ausgeprägten Hirnödem.

1.4.2 Klinik

Als die wichtigsten Leitsymptome einer Subarachnoidalblutung gelten:

- Heftiger, plötzlich einsetzender Kopfschmerz, der in der Regel diffus oder okzipital betont und bilateral auftritt. In bis zu einem Viertel der Fälle mit schwerer Subarachnoidalblutung kann bereits zu einem früheren Zeitpunkt eine Kopfschmerzepisode als Zeichen einer prämonitorischen Warnblutung („Warning Leak“) vorausgegangen sein. [1]
- Nicht selten kurze transiente oder länger anhaltende Bewusstseinsstörung bis hin zur Bewusstlosigkeit als Zeichen einer eher unspezifischen Reaktion des Gehirns auf den Stimulus. Nur in Ausnahmefällen, bei bestimmten Lokalisationen des Aneurysmas, kann es auch zu Ausfallerscheinungen von Hirnnerven oder fokalen Ausfällen (z.B. epileptischen Anfällen) kommen.
- Durch die Reizung der Hirnhäute kommt es zum Meningismus, in schweren Fällen bis hin zum Opisthotonus (spontane Kopfüberstreckung nackenwärts und Hohlrückenbildung).
- Oft Nausea und Erbrechen.
- Bei 10-20 % der Patienten kommt es zu einer Glaskörpereinblutung, die in diesem Fall als Terson-Syndrom bezeichnet wird.

Je nach Ausprägung der klinischen Symptome teilt man Subarachnoidalblutungen in fünf Schweregrade nach HUNT und HESS ein, welche aufgrund ihrer guten Korrelation mit dem weiteren Krankheitsverlauf international verwendet werden. Tabelle 1 zeigt die 5 Schweregrade mit dazugehöriger Klinik und dem jeweils entsprechenden Grad der Glasgow Coma Scale (GCS).

Grad	Klinik	entspricht GCS
I	<ul style="list-style-type: none">• leichter Kopfschmerz• leichter Meningismus (nicht immer)• keine neurologischen Ausfälle	15
II	<ul style="list-style-type: none">• starker, heftiger Kopfschmerz	13-14

	<ul style="list-style-type: none"> • ausgeprägter Meningismus • eventuell diskrete neurologische Ausfälle (z.B. Hirnnervenparesen) • keine Bewusstseinsveränderungen 	
III	<ul style="list-style-type: none"> • Somnolenz • Desorientiertheit/Verwirrtheit • geringgradige neurologische Ausfälle 	13-14
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Sopor • schwere neurologische Ausfälle (Hemiparese) • eventuell vegetative Störungen 	7-12
V	<ul style="list-style-type: none"> • Koma • Strecksynergismen • moribunder Patient • eventuell Dezerebration 	3-6

Tabelle 1: Schweregradeinteilung nach HUNT und HESS

1.4.3 Komplikationen

Zu den wichtigsten Komplikationen der Subarachnoidalblutung zählen:

- Rezidivblutungen: Da das Aneurysma bzw. die Gefäßmissbildung auch nach dem Initialereignis weiterhin existiert, ist jede Subarachnoidalblutung mit dem Risiko einer oder mehrerer Rezidivblutungen verbunden. Unbehandelt beträgt das Risiko innerhalb von 4 Wochen 30-40 % und ist mit noch höherer Letalität verbunden [6]. Selbst bei optimaler medizinischer Behandlung kommt es bei ca. 7 % der Patienten zu einer Rezidivblutung. [10] Die meisten Rezidivblutungen treten innerhalb von 3 Tagen nach der initialen Ruptur auf.
- Vasospasmus: Das freie Blut im Subarachnoidalraum führt zu einer Reizung, die eine aktive Verengung der betroffenen Gefäße bewirkt, womit es zu einer Minderversorgung des Hirngewebes mit Sauerstoff im vom jeweiligen Gefäß versorgten Bereich kommt. Die Folgen können einerseits

lokalisierte ischämische Infarkte sein, die je nach Größe und Dauer bleibende Schäden hinterlassen, andererseits kann es bei generalisierten Vasospasmen sogar zu einer Mangelversorgung des gesamten Gehirns kommen. Die genauen Ursachen des Vasospasmus konnten bisher trotz intensiver Forschung nicht eindeutig geklärt werden. Eine wichtige Rolle scheint das beim Zerfall der roten Blutkörperchen freiwerdende Hämoglobin zu spielen, da es das ansonsten gefäßrelaxierend wirkende Stickstoffmonoxid (NO) zu einem Großteil bindet („NO-scavenging“). Der daraus resultierende NO-Mangel führt zur Verengung der Arterien. Aufgrund einer Aktivierung des Komplementsystems werden andererseits auch örtliche Entzündungsreaktionen verantwortlich gemacht. Das Auftreten eines Vasospasmus gilt als eine der bestimmenden Einflussgrößen auf das Behandlungsergebnis. Er tritt mit einer Häufigkeit von 40 bis 60 Prozent bei Subarachnoidalblutungen auf, wobei ca. ein Drittel der Fälle erst an seinen Folgen sichtbar wird (delayed ischemic neurological deficit). [11] Ein Vasospasmus tritt in der Regel 5 – 15 Tage nach der Blutung auf und ist für bis zu 23 % der bleibenden Schäden und Todesfälle bei einer Subarachnoidalblutung verantwortlich. [13]

- Hydrocephalus: Aufgrund der Blutung kann es zu einer Störung der Rückresorption des Liquor cerebrospinalis durch die Pacchioni-Granulationen (Granulationes arachnoideae) oder zu einem Verschluss des Aquaeductus mesencephali (Sylvische Wasserleitung) bzw. der Austrittsstellen des IV. Ventrikels kommen. Da der Liquor ständig nachgebildet wird, kommt es dadurch zu einer Steigerung des intrakraniellen Drucks, die zu komplexen Hirnschäden führen kann. Je nach Ursache unterscheidet man zwischen einem resorptiven (Pacchioni-Granulationen) und einem okklusiven (Aquaeductus, Austrittsstellen des IV. Ventrikels) Hydrocephalus.
- Hyponatriämie: Durch die mechanische Irritation des Hypothalamus kann es zu einer erhöhten Sekretion von antidiuretischem Hormon kommen. Dies hat eine vermehrte Natrium-Sekretion und Wasser-Rückresorption in der Niere zur Folge, womit es zu einer Verdünnungshyponatriämie kommen kann. Bei der Behandlung ist es wichtig darauf zu achten, dass ein zu

rascher Ausgleich der Natriumwerte zur zentralen pontinen Myelinolyse mit Verlust von Nervengewebe im Bereich des Hirnstamms kommen kann.

1.4.4 Diagnostik

Ergibt sich beim Patienten aufgrund der oben genannten Leitsymptome bei der körperlichen Untersuchung der Verdacht auf eine Subarachnoidalblutung, so muss in jedem Fall sofort eine Bildgebung erfolgen. Diese kann mittels CT-Untersuchung oder MRT mit Flair-Sequenzen erfolgen, wobei die Computertomographie aufgrund der schnelleren Durchführbarkeit und höheren Sensitivität als Methode der Wahl gilt. Die Einteilung nach Fisher [12] erlaubt hierbei eine Klassifikation der computertomographischen Morphologie:

- Grad 1: Kein Hinweis auf Blutung
- Grad 2: Subarachnoidalblutung mit weniger als 1 mm Breite
- Grad 3: Subarachnoidalblutung mit mehr als 1 mm Breite, jedoch ohne Ventrikel einbruch
- Grad 4: Subarachnoidalblutung jeglicher Breite mit Ventrikel einbruch oder Ausdehnung ins Gehirnparenchym

Aus der Lokalisation des Blutes im Subarachnoidalraum können oft bereits Rückschlüsse auf die Lokalisation des rupturierten Aneurysmas gezogen werden, in der Regel wird aber noch eine (CT-)Angiographie zur genaueren Differenzierung des Aneurysmas angeschlossen.

Mit Hilfe dieser Untersuchungen kann häufig schon am ersten Tag die Diagnose einer Subarachnoidalblutung gestellt werden, allerdings gilt es zu beachten, dass aufgrund der Vermischung mit dem Liquor ein Nachweis erst ab einer höheren Blutungsdichte gelingt. Ein negatives CT/MRT schließt eine Subarachnoidalblutung also nicht mit Sicherheit aus. Sind die genannten Untersuchungen negativ, so muss zusätzlich eine Lumbalpunktion durchgeführt werden. Diese ist hoch sensitiv und bereits Minuten nach dem Initialereignis verwertbar. Eine Lokalisation der Blutungsquelle ist dadurch aber nicht ermittelbar. Es gilt außerdem zu beachten, dass auch während der Lumbalpunktion selbst kleine Blutungen auftreten können, die den Liquor blutig verfärben und somit eine

Subarachnoidalblutung vortäuschen. Der Liquor ist bei einer frischen Subarachnoidalblutung autochthon blutig, bei einem länger zurückliegenden Ereignis xanthochrom.

Ein unter Umständen durch die Reizung der zerebralen Gefäße auftretender Vasospasmus kann mittels transkranieller Doppler- oder Duplexsonographie nachgewiesen werden, wobei Fließgeschwindigkeiten von über 160 cm pro Sekunde als kritisch gelten. Sie sollte innerhalb der ersten zehn Tage nach der akuten Blutung täglich wiederholt werden, damit auch Vasospasmen erkannt werden können, die anfänglich symptomfrei verlaufen. [1] [7]

1.4.5 Therapie

Bei der Behandlung einer Subarachnoidalblutung werden im Wesentlichen drei Ziele verfolgt:

- Ausschaltung der Blutungsquelle zur Vermeidung einer ansonsten möglichen Rezidivblutung
- Vorbeugung und Behandlung eines eventuellen Vasospasmus
- Behandlung eines eventuellen Hydrocephalus

Zur Vermeidung einer Rezidivblutung stehen im Prinzip zwei Verfahren zur Auswahl:

1. Neurochirurgisches Clipping
2. Endovaskuläres Coiling durch die interventionelle Radiologie

Auf die Methode des Coilings wird in Kapitel 1.5 näher eingegangen.

Das Clipping war lange Zeit die einzige Behandlungsmöglichkeit zerebraler Aneurysmen. Dabei wird mittels einer Kraniotomie der Aneurysmasack mit einem Clip (meist aus Titan) abgeklemmt und somit das Aneurysma vom Blutkreislauf abgeschnitten.

Sollte ein Clipping nicht möglich sein, besteht auch noch die Möglichkeit des Therapieversuchs mittels sogenanntem „Wrapping“. Dabei versucht man die

Wand des Aneurysmas durch Gewebe oder Teflon zu verstärken und damit eine drohende Ruptur zu verhindern.

Zur Vorbeugung eines Vasospasmus hat sich vor allem der Einsatz des Calcium-Antagonisten Nimodipin als wirksam erwiesen. Obwohl der genaue Wirkmechanismus hierbei unbekannt ist, konnte in einer großen britischen Studie von Pickard et al. [14] eine signifikante Reduktion der zerebralen Infarkte sowie ein verbessertes Outcome nachgewiesen werden. Deshalb ist eine Gabe von Nimodipin sowohl bei leichten, als auch bei schweren Verläufen indiziert, wobei auf die allgemein blutdrucksenkende Wirkung zu achten ist. Notfalls muss zu Gunsten eines ausreichenden Blutdruckwertes auch auf Nimodipin verzichtet werden.

Über andere Calcium-Antagonisten, wie Nicardipin oder Diltiazem sind nur wenige Studien bekannt, allerdings konnte dabei bisher keine Verbesserung des Outcomes nach 3 Monaten erzielt werden. [13]

Zur Behandlung eines bereits aufgetretenen Vasospasmus hat sich die Triple-H-Therapie als geeignet erwiesen:

1. Hypervolämie
2. Hypertonie
3. Hämodilution

Sie wird mittels Hydroxyäthylstärke, kristalloider Lösung (Hypervolämie, Hämodilution) und inotropen Substanzen wie z.B. Dopaminhydrochlorid oder Noradrenalin (Hypertonie) durchgeführt und verfolgt das Ziel, mittels eines erhöhten Gefäßdurchsatzes die Durchblutung zu verbessern. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Überwässerung des Organismus in vertretbaren Grenzen gehalten wird, um negative Auswirkungen auf den Gasaustausch und das Kreislaufsystem zu vermeiden. Für die prophylaktische Behandlung mittels Hypervolämie konnte in großen, prospektiven Studien allerdings keine Verbesserung sowohl des frühen, als auch des späten Outcomes nachgewiesen werden. [15]

In einzelnen Fällen ist auch eine Behandlung mittels endovaskulärer Therapiemethoden möglich. Dazu zählen die transluminale Ballon-Angioplastie und die intraarterielle Applikation von Vasodilatoren wie Papaverin.

Zur Behandlung eines Hydrocephalus gilt die Anlage eines Ventrikelkatheters als Methode der Wahl. Somit wird gewährleistet, dass überschüssiger Liquor cerebrospinalis aus dem Ventrikelsystem nach außen abgeleitet werden kann. In manchen chronischen Fällen muss der Liquor auch über einen dauerhaft implantierten Katheter - zum Beispiel in das Bauchfell - abgeleitet werden.

1.5 Coiling

Da sowohl das neurochirurgische „Clipping“ als auch das „Wrapping“ mit einer Kraniotomie und damit erheblichen Risiken verbunden sind, suchte man lange nach einer weniger invasiven Methode zur Behandlung zerebraler Aneurysmen. Diese konnte Anfang der Neunzigerjahre mit dem sogenannten „Coiling“ gefunden werden.

Beim Coiling werden weiche, haarfeine Platinspiralen mit einem Mikrokatheter endovaskulär bis zum Aneurysma vorgebracht und im Aneurysmasack platziert. Dort nehmen die Coils aufgrund des sogenannten „Memory-Effektes“ wieder ihre ursprüngliche Spiralförmigkeit an und bilden Knäuel.

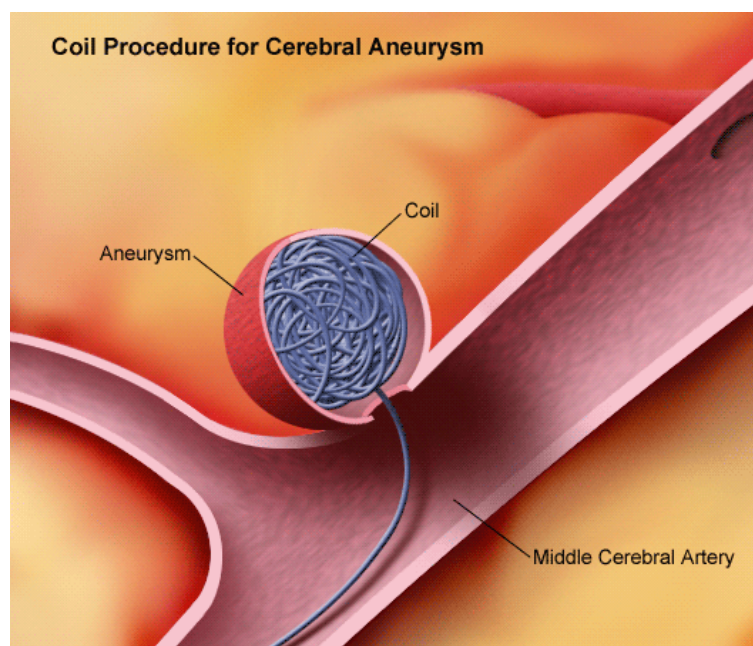


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines gecoilten Aneurysmas

Die Wirkung des Coilings zur Ausschaltung des Aneurysmas beruht im Wesentlichen auf einem Kurzzeit- und einem Langzeiteffekt:

- Beim Kurzzeiteffekt kommt es aufgrund der Knäuelbildung der Platinspiralen zur Stase und Thrombosierung des Blutes zwischen den Coilmaschen. Auch wenn die Coils selbst nur ca. 30 Prozent des Aneurysmavolumens ausfüllen, wird die weitere Blutzirkulation im Aneurysma damit verhindert und damit eine Ruptur vermieden.
- Der Langzeiteffekt besteht in einer nach einigen Wochen auftretenden neuen Endothelialisierung an der Coilgrenze. Damit wird das Aneurysma endgültig vom restlichen Blutkreislauf abgeschnitten.

Der Eingriff wird in der Regel in allgemeiner Intubationsnarkose durchgeführt und hat plangemäß folgenden Ablauf:

- Unter Lokalanästhesie retrograde Punktion der Arteria femoralis (üblicherweise der rechten Seite) in Seldinger-Technik
- Einbringen einer Katheterschleuse
- Sondierung der A. carotis interna mittels eines Führungskatheters
- Angiographie der A. carotis interna (gegebenenfalls auch beidseits) zur Darstellung und Beurteilung des Aneurysmas
- Zusätzlich Durchführung einer 3D-Rotationsangiographie und exakte Definition der Arbeitsprojektion
- Aufstieg mittels Mikrodraht-Mikrokatheter-Systems und Platzierung der Mikrokatheterspitze im Aneurysma
- Absetzen multipler Coils bis zum vollständigen Verschluss des Aneurysmas
- Kontrollangiographie zur Beurteilung des Therapieerfolges und der Perfusion der umliegenden Gefäße
- Entfernung sämtlichen Draht-, Katheter- und Schleusenmaterials
- Perkutaner Nahtverschluss
- Anlegen eines Druckverbandes

Obwohl es sich beim Coiling um einen minimal invasiven Eingriff handelt, ist es - wie jeder andere Eingriff auch - mit gewissen Risiken und Komplikationen behaftet.

Dazu zählen vor allem:

- Perforation der Gefäßwand durch den Katheter oder die Coils
- Bildung oder Mobilisation von Thromben mit der Folge zerebraler Infarkte
- Thrombembolische Komplikationen durch Fehllage oder Verlagerung der Coils
- Gefahr der Infektion, wie bei allen invasiven Maßnahmen
- Nachblutung der Punktionsstelle

Ein Problem des Coilings war lange Zeit, dass es in seiner klassischen Variante nur für die Behandlung von Aneurysmen mit einem relativ engen Hals geeignet ist. Bei breitbasigen Aneurysmen besteht die große Gefahr, dass die im Aneurysmasack platzierten Coils in das Trägergefäß vorfallen und dieses verschließen bzw. mit dem Blutstrom in engere Gefäße geschwemmt werden und dort Verschlüsse verursachen.

Speziell zur Lösung dieses Problems wurden neue Techniken entwickelt, sodass heutzutage 3 verschiedene Methoden des Coilings möglich sind, auf die im Folgenden näher eingegangen wird:

- klassisches Coiling
- stentassistiertes Coiling
- ballonassistiertes Coiling

1.5.1 Klassisches Coiling

Die Methode wurde am Menschen erstmals 1990 vom italienischen Neurochirurgen Dr. Guido Guglielmi angewandt. Ihm zu Ehren werden die Platinspiralen noch heutzutage oft als „Guglielmi Detachable Coils“ (GDC) bezeichnet. Er behandelte initial 15 Patienten mit zerebralen Aneurysmen, die aufgrund unterschiedlicher Ursachen (Lage oder Form des Aneurysmas,

zusätzliche Erkrankungen der Patienten...) nicht für das Clipping in Frage kamen. In allen Fällen konnten Verschlussraten zwischen 70 und 100 % sowie ein gutes Outcome erzielt werden. Als Komplikationen wurde lediglich ein Fall eines transienten neurologischen Defizits (Aphasie) verzeichnet. [16]

Eine zwischen 1990 und 1995 von Vinuela et al. durchgeführte Multicenter-Studie mit 403 Patienten führte schließlich zur offiziellen Zulassung des Coilings in den USA und Europa. Hierbei zeigte sich, dass die Technik für Aneurysmen mit engem Hals gut, für breitbasige jedoch nur bedingt geeignet ist. Bei den kleinen (<10 mm) Aneurysmen mit weitem Hals konnte nur in 31 % der Fälle ein kompletter Verschluss erzielt werden, während dies bei kleinen enghalsigen Aneurysmen in 71 % der Fälle gelang. Bei den großen (11 – 25 mm) und sehr großen (>25 mm) Aneurysmen lagen die kompletten Verschlussraten bei 35 % bzw. 50 %.

An Komplikationen während des Eingriffs zeigten sich:

- unbeabsichtigter Verschluss des Trägergefäßes (3 %)
- Ruptur des Aneurysmas durch Perforation (2,7 %)
- thrombembolische Ereignisse (2,5 %)
- Coildislokation (0,5 %)
- Vasospasmus (0,5 %)

Dies ergibt eine Gesamtkomplikationsrate von 9,2 %. [17]

Ein 1999 von Brilstra et al. veröffentlichtes Review fasste die Ergebnisse von 48 Studien mit insgesamt 1256 Patienten zusammen. Ein vollständiger Aneurysmaverschluss konnte demnach in 53,8 % der Fälle verzeichnet werden, ein Verschlussgrad von über 90 % in 87,9 % der Fälle. Die Größe des Aneurysmas und ob es rupturiert/nicht rupturiert war zeigte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das Outcome der Patienten.

Die Komplikationsrate wurde mit 12 % angegeben, wobei ischämische Komplikationen (8,5 %) und Perforationen (2,4 %) den Hauptanteil ausmachten. 3,7 % der Patienten erlitten bleibende Schäden aufgrund von Komplikationen. [18]

Als eine der größten und wichtigsten Arbeiten gilt die 2002 von Molyneux et al. veröffentlichte ISAT-Studie (International Subarachnoid Aneurysm Trial). In einer randomisierten Studie wurden 2143 Patienten mit rupturierten zerebralen Aneurysmen entweder mittels Coiling oder mittels Clipping behandelt. Primärziel der Studie war ein Vergleich des Outcomes nach einem Jahr, wobei sich für das Coiling im Vergleich zum Clipping eine relative Risikoreduktion von 22,6 % für bleibende Schäden oder Tod zeigte. Dies entspricht einer absoluten Risikoreduktion von 6,9 % bei einer vergleichbar niedrigen Nachblutungsrate. Damit konnte erstmals mit hoher Evidenz (Level I) ein Benefit des Coilings gegenüber der offenen Operation gezeigt werden. Nicht zuletzt aufgrund dieses Nachweises konnte sich damit das Coiling mehr und mehr als Standardmethode der zerebralen Aneurysmabehandlung durchsetzen.

In mehreren größeren (über 100 Patienten) Studien wurden ebenfalls thrombembolische Ereignisse (4,4 % bis 13,1 %) und Rupturen während der Behandlung (2,3 % bis 8,8 %) als häufigste Komplikationen angegeben. Diese führten in 1,3 % bis 8,9 % zu bleibenden Schäden, in 0,9 % bis 3,5 % zum Tod der Patienten. Eine Zusammenfassung der Studien und jeweiligen Komplikationsraten bietet Tabelle 2 (modifiziert nach Kurre und Berkefeld [20]).

Studie	Fallzahl	Thrombotische Ereignisse	Ruptur/Perforation	Sonstige Komplikationen
Cognard [21]	249	10,8 %	2,4 %	2,4 %
Debrun [22]	144	7,6 %	4,2 %	3,5 %
Ng [23]	160	13,1 %	8,8 %	1,3 %
Murayama [24]	818	4,4 %	2,3 %	1,7 %
Gallas [25]	705	5,1 %	3,5 %	1,7 %
Bonafé [26]	229	4,8 %	3,9 %	7,9 %
Bradac [27]	557	7,2 %	3,8 %	1,8 %

Tabelle 2: Komplikationsraten beim klassischen Coiling

In denselben Studien lassen sich auch Angaben hinsichtlich des Verschlussgrades finden. Es zeigt sich hierbei eine beachtliche Variabilität mit

kompletten Verschlussraten zwischen 38,8 % und 70,4 %. Die genauen Ergebnisse sind in Tabelle 3 (modifiziert nach Kurre und Berkefeld [20]) zusammengefasst. Als subtotal wurden je nach Studie Verschlussraten von über 90 oder 95 % bezeichnet. In einigen Fällen (3,1 % bis 18,4 %) konnte aufgrund ungünstiger anatomischer Verhältnisse kein Therapieerfolg erzielt werden.

Studie	komplett	subtotal	inkomplett	kein Therapieerfolg
Cognard [21]	49,2 %	31,8 %	5,1 %	14,0 %
Debrun [22]	56,6 %	23,7 %	1,3 %	18,4 %
Ng [23]	38,8 %	13,8 %	31,9 %	15,6 %
Murayama [24]	55,0 %	35,4 %	3,5 %	5,0 %
Gallas [25]	70,4 %	24,1 %	2,3 %	3,1 %
Bonafé [26]	69,3 %	10,5 %	4,7 %	5,5 %
Bradac [27]	61,6 %	33,0 %	2,2 %	3,2 %

Tabelle 3: Verschlussraten beim klassischen Coiling

1.5.2 Stentassistiertes Coiling

Wie bereits erwähnt, stellt das Vorfallen der Coils ins Trägergefäß bei der Behandlung von breitbasigen Aneurysmen ein beträchtliches Risiko dar, da es dadurch zum Verschluss des gesamten Gefäßes bzw. kleinerer nachgeschalteter Gefäße kommen kann. Zur Vermeidung dieses Problems kann die Technik des stentassistierten Coilings angewendet werden, bei der zunächst ein Stent im Bereich des Aneurysmahalses platziert wird. Anschließend werden mittels eines Mikrokatheters, dessen Spitze durch die Stentmaschen geführt und im Aneurysma platziert wird, die Coils analog zum normalen Coiling abgesetzt, wobei der Stent nun ein Dislozieren der Platinspiralen verhindert. Der Stent verbleibt anschließend weiterhin im Gefäß, was eine antithrombotische Therapie erforderlich macht.

2010 verglichen Piotin et al. in einer Studie 216 mittels stentassistiertem Coiling behandelte Aneurysmen mit 1109 Fällen, die ohne Stentunterstützung gecoilt wurden. Es zeigte sich bei den mit Stent behandelten Fällen eine behandlungsbedingte Komplikationsrate von 7,4 % gegenüber 3,8 % in der

Gruppe ohne Stent. Die Mortalitätsrate lag bei der Behandlung mit Stent bei 4,6 %, bei der Behandlung ohne Stent nur bei 1,2 %. Allerdings zeigte sich bei den gestenteten Patienten eine deutlich niedrigere Rezidivrate (14,9 %) als bei der Behandlung ohne Stent (33,5 %). [28]

Bodily et al. befassten sich in einer Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2011 besonders mit der stentassistierten Behandlung von rupturierten Aneurysmen. Diese Variante gilt wegen der aufgrund des Stents notwendigen antithrombotischen Therapie als besonders risikoreich. Es konnten 339 entsprechende Fälle eruiert werden, von denen 93 % erfolgreich gecoylt werden konnten. 63 % der Aneurysmen konnten komplett verschlossen werden. Die Komplikationsraten wurden mit 8 % für hämorrhagische Komplikationen und 6 % für thrombembolische Komplikationen angegeben. Das Outcome war in 67 % der Fälle gut, in 14 % der Fälle schlecht. Die Mortalität betrug 19 %. [29]

1.5.3 Ballonassistiertes Coiling

Eine Alternative zum stentassistierten Coiling stellt das ballonassistierte Coiling dar. Hierbei wird ein Ballonkatheter im Bereich des Aneurysmahalses platziert und während des Absetzens der Coils entfaltet. Damit wird ein Vorfallen der Platinspiralen während des Eingriffs verhindert. Eine schematische Darstellung dieser Technik zeigt Abbildung 4. Nach vollständiger - oder zumindest ausreichender - Füllung des Aneurysmas wird der Ballonkatheter wieder entfernt. Allerdings ist die Gefahr der Coildislokation nun aufgrund der Knäuelbildung im Aneurysma deutlich geringer.

Die Methode wurde bereits Mitte der 90er-Jahre von Moret erstmals angewendet. Er konnte damit 52 von 56 Fällen coilen, die aufgrund ungünstiger anatomischer Gegebenheiten mittels konventionellem Coiling nicht behandelbar waren. Dabei konnte in 77 % der Fälle ein kompletter, in 94 % der Fälle immerhin ein ausreichender Verschluss des Aneurysmas erzielt werden. Es wurden drei Fälle von Aneurysmarupturen und drei Fälle von thrombembolischen Komplikationen beobachtet, wobei nur in einem Fall ein bleibender Schaden für den Patienten entstand. [30]

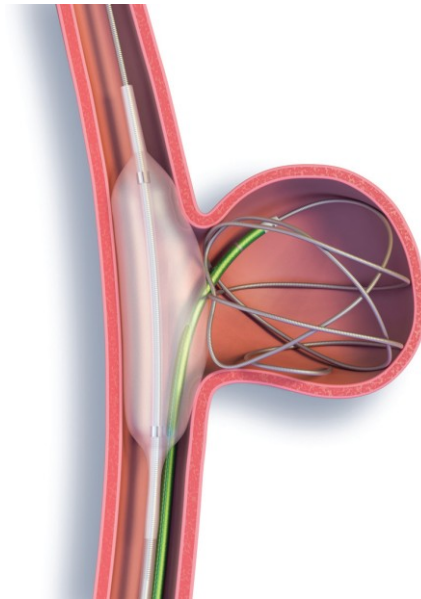


Abbildung 4: Schematische Darstellung des ballonassistierten Coilings

Shapiro et al. fassten im Jahr 2008 in einem Review die bis dahin erschienen Arbeiten zum Thema „ballonassistiertes Coiling“ zusammen und verglichen Komplikationsraten und Verschlussgrade mit Studien zum Coiling ohne Ballon. Bezüglich Komplikationsraten konnte kein signifikanter Unterschied zum konventionellen Coiling festgestellt werden. Sie lagen zwischen 7,9 % und 10,5 % für thrombembolische Komplikationen bzw. zwischen 1,4 % und 3,4 % für iatrogene Perforationen und Aneurysmarupturen. Hinsichtlich Okklusionsraten zeigten sich sowohl initial, als auch im Follow-up bessere Werte für die ballonassistierte Variante. Ausreichende Verschlussgrade konnten initial hierbei in der Gruppe mit Ballon in 95 % der Fälle (73 % total; 22 % subtotal) erreicht werden, im Follow-up sank der Wert auf 89 % (72 % total; 17 % subtotal). Bei der Gruppe ohne Ballon lag die Rate initial bei 88 % (49 % total; 39 % subtotal) und blieb in der Nachuntersuchung mit 88 % (54 % total; 34 % subtotal) auf etwa demselben Niveau. [31]

Eine von Pierot et al. 2009 publizierte prospektive Multicenter-Studie mit 572 Fällen verglich die Komplikationsraten von ballonassistiertem und konventionellem Coiling bei der Behandlung von nicht rupturierten Aneurysmen. Die Komplikationsrate lag für die Behandlung ohne Ballon bei 10,8 % (6,2 % thrombembolisch; 2,2 % Ruptur/Perforation; 2,4 % Sonstige) und für die

ballonassistierte Technik bei 11,7 % (5,4 % thrombembolisch; 3,2 % Ruptur/Perforation; 3,1 % Sonstige), womit kein signifikanter Unterschied zwischen den Methoden nachgewiesen werden konnte. Auch die Morbiditäts- und Mortalitätsraten waren mit 2,2 % und 0,9 % ohne Ballon bzw. 2,3 % und 1,4 % mit Ballon vergleichbar. [32]

Eine ähnlich aufgebaute, 2010 veröffentlichte Multicenter-Studie mit 768 Patienten befasste sich speziell mit der Behandlung rupturierter Aneurysmen. Wieder wurde die Standardtechnik mit der ballonassistierten Variante verglichen. Erneut zeigten sich vergleichbare Komplikationsraten der beiden Gruppen (17,4% ohne Ballon; 16,9 % mit Ballon). Auch hinsichtlich der sowohl behandlungsbedingten (5,1 % ohne Ballon; 3,8 % mit Ballon) als auch allgemeinen (19,6 % ohne Ballon; 16,2 % mit Ballon) Morbidität und Mortalität konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Sogar einen statistisch signifikanten Vorteil für das ballonassistierte Coiling zeigten die erzielten Okklusionsgrade. Bei der ballonassistierten Variante konnte in 94,9 % der Fälle ein ausreichender (totaler bzw. subtotaler) Verschluss des Aneurysmas erzielt werden, bei der konventionellen Technik war dies nur in 88,7 % der Fall. [33]

2 Material und Methoden

2.1 Aufbau und Ziel der Studie

Bei der Studie handelt es sich um eine monozentrische, retrospektive Datenanalyse und Vergleichsstudie. Das retrospektive Studiendesign wurde aufgrund der schnelleren Durchführbarkeit gewählt, da eine prospektive Analyse wegen der geringen Patientenanzahl pro Jahr den Zeitraum für eine Diplomarbeit überschritten hätte. Es wurden ausschließlich Patienten, die in den letzten Jahren an der klinischen Abteilung für vaskuläre und interventionelle Radiologie der Universitätsklinik für Radiologie Graz in Behandlung waren, in die Studie mit einbezogen. Ausgewertet wurden die Operationsberichte der betroffenen Patienten.

Die Auswahl der in Frage kommenden Patienten erfolgte mittels einer Abfrage der zentralen Datenbank durch das Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz.

Vor der Studie wurde ein Antrag auf Beurteilung an die Ethikkommission Graz gestellt. Ein positives Votum diesen Antrag betreffend lag zu Beginn der Arbeit vor.

Das zentrale Ziel der Studie ist ein Vergleich der verschiedenen Methoden des Coilings bezüglich des initialen Verschlussgrades und Komplikationen während des Eingriffs. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf den Vergleich zwischen stentassistiertem und ballonassistiertem Coiling gelegt, da bei der Behandlung von breitbasigen Aneurysmen eine Wahl zwischen diesen beiden Methoden getroffen werden muss.

Die gesammelten Daten wurden mittels Microsoft Excel und dem Statistikprogramm SPSS tabellarisiert und ausgewertet. Als statistisch signifikant wurde dabei ein p-Wert von kleiner 0,05 angesehen.

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien für Patienten

Die Einschlusskriterien für Patienten sind unten stehend in Tabelle 4 zusammengefasst:

Behandlungsgrund	ein bzw. mehrere zerebrale arterielle Aneurysmen
Art der Behandlung	stentassistiertes, ballonassistiertes oder klassisches Coiling
Zeitpunkt der Intervention	zwischen 01.01.2008 und 31.12.2010
Alter zum Zeitpunkt des Eingriffs	zwischen 18 und 90 Jahren
Geschlecht	männlich und weiblich

Tabelle 4: Einschlusskriterien für Patienten

Ausschlusskriterien für Patienten:

- Fehlende klinische Daten des Eingriffs oder fehlender Operationsbericht

2.3 Verwendete Materialien

Für die Behandlung der in der Studie erfassten Fälle wurden folgende Coils, Stents und Ballone verwendet:

Platincoils:

Micrus Cerecyte

Micrus Deltapaque

Micrus Cashmere

Microvention Cosmos

ev3 Axium

Stents:

Boston Scientific Neuroform³

ev3 Solitaire

Ballone:

ev3 Hyperglide

ev3 Hyperform

Balt Eclipse

Balt Kopernik

2.4 Patienten

Für den ausgewählten Studienzeitraum vom 01.01.2008 bis zum 31.12.2010 konnten 157 Fälle eruiert werden, die den oben genannten Einschlusskriterien entsprechen. Dabei handelte es sich um 52 Männer und 105 Frauen was einem Verhältnis von 33,1 % männlichen zu 66,9 % weiblichen Patienten entspricht.

Das Alter der Patienten erstreckte sich in einem Bereich zwischen 26 und 84 Jahren bei einem durchschnittlichen Alter von 57,0 Jahren.

Hinsichtlich der Lokalisation lagen 133 Aneurysmen im Bereich des vorderen Kreislaufs und 24 im Bereich des hinteren Kreislaufs. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 84,7 % (vorderer Kreislauf) zu 15,3 % (hinterer Kreislauf). Eine genauere Aufschlüsselung der zur Lokalisation erhobenen Daten zeigt Tabelle 5.

Lokalisation	Fallzahl	Prozent
A. carotis interna	57	36,3 %
A. communicans anterior	41	26,1 %
A. cerebri media	16	10,2 %
A. basilaris	13	8,3 %
A. cerebri anterior	9	5,7 %
A. vertebralis	7	4,5 %
Übergang A.carotis interna – A. communicans posterior	7	4,5 %
A. communicans posterior	3	1,9 %
A. cerebelli inferior posterior (PICA)	3	1,9 %
A. cerebri posterior	1	0,6 %

Tabelle 5: Lokalisation der Aneurysmen

Bezüglich der Größe der Aneurysmen waren nur in 78 Fällen verwertbare Angaben vorhanden. Der Großteil lag hierbei zwischen 2,5 mm und 10 mm. Eine genaue Aufstellung der Größen bietet Tabelle 6.

Größe	Fallzahl	Prozent
<=2,5 mm	3	3,8 %
<=5 mm	40	51,3 %
<=10 mm	23	29,5 %
<=15 mm	8	10,3 %
>15 mm	4	5,1 %

Tabelle 6: Aneurysmagrößen

Von den 157 Aneurysmen waren 73 (46,5 %) rupturiert und hatten somit bereits eine Subarachnoidalblutung verursacht, die restlichen 84 (53,5 %) waren nicht rupturiert.

Von den 157 Aneurysmen wurden 97 mittels konventionellem Coiling, 36 mittels stentassistiertem Coiling und 24 mittels der ballonassistierten Variante behandelt (Abbildung 5). Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 61,8 % (klassisch) zu 22,9 % (stentassistiert) zu 15,3 % (ballonassistiert).

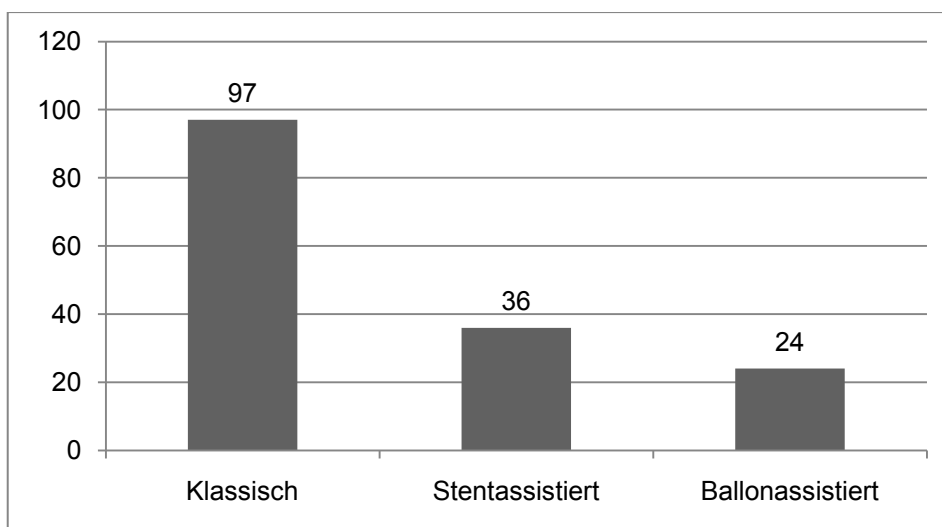


Abbildung 5: Häufigkeiten der verschiedenen Behandlungsmethoden

Bei 24 Patienten (15,3 % der Fälle) handelte es sich um ein Rezidiv eines bereits früher mittels endovaskulärem Coiling behandelten Aneurysmas. Bei den restlichen 133 Patienten (84,7 %) wurde eine Erstbehandlung des betroffenen Aneurysmas durchgeführt.

Einen zusammenfassenden Überblick über die oben genannten erhobenen Daten zu den einbezogenen Fällen und Patienten bietet Tabelle 7.

Parameter	Fallzahl	Prozent
Geschlecht		
Frauen	105	66,9 %
Männer	52	33,1 %
Lokalisation		
Vorderer Kreislauf	133	84,7 %
Hinterer Kreislauf	24	15,3 %
Rupturiert		
ja	73	46,5 %
nein	84	53,5 %
Vorbehandlung (Rezidiv)		
ja	24	15,3 %
nein	133	84,7 %
Behandlungsmethode		
klassisch	97	61,8 %
stentassistent	36	22,9 %
ballonassistent	24	15,3 %
Aneurysmagröße		
Größenangaben insgesamt	78 von 157	49,7 %
davon ≤5 mm	43	55,1 %
davon >5mm	35	44,9 %

Tabelle 7: Charakteristiken der Patienten

3 Resultate

3.1 Technischer Erfolg

Hierbei wurde zwischen drei möglichen Ergebnissen unterschieden:

- vollständiger Verschluss
- Restperfusion
- kein Verschluss

Eine genauere Einteilung war nicht möglich, da in den meisten Fällen keine genauen prozentuellen Angaben zum Grad der Restperfusion vermerkt wurden. Die vorhandenen Angaben lassen allerdings darauf schließen, dass es sich meistens um relativ kleine Restperfusionsen im Halsbereich des Aneurysmas handelte, weshalb diese Fälle ebenfalls als ausreichende und adäquate Behandlung gewertet wurden.

Von den 157 Aneurysmen konnten 146 in ausreichendem Maß verschlossen und damit erfolgreich behandelt werden, was einer Erfolgsquote von 93,0 % entspricht. Davon konnten 108 Aneurysmen (entspricht 68,8%) vollständig verschlossen werden, bei den restlichen 38 (24,2 %) war noch eine zumindest kleine Restperfusion feststellbar. In 11 Fällen (7,0 %) konnte kein ausreichender Verschluss erzielt werden. Der Grund hierfür waren in der Regel ungünstige anatomische Verhältnisse. Eine grafische Darstellung des o.g. Ergebnisses bietet Abbildung 6.

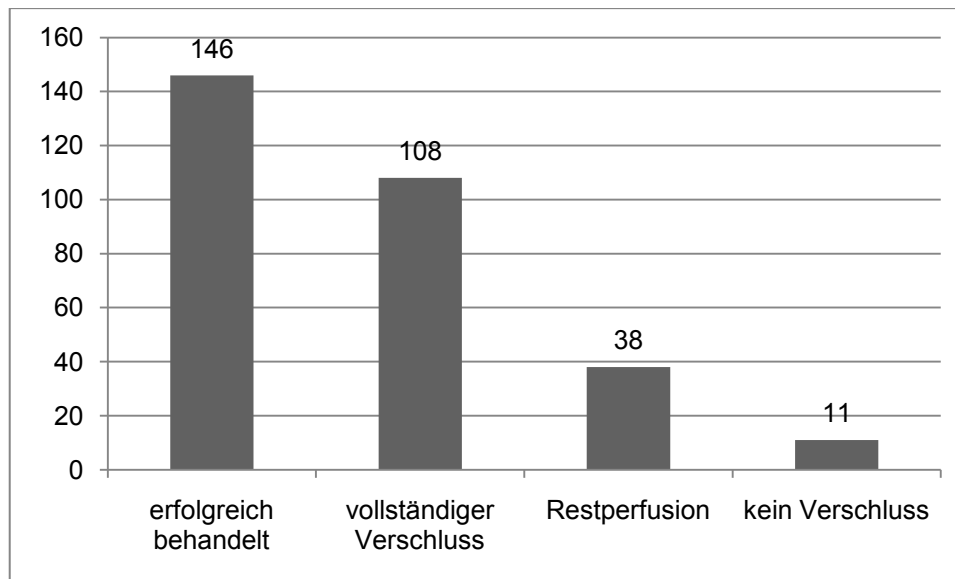


Abbildung 6: Technischer Erfolg insgesamt

Bei der Gruppe der mittels konventionellem Coiling behandelten Aneurysmen konnte in 67 (69,1 %) der 97 Fälle ein kompletter Verschluss erzielt werden, in 24 Fällen (24,7 %) musste eine Restperfusion belassen werden. Das ergibt zusammengenommen 91 Fälle und damit eine Erfolgsquote von 93,8 %. In 6 Fällen (6,2 %) war eine adäquate Behandlung nicht möglich.

Bei der stentassistierten Variante lag der Anteil der zumindest ausreichend verschlossenen Aneurysmen bei 32 von 36 Fällen, was 88,9 % ergibt. Dabei wurde in 20 Fällen (55,6%) ein totaler Verschluss erreicht, in 12 Fällen (33,3 %) blieb eine Restperfusion bestehen. 4 Aneurysmen (11,1 %) konnten nicht ausreichend verschlossen werden.

In der Gruppe der mittels ballonassistiertem Coiling behandelten Patienten konnte in 23 von 24 Fällen und damit 95,8% ein ausreichendes Ergebnis erzielt werden. Der Anteil der vollständig verschlossenen Aneurysmen betrug hierbei mit 21 Fällen bemerkenswerte 87,5 %. Nur in 2 Fällen (8,3 %) blieb weiterhin eine Restperfusion bestehen und nur in einem einzigen Fall (4,2 %) konnte kein ausreichender Verschluss erreicht werden.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zum technischen Erfolg der verschiedenen Behandlungsmethoden bietet Tabelle 8. Abbildung 7 zeigt den technischen Erfolg der einzelnen Methoden in Prozent.

Methode (Fallzahl)	vollständiger Verschluss	Restperfusion	ausreichender Verschluss	nicht ausreichend
gesamt (157)	108 (68,8 %)	38 (24,2 %)	146 (93,0 %)	11 (7%)
klassisch (97)	67 (69,1 %)	24 (24,7 %)	91 (93,8 %)	6 (6,2 %)
stentass. (36)	20 (55,6 %)	12 (33,3 %)	32 (88,9 %)	4 (11,1 %)
ballonass. (24)	21 (87,5 %)	2 (8,3 %)	23 (95,8 %)	1 (4,2 %)

Tabelle 8: Technischer Erfolg der verschiedenen Methoden

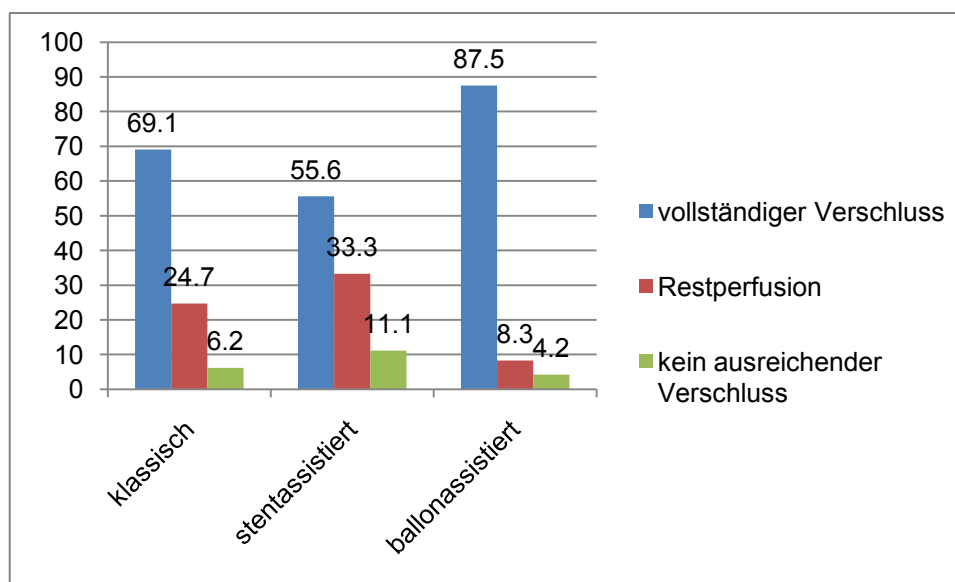


Abbildung 7: Technischer Erfolg der verschiedenen Methoden in Prozent

Bei den rupturierten Aneurysmen konnte in 68 von 73 Fällen ein ausreichender Verschluss erzielt werden, was 93,2 % entspricht. Der Anteil der vollständig verschlossenen Aneurysmen betrug dabei mit 45 Fällen 61,6 %, in 23 Fällen (31,5 %) verblieb eine Restperfusion und 5mal (6,9 %) konnte kein ausreichender Verschlussgrad erreicht werden.

Bei den Aneurysmen ohne Ruptur betrug die Erfolgsquote 92,9 % (78 von 84 Fällen). Dabei wurden 63 Aneurysmen (75,0 %) vollständig und weitere 15 (17,9

%) zumindest in ausreichendem Maß okkludiert. In 6 Fällen (7,1 %) war eine erfolgreiche Behandlung nicht möglich.

Einen Überblick über die Zahlen zum technischen Erfolg in diesen beiden Gruppen bietet Tabelle 9. Abbildung 8 vergleicht die Werte der beiden Gruppen in Prozent.

Merkmal (Fallzahl)	vollständiger Verschluss	Restperfusion	ausreichender Verschluss	nicht ausreichend
rupturiert (73)	45 (61,6 %)	23 (31,5 %)	68 (93,2 %)	5 (6,9 %)
nicht rupturiert (84)	63 (75,0 %)	15 (17,9 %)	78 (92,9 %)	6 (7,1%)

Tabelle 9: Technischer Erfolg bei rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen

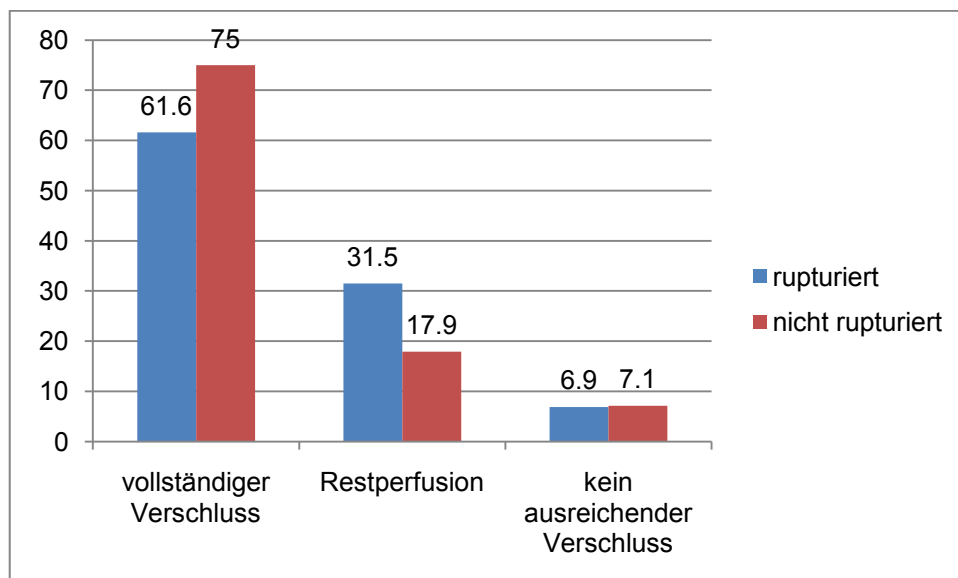


Abbildung 8: Technischer Erfolg bei rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen in Prozent

Für die Auswertung hinsichtlich der Größe wurden die Aneurysmen in 3 Gruppen eingeteilt:

- kleine Aneurysmen ($\leq 5\text{mm}$)
- mittelgroße Aneurysmen (5-10mm)
- große Aneurysmen ($>10\text{mm}$)

Bei den kleinen Aneurysmen konnten 30 von 43 (69,8 %) vollkommen verschlossen werden. Bei 10 Fällen (23,3 %) war am Ende der Behandlung noch eine kleine Restperfusion nachweisbar und 3 Aneurysmen (7,0 %) konnten nicht ausreichend okkludiert werden. Die Quote der adäquat behandelten Aneurysmen beträgt somit 93 % (40 von 43).

Die Erfolgsquote bei den mittelgroßen Aneurysmen lag bei 95,7 % (22 von 23). Dabei konnte in 18 Fällen (78,3 %) ein totaler und in 4 Fällen (17,4 %) ein immerhin ausreichender Verschluss des Aneurysmas verzeichnet werden. In einem Fall (4,3 %) konnte kein positives Behandlungsergebnis erzielt werden.

Für die Gruppe der großen Aneurysmen konnten nur 12 Fälle eruiert werden. Davon wurden 7 (58,3 %) vollständig verschlossen, in 4 Fällen (33,3 %) verblieb eine Restperfusion. Damit konnten 11 (91,6 %) Aneurysmen ausreichend verschlossen werden, in einem Fall (8,4 %) war eine adäquate Behandlung nicht möglich.

Tabelle 10 fasst die o.g. Werte zum größenabhängigen technischen Erfolg zusammen. Abbildung 9 vergleicht die Ergebnisse der einzelnen Gruppen in Prozent.

Größe (Fallzahl)	vollständiger Verschluss	Restperfusion	ausreichender Verschluss	nicht ausreichend
klein ≤5mm (43)	30 (69,8 %)	10 (23,3 %)	40 (93,0 %)	3 (7 %)
mittel 5-10mm (23)	18 (78,3 %)	4 (17,4 %)	22 (95,7 %)	1 (4,3 %)
groß >10mm (12)	7 (58,3 %)	4 (33,3 %)	11 (91,6 %)	1 (8,4 %)

Tabelle 10: Größenabhängiger technischer Erfolg

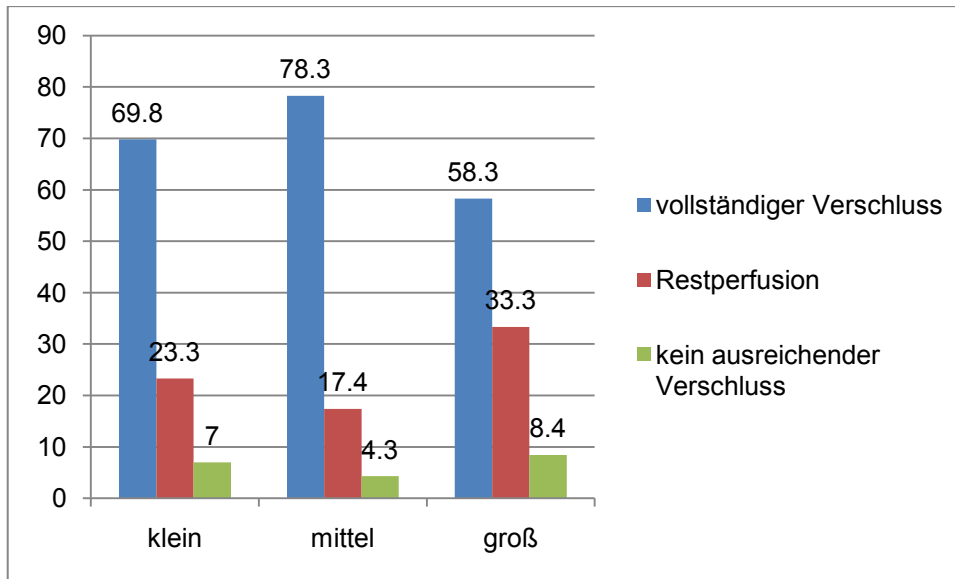


Abbildung 9: Technischer Erfolg nach Größe in Prozent

3.2 Komplikationen

Insgesamt wurden bei den 157 Behandlungen 18mal Komplikationen dokumentiert, woraus sich eine Komplikationsrate von 11,5 % ergibt. Dabei handelte es sich um:

- Thrombembolische Komplikationen in 5 Fällen (3,2 %)
- Rupturen/Perforationen in 5 Fällen (3,2 %)
- Vasospasmus des Trägergefäßes in 7 Fällen (4,5 %)
- Obstruktion eines abgehenden Gefäßes durch das gecoilte Aneurysma in einem Fall (0,6 %)

Da bei zwei Behandlungen jeweils zwei verschiedene Komplikationen auftraten, waren nur 16 Patienten davon betroffen was 10,2 % entspricht. 11 der 18 Komplikationsfälle (61,1 %) stammten aus der Gruppe der konventionell gecoilten Aneurysmen, 5 (27,8 %) geschahen beim stentassistierten Coiling und 2 Fälle (11,1 %) wurden bei der ballonassistierten Variante dokumentiert. Abbildung 10 stellt zeigt noch einmal die o.g. Werte.

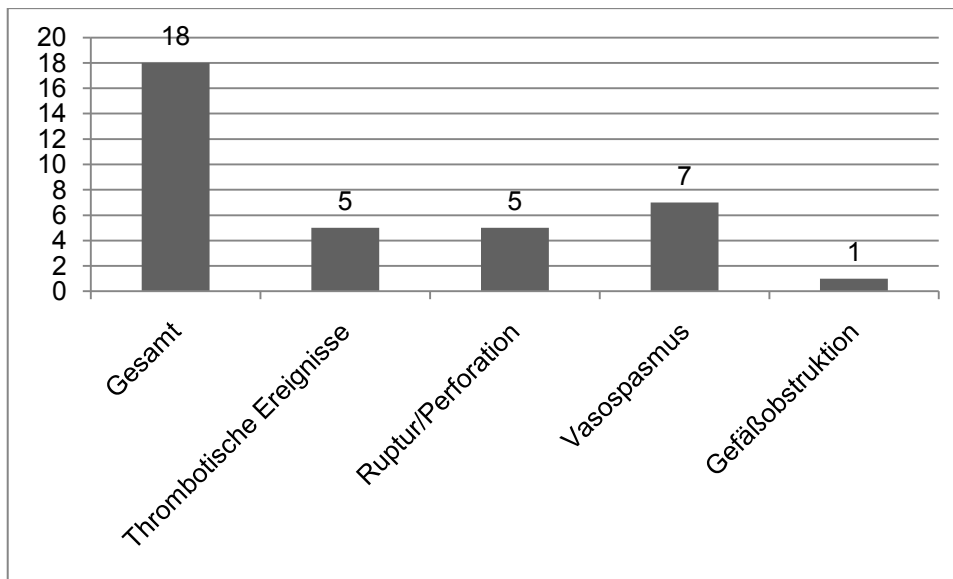


Abbildung 10: Komplikationen insgesamt

Bei den 97 mittels klassischem Coiling behandelten Aneurysmen wurden insgesamt 11 Komplikationsfälle (11,3 %) verzeichnet. Dabei entfielen auf thrombembolische Komplikationen 2 Fälle (2,1 %), auf Vasospasmen 5 Fälle (5,2 %) und auf Rupturen/Perforationen 3 Fälle (3,1 %). In einem Fall (1,0 %) wurde ein abgehendes Gefäß vom bereits gecoilten Aneurysma obstruiert. Da bei einem Patienten sowohl ein thrombotisches Ereignis, als auch eine Ruptur dokumentiert wurde, waren 10,3 % (10 von 97) der Patienten betroffen.

Bei den 36 Fällen des stentassistierten Coiling entfielen auf thrombembolische Komplikationen 5,6 % (2 Fälle), auf Vasospasmen ebenfalls 5,6 % (2 Fälle) und auf Rupturen/Perforationen 2,8 % (1 Fall). Insgesamt ergibt sich daraus eine Komplikationsrate von 13,9 % (5 von 36 Fällen), wobei nur 4 (11,1 %) der Patienten betroffen waren, da in einem Fall ein thrombotisches Ereignis und ein Vasospasmus gemeinsam auftraten.

Bei der ballonassistierten Variante wurden lediglich ein thrombembolisches Ereignis (4,2 %) und eine Ruptur (4,2 %) verzeichnet. Das ergibt eine Gesamtkomplikationsrate von 8,3 % (2 von 24 Fällen).

Tabelle 11 fasst die Zahlen zu den behandlungsabhängigen Komplikationsraten nochmals zusammen. Abbildung 11 vergleicht die jeweiligen Werte in Prozent.

Methode (Fallzahl)	Komplikation gesamt	thrombembolische Ereignisse	Ruptur/ Perforation	Vaso- spasmus
Gesamt (157)	18 (11,5 %)	5 (3,2%)	5 (3,2%)	7 (4,5 %)
klassisch (97)	11 (11,3 %)	2 (2,1 %)	5 (5,2 %)	3 (3,1 %)
stentassistent (36)	5 (13,9 %)	2 (5,6 %)	1 (2,8 %)	2 (5,6 %)
ballonassistent (24)	2 (8,3 %)	1 (4,2 %)	1 (4,2 %)	0

Tabelle 11: Komplikationsraten der verschiedenen Methoden

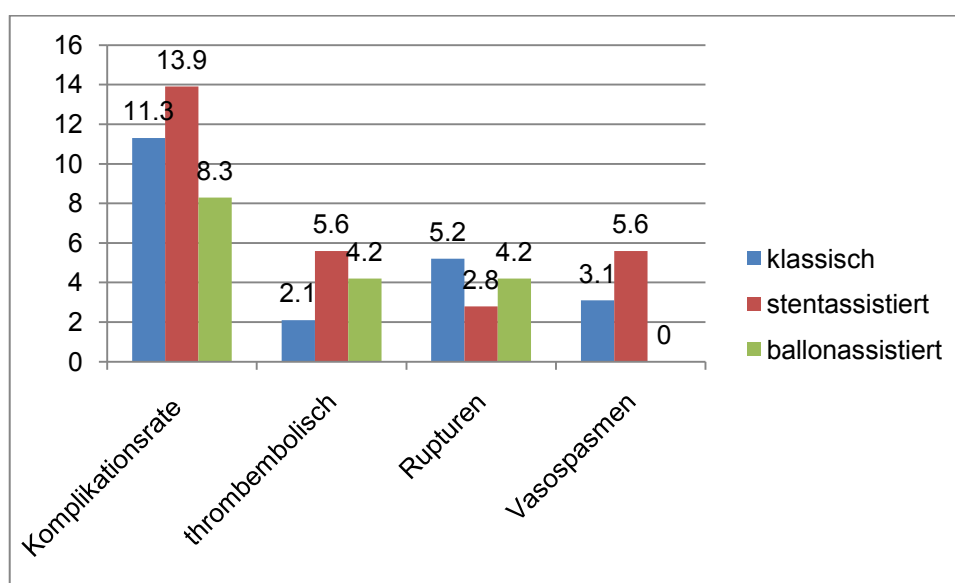


Abbildung 11: Komplikationsraten der Methoden in Prozent

Auf rupturierte und nicht rupturierte Aneurysmen entfielen jeweils 9 der 18 Komplikationen.

Bei der Gruppe der rupturierten traten 2 thrombembolische Ereignisse (2,7 %), 3 neuerliche Rupturen/Perforationen (4,1 %) und 4 Vasospasmen (5,5 %) auf, woraus sich insgesamt eine Komplikationsrate von 12,3 % (9 von 73 Fällen) ergibt.

Bei den nicht rupturierten Aneurysmen wurden 3 thrombembolische Ereignisse (3,6 %), 2 Rupturen/Perforationen (2,4 %), 3 Vasospasmen (3,6 %) und eine Obstruktion eines Gefäßes durch ein gecoltes Aneurysma (1,2 %) als

Komplikationen dokumentiert. Die Komplikationsrate beträgt damit insgesamt 10,7 % (9 von 84 Fällen).

Tabelle 12 fasst die Zahlen zu den Komplikationen von rupturierten bzw. nicht rupturierten Aneurysmen nochmals zusammen. Abbildung 12 bietet einen Vergleich der Komplikationsraten in Prozent.

Merkmal (Fallzahl)	Komplikation gesamt	thrombembolische Ereignisse	Ruptur/ Perforation	Vaso- spasmus
rupturiert (73)	9 (12,3 %)	2 (2,7 %)	3 (4,1 %)	4 (5,5 %)
nicht rupturiert (84)	9 (10,7 %)	3 (3,6 %)	2 (2,4 %)	3 (3,6 %)

Tabelle 12: Komplikationen der rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen

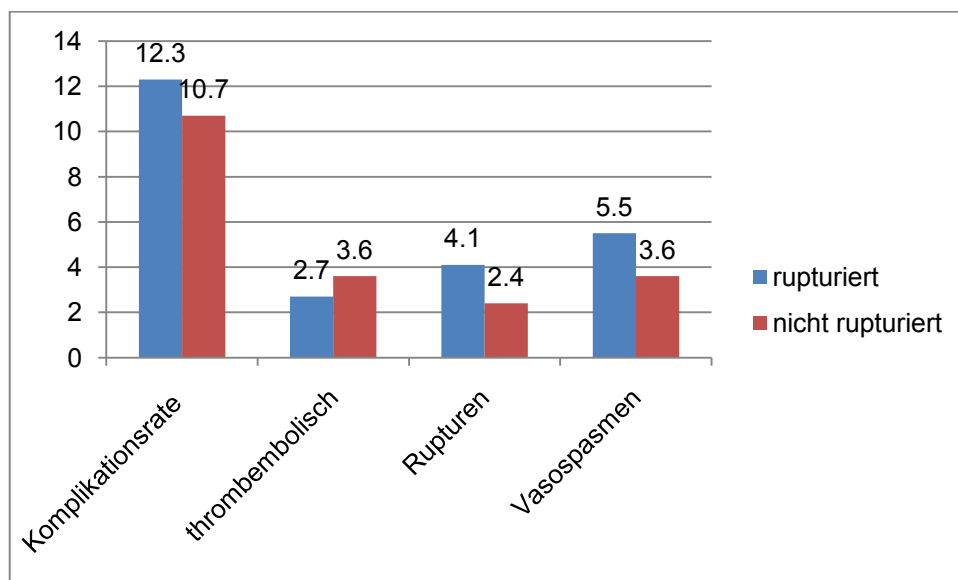


Abbildung 12: Komplikationsraten bei rupturierten/nicht rupturierten Aneurysmen in Prozent

In der Gruppe der kleinen Aneurysmen (unter 5 mm) fanden sich 2 thrombembolische Komplikationen, 3 Rupturen und 3 Vasospasmen. Die Komplikationsrate betrug hier 18,6 % (8 von 43 Fällen).

Bei den mittelgroßen Aneurysmen (5 bis 10 mm) wurden 3 thrombembolische Ereignisse, eine Ruptur und ein Vasospasmus dokumentiert. Die Komplikationsrate lag somit bei 21,7 % (5 von 23 Fällen).

Bei den großen Aneurysmen (über 10 mm) wurde lediglich einmal von einer Obstruktion eines Gefäßes durch ein gecoiltes Aneurysma berichtet.

Die Zahlen der Komplikationen bei kleinen und mittelgroßen Aneurysmen vergleicht Abbildung 13.

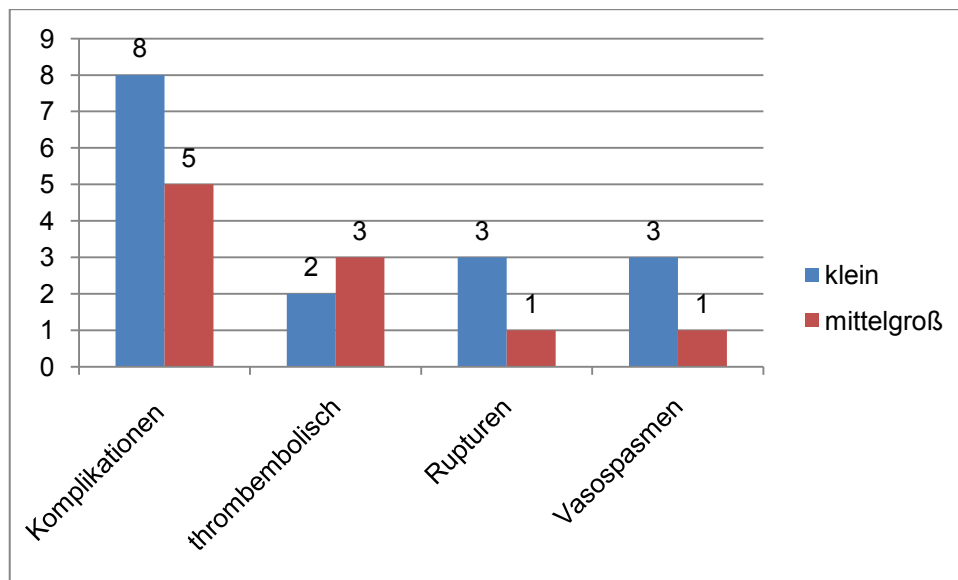


Abbildung 13: Komplikationen bei kleinen und mittelgroßen Aneurysmen

4 Diskussion

4.1 Technischer Erfolg

Da, wie bereits erwähnt, meistens keine näheren Angaben zum Grad der Restperfusion dokumentiert wurden, konnte die in anderen Arbeiten oftmals gewählte Einteilung der Verschlussgrade (total – subtotal – inkomplett – kein Verschluss) für die Auswertung dieser Studie nicht verwendet werden. Auch wenn die oft verwendete Bezeichnung „kleine Restperfusion“ natürlich immer eine subjektive Bewertung des jeweiligen Operateurs darstellt, darf man allerdings davon ausgehen, dass es sich hierbei im Großteil der Fälle um subtotale Verschlüsse handelte. Deshalb wurden bei der Auswertung die Fälle mit Restperfusion ebenfalls als positives Behandlungsergebnis behandelt.

Unter dieser Voraussetzung lagen die Erfolgsraten und Verschlussgrade im Allgemeinen im Bereich der in Kapitel 1.5 erwähnten Arbeiten. Lediglich das stentassistierte Coiling erreichte bei den kompletten Verschlüssen eine etwas niedrigere Quote als in den älteren Studien, während das ballonassistierte Coiling in derselben Kategorie etwas bessere Werte, als bisher publiziert, erreichte.

Beim Vergleich der Werte der verschiedenen Methoden sticht vor allem der Unterschied in der Rate der total verschlossenen Aneurysmen ins Auge. Er imponiert beim Vergleich stentassistiert – ballonassistiert (55,6 % - 87,5 %) mit einem p-Wert von 0,009 als statistisch sehr signifikant. Der Anteil der insgesamt erfolgreich behandelten Aneurysmen liegt zwar in der ballonassistierten Gruppe ebenfalls höher als in der stentassistierten, allerdings ist der Unterschied deutlich geringer und nicht statistisch signifikant, da in der stentassistierten Gruppe ein relativ großer Anteil (33,3 %) trotz einer kleinen Restperfusion erfolgreich behandelt werden konnte.

Bezüglich der komplett verschlossenen Aneurysmen war die ballonassistierte Variante auch dem klassischen Coiling überlegen, wobei der Unterschied mit einem p-Wert von 0,07 die statistische Signifikanz knapp verfehlte. In der

insgesamten Erfolgsrate konnte - ähnlich wie im Vergleich zur stentassistierten Gruppe - kein relevanter Unterschied festgestellt werden.

Im Vergleich klassisch – stentassistiert lieferte die konventionelle Methode die leicht besseren Werte, wobei auch hier kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden konnte.

Die ursprüngliche Vermutung, dass bei rupturierten Aneurysmen ein schlechteres Ergebnis erzielt wird als bei nicht rupturierten, konnte nicht bestätigt werden. In der Kategorie der totalen Verschlüsse zeigten sich sogar Vorteile für die rupturierte Gruppe, ohne jedoch statistische Signifikanz zu erreichen. Die allgemeine Erfolgsrate war hier beinahe identisch.

Die Aneurysmagröße schien ebenfalls keinen Einfluss auf den technischen Erfolg der Behandlung zu haben. Für große Aneurysmen zeigten sich in der Auswertung zwar etwas schlechtere Verschlussraten als für kleine und mittlere, ein aussagekräftiges Ergebnis konnte aufgrund der geringen Fallzahl (12) in dieser Gruppe jedoch nicht erzielt werden.

4.2 Komplikationen

Die gesamte Komplikationsrate von 11,5 % liegt ebenfalls im Bereich der in Kapitel 1.5 zitierten Studien, wobei anzumerken ist, dass in vielen dieser Arbeiten Vasospasmen offenbar nicht als Komplikationen gewertet wurden. Betrachtet man nur die thrombembolischen Ereignisse und Rupturen, so bewegen sich die Werte im Vergleich zu den bisherigen Publikationen sogar in einem ziemlich niedrigen Bereich. Da für die vorliegende Arbeit nur die reinen OP-Berichte analysiert wurden, kann leider keine Aussage darüber getroffen werden, in wie vielen Fällen die Patienten bleibende Schäden aufgrund der Komplikationen davontrugen.

Auch bei den Komplikationsraten zeigten sich leichte Vorteile des ballonassistierten Coilings gegenüber den beiden anderen Methoden, v.a. gegenüber der stentassistierten Variante. Allerdings können aufgrund der sehr geringen Fallzahl (in der ballonassistierten Gruppe wurden beispielsweise nur 2 Fälle mit Komplikationen verzeichnet) daraus keine wirklich aussagekräftigen Schlüsse gezogen werden.

Die Komplikationsraten von rupturierten und nicht rupturierten Aneurysmen waren praktisch identisch. Auch die Aneurysmagröße schien keinen Einfluss auf die Häufigkeit des Auftretens von Komplikationen zu haben.

4.3 Conclusio

Aufgrund der relativ geringen Fallzahlen der einzelnen Gruppen, sowie der Tatsache, dass lediglich die Operationsberichte und keine Follow-Up-Daten ausgewertet wurden, ist die Aussagekraft der vorliegenden Arbeit natürlich begrenzt. Es kann daher keine Aussage über Langzeitergebnis, Morbidität, Mortalität und klinisches Outcome getroffen werden.

Hinsichtlich des technischen Erfolgs und der Komplikationsraten konnten in allen Gruppen durchwegs gute Ergebnisse erzielt werden. Vor allem das ballonassistierte Coiling schnitt hierbei sehr gut ab und konnte statistisch signifikant bessere Verschlussraten als die stentassistierte Variante verzeichnen. Die anderen Unterschiede zwischen den Gruppen erreichten (auch aufgrund der relativ geringen Fallzahlen) keine statistische Signifikanz. Die Aneurysmagröße, bzw. die Tatsache ob ein Aneurysma rupturiert oder nicht rupturiert ist, schien keinerlei Einfluss auf initialen technischen Erfolg oder Komplikationsraten zu haben.

Insgesamt zeigt die Arbeit ein weiteres Mal, dass alle drei Coilingvarianten eine sichere und zuverlässige Behandlungsmethode sowohl für rupturierte, als auch für nicht rupturierte Aneurysmen darstellt, wobei die ballonassistierte Variante, aufgrund besserer Verschlussraten bei vergleichbar niedrigen Komplikationsraten, gegenüber dem stentassistierten Coiling zu favorisieren sein sollte.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Mattle H., Mumenthaler M. Kurzlehrbuch Neurologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006.
- [2] Fritsch H., Kühnel W. Taschenatlas der Anatomie - Band 2 - Innere Organe. 8., korrigierte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2003.
- [3] Fanghänel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. Waldeyer – Anatomie des Menschen. 17. Auflage. Berlin: Walter de Gruyter; 2003.
- [4] Kahle W., Frotscher M. Taschenatlas Anatomie – Band 3 – Nervensystem und Sinnesorgane. 9., überarbeitete Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2005.
- [5] Pschyrembel – Klinisches Wörterbuch. 260. Auflage. Berlin: Walter de Gruyter; 2004.
- [6] Böcker W., Denk H., Heitz P. Pathologie. 3., überarbeitete Auflage. München: Elsevier; 2004.
- [7] Reiser M., Kuhn F., Debus J. Radiologie. 2., korrigierte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006.
- [8] Netter F. Netters Innere Medizin. 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2000.
- [9] Ingall T., Asplund K., Mähönen M., Bonita R. A multinational comparison of subarachnoid hemorrhage epidemiology in the WHO MONICA stroke study. Stroke. (2000) 31(5):1054-61
- [10] Naidech AM., Janjua N., Kreiter KT., Ostapkovich ND., Fitzsimmons BF., Parra A., et al. Predictors and impact of aneurysm rebleeding after subarachnoid hemorrhage. Arch Neurol. (2005) 62(3):410-6
- [11] Eckart J., Forst H., Burchardi H. Intensivmedizin. 2. Auflage. Heidelberg: ecomed Medizin; 2005.
- [12] Fisher CM., Kistler JP., Davis JM. Relation of cerebral vasospasm to subarachnoid hemorrhage visualized by computerized tomographic scanning. Neurosurgery. 1980 Jan;6(1):1-9
- [13] Keyrouz SG., Dinger MN. Clinical Review: Prevention and therapy of vasospasm in subarachnoid hemorrhage. Crit Care. 2007;11(4):220
- [14] Pickard JD., Murray GD., Illingworth R., Shaw MD., Teasdale GM., Foy PM., et al. Effect of oral nimodipine on cerebral infarction and outcome after

subarachnoid haemorrhage: British aneurysm nimodipine trial. *BMJ*. 1989 Mar 11;298(6674):636-42.

[15] Egge A., Waterloo K., Sjøholm H., Solberg T., Ingebrigtsen T., Romner B. Prophylactic hyperdynamic postoperative fluid therapy after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a clinical, prospective, randomized, controlled study. *Neurosurgery*. 2001 Sep;49(3):593-605.

[16] Guglielmi G., Viñuela F., Dion J., Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: Preliminary clinical experience. *J Neurosurg*. 1991 Jul;75(1):8-14.

[17] Viñuela F., Duckwiler G., Mawad M. Guglielmi detachable coil embolization of acute intracranial aneurysm: perioperative anatomical and clinical outcome in 403 patients. *J Neurosurg*. 1997 Mar;86(3):475-82.

[18] Brilstra EH., Rinkel GJ., van der Graaf Y., van Rooij WJ., Algra A. Treatment of intracranial aneurysms by embolization with coils: a systematic review. *Stroke*. 1999 Feb;30(2):470-6.

[19] Molyneux A., Kerr R., Stratton I., Sandercock P., Clarke M., Shrimpton J., Holman R. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet*. 2002 Oct 26;360(9342):1267-74.

[20] Kurre W., Berkefeld J. Materials and techniques for coiling of cerebral aneurysms: how much scientific evidence do we have? *Neuroradiology*. 2008 Nov;50(11):909-27. Epub 2008 Sep 19. Review.

[21] Cognard C., Weill A., Castaings L., Rey A., Moret J. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology*. 1998 Feb;206:499–510.

[22] Debrun GM, Aletich VA, Kehrl P, Misra M, Ausmann JI, Charbel F. Selection of cerebral aneurysms for treatment using Guglielmi detachable coils: the preliminary University of Illinois at Chicago experience. *Neurosurgery*. 1998 Dec;43(6):1281–1295.

[23] Ng P, Khangure MS, Phatouros CC, Bynevelt M, ApSimon H, McAuliffe W. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with Guglielmi detachable coils analysis of midterm angiographic and clinical outcomes. *Stroke*. 2002 Jan;33(1):210–217.

- [24] Murayama Y, Nien YL, Duckwiler G, Gobin YP, Jahan R, Frazee J, Martin N, Vinuela F. Guglielmi Detachable Coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience. *J Neurosurg*. 2003 May;98:959–966.
- [25] Gallas S, Pasco A, Cottier JP, Gabrillargues J, Drouineau, Cognard C, Herbreteau D. A multicenter study of 705 ruptured intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *Am J Neuroradiol*. 2005 26:1723–1731.
- [26] Bonafé A, Picot MC, Jean B, Bourbotte G, Seris C, Margarot M, Khoury K, Coubes P, Segnarbieux F. Acutely ruptured intracranial aneurysms treated with GDC coils. Results from a single center over a period of 5 years. *Neurochirurgia*. 2005 51(3–4):155–164.
- [27] Bradac GB, Bergui M, Stura G, Fontanella M, Daniele D, Gozzoli L, Bernardino M, Ducati A. Periprocedural morbidity and mortality by endovascular treatment of cerebral aneurysms with GDC: a retrospective 12-year experience of a single center. *Neurosurg Rev*. 2007 30:117–126.
- [28] Piotin M, Blanc R, Spelle L, Mounayer C, Piantino R, Schmidt PJ, Moret J. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: clinical and angiographic results in 216 consecutive aneurysms. *Stroke*. 2010 Jan;41(1):110-5. Epub 2009 Dec 3.
- [29] Bodily KD, Cloft HJ, Lanzino G, Fiorella DJ, White PM, Kallmes DF. Stent-Assisted Coiling in Acutely Ruptured Intracranial Aneurysms: A Qualitative, Systematic Review of the Literature. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2011 May 5. [Epub ahead of print]
- [30] Moret J, Cognard C, Weill A, Castaings L, Rey A. The "Remodelling Technique" in the Treatment of Wide Neck Intracranial Aneurysms. Angiographic Results and Clinical Follow-up in 56 Cases. *Interv Neuroradiol*. 1997 Mar 30;3(1):21-35. Epub 2001 May 15.
- [31] Shapiro M, Babb J, Becske T, Nelson PK. Safety and efficacy of adjunctive balloon remodeling during endovascular treatment of intracranial aneurysms: a literature review. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008 Oct;29(9):1777-81. Epub 2008 Aug 21. Review.
- [32] Pierot L, Spelle L, Leclerc X, Cognard C, Bonafé A, Moret J. Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: comparison of safety of remodeling technique and standard treatment with coils. *Radiology*. 2009 Jun;251(3):846-55. Epub 2009 Mar 24.

[33] Pierot L, Cognard C, Anxionnat R, Ricolfi F; CLARITY Investigators. Remodeling technique for endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms had a higher rate of adequate postoperative occlusion than did conventional coil embolization with comparable safety. *Radiology*. 2011 Feb;258(2):546-53. Epub 2010 Dec 3.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Bernhard Jelinek
Geburtsdatum: 27.04.1985
Geburtsort: Bad Aussee
Staatsangehörigkeit: Österreich
Sprachen: Deutsch, Englisch

Ausbildung:

1991 bis 1995: Volksschule 2 Bad Aussee
1995 bis 1999: Hauptschule 2 Bad Aussee
1999 bis 2003: Erzherzog Johann Gymnasium Bad Aussee
2004: Rettungssanitäterausbildung beim österr. Bundesheer
Seit 2004: Medizinstudium an der Medizinischen Universität Graz

Spezielle Studienmodule:

2006 Klinisch-topografische Anatomie der Kopf-Hals-Region
2007 Grundlagen der Ernährung, oxidativer Streß und Sport
2008 Klinische Endokrinologie – Interdisziplinär
2008 Case-based Learning in Klinik und Praxis
2009 Modernste Methoden zur Messung der Body Composition

Famulaturen:

2006 6 Wochen Chirurgie (LKH Bad Aussee)
2007 5 Wochen Innere Medizin (LKH Bad Aussee)
2008 2 Wochen Dermatologie (LKH Graz)
2008 3 Wochen HNO (LKH Graz)