

Aus dem Institut für Neuroradiologie  
Klinikum der Universität München

Direktor: Univ. Prof. Dr. med. Thomas Liebig

# **Endovaskuläre Behandlungsstrategien des akuten ischämischen Schlaganfalls**

## **Kumulative Habilitationsschrift**

zur Erlangung der Venia Legendi  
für das Fach Neuroradiologie  
der Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
Dr. med. Hendrik Janßen  
(2024)

für meine Eltern

## Vorwort

Im Rahmen meines Habilitationsprojekts liegen derzeit 34 Originalarbeiten vor, von denen ich 11 als Erst- oder Letztautor und 23 als Mitautor verfasst habe, sowie 4 klinische Fallberichte als Letztautor.

Die vorliegende Zusammenfassung zur kumulativen Habilitation stützt sich auf 5 ausgewählte Publikationen zum Thema der endovaskulären Behandlungsstrategien des akuten ischämischen Schlaganfalls. Die Methoden und Ergebnisse der einzelnen Studien sind in den im Anhang beigefügten Arbeiten detailliert beschrieben.

Die in die vorliegende Arbeit eingehenden Veröffentlichungen des Autors wurden durch Fettdruck im Literaturverzeichnis hervorgehoben. Im Anhang findet sich zusätzlich eine vollständige Publikationsliste mit einer Gesamtsumme der Impact Faktoren von 131,548.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Fragestellungen.....	7
3	Ergebnisse .....	8
3.1	Bedeutung der dynamischen CTA für die Erfolgswahrscheinlichkeit der endovaskulären Schlaganfallbehandlung.....	8
3.2	Erfolg der IVT bei Thrombosen der A. basilaris und Ergebnisse der Rekanalisation.....	13
3.3	Distaler Gefäßzugang .....	18
3.4	Wach-Rekanalisation mit Verwendung einer Stiff-Neck Halskrause.....	23
3.5	Verschluss von großen arteriellen 9-F Punktionsstellen nach IVT.....	26
4	Fazit und Ausblick.....	30
5	Abkürzungsverzeichnis .....	33
6	Literaturverzeichnis.....	34
7	Danksagung.....	39
8	Lebenslauf .....	40
9	Vollständiges Schriftenverzeichnis.....	43
10	Kommentierte Publikationen .....	49

## 1 Einleitung

Beim akuten ischämischen Schlaganfall kommt es durch den plötzlichen Verschluss einer hirnversorgenden Arterie zu einer Minderperfusion des Hirnparenchyms mit sauerstoffreichem arteriellem Blut und einem daraus resultierenden Funktionsausfall des Nervengewebes. Während eine temporäre Mangel durchblutung abhängig von der Kollateralversorgung und der Dauer nicht zum sofortigen Zelltod führt, kann ein dauerhafter Abfall der cerebralen Perfusion unter die Schwelle von 12 mL/100 g/min vom Hirnparenchym nicht toleriert werden und führt zum irreversiblen Hirninfarkt [10, 44]. Der akute ischämische Schlaganfall ist als Erkrankung weltweit von hoher sozio-ökonomischer Bedeutung, da er einer der häufigsten Gründe für lebenslange Behinderung, Morbidität und Mortalität bei Patienten unter 60 Jahren ist [11, 28, 29]. Lange Zeit war die medikamentöse intravenöse Lysetherapie die einzige etablierte Behandlungsoption dieser Erkrankung [17]. Jedoch können große Thrombusmengen, die das hirnversorgende Gefäß verschließen, wie sie bei den besonders schweren Schlaganfällen mit Verschluss der intracraniellen arteriellen Hauptstämme auftreten, nicht suffizient von der medikamentösen Therapie alleine aufgelöst werden [37]. Daher wurde ergänzend die endovaskuläre Behandlung bei unvollständiger Rekanalisation nach i.v. Lyse eingesetzt. In verschiedenen internationalen Studien konnte die Notwendigkeit der endovaskulären mechanischen Thrombektomie beim akuten ischämischen Schlaganfall dargestellt werden [1, 5, 16, 24, 40]. Die endovaskulären Behandlungsstrategien des akuten ischämischen Schlaganfalls sind bisher jedoch in der Literatur uneinheitlich. Dies betrifft sowohl endovaskuläre Techniken, als auch Fragen der Patientenselektion und der assoziierten Bildgebung. Auch periprozedurale Konzepte sind Gegenstand der andauernden Diskussion.

Da ein direkter Zusammenhang im Ausmaß des neuronalen Zelltods von der Dauer der Ischämie abhängt [39], ist die Forderung die Bildgebung, Patientenselektion und das periprozedurale Management zu optimieren und die Behandlungstechnik zu beschleunigen.

## 2 Fragestellungen

Es wurden verschiedene Faktoren untersucht, die zur Optimierung der endovaskulären Thrombektomie beim akuten Schlaganfall beitragen können.

Vorliegendes Habilitationsprojekt soll einen Beitrag zur Verbesserung der klinischen endovaskulären Behandlungsstrategien des akuten ischämischen Schlaganfalls leisten.

Hierzu wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

1. Kann mit Hilfe der dynamischen CTA ein Parameter bestimmt werden, der prädiktiv für den Erfolg der endovaskulären Thrombektomie ist?
2. Ist die Thrombuslänge bei der Basilaristhrombose relevant für den Erfolg der intravenösen Thrombolyse und wie erfolgreich ist die endovaskuläre Therapie?
3. Kann mit einem 5-F Navien Katheter routinemäßig durch vorführen in die A. cerebri media als Aspirationskatheter die kombinierte Stenretiever gestützten Thrombektomie durchgeführt werden und welche Behandlungsergebnisse können so erzielt werden?
4. Ist es sicher und effektiv Thrombektomien bei wachen Patienten unter Verwendung einer Stiff-Neck Halskrause durchzuführen?
5. Können großlumige Punktionsstellen eines 9-F Leistenzugangs nach einer Thrombektomie sicher mit einem AngioSeal Verschlusssystem verschlossen werden?

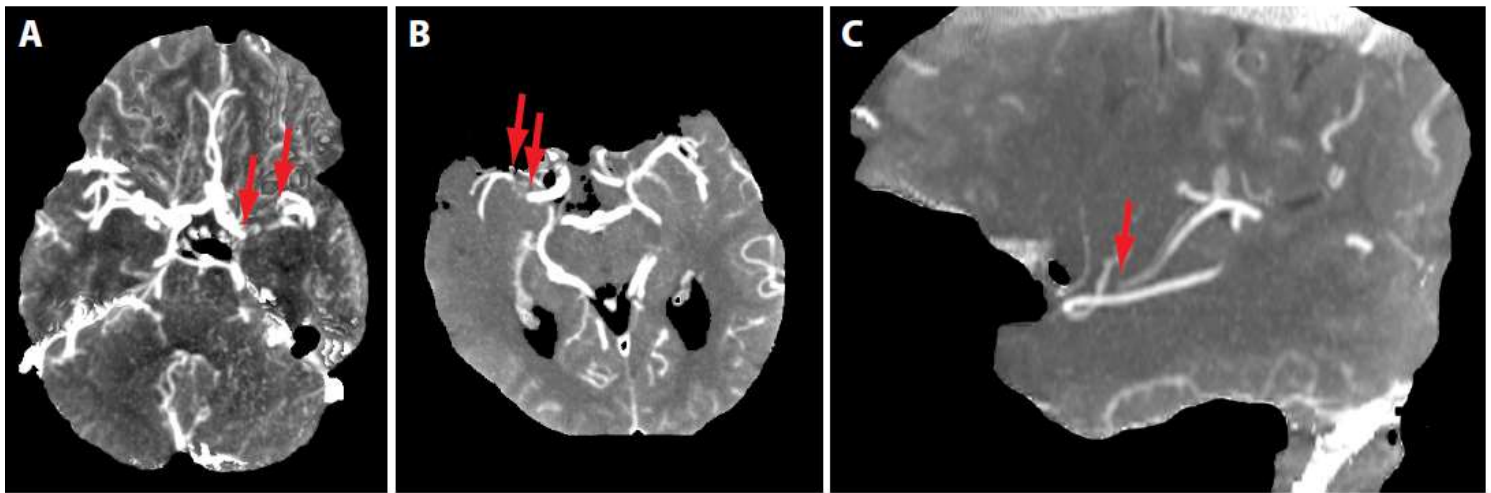
### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Bedeutung der dynamischen CTA für die Erfolgswahrscheinlichkeit der endovaskulären Schlaganfallbehandlung

Bei Patienten mit dem klinischen Bild eines schweren Schlaganfalls ist vor dem Einleiten einer Therapie zunächst die Ursache der Symptomatik mit einem bildgebenden Verfahren zu klären. Aufgrund einer hohen Verfügbarkeit und kurzer Untersuchungszeit in Verbindung mit der Option zu einer multimodalen Bildgebung hat sich die Durchführung einer Computer Tomographie als Verfahren der ersten Wahl durchgesetzt. Dabei werden üblicherweise mindestens eine native CT zur Darstellung des Hirnparenchyms und eine CTA zur Darstellung der arteriellen Gefäßstrombahn des Gehirns und der supraaortalen Arterien durchgeführt [19]. Darüber hinaus bieten weitere CT Verfahren die Möglichkeit funktionelle Informationen über den individuellen Zustand des vom Schlaganfall betroffenen Gehirns zu erheben. Die CT Perfusion wird zu diesem Zweck in vielen neurovaskulären Zentren eingesetzt. Dabei wird die cerebrale Perfusion bestimmt, indem ein Kontrastmittel Bolus über schnelle repetitive Messungen von Anstrom bis zum Abstrom in den intracraniellen Gefäßen und dem Hirnparenchym verfolgt wird. Neben häufig bestimmten Perfusionsparametern wie cerebraler Blutfluss, cerebrales Blutvolumen und Mean-Transit-Time, lassen sich aus den Daten der Perfusionsmessung weitere Parameter berechnen. Für unsere Untersuchung wurde aus den Daten der Perfusionsmessung eine dynamische CT Angiographie berechnet. Diese dynamische CTA bietet die Möglichkeit die Kollateralversorgung des Gehirns zu bestimmen [2, 33]. Ebenso kann die zeitliche Verzögerung bis zur maximalen Kontrastierung (Collateral Blood Flow Time Delay) bestimmt werden. Zuvor konnten wir in



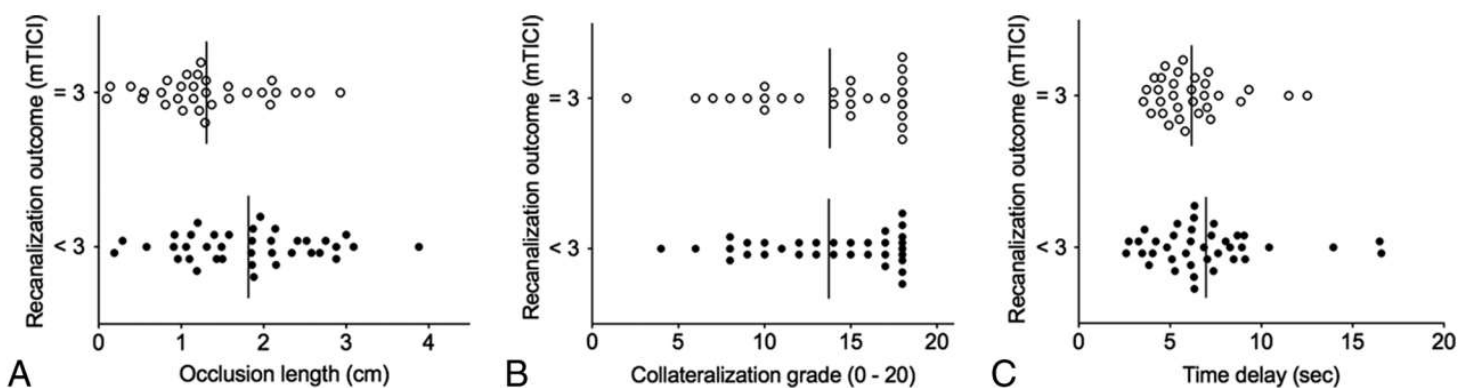
einer früheren Arbeit zeigen, dass die Verzögerung bis zur maximalen Kontrastierung distal des Verschlusses eine Abschätzung der finalen Infarktgröße zulässt [3]. Anhand der dynCTA kann außerdem eine präzise Messung der Okklusionslänge durchgeführt werden, auf der das betroffene Gefäß verschlossen ist [14].



**Abb. 1: Messung der Okklusionslänge** (nach [48]). tMIP Bilder zeigen den Thrombus als Füllungsdefekt. A, axiales tMIP Bild bei linksseitigem Carotis-T Verschluss. B and C, axiale und sagittale Bilder eines rechtsseitigen M1-Verschluss.

In der hier eingebrachten Arbeit konnten wir zeigen, dass die Verschlusslänge, ermittelt an Hand der präinterventionellen dynCTA, ein signifikanter Prädiktor für den technischen Erfolg einer endovaskulären Rekanalisationsbehandlung ist [48]. Zur Bestimmung der Okklusionslänge wird ein „temporal MIP image“ erzeugt, das Voxel basiert den höchsten Kontrastwert über den zeitlichen Verlauf der dynamischen Bildacquisition enthält. Aus dem resultierenden Füllungsdefekt ergibt sich die Länge des Thrombus. Für die Bewertung der Thrombektomie wurde die vollständige

Rekanalisation des Gefäßterritoriums nach dem mTICI Score [50] als Ziel der endovaskulären Behandlung angesehen. Bei Patienten bei denen eine komplette Rekanalisation möglich erreicht wurde, waren die Thromben signifikant kürzer, als bei Patienten ohne vollständige Rekanalisation. Mutmaßlich begründet sich dieses Ergebnis darin, dass Thromben bei dem Versuch sie aus dem Gefäß zu entfernen, fragmentieren können. Dann werden kleinere Thrombusteile in das distale Gefäßsystem gespült, das der Katheter Behandlung nicht mehr zugänglich ist. Diese Gefäßverschlüsse entgehen der mechanischen Behandlung, so dass keine vollständige Rekanalisation mehr erreicht werden kann. Wir gehen davon aus, dass es häufiger zu einer solchen Fragmentation kommt, wenn der Thrombus in Relation zu dem verwendeten Stentriever lang ist und seltener wenn der Thrombus in Relation kurz ist.



**Abb. 2: Korrelation zwischen dynCTA Prädiktoren und Rekanalisationserfolg**

(nach [48]). Eine kürzere Okklusionslänge (Occlusion length) (A) ist assoziiert mit einer vollständigen Rekanalisation nach Thrombektomie. Collateralization Grade (B) und Time Delay (C) zeigten keine signifikante Korrelation mit dem Thrombektomie Ergebnis.

Die Parameter Alter oder Geschlecht waren keine signifikanten Prädiktoren für eine vollständige Rekanalisation. Ob eine intravenöse Thrombolyse vor dem interventionellen Eingriff verabreicht wurde oder nicht, war in unserer Untersuchung ebenfalls kein Prädiktor für die vollständige Rekanalisation. Es wurde bereits gezeigt, dass die erfolgreiche Gefäßrekanalisation die Wahrscheinlichkeit für ein gutes klinisches Outcome erhöht [36]. In unseren Daten zeigte sich jedoch keine signifikante Korrelation der Okklusionslänge oder der anderen untersuchten Bildparameter mit einem guten klinischen Outcome. Ein solches wurde für  $mRS \leq 2$  angenommen. Da die untersuchten klinischen Parameter „Zeit bis zur Rekanalisation“ (time to recanalization) und intravenöse Thrombolyse (IVT) im Abgleich mit dem klinischen Outcome p-Werte  $< 0,2$  zeigten, wurden diese in die Multivariate Analyse mit aufgenommen, zeigten darin jedoch keine signifikante Korrelation mit einem guten klinischen Outcome. Bedingt durch das Studiendesign konnte in unserer Untersuchung jedoch nur das Outcome zum Zeitpunkt der Entlassung, bzw. Verlegung der Patienten erhoben werden. Das Outcome nach 90 Tagen war nur bei 61% der Patienten bekannt und keiner der untersuchten Prädiktoren zeigte hierzu eine signifikante Korrelation.

In der ultraschnellen konventionellen CTA, wie sie von gängigen CT Scannern durchgeführt wird, besteht eine kurze Momentaufnahme eines an sich variablen Zeitpunkts der Gefäßfüllung mit Kontrastmittel. Abhängig vom verwendeten Scan Protokoll und individuellen Parametern des Patienten, wie z.B. der Herzfunktion ist diese Momentaufnahme nicht um die verschiedenen Einflüsse korrigiert. Bei einem Verschluss der arteriellen Strombahn kommt es zur zeitlich verzögerten Kontrastfüllung der Gefäßsegmente hinter dem Verschluss. Die dynamische CT Angiographie ermöglicht eine zeitlich aufgelöste Darstellung der Gefäßkontrastierung. So

kann auch eine langsame Kontrastmittelfüllung distal des Verschlusses in der Auswertung berücksichtigt werden und ermöglicht damit eine genaue Messung der Verschlusslänge, respektive der Thrombuslänge. In verschiedenen Studien, in denen die Thrombuslänge mit einer konventionellen CTA oder anhand dünner nativer CT Schichten bestimmt worden war, konnte keine Korrelation zum Erfolg der Thrombektomie nachgewiesen werden [13, 34, 46].

Wir konnten zeigen, dass die Thrombuslänge, gemessen in der dynamischen CTA ein Prädiktor für den Rekanalisationserfolg der endovaskulären Thrombektomie ist. Die dynCTA kann daher in der Planung und Abwägung der Behandlungsstrategie eine Rolle spielen und kann bei der Prognoseabschätzung vor Durchführung der Thrombektomie helfen.

Mittlerweile sind deutlich längere Stentretreiver im klinischen Einsatz verfügbar als im Studienzeitraum. Nach unseren Ergebnissen besteht Grund zur Annahme, dass solche längeren Stentretreiver bei der Behandlung Vorteile haben wenn ein langer Gefäßverschluss besteht. Auch in der Wahl des Rekanalisationsverfahrens zwischen dem Einsatz eines Stentretreivers oder einer primären Aspirationsthrombektomie können die Ergebnisse relevant sein.

### 3.2 Erfolg der IVT bei Thrombosen der A. basilaris und Ergebnisse der Rekanalisation

Bei dem Krankheitsbild der Basilaristhrombose handelt es sich um eine besonders schwere Form des Schlaganfalls. Der thrombotische Verschluss der A. basilaris führt zu Infarkten des Hirnstamms und ein fatales Outcome wird in der Literatur für bis zu 90% der Patienten berichtet [18, 26].

Nachdem sich gezeigt hat, dass die intravenöse Lysetherapie mit rt-PA bei Thromben in der MCA ab einer Länge von 8 mm nur wenig Aussicht auf Rekanalisation des Gefäßes hat [37], stellt sich die Frage, ob dies für Thrombosen in der A. basilaris gleichermaßen gilt. Ausserdem hatte die BASICS Registry [43] ergeben, dass die interventionelle Therapie der Basilaristhrombose nicht zu besseren Ergebnissen geführt hatte, als die i.v. Lyse Therapie. Wir haben retrospektiv eine Kohorte mit 51 Patienten ausgewertet, bei denen eine Basilaristhrombose nachgewiesen worden war. Alle Patienten hatten eine i.v. Thrombolyse erhalten und waren vor Beginn der Thrombolyse mit einer singlephase CTA untersucht worden. Nach Gabe des rt-PA wurde von allen Patienten eine Kontrollbildgebung der Gefäße durchgeführt. Diese fand entweder nach Verlegung aus einem Zuweiser Krankenhaus durch eine erneute CTA statt, oder durch die Angiographie im Rahmen einer sofort eingeleiteten endovaskulären Behandlung. Gegenüber der BASICS Registry wurde in dieser Studie sehr früh die Kontrollbildgebung im Durchschnitt 114 Minuten nach Beginn der i.v. Thrombolyse durchgeführt. In vielen Studien wurden IVT Rekanalisationsergebnisse jedoch aufgrund von Untersuchungen am nächsten Tag bewertet [27, 38, 47], oder es wurden gar keine Angaben zu dem Zeitintervall [26, 43] bis zur bildgebenden Kontrolluntersuchung gemacht. Um den Effekt der Thrombolyse zu bewerten, die mit einer Halbwertszeit von 4-5 Minuten nur sehr kurz wirksam ist, ist eine

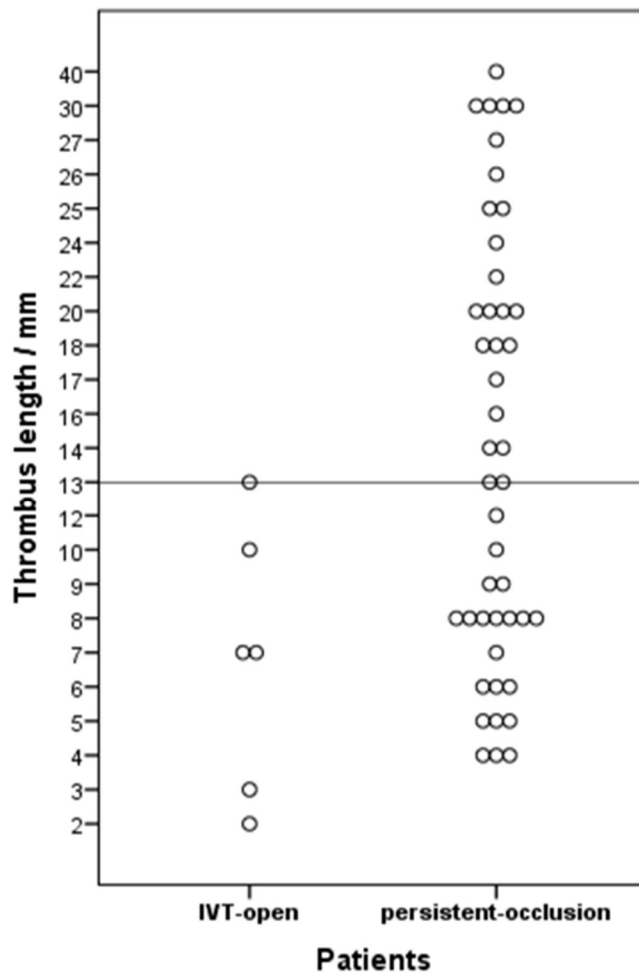
Kontrollbildgebung nach 24 Stunden jedoch nur bedingt aufschlussreich. Es ist bekannt, dass es durch die Autolyse des Blutes in den ersten 24 Stunden mit hoher Rate zu spontanen Rekanalisationen kommt [12, 32]. Ein zu langes Kontrollintervall ist daher mit dem Fehler einer Mischung des Therapie-Effekts und der natürlichen Rekanalisation behaftet. Ausserdem waren die diagnostischen Methoden anderer Studien sehr uneinheitlich: MRT mit unterschiedlichen Untersuchungsprotokollen, CTA mit oder ohne nativem CT oder DSA. Ob dabei eine genaue Aussage zum Therapieerfolg der IVT erhoben werden konnte, kann angezweifelt werden.

Unsere Untersuchung ergab, dass sich kein Thrombus mit mehr als 13 mm Länge durch die IVT allein auflöste. Aber auch bei den kürzeren Thromben von maximal 13 mm Thrombuslänge oder kürzer lösten sich in der A basilaris unter IVT nur 21 % der Thromben auf. Unsere Untersuchung ergab Hinweise darauf, dass der Unterschied zu der häufig erfolgreichen Rekanalisation kurzer Thromben nach IVT in der vorderen Zirkulation mit den durchschnittlich größeren Gefäßdurchmessern der Arteria basilaris im Vergleich zur MCA in Zusammenhang stehen könnte. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass letztlich nicht nur die Länge eines Thrombus entscheidend für die Erfolgswahrscheinlichkeit der IVT ist, sondern das Volumen des Thrombus, das aufgrund des mathematischen Zusammenhangs mit zunehmendem Durchmesser im Quadrat steigt. Aus unserer Untersuchung ergibt sich, dass die IVT nicht als alleinige Therapie der Basilaristhrombose geeignet ist und eine zusätzliche endovaskuläre Behandlung zum Erreichen der Revaskularisation erforderlich ist, dies gelang in 91% der so behandelten Patienten in unserer Studie mit einem Stentretreiver.

Als gutes Outcome wurde in dieser Studie ein mRS von 3 oder besser definiert, obwohl dies im Gegensatz zur üblichen Annahme steht. In

anderen Studien wird gutes Outcome sei erst ab einem mRS von 2 oder besser angenommen, dies entspricht der funktionellen Unabhängigkeit der Patienten. Da die Basilaristhrombose ein besonders schweres Krankheitsbild mit erheblicher Mortalität darstellt, sind auch die Autoren der BASICS Registry [43] von der üblichen Graduierung abgewichen und haben bei der Basilaristhrombose ein gutes Outcome ab mRS 3 klassifiziert. Diese Vorgehensweise haben wir in unserer Studie übernommen.

Das klinische Outcome war unter allen Patienten mit Rekanalisation der Arteria basilaris mit einem mRS 4 um einen mRS Punkt besser als bei persistierendem Verschluss, dies war jedoch nicht statistisch signifikant. Die Patienten mit Rekanalisation überlebten die Basilaristhrombose also trotzdem mit erheblichen neurologischen Defiziten und Abhängigkeit. Die Wahrscheinlichkeit für ein gutes Outcome war mit 35% in der Gruppe der rekanalisierten Gefäße jedoch deutlich höher, als bei den Patienten mit persistierendem Verschluss die nur in 12% ein gutes Outcome zeigten. Ein besseres Outcome mit einem durchschnittlichen mRS von 3 hatten nur die wenigen Patienten, bei denen es durch die IVT allein bereits zu einer Rekanalisation gekommen war.



**Abb. 3: Thrombus Länge** (Thrombus length) (nach [20]) bei den Patienten (Patients) in den Gruppen „Offen nach IVT (IVT-open)“ und „persistierender Verschluss (persistent-occlusion)“

**Tab. 1:** Klinisches Outcome der Patienten mit und ohne abschliessender Gefäßrekanalisation nach IVT und ggf. mechanischer Thrombektomie (modifiziert und übersetzt nach [20])

	Gefäßrekanalisation (n=43)	gescheiterte Gefäßrekanalisation (n=8)	p
<b>Outcome</b>			
NIHSS bei Aufnahme	21 (SD 10)	21 (SD 11)	0,49
mRS bei Verlegung / Entlassung	4 (SD 1,7)	5 (SD 1,1)	0,037
Schlechtes Outcome	28 (65%)	7 (88%)	0,28

Schlechtes Outcome = modified Ranking scale (mRS) von 4, 5 oder Tod;  
NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale;



**Tab. 2:** Anamnese, klinische Symptomatik und Rekanalisation nach alleiniger intravenöser Thrombolyse (IVT) (modifiziert und übersetzt nach [20])

	IVT-offen (n=6)	persistierende-Occlusion (n=45)	P
<b>Anamnese und Risikofaktoren</b>			
Hypertension	4 (67%)	31 (69%)	0,57
Diabetes mellitus	0	11 (24%)	<0,001
Raucheranamnese	2 (33%)	8 (18%)	0,47
Hypercholesterinämie	1 (17%)	16 (36%)	0,24
Vorhofflimmern	1 (17%)	12 (27%)	0,53
<b>klinische Symptomatik</b>			
NIHSS bei Aufnahme	18	22	0,17
mRS bei Verlegung / Entlassung	3	4	0,02
Schlechtes Outcome	4 (67%)	31 (72%)	0,39
Hemiparese	3 (50%)	29 (64%)	0,45
Facialis Parese	2 (33%)	12 (27%)	0,76
Neglect	0	1 (2%)	0,71
Bewußtseinsstörung	3 (50%)	36 (80%)	0,08
Aphasie	0	5 (11%)	0,39
Dysarthrie	4 (67%)	24 (53%)	0,58
<b>Rekanalisation</b>			
MW Thrombus Länge (mm)	7 (SD 4)	15 (SD 9)	0,003
Spannweite (mm)	2 -13	4 - 40	
IVT bis Bildgebung (min)	110 (SD 53)	115 (SD 89)	0,8
Symptombeginn bis IVT (min)	202 (SD 275)	165 (SD 167)	0,73

Schlechtes Outcome = modified Ranking scale (mRS) von 4, 5 oder Tod;  
 NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale; IVT: intravenöse Thrombolyse; mm: Millimeter; min: Minuten; SD: Standardabweichung; MW: Mittelwert

### 3.3 Distaler Gefäßzugang

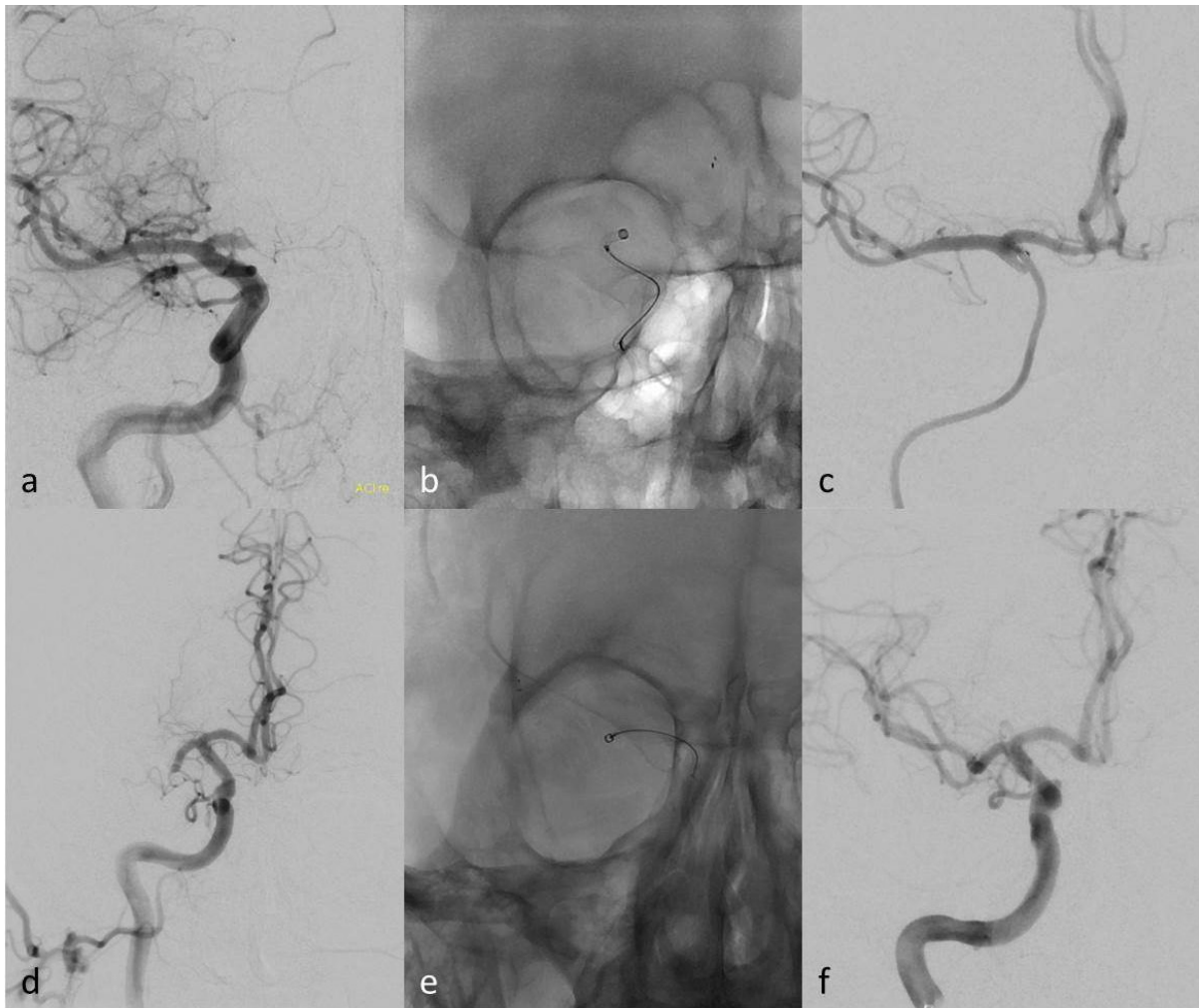
Je proximaler ein arterieller Verschluss in der Hirnstrombahn gelegen ist, desto größer ist das unterversorgte und vom Infarkt bedrohte Parenchymareal. Es wurden Therapiekonzepte entwickelt, deren Ziel die mechanische Entfernung des Thrombus aus dem verschlossenen Gefäß ist. Die Verwendung von Stent Systemen, sogenannten Stent-Retrievern mit denen der Thrombus extrahiert werden kann, konnte als hochwirksame Therapieform für Patienten mit einem Verschluss der intracraniellen Gefäßhauptstämme etabliert werden.

Stent-Retriever haben zum Erfolg der endovaskulären Schlaganfall Therapie wesentlich beigetragen. Darüber hinaus gibt es weitere Faktoren, die für den Erfolg der endovaskulären Therapie mitbestimmend sind. Wenn man das M1 Segment der Arteria cerebri media rekanalisieren will, ist ein prognostisch wichtiger Faktor, dass der Thrombus möglichst vollständig aus dem Gefäß entfernt wird. In einer Studie aus dem Jahr 2013 wurde der Thrombus in Kombination mit rt-PA im Hauptstamm absichtlich fragmentiert, um das Gefäß so wieder zu rekanalisieren [7]. Das Ergebnis zeigte jedoch, dass das klinische Ergebnis der reinen intravenösen Lysetherapie nicht überlegen war, da durch die erzeugten Fragmente die kleinen peripher gelegenen Arterien verschlossen wurden.

Um die Thromben zu entfernen, haben wir distal-access Katheter zur Aspiration verwendet, die bis in das verschlossene Segment der Arteria cerebri media vorgeführt werden konnten um in Kombination mit einem Stent-Retriever die Rekanalisationsraten zu optimieren [23].

Eine vergleichbar distale Lage eines Aspirationskatheters war im Studienzeitraum von 2012 bis 2014 nur mit wenigen Kathetern möglich. Der Begriff „Ultra Distaler Zugang“ (UDZ) wurde von uns verwendet, da in

der Literatur vor und im Studienzeitraum unter der Bezeichnung „distaler Platzierung“ von großlumigen Kathetern meist eine Platzierung in der intracraniellen extraduralen oder intraduralen ACI verstanden wurde. Mit dem von uns verwendeten Aspirationskatheter wurde aber immer eine Position in der A. cerebri media angestrebt.



**Abb. 4: DSA Bilder von der Platzierung des Navien 58 Katheters im verschlossenen Zielgefäß (nach [23]), a+b bei Verschluss der A. cerebri anterior rechts, d+e bei Verschluss der A. cerebri media rechts; c+f zeigen jeweils das wieder rekanalisierte Gefäß**

Ich habe bei 81 Patienten retrospektiv untersucht, ob der verwendete Navien 58 Katheter als Aspirationskatheter bis in die Arteria cerebri media vorgebracht werden konnte, um eine kombinierte Rekanalisationsbehandlung durchzuführen. Bei diesem Vorgehen wird das verschlossene Gefäßsegment mit einem Mikrodraht und einem Mikrokatheter sondiert, dann wird durch den Mikrokatheter temporär ein Stent-Retriever über dem Verschluss implantiert. Über das so erzeugte „Anker-System“ wird der Navien Aspirationskatheter nachgeführt und direkt proximal des Thrombus platziert. Dann wird simultan eine kontinuierliche Aspiration durch Erzeugen eines Unterdrucks mit einer Spritze am hämostatischen Ventil des Aspirationskatheters mit dem Rückzug des Stent-Retrievers in den Aspirationskatheter kombiniert. Der „Ultra Distale Zugang“ mit dem Navien Katheter gelang in dem untersuchten Studienkollektiv bei 75% der Fälle. Bei den 20 Prozeduren, bei denen diese Platzierung scheiterte, war in 15 Fällen eine stark elongierte und verwundene Gefäßanatomie der hirnversorgenden Arterien die Ursache des Scheiterns. Die Patienten dieser Gruppe waren durchschnittlich älter, als die Patienten in der Gruppe eines erfolgreichen UDZ. Bei 4 Fällen waren nicht passierbare Stenosen der Grund und in einem Fall ein zu fester Thrombus in der terminalen ACI.

**Tab. 3:** Rekanalisationsergebnisse der Gruppen mit erfolgreicher Platzierung des Aspirationskatheters im Zielgefäß (Gruppe 1) und nicht erfolgreicher Platzierung im Zielgefäß (Gruppe 2) (modifiziert und übersetzt nach [23])

Gruppe <sup>§</sup>	Alle	1	2
mTICI 0	6	2	4
mTICI 1	1	0	1
mTICI 2a	7	4	3
mTICI 2b	24	17	7
mTICI 3	43	38	5
mTICI >2b (p<0,001)	67 (83%)	55 (90%)	12 (60%)
mTICI <2b (p<0,001)	14 (17%)	6 (10%)	8 (40%)

§Gruppe 1, erfolgreicher Ultra Distaler Zugang; §Gruppe 2, nicht erfolgreicher Ultra Distaler Zugang;  
mTICI: modifizierter Thrombolyse bei cerebralem Infarkt Score

**Tab. 4:** Dauer des endovaskulären Eingriffs und Grund bei erfolglosem Versuch der Platzierung des Aspirationskatheters im Zielgefäß (modifiziert und übersetzt nach [23])

Gruppe <sup>§</sup>	Alle	1	2
n (p<0,001)	81	61	20
*Prozedur Dauer / min (SD) (p<0,001)	47 (36)	38 (22)	76 (55)
Grund der Verhinderung			
Windung der Gefäße			15
Stenose			4
ACI Thrombus <sup>+</sup>			1
Demographie			
Alter (SD) (p=0,05)	69 (13,3)	67 (13,9)	74 (9,8)
weiblich, n (%) (p=0,48)	43	31 (51)	12 (60)

§ Gruppe 1, erfolgreicher Ultra Distaler Zugang; §Gruppe 2, nicht erfolgreicher Ultra Distaler Zugang;  
n: Anzahl; \*min: Minuten; \*SD: Standard Abweichung; +ACI: Arteria carotis interna; NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale;

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, gute Rekanalisationsergebnisse sind signifikant häufiger bei der Gruppe, in der der Ultra Distale Zugang erfolgreich war. Das Risiko den Thrombus durch die Prozedur zu fragmentieren ist geringer, wenn die Strecke, über die der Thrombus mit dem Stentriever durch das Gefäß frei bewegt werden muss, durch den UDZ verkürzt wird. Als Folge der angewendeten Rekanalisationstechnik traten im untersuchten Patientenkollektiv keine Dissektionen der arteriellen Zugangsgefäße oder intracranielle Blutungen auf. In 3 Fällen wurde ein reversibler Vasospasmus beobachtet. Die Dauer der interventionellen Behandlung war bei erfolgreichem UDZ signifikant kürzer, als in den Fällen, in denen der Katheter nur bis in die distale ACI vorgebracht werden konnte. Die Anzahl an Thrombektomie Manövern mit dem Stentrievern war tendenziell geringer, wenn die Ultra Distale Platzierung erfolgreich gewesen war, dies war jedoch nicht statistisch signifikant.

Mit dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass ein Ultra Distaler Zugang mit Platzierung des Aspirationskatheters im verschlossenen Hauptstamm zu signifikant besseren Rekanalisationsergebnissen der Arteria cerebi media führt, als eine proximale Platzierung des Aspirationskatheters in der ACI.

### 3.4 Wach-Rekanalisation mit Verwendung einer Stiff-Neck Halskrause

In der endovaskulären Behandlung von akuten Schlaganfällen ist noch nicht eindeutig geklärt, ob die betroffenen Patienten eher von einer Behandlung in Intubationsnarkose profitieren, oder ob eine Wach-Behandlung in Sedierung zu besseren Ergebnissen führt. Diese Frage wird von vielen Faktoren beeinflusst. Es gibt Hypothesen, dass die Intubationsnarkose über den Abfall des arteriellen Blutdrucks die Mangelperfusion des Hirnparenchyms und damit die ischämische Schädigung verstärken könnte [9, 31, 49]. Dem gegenüber ist ein wichtiger Aspekt die Frage, ob ein wacher Patient ein höheres Behandlungsrisiko durch Komplikationen z.B. als Folge einer Bewegungsunruhe hat [4]. Ebenso stellt sich die Frage, ob die Behandlung eines wachen Patienten zu einer längeren Behandlungsdauer führt. Es gibt mittlerweile Arbeiten, die unterschiedlich Vorteile für beide Verfahren zeigen [6, 30, 41, 42, 45].

Wir haben eine retrospektive Analyse von Patienten durchgeführt, die wach unter Sedierung endovaskulär an einem Verschluss der MCA oder der terminalen ACI behandelt wurden [21]. Den untersuchten Patienten war vor Beginn des Eingriffs ein handelsüblicher Stiff-Neck Kragen aus der Versorgung von Trauma Patienten zur Immobilisation des Kopfes angelegt worden, um die möglichen Freiheitsgrade der Kopfbewegung zu reduzieren. Zum Vergleich wurden alle Patienten herangezogen, die im Studienzeitraum in Intubationsnarkose an einem vergleichbaren Gefäßverschluss behandelt wurden. Bei allen Behandlungen wurde die Entscheidung, ob ein Wach-Eingriff möglich ist, individuell interdisziplinär mit der / dem verantwortlichen AnästhesistIn getroffen. Sowohl bei den Eingriffen in Intubationsnarkose, als auch bei den Wach-Eingriffen wurden die Patienten während des Eingriffs durch AnästhesistInnen überwacht.

Erbrechen, schlechte Sauerstoff Sättigung oder erhebliche Agitiertheit waren Gründe, keine Wach-Rekanalisation durchzuführen. Wir haben in dieser Studie untersucht, ob es in der Gruppe der wach rekanalisierten Patienten zu Komplikationen, langen Interventionszeiten oder schlechteren Rekanalisationsergebnissen kam. Dazu wurden die Zeiträume von der präinterventionellen Schlaganfallbildung bis zum Beginn der Intervention und zwischen Beginn und Ende der Intervention ausgewertet. Der Rekanalisationserfolg wurde nach dem mTICI Score [51] erfasst. Alle Patienten hatten unmittelbar nach dem Eingriff ein Kontroll CT zur Erfassung von Komplikationen erhalten. Eine weitere Bildgebung wurde innerhalb von 72 Stunden durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Dauer der Behandlung zwischen den Patienten gab, die wach rekanalisiert wurden und denen in Intubationsnarkose. Die Zeit zwischen der Bildgebung und dem Behandlungsbeginn war in der Gruppe der wach rekanalisierten Patienten im Durchschnitt 20 Minuten kürzer. Ein günstiges Behandlungsergebnis wurde in beiden Gruppen annähernd gleich häufig erreicht. In beiden Gruppen traten keine schweren Komplikationen wie intracranielle Blutungen, Gefäßperforationen oder Dissektionen auf. Nur in einem Fall, der in Intubationsnarkose behandelt worden war, kam es zu reversiblen Vasospasmen in Folge der Behandlung. Somit konnten wir zeigen, dass in unserem Patientenkollektiv die Behandlung wacher Patienten kein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Komplikationen hatte, wenn die Patienten unter anästhesiologischer Überwachung analgosediert werden und die Beweglichkeit des Kopfes durch Verwendung einer Stiff-Neck Halskrause eingeschränkt wird. Auch die Hypothese, dass bei Wach-Rekanalisationen mit längeren Behandlungszeiten, z.B. durch die schlechtere Sichtverhältnisse auf Grund von Bewegungsunruhe zu rechnen ist [4], hat sich in unserem Patientenkollektiv nicht bestätigt.



**Tab. 5:** Rekanalisationsergebnisse und Behandlungszeiten der Thrombektomie Prozeduren in Intubationsnarkose und wach in Sedierung mit angelegter Stiff-Neck Halskrause (übersetzt und modifiziert nach [21])

	IT		Se	
Rekanalisations Ergebnis				
mTICI 0	5 (9%)		3 (10%)	
mTICI 1	2 (4%)		0	
mTICI 2a	3 (6%)		3 (10%)	
mTICI 2b	18 (34%)		6 (19%)	
mTICI 3	25 (47%)		19 (61%)	
mTICI ≥2b	43 (81%)		25 (80%)	
mTICI ≤2a	10 (19%)		6 (20%)	
	Median	IQR	Median	IQR
Zeit zum Start Rekan / min (p=0,001)	77	23; 68-91	60	28; 44-72
Prozedur Dauer / min (p=0,9)	41	43; 66-23	35	43; 69-25
	MW	SD	MW	SD
Zeit zum Start Rekan / min	80	±27	60	±19
Prozedur Dauer / min	51	±40	45	±26

IT: Intubationsnarkose; Se: Sedierung; Rekan, Rekanalisation; min: Minuten; IQR: Interquartile Range; SD: Standard Abweichung; MW: Mittelwert

### 3.5 Verschluss von großen arteriellen 9-F Punktionsstellen nach IVT

Zeitliche Effizienz ist ein wichtiges Konzept in der Therapie von akuten Schlaganfällen und hat die Formulierung „Time is Brain“ geprägt [15]. Es wurde geschätzt, dass jede Minute, in der ein intracranieller Gefäßverschluss besteht etwa 1.9 Millionen Neuronen untergehen [39]. Unter dem Gebot zeitlicher Effizienz in der Behandlung von akuten Schlaganfällen sind periprozedurale Maßnahmen zu betrachten, die den Beginn der interventionellen Behandlung verzögern könnten. In unserer zuvor beschriebenen Studie [21] über die Wach-Behandlung von Schlaganfallpatienten war eine zeitliche Verzögerung auf die Vorbereitung und Einleitung der Intubationsnarkose zurück zu führen. Auch andere vorbereitende Maßnahmen zur interventionellen Prozedur können Zeit beanspruchen. Wenn ein invasives Monitoring des arteriellen Blutdrucks während der Schlaganfall Behandlung erforderlich ist, muss vor Beginn des Eingriffs ein arterieller Gefäßzugang etabliert werden. Je nach individueller Gefäßsituation des Patienten und Erfahrung der/des AnästhesistIn kann dieser Vorgang unterschiedlich viel Zeit erfordern. Eine Möglichkeit, die damit verbundene Verzögerung zu vermeiden besteht in der Option, die arterielle Blutdrucküberwachung an die arterielle Schleuse des Leistenzugangs der/des InterventionalistIn anzuschließen. Damit eine zuverlässige Messung des arteriellen Blutdrucks möglich ist, darf jedoch der Katheter, der über die Schleuse eingebracht wird, das Innenlumen der Schleuse nicht vollständig ausfüllen. Daraus ergibt sich, dass es eine Differenz zwischen Schleusengröße und Kathetergröße geben muss, wenn auf diese Weise die Blutdruckmessung erfolgen soll. Nachdem sich mittlerweile große 6-F Aspirationskatheter in der Schlaganfalltherapie etabliert haben, ist um diese einsetzen zu können, ein grosslumiger 8-F Zugangskatheter erforderlich. Um die dann erforderliche Differenz

zwischen Zugangskatheter und dem Lumen der Schleuse für die Blutdruckmessung zu erreichen, muss diese den nächst größeren Durchmesser von 9-F aufweisen. Nach dem Ende der interventionellen Behandlung muss die arterielle Punktionsstelle an der A. femoralis wieder verschlossen werden und eine Nachblutung verhindert werden. Dies kann entweder durch manuelle Kompression erreicht werden, oder durch Verwendung von Verschluss-Systemen, die für diese Anwendung verfügbar sind. Das weit verbreitete AngioSeal®-System [8, 25] ist jedoch nur für Schleusengrößen von 6-F und 8-F verfügbar. Auch nach Beendigung der endovaskulären Schlaganfallbehandlung ist zeitliche Effizienz geboten. Die rasche Verlegbarkeit des Patienten aus der Angiographie Einheit zur Kontroll-Bildgebung und Weiterbehandlung auf der Intensiv- oder Überwachungsstation wird angestrebt.

Wir haben in einer Analyse von 72 Patienten untersucht, ob der Einsatz des AngioSeal STS® 8-F Systems bei Patienten, die mit einer 9-F Schleuse behandelt wurden, als sicher anzusehen ist [22]. Dabei lag ein besonderes Interesse auf der Gruppe von Patienten, die vor Beginn und während der endovaskulären Schlaganfallbehandlung mit dem Thrombolytikum rt-PA behandelt worden waren. Es ist bekannt, dass rt-PA zu höheren Komplikationsraten nach Leistenpunktionen führt [35]. In unserer untersuchten Kohorte hatten 65% der Patienten eine intravenöse Lysetherapie mit rt-PA erhalten. Bei allen Patienten war eine 9-F Schleuse in Seldinger Technik in die A. femoralis communis gelegt worden und die Punktionsstelle nach dem Ende der Intervention mit einem AngioSeal STS® 8-F System verschlossen worden. Als Komplikationen wurden klinisch relevante Nachblutungen, ein Versagen des Verschlussystems die Punktionsstelle sofort zu verschließen, akute Ischämien der ipsilateralen unteren Extremität oder ein erforderlicher gefäßchirurgischer Eingriff zur

Revision der Punktionsstelle gewertet. In der Gruppe der Patienten die rt-PA erhalten hatten, war es in einem Fall zu einer verzögerten Nachblutung an der Punktionsstelle gekommen. Allerdings waren bei dieser Patientin simultan Blutungen der Mundschleimhaut, eine Epistaxis und pulmonale Blutungen aufgetreten. Bei Aufnahme waren die Gerinnungsparameter unauffällig und daher war bei bestehendem Schlaganfall mit rt-PA behandelt worden und unverzüglich die endovaskuläre Therapie eingeleitet worden. Erst nach dem Eingriff stellte sich heraus, dass bereits eine orale Antikoagulation bei der Patientin in der Vorgeschichte abgesetzt werden musste, nachdem eine rezidivierende Diathese mit Epistaxis aufgetreten war. Weitere Nachblutungen der Punktionsstellen waren in der untersuchten Patientenkohorte nicht aufgetreten. Ebenso waren die anderen Komplikationen wie Ischämien, erforderliche chirurgische Revision oder ein sofortiges Versagen des Verschlusssystems nicht aufgetreten.

Mit dieser Analyse wurde zum ersten Mal untersucht, ob das 8-F AngioSeal® System in der Behandlung von Schlaganfall Patienten mit 9-F Schleusen sicher ist. Sogar unter dem widrigen Umstand von pharmakologisch aktivem rt-PA war keine statistisch signifikant erhöhte Gefahr für Nachblutungen an der Punktionsstelle festzustellen. Limitierend ist jedoch, dass es sich um eine retrospektive Auswertung gehandelt hat. Außerdem gab es kein standardisiertes Protokoll für Nachuntersuchungen um mittel- oder langfristige Komplikationen zu erfassen. Die gewonnenen Ergebnisse sollten daher mit Vorsicht für die praktische Anwendung betrachtet werden und noch durch weitere prospektive, randomisierte Studien überprüft werden.

**Tab. 6:** Zusammenfassung der Komplikationen an der Punktionsstelle, der blutverdünnenden Vormedikation und der Komorbiditäten getrennt nach Patienten, die eine IVT erhalten oder nicht erhalten hatten (übersetzt und modifiziert nach [22])

	Alle n= 72	IVT n= 46	keine IVT n=26	p
weiblich	38 (51%)	25 (51%)	23 (47%)	0,54
Alter	70,6 (SD 14,6)	70,6 (SD 14,9)	70,5 (SD 15)	0,93
Leisten Komplikation	1 (1%)	1 (2%)	0	0,46
Einfache Plättchenhemmung	24 (33%)	19 (41%)	5 (19%)	0,03
Orale Antikoagulation	15 (21%)	2 (4%)	13 (50%)	<0,001
Duale Plättchenhemmung	2 (3%)	2 (4%)	0	0,14
art. Hypertension	62 (83%)	42 (86%)	20 (77%)	0,18
Diabetes mellitus	21 (28%)	13 (27%)	8 (31%)	0,75
Nikotin	15 (20%)	10 (20%)	5 (19%)	0,87
Hypercholesterinämie	44 (59%)	31 (63%)	13 (50%)	0,15
Vorhofflimmern	35 (47%)	24 (49%)	11 (42%)	0,52

IVT: intravenöse Thrombolyse; SD: Standard Abweichung; n: Anzahl

## 4 Fazit und Ausblick

In der Behandlung von Patienten mit einem akuten schweren Schlaganfall, der durch den Verschluss einer der größeren Arterien des Circulus willisii hervorgerufen wird, ist zeitliche Effizienz und die Vermeidung von Verzögerungen von Bedeutung für die behandelten Patienten. Ich habe in meinen Arbeiten zum Themenkomplex der interventionellen Schlaganfallbehandlung verschiedene Aspekte betrachtet, die Einfluss auf den Ablauf der Behandlung haben.

In der Untersuchung der Patienten, die ohne Intubationsnarkose dafür mit einer einfachen Stiff-Neck Halskrause in Analgosedierung thrombektomiert wurden, zeigte sich, dass dies in der Vorbereitung Zeit einsparen konnte, ohne zu einer längeren Behandlungsdauer oder zu schlechteren Rekanalisationsergebnissen zu führen. Ein Sicherheitsrisiko in Form von vermehrten Komplikationen zeigte sich ebenfalls nicht.

Der mitunter zeitaufwändige Arbeitsschritt in der präinterventionellen Vorbereitung der Schlaganfallbehandlung einen arteriellen Zugang zur zuverlässigen invasiven Blutdruckmessung zu legen, kann umgangen werden, wenn das Mess-System an die arterielle Schleuse angeschlossen wird. Je nach verwendetem Kathetersystem kann dieses Vorgehen dann aber zur Verwendung einer großlumigen 9-F Schleuse an der Leiste führen. Um die Patienten nach Beendigung des Eingriffs zügig auf die Wachstation oder zur Kontrollbildgebung zu verlegen, ist es notwendig einen solchen Zugang schnell und zuverlässig zu verschließen. Auf der einfachen Seldinger Technik basierende Verschlusssysteme für 9-F Schleusen sind jedoch nicht verfügbar. Wir konnten zeigen, dass die Verwendung eines 8-F AngioSeal Verschlusssystems eine sichere Alternative darstellt, bis größere Verschlusssysteme erhältlich sind. Auch bei Patienten mit einem akuten Schlaganfall, die eine intravenöse Thrombolyse erhalten hatten, kam es

nicht zu signifikant häufigeren Leistenkomplikationen. Da es sich jedoch um eine individuelle Vorgehensweise im Kontext der Notfallsituation handelt, die von der zugelassenen Anwendung des Verschlusssystems abweicht, ist hierzu eine prospektive Studie mit einer größeren Patientenzahl notwendig und in der Planung.

Wir konnten zeigen, dass die Verwendung von Aspirationskathetern, die bis in die verschlossene Hirnarterie in der vorderen Zirkulation vorgebracht werden, in Kombination mit einem Stentretreiver hohe Rekanalisationsraten von 90% mit einem günstigen Behandlungserfolg aufweist. Wenn der Aspirationskatheter in der verschlossenen Arteria cerebri media positioniert werden konnte, war der Eingriff dann kürzer. Diese Behandlungstechnik war zum Zeitpunkt meiner Untersuchung nur mit wenigen Kathetern technisch möglich. Heute ist dies ein etabliertes Verfahren in der interventionellen Schlaganfallbehandlung geworden und mittlerweile mit verbesserten Kathetermaterialien einfacher durchzuführen.

Wir konnten zeigen, dass bei der Basilarithrombose die intravenöse Thrombolyse auch bei sehr kurzstreckigen Verschlüssen nicht zuverlässig zu einer Rekanalisation des Gefäßes führt und dass in Kombination mit einer endovaskulären Therapie eine Rekanalisationsrate in unserem Patientenkollektiv in 90% mit technisch günstigem Rekanalisationsergebnis möglich war. Dennoch war der klinische Verlauf auch bei erfolgreicher Rekanalisation bei 65% der Patienten ungünstig. Obwohl es in unserer Untersuchung nicht statistisch signifikant war, zeigten unsere Daten, dass ein Outcome mit einem mRS von 0-3 bei erfolgreicher Rekanalisation mit 35% deutlich höher war, als im Falle eines persistierenden Verschlusses mit nur 12%.

In der präinterventionellen Bildgebung konnten wir zeigen, dass durch die dynamische CTA die exakt bestimmte Verschlusslänge in der vorderen

Zirkulation prädiktiv mit einer vollständigen Gefäßrekanalisation bei der Thrombektomie korreliert. Dieser Faktor beeinflusst die Behandlungsplanung. In weiteren Studien soll untersucht werden, ob die Wahl längerer Stentretreiver dieser Situation Rechnung tragen kann und ob das Verfahren der alleinigen Aspirationstherombektomie bei längeren Verschlüssen zu einer Thrombusfragmentierung führt.



## 5 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ACI	Arteria carotis interna
art.	arteriell
ASS	Acetylsalicylsäure
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographische Angiographie
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
dynCTA	dynamische Computertomographische Angiographie
F	French
i.v.	intravenös
IQR	Interquartile Range
IVT	intravenöse Thrombolyse
MCA	Arteria cerebri media
min	Minuten
MIP	Maximum Intensitäts Projektion
mm	Millimeter
mTICI-Score	modified treatment in cerebral ischemia Score
NIHSS	National Institutes of Health Stroke Scale
rt-PA	recombinant tissue Plasminogen Activator
SD	Standard Deviation
TOF-MRA	Time of Flight Magnetresonanz Angiographie
UDZ	Ultra distaler Zugang

## 6 Literatuurverzeichnis

1. Berkhemer, O.A., P.S. Fransen, D. Beumer, L.A. van den Berg, H.F. Lingsma, A.J. Yoo, W.J. Schonewille, J.A. Vos, P.J. Nederkoorn, M.J. Wermer, M.A. van Walderveen, J. Staals, J. Hofmeijer, J.A. van Oostayen, G.J. Lycklama a Nijeholt, J. Boiten, P.A. Brouwer, B.J. Emmer, S.F. de Bruijn, L.C. van Dijk, L.J. Kappelle, R.H. Lo, E.J. van Dijk, J. de Vries, P.L. de Kort, W.J. van Rooij, J.S. van den Berg, B.A. van Hasselt, L.A. Aerden, R.J. Dallinga, M.C. Visser, J.C. Bot, P.C. Vroomen, O. Eshghi, T.H. Schreuder, R.J. Heijboer, K. Keizer, A.V. Tielbeek, H.M. den Hertog, D.G. Gerrits, R.M. van den Berg-Vos, G.B. Karas, E.W. Steyerberg, H.Z. Flach, H.A. Marquering, M.E. Sprengers, S.F. Jenniskens, L.F. Beenen, R. van den Berg, P.J. Koudstaal, W.H. van Zwam, Y.B. Roos, A. van der Lugt, R.J. van Oostenbrugge, C.B. Majoie, and D.W. Dippel, *A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2015. 372(1): p. 11-20.
2. Beyer, S.E., K.M. Thierfelder, L. von Baumgarten, M. Rottenkolber, F.G. Meinel, H. Janssen, B. Ertl-Wagner, M.F. Reiser, and W.H. Sommer, *Strategies of collateral blood flow assessment in ischemic stroke: prediction of the follow-up infarct volume in conventional and dynamic CTA*. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015. 36(3): p. 488-94.
3. Beyer, S.E., L. von Baumgarten, K.M. Thierfelder, M. Rottenkolber, H. Janssen, M. Dichgans, T.R. Johnson, A. Straube, B. Ertl-Wagner, M.F. Reiser, and W.H. Sommer, *Predictive value of the velocity of collateral filling in patients with acute ischemic stroke*. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2015. 35(2): p. 206-12.
4. Brekenfeld, C., H.P. Mattle, and G. Schroth, *General is better than local anesthesia during endovascular procedures*. *Stroke*, 2010. 41(11): p. 2716-7.
5. Campbell, B.C., P.J. Mitchell, T.J. Kleinig, H.M. Dewey, L. Churilov, N. Yassi, B. Yan, R.J. Dowling, M.W. Parsons, T.J. Oxley, T.Y. Wu, M. Brooks, M.A. Simpson, F. Miteff, C.R. Levi, M. Krause, T.J. Harrington, K.C. Faulder, B.S. Steinfors, M. Priglinger, T. Ang, R. Scroop, P.A. Barber, B. McGuinness, T. Wijeratne, T.G. Phan, W. Chong, R.V. Chandra, C.F. Bladin, M. Badve, H. Rice, L. de Villiers, H. Ma, P.M. Desmond, G.A. Donnan, and S.M. Davis, *Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection*. *N Engl J Med*, 2015. 372(11): p. 1009-18.
6. Campbell, B.C.V., W.H. van Zwam, M. Goyal, B.K. Menon, D.W.J. Dippel, A.M. Demchuk, S. Bracad, P. White, A. Dávalos, C. Majoie, A. van der Lugt, G.A. Ford, N.P. de la Ossa, M. Kelly, R. Bourcier, G.A. Donnan, Y. Roos, O.Y. Bang, R.G. Nogueira, T.G. Devlin, L.A. van den Berg, F. Clarençon, P. Burns, J. Carpenter, O.A. Berkhemer, D.R. Yavagal, V.M. Pereira, X. Ducrocq, A. Dixit, H. Quesada, J. Epstein, S.M. Davis, O. Jansen, M. Rubiera, X. Urra, E. Micard, H.F. Lingsma, O. Naggara, S. Brown, F. Guillemin, K.W. Muir, R.J. van Oostenbrugge, J.L. Saver, T.G. Jovin, M.D. Hill, and P.J. Mitchell, *Effect of general anaesthesia on functional outcome in patients with anterior circulation ischaemic stroke having endovascular thrombectomy versus standard care: a meta-analysis of individual patient data*. *Lancet Neurol*, 2018. 17(1): p. 47-53.
7. Ciccone, A., L. Valvassori, M. Nichelatti, A. Sgoifo, M. Ponzio, R. Sterzi, and E. Boccardi, *Endovascular treatment for acute ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2013. 368(10): p. 904-13.
8. Das, R., K. Ahmed, T. Athanasiou, R.A. Morgan, and A.M. Belli, *Arterial closure devices versus manual compression for femoral haemostasis in interventional radiological procedures: a systematic review and meta-analysis*. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2011. 34(4): p. 723-38.

9. Davis, M.J., B.K. Menon, L.B. Baghirzada, C.R. Campos-Herrera, M. Goyal, M.D. Hill, and D.P. Archer, *Anesthetic management and outcome in patients during endovascular therapy for acute stroke*. *Anesthesiology*, 2012. 116(2): p. 396-405.
10. Dzialowski, I., J. Weber, A. Doerfler, M. Forsting, and R. Von Kummer, *Brain Tissue Water Uptake after Middle Cerebral Artery Occlusion Assessed with CT*. *Journal of Neuroimaging*, 2004. 14(1): p. 42-48.
11. Evers, S.M., J.N. Struijs, A.J. Ament, M.L. van Genugten, J.H. Jager, and G.A. van den Bos, *International comparison of stroke cost studies*. *Stroke*, 2004. 35(5): p. 1209-15.
12. Fieschi, C., C. Argentino, G.L. Lenzi, M.L. Sacchetti, D. Toni, and L. Bozzao, *Clinical and instrumental evaluation of patients with ischemic stroke within the first six hours*. *J Neurol Sci*, 1989. 91(3): p. 311-21.
13. Froehler, M.T., S. Tateshima, G. Duckwiler, R. Jahan, N. Gonzalez, F. Vinuela, D. Liebeskind, J.L. Saver, and J.P. Villablanca, *The hyperdense vessel sign on CT predicts successful recanalization with the Merci device in acute ischemic stroke*. *J Neurointerv Surg*, 2013. 5(4): p. 289-93.
14. Frölich, A.M., D. Schrader, E. Klotz, R. Schramm, K. Wasser, M. Knauth, and P. Schramm, *4D CT angiography more closely defines intracranial thrombus burden than single-phase CT angiography*. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013. 34(10): p. 1908-13.
15. Gomez, C.R., *Editorial: Time is brain!* *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 1993. 3(1): p. 1-2.
16. Goyal, M., A.M. Demchuk, B.K. Menon, M. Eesa, J.L. Rempel, J. Thornton, D. Roy, T.G. Jovin, R.A. Willinsky, B.L. Sapkota, D. Dowlatshahi, D.F. Frei, N.R. Kamal, W.J. Montanera, A.Y. Poppe, K.J. Ryckborst, F.L. Silver, A. Shuaib, D. Tampieri, D. Williams, O.Y. Bang, B.W. Baxter, P.A. Burns, H. Choe, J.H. Heo, C.A. Holmstedt, B. Jankowitz, M. Kelly, G. Linares, J.L. Mandzia, J. Shankar, S.I. Sohn, R.H. Swartz, P.A. Barber, S.B. Coutts, E.E. Smith, W.F. Morrish, A. Weill, S. Subramaniam, A.P. Mitha, J.H. Wong, M.W. Lowerison, T.T. Sajobi, M.D. Hill, and E.T. Investigators, *Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2015. 372(11): p. 1019-30.
17. Hacke, W., G. Donnan, C. Fieschi, M. Kaste, R. von Kummer, J.P. Broderick, T. Brott, M. Frankel, J.C. Grotta, E.C. Haley, Jr., T. Kwiatkowski, S.R. Levine, C. Lewandowski, M. Lu, P. Lyden, J.R. Marler, S. Patel, B.C. Tilley, G. Albers, E. Bluhmki, M. Wilhelm, and S. Hamilton, *Association of outcome with early stroke treatment: pooled analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rt-PA stroke trials*. *Lancet*, 2004. 363(9411): p. 768-74.
18. Hacke, W., H. Zeumer, A. Ferbert, H. Bruckmann, and G.J. del Zoppo, *Intra-arterial thrombolytic therapy improves outcome in patients with acute vertebrobasilar occlusive disease*. *Stroke*, 1988. 19(10): p. 1216-22.
19. Hennerici, G., R. Kern, F. Fazekas, H.P. Mattle, and G. Thomalla, *S1-Leitlinie Diagnostik akuter zerebrovaskulärer Erkrankungen*, in *Deutsche Gesellschaft für Neurologie*. 2017, Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. p. 1-36.
20. Janssen, H., H. Bruckmann, M. Killer, S. Heck, G. Buchholz, and J. Lutz, *Acute basilar thrombosis: Recanalization following intravenous thrombolysis is dependent on thrombus length*. *PLoS One*, 2018. 13(2): p. e0193051.
21. Janssen, H., G. Buchholz, M. Killer, L. Ertl, H. Bruckmann, and J. Lutz, *General Anesthesia Versus Conscious Sedation in Acute Stroke Treatment: The Importance of Head Immobilization*. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016. 39(9): p. 1239-44.

22. Janssen, H., M. Killer-Oberpfalzer, and R. Lange, *Closure of large bore 9 F arterial puncture sites with the AngioSeal STS device in acute stroke patients after intravenous recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA)*. J Neurointerv Surg, 2019. 11(1): p. 28-30.
23. Janssen, H., M. Killer-Oberpfalzer, M. Patzig, G. Buchholz, and J. Lutz, *Ultra-distal access of the M1 segment with the 5 Fr Navien distal access catheter in acute (anterior circulation) stroke: is it safe and efficient?* J Neurointerv Surg, 2017. 9(7): p. 650-653.
24. Jovin, T.G., A. Chamorro, E. Cobo, M.A. de Miquel, C.A. Molina, A. Rovira, L. San Roman, J. Serena, S. Abilleira, M. Ribo, M. Millan, X. Urra, P. Cardona, E. Lopez-Cancio, A. Tomasello, C. Castano, J. Blasco, L. Aja, L. Dorado, H. Quesada, M. Rubiera, M. Hernandez-Perez, M. Goyal, A.M. Demchuk, R. von Kummer, M. Gallofre, and A. Davalos, *Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke*. N Engl J Med, 2015. 372(24): p. 2296-306.
25. Katzenschlager, R., R. Tischler, G. Kalchhauser, M. Panny, and M. Hirschl, *Angio-Seal use in patients with peripheral arterial disease (ASPIRE)*. Angiology, 2009. 60(5): p. 536-8.
26. Lindsberg, P.J. and H.P. Mattle, *Therapy of basilar artery occlusion: a systematic analysis comparing intra-arterial and intravenous thrombolysis*. Stroke, 2006. 37(3): p. 922-8.
27. Lindsberg, P.J., L. Soenne, T. Tatlisumak, R.O. Roine, M. Kallela, O. Happola, and M. Kaste, *Long-term outcome after intravenous thrombolysis of basilar artery occlusion*. JAMA, 2004. 292(15): p. 1862-6.
28. Lloyd-Jones, D., R. Adams, M. Carnethon, G. De Simone, T.B. Ferguson, K. Flegal, E. Ford, K. Furie, A. Go, K. Greenlund, N. Haase, S. Hailpern, M. Ho, V. Howard, B. Kissela, S. Kittner, D. Lackland, L. Lisabeth, A. Marelli, M. McDermott, J. Meigs, D. Mozaffarian, G. Nichol, C. O'Donnell, V. Roger, W. Rosamond, R. Sacco, P. Sorlie, R. Stafford, J. Steinberger, T. Thom, S. Wasserthiel-Smoller, N. Wong, J. Wylie-Rosett, and Y. Hong, *Heart disease and stroke statistics--2009 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee*. Circulation, 2009. 119(3): p. e21-181.
29. Lopez, A.D., C.D. Mathers, M. Ezzati, D.T. Jamison, and C.J. Murray, *Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data*. Lancet, 2006. 367(9524): p. 1747-57.
30. Löwhagen Henden, P., A. Rentzos, J.E. Karlsson, L. Rosengren, B. Leiram, H. Sundeman, D. Dunker, K. Schnabel, G. Wikholm, M. Hellström, and S.E. Ricksten, *General Anesthesia Versus Conscious Sedation for Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke: The AnStroke Trial (Anesthesia During Stroke)*. Stroke, 2017. 48(6): p. 1601-1607.
31. Löwhagen Henden, P., A. Rentzos, J.E. Karlsson, L. Rosengren, H. Sundeman, B. Reinsfelt, and S.E. Ricksten, *Hypotension During Endovascular Treatment of Ischemic Stroke Is a Risk Factor for Poor Neurological Outcome*. Stroke, 2015. 46(9): p. 2678-80.
32. Marchal, G., A.R. Young, and J.C. Baron, *Early postischemic hyperperfusion: pathophysiologic insights from positron emission tomography*. J Cereb Blood Flow Metab, 1999. 19(5): p. 467-82.
33. Menon, B.K., B. O'Brien, A. Bivard, N.J. Spratt, A.M. Demchuk, F. Miteff, X. Lu, C. Levi, and M.W. Parsons, *Assessment of leptomeningeal collaterals using dynamic CT angiography in patients with acute ischemic stroke*. J Cereb Blood Flow Metab, 2013. 33(3): p. 365-71.

34. Mokin, M., S. Morr, S.K. Natarajan, N. Lin, K.V. Snyder, L.N. Hopkins, A.H. Siddiqui, and E.I. Levy, *Thrombus density predicts successful recanalization with Solitaire stent retriever thrombectomy in acute ischemic stroke*. J Neurointerv Surg, 2015. 7(2): p. 104-7.
35. Ouriel, K., B. Gray, D.G. Clair, and J. Olin, *Complications associated with the use of urokinase and recombinant tissue plasminogen activator for catheter-directed peripheral arterial and venous thrombolysis*. J Vasc Interv Radiol, 2000. 11(3): p. 295-8.
36. Rha, J.H. and J.L. Saver, *The impact of recanalization on ischemic stroke outcome: a meta-analysis*. Stroke, 2007. 38(3): p. 967-73.
37. Riedel, C.H., P. Zimmermann, U. Jensen-Kondering, R. Stingele, G. Deuschl, and O. Jansen, *The importance of size: successful recanalization by intravenous thrombolysis in acute anterior stroke depends on thrombus length*. Stroke, 2011. 42(6): p. 1775-7.
38. Rohan, V., J. Baxa, R. Tupy, L. Cerna, P. Sevcik, M. Friesl, J. Polivka, Jr., J. Polivka, and J. Ferda, *Length of occlusion predicts recanalization and outcome after intravenous thrombolysis in middle cerebral artery stroke*. Stroke, 2014. 45(7): p. 2010-7.
39. Saver, J.L., *Time is brain--quantified*. Stroke, 2006. 37(1): p. 263-6.
40. Saver, J.L., M. Goyal, A. Bonafe, H.C. Diener, E.I. Levy, V.M. Pereira, G.W. Albers, C. Cognard, D.J. Cohen, W. Hacke, O. Jansen, T.G. Jovin, H.P. Mattle, R.G. Nogueira, A.H. Siddiqui, D.R. Yavagal, B.W. Baxter, T.G. Devlin, D.K. Lopes, V.K. Reddy, R. du Mesnil de Rochemont, O.C. Singer, and R. Jahan, *Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke*. N Engl J Med, 2015. 372(24): p. 2285-95.
41. Schönerberger, S., P.L. Hendén, C.Z. Simonsen, L. Uhlmann, C. Klose, J.A.R. Pfaff, A.J. Yoo, L.H. Sørensen, P.A. Ringleb, W. Wick, M. Kieser, M.A. Möhlenbruch, M. Rasmussen, A. Rentzos, and J. Bösel, *Association of General Anesthesia vs Procedural Sedation With Functional Outcome Among Patients With Acute Ischemic Stroke Undergoing Thrombectomy*. Jama, 2019. 322(13): p. 1283.
42. Schönerberger, S., L. Uhlmann, W. Hacke, S. Schieber, S. Mundiyanapurath, J.C. Purrucker, S. Nagel, C. Klose, J. Pfaff, M. Bendszus, P.A. Ringleb, M. Kieser, M.A. Möhlenbruch, and J. Bösel, *Effect of Conscious Sedation vs General Anesthesia on Early Neurological Improvement Among Patients With Ischemic Stroke Undergoing Endovascular Thrombectomy: A Randomized Clinical Trial*. Jama, 2016. 316(19): p. 1986-1996.
43. Schonewille, W.J., C.A. Wijman, P. Michel, C.M. Rueckert, C. Weimar, H.P. Mattle, S.T. Engelter, D. Tanne, K.W. Muir, C.A. Molina, V. Thijs, H. Audebert, T. Pfefferkorn, K. Szabo, P.J. Lindsberg, G. de Freitas, L.J. Kappelle, and A. Algra, *Treatment and outcomes of acute basilar artery occlusion in the Basilar Artery International Cooperation Study (BASICS): a prospective registry study*. Lancet Neurol, 2009. 8(8): p. 724-30.
44. Simard, J.M., T.A. Kent, M. Chen, K.V. Tarasov, and V. Gerzanich, *Brain oedema in focal ischaemia: molecular pathophysiology and theoretical implications*. The Lancet Neurology, 2007. 6(3): p. 258-268.
45. Simonsen, C.Z., A.J. Yoo, L.H. Sørensen, N. Juul, S.P. Johnsen, G. Andersen, and M. Rasmussen, *Effect of General Anesthesia and Conscious Sedation During Endovascular Therapy on Infarct Growth and Clinical Outcomes in Acute Ischemic Stroke: A Randomized Clinical Trial*. JAMA Neurol, 2018. 75(4): p. 470-477.

46. Spiotta, A.M., J. Vargas, H. Hawk, R. Turner, M.I. Chaudry, H. Battenhouse, and A.S. Turk, *Hounsfield unit value and clot length in the acutely occluded vessel and time required to achieve thrombectomy, complications and outcome*. J Neurointerv Surg, 2014. 6(6): p. 423-7.
47. Strbian, D., T. Sairanen, H. Silvennoinen, O. Salonen, and P.J. Lindsberg, *Intravenous Thrombolysis of Basilar Artery Occlusion: Thrombus Length Versus Recanalization Success*. Stroke, 2014.
48. Thierfelder, K.M., W.H. Sommer, B. Ertl-Wagner, S.E. Beyer, F.G. Meinel, W.G. Kunz, G. Buchholz, M.F. Reiser, and H. Janssen, *Prediction of Stent-Retriever Thrombectomy Outcomes by Dynamic Multidetector CT Angiography in Patients with Acute Carotid T or MCA Occlusions*. AJNR Am J Neuroradiol, 2016. 37(7): p. 1296-302.
49. van den Berg, L.A., D.L. Koelman, O.A. Berkhemer, A.D. Rozeman, P.S. Fransen, D. Beumer, D.W. Dippel, A. van der Lugt, R.J. van Oostenbrugge, W.H. van Zwam, P.A. Brouwer, S. Jenniskens, J. Boiten, A.N.G.A. Lycklama, J.A. Vos, W.J. Schonewille, C.B. Majoie, and Y.B. Roos, *Type of anesthesia and differences in clinical outcome after intra-arterial treatment for ischemic stroke*. Stroke, 2015. 46(5): p. 1257-62.
50. Yoo, A.J., C.Z. Simonsen, S. Prabhakaran, Z.A. Chaudhry, M.A. Issa, J.E. Fugate, I. Linfante, D.S. Liebeskind, P. Khatri, T.G. Jovin, D.F. Kallmes, G. Dabus, O.O. Zaidat, and C. Cerebral Angiographic Revascularization Grading, *Refining angiographic biomarkers of revascularization: improving outcome prediction after intra-arterial therapy*. Stroke, 2013. 44(9): p. 2509-12.
51. Zaidat, O.O., A.J. Yoo, P. Khatri, T.A. Tomsick, R. von Kummer, J.L. Saver, M.P. Marks, S. Prabhakaran, D.F. Kallmes, B.F. Fitzsimmons, J. Mocco, J.M. Wardlaw, S.L. Barnwell, T.G. Jovin, I. Linfante, A.H. Siddiqui, M.J. Alexander, J.A. Hirsch, M. Wintermark, G. Albers, H.H. Woo, D.V. Heck, M. Lev, R. Aviv, W. Hacke, S. Warach, J. Broderick, C.P. Derdeyn, A. Furlan, R.G. Nogueira, D.R. Yavagal, M. Goyal, A.M. Demchuk, M. Bendszus, D.S. Liebeskind, C. Cerebral Angiographic Revascularization Grading, S.R.w. group, and S.T.i.C.I.T. Force, *Recommendations on angiographic revascularization grading standards for acute ischemic stroke: a consensus statement*. Stroke, 2013. 44(9): p. 2650-63.

## 7 Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Mentor und Lehrer Herrn Prof. Dr. Hartmut Brückmann bedanken, unter dessen Aufsicht und Anleitung diese wissenschaftlichen Arbeiten und die Habilitationsschrift entstanden sind. Durch seine Unterstützung und Förderung hat er sowohl meine klinische Ausbildung, als auch meine wissenschaftliche Tätigkeit maßgeblich beeinflusst.

Ausserdem möchte ich mich bei meinen früheren KollegInnen Frau Prof. Dr. Jennifer Linn, Herrn PD Dr. Jürgen Lutz und Herrn Dr. Klaus Seelos für die freundschaftliche und gute Zusammenarbeit bedanken, die zum Erfolg meiner wissenschaftlichen Arbeit viel beigetragen hat.

Allen anderen MitautorInnen möchte ich für die gemeinsam durchgeführten Projekte und die daraus entstandenen Publikationen danken.

Bei meiner Frau möchte ich mich ganz besonders für ihre Geduld und immerwährende Unterstützung bedanken.

## 8 Lebenslauf







## 9 Vollständiges Schriftenverzeichnis

in umgekehrt chronologischer Reihenfolge

Hammer A, Erbguth F, Hohenhaus M, Hammer CM, Lücking H, Gesslein M, Killer-Oberpfalzer M, Steiner HH, **Janssen H**.

Neurocritical care complications and interventions influence the outcome in aneurysmal subarachnoid hemorrhage.

BMC Neurology. 2021;21:27.

Urbach H, **Janssen H**, Linn J, Hoffmann T, Tritt S, Weber W, Wiesmann M.

Acute Neurointerventions, Covid-19 and Chest-CT: SOP and Literature Review.

Clin Neuroradiol. 2020;30:447-52.

Taschner CA, Stracke CP, Dorn F, Kadziolka KB, Kreiser K, Solymosi L, Pham M, Buhk JH, Turowski B, Reith W, Elsheikh S, Meckel S, **Janssen H**, Hammer A, Beuing O, Jansen O, Urbach H, Knauth M, Jenkner C, Chapot R.

Derivo embolization device in the treatment of unruptured intracranial aneurysms: a prospective multicenter study.

J Neurointerv Surg. 2020.

Pfefferkorn T, Röther J, Eckert B, **Janssen H**.

Brainstem encephalitis in neuroborreliosis: typical clinical course and distinct MRI findings.

Journal of Neurology. 2020.

Pfefferkorn T, Dabitz R, von Wernitz-Keibel T, Aufenanger J, Nowak-Machen M, **Janssen H**.

Acute polyradiculoneuritis with locked-in syndrome in a patient with Covid-19.

Journal of Neurology. 2020;267:1883-4.

Pfaff JAR, Maurer C, Broussalis E, **Janssen H**, Blanc R, Dargazanli C, Costalat V, Piotin M, Runck F, Berlis A, Killer-Oberpfalzer M, Hensler JT, Bendszus M, Wodarg F, Möhlenbruch MA.

Acute thromboses and occlusions of dual layer carotid stents in endovascular treatment of tandem occlusions.

J Neurointerv Surg. 2020;12:33-7.

Hammer A, Ranaie G, Yakubov E, Erbguth F, Holtmannspoetter M, Steiner HH, **Janssen H**.

Dynamics of outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage.

Aging. 2020;12:7207-17.

Hammer A, Ranaie G, Erbguth F, Hohenhaus M, Wenzl M, Killer-Oberpfalzer M, Steiner HH, **Janssen H**.

Impact of Complications and Comorbidities on the Intensive Care Length of Stay after Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage.

Scientific Reports. 2020;10:6228.

Griessenauer CJ, Enriquez-Marulanda A, Xiang S, Hong T, Zhang H, Tausky P, Grandhi R, Waqas M, Tutino VM, Siddiqui AH, Levy EI, Ogilvy CS, Thomas AJ, Ulfert C, Möhlenbruch MA, Renieri L, Limbucci N, Parra-Fariñas C, Burkhardt JK, Kan P, Rinaldo L, Lanzino G, Brinjikji W, Spears J, Müller-Thies-Broussalis E, Killer-Oberpfalzer M, Islak C, Kocer N, Sonnberger M, Engelhorn T, Ghuman M, Yang VX, Salehani A, Harrigan MR, Radovanovic I, Pereira VM, Krings T, Matouk CC, Chen K, Aziz-Sultan MA, Ghorbani M, Schirmer CM, Goren O, Dalal SS, Koch MJ, Stapleton CJ, Patel AB, Finkenzeller T, Holtmannspötter M, Buhk JH, Foreman PM, Cress M, Hirschl R, Reith W, Simgen A, **Janssen H**, Marotta TR, Dmytriw AA.

Comparison of PED and FRED flow diverters for posterior circulation aneurysms: a propensity score matched cohort study.

J Neurointerv Surg. 2020.

Schwartz C, Lenski M, Romagna A, Schichor C, Tonn JC, Brueckmann H, **Janssen H**, Liebig T, Forbrig R, Thon N.

Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for detection of postoperative intracranial pyogenic abscesses in neurosurgery.

Acta Neurochirurgica. 2019;161:985-93.

**Janssen H**, Killer-Oberpfalzer M, Lange R.

Closure of large bore 9 F arterial puncture sites with the AngioSeal STS device in acute stroke patients after intravenous recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA).

J Neurointerv Surg. 2019;11:28-30.

Griessenauer CJ, Thomas AJ, Enriquez-Marulanda A, Deshmukh A, Jain A, Ogilvy CS, Kocer N, Engelhorn T, Möhlenbruch M, Holtmannspötter M, **Janssen H**, Finkenzeller T, Reith W, Sonnberger M, Buhk JH, Schirmer CM, Killer-Oberpfalzer M.

Comparison of Pipeline Embolization Device and Flow Re-Direction Endoluminal Device Flow Diverters for Internal Carotid Artery Aneurysms: A Propensity Score-Matched Cohort Study.

Neurosurgery. 2019;85:E249-e55.

Broussalis E, Griessenauer C, Mutzenbach S, Pikijsa S, **Jansen H**, Stevanovic V, Killer-Oberpfalzer M.

Reduction of cerebral DWI lesion burden after carotid artery stenting using the CASPER stent system.

J Neurointerv Surg. 2019;11:62-7.

Killer-Oberpfalzer M, Kocer N, Griessenauer CJ, **Janssen H**, Engelhorn T, Holtmannspötter M, Buhk JH, Finkenzeller T, Fesl G, Trenkler J, Reith W, Berlis A, Hausegger K, Augustin M, Islak C, Minnich B, Möhlenbruch M.

European Multicenter Study for the Evaluation of a Dual-Layer Flow-Diverting Stent for Treatment of Wide-Neck Intracranial Aneurysms: The European Flow-Redirection Intraluminal Device Study.

AJNR Am J Neuroradiol. 2018;39:841-7.

**Janssen H**, Bruckmann H, Killer M, Heck S, Buchholz G, Lutz J.

Acute basilar thrombosis: Recanalization following intravenous thrombolysis is dependent on thrombus length.

PLoS One. 2018;13:e0193051.

Hammer A, Steiner A, Ranaie G, Yakubov E, Erbguth F, Hammer CM, Killer-Oberpfalzer M, Steiner H, **Janssen H**.

Impact of Comorbidities and Smoking on the Outcome in Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage.

Scientific Reports. 2018;8:12335.

**Janssen H**, Killer-Oberpfalzer M, Patzig M, Buchholz G, Lutz J.

Ultra-distal access of the M1 segment with the 5 Fr Navien distal access catheter in acute (anterior circulation) stroke: is it safe and efficient?

J Neurointerv Surg. 2017;9:650-3.

**Janssen H**, Berlis A, Lutz J, Thon N, Brückmann H.

State of Practice: Endovascular Treatment of Acute Aneurysmal SAH in Germany.

AJNR Am J Neuroradiol. 2017;38:1574-9.

Wollenweber FA, Remi J, Bauer A, Theiss H, Massberg S, Patzig M, Faber C, Dieterich M, **Janssen H**.

Thrombectomy recovers an aortic wall fragment from middle cerebral artery immediately after TAVI.

Neurology. 2016;86:2111-2.

von Baumgarten L, Thierfelder KM, Beyer SE, Baumann AB, Bollwein C, **Janssen H**, Reiser MF, Straube A, Sommer WH.

Early CT perfusion mismatch in acute stroke is not time-dependent but relies on collateralization grade.

Neuroradiology. 2016;58:357-65.

Thierfelder KM, Sommer WH, Ertl-Wagner B, Beyer SE, Meinel FG, Kunz WG, Buchholz G, Reiser MF, **Janssen H**.  
Prediction of Stent-Retriever Thrombectomy Outcomes by Dynamic Multidetector CT Angiography in Patients with Acute Carotid T or MCA Occlusions.  
AJNR Am J Neuroradiol. 2016;37:1296-302.

Sommer WH, Bollwein C, Thierfelder KM, Baumann A, **Janssen H**, Ertl-Wagner B, Reiser MF, Plate A, Straube A, von Baumgarten L.  
Crossed cerebellar diaschisis in patients with acute middle cerebral artery infarction: Occurrence and perfusion characteristics.  
J Cereb Blood Flow Metab. 2016;36:743-54.

Romagna A, Oehlschlagel F, **Janssen H**, Betz C, Thon N.  
Acute bilateral oculomotor paralysis and progressive visual loss after Valsalva maneuver during scuba diving.  
Journal of Neurosurgical Sciences. 2016;60:398-9.

**Janssen H**, Buchholz G, Killer M, Ertl L, Bruckmann H, Lutz J.  
General Anesthesia Versus Conscious Sedation in Acute Stroke Treatment: The Importance of Head Immobilization.  
Cardiovascular and interventional radiology. 2016;39:1239-44.

Gerstl L, Olivieri M, Heinen F, Borggraefe I, Schroeder AS, Tacke M, Vill K, Dalla-Pozza R, Reiter K, Lutz J, Brueckmann H, **Janssen H**.  
Successful mechanical thrombectomy in a three-year-old boy with cardioembolic occlusion of both the basilar artery and the left middle cerebral artery.  
European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society. 2016;20:962-5.

Bollwein C, Plate A, Sommer WH, Thierfelder KM, **Janssen H**, Reiser MF, Straube A, von Baumgarten L.  
Diagnostic accuracy of whole-brain CT perfusion in the detection of acute infratentorial infarctions.  
Neuroradiology. 2016;58:1077-85.

Thierfelder KM, Havla L, Beyer SE, Ertl-Wagner B, Meinel FG, von Baumgarten L, **Janssen H**, Ditt H, Reiser MF, Sommer WH.  
Color-coded cerebral computed tomographic angiography: implementation of a convolution-based algorithm and first clinical evaluation in patients with acute ischemic stroke.  
Invest Radiol. 2015;50:361-5.

Suchorska B, Jansen NL, Linn J, Kretzschmar H, **Janssen H**, Eigenbrod S, Simon M, Pöpperl G, Kreth FW, la Fougere C, Weller M, Tonn JC  
Biological tumor volume in 18FET-PET before radiochemotherapy correlates with survival in GBM.  
Neurology. 2015;84:710-9.

Beyer SE, von Baumgarten L, Thierfelder KM, Rottenkolber M, **Janssen H**, Dichgans M, Johnson TR, Straube A, Ertl-Wagner B, Reiser MF, Sommer WH.  
Predictive value of the velocity of collateral filling in patients with acute ischemic stroke.  
J Cereb Blood Flow Metab. 2015;35:206-12.

Beyer SE, Thierfelder KM, von Baumgarten L, Rottenkolber M, Meinel FG, **Janssen H**, Ertl-Wagner B, Reiser MF, Sommer WH.  
Strategies of collateral blood flow assessment in ischemic stroke: prediction of the follow-up infarct volume in conventional and dynamic CTA.  
AJNR Am J Neuroradiol. 2015;36:488-94.

Beyer SE, Hunink MG, Schöberl F, von Baumgarten L, Petersen SE, Dichgans M, **Janssen H**, Ertl-Wagner B, Reiser MF, Sommer WH  
Different Imaging Strategies in Patients With Possible Basilar Artery Occlusion: Cost-Effectiveness Analysis.  
Stroke. 2015;46:1840-9.

Thierfelder KM, Baumann AB, Sommer WH, Armbruster M, Opherck C, **Janssen H**, Reiser MF, Straube A, von Baumgarten L.  
Vertebral artery hypoplasia: frequency and effect on cerebellar blood flow characteristics.  
Stroke. 2014;45:1363-8.

Patzig M, Laub C, **Janssen H**, Ertl L, Fesl G.  
Pseudo-subarachnoid haemorrhage due to chronic hypoxaemia: case report and review of the literature.  
BMC Neurology. 2014;14:219.

Lummel N, Schulte-Altendorneburg G, Bernau C, Pfefferkorn T, Patzig M, **Janssen H**, Opherck C, Brückmann H, Linn J.  
Hyperattenuated intracerebral lesions after mechanical recanalization in acute stroke.  
AJNR Am J Neuroradiol. 2014;35:345-51.

Goltz JP, **Janssen H**, Petritsch B, Kickuth R.  
Launching a permanent out-of-hour interventional radiology service: single-

center experience from a German University Hospital.  
Rofo. 2014;186:136-41.

Goltz JP, **Janssen H**, Petritsch B, Kickuth R.  
Femoral placement of totally implantable venous power ports as an alternative  
implantation site for patients with central vein occlusions.  
Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of  
Supportive Care in Cancer. 2014;22:383-7.

Kunz M, Bakhshai Y, Zausinger S, Fesl G, **Janssen H**, Brückmann H, Tonn JC,  
Schichor C.  
Interdisciplinary treatment of unruptured intracranial aneurysms: impact of  
intraprocedural rupture and ischemia in 563 aneurysms.  
Journal of Neurology. 2013;260:1304-13.

Eigenbrod S, Thon N, Jansen N, **Janssen H**, Mielke J, Ruiter M, la Fougère C, Peraud  
A, Egensperger R, Kretzschmar H.  
Intramedullary pilomyxoid astrocytoma with intracerebral metastasis exhibiting  
oligodendrogloma-like features.  
Rare tumors. 2012;4:e30.

Wittsack HJ, Lanzman RS, Mathys C, **Janssen H**, Modder U, Blondin D.  
Statistical evaluation of diffusion-weighted imaging of the human kidney.  
Magn Reson Med. 2010;64:616-22.

Zickler P, Hartung HP, **Janssen H**.  
'Bubbles in the brain': retrograde venous air embolism in the cavernous sinus.  
European Neurology. 2009;61:318.

Blondin D, Seitz RJ, Rusch O, **Janssen H**, Andersen K, Wittsack HJ, Turowski B.  
Clinical impact of MRI perfusion disturbances and normal diffusion in acute  
stroke patients.  
European Journal of Radiology. 2009;71:1-10.



## 10 Kommentierte Publikationen

zu 3.1:

Thierfelder, K.M., W.H. Sommer, B. Ertl-Wagner, S.E. Beyer, F.G. Meinel, W.G. Kunz, G. Buchholz, M.F. Reiser, and H. Janssen, Prediction of Stent-Retriever Thrombectomy Outcomes by Dynamic Multidetector CT Angiography in Patients with Acute Carotid T or MCA Occlusions. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2016. 37(7): p. 1296-302.  
<https://www.ajnr.org/content/37/7/1296>

zu 3.2:

Janssen, H., H. Bruckmann, M. Killer, S. Heck, G. Buchholz, and J. Lutz, Acute basilar thrombosis: Recanalization following intravenous thrombolysis is dependent on thrombus length. *PLoS One*, 2018. 13(2): p. e0193051.  
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0193051>

zu 3.3:

Janssen, H., M. Killer-Oberpfalzer, M. Patzig, G. Buchholz, and J. Lutz, Ultra-distal access of the M1 segment with the 5 Fr Navien distal access catheter in acute (anterior circulation) stroke: is it safe and efficient? *J Neurointerv Surg*, 2017. 9(7): p. 650-653.  
<https://jn.is.bmj.com/content/9/7/650>

zu 3.4:

Janssen, H., G. Buchholz, M. Killer, L. Ertl, H. Bruckmann, and J. Lutz, General Anesthesia Versus Conscious Sedation in Acute Stroke Treatment: The Importance of Head Immobilization. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016. 39(9): p. 1239-44.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00270-016-1411-5>

zu 3.5:

Janssen, H., M. Killer-Oberpfalzer, and R. Lange, Closure of large bore 9 F arterial puncture sites with the AngioSeal STS device in acute stroke patients after intravenous recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA). *J Neurointerv Surg*, 2019. 11(1): p. 28-30.  
<https://jn.is.bmj.com/content/11/1/28>