

Aus der Klinik für Neurologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Kommissarischer Direktor: Prof. Dr. med. Michael Gliem

**Einfluss der Narkoseform auf das *Outcome* der
mechanischen Thrombektomie - Ein retrospektiver
Vergleich zweier
Schlaganfallzentren**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von
Tim Trainer
2026

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Philipp Albrecht

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Sajjad Muhammad

In dieser Arbeit wird zur besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Bezeichnungen sind geschlechtsneutral zu verstehen und beziehen sich auf alle Geschlechter.

Zusammenfassung

Die mechanische Thrombektomie (MT) hat sich als eine der wirksamsten Behandlungsstrategien für den ischämischen Schlaganfall bei proximalen Gefäßverschlüssen etabliert. Während die technische Durchführung der Thrombektomie standardisiert ist, besteht Uneinigkeit über die optimale Narkoseform. In der klinischen Praxis kommen dabei vorrangig zwei Verfahren zum Einsatz: die Allgemeinanästhesie (GA) und die Wachsedierung mit oder ohne Lokalanästhesie (CS). Zahlreiche Studien und Metaanalysen haben den Einfluss der Narkoseform auf das funktionelle *Outcome*, die periinterventionelle Sicherheit und die Erfolgsrate der Rekanalisation untersucht, jedoch mit heterogenen Ergebnissen. Die Kliniken Maria Hilf in Mönchengladbach (überwiegend GA) und das Universitätsklinikum Düsseldorf (überwiegend keine GA) boten als benachbarte große Schlaganfallzentren ideale Voraussetzungen für eine gemeinsame Datenauswertung. Es erfolgte ein Vergleich zwischen den Subgruppen „Keine Allgemeinanästhesie – keine GA“ (n = 103) und „Allgemeinanästhesie wegen der Thrombektomie - GA“ (n = 86). Bezüglich demographischer Faktoren wie Alter und Geschlecht zeigte sich ein vergleichbares Patientenkollektiv. Ebenso war der präinterventionelle NIHSS mit einem Median von 13 identisch. In der Gruppe „Keine Allgemeinanästhesie“ zeigte sich eine niedrigere Latenz bis zur Leistenpunktion („*Time to Groin*“, 57 min vs. 83 min, $p < 0,001$) und eine niedrigere Krankenhausverweildauer (8 Tage vs. 15 Tage, $p < 0,001$). Außerdem ergab sich ein niedrigerer Anteil der Notwendigkeit einer postinterventionellen intensivmedizinischen Betreuung (2,9 % vs. 94,2 %, $p < 0,001$). In der Gruppe der Patienten, welche eine GA erhielten, zeigte sich ein höherer Anteil an komplikativen Pneumonien (33,7 % vs. 8,7 %, $p < 0,001$). Außerdem erlitten Patienten in dieser Gruppe zu einem höheren Anteil mehr als eine der vordefinierten Komplikationen im Rahmen des stationären Verlaufes (22,1 % vs. 10,7 %, $p = 0,032$). Beim Vergleich der Mortalitätsraten, des funktionellen *Outcomes* (NIHSS, mRS) sowie der erfolgreichen Rekanalisationsraten (TICI 2c/3) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Unsere Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass der Verzicht auf eine GA im Rahmen einer Thrombektomie zur Reduktion der *Time to Groin*, der Pneumonie-Rate sowie der Krankenhausverweildauer führen könnte.

Summary

The mechanical thrombectomy is established as one of the most effective treatment strategies for ischemic stroke in large vessel occlusions.

While the technical implementation of thrombectomy is standardized, there is discord about the type of anesthesia. In clinical practise two approaches are mainly used: general anesthesia (GA) and conscious sedation with or without local anesthesia (CS).

Many studies and meta-analyses have investigated the impact of anesthesia type on functional outcomes, periinterventional safety, and successful recanalization rates, but there are heterogeneous results.

Kliniken Maria Hilf in Mönchengladbach (mainly GA) and Universitätsklinikum Düsseldorf (mainly no GA) provided best conditions for a common data analysis as they are two large and neighboring stroke centers.

A comparison was made between the subgroups “no GA” (n = 103) and “general anesthesia because of thrombectomy – GA” (n = 86).

Concerning demographic factors such as age and sex the groups were comparable. As well the preinterventional NIHSS showed the same median of 13.

In the “no GA” group a shorter latency to groin puncture (“Time to Groin“) was observed (57 min vs. 83 min, $p < 0,001$), and also a shorter length of hospital stay (8 days vs. 15 days, $p < 0,001$).

Additionally the frequency of post-interventional intensive care was significantly lower in this group (2.9 % vs. 94.2 %, $p < 0,001$).

In the GA-group we noticed a higher rate of pneumonia (33.7 % vs. 8.7 %, $p < 0,001$). Moreover patients in this group suffered more often more than one predefined complication during their hospitalization (22.1 % vs. 10.7 %, $p = 0,032$).

When comparing mortality rates, functional outcomes (NIHSS, mRS) and successful recanalization rates (TICI 2c/3), there were no significant differences between the groups.

Our results provide an indication, that avoiding GA while thrombectomy could reduce the “Time to Groin“, pneumonia rate and the length of hospital stay.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
A.	Arteria
ACC	Arteria carotis communis
ACI	Arteria carotis interna
Abb.	Abbildung
CS	<i>Conscious Sedation</i>
CT	Computertomographie
DGN	Deutsche Gesellschaft für Neurologie
EDB	Epidurale Blutung
GA	<i>General Anaesthesia</i>
Gr.	Gruppe
ICB	Intracerebrale Blutung
IQR	<i>Interquartile Range</i>
LA	<i>Local Anaesthesia</i>
LVO	<i>Large Vessel Occlusion</i>
Min	Minuten
MT	Mechanische Thrombektomie
MRT	Magnetresonanztomographie
mRS	<i>modified Rankin Scale</i>
n	Anzahl
NIHSS	<i>National Institutes of Health Stroke Scale</i>
p	p-Wert
RCT	Randomized Controlled Trial
rt-PA	<i>recombinant tissue Plasminogen Activator</i>
SAB	Subarachnoidale Blutung
SDH	Subdurales Hämatom
TICI	<i>Thrombolysis In Cerebral Infarction</i>
vs.	versus

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der akute ischämische Schlaganfall.....	1
1.1.1	Epidemiologie	1
1.1.2	Ätiologie und Pathophysiologie.....	1
1.2	Rekanalisierende Therapie.....	3
1.2.1	Systemische Thrombolysetherapie	3
1.2.2	Die mechanische Thrombektomie	4
1.3	Einordnung in den wissenschaftlichen und klinischen Hintergrund.....	5
1.4	Ziele der Dissertation.....	12
1.5	Hypothese der Dissertation	12
2	Material und Methoden	13
2.1	Beschreibung der Studienpopulation.....	13
2.2	Einschluss- und Ausschlusskriterien	13
2.3	Erhebungsmethoden und Datenquellen	13
2.4	Definition der Baseline- und Outcome-Parameter	14
2.5	Statistische Methoden der Auswertung	15
2.6	Einteilung anhand der Sedierungsmodalität.....	15
2.7	Subgruppenanalyse.....	17
3	Ergebnisse	18
3.1	Demographische Verteilung	18
3.2	Klinische Basisparameter	20
3.2.1	Neurologischer Status.....	20
3.2.2	Klinische Symptomatik.....	20
3.2.3	Lokalisation des Schlaganfalls.....	21
3.2.4	Klinische Begleitfaktoren.....	21
3.2.5	Örtliche Faktoren	22
3.3	Analyse der Outcome-Parameter	24
3.3.1	Effektivitätsparameter	24
3.3.2	Komplikationen im stationären Aufenthalt.....	28
3.4	Subgruppenanalyse.....	31
3.4.1	Subgruppe „Aphasie“	31
3.4.2	Subgruppe „Systemische Thrombolysetherapie“	32
3.4.3	Subgruppe „präinterventioneller NIHSS kleiner oder gleich 7“	33
4	Diskussion	34
4.1	Interpretation der Ergebnisse	34
4.2	Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext und Schlussfolgerungen.....	37
4.3	Limitationen, mögliche Fehlerquellen und Ausblick.....	40
5	Literaturverzeichnis.....	42

1 Einleitung

1.1 Der akute ischämische Schlaganfall

Der ischämische Schlaganfall kennzeichnet sich durch eine lokale Durchblutungsstörung des Gehirns, welche klinisch mit einem fokal-neurologischen Defizit einhergeht. Der „Hirnfarkt“ entspricht dabei der mittels Bildgebung nachweisbaren Schädigung des Hirngewebes. Bei letzterem kommt es durch den anhaltenden Sauerstoffmangel zum Absterben des von der Durchblutungsstörung betroffenen Hirngewebes. [1].

1.1.1 Epidemiologie

Der Schlaganfall ist von großer epidemiologischer Bedeutung. So erleiden in Deutschland ungefähr 270.000 Menschen pro Jahr einen Schlaganfall. [1]

Hierbei zeigt sich eine mit dem Alter zunehmende Inzidenz. Der Schlaganfall ist sowohl eine häufige Todesursache als auch die „häufigste Urs.(ache) dauerhafter Behinderung“. [2]

Auf europäischer Ebene betrachtet wird die sozioökonomische Bedeutung des Schlaganfalls deutlich. So erlitten in der Europäischen Union im Jahr 2017 1,12 Millionen Menschen einen Schlaganfall; es kam außerdem zu 460.000 schlaganfallbedingten Todesfällen sowie zu 7,06 Millionen „*disability-adjusted life years lost because of stroke*“ [3]. Die durch Schlaganfälle verursachten Kosten - einschließlich Behandlungskosten und Produktivitätsausfälle - wurden im Jahr 2017 auf 45 Milliarden Euro geschätzt. [3] Eine Modellierung für das Jahr 2047 prognostiziert eine Zunahme der Schlaganfall-Inzidenz um 3 % (+ 40.000 Schlaganfälle) sowie eine Zunahme der Anzahl an Menschen, welche mit den Folgen eines Schlaganfalls leben, um 27 %. [3]

1.1.2 Ätiologie und Pathophysiologie

Zu den nicht beeinflussbaren Risikofaktoren für die Entwicklung eines ischämischen Schlaganfalls gehören das Alter und das männliche Geschlecht. Mit zunehmendem Lebensalter steigt das Risiko für zerebrale Durchblutungsstörungen an.

Besonders relevant - insbesondere für die Prophylaxe des ischämischen Schlaganfalls - sind die vaskulären Risikofaktoren: arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Nikotin- und Alkoholkonsum, Fettstoffwechselstörungen.

Dazu kommen Herzrhythmusstörungen wie Vorhofflimmern oder strukturelle Herzveränderungen wie beispielsweise ein persistierendes Foramen ovale. Darüber hinaus gibt es zahlreiche genetische Prädispositionen, so beispielsweise angeborene Thrombophilien bzw. Gerinnungsstörungen.[2]

Pathophysiologisch lässt sich eine Einteilung in drei wesentliche Gruppen vornehmen:

Embolische Infarkte durch arterioarterielle oder kardiale Embolien führen oft durch den Verschluss proximaler Hirngefäße zu Territorialinfarkten.

Arterioarterielle Embolien entstehen auf der Basis einer fortschreitenden, chronischen Makroangiopathie, in der Regel im Rahmen der Arteriosklerose, und sind für 40 - 50 % aller ischämischen Schlaganfälle verantwortlich.[2] Ein abgelöster Thrombus führt zum Verschluss eines oftmals proximalen Hirngefäßes.

Kardiale Embolien verursachen 30 - 40 % aller cerebralen Ischämien. Die Thromben, welche beispielsweise im Rahmen eines Vorhofflimmerns entstehen, sind oftmals instabiler und können zu mehreren kleinen Gerinnseln zerfallen, welche multiple Infarkte im folgenden Gefäßabschnitt verursachen können.

Davon abzugrenzen sind mikroangiopathische Infarkte, welche für etwa 20 % der zerebralen Ischämien verantwortlich sind. Hierbei kommt es aufgrund einer Durchblutungsstörung der kleinen Gefäße - oftmals hervorgerufenen durch Arteriosklerose - zu umschriebenen bzw. lakunären Infarkten.

Zuletzt zu erwähnen sind an dieser Stelle die hämodynamisch bedingten Infarkte: In der Regel kommt es aufgrund einer hochgradigen Stenosierung eines hirnversorgenden Gefäßes zu zerebralen Ischämien, wenn lokal keine ausreichende Durchblutung des betroffenen Hirngewebes erfolgen kann. Die Infarkte präsentieren sich oftmals in der sogenannten Grenzzone. Hierbei handelt es sich um Schlaganfälle in Gehirnarealen, welche an der Überschneidungsstelle der Versorgungsgebiete zweier großer Arterien lokalisiert sind.[4]

Auch nach globalen Durchblutungsstörungen - beispielsweise durch einen Herzkreislaufstillstand hervorgerufen - kommt es zu hämodynamischen Infarkten.[1, 2].

Für den Einsatz der mechanischen Thrombektomie und somit auch für diese Arbeit spielt der Verschluss proximaler Hirngefäße durch arterioarterielle oder kardiale Embolien eine übergeordnete Rolle.

1.2 Rekanalisierende Therapie

Zur rekanalisierenden Akutbehandlung des ischämischen Schlaganfalls stehen zwei Therapieoptionen zur Verfügung: die systemische Thrombolysetherapie und die mechanische Thrombektomie.[1]

1.2.1 Systemische Thrombolysetherapie

Bei dieser Therapieform erfolgt eine intravenöse Behandlung mit rt-PA (Alteplase) oder Tenecteplase nach Abwägung des Nutzens und der Risiken der Therapie. Klassischerweise erfolgt die Behandlung innerhalb von 4,5 Stunden nach Symptombeginn, wenn keine Kontraindikationen vorliegen.[5] Der therapeutische Effekt der Thrombolyse ist zeitabhängig, sodass eine schnellstmögliche Behandlung anzustreben ist.[6]

Eine obere Altersgrenze für die systemische Thrombolysetherapie ist nicht definiert. Die Behandlung kann unter Abwägung der Risiken auch im erweiterten Zeitfenster (bis 9 Stunden nach Symptombeginn) unter Einbeziehung von *Mismatch*-Bildgebung (CT oder MRT) erfolgen.[7]

Bei der *Mismatch*-Bildgebung geht es darum, den Infarktkern von der potenziellen Penumbra abzugrenzen, um so eine sorgfältige und fundierte Indikation zur Akuttherapie stellen zu können.[8] Typischerweise wird zur Durchführung der systemischen Thrombolyse das Medikament Alteplase verwendet. Es wird initial ein Bolus (10 % der Gesamtdosis) verabreicht, anschließend wird die verbleibende Menge über 60 Minuten infundiert. [1, 2]

Nachdem mittlerweile die Zulassung zur Behandlung akuter Hirninfarkte erweitert wurde, kann alternativ auch Tenecteplase zur systemischen Thrombolysetherapie eingesetzt werden. [9]

Die Studie von Xiong et al.[10] aus dem Jahr 2024 untersuchte zusätzlich den Effekt von Tenecteplase im erweiterten Zeitfenster zwischen 4,5 und 24 Stunden nach Symptombeginn bei einem Verschluss eines großen Hirngefäßes (A. carotis interna

oder A. cerebri media) und fehlendem Zugang zur mechanischen Thrombektomie. In der Gruppe der Patienten, welche eine Therapie mit Tenecteplase erhielten, zeigte sich anhand des mRS ein niedrigerer Grad der Behinderung bei ähnlichen Mortalitätsraten nach 90 Tagen im Vergleich zur Gruppe der Standardtherapie. In der Tenecteplase-Gruppe zeigte sich jedoch eine höhere Rate symptomatischer intrazerebraler Blutungen.[10]

1.2.2 Die mechanische Thrombektomie

Die mechanische Thrombektomie hat in den letzten Jahren in der Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls massiv an Bedeutung gewonnen. Insbesondere die Kombination der systemischen Thrombolyse mit der mechanischen Thrombektomie hat sich bewiesen. [1]

Wegweisend für die Bedeutung der mechanischen Thrombektomie waren einige randomisierte Studien aus dem Jahr 2015, insbesondere die MR CLEAN-Studie[11]: Hierbei konnte bei der Durchführung der mechanischen Thrombektomie ein Zusatznutzen in Bezug auf die „funktionelle Unabhängigkeit“[11] von Schlaganfall-Patienten nachgewiesen werden.

Die EXTEND-IA Studie bestätigte den Zusatznutzen der Thrombektomie gegenüber einer alleinigen Lysetherapie durch den Nachweis eines besseren Rückgangs der neurologischen Defizite im Sinne eines „*early neurologic recovery*“[12] sowie eines besseren „funktionalen *Outcomes* nach 90 Tagen“[12].

In der ESCAPE Studie[13] zeigte sich durch die Durchführung der Thrombektomie nicht nur eine Besserung des funktionalen *Outcomes*, sondern auch eine reduzierte Mortalität.

Zu ähnlichen Ergebnissen bezüglich der Verbesserung des funktionalen *Outcomes* durch die Thrombektomie kamen auch die Studien REVASCAT[14] und SWIFT PRIME[15]. Auch die THRACE[16]-Studie aus dem Jahr 2016 bestätigte, dass die mechanische Thrombektomie in Kombination mit der systemischen Thrombolyse eine Verbesserung des funktionellen Ergebnisses bewirkt.

Aufgrund dieser überzeugenden Studienlage hat die mechanische Thrombektomie Einzug in die DGN-Leitlinie „Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls“[1] gefunden und wird an spezialisierten Schlaganfallzentren mit einer ständigen Verfügbarkeit angeboten.

Ähnlich wie bei der systemischen Thrombolysetherapie gilt auch bei der mechanischen Thrombektomie, dass die Therapie möglichst frühzeitig nach Symptombeginn eingeleitet werden sollte, um den Effekt der Behandlung zu maximieren.[1]

Für Gefäßverschlüsse des vorderen Kreislaufs gilt, dass innerhalb von 6 Stunden nach Symptombeginn eine Thrombektomie erfolgen soll. Bei Überschreiten der 6 Stunden kann die Indikation zur Thrombektomie ähnlich wie bei der systemischen Lysetherapie durch ergänzende *Mismatch*-Bildgebung und Nachweis einer relevanten Penumbra gestellt werden.

Auch zur Therapie ischämischer Schlaganfälle bei Gefäßokklusionen im vertebrobasilären Stromgebiet wird die mechanische Thrombektomie unter Einbeziehung klinischer und radiologischer Parameter empfohlen.[1]

Zur Graduierung des Ausmaßes der erlangten Reperfusion wird in der Regel der erweiterte TICI-Score verwendet.

Tabelle 1: Erweiterter *Thrombolysis in Cerebral Infarction (TICI)* Score

Score	
0	Keine Reperfusion
1	Penetration, keine Perfusion
2a	Teilweise Perfusion, < 50 % des Territoriums
2b	Substanzielle Perfusion, mindestens 50 % des Territoriums
2c	Fast vollständige Perfusion, bis auf distale kortikale Flussverlangsamungen oder Embolien
3	Vollständige Perfusion mit regelrechter Füllung auch aller distalen Gefäßäste

Tabelle 1: Erweiterter *Thrombolysis in Cerebral Infarction (TICI)* Score, modifiziert und vereinfacht nach Goyal et al.[17]

1.3 Einordnung in den wissenschaftlichen und klinischen Hintergrund

Die mechanische Thrombektomie hat bei der Akutbehandlung des embolisch-ischämischen Schlaganfalls in den letzten Jahren fortwährend an Bedeutung gewonnen. Mit diesem Verfahren steht neben der systemischen Thrombolyse ein minimal-invasives Verfahren zur Behandlung proximaler Gefäßverschlüsse (*Large Vessel Occlusion, LVO*) zur Verfügung.

Die wesentlichen Studien im Zusammenhang mit der Etablierung der Thrombektomie sind in Abb. 1 chronologisch aufgeführt.

Die Thrombektomie hat aufgrund der guten Evidenzlage der Schlüsselstudien (MR CLEAN, EXTEND-IA, ESCAPE, REVASCAT, SWIFT PRIME, THRACE)[11-16] Einzug in die Leitlinien zur Akuttherapie des Schlaganfalls gefunden.

Insbesondere wird eine Kombination der systemischen Thrombolysetherapie und der mechanischen Thrombektomie empfohlen, wenn dies anhand der patientenspezifischen Faktoren möglich und sinnvoll ist.[1]

Weitere Studien haben den Einsatz der Thrombektomie auch im erweiterten Zeitfenster ermöglicht.

So konnte in der DAWN-Studie[18] aus dem Jahr 2018 gezeigt werden, dass die Durchführung der Thrombektomie im Zeitfenster zwischen 6 und 24 Stunden das funktionelle *Outcome* der Patienten verbessern kann, wenn ein entsprechendes *Mismatch* zwischen klinischer Symptomatik und Infarktvolumen vorliegt.[18]

Die aus demselben Jahr stammende DEFUSE 3 Studie[19] zeigte einen ähnlichen Effekt der Thrombektomie im erweiterten Zeitfenster zwischen 6 und 16 Stunden. Die Durchführung der Thrombektomie bei Patienten mit einem Verschluss der proximalen A. cerebri media oder A. carotis interna und entsprechenden Charakteristika in der Perfusions-Bildgebung bewirkte ein verbessertes funktionelles *Outcome* nach 90 Tagen.[19]

Dem folgend wird an spezialisierten Schlaganfallzentren die mechanische Thrombektomie mit einer ganzjährigen 24/7-Bereitschaft durchgeführt, um die bestmögliche Patientenversorgung zu ermöglichen.

Bei der Durchführung der Intervention bestehen jedoch Unterschiede in der verwendeten Narkoseform. Während an einigen Kliniken regelmäßig eine Allgemeinanästhesie (GA) eingesetzt wird, verwenden anderen Kliniken überwiegend lokalanästhetische Verfahren und/oder eine leichte medikamentöse Sedierung im Wachzustand („Wachsedierung“, CS).

Beide Narkoseformen weisen aus theoretischer Perspektive sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Bei Verwendung einer Lokalanästhesie/Sedierung könnte die Verzögerung bis zur Intervention und Rekanalisation geringer sein als bei einer Allgemeinanästhesie, welche eine zeitaufwendigere Einleitung erfordern kann. Außerdem besteht durch den Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie während der Intervention die Möglichkeit einer Überwachung des neurologischen Status, sodass

mögliche Komplikationen der Intervention und deren Auswirkungen (z.B. iatrogene Gefäßverletzungen) frühzeitig detektiert werden könnten.

Die Allgemeinanästhesie wiederum könnte zu einer erhöhten Patientensicherheit während der Intervention beitragen, da plötzliche Bewegungen der Patienten und eine damit verbundene Beeinflussung der Intervention vermieden werden könnten. So könnte möglicherweise das Risiko intraprozeduraler Komplikationen wie beispielsweise Gefäßverletzungen reduziert werden.

Demgegenüber könnte eine Allgemeinanästhesie negative Einflüsse auf die Hämodynamik bedingen, insbesondere relevante Abfälle des Blutdrucks im Rahmen der Narkoseeinleitung sind denkbar. Durch eine mit der Narkose verbundene ausgeprägte Blutdruckvariabilität könnten negative Auswirkungen auf das neurologische *Outcome* resultieren.[20]

Vor dem Hintergrund dieser theoretischen Überlegungen wurden bereits einige Studien und Metanalysen durchgeführt, die jedoch zu heterogenen Ergebnissen kamen. In Tabelle 2 sind die wesentlichen Studien in chronologischer Reihenfolge dargestellt. Während die zwischen 2016 und 2018 publizierten Studien „SIESTA“[21], „GOLIATH“[22] und „AnStroke“[23] keine signifikanten Unterschiede zwischen den verwendeten Anästhesie-Verfahren zeigen konnten, ergab die Metaanalyse „HERMES“ ein schlechteres funktionelles *Outcome* bei der Durchführung einer Allgemeinanästhesie gegenüber einer „Wachsedierung“.[24, 25]

Darauffolgend wurden weitere Studien publiziert, welche zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen. Im Folgenden werden einige ausgewählte Studien in chronologischer Reihenfolge beschrieben, um die Komplexität der Fragestellung zu verdeutlichen.

Im Jahr 2019 wurde eine Multicenter-Studie von Powers et al.[26] publiziert, in welcher der Einfluss der Narkoseform explizit im erweiterten Zeitfenster (6 - 16 Stunden nach *Onset*) untersucht wurde. Die Analyse zeigte ein verbessertes funktionelles *Outcome* sowie bessere Zeitintervalle in Hinblick auf die Intervention in der CS-Gruppe.

In einer Studie von Wu et al. aus dem Jahr 2019[27] wurden 187 Patienten mit ischämischem Schlaganfall eingeschlossen. Es ergab sich beim Vergleich zwischen *local anaesthesia* (LA) und *general anaesthesia* (GA) kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf die funktionelle Beeinträchtigung und Komplikationsraten.[27]

Eine chinesische Studie aus dem Jahr 2020 von Ren et al.[28] zeigte bei der Verwendung einer CS gegenüber einer GA ebenfalls keinen Unterschied auf das funktionelle *Outcome* und die Mortalität. Es stellte sich jedoch heraus, dass es unter Verwendung von CS zu weniger Pneumonien und tendenziell stabileren hämodynamischen Verhältnissen kam.[28]

Ebenfalls aus dem Jahr 2020 stammt die Analyse aus dem „MR CLEAN Registry“ von Goldhoorn et al..[29] Es wurden drei verschiedene Sedierungsmodalitäten in Bezug auf das funktionelle *Outcome* verglichen: Lokalanästhesie, Allgemeinanästhesie und Wachsedierung. Bei der Verwendung der Lokalanästhesie zeigte sich ein besseres funktionelles *Outcome* als bei der Allgemeinanästhesie und bei dieser wiederum ein besseres funktionelles *Outcome* als bei der Wachsedierung.[29]

Die Studie von Feil et al. aus dem Jahr 2021 fiel zugunsten der „Wachsedierung“ aus. Hier zeigten sich gegenüber der Allgemeinanästhesie weniger Komplikationen und eine geringere Mortalität, außerdem Vorteile in Bezug auf das funktionelle *Outcome* sowie relevante Zeitintervalle wie die *Time to Groin*. [30]

Eine Studie von Zhang et al.[31] aus dem Jahr 2022 zeigte anhand der Analyse von 451 Fällen ein ähnliches „funktionelles *Outcome*“[31] beim Vergleich zwischen GA und CS.

Im Jahr 2023 wurde eine Metaanalyse von Campbell et al. veröffentlicht, welche sieben RCTs beinhaltet.[32] In dieser Analyse zeigte sich ein günstigeres Ergebnis bezüglich Rekanalisationsraten und des funktionellen *Outcomes* in der GA-Gruppe. Erwähnenswert ist auch die Metaanalyse von Jia et al.[33] aus dem Jahr 2024, welche acht randomisiert kontrollierte Studien eingeschlossen hat. Es zeigte sich beim Vergleich der Gruppen „Allgemeinanästhesie - GA“ und „Wachsedierung - CS“ kein Unterschied in Bezug auf die funktionelle Beeinträchtigung nach 3 Monaten, wobei in der GA-Gruppe einerseits eine leicht höhere Rate an erfolgreichen Rekanalisationen und andererseits eine höhere Rate an Pneumonien und Hypotensionen aufzuweisen war.[33]

Kongruente Ergebnisse lieferte auch die Metaanalyse von Shenhui et al. aus dem Jahr 2024.[34] Sie schloss ebenfalls acht randomisiert kontrollierte Studien ein, um den Effekt einer Allgemeinanästhesie mit dem einer Sedierung zu vergleichen. Hierbei stellte sich in der Gruppe der Allgemeinanästhesie eine höhere Rekanalisationsrate dar (84,3 vs. 70,7 %). Das funktionelle *Outcome* in Bezug auf

NIHSS nach 24 - 48 Stunden und mRS nach 3 Monaten zeigte in beiden Gruppen jedoch keinen Unterschied. Die Gruppe der Allgemeinanästhesie wies jedoch eine leicht erhöhte Rate an pulmonalen Infektionen auf.[34]

In einer aktuellen Multicenter-Studie von Heitkamp et al. aus dem Jahr 2025 wurde der Effekt des Anästhesie-Verfahrens bei Thrombektomie-Patienten mit *Minor Stroke* (NIHSS < 6) im vorderen Stromgebiet untersucht. Hierbei ergaben sich Hinweise für ein besseres funktionelles *Outcome* bei Verwendung einer Wachsedierung / Lokalanästhesie gegenüber einer Allgemeinanästhesie [35].

Eine weitere Subgruppenanalyse von Doheim et al.[36] aus dem Jahr 2025 untersuchte den Effekt der Anästhesieformen bei Patienten mit einem distalen oder mittleren Gefäßverschluss („*distal or medium vessel occlusions (DMVOs)*“)[36] basierend auf dem MR CLEAN Register. In der Allgemeinanästhesie-Gruppe zeigten sich höhere Rekanalisationsraten. Im funktionellen *Outcome* zeigten sich nach 90 Tagen jedoch keine Unterschiede. Bei der Subanalyse eines exzellenten funktionellen *Outcomes* (definiert als mRS 0-1) nach 90 Tagen sowie der Mortalitätsraten zeigten sich Vorteile in der Gruppe der Patienten, welche keine Allgemeinanästhesie erhalten haben.[36]

In der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN)[1] wird ebenfalls die aktuell verfügbare Evidenz beschrieben. Auch in den internationalen Schlaganfall-Leitlinien wird die Sedierungsmodalität diskutiert, sodass die Beiträge der europäischen Organisationen ESO (*European Stroke Organisation*) und ESMINT (*European Society of Minimally Invasive Neurological Therapy*) ebenso wie Beiträge der amerikanischen Schlaganfallorganisation (AHA, *American Stroke Association*) in der DGN-Leitlinie zusammengefasst und berücksichtigt wurden.[1] Zusammenfassend kann in der aktuellen DGN-Leitlinie keine eindeutige Richtlinie zur Wahl der Anästhesie- bzw. Sedierungsmodalität ausgesprochen werden. Es wird jedoch folgende Empfehlung geäußert: „Die Auswahl der Sedierungsmodalität für eine endovaskuläre Schlaganfalltherapie sollte anhand des Zustands des Patienten und der lokalen Gegebenheiten erfolgen. Zeitverzögerungen sind zu vermeiden. Ein spezialisiertes Team von Neuro-Anästhesisten oder Neuro-Intensivmedizinern sollte, wenn immer möglich, den Patienten während des Eingriffs betreuen (Konsens 100 %).“[1] (S. 119). Die obige Darstellung der aktuell verfügbaren Evidenz zeigt die Heterogenität der Datenlage auf und impliziert die

Notwendigkeit weiterer Forschung, um den Effekt der Narkoseform auf das *Outcome* bei der mechanischen Thrombektomie zu untersuchen.

Abb. 1: Wesentliche Thrombektomie-Studien zwischen 2015 und 2018

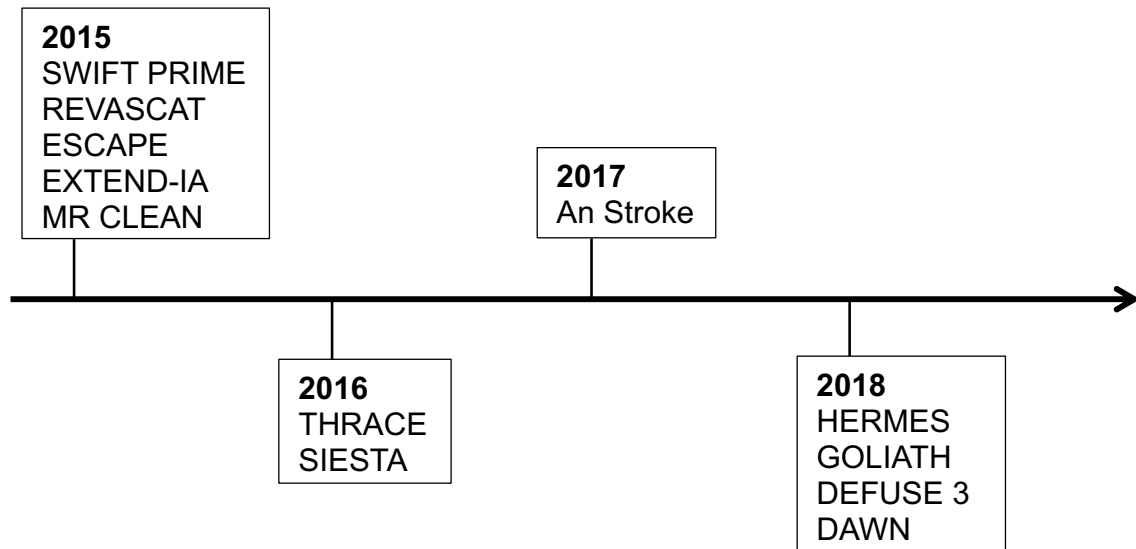


Abb. 1: Wesentliche Thrombektomie-Studien zwischen 2015 und 2018, Zeitstrahl mit Eigennamen der Studien, eigene Illustration

Tabelle 2: Übersicht der Studienlage zu den unterschiedlichen Anästhesie-Verfahren bei der mechanischen Thrombektomie

Jahr	Studie	Vorteil GA	Vorteil CS	Vorteil LA	Kein eindeutiger Unterschied
2016	SIESTA[21]				x
2017	AnStroke[23]				x
2018	GOLIATH[22]				x
2018	HERMES[24, 25]		x		
2019	Powers et al.[26]		x		
2019	Wu et al.[27]				x
2020	Ren et al.[28]		(x)		
2020	Goldhoorn et al., MR Clean Registry[29]				x
2021	Feil et al.[30]		x		
2022	Zhang et al.[31]				x
2023	Campbell et al.[32]	x			
2024	Jia et al.[33]				x
2024	Shenhui et al.[34]				x
2025	Heitkamp et al.[35]		x		
2025	Doheim et al.[36]				x

Tabelle 2: Übersicht der Studienlage zu den unterschiedlichen Anästhesie-Verfahren bei der mechanischen Thrombektomie. Eigene Darstellung. GA = *General Anaesthesia*, CS = *Conscious Sedation*, LA = *Local Anaesthesia*. Die Tabelle dient lediglich dem orientierenden Überblick, ohne die differenzierten Studienergebnisse bezüglich einzelner *Outcome*-Parameter zu unterscheiden. Ein „x“ steht für einen Vorteil, ein „(x)“ steht für einen lediglich leichten Vorteil.

1.4 Ziele der Dissertation

Mit den Kliniken Maria Hilf in Mönchengladbach und dem Universitätsklinikum Düsseldorf liegen zwei große Schlaganfallzentren in unmittelbarer räumlicher Nähe. In beiden Kliniken wird die mechanische Thrombektomie mit einer ganzjährigen 24/7-Bereitschaft durchgeführt. In den Kliniken Maria Hilf wird zur Durchführung der Thrombektomie überwiegend eine Allgemeinanästhesie genutzt, während die Intervention am Universitätsklinikum Düsseldorf überwiegend im Wachzustand durchgeführt wird.

Somit bestanden gute Voraussetzungen, um die Datensätze der beiden Kliniken in eine gemeinsame Analyse einfließen zu lassen und eine Untersuchung zum Einfluss der Narkoseform auf verschiedene *Outcome*-Parameter bei der mechanischen Thrombektomie durchzuführen.

Trotz zahlreicher Studien ist aktuell unklar, ob bei der Durchführung der Thrombektomie die Verwendung einer Allgemeinanästhesie gegenüber der Durchführung im Wachzustand Vor- oder Nachteile im Hinblick auf *Outcome*-Parameter oder Komplikationen aufweist. Diese Wissenslücke wird von der vorliegenden Arbeit adressiert.

Anhand der retrospektiven Analyse der vorliegenden Daten erhoffen wir uns weitere Rückschlüsse auf patientenrelevante Faktoren in Bezug auf die verwendete Narkoseform bei der mechanischen Thrombektomie.

1.5 Hypothese der Dissertation

Die Hypothese der Studie bestand darin, dass die Durchführung der Thrombektomie unter (Wach-) Sedierung gegenüber einer Allgemeinanästhesie ein gleichwertiges oder besseres Ergebnis in Bezug auf relevante Parameter wie Mortalität, Komplikationsrate, funktionelles *Outcome* und zeitliche Intervalle (Krankenhausaufenthaltsdauer, *Time to Groin*) zeigt.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung der Studienpopulation

Es handelt sich um eine retrospektive Auswertung aus Daten von Thrombektomie-Patienten, die an den Kliniken Maria Hilf in Mönchengladbach und am Universitätsklinikum Düsseldorf im Zeitraum zwischen 2020 und 2022 behandelt wurden.

Es wurden von Ende 2022 ausgehend jeweils 100 Fälle pro Zentrum erhoben.

Die Erfassung der Daten erfolgte in anonymisierter Form.

Eine Genehmigung durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf ist erfolgt (Studien-Nummer 2023-2702).

2.2 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Als Einschlusskriterium wurde die Durchführung einer mechanischen Thrombektomie bei akutem Schlaganfall im Zeitraum zwischen 2020 und 2022 an den Kliniken Maria Hilf in Mönchengladbach oder am Universitätsklinikum Düsseldorf definiert. Ausschlusskriterien wurden vorab nicht definiert.

2.3 Erhebungsmethoden und Datenquellen

Grundlage der Datenerhebung waren die vorliegenden Schlaganfall-Register bzw. Datenbanken der Kliniken Maria Hilf und des Universitätsklinikums Düsseldorf, welche im Rahmen der klinischen Praxis aufgezeichnet wurden.

Die erforderlichen Daten wurden über die (elektronische) Patientenakte, ADSR (Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Schlaganfall-Register)-Bögen und radiologischen Befunde erhoben und im Folgenden in einer Excel-Tabelle zusammengefasst.

2.4 Definition der *Baseline*- und *Outcome*-Parameter

Im Folgenden werden die für diese Arbeit bedeutsamsten Parameter im Rahmen der Datenerhebung beschrieben:

- **Demographische Daten:** Geschlecht, Patientenalter
- **Baseline-Charakteristika:** NIHSS und mRS präinterventionell, Seitenlokalisierung des Gefäßverschlusses, Bezeichnung des betroffenen Gefäßes, gerinnungswirksame Vormedikation (Thrombozytenfunktionshemmer, Antikoagulantien), vorbestehendes kardiovaskuläres Risikoprofil (arterielle Hypertonie, Vorhofflimmern, Hyperlipoproteinämie, Nikotinkonsum, Adipositas, Diabetes mellitus), Schlaganfallsymptomatik, gleichzeitige Durchführung einer systemischen Thrombolysetherapie, Sedierungsregime, Zentrum (Kliniken Maria Hilf, Universitätsklinikum Düsseldorf)
- **Effektivitätsparameter:** Interventionsdauer, *Time to Groin*, Rekanalisationsgrad (TICI-Score), postinterventionelle Verlegung auf die Intensivstation, Überlebensrate bis zur Entlassung, NIHSS und mRS bei Entlassung, Krankenhausaufenthaltsdauer.
- **Erfassung der Komplikationen:**
 - Intrakranielle Blutungskomplikationen (ICB, SAB, SDH, EDB)
 - Gefäß-Rezidiv-Verschluss
 - Auftreten eines epileptischen Anfalls
 - Atemwegskomplikationen bei der Intervention
 - Indikation zur Kraniektomie durch (drohenden) Hirndruck
 - Pneumonie
 - Delir
 - Blutung und Aneurysma im Bereich der Punktionsstelle (Leiste)
 - postinterventionelles Nierenversagen (Anstieg des Serum-Kreatinins > 0,2 mg/dl).

2.5 Statistische Methoden der Auswertung

Im Anschluss an die Datenerhebung erfolgte eine statistische Analyse in Bezug auf oben genannte Parameter mit der Software „SPSS“. Zunächst wurden Tests auf Normalverteilung (u.a. mit Kolmogorov-Smirnov- und Shapiro-Wilk-Test) zur Festlegung der weiteren statistischen Tests durchgeführt. Mögliche Assoziationen der beiden Narkoseformen mit den oben genannten *Outcomes* wurden mit folgenden statistischen Verfahren analysiert:

- Chi-Quadrat-Test
- Mann-Whitney-U-Test

Als Signifikanzniveau wurde 0,05 festgelegt. Nach Berechnung der p-Werte wurden ergänzend die Effektstärken ermittelt. Zur Berechnung der Effektstärken wurden der Korrelationskoeffizient r von Pearson und der Betrag von Phi bzw. Cramer's V verwendet. Für die graphische Darstellung der Ergebnisse wurde neben „SPSS“ auch „R“ verwendet.

2.6 Einteilung anhand der Sedierungsmodalität

Es wurden 200 Fälle, je 100 Fälle von den Kliniken Maria Hilf und 100 Fälle vom Universitätsklinikum Düsseldorf analysiert.

Die statistische Auswertung erfolgte jedoch nicht zentrumsspezifisch, sondern durch die Definition von vier Sedierungskategorien:

1. **Gruppe 1 (Keine Allgemeinanästhesie – keine GA):** Die erste Kategorie beschreibt „Keine Allgemeinanästhesie“. In unserer Studienpopulation betraf dies 103 Patienten ($n = 103$).
2. **Gruppe 2 (Allgemeinanästhesie wegen der Thrombektomie – GA):** Die zweite Kategorie beschreibt „Allgemeinanästhesie / Vollnarkose wegen der Thrombektomie“. Dies bedeutet, dass zur Durchführung der Thrombektomie standardmäßig eine Vollnarkose durchgeführt wurde, ohne dass aus medizinischer Sicht eine Indikation zur Intubation bzw. Einleitung einer Narkose bestand. In unserer Studienpopulation betraf dies 86 Patienten ($n = 86$).
3. **Gruppe 3 (Allgemeinanästhesie wegen kritischem Zustand):** Die dritte Kategorie beschreibt die „Allgemeinanästhesie / Vollnarkose wegen

kritischem Zustand“: Dies bedeutet, dass bei einem Patienten vor Beginn der Thrombektomie eine medizinische Situation vorlag, welche zur Sicherstellung der Vitalfunktionen eine notfallmäßige Intubation und damit die Einleitung einer Vollnarkose notwendig gemacht hat. Beispielsweise war dies bei einer ausgeprägten Vigilanzminderung mit Beeinträchtigung der Schutzreflexe der Fall. In unserer Studienpopulation betraf dies 8 Patienten (n = 8).

4. **Gruppe 4 (Dokumentierte Wachsedierung / Lokalanästhesie):** Die vierte Kategorie beschreibt eine dokumentierte „Wachsedierung und/oder Lokalanästhesie“. In unserer Studienpopulation betraf dies 3 Patienten (n = 3).

Die entsprechenden Gruppen sind in Abb. 2 dargestellt.

Im Verlauf erfolgte eine statistische Analyse für alle vier Untergruppen. Die Berechnungen der Signifikanzen (p-Werte) und Effektstärken erfolgte durch einen Vergleich der Gruppen 1 und 2, welche den quantitativ dominierenden Teil der Studienpopulation widerspiegeln. Bei dieser Berechnung wurde insbesondere auf eine Berücksichtigung der Gruppe 3 bewusst verzichtet: Innerhalb dieser Gruppe bestand ohnehin aufgrund des kritischen Zustandes die zwingende Indikation zur Intubation und Allgemeinanästhesie. Zum einen entzog sich diese Gruppe der theoretischen Wahlmöglichkeit des Sedierungsregimes, zum anderen handelte es sich um ein bereits präinterventionell morbideres Kollektiv, welches demnach gesondert betrachtet wurde. Auch die Gruppe 4 wurde aufgrund der kleinen Fallzahl (n = 3) nicht in die primäre statistische Analyse miteinbezogen.

Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Gruppen zu erreichen, wurden somit primär die Gruppe 1 (keine GA) und Gruppe 2 (GA) verglichen. Die im Folgenden aufgeführten statistischen Berechnungen der Signifikanzen und Effektstärken beziehen sich somit auf einen Vergleich der Gruppe 1 (keine GA) und der Gruppe 2 (GA).

Abb. 2: Darstellung der Studienkohorte anhand der Einteilung nach Sedierungsmodalität

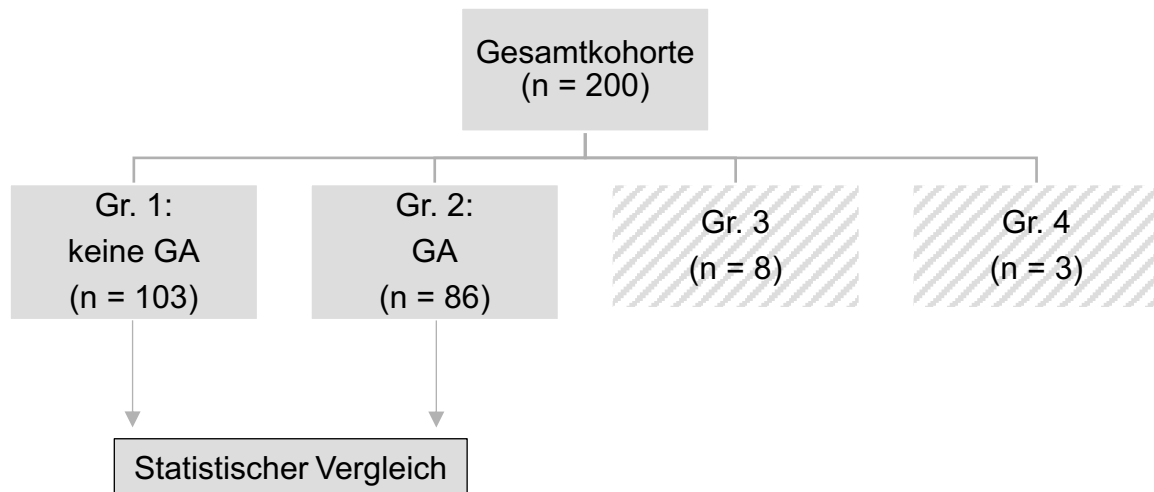


Abb 2: Darstellung der Studienkohorte anhand der Einteilung nach Sedierungsmodalität,

GA = General Anaesthesia, Gr. = Gruppe, n = Anzahl

2.7 Subgruppenanalyse

Um den Effekt spezifischer Konstellationen auf das *Outcome* der Thrombektomie-Patienten zu untersuchen, erfolgte zusätzlich eine Subgruppenanalyse mit den unten aufgeführten Kategorien. Methodisch anzumerken ist, dass die Subgruppenanalyse erst nach dem Erhalt der primären Studienergebnisse ergänzt wurde und somit gruppenspezifisch auf die wesentlichen Ergebnisse der Gesamtanalyse fokussiert ist.

1. Subgruppe „Aphasie“: Es wurde eine Subgruppe mit Patienten untersucht, welche eine Aphasie als klinisches Symptom des Schlaganfalls aufwiesen. Es handelt sich um ein häufiges Schlaganfallsymptom, welches im klinischen Alltag aufgrund der Verständigungsschwierigkeiten mit dem Patienten häufig herausfordernd ist. Eingeschlossen wurden alle Patienten, bei denen eine Aphasie als initiales Symptom vorlag.

2. Subgruppe „Systemische Thrombolysetherapie“: Eine weitere Subgruppe bestand aus Patienten, welche zusätzlich zur mechanischen Thrombektomie eine systemische Thrombolysetherapie erhalten haben.
3. Subgruppe „präinterventioneller NIHSS kleiner oder gleich 7“: Die dritte Subgruppe bestand aus denjenigen Patienten, welche einen präinterventionellen NIHSS von kleiner oder gleich 7 aufwiesen.

Die Subgruppenanalyse hatte das Ziel zu untersuchen, ob die primären signifikanten Ergebnisse der Gesamtanalyse auf die entsprechenden Subgruppen übertragen werden können oder relevante Unterschiede zu verzeichnen sind.

3 Ergebnisse

3.1 Demographische Verteilung

In Tabelle 3 ist die demographische Verteilung dargestellt. Der Median des Alters lag in der Gruppe 1 (keine GA) bei 78 Jahren [IQR: 16], während er in der Gruppe 2 (GA) bei 78,5 Jahren [IQR: 17] lag. Ergänzend wird die Altersverteilung mit Median in Abb. 3 veranschaulicht.

Auch die entsprechenden Mittelwerte zeigten beim Vergleich der Gruppen keinen relevanten Unterschied (s. Tabelle 3).

Somit bestand diesbezüglich eine gute Vergleichbarkeit der Gruppen.

Auch die Geschlechterverteilung zeigte eine gleichmäßige Verteilung: In Gruppe 1 zeigte sich das männliche Geschlecht mit 46,6 %, in Gruppe 2 mit 47,7 % repräsentiert.

Dementsprechend zeigten sich bezüglich der demographischen Verteilung für die folgenden Analysen vergleichbare Kohorten.

Tabelle 3: Demographische Verteilung

	Gr. 1: Keine GA (n = 103)	Gr. 2: GA (n = 86)	p-Wert	Effektstärke
Patientenalter in Jahren: Median (IQR)	78 (16)	78,5 (17)	0,877	0,011
Patientenalter in Jahren: Mittelwert (Standardabweichung)	75,62 (12,76)	75,49 (12,05)		
Geschlecht: männlich	48 (46.6 %)	41 (47.7 %)	0,883	0,011

Tabelle 3: Demographische Verteilung, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, IQR = *Interquartile Range*, n = Anzahl

Abb. 3: Alter in Jahren mit Median

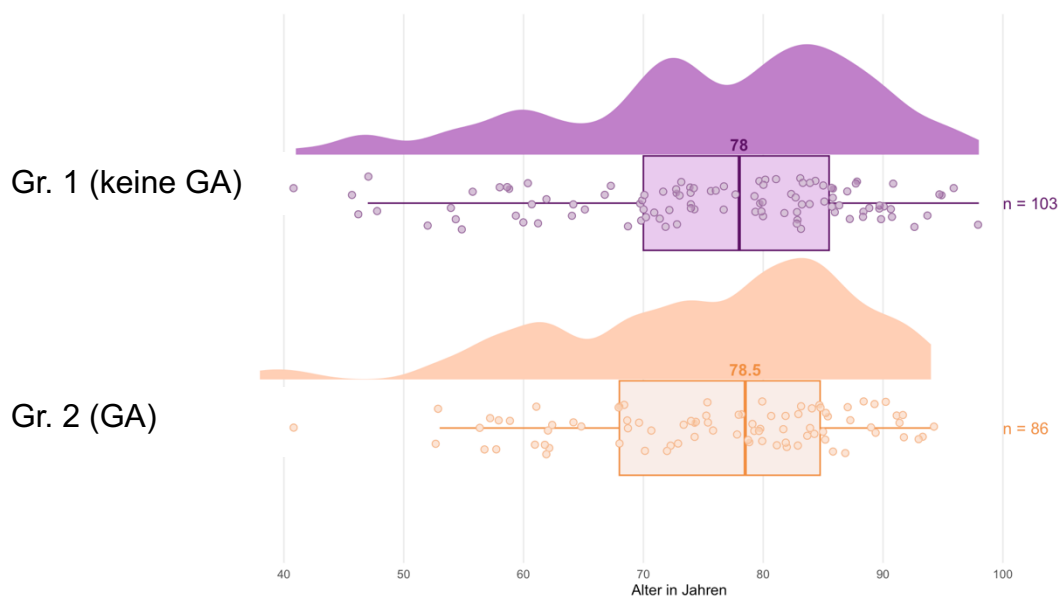


Abb. 3: Alter in Jahren mit Median, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe

3.2 Klinische Basisparameter

3.2.1 Neurologischer Status

Im Rahmen der Datenerhebung wurden einige klinische Parameter erhoben, um die Patientenkollektive charakterisieren zu können. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Um das Ausmaß der neurologischen Beeinträchtigung zu beschreiben, wurden sowohl der NIHSS als auch der mRS präinterventionell erhoben.

Sowohl in der Gruppe 1 (keine GA) als auch in der Gruppe 2 (GA) zeigte sich ein präinterventioneller Median-NIHSS von 13 sowie ein präinterventioneller Median-mRS von 4, sodass sich die beiden Gruppen bezüglich der Schlaganfallschwere gut vergleichen ließen. Es ergab sich dennoch ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 bezüglich des Median-mRS bei einem p-Wert von 0,005, sodass hier eine gewisse Asymmetrie in der Verteilung vorliegt.

Abweichungen zeigten sich in den anderen beiden Gruppen. So zeigte sich in der Gruppe 3 mit einem Median NIHSS von 17 [IQR: 8] und einem Median-mRS von 5 [IQR: 1] ein funktionell schwerer beeinträchtigtes Patientenkollektiv. Die Patientinnen und Patienten in Gruppe 4 zeigten hingegen im Median eine leichtere klinische Beeinträchtigung mit einem Median-NIHSS von 5 und einem Median-mRS von 3.

3.2.2 Klinische Symptomatik

Auch ein Vergleich der zugrundeliegenden klinischen Symptomatik ist erfolgt: Das Vorhandensein einer Aphasie war in den Gruppen 1 und 2 als ähnlich zu betrachten (57,3 % vs. 60,5 %). Einen signifikanten Unterschied ergab die Häufigkeitsverteilung einer Hemiparese, welche in Gruppe 2 mit 90,7 % häufiger war als in Gruppe 1 (79,6 %, p-Wert: 0,035).

Auch eine Vigilanzminderung zeigte sich tendenziell in Gruppe 2 häufiger als in Gruppe 1 (17,4 % vs. 10,7 %), hier jedoch ohne statistische Signifikanz (p-Wert: 0,179).

3.2.3 Lokalisation des Schlaganfalls

Bezüglich der Beteiligung der verschiedenen Gefäße wird beispielhaft die Beteiligung der A. carotis interna oder A. carotis communis aufgeführt. Diesbezüglich zeigte sich eine sehr ähnliche Verteilung in den Gruppen 1 und 2 (31,1 % vs. 29,1 %).

Es wurde außerdem analysiert, in welchen Häufigkeiten ein Gefäß der rechten oder linken Gehirnhälfte betroffen war. Ein linksseitiges Gefäß war in Gruppe 1 in 49,5 %, in Gruppe 2 in 54,7 % der Fälle betroffenen, ein statistisch signifikanter Unterschied lag nicht vor (p-Wert: 0,482).

3.2.4 Klinische Begleitfaktoren

Eine effektive Antikoagulation lag bei Gruppe 1 (keine GA) in 19,4 % und in Gruppe 2 (GA) in 18,6 % der Fälle vor, auch hier ergab sich somit kein statistisch relevanter Unterschied (p-Wert: 0,887)

Es wurde zur Vereinfachung eine gemeinsame Variable „Kardiovaskuläres Risikoprofil“ gebildet, welche das Vorhandensein mindestens einer der folgenden Faktoren beinhaltete: arterielle Hypertonie, Vorhofflimmern, Diabetes mellitus Typ 1 oder Typ 2, Nikotinkonsum, Hyperlipoproteinämie.

Aufgrund der entsprechend höheren Fallzahlen lohnt sich auch hier insbesondere der Vergleich zwischen den Gruppen 1 und 2, welcher eine nahezu identische Verteilung ergab. In Gruppe 1 lag zu 88 %, in Gruppe 2 zu 90,7 % ein kardiovaskuläres Risikoprofil nach oben genannter Definition vor.

Zuletzt ist auch erwähnenswert, wie hoch der Anteil der - zusätzlich zur Thrombektomie - erfolgten systemischen Thrombolysetherapien war. Auch hier präsentierten sich vergleichbare Resultate, in der Gruppe 1 betrug der Anteil der thrombolysierten Patienten 47,6 %, in der Gruppe 2 44,2 %. Ein statistisch signifikanter Unterschied bestand zwischen den beiden Gruppen nicht.

3.2.5 Örtliche Faktoren

Wie bereits vorher anzunehmen war, stammte der Großteil der Patienten aus Gruppe 1 (keine GA) vom Universitätsklinikum Düsseldorf, sodass nur 2,9 % dieser Gruppe auf die Kliniken Maria Hilf entfielen. Umgekehrt stammten 100 % der Patienten aus Gruppe 2 (GA) von den Kliniken Maria Hilf.

Es wurde darüber hinaus untersucht, ob sich der Schlaganfall extrahospital (*Onset: extern*) oder intrahospital (*Onset: inhouse*) ereignet hat. Es zeigte sich in den Gruppen 1 und 2 eine deutliche Dominanz der extrahospitalen Schlaganfälle mit über 90-prozentigem Anteil. Ein statistisch signifikanter Unterschied ergab sich zwischen diesen beiden Gruppen nicht.

Zusammenfassend lässt sich nach Beschreibung der demographischen und klinischen Basisparameter festhalten, dass mit den Gruppen 1 und 2 gut vergleichbare Kollektive vorlagen, um den Einfluss des Sedierungsregimes auf die entsprechenden *Outcome*-Parameter zu untersuchen.

Tabelle 4: Klinische Basisparameter

	Gr. 1: Keine GA (n = 103)	Gr. 2: GA (n = 86)	p-Wert	Effektstärke
Neurologischer Status				
NIHSS präinterventionell: Median (IQR)	13 (12)	13 (9)	0,278	0,079
mRS präinterventionell: Median (IQR)	4 (3)	4 (1)	0,005	0,207
Klinische Symptomatik				
Aphasie	59 (57,3 %)	52 (60,5 %)	0,658	0,032
Hemiparese	82 (79,6 %)	78 (90,7 %)	0,035	0,153
Vigilanzminderung	11 (10,7 %)	15 (17,4 %)	0,179	0,098
Lokalisation				
ACI / ACC	32 (31,1 %)	25 (29,1 %)	0,766	0,022
Gefäßseite: Links	51 (49,5 %)	47 (54,7 %)	0,482	0,051
Klinische Begleitfaktoren				
Effektive Antikoagulation	20 (19,4 %)	16 (18,6 %)	0,887	0,010
Kardiovaskuläres Risikoprofil*	91 (88 %)	78 (90,7 %)	0,601	0,038
Systemische Lysetherapie	49 (47,6 %)	38 (44,2 %)	0,642	0,034
Örtliche Faktoren				
Zentrum: Kliniken Maria Hilf	3 (2,9 %)	86 (100 %)	< 0,001	0,969
Onset: extern	100 (97,1 %)	79 (91,9 %)	0,19	0,116

Tabelle 4: Klinische Basisparameter, ACI = A. carotis interna, ACC = A. carotis communis, GA = General Anaesthesia, Gr. = Gruppe, IQR = Interquartile Range, n = Anzahl, mRS = modified Rankin Scale, NIHSS = National Institutes of Health Stroke Scale

*Kardiovaskuläres Risikoprofil: definiert als das Vorliegen mindestens einer der folgenden Faktoren: arterielle Hypertonie, Vorhofflimmern, Diabetes mellitus Typ 1 oder 2, Nikotinkonsum oder Hyperlipoproteinämie

3.3 Analyse der *Outcome*-Parameter

3.3.1 Effektivitätsparameter

Im Folgenden sollen Parameter betrachtet werden, welche die Effektivität, Wirksamkeit und Effizienz der Thrombektomie als Baustein der Schlaganfalltherapie beschreiben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Klinische Parameter

Bezüglich des funktionellen *Outcomes* konnte zwischen der Gruppe 1 (keine GA) und der Gruppe 2 (GA) kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Es wurden der NIHSS und der mRS postinterventionell bzw. vor Entlassung erhoben und verglichen. Hierbei zeigten sich günstigere Tendenzen in der Gruppe 1 (keine GA), jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied. Der NIHSS lag in Gruppe 1 im Median bei 2, in Gruppe 2 bei 4 (p-Wert: 0,142). Der mRS betrug in Gruppe 1 im Median 3, in Gruppe 2 im Median 4 (p-Wert: 0,139).

Das Überleben während des stationären Aufenthaltes erfolgte in Gruppe 1 (keine GA) zu 80,6 %, in Gruppe 2 (GA) zu 72,1 %. Somit zeigte sich in Gruppe 1 eine günstigere Tendenz, jedoch auch in diesem Fall keine statistische Signifikanz (p-Wert: 0,169).

Prozedurale Parameter

Es zeigte sich beim Vergleich der beiden Sedierungsregime (Gruppe 1 und Gruppe 2) kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Interventionsdauer, welche in der Gruppe 1 mit 48 Minuten im Median tendenziell kürzer war als in Gruppe 2 mit 58 Minuten, p-Wert: 0,065. Die Ergebnisse werden in Abb. 4 demonstriert.

Wir stellten jedoch relevante Unterschiede bei der *Time to Groin* fest. Hierbei handelt es sich um die Zeit vom Erreichen der Klinik bis zur (Leisten-)Punktion, also dem Beginn der Intervention. Synonym hierfür wird auch der Begriff „*Door-to-Puncture*“ [37] verwendet. Während die *Time to Groin* in Gruppe 2 (GA) im Median bei 83 Minuten [IQR: 35] lag, betrug sie in Gruppe 1 (keine GA) im Median 57 Minuten [IQR: 63], dies entspricht einem statistisch signifikanten Abweichen mit einem p-Wert von $< 0,001$ und einer Effektstärke von 0,3. In Abb. 5 ist die *Time to Groin* graphisch veranschaulicht.

Als erfolgreiche Thrombektomie wurde ein Erreichen von TICl 2c (fast vollständige Reperfusion) oder TICl 3 (vollständige Reperfusion) definiert. Beim Vergleich der Gruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied, in Gruppe 1 konnte eine erfolgreiche Thrombektomie in 77,7 % der Fälle erreicht werden, in Gruppe 2 in 69,8 % (p-Wert: 0,217). Es wurde auch die Krankenhausaufenthaltsdauer untersucht. Hierbei ergab sich ein signifikanter Unterschied: In der Gruppe 1 (keine GA) betrug die Krankenhausaufenthaltsdauer im Median 8 Tage, in der Gruppe 2 (GA) im Median 15 Tage und somit fast doppelt so lang. (p-Wert < 0,001, Effektstärke: 0,284). Die unterschiedliche Verteilung wird bei der Betrachtung von Abb. 6 deutlich. Ein erheblicher Unterschied ergab sich in der Häufigkeit der postinterventionellen Verlegung auf die Intensivstation. Während in der Gruppe 2 zu 94,2 % eine Verlegung auf die Intensivstation erfolgt ist, war dies in der Gruppe 1 nur zu 2,9 % erforderlich (p-Wert < 0,001, Effektstärke: 0,915). Anhand von Abb.7 wird dieser Unterschied veranschaulicht.

Abb. 4: Interventionsdauer in Minuten mit Median

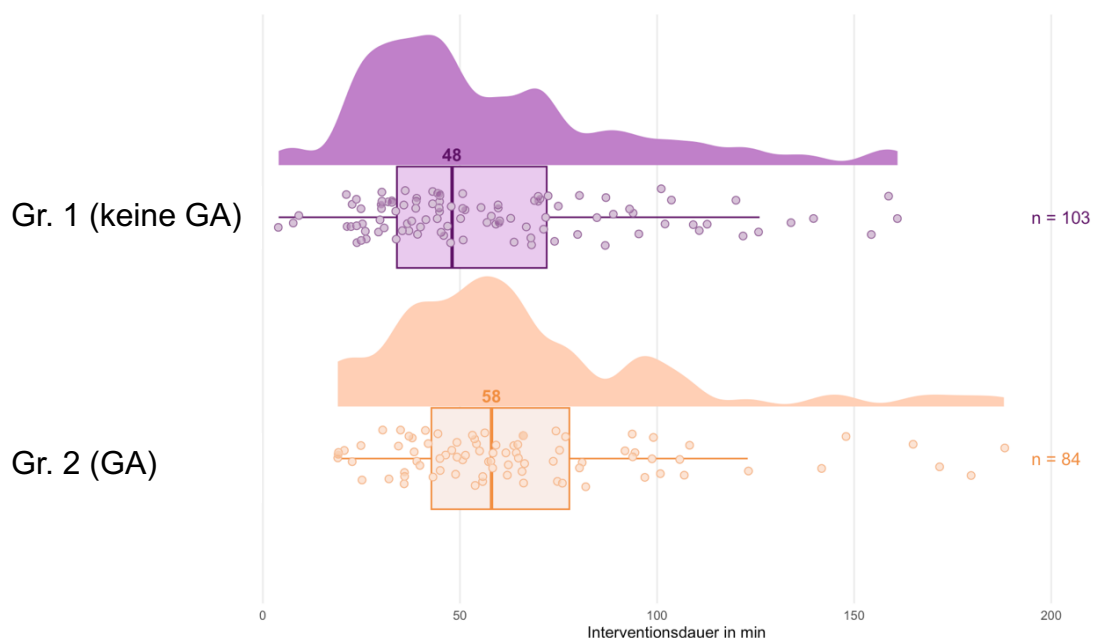


Abb. 4: Interventionsdauer in Minuten mit Median, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, n = Anzahl, min = Minuten

Abb. 5: Time to Groin in Minuten mit Median

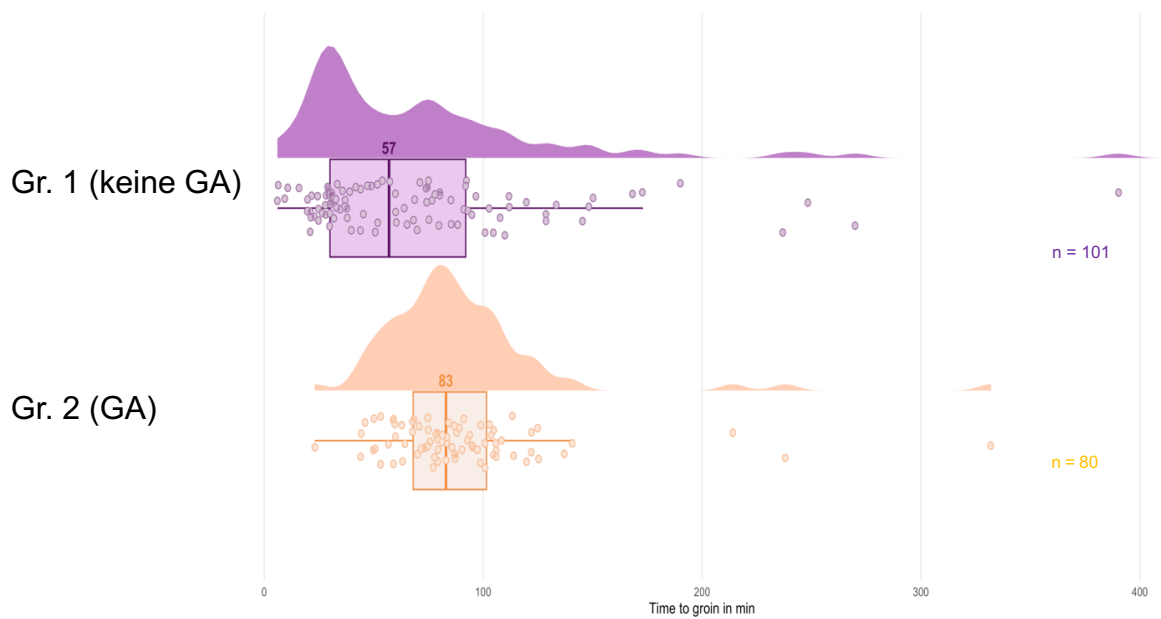


Abb. 5: Time to Groin in Minuten mit Median: GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, n = Anzahl, min = Minuten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist ein einzelner Fall der Gr. 1 nicht graphisch dargestellt, bei dem die dokumentierte Time To Groin 1440 Minuten betrug.

Abb. 6: Krankenhausaufenthaltsdauer in Tagen mit Median

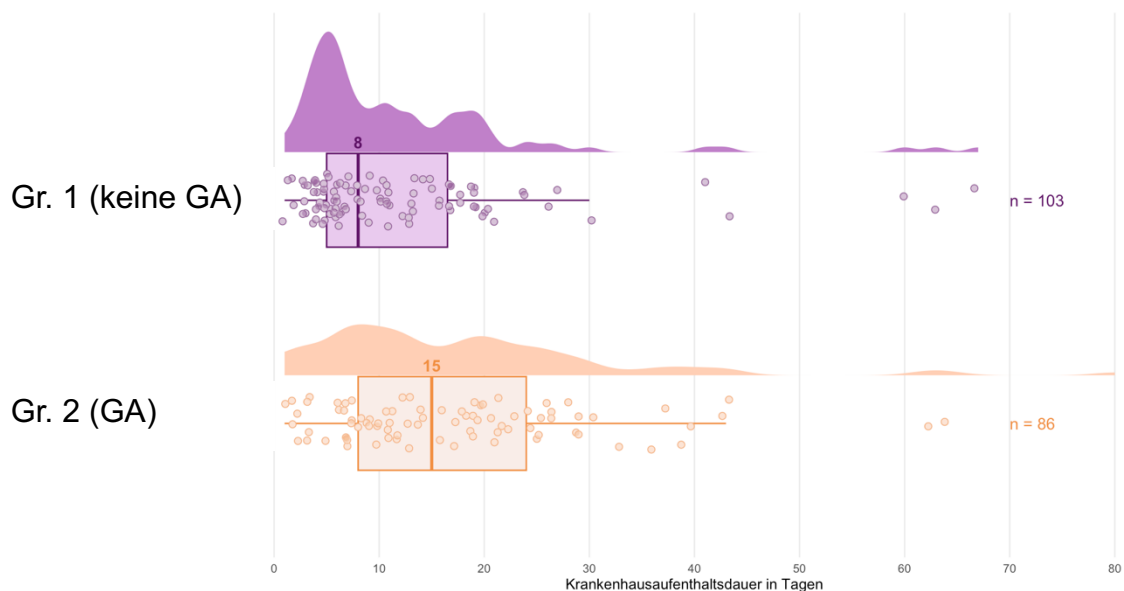


Abb. 6: Krankenhausaufenthaltsdauer in Tagen mit Median: GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, n = Anzahl

Abb. 7: Postinterventionelle Verlegung auf die Intensivstation

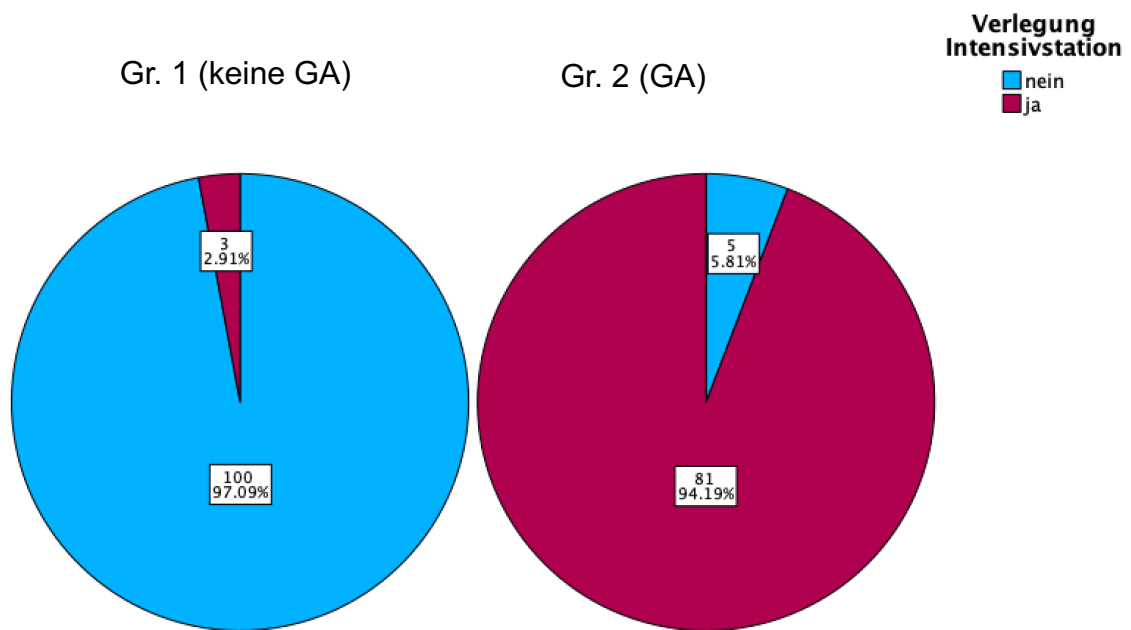


Abb. 7: Postinterventionelle Verlegung auf die Intensivstation, GA = *General Anaesthesia*,
Gr. = Gruppe

Tabelle 5: Effektivitätsparameter

	Gr. 1: Keine GA (n = 103)	Gr. 2: GA (n = 86)	p-Wert	Effektstärke
Klinische Parameter				
NIHSS postinterventionell bei Entlassung: Median (IQR)	2 (7)	4 (8)	0,142	0,121
mRS postinterventionell: Median (IQR)	3 (4)	4 (4)	0,139	0,108
Überleben während stationärem Aufenthalt	83 (80,6 %)	62 (72,1 %)	0,169	0,1
Prozedurale Parameter				
Interventionsdauer in Minuten, Median (IQR)	48 (38)	58 (37)	0,065	0,135
Time to Groin in Minuten, Median (IQR)	57 (63)	83 (35)	< 0,001	0,307
Erfolgreiche Thrombektomie (TICI 2c oder TICI 3)	80 (77,7 %)	60 (69,8 %)	0,217	0,09
Verlegung auf die Intensivstation	3 (2,9 %)	81 (94,2 %)	< 0,001	0,915
Krankenhaus- aufenthaltsdauer in Tagen, Median (IQR)	8 (12)	15 (17)	< 0,001	0,284

Tabelle 5: Effektivitätsparameter, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, IQR = *Interquartile Range*, n = Anzahl, mRS = *modified Rankin Scale*, NIHSS = *National Institutes of Health Stroke Scale*, TICI = *Thrombolysis In Cerebral Infarction*

3.3.2 Komplikationen im stationären Aufenthalt

Zuletzt möchte ich nun auf das Auftreten von Komplikationen im Rahmen der Intervention und des folgenden stationären Aufenthaltes eingehen. Zur Veranschaulichung dient Tabelle 6.

Zunächst erfolgte ein Vergleich des Auftretens einer postinterventionellen Pneumonie. Hier zeigte sich eine deutlich unterschiedliche Häufigkeitsverteilung. In der Gruppe 1 (keine GA) wurde in 8,7 % der Fälle eine Pneumonie erfasst, während dies in der Gruppe 2 (GA) bei 33,7 % der Fall war.

Hier zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied: $p\text{-Wert} < 0,001$, Effektstärke: 0,31. Der Unterschied wird auch durch Abb. 8 verdeutlicht.

Eine ipsilaterale ICB konnte in Gruppe 1 in 11,7 % der Fälle und in Gruppe 2 in 5,8 % der Fälle nachgewiesen werden, hierbei ergab sich jedoch keine statistische Signifikanz ($p\text{-Wert}$: 0,163).

Darüber hinaus wurde eine gemeinsame Gruppe gebildet, welche das Auftreten einer intrakraniellen Blutung (ICB, SAB, SDH oder EDB) beschreibt und zusammenfasst. In dieser Kategorie zeigte sich eine ähnliche Tendenz wie bei der isolierten Betrachtung der intrazerebralen Blutung, jedoch auch kein statistisch signifikanter Zusammenhang: In Gruppe 1 lag zu 19,4 % eine intrakranielle Blutung vor, in Gruppe 2 zu 12,8 % ($p\text{-Wert}$: 0,221).

Als weitere Komplikation wurde die Häufigkeit eines postinterventionellen Delirs betrachtet. Hier zeigte sich eine tendenziell höhere Inzidenz eines Delirs in der Gruppe 2 (4,7 %) gegenüber der Gruppe 1 (1 %) bei einem $p\text{-Wert}$ von 0,179 und somit fehlender Signifikanz. Ergänzend ist jedoch zu betonen, dass insgesamt nur eine geringe Anzahl an postinterventionellen Delirien dokumentiert wurde, in der Gruppe 1 lediglich in einem Fall, in der Gruppe 2 in 4 Fällen.

Ebenfalls ergab sich kein relevanter Unterschied bei der Betrachtung der Rate an Gefäß-Rezidiv-Verschlüssen nach initial erfolgreicher Thrombektomie. In der Gruppe 1 (keine GA) betrug diese 1 %, in der Gruppe 2 (GA) immerhin 3,5 % ($p\text{-Wert}$: 0,332).

Bezüglich des Auftretens der erfassten Komplikationen wurden zuletzt noch zwei kombinierte Variablen betrachtet.

Zum einen wurde in den verschiedenen Sedierungsgruppen untersucht, wie häufig mindestens eine der definierten Komplikationen aufgetreten ist. Hierbei zeigte sich in der Gruppe 2 mit 58,1 % eine tendenziell höhere Rate als in der Gruppe 1 (48,5 %), jedoch keine statistische Signifikanz ($p\text{-Wert}$: 0,188).

In einer weiteren Kategorie wurde untersucht, wie häufig mehr als eine der genannten Komplikationen aufgetreten ist. Diese Analyse zeigte, dass in der Gruppe 2 mit 22,1 % signifikant häufiger mehr als eine Komplikation als in der Gruppe 1 (10,7 %) aufgetreten ist ($p\text{-Wert}$: 0,032, Effektstärke: 0,156). Diese Variable wird durch Abb. 9 veranschaulicht.

Abb. 8: Auftreten einer postinterventionellen Pneumonie

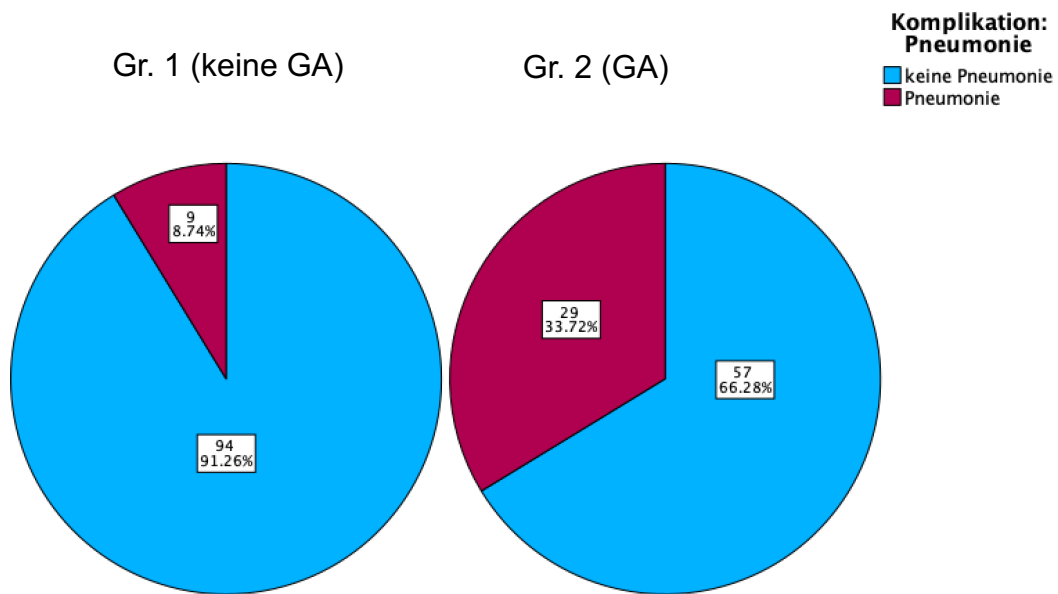


Abb. 8: Auftreten einer postinterventionellen Pneumonie, GA = *General Anaesthesia*,

Gr. = Gruppe

Abb. 9: Auftreten von mehr als einer Komplikation

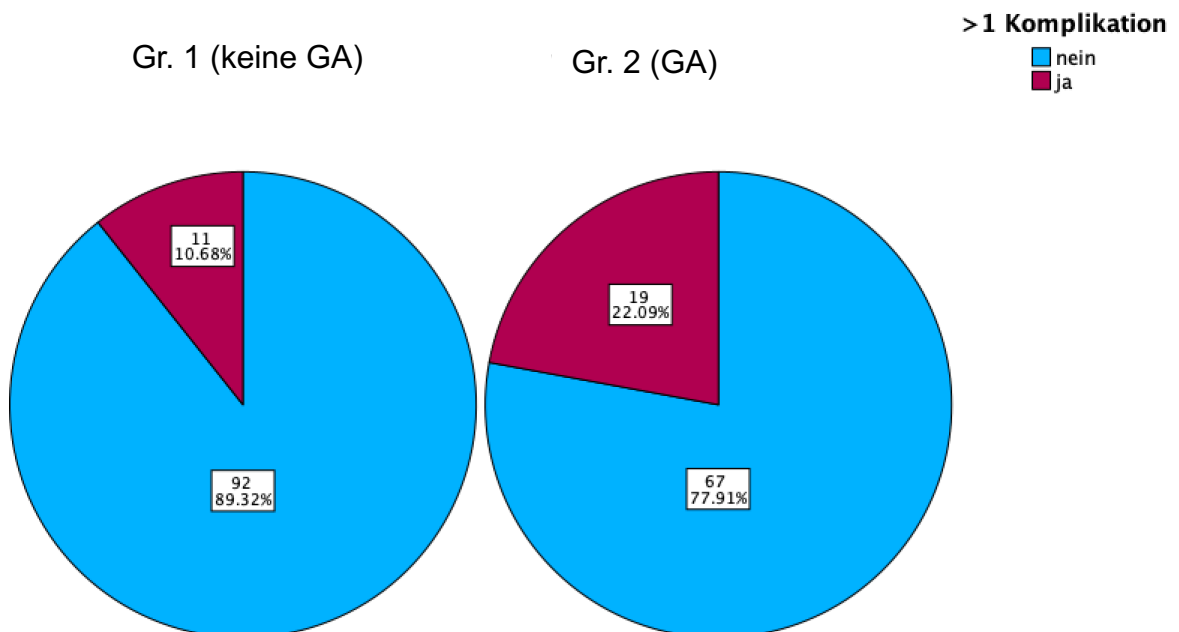


Abb. 9: Auftreten von mehr als einer Komplikation, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe

Tabelle 6: Auftreten von Komplikationen

	Gr. 1: Keine GA (n = 103)	Gr. 2: GA (n = 86)	p-Wert	Effekt- stärke
Komplikation: Pneumonie	9 (8,7 %)	29 (33,7 %)	< 0,001	0,31
Komplikation: ICB ipsilateral	12 (11,7 %)	5 (5,8 %)	0,163	0,102
Komplikation: Intrakranielle Blutung	20 (19,4 %)	11 (12,8 %)	0,221	0,089
Komplikation: Delir	1 (1 %)	4 (4,7 %)	0,179	0,114
Komplikation: Gefäß- Rezidiv-Verschluss	1 (1 %)	3 (3,5 %)	0,332	0,087
Auftreten von mindestens einer Komplikation	50 (48,5 %)	50 (58,1 %)	0,188	0,096
Auftreten von mehr als einer Komplikation	11 (10,7 %)	19 (22,1 %)	0,032	0,156

Tabelle 6: Auftreten von Komplikationen, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, ICB = Intracerebrale Blutung, n = Anzahl

3.4 Subgruppenanalyse

3.4.1 Subgruppe „Aphasie“

Es erfolgte innerhalb dieser Subgruppe der Vergleich zwischen der Gruppe 1 (keine GA, n = 59) und der Gruppe 2 (GA, n = 52). Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse (siehe Tabelle 7) beschrieben. Bezüglich der Häufigkeit einer erfolgreichen Thrombektomie (TICI 2c oder TICI 3) zeigte sich zwischen den Gruppen 1 und 2 kein signifikanter Unterschied (p-Wert: 0,399).

In der Gruppe 2 zeigte sich eine signifikant höhere Pneumonie-Rate als in der Gruppe 1 (26,9 % vs. 8,5 %, p-Wert: 0,01). Außerdem lag die *Time to Groin* in der Gruppe 2 im Median bei 86 Minuten und in der Gruppe 1 bei 60 Minuten (p-Wert: 0,001). Bezüglich der gesamten Interventionsdauer ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede. Die Krankenhausaufenthaltsdauer war in der Gruppe 2 mit 14 Tagen im Median signifikant länger als in der Gruppe 1 mit 8 Tagen im Median (p-Wert < 0,001).

Tabelle 7: Subgruppe „Aphasie“

	Gr. 1: keine GA (n = 59)	Gr. 2: GA (n = 52)	p-Wert	Effekt- stärke
Komplikation: Pneumonie	5 (8,5 %)	14 (26,9 %)	0,01	0,244
Erfolgreiche Thrombektomie (TICI 2c oder TICI 3)	44 (74,6 %)	35 (67,3 %)	0,399	0,08
<i>Time To Groin</i> in Minuten, Median (IQR)	60 (68)	86 (31)	0,001	0,308
Interventionsdauer in Minuten, Median (IQR)	51 (38)	58 (37)	0,228	0,115
Krankenhausaufenthalts- dauer in Tagen, Median (IQR)	8 (10)	14 (17)	< 0,001	0,335

Tabelle 7: Subgruppe „Aphasie“, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, IQR = *Interquartile Range*, n = Anzahl

3.4.2 Subgruppe „Systemische Thrombolysetherapie“

Die wesentlichen Ergebnisse der Analyse sind in Tabelle 8 dargestellt.

Beim Vergleich der Gruppe 1 (n = 49) und der Gruppe 2 (n = 38) zeigte sich in der Gruppe 2 (GA) eine signifikant höhere Pneumonie-Rate (26,3 % vs. 8,2 %, p-Wert: 0,022) und eine längere *Time to Groin* (Median: 82 vs. 58,5 Minuten, p-Wert: 0,003). Darüber hinaus war die Rate an erfolgreichen Thrombektomien in der Gruppe 1 mit 85,7 % signifikant höher als in der Gruppe 2 (65,8 %, p-Wert: 0,028). Gleichzeitig zeigte sich beim präinterventionellen NIHSS kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, wohingegen der postinterventionelle NIHSS in der Gruppe 1 im Median bei 2 und in der Gruppe 2 im Median bei 4 lag (p-Wert: 0,048).

Tabelle 8: Subgruppe „Systemische Thrombolysetherapie“

	Gr. 1: keine GA (n = 49)	Gr. 2: GA (n = 38)	p-Wert	Effektstärke
Komplikation: Pneumonie	4 (8,2 %)	10 (26,3 %)	0,022	0,245
Time To Groin in Minuten, Median (IQR)	58,5 (59)	82 (46)	0,003	0,329
Erfolgreiche Thrombektomie (TICI 2c oder TICI 3)	42 (85,7 %)	25 (65,8 %)	0,028	0,235
NIHSS präinterventionell: Median (IQR)	13 (14)	11 (9)	0,671	0,045
NIHSS postinterventionell bei Entlassung: Median (IQR)	2 (3)	4 (7)	0,048	0,240

Tabelle 8: Subgruppe „Systemische Thrombolysetherapie“, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, IQR = *Interquartile Range*, n = Anzahl, NIHSS = *National Institutes of Health Stroke Scale*, TICI = *Thrombolysis In Cerebral Infarction*

3.4.3 Subgruppe „präinterventioneller NIHSS kleiner oder gleich 7“

Wie der Tabelle 9 zu entnehmen ist, handelt es sich hierbei um eine quantitativ kleine Subgruppenanalyse zwischen der Gruppe 1 (n = 27) und der Gruppe 2 (n = 12).

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der *Time to Groin* und der Pneumonie-Rate, auch wenn sich jeweils eine Tendenz zu einer geringeren Pneumonie-Rate und einer kürzeren *Time to Groin* in der Gruppe 1 zeigte.

Ein signifikanter Unterschied bestand jedoch in der Häufigkeit einer erfolgreichen Thrombektomie: In der Gruppe 1 (keine GA) war diese mit 92,6 % deutlich höher als in der Gruppe 2 (GA) mit 58,3 % (p-Wert: 0,02).

Bezüglich des präinterventionellen NIHSS zeigte sich eine ungleiche Verteilung. Während dieser in der Gruppe 2 im Median bei 5 lag, betrug er in der Gruppe 1 im Median 3 Punkte (p-Wert: 0,006). Im Hinblick auf den postinterventionellen NIHSS ergaben sich hingegen keine signifikanten Unterschiede (p-Wert: 0,413).

Tabelle 9: Subgruppe „Präinterventioneller NIHSS kleiner oder gleich 7“

	Gr. 1: keine GA (n = 27)	Gr. 2: GA (n = 12)	p-Wert	Effektstärke
Komplikation: Pneumonie	3 (11,1 %)	4 (33,3 %)	0,172	0,267
Time To Groin in Minuten, Median (IQR)	69 (81)	81 (24)	0,353	0,149
Erfolgreiche Thrombektomie (TICI 2c oder TICI 3)	25 (92,6 %)	7 (58,3 %)	0,02	0,412
NIHSS präinterventionell: Median (IQR)	3 (3)	5 (1)	0,006	0,44
NIHSS postinterventionell bei Entlassung: Median (IQR)	0 (2)	1 (3)	0,413	0,156

Tabelle 9: Subgruppe „Präinterventioneller NIHSS kleiner oder gleich 7“, GA = *General Anaesthesia*, Gr. = Gruppe, IQR = *Interquartile Range*, n = Anzahl, NIHSS = *National Institutes of Health Stroke Scale*, TICI = *Thrombolysis In Cerebral Infarction*

4 Diskussion

4.1 Interpretation der Ergebnisse

Bei Betrachtung der demographischen und klinischen Basisparameter zeigte sich, dass mit den Gruppen 1 und 2 prinzipiell gut vergleichbare Kohorten vorlagen, um den Einfluss der Sedierungsmodalität auf das *Outcome* zu untersuchen. So zeigte sich eine gleichmäßige Alters- und Geschlechterverteilung. Auch die Verteilung der Schlaganfalllokalisation und der klinischen Ausprägung zeigte sich bei ähnlicher Lokalisation der Gefäßverschlüsse und ähnlichen präinterventionellen NIHSS vergleichbar.

Weitere therapierelevante Aspekte wie vorbestehende orale Antikoagulation, die Durchführung einer systemischen Thrombolysetherapie und das Vorhandensein eines kardiovaskulären Risikoprofils ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Gruppen 1 und 2.

Insbesondere das Vorhandensein einer Aphasie im Rahmen des Schlaganfalls, was die Kommunikation mit dem Patienten vor und während der Intervention erschweren kann, war nahezu gleich verteilt.

Die oben beschriebenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In der Gruppe 1 (Keine GA) zeigte sich eine niedrigere *Time to Groin* (57 min vs. 83 min, p-Wert < 0.001) und eine niedrigere Krankenhausaufenthaltsdauer (8 Tage vs. 15 Tage, p-Wert < 0.001).

Außerdem ergab sich ein deutlich niedrigerer Anteil der Notwendigkeit einer postinterventionellen intensivmedizinischen Betreuung (2,9 % vs. 94,2 %, p-Wert < 0,001). In der Gruppe der Patienten, welche eine Allgemeinanästhesie erhielten (Gruppe 2), zeigte sich ein signifikant höherer Anteil an komplikativen Pneumonien (33,7 % vs. 8,7 %, p-Wert < 0,001). Außerdem erlitten Patienten in dieser Gruppe zu einem höheren Anteil mehr als eine der vordefinierten Komplikationen im Rahmen des stationären Verlaufes (22,1 % vs. 10,7 %, p- Wert: 0,032).

Beim Vergleich der Mortalitätsraten, des funktionellen *Outcomes* (NIHSS, mRS) sowie der erfolgreichen Rekanalisationsraten (TICI 2c/3) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Auf dieser Grundlage lassen sich folgende Schlussfolgerungen in Bezug auf die Sedierungsmodalität ziehen:

Unsere Daten geben Hinweise darauf, dass der Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie im Rahmen einer Thrombektomie zur Reduktion der *Time to Groin* ohne signifikanten Einfluss auf die Gesamtinterventionsdauer führt. Auch wenn sich bezüglich des funktionellen *Outcomes* keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sedierungsmodalitäten ergaben, ist im Rahmen der akuten Schlaganfalltherapie eine schnellstmögliche Revaskularisierung zur Verbesserung der Prognose anzustreben. So zeigte eine Metanalyse aus dem Jahr 2016, dass eine Verzögerung der arteriellen Punktion mit einem schlechteren funktionellen *Outcome* in Bezug auf die Unabhängigkeit und Beeinträchtigung des Patienten einhergeht.[38]

Ebenfalls ist durch den Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie eine erhebliche Reduktion der Pneumonie-Rate zu beobachten gewesen. Durch das Entwickeln einer Pneumonie könnte sowohl die individuelle Genesung der Schlaganfall-Patienten beeinträchtigt werden und andererseits eine Verlängerung der Krankenhausaufenthaltsdauer resultieren. So zeigte sich auch in unserer Studie eine längere Krankenhausaufenthaltsdauer in der Gruppe der Allgemeinanästhesie. Möglicherweise ist dies unter anderem auf das signifikant häufigere Auftreten einer

komplikativen Pneumonie und das signifikant höhere Vorkommen mehrerer Komplikationen in dieser Sedierungsgruppe zurückzuführen.

Aus struktureller und ökonomischer Sicht ist die durch den Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie deutlich niedrigere Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Behandlung als relevant zu erachten.

In unserer Studie wurden die Patienten bei der Verwendung einer Allgemeinanästhesie postinterventionell überwiegend auf eine Intensivstation verlegt. Durch den Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie schien die Notwendigkeit der intensivmedizinischen Betreuung weitgehend zu entfallen.

Somit ist anzunehmen, dass die Notwendigkeit der intensivmedizinischen Betreuung im Wesentlichen im postinterventionellen Umgang mit der Narkoseausleitung und -nachwirkung zu sehen war.

Durch den Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie könnten somit intensivmedizinische Kapazitäten für Patienten vorgehalten werden, bei denen die medizinische Indikation als dringlicher anzusehen ist und welche von einer intensivmedizinischen Behandlung mehr profitieren.

Für Thrombektomie-Patienten könnte durch den Verzicht einer intensivmedizinischen Behandlung die Behandlungskontinuität durch eine niedrigere Anzahl an Stationswechseln erhöht werden.

Von dieser Annahme ausgenommen sind solche Patienten der Gruppe 3 zu betrachten, bei denen die Intubation und Einleitung einer Allgemeinanästhesie aufgrund ihres kritischen Zustandes aus medizinischer Indikation erfolgt ist.

Zumindest in unserer Studie machten diese Fälle jedoch mit 4 % einen vergleichbar kleinen Anteil aus.

Die Ergebnisse der Subgruppenanalysen lassen sich wie folgt interpretieren: Die Subgruppenanalyse „Aphasie“ lässt die Schlussfolgerung zu, dass auch bei Patienten mit einer Aphasie beim Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie eine niedrigere Pneumonie-Rate und eine niedrigere *Time to Groin* bei ähnlichen Rekanalisationsraten erzielt werden kann.

Vor dem Hintergrund der Herausforderungen im Umgang mit aphasischen Patienten im klinischen Alltag aufgrund der Verständigungsprobleme und der damit einhergehenden potenziellen Folgen wie beispielweise psychomotorischer Unruhe oder fehlendem Befolgen von Aufforderungen unterstützen diese Ergebnisse die

Hypothese, dass auch bei aphasischen Patienten der Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie vorteilhaft sein kann.

Die Subgruppenanalyse „Systemische Thrombolysetherapie“ untersuchte jene Patienten, welche neben einer mechanischen Thrombektomie eine Thrombolysetherapie erhalten haben. Auch hier konnte der günstige Effekt des Verzichts auf eine Allgemeinanästhesie auf die Pneumonie-Rate und die *Time to Groin* reproduziert werden.

Zusätzlich zeigte sich jedoch bei den Patienten der Gruppe 1 (keine GA) eine höhere Rate an erfolgreichen Thrombektomien (85,7 % vs. 65,8 % in Gruppe 2) und ein günstigeres funktionelles *Outcome* anhand des postinterventionellen NIHSS, welcher in der Gruppe 1 (keine GA) im Median bei 2 und in der Gruppe 2 (GA) im Median bei 4 lag.

Somit ist abweichend von der Gesamtanalyse in dieser Subgruppe beim Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie ein positiver Effekt auf das funktionelle Ergebnis anhand der neurologischen Symptomatik (NIHSS) zu verzeichnen gewesen.

Die Subgruppenanalyse „Präinterventioneller NIHSS kleiner oder gleich 7“ stellt nur eine kleine Stichprobe mit entsprechend eingeschränkter Aussagekraft dar. Dennoch zeigte sich in dieser Analyse eine signifikant höhere Rate an erfolgreichen Thrombektomien in der Gruppe 1 (keine GA) als in der Gruppe 2 (GA): 92,6 % vs. 58,3 %. Ein signifikanter Effekt auf den postinterventionellen NIHSS konnte jedoch nicht verzeichnet werden.

4.2 Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext und Schlussfolgerungen

Der positive Effekt der mechanischen Thrombektomie auf das funktionelle *Outcome* wurde durch die großen Studien aus den Jahren 2015 und 2016 umfassend belegt.[11-16] In der aktuellen DGN-Leitlinie[1] wird die heterogene Datenlage bezüglich des Sedierungsregimes thematisiert. Hierbei werden insbesondere die drei großen Studien SIESTA[21], AnStroke[23], GOLIATH[22] und die HERMES-Analyse[24, 25] thematisiert.

Letztlich erfolgt anhand der Leitlinie aktuell keine spezifische Empfehlung bezüglich des Sedierungskonzeptes und die Notwendigkeit multizentrischer Studien wird betont.

In Kongruenz zu den Studienergebnissen von SIESTA und AnStroke zeigte sich auch in unserer Analyse kein signifikanter Unterschied bezüglich des funktionellen *Outcomes* (NIHSS, mRS) beim Vergleich der Sedierungsmodalitäten, in unserem Fall zwischen Gruppe 1 (keine GA) und Gruppe 2 (GA).

In der SIESTA-Studie wurde als primärer Endpunkt der NIHSS nach 24 Stunden betrachtet, hierbei ergaben sich zwischen der GA- und der CS-Gruppe keine signifikanten Unterschiede. Bei der Analyse der sekundären *Outcomes* zeigte sich in der GA-Gruppe mit 13,7 % eine höhere Rate an Pneumonien gegenüber der CS-Gruppe mit 3,9 % (p-Wert: 0,03).[21] Diesen Effekt konnten wir innerhalb unserer Studie reproduzieren, hierbei zeigte sich ebenfalls in der Gruppe der Allgemeinanästhesie eine signifikant höhere Pneumonie-Rate (33,7 % vs. 8,7 %, p-Wert < 0,001). Außerdem wurde in der SIESTA Studie ein Vergleich der funktionellen Unabhängigkeit anhand des mRS nach drei Monaten durchgeführt, hierbei zeigte sich ein signifikant besseres Ergebnis in der GA-Gruppe (p-Wert: 0,01).[21] Ein Vergleich mit unseren Studienergebnissen ist nicht möglich, da in unserer Arbeit kein dreimonatiges *Follow Up* erfolgt ist.

In der AnStroke-Studie ergaben sich in den untersuchten Endpunkten zwischen der GA- und CS-Gruppe keine signifikanten Unterschiede: Hierbei wurden unter anderem der mRS nach drei Monaten als Marker des funktionellen *Outcomes*, der NIHSS nach 24 Stunden, die Rate an erfolgreichen Rekanalisationen, die Zeitintervalle (u.a. *Time to Groin*) und die Mortalität untersucht.[23] Ein wesentlicher Unterschied zu unserer Studie besteht darin, dass in unserer Kohorte zwischen den beiden Gruppen ein relevanter Unterschied in der *Time to Groin* verzeichnet werden konnte. Hier zeigte sich in der Gruppe 1 (Keine GA) mit einer medianen *Time to Groin* von 57 Minuten ein signifikanter Unterschied zur Gruppe 2 (GA) mit 83 Minuten (p-Wert: < 0,001).

Der Endpunkt der GOLIATH-Studie war unter anderem das Infarktvolumen, welches sich in der „GA“-Gruppe nicht signifikant gegenüber der „CS“-Gruppe unterschied.[22] Da das Infarktvolumen in unserer Studie nicht bestimmt wurde, ist ein Vergleich nicht möglich.

Bezüglich des funktionellen *Outcomes* bzw. des mRS ergab die GOLIATH-Studie einen Vorteil in der GA-Gruppe gegenüber der CS-Gruppe.

Außerdem zeigte die GOLIATH-Studie in der GA-Gruppe einen höheren Grad der erfolgreichen Reperfusion gegenüber der CS-Gruppe (p-Wert: 0,04).[22] Diesen Effekt konnten wir in unserer Studie nicht nachweisen, da sich die Raten der erfolgreichen Thrombektomie (TICI 2c oder TICI 3) in den beiden Gruppen nicht signifikant voneinander unterscheiden haben.

Die HERMES-Metaanalyse zeigte ein besseres funktionelles *Outcome* in der CS-Gruppe gegenüber der GA-Gruppe in Bezug auf NIHSS nach 24 Stunden und mRS.[25]. Diesen Effekt konnten wir zumindest in dem kurzzeitigen *Follow-Up* innerhalb des stationären Aufenthaltes in unserer Studie nicht nachvollziehen. In Bezug auf die Rate an Pneumonien ergab sich in der HERMES-Metanalyse kein signifikanter Unterschied zwischen den Sedierungsregimen (p-Wert: 0,18). In der Arbeit wird jedoch darauf hingewiesen, dass innerhalb der verwendeten Studien ein signifikanter Unterschied bezüglich der Pneumonie-Häufigkeit festgestellt wurde (p-Wert: 0,0006), sodass ein prozeduraler Unterschied in der Detektion vorliegen könne.[25]

Es zeigte sich in den Studien von Ren et al.[28], Jia et al.[33] und Shenhui et al.[34] eine höhere Pneumonie-Rate in der GA-Gruppe, diese Tendenz spiegelt auch das Ergebnis unserer Analyse wider.

Außerdem lohnt sich ein Vergleich unserer Ergebnisse mit der großen Studie von Feil et al.[30] aus dem Jahr 2021, da sich hierbei einige vergleichbare Ergebnisse darstellten.

So zeigten sich in oben genannter Studie ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Reperfusionsrate. Die *Time to Groin* war ähnlich wie in unserer Studie in der GA-Gruppe gegenüber der CS-Gruppe erhöht: 71 min vs. 61 min (p-Wert < 0,001). Außerdem ergab sich in der CS-Gruppe eine geringere Rate an Komplikationen (15 % in der CS-Gruppe vs. 21 % in der GA-Gruppe, p-Wert < 0,001). Passend dazu zeigte sich in unserer Studie in der Gruppe der Allgemeinanästhesie eine höhere Rate an Patienten, welche mehr als eine Komplikation erlitten haben, und eine höhere Pneumonie-Rate (siehe oben).

In der Studie von Feil et al.[30] wurde auch die Krankenhausaufenthaltsdauer untersucht: Ähnlich wie in unserer Studie ergab sich in der GA-Gruppe eine signifikant längere Krankenhausaufenthaltsdauer.

Die von Feil et al.[30] gezeigten Vorteile der CS-Gruppe in Bezug auf das funktionelle *Outcome* und die Mortalität konnten in unserer Analyse nicht reproduziert werden.

Zusammenfassend verbleibt die Datenlage aktuell heterogen. Es besteht jedoch bereits Evidenz, welche unsere Ergebnisse in Bezug auf eine niedrigere *Time to Groin*, eine niedrigere Pneumonie-Rate und eine niedrigere Krankenhausaufenthaltsdauer beim Verzicht auf eine Allgemeinanästhesie im Rahmen der Thrombektomie stützt. In Bezug auf das funktionelle *Outcome* besteht aktuell weiterhin keine richtungsweisende Tendenz, in unserer Studie konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Sedierungsregimen festgestellt werden.

4.3 Limitationen, mögliche Fehlerquellen und Ausblick

Es handelte sich um eine bizertrische Studie zweier benachbarter Schlaganfallzentren, welche beide bereits mehrjährige Erfahrung in der Durchführung der Thrombektomie verzeichnen. In beiden Kliniken wird die Thrombektomie mit einer ganzjährigen 24/7-Verfügbarkeit durchgeführt.

Dennoch bestehen mögliche Unterschiede zwischen den beiden Kliniken und somit *Confounder*, welche im Folgenden thematisiert werden sollen. Es ist denkbar, dass eine individuell höhere Expertise im Umgang mit der Thrombektomie Unterschiede in entsprechenden *Outcome*-Parametern hervorgerufen hat (*Operator-Confounding*). Auch können strukturelle und prozedurale Unterschiede vor, während und nach der Intervention den weiteren Verlauf und somit das *Outcome* beeinflusst haben. In Bezug auf zeitliche Aspekte könnten konkurrierende Ursachen neben der Intervention mitverantwortlich gewesen sein. Beispielsweise könnten die Unterschiede in der Krankenhausaufenthaltsdauer zum Teil auf Unterschieden in internen Prozessen in beiden Kliniken beruhen: Während in den Kliniken Maria Hilf während des Untersuchungszeitraums eine interne geriatrische Abteilung vorhanden war, verfügte das Universitätsklinikum Düsseldorf nicht über eine solche interne Struktur, sodass am Universitätsklinikum eine frühzeitigere Verlegung von Patienten in andere Kliniken wahrscheinlich ist, während ähnliche Patienten in Mönchengladbach der eigenen Geriatrie zugeführt werden konnten.

Auch Unterschiede in der Art und Geschwindigkeit der weiteren Schlaganfall-Diagnostik zwischen den Kliniken sind als *Confounder* denkbar.

Darüber hinaus könnte die Art der Datendokumentation und -erhebung Unterschiede zwischen den Kliniken beinhalten und als Fehlerquelle dienen.

Prinzipiell ist im Rahmen des Studiendesigns ein *Selection Bias* denkbar, da im Vorfeld keine Ausschlusskriterien formuliert wurden.

Letztlich können diese möglichen *Confounder* nur durch die Ausweitung der Studie auf mehrere Schlaganfallzentren im Sinne einer Multicenter-Studie reduziert werden. Demzufolge planen wir aktuell den Einschluss weiterer Schlaganfallzentren in eine neue Studie, um den Effekt der Sedierungsmodalität auf das *Outcome* bei der mechanischen Thrombektomie weiter zu untersuchen.

5 Literaturverzeichnis

1. Ringleb, P., M. Köhrmann, and O. Jansen, et al, *Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls, S2e-Leitlinie*, in *Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN)*. 2022 Version 1.1: Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Hrsg.), Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Online: www.dgn.org/leitlinien (abgerufen 03.04.2025). p. 162.
2. Klingelhöfer, J. and A. Berthele, *Klinikleitfaden Neurologie*. 2021: Elsevier. 900.
3. Wafa, H.A., et al., *Burden of Stroke in Europe: Thirty-Year Projections of Incidence, Prevalence, Deaths, and Disability-Adjusted Life Years*. *Stroke*, 2020. **51**(8): p. 2418-2427.
4. Hashemilar, M., et al., *Cerebral border zone infarctions: An etiologic study*. *Curr J Neurol*, 2022. **21**(1): p. 1-6.
5. Lin, J., et al., *Thrombolysis for acute ischaemic stroke: development and update*. *Brain Commun*, 2025. **7**(3): p. fcac164.
6. Behnke, S., *[Time is brain : Time management in acute stroke treatment]*. *Radiologe*, 2019. **59**(7): p. 590-595.
7. Campbell, B.C.V., et al., *Association of Reperfusion After Thrombolysis With Clinical Outcome Across the 4.5- to 9-Hours and Wake-up Stroke Time Window: A Meta-Analysis of the EXTEND and EPITHET Randomized Clinical Trials*. *JAMA Neurol*, 2021. **78**(2): p. 236-240.
8. Demeestere, J., et al., *Review of Perfusion Imaging in Acute Ischemic Stroke: From Time to Tissue*. *Stroke*, 2020. **51**(3): p. 1017-1024.
9. *Mitteilungen der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft (DSG)*. *Der Nervenarzt*, 2024. **95**(4): p. 403-404.
10. Xiong, Y., et al., *Tenecteplase for Ischemic Stroke at 4.5 to 24 Hours without Thrombectomy*. *N Engl J Med*, 2024. **391**(3): p. 203-212.
11. Berkhemer, O.A., et al., *A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2015. **372**(1): p. 11-20.
12. Campbell, B.C., et al., *Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection*. *N Engl J Med*, 2015. **372**(11): p. 1009-18.
13. Goyal, M., et al., *Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2015. **372**(11): p. 1019-30.
14. Jovin, T.G., et al., *Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2015. **372**(24): p. 2296-306.

15. Saver, J.L., et al., *Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke*. N Engl J Med, 2015. **372**(24): p. 2285-95.
16. Bracard, S., et al., *Mechanical thrombectomy after intravenous alteplase versus alteplase alone after stroke (THRACE): a randomised controlled trial*. Lancet Neurol, 2016. **15**(11): p. 1138-47.
17. Goyal, M., et al., *2C or not 2C: defining an improved revascularization grading scale and the need for standardization of angiography outcomes in stroke trials*. J Neurointerv Surg, 2014. **6**(2): p. 83-6.
18. Nogueira, R.G., et al., *Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct*. N Engl J Med, 2018. **378**(1): p. 11-21.
19. Albers, G.W., et al., *Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging*. N Engl J Med, 2018. **378**(8): p. 708-718.
20. Farag, E., M. Argalious, and G. Toth, *Stroke thrombectomy perioperative anesthetic and hemodynamic management*. Journal of NeuroInterventional Surgery, 2023. **15**(5): p. 483-487.
21. Schonenberger, S., et al., *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.
22. Simonsen, C.Z., et al., *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.
23. Lowhagen Henden, P., et al., *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.
24. Dinsmore, J., M. Elwishi, and P. Kailainathan, *Anaesthesia for endovascular thrombectomy*. BJA Educ, 2018. **18**(10): p. 291-299.
25. Campbell, B.C.V., et al., *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.
26. Powers, C.J., et al., *Thrombectomy with Conscious Sedation Compared with General Anesthesia: A DEFUSE 3 Analysis*. AJNR Am J Neuroradiol, 2019. **40**(6): p. 1001-1005.
27. Wu, L., et al., *General anesthesia vs local anesthesia during mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke*. J Neurol Sci, 2019. **403**: p. 13-18.
28. Ren, C., et al., *Effect of Conscious Sedation vs. General Anesthesia on Outcomes in Patients Undergoing Mechanical Thrombectomy for Acute*

Ischemic Stroke: A Prospective Randomized Clinical Trial. Front Neurol, 2020. **11**: p. 170.

29. Goldhoorn, R.B., et al., *Anesthetic management during endovascular treatment of acute ischemic stroke in the MR CLEAN Registry.* Neurology, 2020. **94**(1): p. e97-e106.
30. Feil, K., et al., *General Anesthesia versus Conscious Sedation in Mechanical Thrombectomy.* J Stroke, 2021. **23**(1): p. 103-112.
31. Zhang, L.Q., et al., *General Anesthesia Versus Conscious Sedation for Mechanical Thrombectomy in Acute Anterior Circulation Ischemic Stroke.* Stroke-Vascular and Interventional Neurology, 2022. **2**(1): p. e000130.
32. Campbell, D., et al., *General Anesthesia Compared With Non-GA in Endovascular Thrombectomy for Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials.* Neurology, 2023. **100**(16): p. e1655-e1663.
33. Jia, Y., et al., *Type of anesthesia for endovascular therapy in acute ischemic stroke: A literature review and meta-analysis.* Int J Stroke, 2024. **19**(7): p. 735-746.
34. Shenhui, J., et al., *General anesthesia versus sedation for endovascular thrombectomy: Meta-analysis and trial sequential analysis of randomized controlled trials.* Heliyon, 2024. **10**(13): p. e33650.
35. Heitkamp, C., et al., *General Anesthesia Versus Conscious Sedation in Thrombectomy Patients With Low NIHSS Anterior Circulation Stroke.* Stroke, 2025. **0**(0).
36. Doheim, M.F., et al., *Association of anesthesia strategies with outcomes in endovascular treatment for distal and medium vessel occlusions: A propensity score-matched analysis of the MR CLEAN registry and meta-analysis.* Eur Stroke J, 2025: p. 23969873251352406.
37. Sun, C.H., et al., *A Decade of Improvement in Door-to-Puncture Times for Mechanical Thrombectomy But Ongoing Stagnation in Prehospital Care.* Stroke: Vascular and Interventional Neurology, 2023. **3**(1): p. e000561.
38. Saver, J.L., et al., *Time to Treatment With Endovascular Thrombectomy and Outcomes From Ischemic Stroke: A Meta-analysis.* JAMA, 2016. **316**(12): p. 1279-88.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Philipp Albrecht für die kontinuierliche Betreuung dieser Arbeit und die zuverlässige Unterstützung in allen fachlichen und methodischen Fragestellungen.

Darüber hinaus bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dr. Moritz Förster und Frau Dr. Carolin Balloff für ihre Hilfsbereitschaft, die zahlreichen Anregungen und den engen Austausch.

Ferner bedanke ich mich bei allen Kooperationspartnern am Universitätsklinikum Düsseldorf, die unsere gemeinsame Studie erst ermöglicht haben, insbesondere gilt mein Dank Herrn Dr. Robin Jansen.

In diesem Rahmen gilt mein Dank auch meinen Co-Betreuern Herrn Prof. Dr. Dr. Sven Meuth und seinem Nachfolger Herrn Prof. Dr. Sajjad Muhammad.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, welche mir das Medizinstudium erst ermöglicht hat.