

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR RÖNTGENDIAGNOSTIK
PROF. DR. C. STROSZCZYNSKI
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Einfluss klinischer und prozeduraler Parameter auf das funktionelle Outcome von
Patienten mit Thrombektomie bei ischämischem Schlaganfall – eine retrospektive
Analyse bei Entlassung und nach 90 Tagen

Inaugural – Dissertation zur
Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
David Denkler

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR RÖNTGENDIAGNOSTIK
PROF. DR. C. STROSZCZYNSKI
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Einfluss klinischer und prozeduraler Parameter auf das funktionelle Outcome von
Patienten mit Thrombektomie bei ischämischem Schlaganfall – eine retrospektive
Analyse bei Entlassung und nach 90 Tagen

Inaugural – Dissertation zur
Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
David Denkler

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Christina Wendl
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Felix Schlachetzki
Tag der mündlichen Prüfung:	29.06.2026

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Bedeutung des Schlaganfalls in der Gesellschaft	5
1.1.1	Definition	5
1.1.2	Epidemiologie	6
1.1.3	Ätiologie und Pathophysiologie	6
1.2	Diagnostik und Therapie des akuten Schlaganfalls	7
1.2.1	Diagnostik	7
1.2.1.1	Körperliche Untersuchung	8
1.2.1.2	Bildgebung	8
1.2.2	Therapie	16
1.2.2.1	Medikamentöse Thrombolyse	16
1.2.2.2	Mechanische Thrombektomie	17
1.3	Bedeutung von Schlaganfallregistern und Datenbanken	19
1.4	Fragestellung und Zielsetzung	19
2	Material und Methoden	21
2.1	Patientenkollektiv	21
2.2	Erhobene Daten	21
2.3	Untersuchte Variablen	23
2.4	Verwendete Klassifikationssysteme	27
2.4.1	NIHSS	27
2.4.2	TICI-Klassifikation	28
2.4.3	mRS	28
2.5	Eingesetzte Instrumente und Techniken der Thrombektomie	29
2.6	Statistik	30
3	Ergebnisse	33
3.1	Grunddaten der Studienpopulation	33
3.2	Univariate Analysen	35
3.2.1	Patientenbezogene Prädiktoren	35
3.2.1.1	Zusammenhang zwischen dem Alter und dem mRS	35
3.2.1.2	Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem mRS	38
3.2.1.3	Zusammenhang zwischen der Anzahl der Gefäßverschlüsse und dem mRS	39
3.2.1.4	Zusammenhang zwischen der Lokalisation des Gefäßverschlusses und dem mRS	39

3.2.1.5	Zusammenhang zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und dem mRS	40
3.2.2	Prozedurale Prädiktoren	43
3.2.2.1	Zusammenhang zwischen der Durchführung einer Lyse und dem mRS	43
3.2.2.2	Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Intervention und dem mRS	44
3.2.2.3	Zusammenhang zwischen der DtG-Time und dem mRS	45
3.2.2.4	Zusammenhang zwischen der GtR-Time und dem mRS	45
3.2.2.5	Zusammenhang zwischen Interventionsdauer und dem mRS	46
3.2.2.6	Zusammenhang zwischen der Prozedur und dem mRS	50
3.2.2.7	Zusammenhang zwischen dem FPE und dem mRS	51
3.2.2.8	Zusammenhang zwischen dem Reperfusionserfolg und dem mRS	52
3.3	Multivariate Analysen	54
4	Diskussion	59
4.1	Patientenbezogene Prädiktoren	59
4.2	Prozedurale Prädiktoren	63
5	Zusammenfassung	71
6	Abkürzungsverzeichnis	72
7	Abbildungsverzeichnis	74
8	Tabellenverzeichnis	76
9	Literatur	78
10	Selbstständigkeitserklärung	

1 Einleitung

1.1 Bedeutung des Schlaganfalls in der Gesellschaft

1.1.1 Definition

Der Schlaganfall ist weltweit – nach dem Herzinfarkt – die zweithäufigste Todesursache und der häufigste Grund für eine körperliche oder geistige Behinderung im Erwachsenenalter. Bereits 2000 Jahre v. Chr. gab es im Bereich des heutigen Vorderasiens Berichte von Krankheitsbildern, die dem des Schlaganfalls entsprechen (1). Grundsätzlich unterscheidet man zwischen einem hämorrhagischen und einem ischämischen Schlaganfall – wobei letzterer mit einem Anteil von etwa 85 % deutlich häufiger auftritt. Ein hämorrhagischer Schlaganfall beruht auf einer intrakraniellen Blutung. Dabei kann es sich entweder um eine intrazerebrale Blutung – also eine Blutung direkt in das Gehirnparenchym – oder um eine Subarachnoidalblutung handeln, bei der die Blutungsquelle im mit Liquor gefüllten Subarachnoidalraum zwischen der mittleren Hirnhaut (Arachnoidea mater) und der inneren Hirnhaut (Pia mater) liegt (2–4).

Dem ischämischen Schlaganfall liegt eine verminderte lokale Durchblutung des Gehirngewebes zugrunde, wodurch die Sauerstoffversorgung reduziert wird. Dies führt zunächst zu einem Funktionsverlust im betroffenen Areal und – abhängig von Schwere, Dauer und Gewebesensitivität – zum Absterben von Hirnzellen. Die klinische Symptomatik und der Verlauf des Schlaganfalls variieren je nach Lokalisation des geschädigten Hirnareals. Abzugrenzen ist der akute ischämische Schlaganfall von der transitorisch ischämischen Attacke (TIA), die definiert ist als ein vorübergehendes, ischämisches zerebrales Defizit, welches maximal 24 h andauert. Die TIA geht 15 % aller ischämischen Schlaganfälle voran und wird daher auch als Vorbote verstanden. Mithilfe des ABCD2-Scoring-Systems kann eine prognostische Abschätzung für das Risiko eines ischämischen Schlaganfalls innerhalb der folgenden 48 Stunden nach einer TIA getroffen werden. Bei der Risikoeinstufung werden das Alter, die Höhe des Blutdrucks, die Ausprägung und Dauer der klinischen Symptome, sowie ein vorbestehender Diabetes mellitus berücksichtigt (2, 5, 6).

Der stille Schlaganfall ist eine Sonderform und ist in den meisten Fällen ischämisch bedingt. Es ist häufig ein Zufallsbefund, da Betroffene keine klinischen Symptome zeigen, jedoch trotzdem einen durch Bildgebungen feststellbaren Schaden erleiden. Stille Infarkte führen zu einem höheren Risiko des Erleidens weiterer Schlaganfälle

und für Depressionen. Darüber hinaus wirken sie sich negativ auf Kognition und Mortalität aus (5, 7).

1.1.2 Epidemiologie

Im Jahr 2019 erlitten 12,2 Millionen Menschen weltweit einen Schlaganfall, 101 Millionen hatten mit den gesundheitlichen Auswirkungen zu kämpfen und 6,55 Millionen Menschen starben an den akuten oder langfristigen Folgen (6). Von 1990 bis 2019 hat sowohl die Inzidenz als auch die Prävalenz von Schlaganfällen um 70 % bzw. 85 % zugenommen (6). Dieser Anstieg ist unter anderem durch die verbesserten Diagnostikmöglichkeiten und den demografischen Wandel zu erklären (3). Im Gegensatz dazu sanken jedoch die altersadaptierte Inzidenz und Prävalenz im Verlauf der letzten Jahre (6).

Die Schlaganfallmortalität bzw. die Wahrscheinlichkeit, einen solchen zu erleiden, erhöht sich im Allgemeinen mit zunehmendem Alter und der Anzahl von Risikofaktoren der betroffenen Person. Es zeigt sich jedoch auch im internationalen Vergleich zwischen der westlichen Welt und den Entwicklungsländern ein deutliches Gefälle zugunsten der Industrienationen. Dies wird vor allem durch die Unterschiede in der Struktur des Gesundheitssystems und dem Bruttoinlandsprodukt erklärt. Durch die steigende Inzidenz und Prävalenz hat der Schlaganfall sozioökonomisch eine große Bedeutung. Die akute Versorgung und die große Anzahl an möglichen Folgeerkrankungen wie Epilepsie, Depressionen, Demenz oder körperliche Behinderungen – die zu einer teilweise lebenslangen Pflegebedürftigkeit führen – machen in Industrienationen fast 5 % der gesamten gesundheitlichen Ausgaben aus, wobei in den nächsten Jahren ein deutlicher Anstieg erwartet wird (3).

1.1.3 Ätiologie und Pathophysiologie

Bei einem akuten ischämischen Schlaganfall kommt es durch den Verschluss einer Arterie zu einer mangelhaften Durchblutung des entsprechenden Gehirnbereichs. Dies hat eine Unterversorgung mit Sauerstoff und Glucose der dortigen Zellen zur Folge, welche über einen längeren Zeitraum zum Zelltod führt (8). Zur Einordnung ischämischer Schlaganfälle existieren verschiedene Klassifikationssysteme, von denen der TOAST-Score (Trial of ORG 10172 in Acute Stroke) besonders hervorzuheben ist, der nach der Ätiologie differenziert: 1 – Makroangiopathie; 2 – Embolie durch eine kardiale Ursache; 3 – Mikroangiopathie; 4 – andere Ursache (z. B. Sinusvenenthrombose oder mangelhafte Durchblutung aufgrund eines

Kreislaufschocks); 5 – unbekannte Ursache. Die OCSP-Klassifikation (Oxford Community Stroke Project) unterscheidet hingegen, in welchem arteriellen Versorgungsgebiet der Infarkt lokalisiert ist (vorderer, partiell vorderer, lakunärer und hinterer Infarkt) (5). Kardiale Ursachen – insbesondere durch Vorhofflimmern aus dem linken Herzvorhof verschleppte Thromben – bilden mit über 25 % die häufigste Ursache des ischämischen Schlaganfalls (5). Jedem vierten ischämischen Schlaganfall liegt eine makroangiopathische Ursache zugrunde (5). Die im Rahmen einer Arteriosklerose entstehenden Gefäßveränderungen und -ablagerungen werden auch als Plaques bezeichnet. Diese können sich von der Gefäßwand lösen und durch Aufreißen ihrer Oberfläche („Plaqueruptur“) zu der Entstehung eines Thrombus führen (9). Dieser kann entweder lokal entstehen oder – wie beispielsweise durch Vorhofflimmern verursacht – an einer anderen Stelle sich bilden und über das Gefäßsystem in eine Hirnarterie gespült werden, diese verschließen und somit zu einem ischämischen Schlaganfall führen (5).

1.2 Diagnostik und Therapie des akuten Schlaganfalls

1.2.1 Diagnostik

Bei der Versorgung des akuten Schlaganfalls gilt der Leitsatz „Time is brain“. Eine Prähospitalzeit von 60 Minuten sollte nicht überschritten werden, da jede Minute ohne adäquate Versorgung einen weiteren Verlust an potenziell rettbarem Gehirngewebe bedeutet. Des Weiteren ist neben dem raschen Transport auch die Auswahl einer Klinik mit geeigneten Versorgungsmöglichkeiten entscheidend. Darunter fällt insbesondere das Vorhandensein eines CT-Geräts sowie einer „Stroke Unit“ – einer für Schlaganfallpatienten spezialisierten Station, die eine umfassende und multidisziplinäre Behandlung gewährleisten kann (10).

Aufgrund des hohen Zeitdrucks und um möglichst rasch zu handeln, gibt es für Patienten mit plötzlich aufgetretenen neurologischen Ausfällen eine allgemein angewandte strukturierte Vorgehensweise: Zunächst erfolgen eine – soweit möglich – sorgfältige Anamnese und körperliche Untersuchung (10). Hierbei können bereits einige der sogenannten „Stroke-Mimics“ ausgeschlossen werden. Darunter werden verschiedene Pathologien zusammengefasst, die zwar mit schlaganfallähnlichen Symptomen einhergehen, jedoch eine andere Ursache haben (10, 11). Dies ist bei etwa jedem vierten Patienten der Fall. Die häufigste Differentialdiagnose ist hierbei eine Hypoglykämie (10). Dann erfolgt im nächsten Schritt eine zerebrale Bildgebung –

im häufigsten Fall als native Computertomografie-Aufnahme. Zum Ausschluss einer möglichen Blutung – eines hämorrhagischen Schlaganfalls – und um die genaue Lokalisation des Infarkts festzulegen – gegebenenfalls durch weitere CT- oder MRT-Aufnahmen – ist der Schritt der Bildgebung essenziell für das weitere Vorgehen und den Therapieansatz (11, 12).

1.2.1.1 Körperliche Untersuchung

Die häufigsten Symptome eines akuten ischämischen Schlaganfalls – die in Abhängigkeit von dem betroffenen Gehirnareal variieren können – sind das plötzliche Auftreten eines Gefühls der Schwäche in den Extremitäten bis hin zu vollständigen Lähmungen, Sprech- und Sprachprobleme, Ausfälle der Gesichtsmuskulatur sowie Gangstörungen (11, 13). Meistens ist der Infarkt auf eine Gehirnhemisphäre beschränkt, sodass die Symptome sich nur auf einer – der zum Defekt kontralateralen – Körperhälfte zeigen. Bei Gefäßverschlüssen der A. cerebri media und der A. carotis interna zeigt sich häufig eine sensomotorische Ausfallsymptomatik im Bereich des Gesichts und der oberen Extremitäten sowie eine Blickabweichung zur Infarktseite, Dysarthrie und Aphasie bzw. Apraxie bei Beteiligung der dominanten Hemisphäre. Okklusionen der A. cerebri anterior zeigen sich dagegen vorwiegend durch eine beinbetonte Hemiparese. Infarkte im posterioren Stromgebiet zeigen sich deutlich variabler und komplexer in der Symptomatik (14). Der FAST-Test (Face-Arm-Speech-Time) ist hierfür ein – auch für medizinische Laien – leicht anwendbarer schneller Test, um die häufigsten Symptome eines Schlaganfalls abzu prüfen. Allerdings trifft dies hauptsächlich nur für Gefäßverschlüsse der A. cerebri anterior und A. cerebri media zu (5). Infarkte, die im hinteren Versorgungskreislauf lokalisiert sind (A. cerebri posterior, A. vertebralis, A. basilaris), sind schwieriger zu diagnostizieren, da die oben aufgeführten typischen Symptome fehlen können und teilweise nur durch einen unspezifischen Schwindel ersetzt werden (11). Bei vielen Patienten zeigen sich in der Akutphase zusätzlich eine arterielle Hypertonie (> 140 mmHg syst.) sowie eine Hyperglykämie. Beides ist mit einem schlechteren Outcome assoziiert (5, 12).

1.2.1.2 Bildgebung

Ein oder mehrere bildgebende Verfahren sind in der Diagnostik des akuten Schlaganfalls trotz der oben aufgeführten klinischen Tests unabdingbar. Die Bildgebung erfolgt meist in mehreren Schritten, wobei zuerst das native CT ohne Kontrastmittel (cCT) erfolgt. Das cCT bietet den Vorteil einer schnellen Bildgebung und

ist in fast jeder Klinik verfügbar (5). Es ermöglicht den sicheren Ausschluss einer Blutung, welcher für die weitere Therapieplanung wichtig ist (5, 15). Der Nachteil des nativen CT ist die – im Vergleich zur cMRT – schlechtere Bildqualität und die geringe Sensitivität in den ersten Stunden nach dem Infarkt. In diesem Zeitfenster sind nur ein Drittel aller ischämischen Schlaganfälle anhand des cCT sicher diagnostizierbar (11, 12). Die klassischen Anzeichen eines Infarktes im nativen CT erscheinen in Abhängigkeit vom Infarktalter zeitlich verzögert (11). Eine häufige Veränderung im nativen CT bei einem akuten ischämischen Schlaganfall ist eine Hyperdensität des Thrombus – dies wird vor allem bei einem Verschluss der A. cerebri media beobachtet. Des Weiteren kann es im ischämischen Gebiet zu einer Hypodensität kommen. Daran kann das Infarktgebiet grob abgegrenzt werden (16). In manchen Fällen kommt es nach einem ischämischen Schlaganfall in einem Zeitfenster von bis zu vier Wochen zu einer hämorrhagischen Transformation. Darunter versteht man eine nachträgliche Blutung im infarzierten Gehirnbereich, welche sich auch in der Bildgebung zeigen kann (17).

Die Infarktfrühzeichen im nativen CT werden zur Erhebung des ASPECT-Scores genutzt. Dieser dient als Entscheidungshilfe für eine mögliche Thrombektomie bei Patienten, deren ischämischer Bereich im Versorgungsgebiet der A. cerebri media liegt (5). Das Versorgungsgebiet wird in zehn kleinere Areale untergliedert. Für jedes vom Infarkt betroffene Areal wird ein Punkt abgezogen vom Ausgangswert zehn. Je geringer die Punktzahl ist, desto mehr Areale sind vom Schlaganfall betroffen. Eine abgewandelte Version für das Versorgungsgebiet der A. cerebri posterior ist ebenso etabliert (15).

Mithilfe einer CT-Angiografie (CTA) – einer weiteren Möglichkeit der computertomographischen Bildgebung, die zur Therapieentscheidung beiträgt – werden die intrakraniellen Gefäße mittels eines intravenös verabreichten Kontrastmittels dargestellt und eine genaue Lokalisation des Thrombus und der Arterie – durch die Aussparung des Kontrastmittels an der betroffenen Stelle – ermöglicht (5, 12). Abbildung 1 zeigt beispielhaft ein natives CT sowie eine CT-Angiografie eines Patienten mit einem Verschluss der A. cerebri media links.

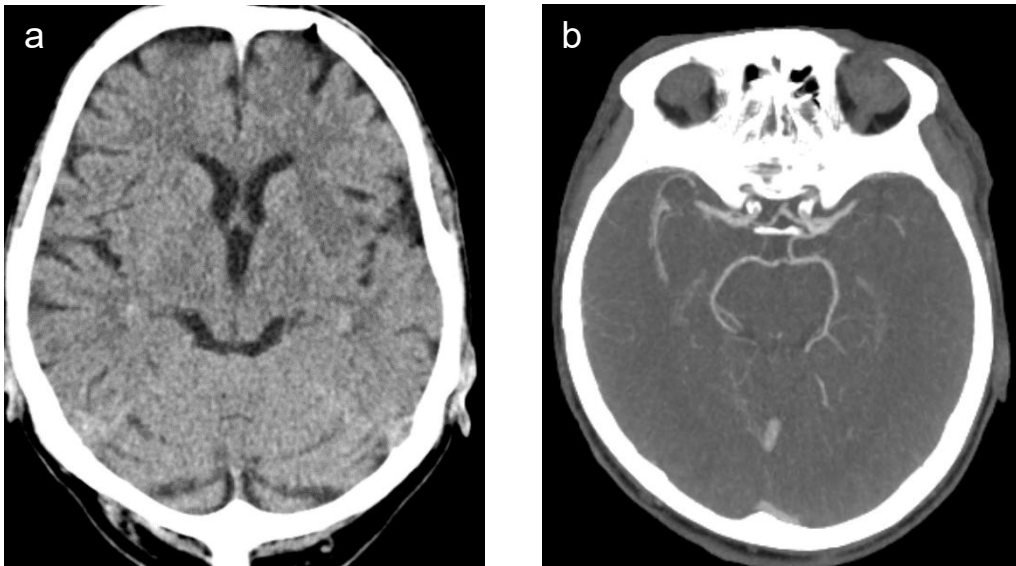


Abbildung 1: Natives CT (a) und CT-Angiografie (b) bei Verschluss der A. cerebri media links; mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)

Die CT-Perfusion als dynamische Untersuchung, bei der das Gehirn nach einer intravenösen Kontrastmittelgabe mehrfach in zeitlichen Abständen gescannt wird, zeigt sowohl den infarzierten Bereich, den Infarktkern, als auch die sogenannte Penumbra an. Die Penumbra ist ischämisches Hirngewebe, das durch eine kleine Restversorgung über Kollateralgefäße noch nicht abgestorben ist und somit durch eine schnelle therapeutische Intervention noch zu retten ist und weder im cCT noch in der CTA zu erkennen ist (8, 13, 15, 18). Der Schlüssel zur Interpretation der CT-Perfusion bei einem akuten ischämischen Schlaganfall liegt im Verständnis und der Identifizierung des Infarktkerns und der Penumbra, da ein Patient mit einem kleinen Kern und einer großen Penumbra am wahrscheinlichsten von einer schnellen Reperfusion profitiert. Es gibt vier Parameter, die zur Unterscheidung von Infarktkern und Penumbra genutzt werden. Das zerebrale Blutvolumen (CBV) ist das Blutvolumen in ml pro 100 g Hirngewebe und dient vor allem zur Einschätzung des Infarktkerns. Der zerebrale Blutfluss (CBF) ist das Blutvolumen in ml, das in einer bestimmten Zeiteinheit durch 100 g Hirngewebe fließt. Die mittlere Transitzeit (MTT) entspricht der durchschnittlichen Zeit in Sekunden zwischen arteriellem Zustrom und venösem Abstrom. Die Time-to-peak (TTP) ist die Zeit, die vergeht bis zur erkennbaren maximalen Kontrastmittelanreicherung im Gewebe. MTT und TTP erleichtern die Einschätzung der Penumbra. Berechnet wird die MTT, indem das CBV durch die CBF dividiert wird. Bei der Beurteilung der CT-Perfusion-Bilder zeigen sowohl der Infarktkern als auch die Penumbra eine erhöhte MTT sowie einen reduzierten CBF.

Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal ist das CBV, welches im Infarktkern deutlich verringert ist und im Bereich der Penumbra normal bis leicht erhöht. Der Begriff „Perfusions-Mismatch“ beschreibt das Vorliegen eines normalen CBV bei einem gleichzeitig verminderten CBF – die Kennzeichen der ischämischen Penumbra (18). Das Vorliegen eines Perfusions-Mismatch ist ein wichtiges Kriterium für die Entscheidung zugunsten der Durchführung sowohl einer intravenösen Thrombolyse als auch einer mechanischen Thrombektomie im erweiterten Zeitfenster (2). Abbildung 2 zeigt denselben Patienten wie Abbildung 1 (Verschluss der A. cerebri media links). Man erkennt ein deutliches Mismatch im betroffenen Hirnareal – einen stark verminderten CBF bei einem gleichzeitig normalen bis lediglich leicht verminderten CBV in den Rindengebieten (siehe roter Kreis). Ein kleiner insulärer Infarkt ist bereits zu erkennen. Die TTP im betroffenen Gebiet ist deutlich erhöht.

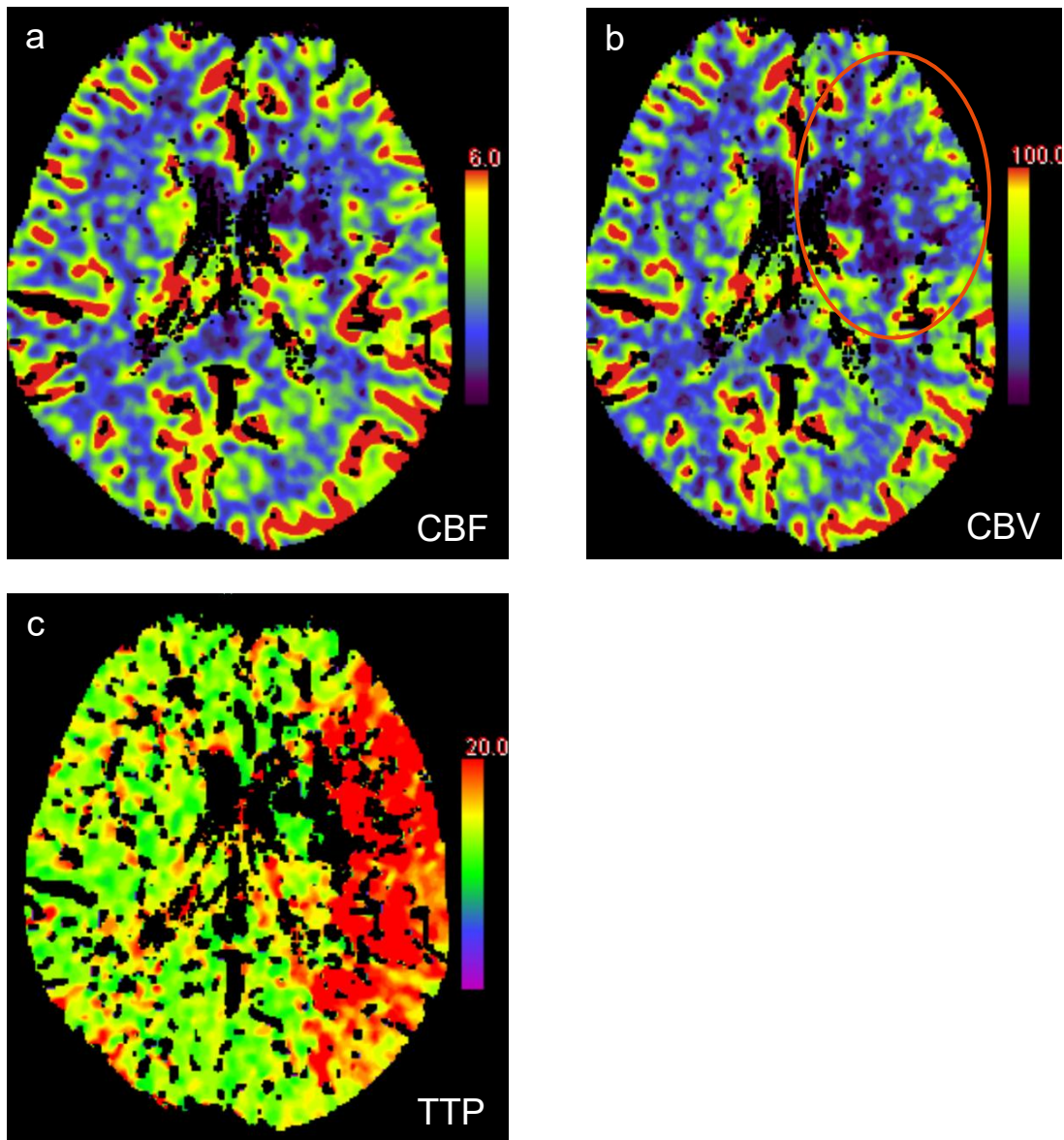


Abbildung 2: CT-Perfusionsbilder bei Verschluss der A. cerebri media links, mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)

Abbildung 3 zeigt neben einer abgelaufenen Ischämie im rechten vorderen Versorgungsgebiet der A. cerebri media keine neuen pathologischen Auffälligkeiten oder Perfusionsdefekte.

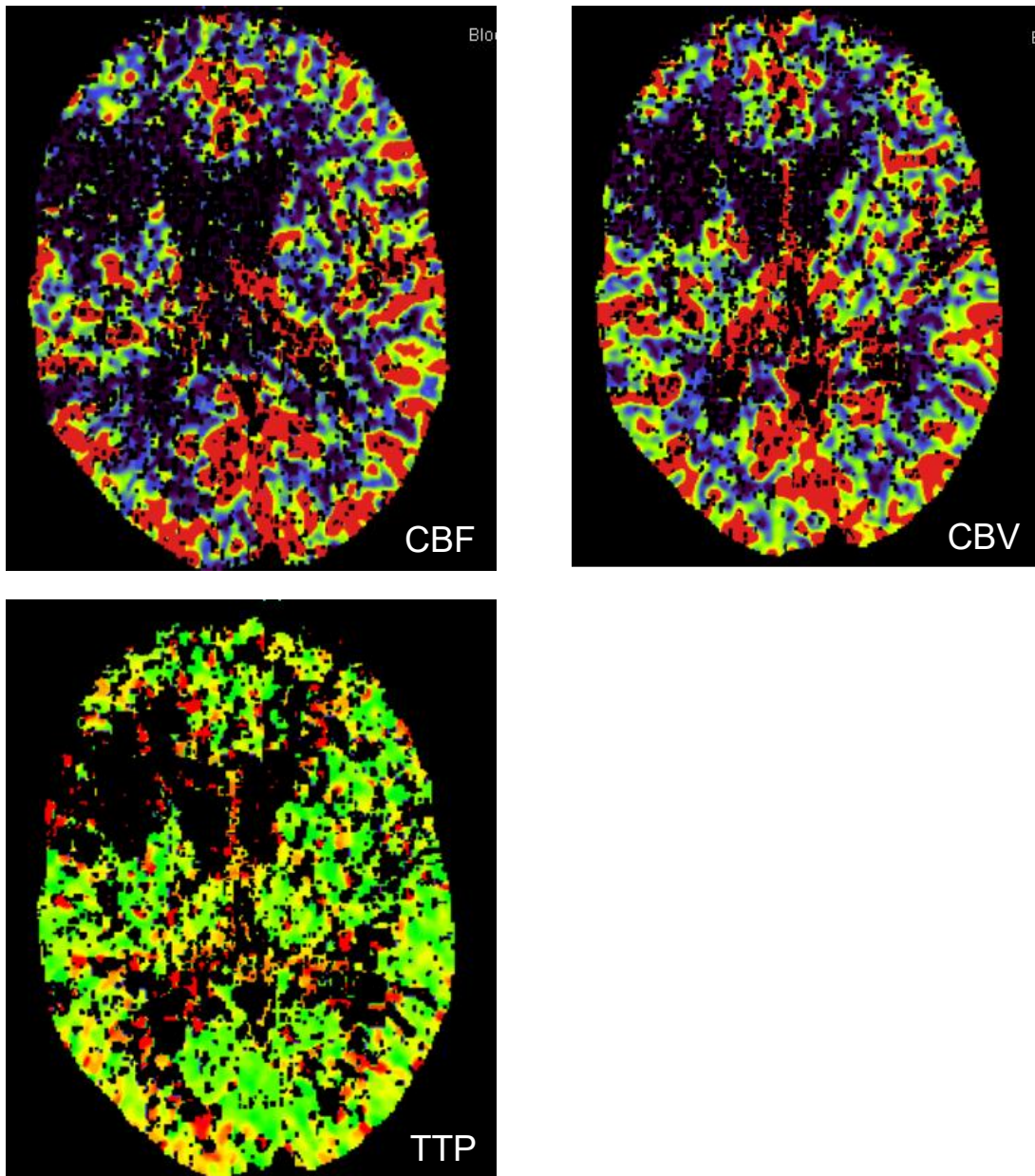


Abbildung 3: CT-Perfusionsbilder bei abgelaufener Ischämie der A. cerebri media im rechten vorderen Versorgungsgebiet; mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)

Neben der Computertomographie kommt in der klinischen Diagnostik und Therapieplanung die kraniale Magnetresonanztomographie (cMRT) mit verschiedenen Bildwichtungen zum Einsatz. Die cMRT-Aufnahmen haben eine deutlich bessere Bildqualität als die cCT. In der DWI-Sequenz (Diffusion-Weighted Imaging) können ischämische Schlaganfälle bereits nach wenigen Minuten sicher diagnostiziert werden. Auch diese Bildgebung ist nicht völlig fehlerfrei, da beispielsweise bei Patienten mit einer guten Kollateralversorgung der Befund negativ ausfallen kann, sodass jeder fünfte ischämische Schlaganfall mittels cMRT initial nicht detektiert werden kann (5).

Eine weitere Möglichkeit der neuroradiologischen Bildgebung sowohl zu diagnostischen als auch zu therapeutischen Zwecken – beispielsweise zur Durchführung einer mechanischen Thrombektomie – ist die digitale Subtraktionsangiografie (DSA). Ähnlich wie bei der CTA werden auch bei der DSA die Gefäße durch Gabe eines Kontrastmittels dargestellt. Der Vorteil liegt in der digitalen Verarbeitung der DSA-Aufnahmen, die es ermöglicht, störende Bildelemente zu entfernen und damit eine bessere Darstellung der Gefäße zu erreichen (5, 19).

Abbildung 4 zeigt DSA-Aufnahmen zweier beispielhafter Fälle einer okkludierten A. cerebri media, die jeweils mittels Thrombektomie rekanalisiert wurde.

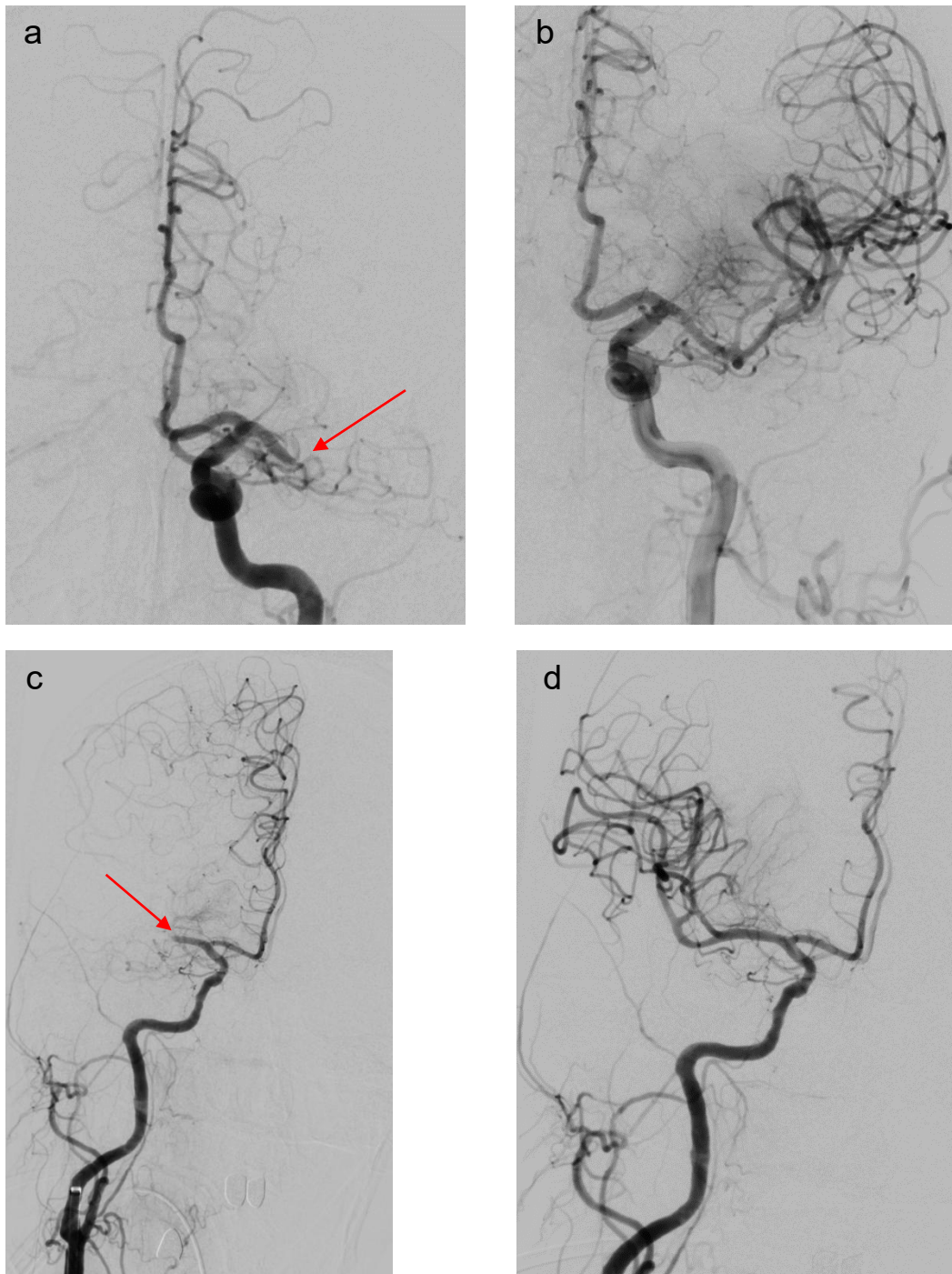


Abbildung 4: DSA der A. carotis interna, A. cerebri anterior und der verschlossenen A. cerebri media links (a, roter Pfeil) sowie Rekanalisierung mittels Thrombektomie (b); verschlossene A. cerebri media rechts (c, roter Pfeil) mit anschließender Thrombektomie (d); mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das MRT – trotz der höheren Sensitivität – im klinischen Alltag weniger oft zur Diagnostik des ischämischen Schlaganfalls eingesetzt wird als das CT, da dieses breiter verfügbar, kostengünstiger und weniger zeitintensiv ist (11). Für kleine und im hinteren arteriellen Versorgungsgebiet vermutete Infarkte wird jedoch das MRT bevorzugt (20).

1.2.2 Therapie

Das Ziel der Therapie eines akuten ischämischen Schlaganfalls ist die möglichst schnelle Reperfusion der verschlossenen Hirnarterie und des dazugehörigen Versorgungsgebietes, um den gesundheitlichen Schaden für den Patienten zu minimieren (5, 12). Die Akuttherapie besteht aus der medikamentösen Thrombolyse und der mechanischen Thrombektomie (21). Insbesondere die mechanische Thrombektomie hat in den letzten Jahren zunehmend – aufgrund der Verbesserung und Modernisierung der eingesetzten Materialien und Bildgebungen – an Bedeutung gewonnen und sich als Goldstandard für die Therapie großer zerebraler Gefäßverschlüsse etabliert (2). Im Anschluss an die Akutbehandlung ist die darauf folgende Versorgung auf einer geeigneten Spezialstation – einer Stroke-Unit – wichtig (5). Auf dieser erfolgt das Monitoring von für die Prognose wichtigen Parametern wie Blutdruck, Sauerstoffsättigung, Körpertemperatur und Blutzuckerspiegel (2, 5). In seltenen Fällen (z. B. erhöhter Hirndruck) muss zusätzlich ein neurochirurgischer Eingriff erfolgen zur Dekompression des Gehirngewebes (22).

1.2.2.1 Medikamentöse Thrombolyse

Bei der medikamentösen Thrombolyse – der weniger invasiven Therapieoption – erhält der Patient rekombinant hergestellten Gewebe-Plasminogenaktivator, welcher Plasminogen zu Plasmin aktivieren kann. Plasmin ist ein körpereigenes Enzym, welches Fibrin, den Hauptbestandteil eines Thrombus, spaltet und somit eine Reperfusion des ischämischen Gebiets ermöglichen kann. Die Erfolgsaussichten dieser Behandlung steigen, je schneller das Medikament nach Symptombeginn appliziert wird – spätestens sollte dies jedoch nach 4,5 Stunden erfolgen. Eine häufige Komplikation der Thrombolyse ist eine erhöhte Blutungsneigung. Daher sollte nach der Anwendung eines solchen Verfahrens erneut eine zerebrale Bildgebung erfolgen sowie ein genaues klinisches Monitoring, um eine mögliche Hirnblutung auszuschließen (5). Neben dem engen Zeitfenster gibt es eine Reihe weiterer Kontraindikationen, wie zum Beispiel eine orale Antikoagulation, einen erhöhten arteriellen Blutdruck (> 185 mmHg systolisch oder > 110 mmHg diastolisch) oder eine kürzlich erfolgte Operation (12, 21). Des Weiteren sind bei großen Verschlüssen in proximalen Gefäßabschnitten die Erfolgsaussichten geringer als bei der mechanischen Thrombektomie (5, 12, 21).

1.2.2.2 Mechanische Thrombektomie

Die mechanische Thrombektomie wird zur Behandlung des akuten ischämischen Schlaganfalls – insbesondere für proximale große Gefäßverschlüsse –, des Herzinfarkts und der Lungenembolie genutzt (23). Der Patient kann sich während des Eingriffs in Vollnarkose befinden, aber auch wach sein (5). Zumeist über die A. femoralis werden unterschiedliche Kathetersysteme in das Gefäßsystem eingeführt und bis zur okkludierenden Gefäßstelle vorgeschoben (23). Das therapeutische Zeitfenster ist – verglichen mit der medikamentösen Thrombolyse – weniger streng. Innerhalb von 6 Stunden nach Symptombeginn sollte der Eingriff erfolgen. Mittlerweile haben jedoch einige Studien belegt, dass auch 24 Stunden nach Eintreten der Symptome eine mechanische Thrombektomie indiziert und von Nutzen sein kann (23, 24).

Trotz des hohen Nutzens der endovaskulären Versorgung und der stetigen Verbesserung der eingesetzten Materialien und Techniken kann die Intervention zu Komplikationen führen. Der Begriff „Groin complication“ bezieht sich auf sämtliche Probleme, die durch die Punktion zum Einbringen der Katheter entstehen können. Lokale Hämatome, Dissektionen und die Entstehung von kleineren Pseudoaneurysmen sind meistens gut beherrschbar. Bei Punktionen oberhalb des Leistenbandes können sich Blutungen jedoch bis in das Retroperitoneum und von dort bis in die Bauchhöhle ausbreiten. Eine manuelle Kompression solcher Blutungen ist durch das fehlende Widerlager des Femurkopfes erschwert und stellt einen Notfall dar. Weitere mögliche Komplikationen sind unter anderem die Perforation intrakranieller Gefäße und das postinterventionelle Auftreten intrazerebraler Blutungen. Bei der mechanischen Thrombektomie kann der Embolus durch die verwendeten Kathetersysteme manchmal in einzelne Bruchstücke zerfallen. Diese Bruchstücke können bei der Bergung in andere Gefäße rutschen und einen neuen Gefäßverschluss verursachen. Dies stellt eine weitere mögliche Komplikation dar (25–27).

Für ein zielgenaues Vorgehen bei der mechanischen Thrombektomie nutzt man die Fluoroskopie, bei der in regelmäßigen Zeitabständen der Patient während der Intervention durchleuchtet wird. Dabei handelt es sich um Röntgenaufnahmen, die jedoch im Vergleich zu dem konventionellen Röntgen eine geringere Strahlenbelastung für den Patienten haben. Hierbei werden sogenannte Serienbilder aufgenommen – zeitlich aufeinanderfolgende Bildsequenzen nach Kontrastmittelgabe.

Diese Bildgebung ermöglicht die genaue Lagebestimmung des Katheters im Gefäßsystem und eine Beurteilung des Gefäßverschlusses (28). Um die Strahlenbelastung des Patienten während einer Thrombektomie zu quantifizieren, werden bei jedem Eingriff die Durchleuchtungszeit in Minuten (Fluoroskopiezeit) und das Dosisflächenprodukt gemessen. Das Dosisflächenprodukt (DAP) berechnet sich aus der Strahlendosis multipliziert mit der bestrahlten Fläche. International anerkannte Richtwerte bezüglich einer maximal empfohlenen Strahlendosis bzw. Durchleuchtungszeit existieren derzeit nicht (29). Die Höhe der Strahlenbelastung bei einer mechanischen Thrombektomie wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Punkte, die sich auf die Strahlendosis negativ auswirken, sind eine Lokalisation des betroffenen Gefäßes im hinteren Versorgungskreislauf, das gleichzeitige Vorliegen einer intra- und extrakraniellen Stenose, mehrfache erfolglose Rekanalisationsversuche sowie eine geringe Erfahrung des – die Intervention durchführenden – Arztes. Das Alter des Patienten, die Gesamtdauer der Intervention sowie die Wahl der Narkoseführung spielten für die Strahlenbelastung hingegen keine Rolle (30–34).

Um den Therapieerfolg und mögliche Komplikationen frühzeitig zu erkennen, ist die Durchführung eines cCT zur Kontrolle nach der Intervention notwendig. Diese Nachuntersuchung sollte innerhalb von 24-48 Stunden nach der mechanischen Thrombektomie erfolgen. Der Hauptzweck besteht im Ausschluss einer intrakraniellen Blutung, insbesondere einer hämorrhagischen Transformation des Infarkts oder einer prozedurbedingten intrazerebralen Blutung. Darüber hinaus ermöglicht die erneute Bildgebung nach Intervention auch die Beurteilung der zytotoxischen Hirnödem-Entwicklung, welche insbesondere bei großflächigen Infarkten abzuklären ist. Die frühzeitige Identifikation von Komplikationen ist entscheidend für die weitere Therapieplanung. Darüber hinaus erlaubt die Kontroll-CT die präzise Erfassung des finalen Infarkt volumens nach der Intervention. Während der akuten Phase können initial noch potenziell rettbar Hirnareale (Penumbra) bestehen, die sich nach erfolgreicher Reperfusion stabilisieren oder aber in ein irreversibles Infarktareal übergehen. Die volumetrische Bestimmung des Infarktes im Kontroll-CT ist daher von hoher prognostischer Bedeutung (35).

1.3 Bedeutung von Schlaganfallregistern und Datenbanken

Die kontinuierliche wissenschaftliche Auswertung klinischer Verfahren anhand strukturierter Datenanalysen ist unerlässlich, um medizinische Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, Sicherheit und Anwendbarkeit im Versorgungsalltag zu bewerten. Während randomisierte Studien kontrollierte Bedingungen schaffen, ist die Analyse klinischer Routinedaten entscheidend, um die Übertragbarkeit von Therapieverfahren in den allgemeinen klinischen Alltag zu prüfen. Die Sammlung von Daten über Schlaganfallpatienten ist für die kontinuierliche Analyse und Qualitätskontrolle der Diagnostik- und Therapiekonzepte essenziell. Durch diese kann eine ständige Verbesserung derselben erfolgen. Eine bekannte Datenbank innerhalb Deutschlands ist das German Stroke Registry, welches Patienten mit akuten Schlaganfällen in seinem System erfasst (36).

1.4 Fragestellung und Zielsetzung

Zum Zweck eines internen Projektes wurden Daten von Schlaganfallpatienten des Bezirksklinikums Regensburg sowie des Universitätsklinikums Regensburg, die eine endovaskuläre Schlaganfalltherapie im Sinne einer mechanischen Thrombektomie erhielten, in einer Datenbank gesammelt.

In der Schlaganfallforschung wird der modifizierte Rankin-Score (mRS) häufig als Maß für das funktionelle Outcome herangezogen, wobei der Zeitpunkt der Bewertung meist 90 Tage nach dem Ereignis liegt. Viele Studien beschränken sich auf diese Zeitspanne, da sich Patienten bis dahin weitgehend stabilisiert haben (37). Dennoch ist es denkbar, dass bestimmte Prädiktoren sich anders auf den Zustand bei Entlassung aus der stationären Versorgung auswirken als auf den mRS 90 Tage nach dem Ereignis. Einige Faktoren könnten kurzfristige Auswirkungen auf die funktionelle Abhängigkeit zeigen, die sich durch Rehabilitation und neurologische Erholung bis zum 90-Tage-Zeitpunkt teilweise abschwächen oder ausgleichen (38).

Daher ist es sinnvoll, sowohl das Outcome bei Entlassung als auch nach 90 Tagen zu betrachten, um ein umfassenderes Bild der prädiktiven Bedeutung verschiedener Variablen zu erhalten. Die vergleichende Analyse beider Zeitpunkte kann dabei helfen, frühe Risikofaktoren besser zu identifizieren und gezieltere therapeutische Strategien zu entwickeln.

In dieser Arbeit wird ein Teil der für die Datenbank erhobenen Parameter beschrieben sowie genauer analysiert, inwiefern patientenbezogene und prozedurale Parameter mit der funktionellen Unabhängigkeit im Alltag bei Patienten mit mechanischer Thrombektomie assoziiert sind. Zur Untersuchung des funktionellen Outcomes wurde der mRS zum Zeitpunkt der Entlassung und 90 Tage nach dem Ereignis als Zielvariable herangezogen.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Es wurden 552 Patienten, die in dem Zeitraum von 2010 bis 2023 wegen eines akuten zerebralen Gefäßverschlusses eine mechanische Thrombektomie erhielten, in der Datenbank erfasst. Um in die endgültige Analyse aufgenommen zu werden, musste ein Mindestalter von 18 Jahren vorliegen. Diese Kriterien erfüllten drei Patienten nicht. Zudem wurde bei einem Patienten keine Thrombektomie dokumentiert. Im restlichen Patientenkollektiv war bei 379 Patienten der mRS bei Entlassung und bei 310 Patienten der mRS nach 90 Tagen erhoben worden. Diese wurden schlussendlich in die vorliegende Analyse miteinbezogen.

2.2 Erhobene Daten

Das Ziel des Projekts war die Erstellung einer Datenbank über Schlaganfallpatienten, die am medbo Bezirksklinikum Regensburg oder am Universitätsklinikum Regensburg mittels mechanischer Thrombektomie behandelt wurden.

Die Datenbank wurde von der Datenmanagement-Abteilung des Universitätsklinikums Regensburg erstellt. Hierbei wurde das elektronische Datenerfassungssystem REDCap genutzt. Die epidemiologischen, klinischen und prozeduralen Daten eines jeden Patienten wurden in fünf Kategorien erfasst. In den einzelnen Gruppen (Basisdaten, Prä-Intervention, Intervention, Post-Intervention, Follow-up) variierte in Abhängigkeit von der Vollständigkeit der vorliegenden Patientendaten die Anzahl an zu beantwortenden Fragen. Bei den meisten Fragen konnte man aus bereits vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auswählen, wobei in einzelnen Fällen auch freie Textfelder ausgefüllt werden konnten.

Alle für die mechanischen Thrombektomien erforderlichen Daten waren zunächst handschriftlich in einem dafür vorgesehenen Dokumentationsbuch eingetragen. In diesem Verzeichnis werden neben einigen Basisdaten (Name und Geburtsdatum des Patienten, Datum und Uhrzeit der Intervention, Name des Arztes, Art des Eingriffs) und den dazugehörigen Informationen (Interventionsdauer, Fluoroskopiezeit, Dosisflächenprodukt, Kontrastmittelverbrauch) vor allem die verwendeten Materialien (Katheter, Stent-Retriever usw.) sorgfältig aufgeführt. Diese Dokumentation ist Aufgabe der medizinisch-technischen Radiologieassistenten (MTRA). Mithilfe von diesem Register konnten die Patienten, die eine Thrombektomie in dem oben

genannten Zeitraum erhalten hatten, gefiltert und in einer Exceldatei zusammengeführt werden.

In einem weiteren Schritt war es notwendig, mit dem internen PACS-System IDS7 (Firma Sectra, Göteborg, Schweden) zu arbeiten. Die Patienten wurden mit Namen und Geburtsdatum im PACS gesucht. Anhand der dadurch gefundenen Bildgebungen wurden weitere, die Prozedur betreffende Parameter erhoben. Diese Informationen wurden ebenfalls in der Exceltabelle dokumentiert. Des Weiteren wurden die Namen der Patienten durch individuelle ID-Nummern ersetzt, die jeder Patient bei Aufnahme in die Klinik erhält. Dadurch konnte eine Pseudonymisierung der Patienten sichergestellt werden.

Die gesammelten Daten wurden schließlich mit Hilfe der Excel-Tabelle in die redCAP-Datenbank übertragen.

Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen eine Übersicht der eigenständig erhobenen Variablen mithilfe der Dokumentationsbücher und des PACS-Systems.

Dokumentationsbücher
Geburtsdatum
Geschlecht
Datum und Uhrzeit Beginn und Ende Thrombektomie
Kontrastmittelvolumen (ml)
Dosisflächenprodukt ($\mu\text{Gy}/\text{m}^2$)
Fluoroskopiezeit
Anzahl an Serienbildern

Tabelle 1: Variablen der Dokumentationsbücher

PACS-System
Patienten-ID
Datum früherer Schädelbildgebungen (CT/MRT) vor dem akuten Schlaganfall
Datum und Uhrzeit präinterventionelles cCT, CT-Perfusion, CT-Angiographie
Unterscheidung der CT-Angiografie-Bilder in rekonstruierte CTA und CTA ab dem Aortenbogen
Durchführung einer Thrombektomie
Verfügbarkeit von DSA-Interventionsbildern
Datum und Uhrzeit postinterventioneller Bildgebung (CT/MRT)
Datum weiterer Schädelbildgebungen (CT/MRT) im Verlauf

Tabelle 2: Variablen des PACS-Systems

2.3 Untersuchte Variablen

Es wurde der Zusammenhang von patientenbezogenen sowie prozeduralen Faktoren mit dem klinischen Outcome bei Entlassung analysiert. Bei kontinuierlichen Variablen, die ein signifikantes Ergebnis in den univariaten Tests hatten, erfolgte zudem eine Gruppierung. Dies diente der Suche nach leichter abgrenzbaren prädiktiven Risikogruppen. Die Einteilung der Variablen in kategoriale Gruppen erfolgte orientiert an der Gruppierung in vergleichbaren publizierten Studien, um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Das klinische Outcome wurde anhand des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen beurteilt. Hierfür wurde der mRS, angelehnt an die gängige Praxis, als dichotomisierte Variable („funktionell gutes Outcome“ ($mRS \leq 2$) und „funktionell schlechtes Outcome“ ($mRS > 2$)) betrachtet. Bei fehlender Signifikanz wurde zudem ein Vergleich mit dem mRS als ordinaler Variable (0-6) durchgeführt. Dies diente der Erhöhung der statistischen Sensitivität und der Erfassung von Unterschieden, die von der getroffenen Dichotomisierung des mRS nicht erfasst wurden, aber sich womöglich über die gesamte Skala hinweg zeigten. Abbildung 5 zeigt eine Übersicht der untersuchten Einflussfaktoren.

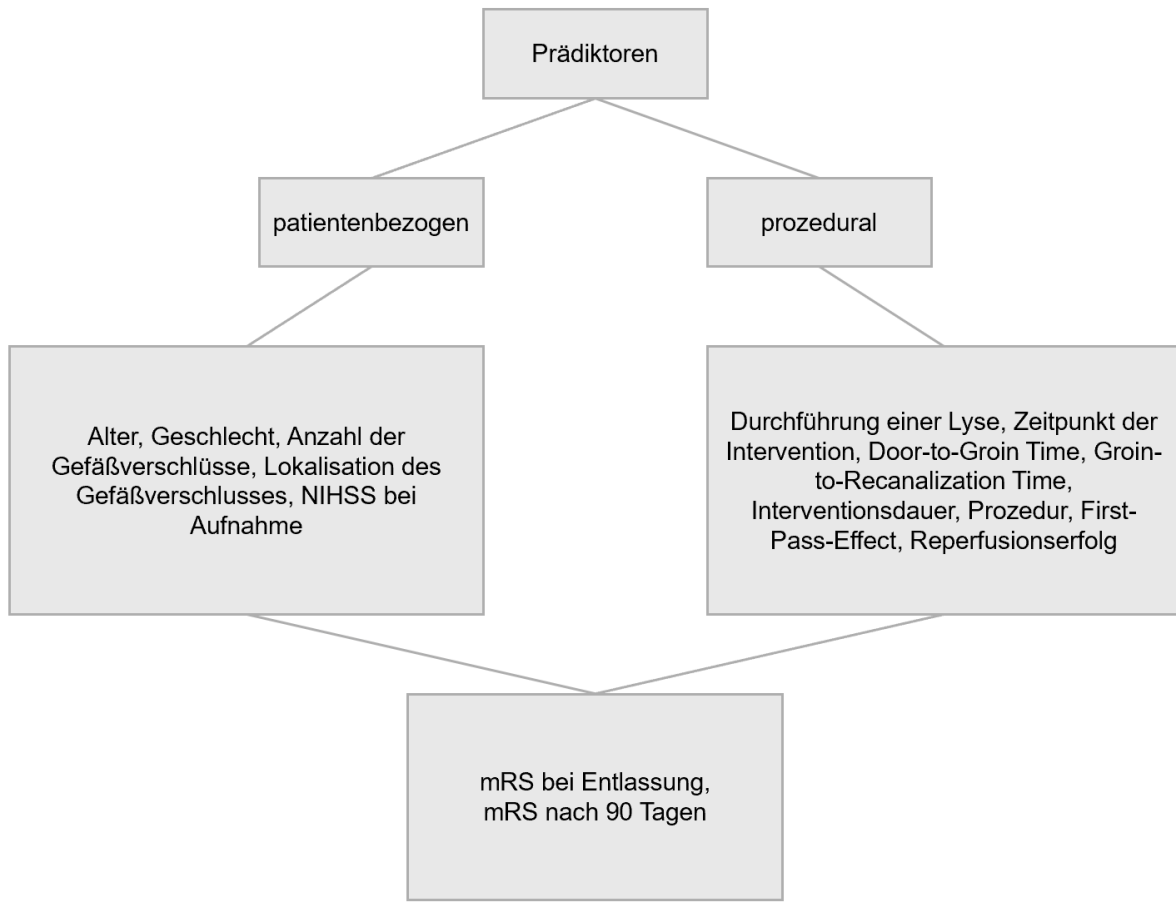


Abbildung 5: Übersicht der untersuchten Prädiktoren

Für die jeweiligen Einzelanalysen wurden nur Patienten mit vollständigen Parametern einbezogen. Eine genaue Auflistung der Variablen zeigen Tabelle 3 und Tabelle 4.

Untersuchte Variable	Gruppeneinteilung	Anmerkungen
Alter	Kontinuierlich	
	Kategorial, drei Gruppen: < 65 Jahre, 65-79 Jahre, ≥ 80 Jahre	
Geschlecht	Kategorial, zwei Gruppen: männlich und weiblich	
Anzahl der Gefäßverschlüsse	Kategorial, zwei Gruppen: ein Verschluss und mehr als ein Verschluss (zwischen zwei und vier Verschlüssen)	
Lokalisation des Gefäßverschlusses	Kategorial, zwei Gruppen: vorderes Stromgebiet (A. carotis interna intrakraniell und Carotis-T, A. cerebri media M1 und M2 proximal) und hinteres Stromgebiet (A. basilaris, A. cerebri posterior)	Patienten mit mehr als einem Gefäßverschluss wurden ausgeschlossen.
Klinische Schwere des Schlaganfalls (NIHSS bei Aufnahme)	Kontinuierlich	Es wurden nur Patienten mit einem NIHSS bei Aufnahme ≥ 6 eingeschlossen.
	Kategorial, zwei Gruppen NIHSS 6-20 und > 20	

Tabelle 3: Untersuchte patientenbezogene Variablen

Untersuchte Variable	Gruppeneinteilung	Anmerkungen
Durchführung einer Lyse	Kategorial, zwei Gruppen: Ja und nein	
Zeitpunkt der Intervention	Kategorial, zwei Gruppen: Regelarbeitszeit (8:00-17:00 Uhr) und außerhalb der Regelarbeitszeit (17:00-8:00 Uhr sowie Wochenende und Feiertage)	Es wurde bei Patienten, deren Interventionszeit in beiden Gruppen lag, der Zeitraum gewählt, in dem die Intervention begonnen wurde.
Door-to-Groin-Time (DtG-Time)	Kontinuierlich	Die DtG-Time bezeichnet die Zeitspanne zwischen dem Eintreffen in der Notaufnahme und dem Beginn der interventionellen Therapie durch die Punktion (39). Patienten, die außerhalb eines Zeitraums von 0-3 h lagen oder von einem externen Krankenhaus zuverlegt wurden, wurden ausgeschlossen.
Groin-to- Recanalization-Time (GtR-Time)	Kontinuierlich	Nur Patienten mit einer erfolgreichen Reperfusion (TICI 2b, 2c und 3) wurden eingeschlossen.

Interventionsdauer	Kontinuierlich	Nur Patienten mit einer erfolgreichen Reperfusion (TICI 2b, 2c und 3) wurden eingeschlossen. Die Gruppe $\leq 2h$ umfasste den Zeitraum $> 1h$ bis $\leq 2h$ und wurde mit $\leq 2h$ abgekürzt.
	Kategorial, drei Gruppen: $\leq 1h, \leq 2h, > 2h$	
Prozedur	Kategorial, zwei Gruppen: Stent-Retriever + Aspiration und Stent-Retriever oder Aspiration	
First-Pass-Effekt (FPE)	Kategorial, zwei Gruppen: Ja und nein	Als FPE wurde eine vollständige Reperfusion (TICI 2c/3) im ersten Thrombektomie-Versuch definiert.
Reperfusionserfolg	Kategorial, zwei Gruppen: TICI $< 2b$ und $\geq 2b$	
	Kategorial, drei Gruppen: TICI 2b, 2c und 3	

Tabelle 4: Untersuchte prozedurale Variablen

2.4 Verwendete Klassifikationssysteme

2.4.1 NIHSS

Bei der National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) handelt es sich um ein standardisiertes Untersuchungsprotokoll, das zur Einschätzung des Schweregrads des Schlaganfalls dient und damit auch Therapieentscheidungen beeinflusst (12). Durch Prüfung verschiedener neurologischer Parameter in elf Kategorien errechnet sich ein Punktwert, dessen Höhe positiv mit der Schwere des Schlaganfalls korreliert und zwischen 0 und 42 Punkten liegen kann (11, 12). Die verschiedenen Kategorien beinhalten die Untersuchung von Vigilanz, Orientierung, Reaktion auf Ansprache, Blickmotorik, Gesichtsfeld, Arm- und Beinhaltetest (jeweils seitentrennt), Extremitätenataxie, Sensibilität, Aphasie, Dysarthrie und Neglect. Die Erhebung des

NIHSS erfordert geschultes Personal und ist für die präklinische Diagnostik meist zu aufwendig. Des Weiteren ist die Punktevergabe teilweise unausgeglichen. Zum einen werden bestimmte Symptome wie z. B. Doppelbilder in der Punktevergabe nicht berücksichtigt und zum anderen werden motorische Ausfälle leicht überbewertet, Sprachstörungen dagegen unterbewertet (5, 13). Dennoch ist der NIHSS eines der wichtigsten Klassifikationssysteme für die Einschätzung des Schweregrads eines Schlaganfalls (12). In der vorliegenden Arbeit wurde der erhobene Punktwert des NIHSS zum Zeitpunkt vor der mechanischen Thrombektomie einbezogen und diente zur klinischen Beurteilung des Schweregrades des Infarkts vor der Intervention.

2.4.2 TICI-Klassifikation

Um den Behandlungserfolg einer Rekanalisationstherapie zu objektivieren, wird seit 2003 die thrombolysis-in-cerebral-ischemia-Klassifikation (TICI-Klassifikation) genutzt. Diese wurde 2013 erweitert zur modifizierten mTICI-Klassifikation und gibt den Grad der Reperfusion und Durchblutung des Gefäßes an. Die Einstufung reicht von einer vollständigen Okklusion des Gefäßes (Grad 0) bis zur vollständigen Wiedereröffnung (Grad 3) (40, 41). Die Klassifikation wird insbesondere postinterventionell erhoben und dient als prognostischer Parameter. Eine erfolgreiche Reperfusion liegt im klinischen Konsens ab TICI 2b vor. Darüber hinaus kann die TICI-Klassifikation auch präinterventionell genutzt werden, um den Schweregrad der Gefäßokklusion einzuschätzen (2, 42). Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die genauen Abstufungen der TICI-Klassifikation.

TICI-Klassifikation	Beschreibung
0	Keine Perfusion
1	Minimale Perfusion, kein Durchfluss über die Verschlussstelle
2a	Teilweise Perfusion < 50 % des betroffenen Areals
2b	Partielle Perfusion ≥ 50 % des Areals
2c	Quasi-komplette Reperfusion mit minimalen Füllungsdefekten
3	Volle Reperfusion ohne Füllungsdefizit

Tabelle 5: TICI-Klassifikation – Kategorien und Beschreibung (43)

2.4.3 mRS

Der modifizierte Rankin-Score (mRS) ist eine der am häufigsten verwendeten Skalen zur Bewertung des funktionellen Outcomes bei Schlaganfallpatienten. Er wurde

entwickelt, um den Grad der Behinderung oder den Verlust der Selbstständigkeit in alltäglichen Aktivitäten zu messen. Die Skala reicht ordinal von 0 (keine Symptome) bis 6 (Tod) (44). Die modifizierte Version der Skala wurde 1988 erstmals beschrieben, um eine bessere und zuverlässigere Beurteilung des Grads der Behinderung nach einem Schlaganfall zu ermöglichen. Hierbei wird der mRS in Studien häufig dichotomisiert – Werte ≤ 2 sind mit einem funktionell guten Outcome verknüpft (45). Der mRS dient als prognostisches Klassifikationssystem, wobei der mRS-Wert 90 Tage nach dem Schlaganfall am häufigsten als langfristiges Outcome in klinischen Studien genutzt wird (46). Tabelle 6 zeigt den mRS und die genaue Bedeutung der einzelnen Stufen.

mRS-Wert	Beschreibung
0	Keine Symptome
1	Keine wesentliche Behinderung – trotz Symptomen volle Leistungsfähigkeit
2	Leichte Behinderung – in der Lage, alle eigenen Angelegenheiten selbst zu regeln, aber Einschränkungen in Freizeitaktivitäten
3	Mäßige Behinderung – benötigt Hilfe bei einigen alltäglichen Aktivitäten, ist aber gehfähig ohne fremde Hilfe
4	Mäßig schwere Behinderung – gehunfähig, benötigt Hilfe bei der Körperpflege
5	Schwere Behinderung – bettlägerig, vollständig auf Pflege angewiesen
6	Tod

Tabelle 6: modifizierter Rankin-Score (mRS) - Kategorien und Beschreibung (47)

2.5 Eingesetzte Instrumente und Techniken der Thrombektomie

Im klinischen Alltag sind eine Vielzahl verschiedener Systeme und Techniken zur Thrombektomie im Einsatz. Hauptsächlich werden Aspirationskatheter und Stent-Retriever verwendet (23). Bei der Aspiration wird mit Hilfe eines zusätzlich eingeführten Mikrokatheters der Thrombus mechanisch unter Erzeugung eines starken Unterdrucks abgesaugt. Dies reduziert das Risiko für die Entstehung neuer Embolien durch die Bruchstücke des Thrombus distal der Okklusion oder in anderen Gefäßen. Stent-Retriever sind zylinderförmige Geflechtstrukturen, die im Bereich der Okklusion expandiert werden und zu einer Aufdehnung des verengten Gefäßes führen. Dabei verfängt sich der Thrombus in der Maschenstruktur des Stent-Retrievers.

Anschließend werden der Stent-Retriever mitsamt Thrombus nach wenigen Minuten wieder aus dem Gefäß entfernt (48). Die Kombination aus Aspiration und Stent-Retriever hat sich mittlerweile in vielen Zentren als Standard etabliert, da sie zu besseren Reperfusionsergebnissen führt und mit einer geringeren Rate an embolischen Komplikationen durch Fragmentierung des Thrombus einhergeht. Dieser kombinierte Einsatz ist jedoch auch mit erhöhten Materialkosten verbunden (49). Eine etablierte Methode, bei der sowohl Stent-Retriever als auch Aspirationskatheter zum Einsatz kommen, stellt die sogenannte Solumbra-Technik dar. Dabei wird der expandierte Stent-Retriever mitsamt dem eingefangenen Thrombus unter kontinuierlicher Aspiration zurückgezogen. Ziel dieser Technik ist es, eine Fragmentierung des Gerinnsels zu vermeiden und somit das Risiko einer distalen Embolisation in bislang nicht betroffene Gefäßterritorien zu minimieren (50). Die ADAPT-Technik ist dagegen ein häufig angewendetes Verfahren, bei dem die Thrombektomie primär mit einem großlumigen Aspirationskatheter ohne den Einsatz eines Stent-Retrievers durchgeführt wird. Der Aspirationskatheter wird direkt bis an den Thrombus vorgeschoben. Sobald ein fester Kontakt vorliegt, wird der Katheter samt Thrombus unter kontinuierlichem Sog wieder zurückgezogen (51). Eine erfolgreiche und möglichst frühzeitige Rekanalisation gilt unabhängig von der gewählten Technik als wesentlicher Prädiktor für ein günstiges funktionelles Outcome. Besonders der FPE – also eine vollständige oder fast vollständige Wiedereröffnung des Gefäßes bereits beim ersten Thrombektomie-Versuch ohne zusätzliche Interventionen – wird in der Literatur mit einer signifikanten Verbesserung der klinischen Ergebnisse in Verbindung gebracht (52).

2.6 Statistik

Die Datenerfassung wurde in tabellarischer Form unter Verwendung von Microsoft Excel durchgeführt. Die anschließende statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Version 29 (IBM).

Zur deskriptiven Darstellung der Studienpopulation wurden kontinuierliche Variablen abhängig von ihrer Verteilung als Mittelwert \pm Standardabweichung (SD) bzw. als Median mit Interquartilsabstand (IQR) angegeben. Kategoriale Variablen wurden als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt. Zusätzlich wurde für jede Variable die Anzahl der verfügbaren Fälle angegeben, da nicht für alle Variablen vollständige Datensätze vorlagen. Die deskriptive Analyse erfolgte sowohl für die Gesamtkohorte

als auch stratifiziert nach funktionellem Outcome ($mRS \leq 2$ und > 2). Letztere wurde jeweils im Rahmen der entsprechenden univariaten Analysen beschrieben, um den Zusammenhang mit den untersuchten Prädiktoren gezielt darzustellen.

Zur Untersuchung des Zusammenhangs kontinuierlicher Variablen mit dem dichotomisierten mRS wurde zunächst mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Bei Stichproben mit $n \leq 50$ wurde die Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test geprüft. Bei normalverteilten Variablen wurde im Anschluss der T-Test für unabhängige Stichproben und bei fehlender Normalverteilung der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Zur graphischen Darstellung nicht normalverteilter Daten wurden einfache und gruppierte Boxplots genutzt. Die Boxen umfassen jeweils den Interquartilsbereich (IQR), der obere und der untere „Whisker“ begrenzen den 1,5-fachen IQR, Kreise stellen Ausreißer zwischen dem 1,5-fachen und 3-fachen IQR dar und Dreiecke bezeichnen Extremwerte jenseits des 3-fachen IQR. Der Zusammenhang zwischen kontinuierlichen Variablen und dem ordinalen mRS wurde mit der Spearman-Rangkorrelation geprüft.

Die Beurteilung des Zusammenhangs kategorialer Variablen mit der dichotomisierten Zielvariable wurde mittels Chi-Quadrat-Test nach Pearson und – bei zu geringen Fallzahlen – mit dem exakten Test nach Fisher durchgeführt. Zur Untersuchung von Unterschieden des ordinalskalierten mRS zwischen zwei Gruppen wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Anschließend erfolgten univariate logistische Regressionsanalysen, um die Richtung und Stärke der signifikanten Zusammenhänge zu quantifizieren. Abschließend wurde ein multivariates binäres Regressionsmodell genutzt, das signifikante Prädiktoren aus den univariaten Analysen einschloss, um deren unabhängigen Einfluss auf das funktionelle Outcome zu bestimmen. Zur Kontrolle von Multikollinearität wurde der Varianzinflationsfaktor (VIF) herangezogen und Variablen mit einem VIF > 10 aus dem Modell ausgeschlossen, um eine Verzerrung der Parameterschätzung zu vermeiden. Die kategorialen Prädiktoren mit mehr als zwei Ausprägungen wurden mittels Dummy-Codierung in das Regressionsmodell integriert. Für jede dieser Variablen wurden zwei Dummy-Variablen erstellt, wobei die jeweils größte Untergruppe als Referenzkategorie definiert wurde. Dies diente der statistischen Stabilität aufgrund der kleinen Fallzahlen. Die Modellgüte wurde anhand des Omnibus-Tests bewertet ($p < 0,05$). Die Effekte statistisch signifikanter Prädiktoren wurden mit Odds-Ratios und

95 %-Konfidenzintervallen (95%-KI) angegeben und mittels Forestplots visualisiert. Konfidenzintervalle, die über den gewählten Darstellungsbereich hinausreichten, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten, durch Pfeilmarkierungen kenntlich gemacht und die jeweiligen Endwerte im Text aufgeführt. Bei einseitigen Effekten wurden Forestplots entsprechend auf die relevante Seite ($OR > 1$ oder < 1) beschränkt dargestellt. Die Linearitätsannahme wurde vor Aufnahme kontinuierlicher Variablen mit dem Box-Tidwell-Test geprüft. Bei Verletzung der Linearitätsannahme ($p < 0,05$) wurde die Regressionsanalyse aus explorativen Gründen trotzdem ausgeführt und mit Vorsicht interpretiert.

Die Durchführung einer ordinalen Regressionsanalyse scheiterte an einer zu geringen Fallzahl bzw. unzureichender Fallverteilung über die mRS-Kategorien. Dadurch konnte ein stabiles Modell über die gesamte Skala nicht berechnet werden.

Alle Werte wurden mathematisch gerundet. Es galt eine Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ als statistisch signifikant.

3 Ergebnisse

3.1 Grunddaten der Studienpopulation

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die untersuchten Variablen der gesamten eingeschlossenen Studienpopulation zum Zeitpunkt der Entlassung und nach 90 Tagen. Unter der Häufigkeitsverteilung sind Mittelwert \pm Standardabweichung (SD) bzw. Median mit Interquartilsabstand (IQR) für kontinuierliche Variablen sowie absolute und relative Häufigkeiten (%) für kategoriale Variablen angegeben. Die Fallzahlen (n) geben die Anzahl der Patienten mit vollständigen Daten pro Variable an.

Variable (n = Fallzahl bei Entlassung / Fallzahl nach 90 Tagen)		Häufigkeitsverteilung	
		Zeitpunkt Entlassung	Zeitpunkt nach 90 Tagen
Alter (n = 379 / 310)		76 (64-83)	77 (66-84)
Alter in Gruppen (n = 379 / 310)	< 65-Jährige	100 (26%)	74 (24%)
	65-79-Jährige	129 (34%)	105 (34%)
	\geq 80-Jährige	150 (40%)	131 (42%)
Geschlecht (n = 378 / 309)	Männlich	203 (54%)	155 (50%)
	Weiblich	175 (46%)	154 (50%)
Anzahl der Gefäßverschlüsse (n = 373 / 306)	1	337 (90%)	278 (91%)
	> 1	36 (10%)	28 (9%)
Lokalisation des Gefäßverschlusses (n = 309 / 253)	Vorderes Stromgebiet	282 (91%)	229 (91%)
	Hinteres Stromgebiet	27 (9%)	24 (9%)

NIHSS bei Aufnahme (n = 304 / 246)		15 (11-19)	16 (12-19)
NIHSS bei Aufnahme in Gruppen (n = 304 / 246)	6-20	255 (84%)	206 (84%)
	> 20	49 (16%)	40 (16%)
Durchführung einer Lyse (n = 337 / 275)	Lyse	175 (52%)	147 (53%)
	Keine Lyse	162 (48%)	128 (47%)
Zeitpunkt der Intervention (n = 379 / 310)	Regelarbeitszeit	162 (43%)	177 (57%)
	außerhalb der Regelarbeitszeit	217 (57%)	133 (43%)
DtG-Time in min (n = 108 / 90)		100 ± 31	98 ± 29
GtR-Time in min (n = 36 / 29)		35 (23-53)	35 (23-51)
Interventionsdauer in min (n = 335 / 270)		75 (50-102)	70 (50-100)
Interventionsdauer in Gruppen (n = 335 / 270)	≤ 1h	123 (37%)	103 (38%)
	≤ 2h	157 (47%)	125 (46%)
	> 2h	55 (16%)	42 (16%)
Prozedur (n = 349 / 288)	Kombination (Stent- Retriever und Aspirationskatheter)	318 (91%)	266 (92%)
	Alleiniger Einsatz (Stent-Retriever oder Aspirationskatheter)	31 (9%)	22 (8%)
First-Pass-Effekt (n = 275 / 222)	FPE	78 (28%)	67 (30%)
	Kein FPE	197 (72%)	155 (70%)

Reperfusionserfolg (TICI < 2b / ≥ 2b) (n = 379 / 310)	TICI < 2b	36 (9%)	33 (11%)
	TICI ≥ 2b	343 (91%)	277 (89%)
Reperfusionserfolg (TICI 2b / 2c / 3) (n = 343 / 277)	TICI 2b	68 (20%)	55 (20%)
	TICI 2c	216 (63%)	175 (63%)
	TICI 3	59 (17%)	47 (17%)

Tabelle 7: Darstellung der deskriptiven Merkmale der gesamten Studienpopulation zum Zeitpunkt bei Entlassung und nach 90 Tagen

3.2 Univariate Analysen

3.2.1 Patientenbezogene Prädiktoren

3.2.1.1 Zusammenhang zwischen dem Alter und dem mRS

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Alter der Patienten und dem mRS bei Entlassung wiesen 83 Patienten (22%) einen mRS ≤ 2 und 296 Patienten (78%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Das mediane Alter der Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 68 (58-83) Jahre, das mediane Alter bei einem mRS > 2 betrug 77 (66-84) Jahre. Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p = 0,003$). Abbildung 6 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

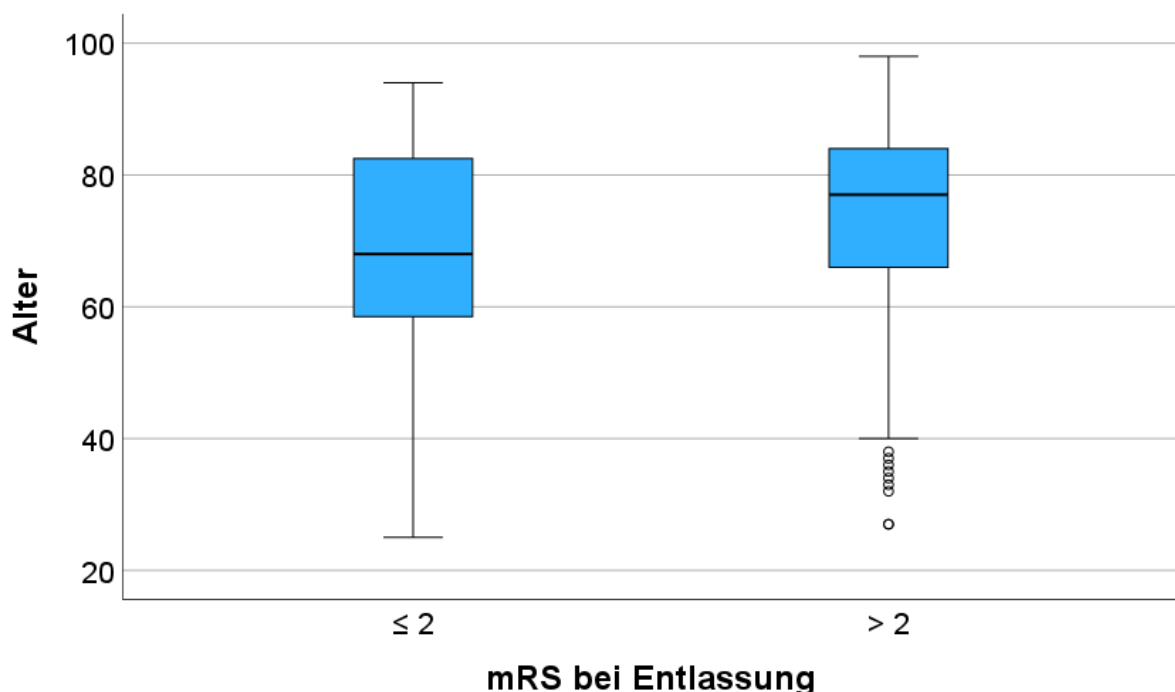


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Alter und mRS bei Entlassung; Kreise = Ausreißer; $p = 0,003$

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Alter der Patienten und dem mRS nach 90 Tagen wiesen 150 Patienten (48%) einen mRS ≤ 2 und 160 Patienten (52%)

einen mRS > 2 auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Das mediane Alter der Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 72 (60-81) Jahre, das mediane Alter bei einem mRS > 2 betrug 81 (72-86) Jahre. Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Abbildung 7 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

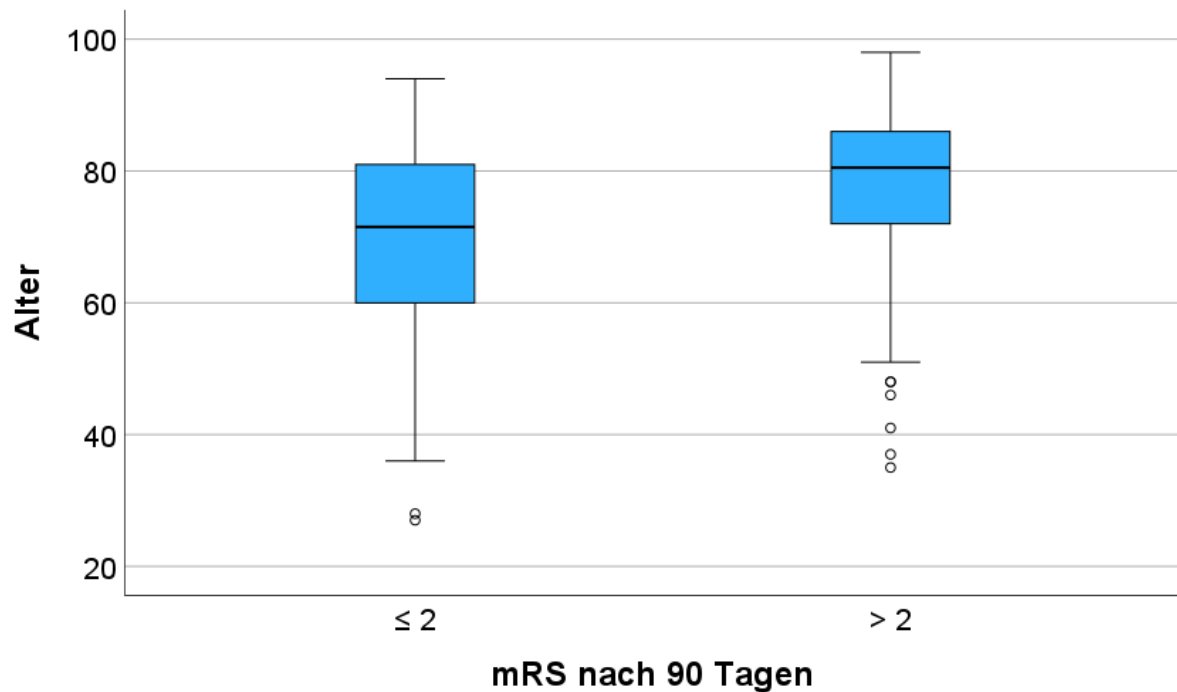


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Alter und mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; $p < 0,001$

Die binäre logistische Regression zeigte, dass mit zunehmendem Alter das Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome (mRS > 2) sowohl bei Entlassung (OR = 1,028; 95%-KI = 1,011-1,045; $p = 0,001$) als auch nach 90 Tagen (OR = 1,048; 95%-KI = 1,028-1,068; $p < 0,001$) signifikant anstieg. Dies wird in Abbildung 8 veranschaulicht.

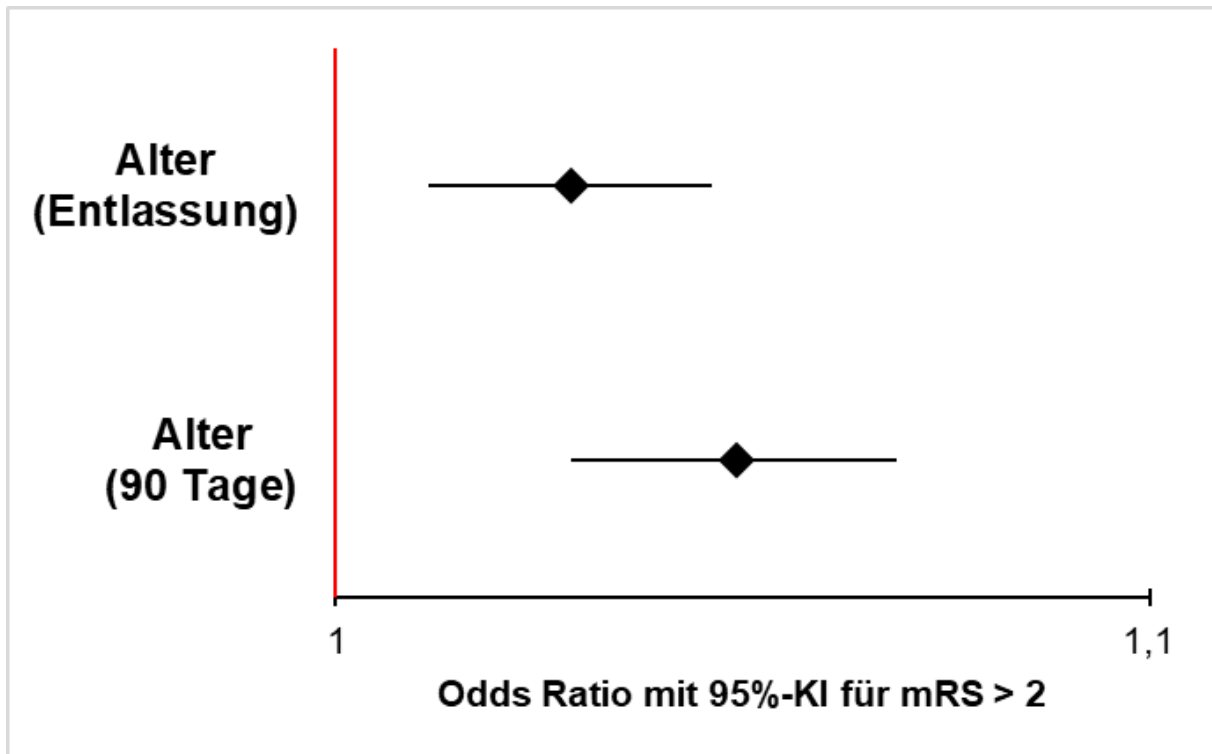


Abbildung 8: Einfluss des Alters auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2). Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.

Wurde der Zusammenhang zwischen dem in drei Gruppen aufgeteilten Alter und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung ($p = 0,016$) und nach 90 Tagen ($p < 0,001$) nachgewiesen werden. Tabelle 8 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS \leq 2	mRS > 2	mRS \leq 2	mRS > 2
< 65-Jährige	32 (32%)	68 (68%)	48 (46%)	57 (54%)
65-79-Jährige	25 (19%)	104 (81%)	52 (70%)	22 (30%)
\geq 80-Jährige	26 (17%)	124 (83%)	50 (38%)	81 (62%)

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Altersgruppen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

In der binären logistischen Regression war die Variable Altersgruppe insgesamt signifikant mit dem Outcome bei Entlassung ($p = 0,018$) sowie nach 90 Tagen ($p < 0,001$) assoziiert. Die Gruppe der 65-79-Jährigen zeigte zum Zeitpunkt der Entlassung (OR = 0,511; 95%-KI = 0,279-0,936; $p = 0,030$) sowie nach 90 Tagen

(OR = 0,356; 95%-KI = 0,190-0,668; p = 0,001) ein signifikant niedrigeres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome (mRS > 2) als die Gruppe der ≥ 80-Jährigen. Dies wird in Abbildung 9 veranschaulicht. Für die Gruppe der < 65-Jährigen zeigte sich weder bei Entlassung noch nach 90 Tagen ein signifikanter Unterschied zur Gruppe der ≥ 80-Jährigen.

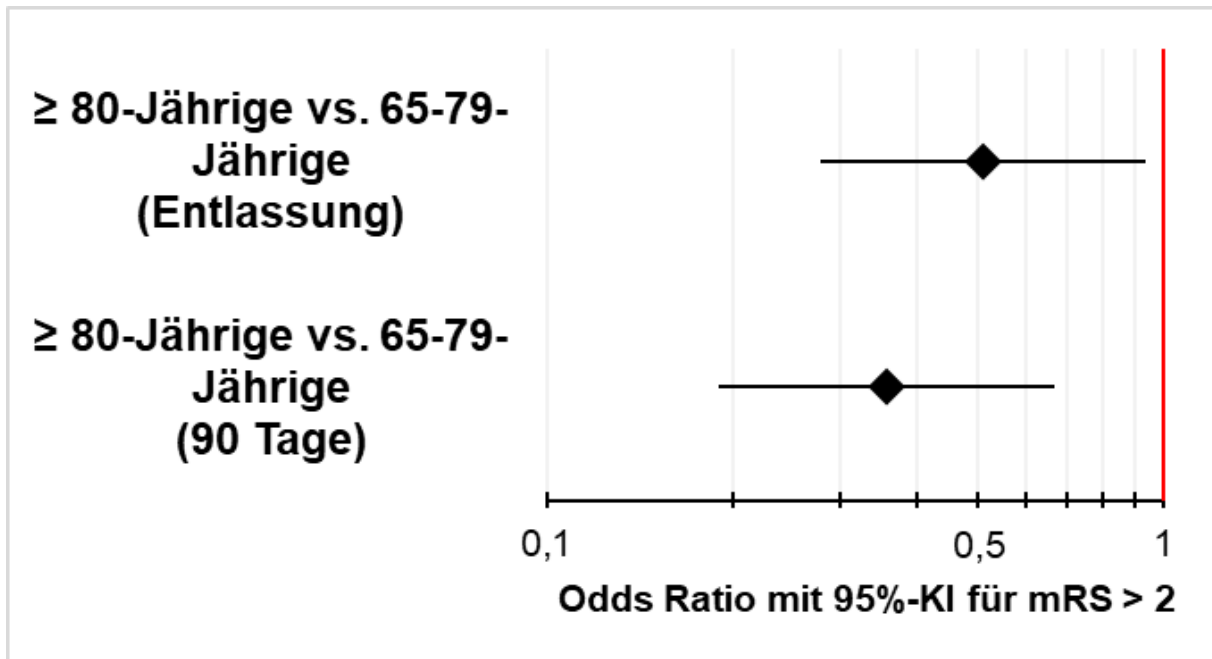


Abbildung 9: Einfluss der Altersgruppen auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.

3.2.1.2 Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem mRS

Die Verteilung der Häufigkeiten in der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Geschlecht und dem mRS bei Entlassung sowie nach 90 Tagen wird in der Tabelle 9 dargestellt. Die Unterschiede waren zum Zeitpunkt der Entlassung weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS statistisch signifikant. Zum Zeitpunkt nach 90 Tagen waren die Unterschiede nur mit dem ordinal skalierten mRS (p = 0,040) statistisch signifikant. Hierbei hatten Frauen einen höheren mittleren Rang (164) als Männer (145), was auf ein schlechteres Outcome bei Frauen hinwies.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
Männlich	49 (24%)	154 (76%)	78 (50%)	77 (50%)
Weiblich	33 (19%)	142 (81%)	71 (46%)	83 (54%)

Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Geschlechts. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

3.2.1.3 Zusammenhang zwischen der Anzahl der Gefäßverschlüsse und dem mRS

Die Verteilung der Häufigkeiten in der Analyse des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Gefäßverschlüsse und dem mRS bei Entlassung sowie nach 90 Tagen wird in der Tabelle 10 dargestellt. Die Unterschiede waren zu beiden Zeitpunkten weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS statistisch signifikant.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
1 Verschluss	75 (22%)	262 (78%)	139 (50%)	139 (50%)
> 1 Verschluss	7 (19%)	29 (81%)	10 (36%)	18 (64%)

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Anzahl an Gefäßverschlüssen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

3.2.1.4 Zusammenhang zwischen der Lokalisation des Gefäßverschlusses und dem mRS

Die Verteilung der Häufigkeiten in der Analyse des Zusammenhangs zwischen der Lokalisation des Gefäßverschlusses und dem mRS bei Entlassung sowie nach 90 Tagen wird in der Tabelle 11 dargestellt. Die Unterschiede waren zu beiden Zeitpunkten weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS statistisch signifikant.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
Vorderes Stromgebiet	66 (23%)	216 (77%)	114 (50%)	115 (50%)
Hinteres Stromgebiet	3 (11%)	24 (89%)	12 (50%)	12 (50%)

Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Lokalisation des Gefäßverschlusses. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

3.2.1.5 Zusammenhang zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und dem mRS

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem NIHSS bei Aufnahme der Patienten und dem mRS bei Entlassung wiesen 69 Patienten (23%) einen mRS ≤ 2 und 235 Patienten (77%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Der mediane NIHSS bei Aufnahme der Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 12 (9-17), der mediane NIHSS bei Aufnahme bei einem mRS > 2 betrug 16 (13-19). Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Abbildung 10 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

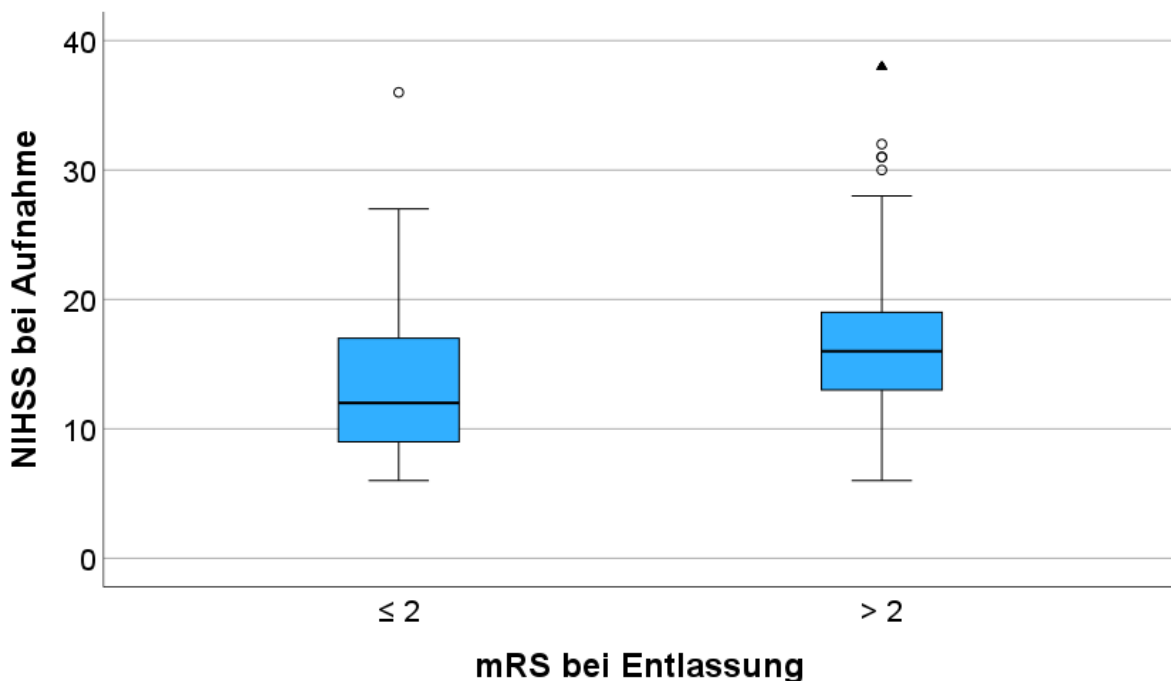


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und dem mRS bei Entlassung; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p < 0,001$

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem NIHSS bei Aufnahme der Patienten und dem mRS nach 90 Tagen wiesen 122 Patienten (50%) einen $mRS \leq 2$ und 124 Patienten (50%) einen $mRS > 2$ auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Der mediane NIHSS bei Aufnahme der Patienten mit einem $mRS \leq 2$ betrug 13 (9-16), der mediane NIHSS bei Aufnahme bei einem $mRS > 2$ betrug 18 (15-20). Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Abbildung 11 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

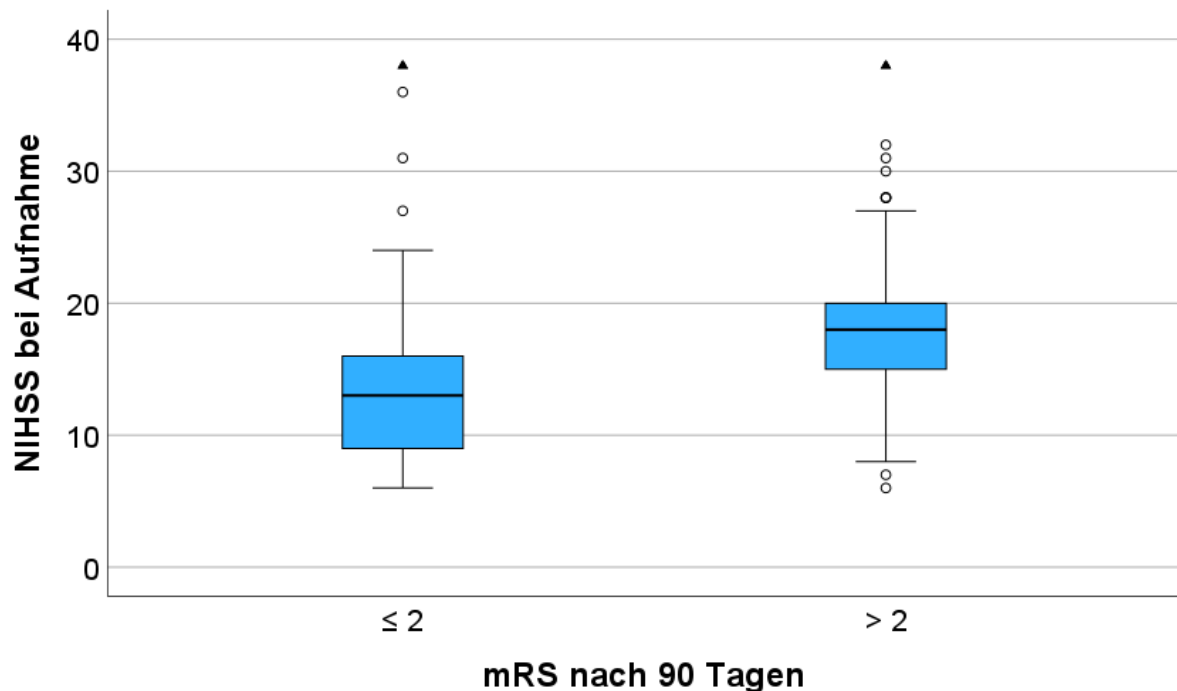


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und dem mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p < 0,001$

Die binäre logistische Regression zeigte, dass ein höherer NIHSS bei Aufnahme signifikant mit einem erhöhten Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome ($mRS > 2$) sowohl bei Entlassung (OR = 1,099; 95%-KI = 1,042-1,160; $p < 0,001$) als auch nach 90 Tagen (OR = 1,167; 95%-KI = 1,107-1,230; $p < 0,001$) assoziiert war. Dies wird in Abbildung 12 veranschaulicht.

Im zuvor durchgeführten Box-Tidwell-Test zeigte sich für den NIHSS bei Aufnahme für den Zeitpunkt nach 90 Tagen ein signifikanter Wert ($p < 0,001$), was auf eine Verletzung der Linearitätsannahme hinwies.

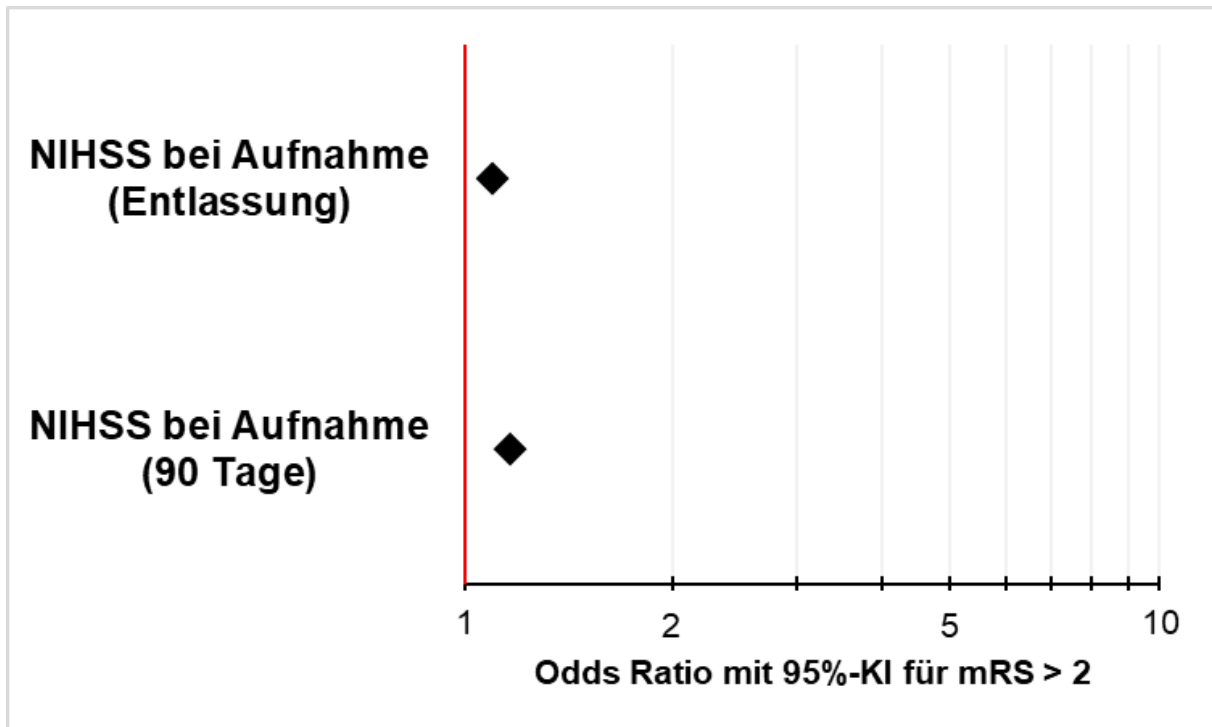


Abbildung 12: Einfluss des NIHSS bei Aufnahme auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$). Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.

Wurde der Zusammenhang zwischen dem in zwei Gruppen aufgeteilten NIHSS bei Aufnahme und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied bei Entlassung nur mit dem ordinal skalierten mRS ($p < 0,001$) und nach 90 Tagen mit dem dichotom skalierten mRS ($p < 0,001$) nachgewiesen werden. Tabelle 12 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
NIHSS bei Aufnahme 6-20	62 (24%)	193 (76%)	112 (54%)	94 (46%)
NIHSS bei Aufnahme > 20	7 (14%)	42 (86%)	10 (25%)	30 (75%)

Tabelle 12: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des NIHSS bei Aufnahme in Gruppen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

Die binäre logistische Regression zeigte, dass Patienten mit einem NIHSS bei Aufnahme > 20 ein signifikant höheres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome (mRS > 2) nach 90 Tagen (OR = 3,574; 95%-KI = 1,661-7,692; p = 0,001) hatten als Patienten mit einem NIHSS bei Aufnahme von 6-20. Dies wird in Abbildung 13 veranschaulicht.

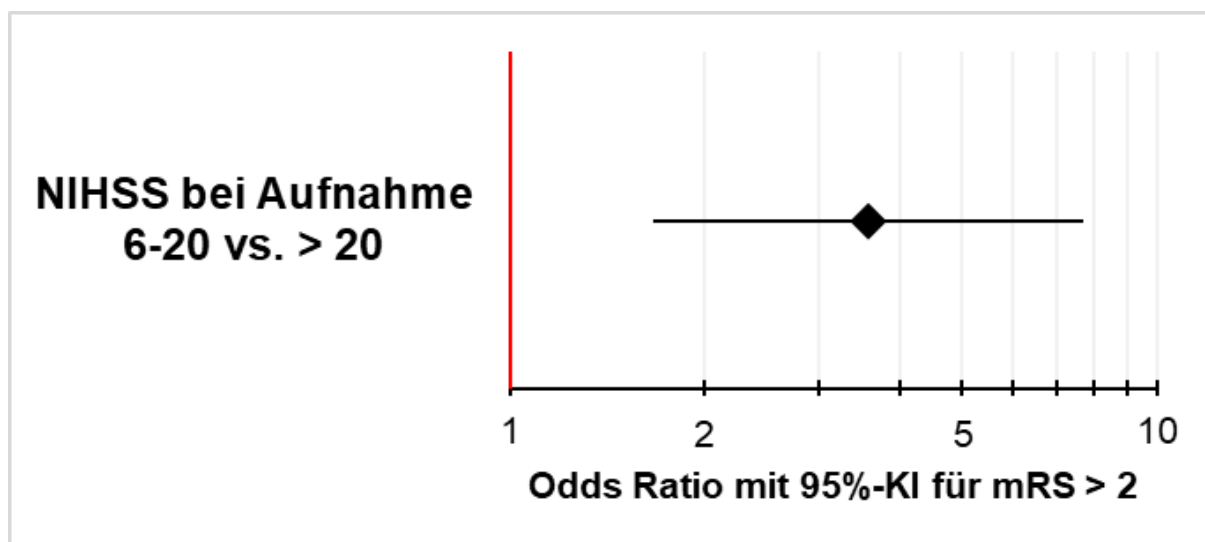


Abbildung 13: Einfluss des NIHSS bei Aufnahme in Gruppen auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95%-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.

3.2.2 Prozedurale Prädiktoren

3.2.2.1 Zusammenhang zwischen der Durchführung einer Lyse und dem mRS

Wurde der Zusammenhang zwischen der Durchführung einer Lyse und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung (p = 0,008) und nach 90 Tagen (p = 0,034) nachgewiesen werden. Tabelle 13 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
Lyse	49 (28%)	126 (72%)	82 (56%)	65 (44%)
Keine Lyse	26 (16%)	136 (84%)	55 (43%)	73 (57%)

Tabelle 13: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Durchführung einer Lyse. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

Die binäre logistische Regression zeigte, dass Patienten mit alleiniger Thrombektomie ohne Lyse ein signifikant höheres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome ($mRS > 2$) bei Entlassung ($OR = 2,034$; $95\%-KI = 1,193-3,469$; $p = 0,009$) sowie nach 90 Tagen ($OR = 1,674$; $95\%-KI = 1,038-2,700$; $p = 0,035$) hatten als Patienten mit Lyse. Dies wird in Abbildung 14 veranschaulicht.

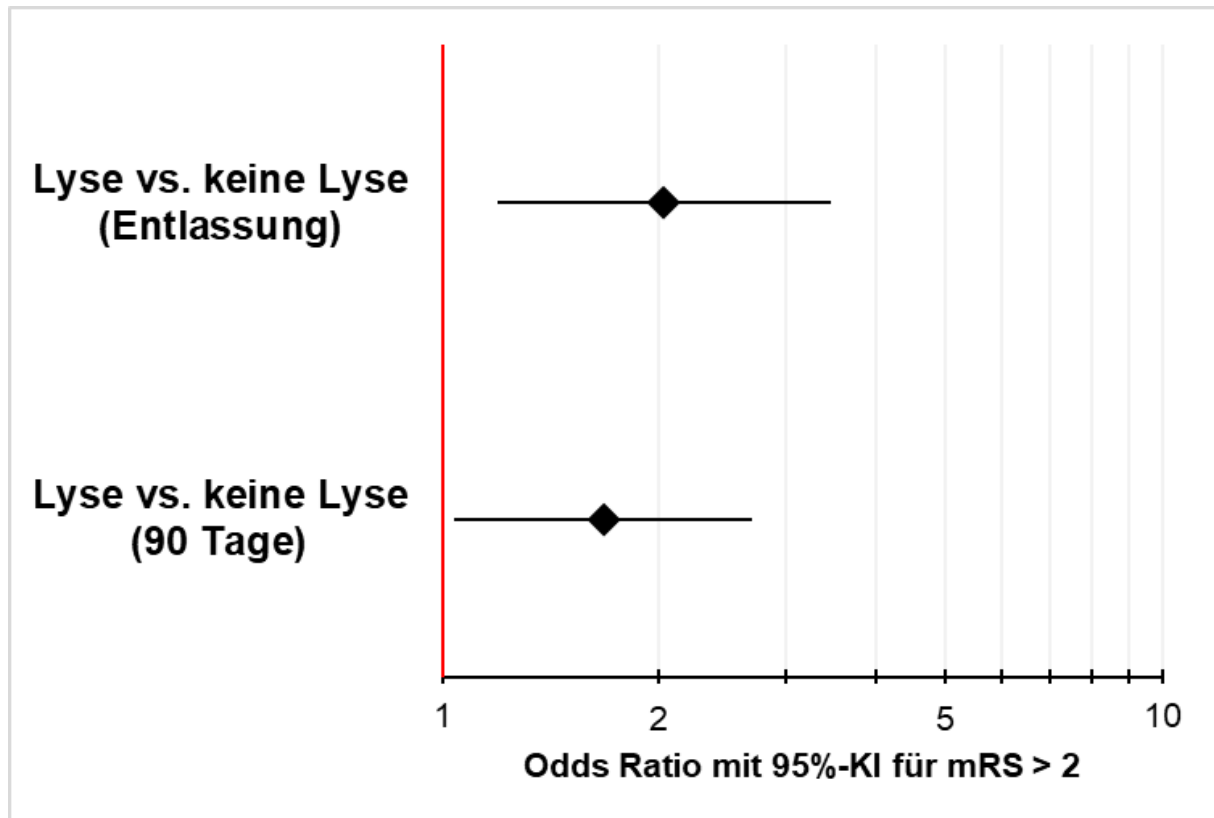


Abbildung 14: Einfluss der Durchführung einer Lyse auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.

3.2.2.2 Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Intervention und dem mRS

Die Verteilung der Häufigkeiten in der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Zeitpunkt der Intervention und dem mRS bei Entlassung sowie nach 90 Tagen wird in Tabelle 14 dargestellt. Die Unterschiede waren zu beiden Zeitpunkten weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS statistisch signifikant.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
Regelarbeitszeit	39 (24%)	123 (76%)	69 (52%)	64 (48%)
Außerhalb der Regelarbeitszeit	44 (20%)	173 (80)	81 (46%)	96 (54%)

Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Zeitpunkts der Intervention. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

3.2.2.3 Zusammenhang zwischen der DtG-Time und dem mRS

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen der DtG-Time und dem mRS nach bei Entlassung wiesen 31 Patienten (29%) einen mRS ≤ 2 und 77 Patienten (71%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren normalverteilt. Die mittlere DtG-Time der Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug $102,7 \pm 5,3$ min, die mittlere DtG-Time bei einem mRS > 2 betrug $99,0 \pm 3,7$ min. Die Unterschiede waren weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS statistisch signifikant.

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen der DtG-Time und dem mRS nach 90 Tagen wiesen 51 Patienten (57%) einen mRS ≤ 2 und 39 Patienten (43%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren normalverteilt. Die mittlere DtG-Time der Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug $102,0 \pm 3,8$ min, die mittlere DtG-Time bei einem mRS > 2 betrug $93,8 \pm 4,9$ min. Die Unterschiede waren weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS statistisch signifikant.

3.2.2.4 Zusammenhang zwischen der GtR-Time und dem mRS

In der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der GtR-Time und dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung wiesen 8 Patienten (22%) einen mRS ≤ 2 auf und 28 Patienten (78%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Die mediane GtR-Time bei Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 32 (24-75) min, bei Patienten mit einem mRS > 2 betrug sie 35 (23-53) min. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. Die Korrelation nach Spearman zeigte kein statistisch signifikantes Ergebnis.

In der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der GtR-Time und dem dichotom skalierten mRS nach 90 Tagen wiesen 16 Patienten (55%) einen mRS ≤ 2 auf und 13 Patienten (45%) einen mRS > 2. Die Daten waren nicht normalverteilt. Die mediane GtR-Time bei Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 26 (21-43) min, bei Patienten mit

einem mRS > 2 betrug sie 43 (30-63) min. Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p = 0,043$). Abbildung 15 veranschaulicht den Zusammenhang.

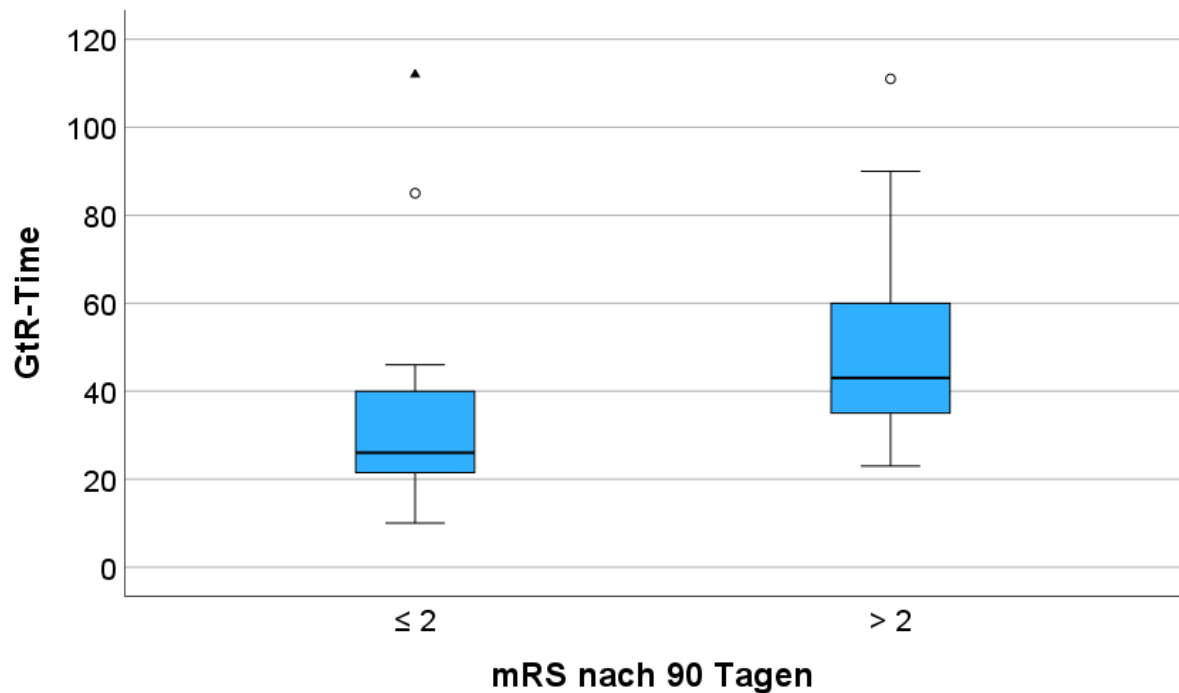


Abbildung 15: Zusammenhang zwischen der GtR-Time und dem mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p = 0,043$

In der binären logistischen Regression konnte für die GtR-Time kein stabiles Modell errechnet werden (Omnibus-Test $p = 0,136$).

3.2.2.5 Zusammenhang zwischen Interventionsdauer und dem mRS

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen der Interventionsdauer und dem mRS bei Entlassung wiesen 80 Patienten (24%) einen mRS ≤ 2 und 255 Patienten (76%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Die mediane Interventionsdauer bei Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 60 (40-75) min, die mediane Interventionsdauer bei einem mRS > 2 betrug 80 (55-109) min. Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Abbildung 16 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

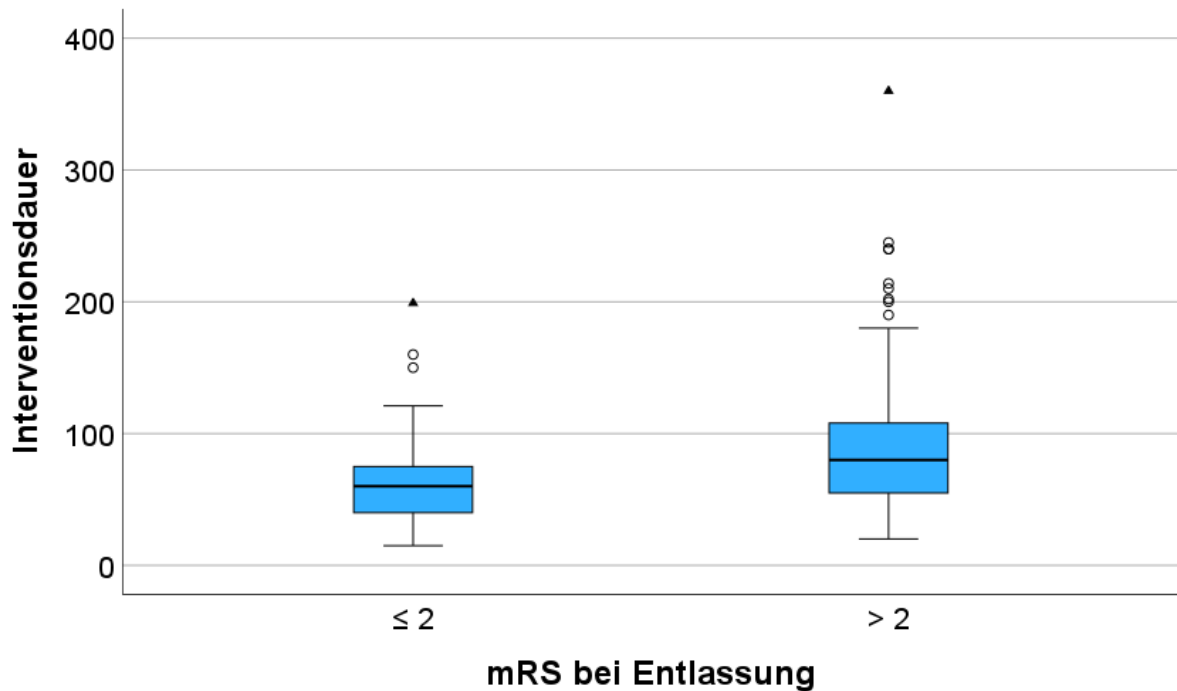


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen der Interventionsdauer und dem mRS bei Entlassung; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p < 0,001$

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen der Interventionsdauer und dem mRS nach 90 Tagen wiesen 138 Patienten (51%) einen mRS ≤ 2 und 132 Patienten (49%) einen mRS > 2 auf. Die Daten waren nicht normalverteilt. Die mediane Interventionsdauer der Patienten mit einem mRS ≤ 2 betrug 60 (45-88) Jahre, die mediane Interventionsdauer bei einem mRS > 2 betrug 88 (51-110) Jahre. Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Abbildung 17 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

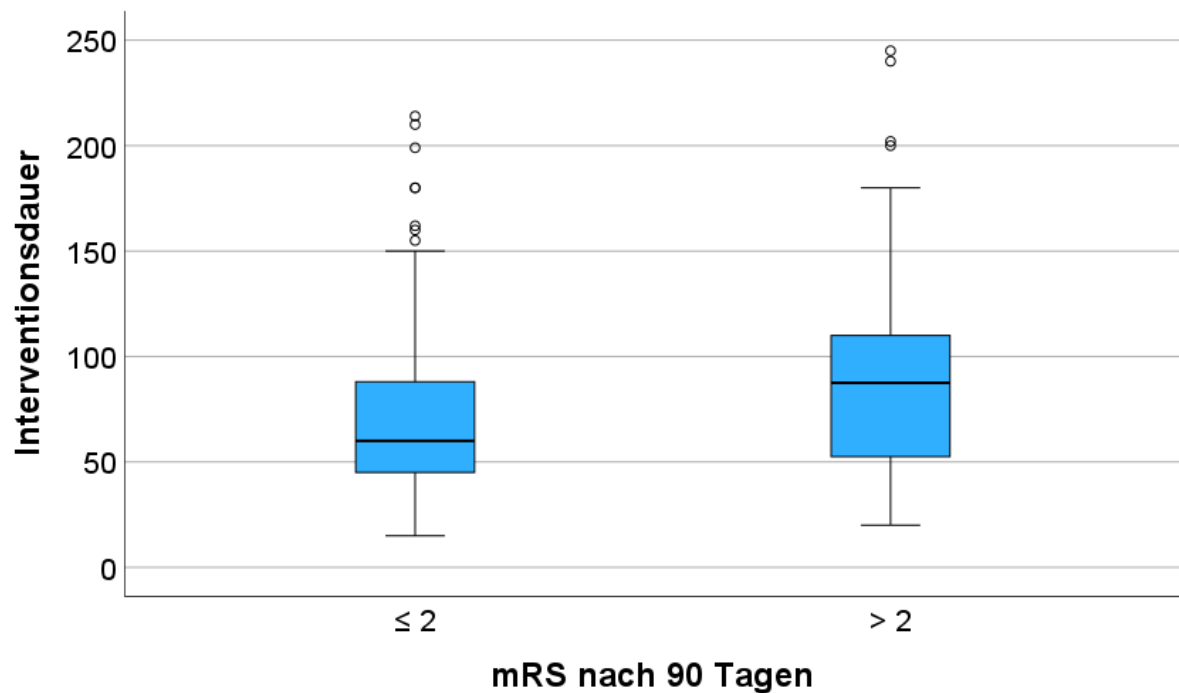


Abbildung 17: Zusammenhang zwischen der Interventionsdauer und dem mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; $p < 0,001$

Die binäre logistische Regression zeigte, dass mit zunehmender Interventionsdauer das Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome (mRS > 2) sowohl bei Entlassung (OR = 1,017; 95%-KI = 1,009-1,025; $p < 0,001$) als auch nach 90 Tagen (OR = 1,010; 95%-KI = 1,004-1,017; $p = 0,001$) signifikant anstieg. Dies wird in Abbildung 18 veranschaulicht.

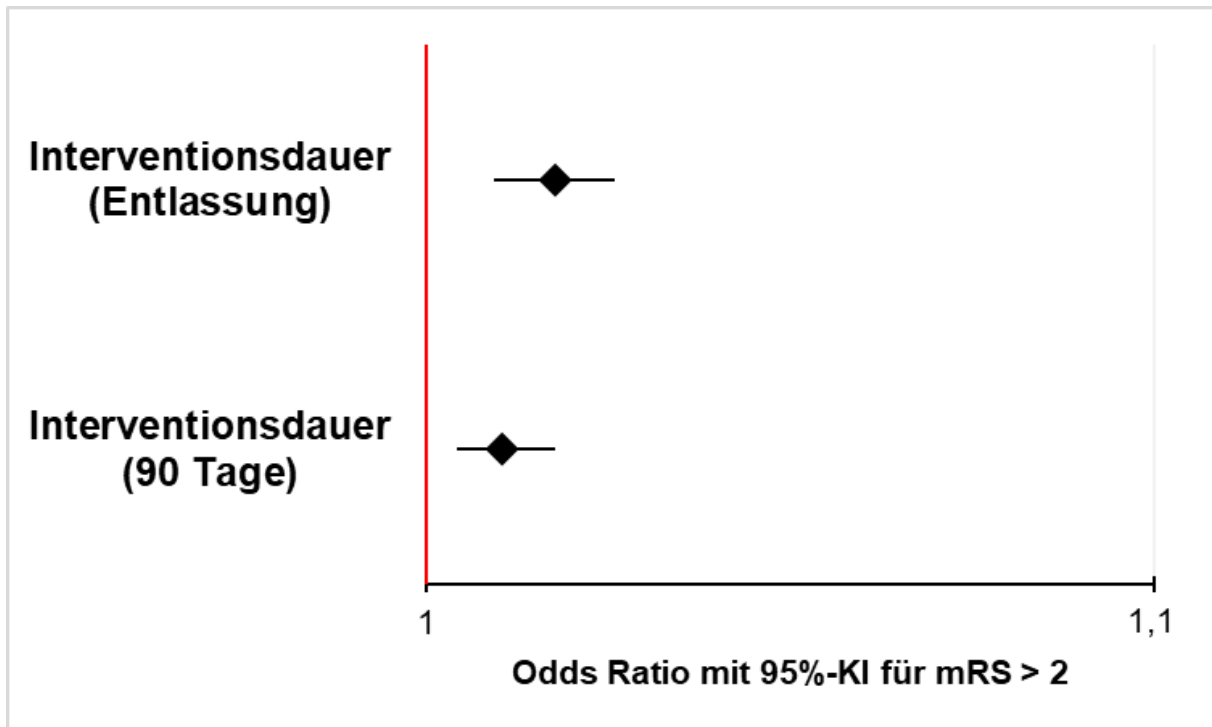


Abbildung 18: Einfluss der Interventionsdauer auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95%-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.

Wurde der Zusammenhang zwischen der in drei Gruppen aufgeteilten Interventionszeit und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied mit dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung ($p = 0,001$) sowie nach 90 Tagen ($p = 0,008$) nachgewiesen werden. Tabelle 15 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
$\leq 1h$	40 (33%)	83 (67%)	63 (61%)	40 (39%)
$\leq 2h$	36 (23%)	121 (77%)	61 (49%)	64 (51%)
$> 2h$	4 (7%)	51 (93%)	14 (33%)	28 (67%)

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Interventionsdauer in Gruppen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

In der binären logistischen Regression war die Variable Interventionsdauer insgesamt signifikant mit dem Outcome bei Entlassung ($p = 0,004$) sowie nach 90 Tagen ($p = 0,008$) assoziiert. Zum Zeitpunkt der Entlassung ($OR = 0,237$; $95\%-KI = 0,081-0,694$; $p = 0,009$) sowie nach 90 Tagen ($OR = 0,481$;

95%-KI = 0,242-0,956; $p = 0,037$) hatten Patienten mit einer Interventionsdauer von ≤ 1 h ein signifikant niedrigeres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome ($mRS > 2$) als Patienten mit einer Interventionsdauer von ≤ 2 h. Zudem hatten Patienten mit einer Interventionsdauer von > 2 h ein signifikant niedrigeres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome ($mRS > 2$) als Patienten mit einer Interventionsdauer von ≤ 2 h zum Zeitpunkt der Entlassung (OR = 0,138; 95%-KI = 0,047-0,406; $p < 0,001$) als auch nach 90 Tagen (OR = 0,268; 95%-KI = 0,131-0,547; $p < 0,001$). Dies wird in Abbildung 19 veranschaulicht.

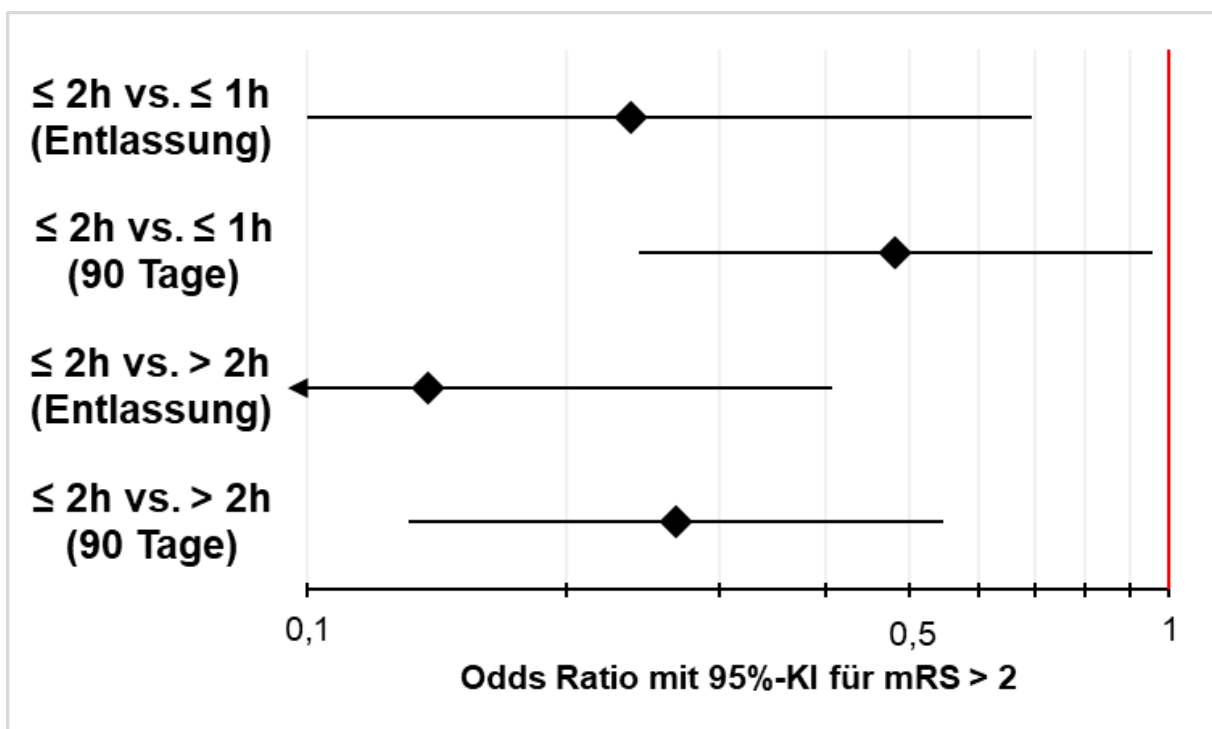


Abbildung 19: Einfluss der Interventionsdauer in Gruppen auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95%-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt. Konfidenzintervalle, die über den Darstellungsbereich hinausreichen, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten und durch Pfeile markiert.

3.2.2.6 Zusammenhang zwischen der Prozedur und dem mRS

Die Verteilung der Häufigkeiten in der Analyse des Zusammenhangs zwischen der gewählten Prozedur und dem mRS bei Entlassung sowie nach 90 Tagen wird in der Tabelle 16 dargestellt. Die Unterschiede waren weder mit dem dichotom skalierten mRS noch mit dem ordinal skalierten mRS bei Entlassung sowie nach 90 Tagen statistisch signifikant.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
Stent-Retriever und Aspirationskatheter	66 (21%)	252 (79%)	123 (46%)	143 (54%)
Stent-Retriever oder Aspirationskatheter	6 (19%)	25 (81%)	12 (55%)	10 (45%)

Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Prozedur. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

3.2.2.7 Zusammenhang zwischen dem FPE und dem mRS

Wurde der Zusammenhang zwischen dem Erreichen einer Rekanalisierung im ersten Versuch (FPE) und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung ($p < 0,001$) sowie nach 90 Tagen ($p = 0,004$) nachgewiesen werden. Tabelle 17 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
FPE	33 (42%)	45 (58%)	48 (72%)	19 (28%)
Kein FPE	41 (21%)	156 (79%)	79 (51%)	76 (49%)

Tabelle 17: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des FPE. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

Die binäre logistische Regression zeigte, dass Patienten mit FPE ein signifikant niedrigeres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome (mRS > 2) bei Entlassung (OR = 0,358; 95%-KI = 0,204-0,631; $p < 0,001$) sowie nach 90 Tagen (OR = 0,411; 95%-KI = 0,222-0,763; $p = 0,005$) hatten als Patienten ohne FPE. Dies wird in Abbildung 20 veranschaulicht.

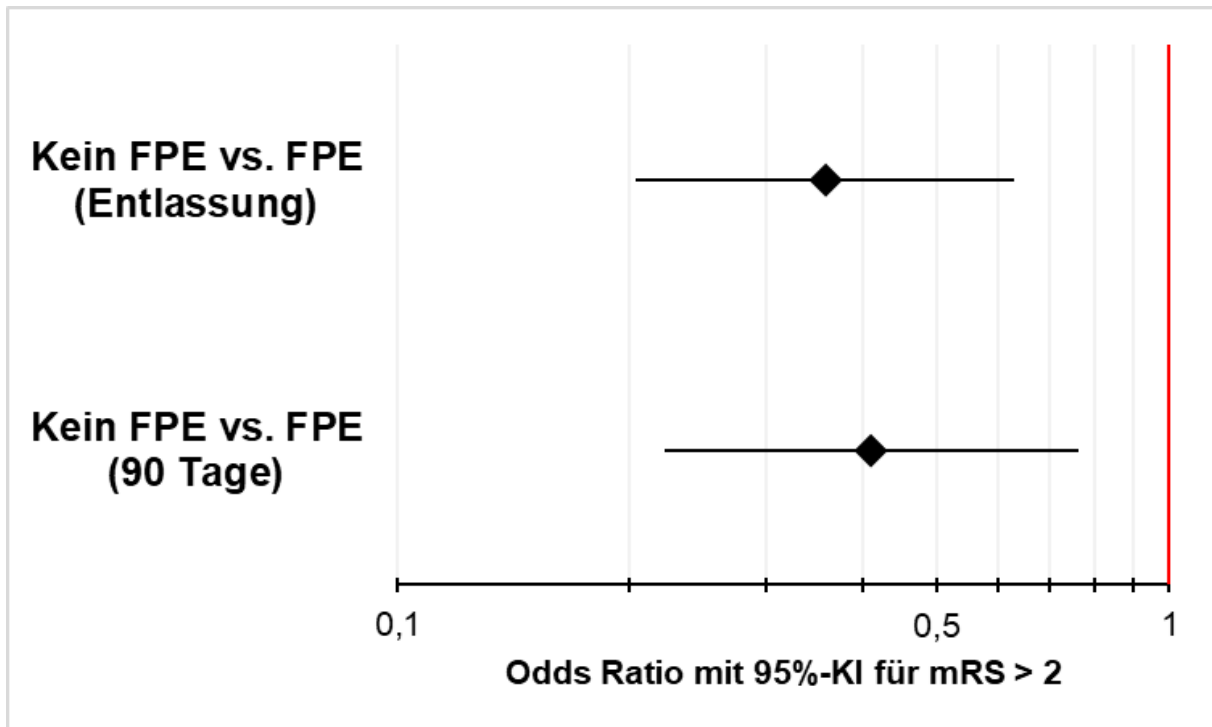


Abbildung 20: Einfluss des FPE auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.

3.2.2.8 Zusammenhang zwischen dem Reperfusionserfolg und dem mRS

Wurde der Zusammenhang zwischen dem Reperfusionserfolg und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung ($p = 0,013$) sowie nach 90 Tagen ($p < 0,001$) nachgewiesen werden. Tabelle 18 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS ≤ 2	mRS > 2	mRS ≤ 2	mRS > 2
TICI < 2b	2 (6%)	34 (94%)	6 (18%)	27 (82%)
TICI ≥ 2b	81 (24%)	262 (76%)	144 (52%)	133 (48%)

Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Reperfusionserfolgs (TICI < 2b vs. TICI ≥ 2b). Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

Die binäre logistische Regression zeigte, dass Patienten mit einer unvollständigen Reperfusion (TICI < 2b) ein signifikant höheres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome (mRS > 2) bei Entlassung (OR = 5,256; 95%-KI = 1,236-22,354; $p = 0,025$) sowie nach 90 Tagen (OR = 4,872; 95%-KI = 1,950-12,170; $p < 0,001$) hatten als

Patienten mit erfolgreicher Reperfusion (TICI \geq 2b). Dies wird in Abbildung 21 veranschaulicht.

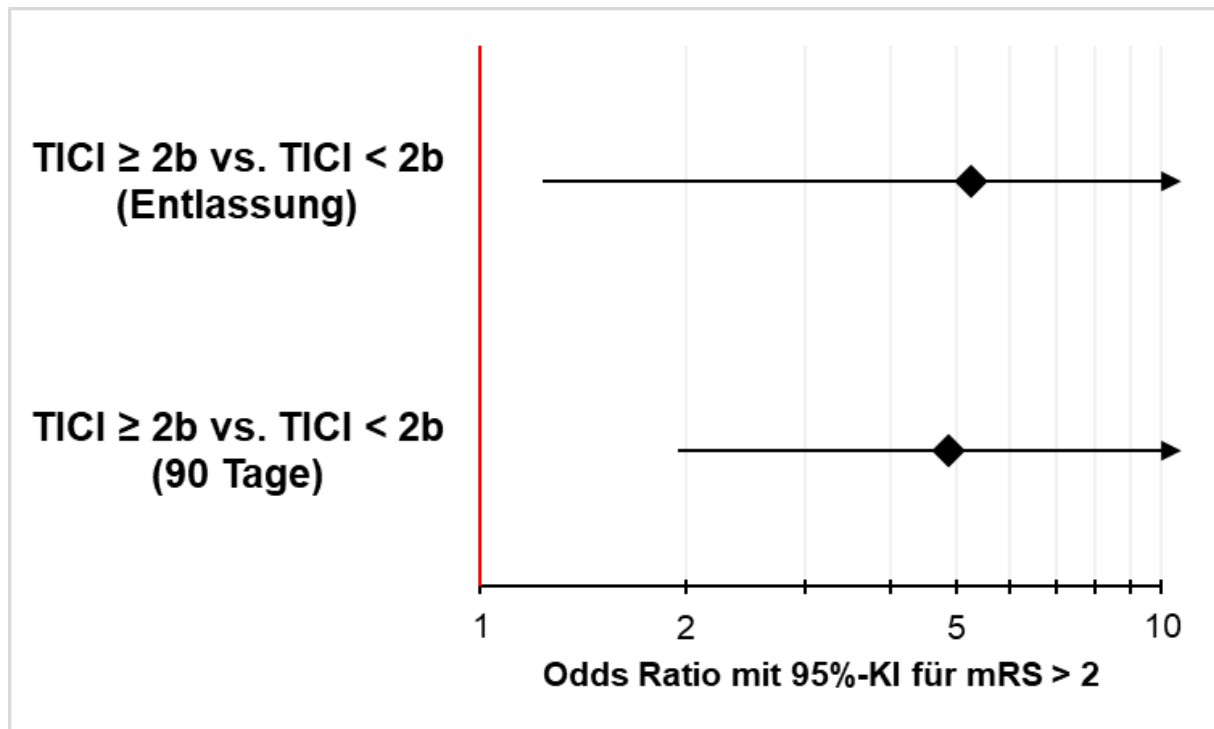


Abbildung 21: Einfluss des Reperfusionserfolgs (TICI < 2b vs. TICI \geq 2b) auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95%-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt. Konfidenzintervalle, die über den Darstellungsbereich hinausreichen, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten und durch Pfeile markiert.

Wurde der Zusammenhang zwischen dem in drei Gruppen aufgeteilten Reperfusionserfolg und dem mRS untersucht, konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit dem dichotom skalierten mRS bei Entlassung ($p = 0,015$) sowie nach 90 Tagen ($p = 0,001$) nachgewiesen werden. Tabelle 19 veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten.

Variable	Häufigkeitsverteilung bei Entlassung		Häufigkeitsverteilung nach 90 Tagen	
	mRS \leq 2	mRS > 2	mRS \leq 2	mRS > 2
TICI 2b	7 (10%)	61 (90%)	17 (31%)	38 (69%)
TICI 2c	59 (27%)	157 (73%)	103 (59%)	72 (41%)
TICI 3	15 (25%)	44 (75%)	24 (51%)	23 (49%)

Tabelle 19: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Reperfusionserfolgs (TICI 2b vs. TICI 2c vs. TICI 3). Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.

In der binären logistischen Regression war die Variable Reperfusionserfolg insgesamt signifikant mit dem Outcome bei Entlassung ($p = 0,021$) sowie nach 90 Tagen ($p = 0,021$) assoziiert. Zum Zeitpunkt der Entlassung (OR = 2,971; 95%-KI = 1,118–7,894; $p = 0,029$) sowie nach 90 Tagen (OR = 2,332; 95%-KI = 1,039–5,237; $p = 0,040$) hatten Patienten mit vollständiger Reperfusion (TICI 3) ein signifikant höheres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome ($mRS > 2$) als Patienten mit einer nahezu vollständigen Reperfusion (TICI 2c). Für die Gruppe TICI 2b zeigte sich zu beiden Zeitpunkten kein signifikanter Unterschied zur Gruppe TICI 2c. Abbildung 22 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

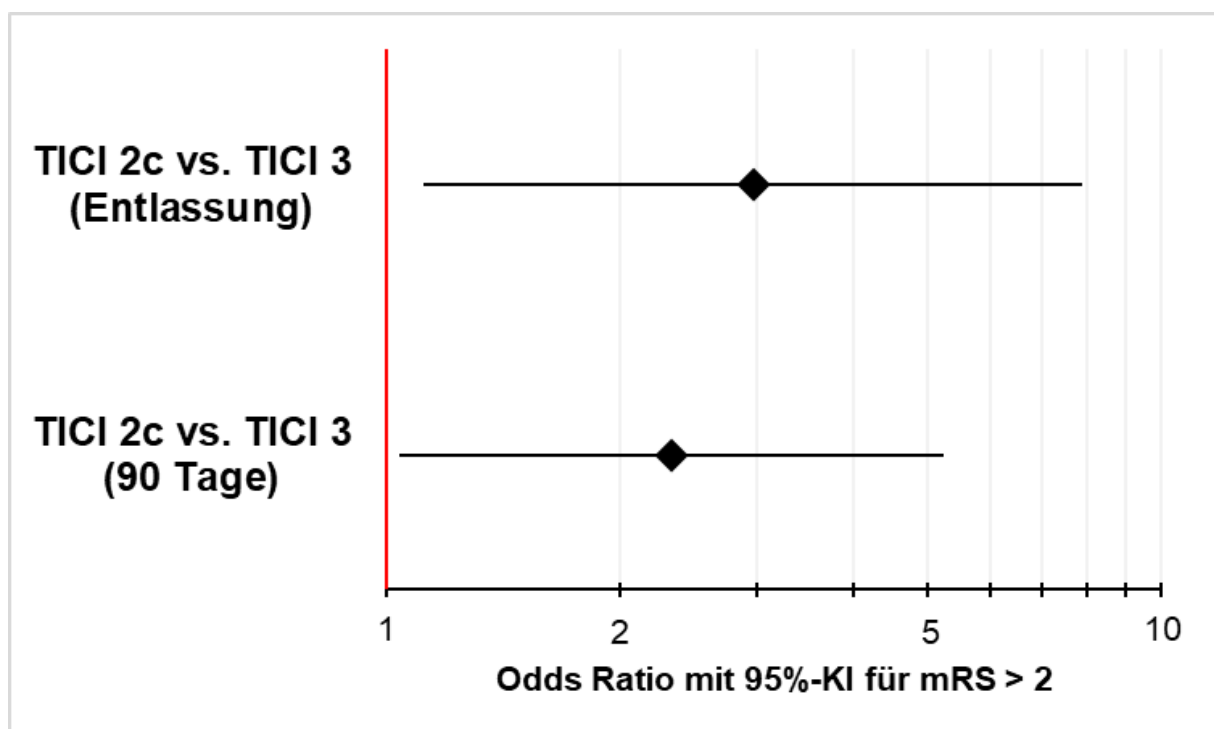


Abbildung 22: Einfluss des Reperfusionserfolgs (TICI 2b vs. TICI 2c vs. TICI 3) auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.

3.3 Multivariate Analysen

In Abhängigkeit der Ergebnisse der univariaten Tests ($p < 0,05$) wurden folgende Variablen in die Regressionsanalyse eingeschlossen: Alter, NIHSS bei Aufnahme, Durchführung einer Lyse, Interventionsdauer, FPE und Reperfusionserfolg ($< \text{TICI } 2b$ vs. $\geq \text{TICI } 2b$). Zur Untersuchung des Einflusses von Alter, NIHSS bei Aufnahme und Interventionsdauer auf das funktionelle Outcome wurden diese als kontinuierliche und als kategoriale Variablen in separate Regressionsmodelle integriert.

Für das binäre Regressionsmodell zum Zeitpunkt der Entlassung wurden insgesamt 203 Patienten einbezogen. Die Ergebnisse für den Einfluss der Variablen auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung zeigt die Tabelle 20. In dieser wurden Alter, NIHSS bei Aufnahme und Interventionszeit als kontinuierliche Variablen integriert. In Tabelle 21 wurden Alter, NIHSS bei Aufnahme und Interventionszeit in Gruppen kategorisiert einbezogen. Variablen, die nicht in der Tabelle aufgeführt sind, zeigten kein signifikantes Ergebnis.

Variable	OR	95%-KI	p-Wert
Alter	1,044	1,017-1,072	0,001
NIHSS bei Aufnahme	1,071	1,005-1,141	0,035
Lyse vs. keine Lyse	2,230	1,085-4,584	0,029
Interventionsdauer	1,015	1,004-1,027	0,007

Tabelle 20: Einfluss von kontinuierlichen und kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung

Variable	OR	95%-KI	p-Wert
Altersgruppen gesamt			0,009
≥ 80 -Jährige vs. 65-79-Jährige	0,401	0,178-0,906	0,028
Lyse vs. keine Lyse	2,276	1,129-4,590	0,022
Interventionsdauer ≤ 2 h vs. > 2 h	0,241	0,061-0,953	0,043
Kein FPE vs. FPE	0,443	0,214-0,918	0,029

Tabelle 21: Einfluss von kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung

Für das binäre Regressionsmodell zum Zeitpunkt nach 90 Tagen wurden insgesamt 162 Patienten einbezogen. Die Ergebnisse für den Einfluss der Variablen auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) nach 90 Tagen zeigt die Tabelle 22. In dieser wurden Alter, NIHSS bei Aufnahme und Interventionszeit als kontinuierliche Variablen integriert. In Tabelle 23 wurden Alter, NIHSS bei Aufnahme und

Interventionszeit in Gruppen kategorisiert einbezogen. Variablen, die nicht in der Tabelle aufgeführt sind, zeigten kein signifikantes Ergebnis.

Variable	OR	95%-KI	p-Wert
Alter	1,084	1,046-1,123	< 0,001
NIHSS bei Aufnahme	1,123	1,050-1,201	< 0,001
Interventionsdauer	1,019	1,006-1,031	0,003

Tabelle 22: Einfluss von kontinuierlichen und kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) nach 90 Tagen

Variable	OR	95%-KI	p-Wert
Altersgruppen gesamt			< 0,001
≥ 80-Jährige vs. 65-79-Jährige	0,242	0,087-0,672	0,006
Interventionsdauer ≤ 2h vs. > 2h	0,262	0,074-0,927	0,038

Tabelle 23: Einfluss von kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) nach 90 Tagen

Abbildung 23 veranschaulicht den Einfluss kontinuierlicher und kategorialer Prädiktoren (Tabelle 20 und Tabelle 22) auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) für den Zeitpunkt nach Entlassung sowie nach 90 Tagen in direkter Gegenüberstellung.

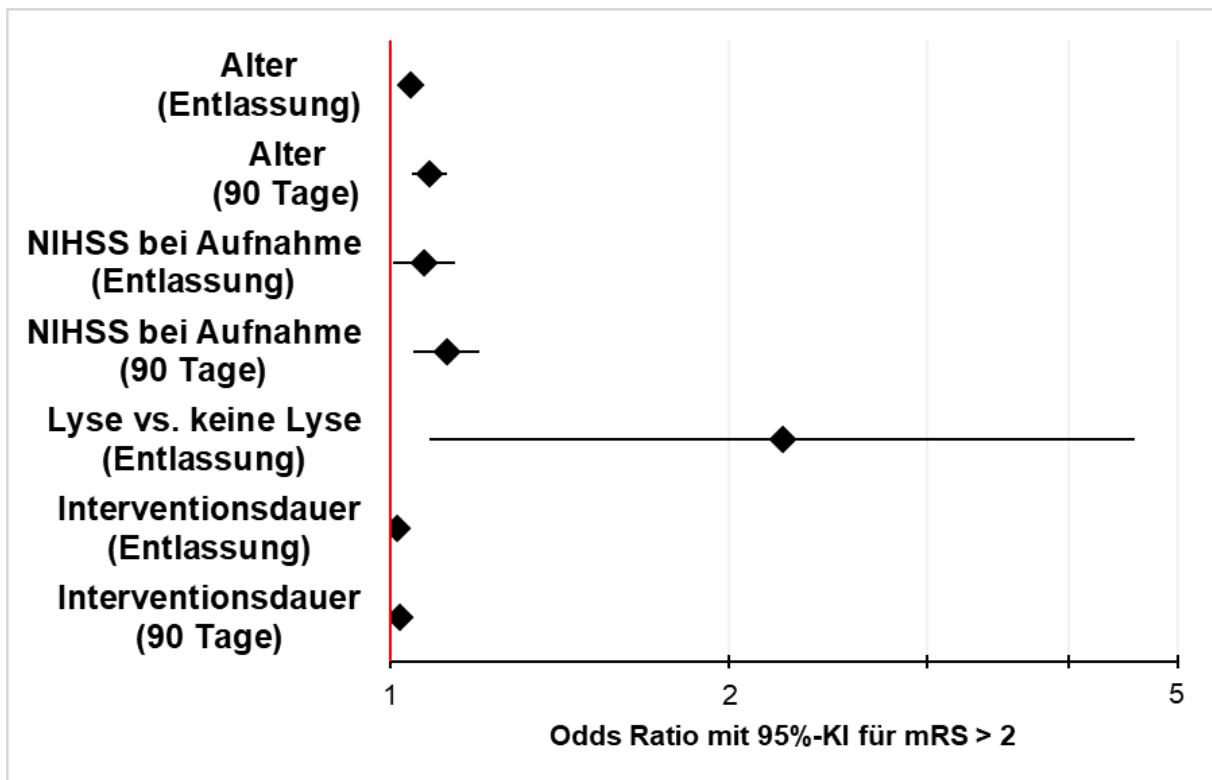


Abbildung 23: Einfluss der kontinuierlichen und kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.

Abbildung 24 veranschaulicht den Einfluss kategorialer Prädiktoren (Tabelle 21 und Tabelle 23) auf das Risiko eines schlechten Outcomes ($mRS > 2$) für den Zeitpunkt nach Entlassung sowie nach 90 Tagen in direkter Gegenüberstellung.

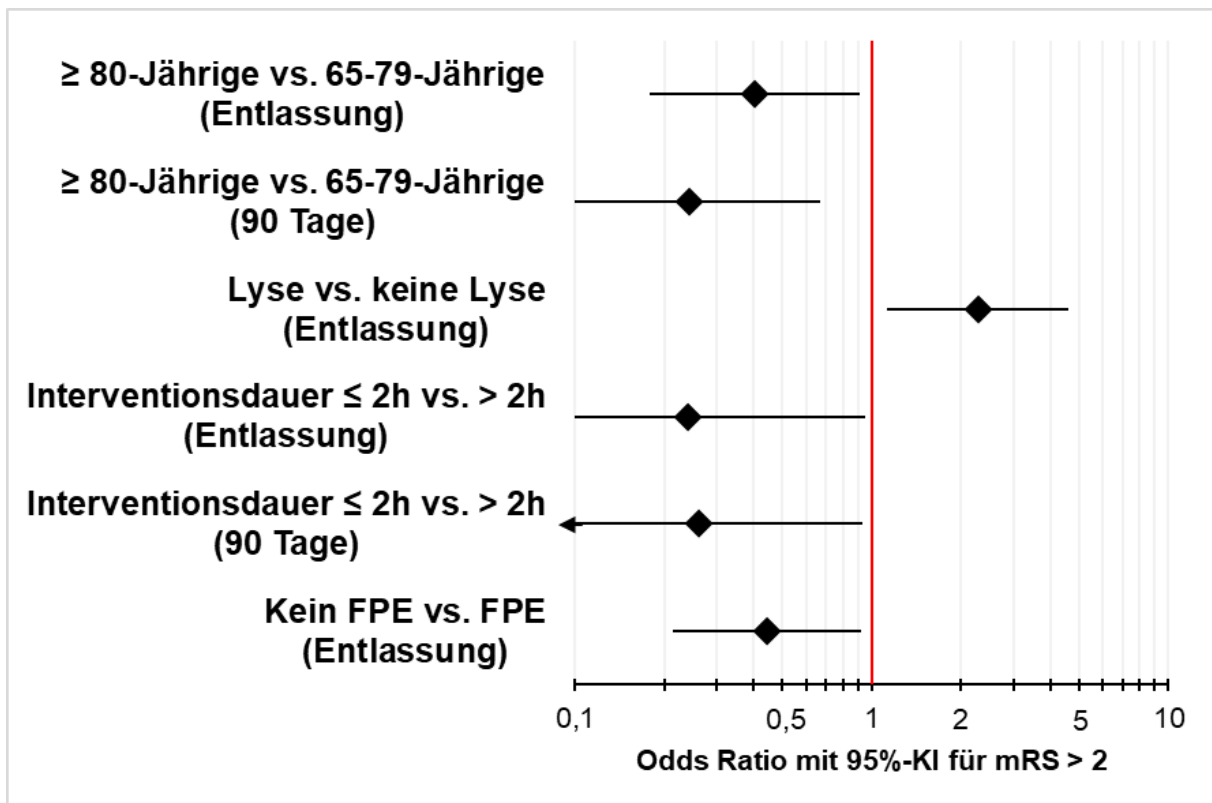


Abbildung 24: Einfluss der kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt. Konfidenzintervalle, die über den Darstellungsbereich hinausreichen, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten und durch Pfeile markiert.

4 Diskussion

4.1 Patientenbezogene Prädiktoren

Die vorliegenden Ergebnisse zeigten, dass mit steigendem Alter das Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome und damit einer stärkeren funktionellen Beeinträchtigung im Alltag zunimmt. Die Kategorisierung in Gruppen (< 65 Jahre, 65-79 Jahre und ≥ 80 Jahre) zeigte, dass ≥ 80 -Jährige ein höheres Risiko für ein schlechtes funktionelles Outcome haben als die Altersgruppe der 65- bis 79-Jährigen. Zusammengenommen stehen diese Resultate im Einklang mit früheren Studien. Sharashidze et al. konnten einen signifikanten Unterschied in der Alltagsfähigkeit zwischen ≥ 80 - und < 80-Jährigen bei der Entlassung feststellen. Die Funktionalität im Alltag wurde jedoch nicht anhand des mRS beurteilt, sondern durch eine Beurteilung der Notwendigkeit einer stationären Rehabilitation oder einer ambulanten Anschlussversorgung. Zusätzlich wurde der Erhalt der Gehfähigkeit miteinbezogen (53). Der Zusammenhang eines höheren Alters mit einem schlechteren funktionellen Outcome nach 90 Tagen konnte in der Publikation von Kuntze et al. mit einer ähnlichen Gruppierung der Altersgruppen nachgewiesen werden (54). Das schlechtere funktionelle Outcome bei älteren Patienten ist insbesondere durch eine reduzierte neuroplastische Kapazität sowie die vermehrte Prävalenz von Komorbiditäten zu erklären, welche bereits in anderen Studien nachgewiesen werden konnten (55, 56). Diese Faktoren könnten zu einer verminderten neurologischen und funktionellen Erholungskapazität im Alter beitragen, sodass sich Unterschiede im Outcome erst im Verlauf zunehmend manifestieren. Diese Annahme könnte den tendenziell stärkeren Einfluss des Alters auf das funktionelle Outcome nach 90 Tagen, verglichen mit dem Zeitpunkt bei Entlassung in der vorliegenden Arbeit erklären. Aus den ausgewerteten Daten ist zu schließen, dass das Alter einen starken unabhängigen Einflussfaktor auf die Alltagsfähigkeit darstellt und bereits zum Zeitpunkt der Entlassung durch Erhebung des mRS quantifizierbar ist.

Der Zusammenhang des Geschlechts mit dem funktionellen Outcome zeigte sich nur in der Analyse hinsichtlich des ordinalskalierten mRS nach 90 Tagen signifikant. Daraus ist zu schließen, dass sich bei Entlassung kein Unterschied hinsichtlich der funktionellen Unabhängigkeit zeigt. Nach 90 Tagen hatten Frauen jedoch tendenziell stärkere Einschränkungen im Alltag als Männer. Dieses Ergebnis deckt sich größtenteils mit früheren Studien, in denen Geschlechtsunterschiede hinsichtlich

funktioneller Erholung beschrieben wurden. Fifi et al. und Madsen et al. konnten ebenfalls keinen geschlechtsspezifischen Unterschied zum Zeitpunkt der Entlassung nachweisen, nach 90 Tagen zeigten weibliche Patientinnen jedoch eine schlechtere Alltagsfähigkeit als Männer (57, 58). Der Umstand, dass diese einen Zusammenhang des weiblichen Geschlechts mit einem schlechteren Outcome nach 90 Tagen im dichotomen mRS-Modell nachweisen konnten, welcher in der vorliegenden Arbeit nur im ordinalen Modell erbracht werden konnte, ist vermutlich auf Unterschiede der Studienpopulation und Methodik zurückzuführen. Die signifikanten Ergebnisse der ordinalen Analyse zeigen, dass das Geschlecht im untersuchten Patientenkollektiv mit einem unterschiedlichen Schweregrad der funktionellen Beeinträchtigung nach 90 Tagen assoziiert war, welche sich jedoch auf die gesamte Spannweite des mRS verteilte. Die Ergebnisse von Fifi et al. und Madsen et al. stehen scheinbar im Widerspruch zu den Resultaten weiterer durchgeführter Studien, die nach Adjustierung verschiedener Störvariablen, insbesondere dem Alter und dem NIHSS bei Aufnahme, keinen unabhängigen Geschlechtseffekt mehr beobachten konnten (59, 60). Diese Diskrepanz der Ergebnisse kann vermutlich durch den Größenunterschied der Studienpopulationen erklärt werden, welche die erwähnten Studien unterschiedlich aussagekräftig erscheinen lässt. Die gefundenen Effekte können wie folgt erklärt werden: Frauen sind aufgrund einer gesünderen Lebensweise im Durchschnitt meist älter als Männer bei einem Schlaganfall und haben zu diesem Zeitpunkt bereits mehr altersassoziierte Erkrankungen. Dies führt zu einer geringeren Erholungsfähigkeit von Frauen im Vergleich zu Männern (60). Zusammenfassend lässt sich postulieren, dass eine Verschlechterung der Alltagsfähigkeit durch den Schlaganfall bei Patienten nach Thrombektomie geschlechtsunabhängig bedingt ist und gefundene Unterschiede vielmehr durch Alter und vorbestehende Morbidität zu erklären sind.

Die Anzahl der Gefäßverschlüsse zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit dem funktionellen Outcome bei Entlassung und nach 90 Tagen. Das Vorliegen von mehr als einem Gefäßverschluss kann somit nicht mit einer stärkeren Beeinträchtigung der Funktionalität im Alltag assoziiert werden. Aufgrund der fehlenden Signifikanz in der ordinalen Analyse kann auch ein Zusammenhang mit mittelschweren oder schweren Outcomes nicht vermutet werden. Dies lässt sich nicht unmittelbar mit den Ergebnissen von LeCouffe et al. und Chung et al. in Einklang bringen, welche eine schlechtere Alltagsfähigkeit nachweisen konnten. Zur Beurteilung der Alltagsfähigkeit diente der mRS nach 90 Tagen. Als mehrfacher Gefäßverschluss wurde die Okklusion

von mindestens zwei verschiedenen Arterien definiert. Mehrfache Gefäßverschlüsse im Verlauf einer Arterie wurden als singulärer Verschluss gewertet bzw. ausgeschlossen (41, 61). Ein möglicher Grund für die abweichenden Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist die heterogene Zusammensetzung der Patienten mit Mehrfachverschlüssen. Anders als in den genannten Studien wurden sämtliche Kombinationen mehrfacher Gefäßverschlüsse eingeschlossen. Die fehlende Differenzierung könnte potenzielle Effekte in der Analyse nach 90 Tagen und womöglich auch zum Zeitpunkt der Entlassung überdeckt haben. Die nicht signifikanten Ergebnisse für den Entlasszeitpunkt lassen sich aufgrund der bisher spärlichen Studienlage und der genannten methodischen Einschränkungen nicht endgültig einordnen.

Die Lokalisation des Gefäßverschlusses zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit dem funktionellen Outcome bei Entlassung und nach 90 Tagen. Dies lässt vermuten, dass die Beeinträchtigung der Alltagsfähigkeit bei Entlassung und nach 90 Tagen nicht von der Lokalisation des Infarkts im vorderen oder hinteren Versorgungsgebiet abhängt. Aufgrund des fehlenden Zusammenhangs in der ordinalen Analyse lässt sich auch keine Assoziation mit mittelschweren oder schweren Outcomes vermuten. Zu diesem Ergebnis kamen auch Bower et al. für den Zeitpunkt nach Entlassung und Weber et al. für die Erhebung des mRS nach 90 Tagen (62, 63). Im Gegensatz dazu berichteten Adusumilli et al. über ein signifikant schlechteres Outcome nach 90 Tagen bei posterioren Verschlüssen (64). Die unterschiedliche Studienlage ist zu erklären durch methodische und pathophysiologische Unterschiede. Aufgrund der geringen Studiendichte über die endovaskuläre Versorgung von Infarkten im posterioren Stromgebiet existieren weniger evidenzbasierte Empfehlungen für den korrekten Einsatz einer Thrombektomie bei diesem Patientenkollektiv. Darüber hinaus gibt es hinsichtlich der Ursache, Symptomatik und des klinischen Verlaufs deutliche Unterschiede zu Patienten mit Gefäßverschlüssen in der vorderen Zirkulation. Die Lokalisation von lebenswichtigen Steuerungselementen wie Atem- und Kreislaufzentrum im Versorgungsgebiet der A. basilaris sowie eine häufig unspezifische Symptomatik – welche durch den NIHSS weniger gut erfasst wird – sind verbunden mit einer hohen Letalität und verzögerten Behandlungszeiten, welche unabhängig von der gewählten Behandlungsmethode das funktionelle Outcome posteriorer Infarkte beeinflussen können (2, 62, 64). Aufgrund der eingeschränkten Vergleichbarkeit zwischen Infarkten im vorderen und hinteren

Stromgebiet sind Aussagen über einen möglichen Zusammenhang zwischen der Lokalisation des Gefäßverschlusses und funktionellem Outcome schwer generalisierbar.

Der NIHSS bei Aufnahme zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem funktionellen Outcome bei Entlassung und nach 90 Tagen. Darüber hinaus konnte dargestellt werden, dass Patienten mit stärkerer neurologischer Symptomatik häufiger ein schlechtes funktionelles Outcome haben. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit bisherigen Studien (65, 66). Lu et al. konnten diese Resultate spezifisch auch für Infarkte im hinteren Stromgebiet bestätigen (67). Der NIHSS bei Aufnahme stellt somit einen starken unabhängigen Prädiktor für das funktionelle Outcome dar. Dies konnte auch in den Regressionsmodellen nach Adjustierung auf Störvariablen bestätigt werden. In einer umfassenden Literaturrecherche konnten keine Studien ausfindig gemacht werden, die spezifisch den Zusammenhang des NIHSS bei Aufnahme mit dem mRS bei Entlassung untersucht haben. Aufgrund der Eindeutigkeit der vorliegenden Ergebnisse lässt sich jedoch postulieren, dass der Einfluss des NIHSS auf das langfristige funktionelle Outcome bereits zum Zeitpunkt der Entlassung durch Erhebung des mRS veranschaulicht werden kann.

Ein weiteres Ziel der Analyse des NIHSS bei Aufnahme war es, zu untersuchen, ob es möglich ist, Risikogruppen zu definieren. Schwer betroffene Patienten (NIHSS > 20) zeigten im Vergleich zu weniger schwer Betroffenen in den Studien von van de Graaf et al. und Khatri et al. ein ungünstigeres funktionelles Outcome nach 90 Tagen (68, 69). In der vorliegenden Untersuchung konnten diese Resultate bestätigt werden. Ein Zusammenhang für den Zeitpunkt der Entlassung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Womöglich ist der mRS nicht geeignet, um Unterschiede im langfristigen funktionellen Outcome zwischen den spezifisch untersuchten Gruppen (NIHSS 6-20 vs. NIHSS > 20) bereits bei Entlassung abzubilden. Quereshi et al. konnten in diesem Zusammenhang feststellen, dass ein hoher NIHSS bei Aufnahme mit einer längeren Krankenhausverweildauer einhergeht und einem schlechteren funktionellen Status bei Entlassung. Letzterer wurde jedoch anhand der Entscheidung einer Entlassung nach Hause mit oder ohne palliative Versorgung beurteilt (70). Diese Studie lässt die Schlussfolgerung zu, dass zum einen Patienten mit einem hohen NIHSS bei Aufnahme häufig länger stationär behandelt werden, was zu einer Angleichung des mRS bei Entlassung im Vergleich zu weniger schwer betroffenen Patienten führen kann –

unabhängig vom eigentlichen Rehabilitationspotenzial. Zum anderen lassen die Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit (NIHSS als kontinuierliche Variable) und in der Studie von Quereshi et al. – bei nachgewiesenem Einfluss des NIHSS bei Aufnahme auf das funktionelle Outcome – vermuten, dass eine alternative Gruppeneinteilung zum Zeitpunkt der Entlassung notwendig sein könnte.

4.2 Prozedurale Prädiktoren

Der Zusammenhang der zusätzlichen Durchführung einer Lyse zur Thrombektomie mit dem mRS nach Entlassung und nach 90 Tagen zeigte sich signifikant. Patienten mit einer zusätzlichen Lyse-Therapie zur Thrombektomie hatten bessere Chancen auf das Erreichen einer funktionellen Unabhängigkeit im Alltag als nur durch eine alleinige Thrombektomie. Diese Resultate stehen im Einklang mit früheren Studien, die ebenfalls nachweisen konnten, dass eine Lyse vor der Thrombektomie das funktionelle Outcome bei Entlassung und nach 90 Tagen erheblich verbessert (71–73). Darüber hinaus konnten Qin et al. zeigen, dass bereits zum Zeitpunkt der Entlassung die Gruppe der lysierten Patienten einen besseren funktionellen Status hatte. Beurteilt wurde dies anhand der Entscheidung einer direkten Entlassung nach Hause oder der Notwendigkeit einer stationären Rehabilitation nach dem Klinikaufenthalt (73). Es werden verschiedene Gründe für die potenziellen Vorteile einer additiven Lyse diskutiert. Unter anderem können distal gelegene Thromben, die für eine mechanische Thrombektomie nicht zugänglich sind, aufgelöst werden. Darüber hinaus bewirkt die Lyse eine Auflockerung der Struktur des Thrombus, sodass dieser leichter mittels Stent-Retriever geborgen werden kann (72). Diese Ergebnisse und Erklärungen stehen jedoch im Widerspruch zu Studien wie von Zhan et al., die keine Verbesserung der Alltagsfähigkeit durch eine zusätzliche Lyse beobachten konnten. Diese beklagten eine durch fehlende Randomisierung aufgetretene Selektionsverzerrung: In vielen durchgeführten Studien waren in der Gruppe mit alleiniger Thrombektomie häufig auch Patienten eingeschlossen, die für eine additive Lyse nicht geeignet waren. Diese Patienten zeichnen sich durch verschiedene Faktoren (Antikoagulanzen, Komorbiditäten, Behandlungsverzögerungen) aus, die unabhängig von der gewählten Therapie mit einem schlechteren Outcome assoziiert sind und zu einer Verzerrung der Studienergebnisse geführt haben könnten (74). Eine entsprechende Selektion wurde auch in der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen. Die fehlende Signifikanz in der für Störvariablen adjustierten multivariaten Regressionsanalyse für den Zeitpunkt nach

90 Tagen ist durch die mögliche Überlagerung des Effekts der Lyse durch andere klinisch dominanteren Variablen wie das Alter und den initialen NIHSS zu erklären oder auch die geringere Fallzahl. Des Weiteren ist eine Abschwächung des Effekts einer additiven Lyse auf das funktionelle Outcome nach 90 Tagen durch gezielte Rehabilitationsmaßnahmen zu erwägen. Aufgrund der kleinen Studienpopulation, der ungeklärten Studienlage und der fehlenden endgültigen statistischen Bestätigung ist der beobachtete Effekt eines Vorteils der Kombination aus Lyse und Thrombektomie mit Zurückhaltung zu interpretieren. Die Entscheidung zu einer additiven Lyse ist situationsabhängig und für jeden Patienten individuell zu treffen. In der vorliegenden Arbeit konnte die Erhebung des mRS bei Entlassung zu einer frühzeitigen Abbildung und Einschätzung des langfristigen Outcomes nach 90 Tagen zwischen den Patientengruppen (Lyse + Thrombektomie und alleinige Thrombektomie) beitragen.

Die Tageszeit der Intervention zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit dem funktionellen Outcome bei Entlassung und nach 90 Tagen. Die Durchführung einer mechanischen Thrombektomie außerhalb der Regelarbeitszeit kann somit nicht mit einem schlechteren funktionellen Outcome assoziiert werden. Aufgrund des fehlenden Zusammenhangs in der ordinalen Analyse kann auch keine Assoziation mit mittelschweren oder schweren Outcomes postuliert werden. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den dazu vorhandenen Studien von Kaaouana et al. und Tschoe et al., die keinen signifikanten Unterschied im funktionellen Outcome nach 90 Tagen zwischen Thrombektomien innerhalb und außerhalb der Regelarbeitszeit feststellen konnten (75, 76). Zha et al. konnten diese Resultate zusätzlich auch für den Zeitpunkt der Entlassung bestätigen (77). Besonders in spezialisierten Schlaganfallzentren mit Rund-um-die-Uhr-Versorgung scheint eine potenzielle Versorgungslücke außerhalb der Regelarbeitszeit durch strukturierte Abläufe kompensiert zu werden.

Der Einfluss einer möglichst kurzen Zeitspanne zwischen Eintreffen in der Notaufnahme und Beginn der Intervention (DtG-Time) auf ein günstiges funktionelles Outcome konnte bereits durch einige Studien belegt werden (78, 79). Insbesondere eine DtG-Time von über zwei Stunden war im Vergleich zu den Patienten innerhalb dieses Zeitraums mit einer Verschlechterung der Alltagsfähigkeit bei Entlassung sowie nach 90 Tagen assoziiert (79). Patienten, die von einem kleineren Krankenhaus zu verlegt wurden, konnten in den Analysen nicht berücksichtigt werden. Ein erheblicher Teil der prähospitalen Diagnostik und Entscheidungsfindung erfolgt bei diesen

Patienten bereits im zuweisenden Krankenhaus, sodass die DtG-Time bei diesen Patienten nur schwer vergleichbar ist mit jenen, die direkt eingeliefert werden (78). Die aktuelle Studienlage lässt sich nur schwer mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit in Einklang bringen, in der kein Zusammenhang zwischen DtG-Time und dem funktionellen Outcome bei Entlassung sowie nach 90 Tagen gezeigt werden konnte. In der vorliegenden Arbeit zeigten Patienten mit ungünstigem funktionellem Outcome eine kürzere DtG-Time im Mittel. Dieses scheinbar paradoxe Ergebnis könnte womöglich durch die bevorzugte und beschleunigte Versorgung schwer betroffener Patienten erklärt werden, bei denen trotz zügiger Intervention keine relevante funktionelle Erholung erzielt werden konnte. Umgekehrt könnten milder betroffene Patienten seltener frühzeitig priorisiert worden sein, was zu einer verlängerten DtG-Time, aber einem günstigeren Outcome geführt haben könnte.

Die Untersuchung der Zeitdauer von Beginn der Intervention bis zur ersten Rekanalisierung (GtR-Time) wurde bereits von mehreren Studien untersucht (80–82). Hassan et al. konnten hierbei einen Zusammenhang einer längeren Dauer bis zur Rekanalisierung und einem schlechteren funktionellen Status nach 90 Tagen nachweisen. Dabei wurden ausschließlich Patienten mit erfolgreicher Rekanalisierung (TICI \geq 2b) in die Analyse miteinbezogen (81). Die Akutbehandlung des ischämischen Schlaganfalls zielt auf eine möglichst baldige Reperfusion des betroffenen Hirnareals ab, da jede Verzögerung – wie eine verlängerte GtR-Time – das Risiko für bleibende Schäden erhöhen kann (83). Aufgrund der kleinen Stichprobengröße und der dadurch bedingten Instabilität des binären Regressionsmodells konnte eine endgültige Validierung des Effekts aus den univariaten Tests nicht erbracht werden. Es lässt sich dennoch postulieren, dass Patienten von einer kürzeren Zeitspanne der ersten Rekanalisierung für die Funktionalität im Alltag nach 90 Tagen profitieren. Der fehlende Zusammenhang bei Entlassung könnte darauf hindeuten, dass der positive Effekt einer zügigen Reperfusion subtil ist und sich erst im weiteren Verlauf der funktionellen Erholung nach 90 Tagen zeigt. Darüber hinaus ist zu erwägen, dass der mRS zum Zeitpunkt der Entlassung kein geeignetes Beurteilungskriterium zur Erfassung von funktionellen Unterschieden hinsichtlich der Dauer bis zur ersten erfolgreichen Rekanalisierung (\geq TICI 2b) darstellt. Vergleichbare Studien wurden hierzu nicht gefunden.

In Anbetracht der limitierten Fallzahl bei der GtR-Time wurde ergänzend die gesamte Interventionsdauer als potenzieller Einflussfaktor auf das funktionelle Outcome untersucht. Diese war für alle Patienten verfügbar und ermöglichte somit eine robustere Analyse. Im Gegensatz zur GtR-Time erlaubt die Interventionsdauer jedoch keine exakten Rückschlüsse auf den Zeitpunkt der ersten erfolgreichen Rekanalisation. Es ist möglich, dass bei Erreichen eines akzeptablen Reperfusiongrades (TICI 2b) der Eingriff dennoch fortgeführt wurde, um ein vollständiges Reperfusionziel (TICI 2c oder 3) zu erreichen. Dies könnte zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Effekts einer frühen Reperfusion geführt haben. Umgekehrt könnte eine verlängerte Prozedur bei technisch schwierigerer Ausgangslage zu einem schlechteren Outcome führen, wodurch der Zeitfaktor möglicherweise überschätzt wurde (68).

Trotz dieser Limitationen zeigte sich in der vorliegenden Analyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer längeren Interventionsdauer und einem ungünstigen funktionellen Outcome sowohl zum Zeitpunkt der Entlassung als auch nach 90 Tagen. Um den Zusammenhang differenzierter zu betrachten, erfolgte eine Gruppierung der Interventionszeiten in drei Kategorien ($\leq 1h$, $\leq 2h$, $> 2h$). Hierbei zeigte sich, dass Patienten mit einer Interventionsdauer unter einer Stunde ein deutlich geringeres Risiko für ein schlechtes Outcome aufwiesen als jene mit einer Dauer zwischen einer und zwei Stunden. Dieses Resultat steht im Einklang mit bisherigen Studien (81, 84). Unerwartet war hingegen der Befund, dass Patienten mit einer Interventionsdauer von über zwei Stunden ein günstigeres Outcome aufwiesen als jene mit einer Dauer zwischen einer und zwei Stunden. Dieses Ergebnis könnte durch spezifische prozedurale Konstellationen bedingt sein. Patienten mit sehr langen Prozeduren ($> 2h$) könnten intensiver überwacht und postprozedural besser rehabilitiert worden sein. Insbesondere wenn es sich um initial schwer betroffene, aber letztlich erfolgreich rekanalisierte Patienten handelte. Zudem ist denkbar, dass in dieser Gruppe die Intervention nach Erreichen einer suffizienten Rekanalisation (TICI 2b) fortgeführt wurde, um ein optimales angiografisches Ergebnis (TICI 3) zu erzielen. Dadurch kann der tatsächliche funktionelle Nutzen einer frühen Rekanalisation durch die Verlängerung der Prozedurzeit statistisch verschleiert worden sein. Auch die geringe Fallzahl in der $> 2h$ – Gruppe kann statistische Verzerrungen nicht ausschließen.

In der Literatur wurde bereits mehrfach auf die kritische Bedeutung einer kurzen Interventionsdauer hingewiesen. Mehrere Studien konnten zeigen, dass eine Prozedurzeit von unter 60 Minuten mit besseren funktionellen Outcomes und einer geringeren Rate prozeduraler Komplikationen assoziiert ist (81, 84). Gleichzeitig wurde betont, dass die Interventionsdauer allein kein eindeutiges Maß für die Versorgungsqualität darstellt, da sie stark von individuellen anatomischen und technischen Faktoren beeinflusst wird. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Interventionsdauer ein praktikabler Parameter für die Prädiktion des funktionellen Outcomes ist, dessen Aussagekraft jedoch durch mehrere Einflussfaktoren relativiert werden kann und somit in Abhängigkeit vom klinischen Kontext interpretiert werden muss. Der Effekt kann durch Erhebung des mRS sowohl zum Zeitpunkt der Entlassung als auch nach 90 Tagen veranschaulicht werden.

Die gewählte Prozedur zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit dem mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen. Für die Unabhängigkeit der Patienten im Alltag scheint sich daher die Behandlung durch alleinige Aspiration oder mittels Stent-Retriever gegenüber einer Kombination beider Instrumente nicht zu unterscheiden. Diese Ergebnisse sind nur schwer mit den vorhandenen Studien zu vergleichen, die häufig eine Gegenüberstellung und Analyse von klar definierten Techniken wie Solombra oder ADAPT vornahmen. In der durchgeführten retrospektiven Datenanalyse kamen keine detaillierten Informationen zur konkreten Durchführung der Thrombektomie (z. B. Reihenfolge, Technik, verwendete Systeme) vor. Daher war es nicht möglich, die Patienten eindeutig einer bestimmten Technik zuzuordnen. Die Auswertung erfolgte auf Basis der dokumentierten Instrumentenkombination (Stent-Retriever und/oder Aspiration). Durch diese Einschränkung kann eine Interpretation der Ergebnisse nur zurückhaltend erfolgen. Insbesondere der kombinierte Einsatz von Stent-Retriever und Aspirationskatheter kann auch im Rahmen einer „Rescue“-Situation nach Versagen einer Erstlinientechnik erfolgt sein. Diese Situationen könnten mit schlechteren Ausgangsbedingungen und einer längeren Prozedurzeit assoziiert gewesen sein, welche wiederum als Prädiktoren einer stärkeren funktionellen Abhängigkeit verbunden sein können. Dennoch zeigte die überwiegende Mehrheit der Studien ein ähnliches Ergebnis wie in der vorliegenden Arbeit: Ein Zusammenhang zwischen dem funktionellen Outcome nach 90 Tagen und der gewählten Interventionstechnik konnte nicht nachgewiesen werden (85–87). Die Erklärung hierfür ist vielschichtig: Zum einen

wird das funktionelle Outcome nach ischämischem Schlaganfall wesentlich durch Faktoren wie Alter, klinischen Schweregrad (z. B. NIHSS) und Komorbiditäten beeinflusst. Zum anderen ist für das funktionelle Outcome die Wahl der eingesetzten Technik womöglich nur für bestimmte Sub- und Risikogruppen (z. B. ältere Patienten) entscheidend (86). Eine systematische Literaturrecherche ergab keine Studien, die explizit den Zusammenhang zwischen der Wahl des Verfahrens (Einzel- vs. Kombinationstechnik) und dem funktionellen Zustand zum Zeitpunkt der Entlassung untersucht haben. Die vorliegende Arbeit lässt jedoch vermuten, dass ein Zusammenhang auch nach Entlassung nicht unmittelbar festzustellen ist.

Patienten mit einer Rekanalisation im ersten Versuch (FPE) zeigten signifikant bessere Chancen, ein funktionell gutes Outcome zu erreichen. Dieses Resultat konnte sowohl bei Entlassung als auch nach 90 Tagen erbracht werden. Nur für den Zeitpunkt der Entlassung konnte dieser Effekt in einem der multivariaten Regressionsmodelle bestätigt werden. Diese Ergebnisse können mit aktuellen Studien in Einklang gebracht werden. Mehrere Metaanalysen konnten zeigen, dass eine erfolgreiche Rekanalisation im ersten Versuch mit einer besseren Alltagsfunktionalität der Patienten nach 90 Tagen assoziiert ist als eine erfolgreiche Rekanalisation nach mehreren Versuchen (52, 88, 89). Wiederholte Rekanalisationsversuche führen zu einer längeren Interventionsdauer, einer stärkeren Schädigung des Gefäßendothels sowie einer vermehrten Fragmentierung des Thrombus, welches wiederum das Risiko distaler Embolien erhöht. Dies erklärt die positiven Effekte des FPE auf das funktionelle Outcome (52). Eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem FPE und dem funktionellen Outcome zum Zeitpunkt der Entlassung konnte in der Literatur nicht identifiziert werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit füllen diese Lücke und zeigen, dass der Einfluss einer Rekanalisation auf das funktionelle Outcome bereits zum Entlasszeitpunkt erfolgreich mittels mRS quantifizierbar ist. Scheinbar im Widerspruch zur aufgeführten Literatur steht dagegen die fehlende Signifikanz des FPE im multivariaten Regressionsmodell zum Zeitpunkt nach 90 Tagen. Das könnte jedoch darauf hinweisen, dass der Einfluss des FPE auf das funktionelle Outcome im Langzeitverlauf durch andere Faktoren wie Rehabilitationsverlauf und Komorbiditäten an klinischer Wirkung verliert und nach 90 Tagen nicht mehr ausreichend nachweisbar ist. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die verminderten Fallzahlen durch Nachbeobachtungsverluste für die Analyse nach 90 Tagen die statistische Aussagekraft schwächen. Zudem kann es durch die gleichzeitige Berücksichtigung

inhaltlich überlappender Variablen – wie dem Reperfusionserfolg und dem FPE – zu einer Abschwächung des Effekts einzelner Variablen gekommen sein, auch ohne formale Multikollinearität.

Die Untersuchung des Zusammenhangs des Reperfusionserfolgs mit dem mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen zeigte, dass das Erreichen der in der klinischen Praxis gängigen Definition einer erfolgreichen Reperfusion (TICI \geq 2b) mit einem besseren funktionellen Outcome assoziiert ist (2). Kniep et al. bestätigten, dass eine erfolgreiche Reperfusion (\geq TICI 2b) sich bereits zum Zeitpunkt der Entlassung positiv auf das klinische Outcome auswirkt (90). Der mRS bildet somit bereits bei Entlassung die Nachteile hinsichtlich des funktionellen Outcomes für Patienten mit unvollständiger Reperfusion ab und kann somit vermutlich für diese als sinnvolles Kriterium zur Einschätzung der langfristigen Prognose erwogen werden.

Die nähere Unterscheidung zwischen den Reperusionsgraden 2b, 2c und 3 zeigte, dass eine komplette Reperfusion (TICI 3), im Vergleich zu einer nahezu kompletten Reperfusion (TICI 2c), mit einem schlechteren funktionellen Outcome bei Entlassung und nach 90 Tagen verknüpft ist. Patienten mit TICI 2b und TICI 2c unterschieden sich nicht. Diese Resultate stehen scheinbar im Widerspruch zu bisherigen Studien, welche für Patienten mit TICI 2c bzw. 3 im Vergleich zu TICI 2b häufiger ein gutes funktionelles Outcome bei Entlassung sowie nach 90 Tagen beobachten konnten. Ein Unterschied hinsichtlich des Erreichens einer guten Alltagsfähigkeit zwischen Patienten mit TICI 2c und TICI 3 konnte dagegen nicht festgestellt werden (91–94). Winkelmeier et al., die spezifisch Patienten mit schwerem Schlaganfall analysierten (ASPECTS-Score \leq 5), konnten dagegen keine signifikanten Unterschiede im funktionellen Outcome nach 90 Tagen in Bezug auf den Reperfusionserfolg zwischen TICI 2b und TICI 3 finden. Diese legten nahe, dass bei großen Infarkten die klinische Relevanz einer vollständigen Reperfusion (TICI 2c/3) gegenüber einer teilweisen Reperfusion (TICI 2b) möglicherweise geringer ist. Dies könnte damit zusammenhängen, dass distale Areale bei nur teilweiser Reperfusion (TICI 2b) bereits irreversibel geschädigt waren und eine weiterführende Reperfusion keinen zusätzlichen klinischen Nutzen brachte (95). Darüber hinaus werden in der Literatur weitere unabhängige Risikofaktoren beschrieben, die den Effekt einer erfolgreichen Rekanalisation (\geq TICI 2b) abschwächen und zu einem schlechten funktionellen Outcome beitragen können. Dazu zählen ein fortgeschrittenes Alter, ein hoher NIHSS bei Aufnahme, eine

verlängerte Interventionsdauer sowie die Notwendigkeit von mehrfachen Thrombektomie-Versuchen. Insbesondere letztere Punkte können denkbar zu prozedurbedingten Komplikationen wie Blutungen führen und den potenziellen Vorteil einer vollständigen Rekanalisation aufheben oder sogar überkompensieren (95–97). Die fehlende Berücksichtigung genannter Faktoren in der Analyse des Reperfusionserfolgs stellt in der vorliegenden Arbeit eine Einschränkung dar, könnte jedoch mögliche Ursachen für das beobachtete schlechtere Outcome in bestimmten Subgruppen (TICI 3 < TICI 2c) liefern. Die Beurteilung des Einflusses des Reperfusionserfolgs auf das funktionelle Outcome bei Entlassung sowie nach 90 Tagen zeigte übereinstimmende Ergebnisse. Aufgrund der begrenzten Übereinstimmung der Ergebnisse mit der bestehenden Studienlage lässt sich keine abschließende Aussage über die Sensitivität des mRS bei Entlassung zur Abbildung des langfristigen funktionellen Outcomes in Abhängigkeit von den Reperfuisionsgraden TICI 2b, TICI 2c und TICI 3 treffen.

Die vorliegende Arbeit unterlag mehreren Einschränkungen, die bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen. Zum einen handelte es sich um eine retrospektive Analyse mit einer vergleichsweise kleinen Fallzahl, wodurch die statistische Aussagekraft begrenzt war und insbesondere kleinere Effekte möglicherweise nicht nachweisbar waren. In Zusammenhang damit steht auch der Verlust der Signifikanz einzelner Variablen im multivariaten Regressionsmodell. Es bestand ein erhöhtes Risiko für Verzerrungen durch unvollständige Dokumentation und Selektion, da die therapeutischen Entscheidungen individuell und ohne standardisiertes Protokoll erfolgten. Zudem lagen nicht alle potenziell relevanten Einflussgrößen vor. Insbesondere Parameter wie präorbider Status, ASPECT-Score, Vorerkrankungen und postinterventionelle Komplikationen wie Blutungen oder Pneumonien wurden nicht systematisch erfasst, obwohl sie bekanntermaßen mit dem funktionellen Outcome assoziiert sein können (69). Darüber hinaus ist der Zeitpunkt der Entlassung für jeden Patienten in Abhängigkeit von der Krankenhausverweildauer, welche durch Schweregrad des Infarkts, Komorbiditäten oder Komplikationen beeinflusst werden kann, individuell verschieden (70). Dies erschwert die Interpretation des mRS bei Entlassung, da dieser Patienten in womöglich unterschiedlich fortgeschrittenen Rehabilitationsphasen hinsichtlich ihrer Funktionalität einordnet.

5 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Arbeit war es, patientenbezogene und prozedurale Einflussfaktoren auf das funktionelle Outcome von Patienten mit akutem ischämischem Schlaganfall und erfolgter mechanischer Thrombektomie zu untersuchen. Als primäres Outcome wurde der modifizierte Rankin-Score (mRS) sowohl zum Zeitpunkt der Entlassung aus der stationären Versorgung als auch 90 Tage nach dem Ereignis herangezogen. Die Ergebnisse zeigten, dass insbesondere das Alter, der NIHSS bei Aufnahme und die Interventionsdauer signifikant mit dem funktionellen Outcome zu beiden Zeitpunkten assoziiert waren. Für die Durchführung einer Lysetherapie konnte dies nur für den Entlasszeitpunkt definitiv bestätigt werden. Für andere Parameter, wie die Groin-to-Recanalization-Time, wurden dagegen nur Effekte auf den mRS 90 Tage nach dem Schlaganfall gefunden. Die Unterschiede zwischen beiden Zeitpunkten deuten darauf hin, dass sich die Effekte bestimmter Parameter im Rehabilitationsverlauf abschwächen, wohingegen andere sich erst im Langzeitverlauf klinisch manifestieren. Die vorliegende Arbeit belegt, dass die Erhebung des mRS bereits bei Entlassung wertvolle prognostische Informationen liefern kann, wenngleich sich funktionelle Unterschiede im Rehabilitationsverlauf noch verändern können. Diese Erkenntnisse können zur Verbesserung der Risikostratifizierung und Therapielenkung bei Schlaganfallpatienten beitragen. Zukünftige prospektive Studien mit größerer Fallzahl, standardisierter Datenerhebung und detaillierter Erfassung klinisch relevanter Variablen sind erforderlich, um die hier beobachteten Zusammenhänge zu überprüfen und deren klinische Relevanz zu validieren.

6 Abkürzungsverzeichnis

A. – Arteria

ADAPT – A Direct Aspiration First-Pass Technique

ASPECTS – Alberta Stroke Program Early CT Score

CBF – zerebraler Blutfluss

CBV – zerebrales Blutvolumen

cCT – kranielle Computertomografie

cMRT – kranielle Magnetresonanztomografie

CT – Computertomografie

CTA – CT-Angiografie

DAP – Dose-Area-Product

DSA – digitale Subtraktionsangiografie

DtG-Time – Door-to-Groin-Time

DWI-Sequenz – Diffusion-Weighted Imaging

FAST-Test – Face-Arm-Speech-Time-Test

FPE – First-Pass-Effekt

GtR-Time – Groin-to-Recanalization-Time

IQR – Interquartilsbereich

95%-KI – 95%-Konfidenzintervall

mRS – modifizierter Rankin-Score

MRT – Magnetresonanztomografie

mTICI-Klassifikation – modifizierte thrombolysis-in-cerebral-ischemia-Klassifikation

MTRA - medizinisch-technischer Radiologieassistent

MTT – mittlere Transitzeit

NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale

OR – Odds Ratio

PACS – Picture Archiving and Communication System

REDCap – Research Electronic Data Capture

SD – Standardabweichung

SPSS – Statistical Package for Social Sciences

TIA – transitorische ischämische Attacke

TICI-Klassifikation – Thrombolysis in cerebral ischemia-Klassifikation

TOAST-Score – Trial of ORG 10172 in Acute Stroke Treatment

TTP – Time-to-Peak

VIF – Varianzinflationsfaktor

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Natives CT (a) und CT-Angiografie (b) bei Verschluss der A. cerebri media links; mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie).....	10
Abbildung 2: CT-Perfusionsbilder bei Verschluss der A. cerebri media links, mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)	12
Abbildung 3: CT-Perfusionsbilder bei abgelaufener Ischämie der A. cerebri media im rechten vorderen Versorgungsgebiet; mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)	13
Abbildung 4: DSA der A. carotis interna, A. cerebri anterior und der verschlossenen A. cerebri media links (a, roter Pfeil) sowie Rekanalisierung mittels Thrombektomie (b); verschlossene A. cerebri media rechts (c, roter Pfeil) mit anschließender Thrombektomie (d); mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Wiesinger (BKH Regensburg, Abteilung für Neuroradiologie)	15
Abbildung 5: Übersicht der untersuchten Prädiktoren	24
Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Alter und mRS bei Entlassung; Kreise = Ausreißer; $p = 0,003$	35
Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Alter und mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; $p < 0,001$	36
Abbildung 8: Einfluss des Alters auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$). Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.....	37
Abbildung 9: Einfluss der Altersgruppen auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.....	38
Abbildung 10: Zusammenhang zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und dem mRS bei Entlassung; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p < 0,001$	40
Abbildung 11: Zusammenhang zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und dem mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p < 0,001$	41
Abbildung 12: Einfluss des NIHSS bei Aufnahme auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$). Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt. ...	42
Abbildung 13: Einfluss des NIHSS bei Aufnahme in Gruppen auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.....	43
Abbildung 14: Einfluss der Durchführung einer Lyse auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes ($mRS > 2$) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei $OR = 1$ markiert den Wert ohne Effekt.	44
Abbildung 15: Zusammenhang zwischen der GtR-Time und dem mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p = 0,043$	46
Abbildung 16: Zusammenhang zwischen der Interventionsdauer und dem mRS bei Entlassung; Kreise = Ausreißer; Dreiecke = Extremwerte; $p < 0,001$	47

Abbildung 17: Zusammenhang zwischen der Interventionsdauer und dem mRS nach 90 Tagen; Kreise = Ausreißer; $p < 0,001$	48
Abbildung 18: Einfluss der Interventionsdauer auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.	49
Abbildung 19: Einfluss der Interventionsdauer in Gruppen auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt. Konfidenzintervalle, die über den Darstellungsbereich hinausreichen, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten und durch Pfeile markiert.....	50
Abbildung 20: Einfluss des FPE auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.	52
Abbildung 21: Einfluss des Reperfusionserfolgs (TICI < 2b vs. TICI ≥ 2b) auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt. Konfidenzintervalle, die über den Darstellungsbereich hinausreichen, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten und durch Pfeile markiert.....	53
Abbildung 22: Einfluss des Reperfusionserfolgs (TICI 2b vs. TICI 2c vs. TICI 3) auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.	54
Abbildung 23: Einfluss der kontinuierlichen und kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt.	57
Abbildung 24: Einfluss der kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten funktionellen Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung und nach 90 Tagen. Gezeigt wird die Odds Ratio (OR) mit 95 %-Konfidenzintervall. Die vertikale Linie bei OR = 1 markiert den Wert ohne Effekt. Konfidenzintervalle, die über den Darstellungsbereich hinausreichen, wurden an der Achsengrenze abgeschnitten und durch Pfeile markiert.....	58

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Variablen der Dokumentationsbücher	22
Tabelle 2: Variablen des PACS-Systems	23
Tabelle 3: Untersuchte patientenbezogene Variablen	25
Tabelle 4: Untersuchte prozedurale Variablen.....	27
Tabelle 5: TICl-Klassifikation – Kategorien und Beschreibung (43).....	28
Tabelle 6: modifizierter Rankin-Score (mRS) - Kategorien und Beschreibung (47)..	29
Tabelle 7: Darstellung der deskriptiven Merkmale der gesamten Studienpopulation zum Zeitpunkt bei Entlassung und nach 90 Tagen	35
Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Altersgruppen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.....	37
Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Geschlechts. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.....	39
Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Anzahl an Gefäßverschlüssen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	39
Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Lokalisation des Gefäßverschlusses. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	40
Tabelle 12: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des NIHSS bei Aufnahme in Gruppen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	42
Tabelle 13: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Durchführung einer Lyse. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	43
Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Zeitpunkts der Intervention. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	45
Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Interventionsdauer in Gruppen. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	49
Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich der Prozedur. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.....	51
Tabelle 17: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des FPE. Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.....	51
Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Reperfusionserfolgs (TICl < 2b vs. TICl ≥ 2b). Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	52
Tabelle 19: Häufigkeitsverteilung des mRS bei Entlassung und nach 90 Tagen hinsichtlich des Reperfusionserfolgs (TICl 2b vs. TICl 2c vs. TICl 3). Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil in der jeweiligen Gruppe einer Variablen.	53
Tabelle 20: Einfluss von kontinuierlichen und kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung.....	55

Tabelle 21: Einfluss von kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes (mRS > 2) bei Entlassung	55
Tabelle 22: Einfluss von kontinuierlichen und kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes (mRS > 2) nach 90 Tagen	56
Tabelle 23: Einfluss von kategorialen Prädiktoren auf das Risiko eines schlechten Outcomes (mRS > 2) nach 90 Tagen	56

9 Literatur

1. Ashrafian H. Familial stroke 2700 years ago. *Stroke* 2010; 41(4):e187; author reply e188. doi: 10.1161/STROKEAHA.109.573170.
2. Ringleb P., Köhrmann M., Jansen O., et al. Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls [S2e-Leitlinie]; 2022 [Stand: 05.05.2023]. Verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/053-011>.
3. Kraft P. Epidemiologie, demografische Entwicklung, ökonomische Betrachtung und Risikofaktoren. In: Kraft P, Hrsg. Elsevier Essentials Schlaganfall: Elsevier; 2018. S. 9–14.
4. Lee S. Introduction on hemorrhagic stroke. In: Lee S, Kang D-W, Hrsg. Stroke revisited: hemorrhagic stroke. Singapore: Springer; 2018. S. 3–6.
5. Kraft P. Transitorische ischämische Attacke und ischämischer Schlaganfall. In: Kraft P, Hrsg. Elsevier Essentials Schlaganfall: Elsevier; 2018. S. 25–76.
6. GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet. Neurology* 2021; 20(10):795–820. doi: 10.1016/S1474-4422(21)00252-0.
7. Kossel C-S, B. Kuramatsu J, A. Sembill J. Zufallsbefund stummer Hirninfarkt. *DNP – Die Neurologie & Psychiatrie* 2023; 24(4):36–40. doi: 10.1007/s15202-023-5716-3.
8. Kraft P. Pathophysiologie des Schlaganfalls. In: Kraft P, Hrsg. Elsevier Essentials Schlaganfall: Elsevier; 2018. S. 1–7.
9. Koroshetz WJ, González RG. Causes of ischemic stroke. In: Gonzalez RG, Hirsch JA, Lev MH, Schaefer PW, Schwamm LH, Hrsg. Acute ischemic stroke: imaging and intervention. 2. 2nd ed. 2011. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. S. 27–40.
10. Kraus M. Präklinische Schlaganfallversorgung. In: Kraft P, Hrsg. Elsevier Essentials Schlaganfall: Elsevier; 2018. S. 15–23.
11. Yew KS, Cheng EM. Diagnosis of acute stroke. *American Family Physician* 2015; 91(8):528–36 [Stand: 07.09.2025]. Verfügbar unter: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2015/0415/p528.html>.
12. Hurford R, Sekhar A, Hughes TAT, Muir KW. Diagnosis and management of acute ischaemic stroke. *Practical Neurology* 2020; 20(4):304–16. doi: 10.1136/practneurol-2020-002557.
13. Kim YS. Initial diagnosis and management of acute ischemic stroke. In: Lee S, Hrsg. Stroke revisited: diagnosis and treatment of ischemic stroke. Singapore: Springer Singapore; 2017. S. 37–48.
14. Lui F, Hui C, Suheb MZ, Patti L. Ischemic stroke. In: Lui F, Hui C, Suheb MZK, Patti L, Hrsg. StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2025 [Stand: 07.12.2025]. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499997/>.

15. Al Sultan AS, Eesa M, Menon BK. Principles and practical application of brain CT in acute ischemic stroke. In: Lee S, Hrsg. Stroke revisited: diagnosis and treatment of ischemic stroke. Singapore: Springer Singapore; 2017. S. 101–8.
16. Delgado Almandoz JE, Pomerantz SR, González RG, Lev MH. Imaging of acute ischemic stroke: unenhanced computed tomography. In: Gonzalez RG, Hirsch JA, Lev MH, Schaefer PW, Schwamm LH, Hrsg. Acute ischemic stroke: imaging and intervention. 2. 2nd ed. 2011. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. S. 43–56.
17. Vu D, González RG, Schaefer PW. Conventional MRI and MR angiography of stroke. In: Gonzalez RG, Hirsch JA, Lev MH, Schaefer PW, Schwamm LH, Hrsg. Acute ischemic stroke: imaging and intervention. 2. 2nd ed. 2011. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. S. 115–37.
18. Konstas AA, González RG, Lev MH. CT perfusion (CTP). In: Gonzalez RG, Hirsch JA, Lev MH, Schaefer PW, Schwamm LH, Hrsg. Acute ischemic stroke: imaging and intervention. 2. 2nd ed. 2011. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. S. 83–122.
19. Kahl-Scholz M, Vockelmann C. Angiographie, Rotationsangiographie/Angio-CT. In: Kahl-Scholz M, Vockelmann C, Hrsg. Basiswissen Radiologie: Nuklearmedizin und Strahlentherapie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2017. S. 35–9.
20. Nouh A, Remke J, Ruland S. Ischemic posterior circulation stroke: a review of anatomy, clinical presentations, diagnosis, and current management. *Frontiers in Neurology* 2014; 5:30. doi: 10.3389/fneur.2014.00030.
21. Berkhemer OA, Fransen PS, Beumer D, van den Berg LA, Lingsma HF, Yoo AJ et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. *The New England Journal of Medicine* 2015; 372(1):11–20. doi: 10.1056/NEJMoa1411587.
22. Honeybul S. Ischaemic stroke: indication and techniques of decompressive surgery. In: Lee S, Hrsg. Stroke revisited: diagnosis and treatment of ischemic stroke. Singapore: Springer Singapore; 2017. S. 145–56.
23. Shubin Mathews, Orlando De Jesus. Thrombectomy. In: Mathews S, Jesus O de, Hrsg. StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2023 [Stand: 07.12.2025]. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562154/>.
24. Pajor MJ, Adeoye OM. Evolving stroke systems of care: stroke diagnosis and treatment in the post-thrombectomy era. *Neurotherapeutics* 2023; 20(3):655–63. doi: 10.1007/s13311-023-01371-7.
25. Rakesh K, Alberto M, Gustavo JR. Complications during mechanical thrombectomy: pitfalls and bailouts. In: Samaniego EA, Hasan D, Hrsg. Acute stroke management in the era of thrombectomy. Cham, Switzerland: Springer; 2019. S. 173–90.
26. Elakkad A, Drocton G, Hui F. Endovascular stroke interventions: procedural complications and management. *Seminars in Interventional Radiology* 2020; 37(02):199–206. doi: 10.1055/s-0040-1709206.

27. Ahmed Z, Pan J, Eskandar T, Agrawal DK. Outcomes and complications associated with mechanical thrombectomy in the treatment of acute ischemic stroke. *Cardiology and Cardiovascular Medicine* 2024; 8(6):504–14.
28. Seeram E. X-ray imaging systems for biomedical engineering technology: an essential guide. 1st ed. 2023. Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer; 2023.
29. Guenego A, Mosimann PJ, Pereira VM, Nicholson P, Zuber K, Lotterie JA et al. Proposed achievable levels of dose and impact of dose-reduction systems for thrombectomy in acute ischemic stroke: an international, multicentric, retrospective study in 1096 patients. *European Radiology* 2019; 29(7):3506–15. doi: 10.1007/s00330-019-06062-6.
30. Weyland CS, Seker F, Potreck A, Hametner C, Ringleb PA, Möhlenbruch MA et al. Radiation exposure per thrombectomy attempt in modern endovascular stroke treatment in the anterior circulation. *European Radiology* 2020; 30(9):5039–47. doi: 10.1007/s00330-020-06837-2.
31. Weyland CS, Potreck A, Neuberger U, Möhlenbruch MA, Nagel S, Ringleb PA et al. Radiation exposure in endovascular stroke treatment of acute basilar artery occlusions-a matched-pair analysis. *Neuroradiology* 2020; 62(12):1701–7. doi: 10.1007/s00234-020-02490-0.
32. Weyland CS, Hemmerich F, Möhlenbruch MA, Bendszus M, Pfaff JAR. Radiation exposure and fluoroscopy time in mechanical thrombectomy of anterior circulation ischemic stroke depending on the interventionalist's experience-a retrospective single center experience. *European Radiology* 2020; 30(3):1564–70. doi: 10.1007/s00330-019-06482-4.
33. Peter G, Hesselmann V, Ilnicki M, Illies T, Karajanev K, Kämmerer F et al. Occlusion type, number of recanalization passages and dose program determine radiation dose in endovascular stroke thrombectomy. *Clinical Neuroradiology* 2022; 32(2):385–92. doi: 10.1007/s00062-022-01157-y.
34. Hemmerich F, Weyland CS, Schönenberger S, Ringleb PA, Möhlenbruch MA, Bendszus M et al. Effect of mode of anesthesia on radiation exposure in patients undergoing endovascular recanalization of anterior circulation embolic stroke. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2020; 12(5):455–9. doi: 10.1136/neurintsurg-2019-015357.
35. Ng FC, Campbell BCV. Imaging after thrombolysis and thrombectomy: rationale, modalities and management implications. *Current Neurology and Neuroscience Reports* 2019; 19(8):57. doi: 10.1007/s11910-019-0970-7.
36. German Stroke Registry; 2023 [Stand: 01.08.2023]. Verfügbar unter: <https://www.german-stroke-registry.de/german-stroke-registry>.
37. Rogalewski A, Klein N, Friedrich A, Kitsiou A, Schäbitz M, Zuhorn F et al. Functional long-term outcome following endovascular thrombectomy in patients with acute ischemic stroke. *Neurological Research and Practice* 2024; 6(1):2. doi: 10.1186/s42466-023-00301-4.

38. Danwitz NM von, Bode FJ, Samani OS, Asperger H, Ebrahimi T, Kaesmacher J et al. Patterns and predictors of delayed functional independence and dependence after thrombectomy in large vessel occlusion stroke: A multicenter analysis. *European Stroke Journal* 2025; 0(0):23969873251342048. doi: 10.1177/23969873251342048.
39. Campbell BCV, Mitchell PJ, Kleinig TJ, Dewey HM, Churilov L, Yassi N et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection. *The New England Journal of Medicine* 2015; 372(11):1009–18. doi: 10.1056/NEJMoa1414792.
40. Higashida RT, Furlan AJ, Roberts H, Tomsick T, Connors B, Barr J et al. Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke. *Stroke* 2003; 34(8):e109-37. doi: 10.1161/01.STR.0000082721.62796.09.
41. LeCouffe NE, Treurniet KM, Kappelhof M, Jansen IG, Boers M, Marquering HA et al. Outcome of patients with multivessel occlusion stroke after endovascular treatment. *European Stroke Journal* 2024; 9(2):312–9. doi: 10.1177/23969873231216811.
42. Zaidat OO, Yoo AJ, Khatri P, Tomsick TA, Kummer R von, Saver JL et al. Recommendations on angiographic revascularization grading standards for acute ischemic stroke: a consensus statement. *Stroke* 2013; 44(9):2650–63. doi: 10.1161/STROKEAHA.113.001972.
43. Goyal M, Fargen KM, Turk AS, Mocco J, Liebeskind DS, Frei D et al. 2C or not 2C: defining an improved revascularization grading scale and the need for standardization of angiography outcomes in stroke trials. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2014; 6(2):83–6. doi: 10.1136/neurintsurg-2013-010665.
44. Pożarowszczyk N, Kurkowska-Jastrzębska I, Sarzyńska-Długosz I, Nowak M, Karliński M. Reliability of the modified Rankin Scale in clinical practice of stroke units and rehabilitation wards. *Frontiers in Neurology* 2023; 14:1064642. doi: 10.3389/fneur.2023.1064642.
45. van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, Schouten HJ, van Gijn J. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. *Stroke* 1988; 19(5):604–7. doi: 10.1161/01.str.19.5.604.
46. ElHabr AK, Katz JM, Wang J, Bastani M, Martinez G, Gribko M et al. Predicting 90-day modified Rankin Scale score with discharge information in acute ischaemic stroke patients following treatment. *BMJ Neurology Open* 2021; 3(1):e000177. doi: 10.1136/bmjno-2021-000177.
47. Broderick JP, Adeoye O, Elm J. Evolution of the modified Rankin scale and its use in future stroke trials. *Stroke* 2017; 48(7):2007–12. doi: 10.1161/STROKEAHA.117.017866.
48. Waldo RG, Sami AK, Edgar AS. Mechanical thrombectomy: emerging devices and technologies. In: Samaniego EA, Hasan D, Hrsg. *Acute stroke management in the era of thrombectomy*. Cham, Switzerland: Springer; 2019. S. 71–86.

49. Alhamza RA-B, Raul GN, Edgar AS, Diogo CH. Mechanical thrombectomy: techniques and hybrid approaches for recanalization. In: Samaniego EA, Hasan D, Hrsg. *Acute stroke management in the era of thrombectomy*. Cham, Switzerland: Springer; 2019. S. 87–104.
50. Jablonska M, Li J, Tiberi R, Canals P, Ortega S, Tomasello A et al. Partial (SAVE) versus complete (Solumbra) stent retriever retraction technique for mechanical thrombectomy: a randomized in vitro study. *American Journal of Neuroradiology* 2023; 44(10):1165–70. doi: 10.3174/ajnr.A7996.
51. Turk AS, Spiotta A, Frei D, Mocco J, Baxter B, Fiorella D et al. Initial clinical experience with the ADAPT technique: a direct aspiration first pass technique for stroke thrombectomy. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2014; 6(3):231–7. doi: 10.1136/neurintsurg-2013-010713.
52. Jang KM, Choi HH, Nam TK, Byun JS. Clinical outcomes of first-pass effect after mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 2021; 211:107030. doi: 10.1016/j.clineuro.2021.107030.
53. Sharashidze V, Ying H, Gardener HE, Gutierrez CM, Alkhachroum A, Yin R et al. Patterns and outcomes of endovascular thrombectomy among patients over age 80 years: the Florida Stroke Registry. *Journal of the American Heart Association* 2025; 14(7):e033787. doi: 10.1161/JAHA.123.033787.
54. Kuntze Söderqvist Å, Andersson T, Wahlgren N, Kaijser M. Mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke—patients with wake-up stroke and the elderly may benefit as well. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2016; 25(9):2276–83. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.05.019.
55. Chandra RV, Leslie-Mazwi TM, Oh DC, Chaudhry ZA, Mehta BP, Rost NS et al. Elderly patients are at higher risk for poor outcomes after intra-arterial therapy. *Stroke* 2012; 43(9):2356–61. doi: 10.1161/STROKEAHA.112.650713.
56. Cohen JE, Gomori JM, Leker RR. Stent retriever–based thrombectomy in octogenarians. *Interventional Neurology* 2016; 5(3-4):111–7. doi: 10.1159/000446795.
57. Fifi JT, Nguyen TN, Song S, Sharrief A, Pujara DK, Shaker F et al. Sex differences in endovascular thrombectomy outcomes in large vessel occlusion: a propensity-matched analysis from the SELECT study. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2023; 15(2):105–12. doi: 10.1136/neurintsurg-2021-018348.
58. Madsen TE, DeCroce-Movson E, Hemendinger M, McTaggart RA, Yaghi S, Cutting S et al. Sex differences in 90-day outcomes after mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2019; 11(3):221–5. doi: 10.1136/neurintsurg-2018-014050.
59. Chalos V, Ridder IR de, Lingsma HF, Brown S, van Oostenbrugge RJ, Goyal M et al. Does sex modify the effect of endovascular treatment for ischemic stroke? *Stroke* 2019; 50(9):2413–9. doi: 10.1161/STROKEAHA.118.023743.

60. Deb-Chatterji M, Schlemm E, Flottmann F, Meyer L, Alegiani A, Brekenfeld C et al. Sex differences in outcome after thrombectomy for acute ischemic stroke are explained by confounding factors. *Clinical Neuroradiology* 2021; 31(4):1101–9. doi: 10.1007/s00062-020-00983-2.
61. Chung C-T, Chen C-H, Chu H-J, Chang Y-M, Sung P-S, Lin Y-H et al. Endovascular thrombectomy in patients with acute ischemic stroke with simultaneous multivessel occlusions. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology* 2022; 2(3). doi: 10.1161/SVIN.121.000228.
62. Weber R, Minnerup J, Nordmeyer H, Eyding J, Krogias C, Hadisurya J et al. Thrombectomy in posterior circulation stroke: differences in procedures and outcome compared to anterior circulation stroke in the prospective multicentre REVASK registry. *European Journal of Neurology* 2019; 26(2):299–305. doi: 10.1111/ene.13809.
63. Bower MM, Suzuki S, Golshani K, Lin L-M, Shafie M, Abcede HG et al. Comparative studies of cerebral reperfusion injury in the posterior and anterior circulations after mechanical thrombectomy. *Translational Stroke Research* 2022; 13(4):556–64. doi: 10.1007/s12975-021-00977-3.
64. Adusumilli G, Pederson JM, Hardy N, Kallmes KM, Hutchison K, Kobeissi H et al. Mechanical thrombectomy in anterior vs. posterior circulation stroke: A systematic review and meta-analysis. *Interventional Neuroradiology* 2024; 30(3):307–16. doi: 10.1177/15910199221100796.
65. Deb-Chatterji M, Pinnschmidt H, Flottmann F, Leischner H, Alegiani A, Brekenfeld C et al. Stroke patients treated by thrombectomy in real life differ from cohorts of the clinical trials: a prospective observational study. *BMC Neurology* 2020; 20(1):81. doi: 10.1186/s12883-020-01653-z.
66. Kniep H, Meyer L, Bechstein M, Broocks G, Guerreiro H, van Horn N et al. How much of the thrombectomy related improvement in functional outcome is already apparent at 24 hours and at hospital discharge? *Stroke* 2022; 53(9):2828–37. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.037888.
67. Lu VM, Young CC, Chen SH, O'Connor KP, Silva MA, Starke RM. Presenting NIHSS predicts 90-day functional outcome after mechanical thrombectomy for basilar artery occlusion: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 2020; 197:106199. doi: 10.1016/j.clineuro.2020.106199.
68. Khatri P, Yeatts SD, Mazighi M, Broderick JP, Liebeskind DS, Demchuk AM et al. Time to angiographic reperfusion and clinical outcome after acute ischaemic stroke: an analysis of data from the Interventional Management of Stroke (IMS III) phase 3 trial. *The Lancet. Neurology* 2014; 13(6):567–74. doi: 10.1016/S1474-4422(14)70066-3.
69. van de Graaf RA, Samuels N, Chalos V, Lycklama A Nijeholt GJ, van Beusekom H, Yoo AJ et al. Predictors of poor outcome despite successful endovascular treatment for ischemic stroke: results from the MR CLEAN Registry. *Journal of*

- NeuroInterventional Surgery 2022; 14(7):660–5. doi: 10.1136/neurintsurg-2021-017726.
70. Qureshi AI, Bhatti IA, Gillani SA, Fakhri R, Gomez CR, Kwok CS. Factors and outcomes associated with National Institutes of Health stroke scale scores in acute ischemic stroke patients undergoing thrombectomy in United States. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2025; 34(6):108292. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2025.108292.
 71. Sedghi A, Kaiser DPO, Cuberi A, Schreckenbauer S, Wojciechowski C, Friehs I et al. Intravenous thrombolysis before thrombectomy improves functional outcome after stroke independent of reperfusion grade. *Journal of the American Heart Association* 2024; 13(6):e031854. doi: 10.1161/JAHA.123.031854.
 72. Seetge J, Cséke B, Karádi ZN, Bosnyák E, Szapáry L. Bridging the gap: improving acute ischemic stroke outcomes with intravenous thrombolysis prior to mechanical thrombectomy. *Neurology International* 2024; 16(6):1189–202. doi: 10.3390/neurolint16060090.
 73. Qin B, Wei T, Gao W, Qin H, Liang Y-M, Qin C et al. Real-world setting comparison of bridging therapy versus direct mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: A meta-analysis. *Clinics* 2024; 79:100394. doi: 10.1016/j.clinsp.2024.100394.
 74. Zhang J, Chen S, Shi S, Zhang Y, Kong D, Xie Y et al. Direct endovascular treatment versus bridging therapy in patients with acute ischemic stroke eligible for intravenous thrombolysis: systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2022; 14(4):321–5. doi: 10.1136/neurintsurg-2021-017928.
 75. Tschoe C, Kittel C, Brown P, Hafeez M, Kan P, Alawieh A et al. Impact of off-hour endovascular therapy on outcomes for acute ischemic stroke: insights from STAR. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2021; 13(8):693–6. doi: 10.1136/neurintsurg-2020-016474.
 76. Kaaouana O, Bricout N, Casolla B, Caparros F, Della Schiava L, Mounier-Vehier F et al. Mechanical thrombectomy for ischaemic stroke in the anterior circulation: off-hours effect. *Journal of Neurology* 2020; 267(10):2910–6. doi: 10.1007/s00415-020-09946-6.
 77. Zha M, Yang Q, Liu S, Wu M, Huang K, Cai H et al. Off-hour effect on time metrics and clinical outcomes in endovascular treatment for large vessel occlusion: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Stroke* 2022; 17(6):669–80. doi: 10.1177/17474930211012545.
 78. Herm J, Schlemm L, Siebert E, Bohner G, Alegiani AC, Petzold GC et al. How do treatment times impact on functional outcome in stroke patients undergoing thrombectomy in Germany? Results from the German Stroke Registry. *International Journal of Stroke* 2021; 16(8):953–61. doi: 10.1177/1747493020985260.
 79. Jahan R, Saver JL, Schwamm LH, Fonarow GC, Liang L, Matsouaka RA et al. Association between time to treatment with endovascular reperfusion therapy and

- outcomes in patients with acute ischemic stroke treated in clinical practice. *Journal of the American Medical Association* 2019; 322(3):252–63. doi: 10.1001/jama.2019.8286.
80. Alawieh A, Vargas J, Fargen KM, Langley EF, Starke RM, Leacy R de et al. Impact of procedure time on outcomes of thrombectomy for stroke. *Journal of the American College of Cardiology* 2019; 73(8):879–90. doi: 10.1016/j.jacc.2018.11.052.
81. Hassan AE, Shariff U, Saver JL, Goyal M, Liebeskind D, Jahan R et al. Impact of procedural time on clinical and angiographic outcomes in patients with acute ischemic stroke receiving endovascular treatment. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2019; 11(10):984–8. doi: 10.1136/neurintsurg-2018-014576.
82. Wang R, Aslan A, Khalili N, Garg T, Kotha A, Hamam O et al. Groin puncture to recanalization time may be a strong predictor of mTICI 2c/3 over mTICI 2b in patients with large vessel occlusions successfully recanalized with mechanical thrombectomy. *Diagnostics* 2022; 12(10):2557. doi: 10.3390/diagnostics12102557.
83. Saver JL. Time is brain--quantified. *Stroke* 2006; 37(1):263–6. doi: 10.1161/01.STR.0000196957.55928.ab.
84. Spiotta AM, Vargas J, Turner R, Chaudry MI, Battenhouse H, Turk AS. The golden hour of stroke intervention: effect of thrombectomy procedural time in acute ischemic stroke on outcome. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2014; 6(7):511–6. doi: 10.1136/neurintsurg-2013-010726.
85. Scharz DA, Ellens NR, Kohli GS, Akkipeddi SMK, Colby GP, Bhalla T et al. A meta-analysis of combined aspiration catheter and stent retriever versus stent retriever alone for large-vessel occlusion ischemic stroke. *American Journal of Neuroradiology* 2022; 43(4):568–74. doi: 10.3174/ajnr.A7459.
86. Meder G, Żuchowski P, Skura W, Pleszka P, Dura M, Rajewski P et al. Mechanical thrombectomy in stroke-retrospective comparison of methods: aspiration vs. stent retrievers vs. combined method-is aspiration the best starting point? *Journal of Clinical Medicine* 2024; 13(5):1477. doi: 10.3390/jcm13051477.
87. Bai X, Zhang X, Gong H, Wang T, Wang X, Wang W et al. Different types of percutaneous endovascular interventions for acute ischemic stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2023; 5(5):CD014676 [Stand: 07.12.2025]. Verfügbar unter: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10228464/>.
88. Abbasi M, Liu Y, Fitzgerald S, Mereuta OM, Arturo Larco JL, Rizvi A et al. Systematic review and meta-analysis of current rates of first pass effect by thrombectomy technique and associations with clinical outcomes. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2021; 13(3):212–6. doi: 10.1136/neurintsurg-2020-016869.
89. Bai X, Zhang X, Yang W, Zhang Y, Wang T, Xu R et al. Influence of first-pass effect on recanalization outcomes in the era of mechanical thrombectomy: a systemic review and meta-analysis. *Neuroradiology* 2021; 63(5):795–807. doi: 10.1007/s00234-020-02586-7.

90. Kniep H, Meyer L, Bechstein M, Broocks G, Guerreiro H, van Horn N et al. How much of the thrombectomy related improvement in functional outcome is already apparent at 24 hours and at hospital discharge? *Stroke* 2022; 53(9):2828–37. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.037888.
91. Ghozy S, Kacimi SEO, Azzam AY, Farahat RA, Abdelaal A, Kallmes KM et al. Successful mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke: revascularization grade and functional independence. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2022; 14(8):779–82. doi: 10.1136/neurintsurg-2021-018436.
92. Naragum V, Jindal G, Miller T, Kole M, Shivashankar R, Merino JG et al. Functional independence after stroke thrombectomy using thrombolysis in cerebral infarction grade 2c: a new aim of successful revascularization. *World Neurosurgery* 2018; 119:e928–e933. doi: 10.1016/j.wneu.2018.08.006.
93. Dargazanli C, Fahed R, Blanc R, Gory B, Labreuche J, Duhamel A et al. Modified thrombolysis in cerebral infarction 2C/thrombolysis in cerebral infarction 3 reperfusion should be the aim of mechanical thrombectomy: insights from the ASTER trial (contact aspiration versus stent retriever for successful revascularization). *Stroke* 2018; 49(5):1189–96. doi: 10.1161/STROKEAHA.118.020700.
94. Kaesmacher J, Maegerlein C, Zibold F, Wunderlich S, Zimmer C, Friedrich B. Improving mTICI2b reperfusion to mTICI2c/3 reperfusions: a retrospective observational study assessing technical feasibility, safety and clinical efficacy. *European Radiology* 2018; 28(1):274–82. doi: 10.1007/s00330-017-4928-3.
95. Winkelmeier L, Faizy TD, Brekenfeld C, Heitkamp C, Broocks G, Bechstein M et al. Comparison of thrombolysis in cerebral infarction (TICI) 2b and TICI 3 reperfusion in endovascular therapy for large ischemic anterior circulation strokes. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2024; 16(11):1076–82. doi: 10.1136/jnis-2023-020724.
96. Kitano T, Todo K, Yoshimura S, Uchida K, Yamagami H, Sakai N et al. Futile complete recanalization: patients characteristics and its time course. *Scientific Reports* 2020; 10(1):4973. doi: 10.1038/s41598-020-61748-y.
97. Xu H, Jia B, Huo X, Mo D, Ma N, Gao F et al. Predictors of futile recanalization after endovascular treatment in patients with acute ischemic stroke in a multicenter registry study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2020; 29(10):105067. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105067.

10 Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.