

Prähospitale Versorgung des Schlaganfalls

Pre-hospital emergency treatment of stroke

T. Ahnert^{1,2} · M. Korsen³ · M. Bernhard⁴ · L. Böhm⁴

► **Zitierweise:** Ahnert T, Korsen M, Bernhard M, Böhm L: Prähospitale Versorgung des Schlaganfalls. Anästh Intensivmed 2024;65:532–540. DOI: 10.19224/ai2024.532

Zusammenfassung

Der Schlaganfall stellt in der prähospitalen Notfallmedizin einen häufigen Alarmierungsgrund dar. Eine ischämische Ursache kann dabei prähospital nicht von einer Blutung oder anderen Ursachen differenziert werden, so dass die Schlaganfallsymptomatik durch verschiedene Krankheitsbilder verursacht sein kann. Der Rettungsdienst stellt durch ein schnelles Identifizieren einer Symptomkonstellation, die zielgerichtete Stabilisierung des Patienten/der Patientin und einen zügigen Transport in die geeignete Zielklinik die entscheidenden Weichen, um das Behandlungsergebnis der Patient:innen mit einem zerebrovaskulären Ereignis zu verbessern. Durch die Etablierung der endovaskulären Therapien (EVT) können heutzutage schwere ischämische Schlaganfälle in bestimmten Fällen in einem geeigneten Krankenhaus sogar bis zu 24 Stunden nach den Initialsymptomen endovaskulär therapiert werden. Grundsätzlich können Scores zur Bestimmung der Schlaganfallschwere angewendet werden. Auf das Vorliegen von Stroke Mimics muss geachtet werden. Diese sind prähospital aber nur mittels einer sorgfältigen Anamnese eingrenzbar und letztlich nicht mit vollständiger Sicherheit von einem Schlaganfall abzugrenzen. Nur wenige Rettungsdienstbereiche halten die Möglichkeit der lokalen Lyse nach prähospitaler Bildgebung im Rahmen des Einsatzes eines Stroke-Einsatz-Mobils (STEMO) vor. Grundsätzlich gibt es

darüber hinaus keine kausale Therapie im prähospitalen Setting, jedoch müssen Entgleisungen von Blutdruck und Blutzucker behandelt werden. Zukünftige Ansätze zur Optimierung der prähospitalen Schlaganfallversorgung sind der Einsatz von Telenotarzsystemen unter Einbindung neurologischer Expertise, standardisierte Anmeldeverfahren im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung im Rettungsdienst zur Reduzierung von zeitlichen Verlusten sowohl prä- als auch intrahospital sowie Schulungen zur standardisierten Übergabe oder zur Anwendung von Schlaganfallsschwere-Scores. Hierfür sollten lokale Zuweisungskonzepte zwischen Rettungsdienst und Zielkliniken etabliert werden.

Summary

Stroke is a frequent reason for alarm in pre-hospital emergency medicine. An ischaemic cause cannot be differentiated from a bleeding or other cause pre-hospitally, as that the stroke symptoms can be caused by various diseases. By quickly identifying a constellation of symptoms, stabilising the patient in a targeted manner and quickly transporting them to the appropriate target clinic, the emergency medical service sets the course for improving the treatment outcome for patients with a cerebrovascular event. Thanks to the establishment of endovascular therapies (EVT), severe ischaemic strokes can now be treated endovascularly in a suitable hospital in certain cases even up to 24 hours after the occurrence of initial

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

- 1 Zentrale Notaufnahme, Kreiskrankenhaus Meckernich GmbH, Meckernich (Chefarzt: Dr. M. Münch)
- 2 Ärztliche Leitung Rettungsdienst, Kreis Euskirchen
- 3 Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf (Direktor: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. S. Meuth)
- 4 Zentrale Notaufnahme, Universitätsklinikum Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf (Ärztlicher Leiter: Prof. Dr. M. Bernhard)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Schlaganfall – Thrombektomie – Large Vessel Occlusion – Behandlungsergebnis

Keywords

Stroke – Thrombectomy – Large-vessel Occlusion – Outcome

symptoms. In principle, scores can be used to determine stroke severity. The presence of stroke mimics must be taken into account, but in the pre-hospital setting they can only be narrowed down by means of a careful anamnesis, however, ultimately they cannot be distinguished from a stroke with absolute certainty. Only a few rescue service areas offer the possibility of local lysis after pre-hospital imaging as part of the use of a stroke response mobile (STEMO). In principle, there is no causal therapy in the prehospital setting, but derailments of blood pressure and blood sugar must be treated. Future approaches to optimising pre-hospital stroke care include the use of tele-emergency physician systems along with the integration of neurological expertise, standardised registration procedures in the context of increasing digitalisation in the emergency services to reduce time losses in both the pre- and intra-hospital environment, as well as training on standardised handover or the application of stroke severity scores. To this end, local allocation concepts should be established between the rescue service and the target clinics.

Einleitung

Der **Schlaganfall** ist weltweit die **zweit-häufigste Todesursache** und eine relevante Ursache für **bleibende Behinderungen** im Erwachsenenalter. Das Lebenszeitriskio für Menschen in Mitteleuropa, einen Schlaganfall zu erleiden, wird mit bis zu 32 % angegeben [1], und in Deutschland werden etwa 270.000 Krankheitsfälle pro Jahr gezählt [2]. Aufgrund moderner Therapiekonzepte sank die Letalität – exemplarisch in Nordrhein-Westfalen – von 6,3 % im Jahr 2012 auf 4,4 % im Jahr 2022, wobei zwei Drittel der verstorbenen Patient:innen ≥ 80 Jahre alt waren [3]. Entscheidend für den Behandlungserfolg ist eine **schnelle und adäquate Diagnostik und Therapie**, so dass der zügige Transport in ein geeignetes Krankenhaus wesentlich zum Behandlungserfolg beiträgt [4].

Fallbeispiel: In einem Landkreis wird der Rettungsdienst über die Leitstelle gegen 18.30 Uhr zu einer 70-jährigen Patientin alarmiert, die bewusstseinsgestört auf der Couch liegend aufgefunden wurde. Der Ehemann gibt an, seine Frau zuletzt um 16.00 Uhr in gutem Allgemeinzustand (keine relevanten Vorerkrankungen oder Vormedikation) gesehen zu haben. Nach seiner Rückkehr fand er sie nur noch bedingt reagierend im Wohnzimmer vor, so dass er den Rettungsdienst alarmierte. Das eintreffende Rettungsfachpersonal findet die Patientin wach, aber desorientiert vor und beobachtet eine veränderte Sprache. Im Primary Survey ist die Patientin A/B stabil, C mit einem Blutdruck von 185/90 mmHg hypertensiv entgleist, im EKG findet sich ein normofrequenter Sinusrhythmus. Die Patientin ist normoglykäm und hat kein Fieber.

Pathophysiologie, Einteilung und Risikofaktoren

Schlaganfälle treten entweder

- infolge eines **Verschlusses der hirnversorgenden Arterien** (ischämisch) oder
- durch **Blutungen** (hämorrhagisch) auf,

wobei erstere mit 85 % relevant häufiger vorkommen [5].

Ursache des **ischämischen Schlaganfalls** ist eine verminderte zerebrale Blut- und Sauerstoffversorgung bedingt durch den **Verschluss einer zerebralen Enderterie** aufgrund eines Thrombus oder einer Embolie, durch Mikroangiopathie oder durch hämodynamische Fernwirkung, z. B. bei extrakraniellen Verschlüssen [6]. Je nachdem, welches Gefäß bzw. welches durch dieses versorgte Hirnareal betroffen ist, unterscheidet sich auch das klinische Bild. Sind die **großen Hirngefäße**, also die Arteria carotis interna (ACI), die Arteria cerebri media (M1/2 Segment), die Arteria vertebralis oder die Arteria basilaris betroffen,

so spricht man von einer sog. **large vessel occlusion (LVO)**, welche mit einer erhöhten Letalitätsrate assoziiert ist.

Thromboembolische Ereignisse sind für die meisten ischämischen Schlaganfälle bei älteren Patient:innen verantwortlich.

Hierbei entstammt der Thrombus entweder aus dem Herzen (insb. bei Vorhofflimmern) oder aus den hirnversorgenden Arterien selbst (arterio-arterielle Embolie). **Vorhofflimmern** gilt somit als einer der bedeutendsten Risikofaktoren für ischämische zerebrovaskuläre Ereignisse und ist für etwa 20–30 % aller Hirninfarkte verantwortlich. Es ist mit einem 1,5- bis 2-fach erhöhten Letalitätsrisiko assoziiert [6]. Weitere **relevante Risikofaktoren** für die Entstehung eines ischämischen Schlaganfalls sind Hypertonie, Rauchen, Adipositas, Diabetes mellitus, Alkoholkonsum, erhöhter Salzkonsum, Dyslipidämie und mangelnde Bewegung. Bis zu 88 % aller Schlaganfälle weltweit sind auf diese Risikofaktoren zurückzuführen [7]. Bei jungen Patient:innen müssen zusätzliche Ätiologien bedacht werden (z. B. Dissektionen hirnversorgender Arterien, relevantes persistierendes Foramen ovale, Gerinnungsstörungen, etc.).

Hämorrhagische Schlaganfälle bzw. intrakranielle Blutungen treten entweder

- als sog. **typische Blutungen** im Thalamus und den Stammganglien infolge hypertensiver Entgleisungen bei gleichzeitig erhöhter Fragilität der kleinen arteriellen Hirngefäße auf oder
- als **atypische lobäre Blutungen**, die z. B. durch eine Zunahme degenerativer Gefäßwandveränderungen im Rahmen der zerebralen Amyloidangiopathie entstehen.

Auch die steigende Zahl an gerinnungshemmend behandelten Patient:innen führt zu einer Zunahme von v. a. atypischen Blutungen [8]. Subarachnoidalblutungen infolge rupturierter Aneurysmata können prähospital durch eine ähnliche klinische Präsentation auffallen.

Eine Sonderform stellt die **transitorische ischämische Attacke** (TIA) dar. Die TIA ist gekennzeichnet durch akut auftretende, vorübergehende neurologische Defizite, welche sich innerhalb von <24 Stunden vollständig zurückbilden und bei denen in der Bildgebung keine dauerhafte Schädigung von Hirngewebe nachzuweisen ist. Auch eine TIA sollte immer als Notfall behandelt werden, da das 90-Tage-Schlaganfallrisiko bei 17,8 % liegt, wovon 50 % der Ereignisse innerhalb der ersten 48 Stunden nach initialer TIA-Symptomatik auftreten [9].

Schlaganfallerkennung

Allgemeine Betrachtungen

Eine Differenzierung von ischämischen und hämorrhagischen Schlaganfällen ist nur mittels **Großgerätebildgebung** (insb. Computertomografie) möglich.

Insbesondere für die Behandlung des ischämischen Schlaganfalls gilt der Grundsatz „time is brain“: Je eher die zielgerichtete Behandlung durch Rekanalisationstherapie (Lyse-therapie oder endovaskuläre Therapie) erfolgt, desto besser ist das zu erwartende Behandlungsergebnisse der Patient:innen.

Da eine kausale Therapie prähospital nicht möglich ist, muss der **schnellstmögliche Transport** in eine geeignete Klinik erfolgen, wo das verschlossene Gefäß wiedereröffnet werden kann. Dies erfordert jedoch das **frühzeitige Erkennen von Schlaganfall-Symptomen**. Zahlreiche präventive Aufklärungskampagnen wurden durchgeführt, um die Gesundheitskompetenz zu stärken, denn 40 % der Betroffenen mit einem Schlaganfall fehlinterpretieren die Symptome [10]. Die Rettungskette kann allerdings nur durch einen frühzeitigen Notruf rechtzeitig und schnell reagieren.

Alle Patient:innen mit akut aufgetretenen neurologischen Symptomen sollten durch das Rettungsdienstfachpersonal auf einen Schlaganfall hin gescreent werden. Eine Möglichkeit ist der **BE-FAST-Test**:

- **Balance** (Gleichgewicht): Gleichgewichtsstörung? Links-/Rechtsneigung beim Gehen?
- **Eyes** (Auge/Sichtfeld): Sehstörung oder -verlust?
- **Face** (Gesicht): halbseitige Gesichtslähmung (z. B. beim Lächeln/Zähne zeigen)
- **Arm** (Arme): halbseitig Lähmung/Schwäche oder Absinken der Arme im Armhalteversuch?
- **Speech** (Sprache): Störungen der Sprache?
- **Time** (Zeit): Seit wann bestehen die Symptome?

Eine besondere Herausforderung stellt die **Identifikation von Patient:innen mit Verdacht auf LVO** dar, da eine interventionelle Eröffnung des Gefäßverschlusses mittels Thrombektomie notwendig sein kann. Diese Maßnahme ist jedoch nur in speziellen Zentren verfügbar, weshalb diese Patient:innen im Idealfall bereits prähospital identifiziert werden sollten. Insbesondere prädominante Symptome im Bereich von **Okulomotorik, Visus, Motorik** (insbesondere Halbseitenlähmungen) oder **höhergradige Paresen**

oder **Aphasie/Neglect** sollten an eine LVO denken lassen. Eine weitere Möglichkeit ist der **Rapid Arterial Occlusion Evaluation (RACE)-Score** [11], der ab einer Summe von fünf Punkten auf eine LVO als Schlaganfallursache hinweist (Tab. 1).

Die **Schweregradeinschätzung des Schlaganfalls** erfolgt im klinischen Setting weltweit mittels der **National Institute of Health Stroke Scale** (NIHSS) [12]. Die Anwendung der NIHSS in der prähospitalen Notfallmedizin wird jedoch als zu komplex, aufwändig und trainingsintensiv angesehen, so dass gekürzte Modifikationen der NIHSS mit jeweils 5 (shortened NIHSS [sNIHSS-5]) oder 8 Eigenschaften (sNIHSS-8) oder die bereits häufiger angewendete **sNIHSS-EMS** (shortened NIHSS for Emergency Medical Service) empfohlen werden (Tab. 2) [13]. Durch die bereits prähospital durchgeführte Einschätzung und Weitergabe der Schwere der neurologischen Symptome kann im Zielkrankenhaus bereits eine gezielte Vorbereitung für die konkrete Diagnostik und mögliche Therapie getroffen werden.

Tabelle 1
Erhebung der Rapid Arterial Occlusion Evaluation (RACE). Ab einer Summe von 5 Punkten ist an eine LVO als Schlaganfallursache zu denken.

| Test | Bewertung | Punkte |
|--|--------------------------------------|--------|
| Fazialisparese „Zeigen Sie mir bitte Ihre Zähne“ | symmetrisch | 0 |
| | leicht asymmetrisch | 1 |
| | deutlich asymmetrisch | 2 |
| Armmotorik „Strecken Sie die Arme vor und halten diese“ (Liegen 45°, sonst 90°) | kein Absinken binnen 10 sek | 0 |
| | Absinken binnen 10 sek | 1 |
| | kein Heben gegen Schwerkraft | 2 |
| Beinmotorik „Strecken Sie die Beine vor und halten diese“ (immer im Liegen 30°) | kein Absinken binnen 5 sek | 0 |
| | Absinken binnen 5 sek | 1 |
| | kein Heben gegen Schwerkraft | 2 |
| Kopf- und Augenstellung | normal | 0 |
| | Deviation Augen oder Kopf | 1 |
| Aphasie: Bei Parese rechts „Schließen Sie Ihre Augen“ und „Machen Sie eine Faust“ | normal, beide Befehle ausgeführt | 0 |
| | ein Befehl ausgeführt | 1 |
| | kein Befehl ausgeführt | 2 |
| Agnosie: Bei Parese links „Wessen Arm ist das?“ und „Können Sie diesen Arm normal bewegen?“ | erkennt Arm mit seiner Einschränkung | 0 |
| | erkennt Arm oder Einschränkung nicht | 1 |
| | erkennt Arm und Einschränkung nicht | 2 |

Tabelle 2

Verkürzter National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) für den Rettungsdienst zur Schlaganfallerkennung und Schweregradbestimmung (modifiziert nach [5]).

| Untersuchungszeitpunkt (Uhrzeit): | | : | Uhr | |
|--|--|---|-----------|----|
| sNIHSS-EMS | | | Punktwert | |
| Bewusstseinszustand (0–3 Punkte) | | | | |
| Gesichtslähmung (0–3 Punkte) | | | | |
| Motorik Arme (0–4 Punkte) | | | re | li |
| Motorik Beine (0–4 Punkte) | | | re | li |
| Sensibilitätsstörungen (0–2 Punkte) | | | | |
| Verwaschene Sprache (Dysarthrie) (0–2 Punkte) | | | | |
| Summe | | | | |
| Bewusstseinszustand: 0 = wach, 1 = durch Ansprache erweckbar, 2 = durch Schmerzreiz erweckbar, 3 = Koma. | | | | |
| Gesichtslähmung: 0 = normal, 1 = leicht hängender Mundwinkel, 2 = deutlich hängender Mundwinkel, 3 = komplette einseitige Gesichtslähmung (inklusive Stirn) oder beidseitige Lähmung. | | | | |
| Motorik: 0 = normal (kein Absinken der Arme für 10 s, Beine 5 s), 1 = Absinken, Unterlage wird nicht berührt, 2 = Absinken auf Unterlage, 3 = Anheben nicht möglich, 4 = keine Bewegung, x = nicht beurteilbar bei Amputation/Fraktur. | | | | |
| Sensibilitätsstörung: 0 = normal, 1 = leichte Sensibilitätsstörung, 2 = Berührung wird kaum/nicht wahrgenommen, | | | | |
| Sprachstörung (Aphasie): 0 = normal, 1 = leichte Wortfindungsstörungen und/oder leichte Sprachverständnisstörung, 2 = „Kauderwelsch“, häufiges Nachfragen nötig und/oder Sprachverständnis eingeschränkt, 3 = keine verwendbare Sprachproduktion oder kein Sprachverständnis, x = nicht beurteilbar bei Sprachbarriere/Taubheit und kein (Gebärden-)Dolmetscher anwesend. | | | | |
| Verwaschenes Sprechen (Dysarthrie): 0 = normal, 1 = leicht verwaschen, 2 = kaum verständlich oder keine Sprachproduktion, x = bei Intubation/mechanischer Behinderung. | | | | |
| Interpretation: Bei ≥ 1 Punkt: Verdacht auf Schlaganfallsyndrom. Bei ≥ 6 Punkten: Verdacht auf schweres Schlaganfallsyndrom (Thrombektomiezentrum). | | | | |

sNIHSS-EMS: shortened NIH Stroke Scale for Emergency Medical Service.

Die in einzelnen Regionen eingesetzten **Stroke-Einsatz-Mobile** (STEMO) verfügen über einen fahrbaren Computertomografen [14]. Aufgrund der Besonderheit dieser Einsatzmittel sind diese nicht flächendeckend verfügbar und bislang nur in regional begrenzten Studienprojekten eingesetzt. Die bildmorphologische Diskriminierung zwischen ischämischem und hämorrhagischem Schlaganfall bleibt daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Domäne der innerklinischen Akut- und Notfallmedizin.

Differentialdiagnose Schlaganfall: „Stroke Mimics“ und „Stroke Chameleons“

Die differentialdiagnostische Einschätzung **schlaganfallverdächtiger Symptome** stellt insbesondere in der prähospitalen Versorgung eine Herausforderung dar. Es gibt zahlreiche Krankheitsbilder, die sich als Schlaganfall präsentieren, jedoch andere Ursachen haben (sog. **Stroke Mimics**, Tab. 3). Zudem gibt es mannigfaltige Symptome, die zunächst nicht direkt an einen Schlaganfall denken lassen, obwohl ein solcher vorliegt (sog. **Stroke Chameleons**). Liegen der

Tabelle 3

Stroke Mimics (modifiziert nach [15]).

| Stroke Mimic | Klinischer Untersuchungsbefund |
|-------------------------------------|--|
| Zerebrale Störungen | |
| Epileptischer Anfall | Zungenbiss, Urin- oder Stuhlabgang, psychomotorische Unruhe, Bewusstlosigkeit bei Symptombeginn, Epilepsie in der Vorgeschichte, Todd'sche-Parese (kontralaterale postiktale Parese nach epileptischen Anfällen) |
| Migräneaura | Migräneanamnese, bekannte familiäre hemiplegische Migräne, langsame Entwicklung und/oder Ausbreitung der negativen/positiven Symptomatik über mehrere Minuten |
| Funktionelle/dissoziative Störungen | Inkonsistenz der Ausfälle, Wechselinnervationen, aufgabenabhängige Parese, Stress oder Depression in der Anamnese, positives Hoover-Zeichen |
| Intrakranielle Raumforderung | Eher langsam progrediente Ausfälle, Tumoranamnese, B-Symptome, fehlende Zuordnung zur Gefäßversorgung |
| Hirnnervenausfälle | |
| Periphere Faszialisparese | Stirnrunzeln und Augenschließen der betroffenen Seite nicht möglich |
| Vestibulopathien | Gehen trotz Schwindel möglich, positiver Kopfpulstest, HINTS-Test negativ |
| Metabolische Störungen | |
| Hypo-/Hyperglykämie | Immer Blutzuckerbestimmung |
| Hyponatriämie | Übelkeit, Erbrechen, Verwirrtheit, bis hin zur schweren Vigilanzminderung, Anamnese |
| AZ-Verschlechterung | |
| Exsikkose | Stehende Hautfalten, trockene Schleimhäute |
| Infekt, Sepsis | Anamnese, Fieber, qSOFA-Score, Meningismus |
| Pseudolähmungen | |
| Orthopädische Ursachen | Anamnese, Schmerzen im betroffenen Bereich |

AZ: Allgemeinzustand; qSOFA: quick Sepsis Related Organ Failure Assessment.

Leitstelle nur die am Telefon gemeldeten Daten vor, liegt die Rate von Stroke Mimics und Stroke Chameleons bei jeweils ca. 50 %. Nach Einschätzung durch das Rettungsdienstpersonal vor Ort sinkt diese auf ca. 30 % für Stroke Mimics und 40 % für Stroke Chameleons und innerklinisch nach gezielter Anamnese und rein klinischer Einschätzung durch das Notaufnahmepersonal bei 15 % für Stroke Mimics und 5–10 % für Stroke Chameleons. Nach Beurteilung durch Neurolog:innen einer zertifizierten Stroke Unit und erfolgter Bildgebung sinkt die Rate der Stroke Mimics und Stroke Chameleons sogar auf ca. 2–5 %. Die häufigsten Stroke Mimics umfassen dabei u. a. epileptische Anfälle, peripher vestibuläre Störungen, Migräne, Hirntumore und funktionelle Störungen. Andersherum stehen die Diagnosen epileptischer Anfall, Migräne, peripher vestibuläre Störungen und psychiatrische Erkrankungen auch auf der Liste der häufigsten Stroke Chameleons neben anderen Erkrankungen wie z. B. der Alkoholintoxikation und Exsikkose. Für die prähospitalen Schlaganfallversorgung bedeutet dies, dass im Wissen der Häufigkeiten von Stroke Mimics und Stroke Chameleons im Zweifel zunächst die Verdachtsdiagnose eines Schlaganfalls gestellt werden sollte, damit die korrekte zeitkritische Versorgung und Distribution in einem Krankenhaus mit zertifizierter Stroke Unit erfolgen kann [15].

Fallbeispiel (fortgesetzt): Das Rettungsdienstpersonal identifiziert korrekt ein führendes D-Problem: Die Patientin ist wach, desorientiert und der BEFAST-Test zeigt eine Sprachstörung sowie eine Lähmung der rechten Körperseite mit hängendem Mundwinkel. Der Test zur Einschätzung der Schlaganfallschwere sNIHSS-EMS ergibt 9 Punkte. Aufgrund des gestellten Verdachtes auf ein schweres Schlaganfallsyndrom entscheidet sich der Rettungsdienst für einen Transport in ein Krankenhaus mit Stroke Unit und Thrombektomiemöglichkeit. Bei stabilen Vitalparametern und einer Fahrtzeit von 20 Minuten wird nach

Etablierung eines intravenösen Zugangs und entsprechender Voranmeldung der Transport initiiert.

Versorgung von Schlaganfallpatient:innen im Rettungsdienst

Allgemeine Betrachtungen

Eine kausale Therapie des Schlaganfalls durch das Rettungsdienstfachpersonal ist wie bereits beschrieben ohne bildgebende Diagnostik nicht möglich.

Allerdings müssen relevante Differenzialdiagnosen ausgeschlossen werden, weshalb alle Patient:innen eine Bestimmung des Blutzuckers und der Temperatur im Rahmen des Primary Survey benötigen. Um eine Verschlechterung der Vigilanz im Verlauf zu erkennen, sollte ebenfalls der Glasgow Coma Scale (GCS) erfasst werden. Ein führendes Ziel der prähospitalen Versorgung ist die Optimierung des zeitlichen Ablaufs zwischen Eintreffen, Diagnosestellung und innerklinischem Therapiebeginn.

Eine prähospital Gabe von Antikoagulanzen oder Thrombozytenaggregationshemmern ist aufgrund der fehlenden Diskriminierungsmöglichkeit zwischen Ischämie und Hämorrhagie grundsätzlich kontraindiziert.

Supportive Therapie

Prähospital Maßnahmen, die neben dem Fokus des schnellstmöglichen Transportes in eine geeignete Klinik leitliniengerecht erfolgen sollten, umfassen folgende Punkte (Tab. 4, Abb. 1):

- Sicherstellung eines freien Atemwegs
- ausreichende Sauerstoffversorgung
- Vermeidung einer Hypo- und Hypertonie
- Ausgleich einer Hypoglykämie
- Wärmerhalt und Fiebervermeidung

Akute Blutdrucktherapie

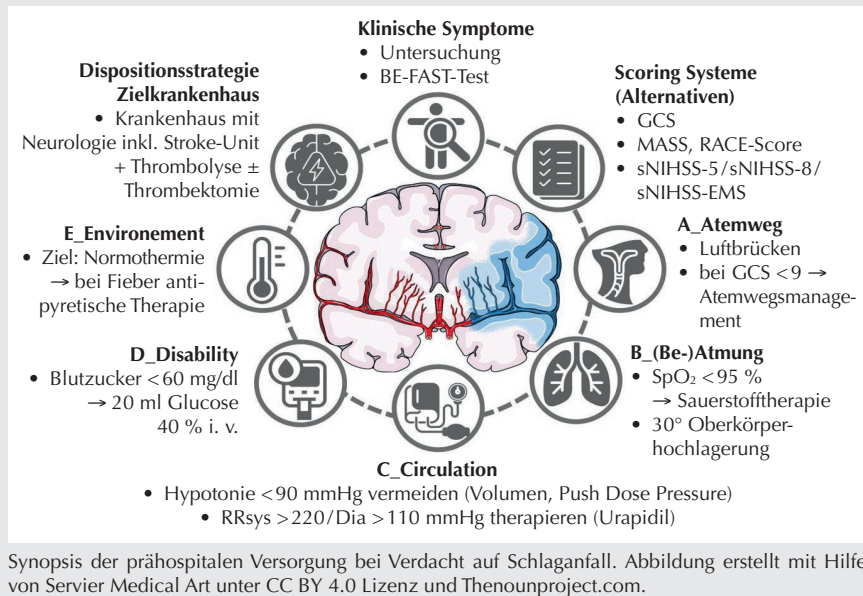
Die aktuelle Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Neurologie zur Akuttherapie des Blutdrucks bei Patient:innen mit ischämischen Schlaganfall besteht ab Blutdruckwerten von ≥ 220 mmHg systolisch oder von ≥ 120 mmHg diastolisch, wobei der Blutdruck in den ersten 24 Stunden um nicht mehr als 25 % des Ausgangswerts gesenkt werden soll

Tabelle 4
Prähospital Management nach dem ABCDE-Schema beim akuten Schlaganfall (modifiziert nach [2]).

| | | |
|---|---|---|
| A | Freimachen der Atemwege, bei GCS <9 oder progredienter Vigilanzminderung → Atemwegssicherung | Primärer Fokus ist stets der zügige Transport in Zielklinik |
| B | pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung (SpO ₂) <95 % → Gabe von Sauerstoff | |
| C | Hypotonie: Blutdruck systolisch <110 mmHg → Volumenbolus (balancierte kristalloide Infusionslösung), bei fehlendem Erfolg gegebenenfalls Katecholamingabe (z. B. Push Dose Pressor) | |
| | Hypertonie: Blutdruck systolisch ≥ 220 mmHg/diastolisch ≥ 120 mmHg → Blutdrucksenkung mit Urapidil | |
| | Anlage eines intravenösen Zugangs (möglichst nichtparetischer Arm) und ohne relevante Zeitverzögerung, wenn Medikamentengabe notwendig. Intramuskuläre Gaben sind kontraindiziert. | |
| D | Blutzuckermessung: bei Blutzuckerwerten <60 mg/dl → Gabe von Glucose 40 % 20 ml intravenös | |
| E | Normothermie, bei Temperaturerhöhung (>37,5 °C) → Gabe von antipyretischen Substanzen erwägen (z. B. Paracetamol/Metamizol) | |
| | Insbesondere bei Vigilanzminderung Lagerung des Patienten/der Patientin: 30° Oberkörperhochlagerung mit Neutralposition des Kopfes, um venösen Abfluss zu begünstigen | |

GCS: Glasgow Coma Scale.

Abbildung 1



[2]. Beobachtungsstudien ergaben, dass sowohl zu hohe (>180 mmHg) als auch zu niedrige systolische Blutdruckwerte (<140 mmHg) mit einem schlechteren Behandlungsergebnis assoziiert waren [16]. Weitere Argumente für eine frühere Blutdrucksenkung sind die obere Blutdruckgrenze von 180/105 mmHg im Falle der innerklinischen Einleitung einer Thrombolyse sowie das bessere klinische Behandlungsergebnis von Patient:innen mit einer intrazerebralen Blutung bei rascher Blutdrucksenkung [17].

Für eine frühe prähospitaler Blutdrucksenkung auf Werte <180 mmHg gibt es keinen in randomisierten Studien belegten Nutzen. Ausschließlich für intrakranielle Blutungen und eine Subarachnoidalblutung konnte ein solcher Nutzen belegt werden. Dies kann aber im prähospitalen Setting nicht unterschieden werden, weshalb eine aggressivere Senkung vermieden werden sollte. Das Mittel der Wahl zur Blutdrucksenkung ist Urapidil. Nitrathaltige Präparate werden nicht empfohlen.

Zusätzliche Patienteninformationen

Da der Rettungs- und Notarzteinsatz die prähospitalen Augen und Hände der weiterführenden innerklinischen Notfallmedizin sind, ist es für die rasche innerklinischen Diagnostik und Therapie von essenzieller Bedeutung, dass sowohl ein **verfügbarer Medikamentenplan** inkl. der Angabe möglicher Allergien als auch die **Kontaktnummern von Angehörigen** in die Notaufnahme mitgenommen werden. Elementar wichtig für die weitere Therapie ist ebenfalls der **Beginn der Symptome**. Wenn dieser Zeitpunkt nicht zu eruieren ist, sollte ermittelt werden, wann der/die Patient:in das letzte Mal beschwerdefrei gesehen wurde (**last seen normal / well**). Weiterhin sind bestehende **Vorerkrankungen** zum Ausschluss möglicher Kontraindikationen einer Thrombolysetherapie von relevanter Bedeutung. Hierbei sind insbesondere die Einnahme von Antikoagulantien (z. B. aufgrund von Vorhofflimmern), aktive Malignomkrankungen oder schwere Unfälle mit Frakturen, große Operationen oder klinisch relevante Blutungen (z. B. gastrointestinal, gynäkologisch oder urologisch) in den letzten zwei Wochen zu erfragen.

Dispositionsstrategie

Im Rahmen der Notrufabfrage wird in Deutschland weitestgehend durch die Leitstellen ein **spezifischer Schlaganfall-Score** (zumeist das FAST-Schema) abgefragt. Eine Umfrage unter den Ärztlichen Leiter:innen Rettungsdienst (ÄLRD) ergab, dass 62 % der Leitstellen primär bei einem **Verdacht auf Schlaganfall/Apoplex** kein arztbesetztes Rettungsmittel (z. B. Notarzteinsatzfahrzeug, Rettungshubschrauber) zur Einsatzstelle disponieren [18]. Mit 93 % gaben fast alle teilnehmenden ÄLRD an, eine Standardvorgehensweise (SOP) zur prähospitalen Schlaganfallversorgung vorgegeben zu haben. Der Großteil der angegebenen SOP berücksichtigte den Symptombeginn und die -schwere als Kriterien für eine Anpassung der prähospitalen Versorgung. Auffällig war, dass alle teilnehmenden ÄLRD ein Zeitfenster von 6 Stunden seit Symptombeginn als Entscheidungsgrundlage für eine veränderte Versorgung vorgaben. Ein Notarzteinsatzfahrzeug sollte primär bei kreislaufunstablem Patient:innen oder dem Vorliegen eines behandlungsbedürftigen A–C-Problems disponiert bzw. durch das Rettungsdienstfachpersonal nachgefordert werden.

Nur etwa 10 % der Schlaganfallpatient:innen sind akut vital bedroht.

Vor diesem Hintergrund könnte zukünftig der Einsatz von **Telenotarztssystemen** zu einer Reduktion der Notarzteinsätze im Bereich der Schlaganfallversorgung führen. Letztlich gibt es auch regionale Projekte mit **Teleneurolog:innen**, welche sowohl den Partnerkliniken als auch telefonisch für das Rettungsdienstfachpersonal zur Verfügung stehen. Ein Beispiel für eine hervorragende Umsetzung ist das **Stockholm-Stroke-Triage-Projekt**, bei dem unter Einbindung einer Teleneurologie eine Verbesserung der Schlaganfallversorgung nachgewiesen werden konnte [19]. Keine dieser Optionen darf aber aufgrund der fehlenden vitalen Gefährdung zu einem Zeitverlust führen.

Auswahl der geeigneten Zielklinik

Grundsätzlich sollen alle Patient:innen mit einem akuten Schlaganfall beziehungsweise einer TIA in eine Notaufnahme eines **Krankenhauses mit Stroke Unit** gebracht werden. Allerdings ist bei Patient:innen mit LVO die alleinige Thrombolyse nur in etwa 10–20 % der Fälle effektiv, so dass diese eine Versorgung in einem Zentrum mit Thrombektomie benötigen. Hierbei gibt es daher unterschiedliche Strategien:

- Bei der sog. **Mothership-Strategie** werden die Patient:innen mit dem Verdacht auf eine LVO direkt in einem Thrombektomiezentrum vorgestellt, auch wenn potentiell nähergelegene Stroke Units hierbei nicht angefahren werden und eine längere Fahrtzeit in Kauf genommen wird.
- Bei der sog. **Drip-and-ship-Strategie** wird das nächstgelegene Krankenhaus mit Stroke Unit angefahren, damit, insofern möglich, bereits dort eine iv-Lyse begonnen werden kann, und dann erfolgt die Verlegung zur Thrombektomie [20].
- Eine dritte Alternative ist die sog. **Drip-and-drive-Strategie**, bei der die Neurointerventionalist:innen in das Krankenhaus gebracht werden, zu dem auch der/die Patient:in transportiert wurde. Dieses Modell wurde u. a. bereits in Südbayern etabliert [21].

Daten aus prospektiven, randomisierten Studien über den Vorteil eines Zuweisungskonzepts gibt es in Deutschland bislang jedoch nicht. Auch ist die Verlängerung des Fahrtweges, ab der das Drip-and-ship-Modell einen Vorteil gegenüber dem Mothership-Modell aufweist, nicht klar; die Leitlinie empfiehlt hier 30–45 min [2]. Ebenfalls würde die Vorstellung aller Patient:innen mit Verdacht auf einen Schlaganfall zu einer Überlastung der am Thrombektomiezentrum liegenden Notaufnahme führen, weshalb lokale Protokolle und Verfahren etabliert werden müssen, um die optimale Strategie vor Ort zu entwickeln.

Übergabe SINNHAF

Neben einer strukturierten Anamnese ist auch die **vollständige Weitergabe aller relevanten Informationen** zu den Patient:innen im Bereich der Nahtstelle Rettungsdienst/Notaufnahme für die weitere Therapieplanung entscheidend. Negative Folgen einer unstrukturierten Übergabe sind eine Gefährdung der Patientensicherheit sowie darüber hinaus sinkende Mitarbeiterzufriedenheit und Verschlechterung von Teamwork, Effizienz und Informationsfluss. Eine etablierte standardisierte Übergabe ist die Übergabe nach der Merkhilfe **SINNHAF**, welche in einem Delphi-Verfahren entwickelt wurde [22].

- **Start:** RUHE! Bereit für die Übergabe? Face-to-Face-Kommunikation!
- **Identifikation:** Geschlecht, Nachname und Alter
- **Notfallereignis:** Was? (Leitsymptom/Verdachtsdiagnose)/Wie? (Ursache)/Wann? (Zeitpunkt des Ereignisses)/optional: Wo/Woher? (Ort/Auffindesituation)
- **Notfallpriorität:** anhand des ABCDE-Schemas mit pathologischen Untersuchungsbefunden und pathologischen Vitalparametern
- **Handlungen:** Maßnahme, Dosis/Umfang/Zeitpunkt, Wirkung, falls zutreffend bewusst unterlassene Handlungen
- **Anamnese:** Allergien, Medikation, Vorerkrankungen, Infektion, Soziales/Organisatorisches, Besonderheiten
- **Fazit:** Wiederholung durch das aufnehmende Personal: Identifikation, Notfallereignis, Notfallpriorität (ohne Vitalparameter) gekoppelt an die Handlung (ohne Wirkung)
- **Teamfragen:** Möglichkeit für zusätzliche wesentliche Fragen von dem aufnehmenden Personal

Innerklinische Therapie

Thrombolyse vs. mechanische Thrombektomie

Die spezifische Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls besteht abhängig von den jeweiligen patientenspezifischen

und bildgebenden Kriterien in der Rekanalisation eines verschlossenen hirnversorgenden Gefäßes mittels Thrombolyse und/oder endovaskuläre Therapie (EVT) durch eine mechanische Thrombektomie. Je früher die innerklinische Thrombolyse/Thrombektomie erfolgt, desto größer ist der Behandlungseffekt und die Chance zur Vermeidung von bleibenden neurologischen Defiziten wird erhöht. Ohne eine Rekanalisierungstherapie gehen rund 1,9 Millionen Neuronen und 14 Milliarden Synapsen pro Minute zugrunde [23].

Ziel der Rekanalisierungstherapie ist der Erhalt der sog. Penumbra, dem gefährdeten Bereich angrenzend an die Ischämie, der bei rascher Verbesserung der Durchblutung die Fähigkeit besitzt, sich zu erholen.

Sobald Patient:innen mit dem Verdacht auf einen Schlaganfall die Notaufnahme erreichen, erfolgt eine **fokussierte Anamnese** (Erfassung des Zeitfensters seit Symptombeginn, Vorerkrankungen/Kontraindikationen für Thrombolysetherapie, aktuelle Medikation, Ausschlussgründe für Stroke Mimics) und eine gezielte **neurologische Untersuchung** mit Bestimmung des NIHSS. Direkt im Anschluss erfolgt eine **zerebrale Bildgebung**. Hierbei handelt es sich meistens um eine Computertomografie mit Darstellung der arteriellen Gefäße und einer Perfusionsbildgebung. In besonderen Fällen kann eine primäre Bildgebung mittels Magnetresonanztomografie notwendig sein, z. B. bei unbekanntem Zeitfenster.

Nach Ausschluss von Kontraindikationen wird die **systemische intravenöse Thrombolyse** durchgeführt, routinemäßig in einem Zeitfenster von 4,5 Stunden nach Symptombeginn bei noch nicht demarkierten Infarkten oder bei lediglich diskreten Demarkierungen mit relevantem Mismatch in der Perfusionsbildgebung und alltagsrelevanten neurologischen Defiziten. In Sonderfällen kann ein erweitertes Zeitfenster bis 9 Stunden genutzt werden [24].

Um eine optimale Versorgung der Patient:innen zu gewährleisten, sollte die **Door-to-needle-Zeit** (Zeit vom Eintreffen der Patient:innen bis zur Erstapplikation des Fibrinolytikums) <30 min liegen. Das Fibrinolytikum der Wahl ist **Alteplase**, hierbei liegt die Dosierung bei 0,9 mg/kg mit einer Maximaldosis von 90 mg. Hiervon sollen 10 % der Gesamtdosis als Bolus über die Dauer von 1 Minute gegeben werden, die Restdosis wird über einen Zeitraum von 1 Stunde appliziert.

Eine **Indikationsprüfung für eine Thrombektomie** sollte bei **proximalen Gefäßverschlüssen** (z. B. Verschluss der A. carotis communis, der A. Carotis interna, des M1- oder des proximalen M2-Segments der A. cerebri media bzw. der A. basilaris) in einem **Zeitfenster** <6 Stunden erfolgen. In Sonderfällen kann eine Thrombektomie im erweiterten Zeitfenster von 6–24 Stunden erfolgen [25–27]. Im Zeitfenster <4,5 Stunden nach Symptombeginn erfolgt bei Thrombektomieindikation meist zunächst eine Thrombolyse zum Überbrücken des Zeitfensters bis zur Thrombektomie. Dies gilt sowohl, falls für die Durchführung der Thrombektomie eine Verlegung in ein anderes Krankenhaus notwendig ist, als auch bei Thrombektomiekapazitäten vor Ort, da auch hier bei kürzesten Wegen die Vorbereitung und Durchführung der Thrombektomie eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Ziel ist hier eine **door-to-groin-puncture-time** (Zeit vom Eintreffen bis Zeit zur Leistenpunktion) von <60 min.

Fallbeispiel (fortgesetzt): Die Patientin wird nach entsprechender Voranmeldung in der Notaufnahme der Zielklinik vorgestellt. Im nicht traumatischen Schockraum erfolgt eine standardisierte Übergabe nach dem SINNHAF-Konzept. Nach gezielter neurologischer Untersuchung mit Bestimmung des NIHSS wird eine Computertomografie mit Darstellung der arteriellen Gefäße inklusive Perfusionen bildgebung angeschlossen. Es zeigt sich ein Verschluss der Arteria cerebri media. Bei fehlenden Kontra-

indikationen wird eine Lysetherapie begonnen und schnellstmöglich die Thrombektomie durchgeführt. Nach einem anschließenden stationären Aufenthalt auf der Stroke Unit kann die Patientin ohne wesentliche Residuen in die neurologische Frührehabilitation entlassen werden.

Sekundärverlegung

Wird die Verlegung von Patient:innen mit Schlaganfall z. B. im Rahmen der Drip-and-ship-Strategie in ein weiterbehandelndes Thrombektomiezentrum notwendig, so ist auch dieser **Sekundäreinsatz** als **zeitkritisch** zu behandeln. Dies gilt ebenfalls bei Komplikationen im Rahmen einer Sekundärverlegung (z. B. (Thrombolyse-assoziiertes) Angioödem, Krampfanfall, hypertensive Entgleisungen). In einem Statement der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft e. V. (DSG) wird jedoch betont, dass bei ausgewählten, anderweitig stabilen Patient:innen ein Sekundärtransport unter Lysetherapie unter Umständen auch durch geschultes Rettungsdienstfachpersonal ohne (Not-)Arztbegleitung erfolgen kann [5].

Literatur

1. GBD Lifetime Risk of Stroke Collaborators: Global, Regional, and Country-Specific Lifetime Risks of Stroke, 1990 and 2016. *N Engl J Med* 2018;379: 2429–2437
2. Ringleb PA, Köhrmann M: S2e-Leitlinie: Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls. *DGNeurologie* 2022;5:17–39
3. Landesbetrieb IT.NRW Statistik und IT-Dienstleistungen: NRW: 3,4 Prozent mehr Todesfälle durch Schlaganfall im Jahr 2022. <https://www.it.nrw/nrw-34-prozent-mehr-todesfaelle-durch-schlaganfall-im-jahr-2022-126315> (Zugriffsdatum: 05.09.2024)
4. Zhao H, Smith K, Bernard S, Stephenson M, Ma H, Chandra RV, et al: Utility of Severity-Based Prehospital Triage for Endovascular Thrombectomy: ACT-FAST Validation Study. *Stroke* 2021;52:70–79
5. Berberich A, Podasca C, Urbanek C, Nagel S, Purrucker J: Prähospital Diagnostik und Therapie des akuten Schlaganfalls. *Notfall Rettungsmed* 2024;27:153–163
6. Eckardt L, Deneke T, Diener HC, Hindricks G, Hoffmeister HM, Hohnloser SH et al: Kommentar zu den 2016 Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) zum Management von Vorhofflimmern. *Kardiologie* 2017;11:193–204
7. O'Donnell MJ, Xavier D, Liu L, Zhang H, Chin SL, Rao-Melacini P, et al: Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *Lancet* 2010; 376:112–123
8. Erbguth F: Schlaganfall-Akuttherapie im Alter. *Med Klin Intensivmed Notfallmed* 2020;115:351–366
9. Amin HP, Madsen TE, Bravata DM, Wira CR, Johnston SC, Ashcraft S, et al: Diagnosis, Workup, Risk Reduction of Transient Ischemic Attack in the Emergency Department Setting: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Stroke* 2023;54: e109–e121
10. Mellon L, Doyle F, Williams D, Brewer L, Hall P, Hickey A: Patient behaviour at the time of stroke onset: a cross-sectional survey of patient response to stroke symptoms. *Emerg Med J* 2016;33:396–402
11. Carrera D, Campbell BC, Cortés J, Gorchs M, Querol M, Jiménez X, et al: Predictive Value of Modifications of the Prehospital Rapid Arterial Occlusion Evaluation Scale for Large Vessel Occlusion in Patients with Acute Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2017;26:74–77
12. Heldner MR, Hsieh K, Broeg-Morway A, Mordasini P, Bühlmann M, Jung S, et al: Clinical prediction of large vessel occlusion in anterior circulation stroke: mission impossible? *J Neurol* 2016;263:1633–1640
13. Purrucker JC, Hametner C, Engelbrecht A, Bruckner T, Popp E, Poli S: Comparison of stroke recognition and stroke severity scores for stroke detection in a single cohort. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2015;86:1021–1028
14. Audebert H: Innovative Projekte in der Schlaganfallmedizin. *Notfallmedizin* up2date 2022;17:443–456
15. Erbguth F: Stroke Mimics und Stroke Chamäleons – Differenzialdiagnose des Schlaganfalls. *Fortschr Neurol Psychiatr* 2017;85:747–764
16. Bangalore S, Schwamm L, Smith EE, Hellkamp AS, Suter RE, Xian Y, et al: Blood pressure and in-hospital outcomes in patients presenting with ischaemic stroke. *Eur Heart J* 2017;38:2827–2835
17. Ma L, Hu X, Song L, Chen X, Ouyang M, Billot L, et al: The third Intensive Care

Review Articles

Medical Education

- Bundle with Blood Pressure Reduction in Acute Cerebral Haemorrhage Trial (INTERACT3): an international, stepped wedge cluster randomised controlled trial. *Lancet* 2023;402:27–40
18. Lier M, Euler M, Roessler M, Liman J, Goericke MB, Baubin M, et al: Praxis der präklinischen Schlaganfallversorgung im deutschsprachigen Raum. *Notf Rett Med* 2024;27:195–203
 19. Mazy MV, Berglund A, Ahmed N, von Euler M, Holmin S, Laska AC, et al: Implementation of a Prehospital Stroke Triage System Using Symptom Severity and Teleconsultation in the Stockholm Stroke Triage Study. *JAMA Neurol* 2020;77:691–699
 20. Fassbender K, Walter S, Grunwald IQ, Merzou F, Mathur S, Lesmeister M, et al: Prehospital stroke management in the thrombectomy era. *Lancet Neurol* 2020;19:601–610
 21. Hubert GJ, Hubert ND, Maegerlein C, Kraus F, Wiestler H, Müller-Barna P, et al: Association Between Use of a Flying Intervention Team vs Patient interhospital Transfer and Time to endovascular Thrombectomy Among Patients With Acute Ischemic Stroke In Nonurban Germany. *JAMA* 2022;327:1795–1805
 22. Gräff I, Ehlers P, Schachers S: SINNHAF – die Merkhilfe für die standardisierte Übergabe in der zentralen Notaufnahme. *Notf Rett Med* 2024;27:19–24
 23. Saver JL: Time is brain – quantified. *Stroke* 2006;37:263–266
 24. Schartz D, Singh R, Ellens N, Akkipeddi SMK, Houk C, Bhalla T, et al: Endovascular therapy versus medical management for ischemic stroke presenting beyond 24 hours: Systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg* 2024;244:108415
 25. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, Bonafe A, Budzik RF, Bhuva P, et al: Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. *N Engl J Med* 2018;378:11–21
 26. Albers GW, Marks MP, Kemp S, Christensen S, Tsai JP, Ortega-Gutierrez S, et al: Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging. *N Engl J Med* 2018;378:708–718
 27. Sarraj A, Hassan AE, Abraham MG, Ortega-Gutierrez S, Kasner SE, Hussain MS, et al: Trial of Endovascular Thrombectomy for Large Ischemic Strokes. *N Engl J Med* 2023;388:1259–1271.

Korrespondenz-
adresse

**Prof. Dr. med.
Michael Bernhard,
MHBA**

Zentrale Notaufnahme
Universitätsklinikum Düsseldorf
Heinrich-Heine-Universität
Moorenstraße 5
40225 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: 0211 8107749

E-Mail: michael.bernhard@
med.uni-duesseldorf.de

ORCID-ID: 0000-0003-1179-7943