

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR NEUROLOGIE
PROF. DR. MED. RALF LINKER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**PRÄHOSPITALE SCHLAGANFALLDIAGNOSTIK
- EIN SCHLAGANFALLAUSBILDUNGSPROGRAMM MIT TRANSKRANIELLER
ULTRASCHALLDIAGNOSTIK**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Mustafa Kilic

2020

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR NEUROLOGIE
PROF. DR. MED. RALF LINKER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**PRÄHOSPITALE SCHLAGANFALLDIAGBOSTIK
- EIN SCHLAGANFALLAUSBILDUNGSPROGRAMM MIT TRANSKRANIELLER
ULTRASCHALLDIAGNOSTIK**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Mustafa Kilic

2020

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter: Prof. Dr. Felix Schlachetzki
2. Berichterstatter: PD Dr. med. M. Zimmermann
Tag der mündlichen Prüfung 18.01.2021

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Ziel.....	6
3.	Methoden.....	6
3.1	Ethik und Studiendesign	6
3.2	Studienpopulation.....	6
3.3	Zeitleiste	7
3.4	Transkranielle farbkodierte Sonographie	8
3.5	Leistungsüberprüfung	9
3.6	Statistische Auswertung	9
4.	Ergebnisse.....	10
5.	Diskussion	12
6.	Zusammenfassung	16
7.	Anhang	18
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	18
7.1.1	Timeline	18
7.2	Abkürzungen	21
7.3	Zusatzmaterial	22
7.4	Lehrinhalte und Strukturierung der Ausbildung.....	25
7.5	Progress Test	26
7.5.1	Schweigepflicht.....	26

7.5.2 Fragen	27
7.5.2 Laufkarte.....	41
8. Literaturverzeichnis.....	42
Eidesstattliche Erklärung	48

1. Einleitung

Das frühzeitige Erkennen akuter Schlaganfallsymptome und die Zeit bis zum Absetzen des Notrufs, sind nach wie vor die wichtigsten limitierenden Faktoren für eine effektive und zeitnahe Behandlung bei einem akuten Schlaganfall (1). Weitere präklinische Verzögerungen wie die Zeit vom Notruf bis zur Ankunft der Rettungskräfte, die Zeit vor Ort und der Transport zum Krankenhaus tragen mit einer geschätzten Zeitverzögerung von 25 bis 50 Minuten zusätzlich dazu bei, dass die adäquate Versorgung des Patienten, zusätzlich verlängert wird. Vor allem in ländlichen Gebieten ist dies ein entscheidendes Problem (2),(3),(4). Darüber hinaus ist bei einigen Schlaganfallätiologien, insbesondere dem intrakraniellen Gefäßverschluss (LVO), eine spezielle neuro-interventionelle Versorgung in neurovaskulären Zentren erforderlich. Hier führen etwaige Sekundärtransporte zu weiteren, teils unnötigen Zeitverlusten. Durch eine genauere, bereits präklinisch stattfindende, Triage kann die adäquate Versorgung des Patienten positiv beeinflusst werden.

Um die prähospitale Schlaganfallbehandlung zu verbessern, wurden spezielle Scoring Instrumente wie Los Angeles Motor Scale (LAMS), Cincinnati Prehospital Stroke Scale (CPSS), Face-Arm-Speech-Time (FAST), Melbourne ambulance stroke screen (MASS), Los Angeles prehospital stroke screen (LAPSS), Prehospital Acute Stroke Severity Scale (PASS), Field Assessment Stroke Triage for Emergency Destination (FAST-ED), Rapid arterial occlusion evaluation (RACE) entwickelt. Diese sollten den Sanitätern und Notärzten helfen, Schlaganfallmimiken von echten Schlaganfällen zu unterscheiden. Die meisten dieser Scores wurden jedoch nicht vor Ort durch Rettungssanitäter oder Notärzte angewendet, sondern erst nach Ankunft auf einer Stroke Uni oder nach Ausschluss von Hirnblutungen und durch National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) -geschulte Ärzte und Neurologen. Somit waren diese Skalen für die prähospitale Selektion von Schlaganfallpatienten unzureichend (5),(6), (7),(8),(9),(10),(11),(12) und zeigten einen entscheidenden Selektionsbias (13).

In einer kürzlich durchgeführten Studie mit 94 Patienten führte der LAMS, als einer der wenigen Scores, die von Rettungssanitätern vor Ort angewendet wurden, in 76% der Fälle zu einer Diagnose eines akuten ischämischen Schlaganfalls. Im Rahmen dieser Studie zeigte sich auch ein überraschend hoher Anteil von Patienten mit LVO (48%) und Nicht-LVO (28%), sowie einer intracerebraler Blutung (ICH) in 19%. Schlaganfallmimiks machten mit 5% den kleinsten Teil des Kollektivs aus. In einer weiteren Studie

wurde die Vorhersagesicherheit von LAMS mit dem cCT auf einer Mobile Stroke Unit (MSU) in Bezug auf eine LVO verglichen. Hierbei zeigte sich in 70% der präsentierten Patienten eine korrekte Triage-Entscheidung für die LVO-Embolektomie durch die LAMS, verglichen mit 100% bei der MSU (14),(15).

Insgesamt zeigte sich jedoch keine Skala allein in der Lage mit hoher Sensitivität und Spezifität einen LVO vorherzusagen und die Umgehung einer primären Schlaganfallleidenschaft zu rechtfertigen. Der Einsatz von apparativen Untersuchungsmethoden könnten hier die Genauigkeit von Scoring-Systemen im prähospitalen Setting erhöhen - speziell in Bezug auf die Feststellung eines LVO oder Differenzierung zu einem hämorrhagischen Schlaganfall (16).

Im Rahmen unserer Studie entschieden wir uns für die Verwendung des Face-Arm-Speech-Time- Score (FAST-Score), da dieser bereits aktuell in Deutschland von Rettungskräften im prähospitalen Bereich eingesetzt wird (17),(18),(19).

Einige der aktuellen Point-of-Care-Diagnostik (POC) in Bezug auf die präklinische Schlaganfalldiagnose und -differenzierung werden im Folgenden dargestellt.

Die Blutserumanalyse mittels der Bestimmung des glial fibrillary acidic protein (GFAP) im Serum ist in den letzten Jahren in der präklinischen Schlaganfallversorgung zunehmend in den Fokus gerückt. Allerdings ist diese Methode nur in Bezug auf die Differenzierung zwischen hämorrhagische vs. ischämischen Schlaganfällen geeignet (20),(21).

Durch eine präklinische Schnittbildgebung wie sie in MSUs möglich ist, kann eine intrazerebrale Blutung früh ausgeschlossen und eine präklinische Thrombolyse mit deutlich kürzeren symptom-to-needle Zeit, d.h. Zeit bis zum Beginn der Thrombolyse, durchgeführt werden. MSUs sind jedoch in ihrer Reichweite stark eingeschränkt und erfordern spezialisiertes Personal (22). Auch sind die hohen Anschaffungs- und Unterhaltskosten von ca. einer Million Euro pro Jahr Faktoren, die den breiten Einsatz limitieren (23).

Die Ultraschalldiagnostik zeigt sich hier als eine kostengünstige, bettseitig und wiederholt durchführbare, risikoarme und nicht-invasive Untersuchungsmethode, die den Nachweis eines LVO im vorderen Kreislauf erbringen kann. Sie ist jedoch untersucher-abhängig und erfordert eine gewisse Expertise (24).

Die Qualität und der Einsatz von POCUS-Geräten (Point-of-Care-Ultraschallgeräte) hat im Laufe der Jahre erheblich zugenommen. Sie wird bereits jetzt zur Beurteilung verschiedener prähospitaler Fragestellungen in Notfallsituationen, z.B. von Traumapatienten oder bei einer akuten Kreislaufinstabilität zur echokardiographischen Beurteilung eingesetzt (25),(26),(27),(28),(29). Eine frühere in unserer Klinik durchgeführte Studie mit transkraniellen, teils kontrastmittelunterstützter TCCS durch qualifizierte Neurologen vor Ort zeigte eine 90%ige Sensitivität und eine 98%ige Spezifität für die Identifizierung eines Verschlusses der mittleren Hirnarterie (middle cerebral artery occlusion, MCAO). Dies zeigt das große Potenzial für die Identifizierung eines LVO bei Schlaganfallpatienten mittels TCCS (30).

Weitere mögliche Befunde, wie eine Umkehrung des Flusses in der A. cerebri anterior, können auf eine kritische Stenose der A. carotis interna (ACI) hinweisen und so Aufschluss über eine mögliche Genese und Ätiologie der gebotenen Klinik geben. Auch mögliche therapeutische Entscheidungen und die Auswahl der geeignetsten Klinik kann durch eine TCCS beeinflusst werden. Zu Beispiel kann der Nachweis eines regelrechten Blutflusses in der TCCS bei initialem Verdacht einer LVO die Weiterversorgung entscheidend beeinflussen. Diese Patienten würden letztlich für eine interventionelle Embolektomie nicht in Frage kommen und könnten auch von einer ‚normalen‘ Stroke-Unit oder einer Klinik in einem telemedizinischen Netzwerk profitieren und müssten nicht in ein ggf. weiter entferntes Krankenhaus mit Interventionsmöglichkeit transportiert werden (31).

Der effektive Einsatz von POCUS erfordert jedoch ein schematisches Konzept für einen validierbaren und zielgerichteten diagnostischen Ansatz, d.h. eine linksseitige Hemiparese mit Blick nach rechts korreliert mit einer rechten MCAO. Ein derartiger kausaler Zusammenhang ist wichtig für einen schnellen und fokussierten Untersuchungsablauf ohne Zeitverzögerung und fußt auf einer adäquaten neuroanatomischen und pathophysiologischen Kenntnis. Dieses Wissen wird in keiner Schlaganfallskala abgebildet.

2. Ziel

Ziel unserer Studie war es, ein spezielles Schlaganfall-Ausbildungsprogramm für Rettungssanitäter einschließlich einer TCCS zu entwickeln. Hiermit wollten wir zeigen, dass durch ein spezifisches und fokussiertes Training und durch gezielten Einsatz eines POCUS ein LVO detektiert und hierdurch der Transport des Patienten in die bestmögliche Therapieeinheit gebahnt werden kann.

3. Methoden

3.1 Ethik und Studiendesign

Diese Studie wurde als prospektive edukativ-interventionelle Kohortenstudie konzipiert. Ziel war es, das neurologische Wissen insbesondere in Bezug auf die präklinische Versorgung des Patienten mit akutem Schlaganfall und den theoretischen und praktischen Umgang mit einem TCCS im präklinischen Setting zu vermitteln. Das Studienprotokoll wurde von der lokalen Ethikkommission an der Universität Regensburg gemäß der Erklärung von Helsinki (Ethikkommission Nr. 09/135) genehmigt.

3.2 Studienpopulation

Es konnten Teilnehmer des Malteser Rettungsdienstes Regensburg für diese Studie gewonnen werden. Den teilnehmenden Rettungssanitätern wurde ein siebenwöchiges, Ausbildungsprogramm angeboten. Im Rahmen dieser Ausbildung wurden verschiedene Themenschwerpunkte behandelt. Hierzu gehörten:

- Grundlagen der Neuroanatomie und neurovaskuläre Versorgung des Gehirns,
 - Pathophysiologie des Schlaganfalls
- Ätiologie, Symptome, Risikofaktoren
- Präklinisches Management des Schlaganfalls und die adäquate Dokumentation
- Anwendung von Scoring- und Schlaganfallskalen
 - Face-Arm-Speech-Test (FAST)
 - National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)
 - Glasgow Coma Scale (GCS)
- Grundlagen und Durchführung einer TCCS

Der Lehrplan und das gesamte Ausbildungskonzept basierten auf einem eLearning-Konzept mit einer eigens für die Ausbildung konzipierten, gesicherten eLearning-Plattform. Hintergrund hierfür war das Berufsbegleitende Setting, welches einen

Präsenzunterricht nicht ermöglichte. Der Kurs bestand aus einem theoretischen Teil mit vier Lehreinheiten und einem praktischen Seminar mit drei Unterrichtseinheiten. Letzteres diente zur Vertiefung des Wissens und der Verbesserung der praktischen Fähigkeiten. Um die Theorie mit praktischer Erfahrung zu verbinden, wurden Videos von Patienten, nach deren Einverständnis, sowie Videos einer strukturierten neurologischen Untersuchung an gesunden Freiwilligen zur Verfügung gestellt. Weiter wurden Videos von der Durchführung eines TCCS als klinische Beispiele aufgenommen. Literatur und aktuelle Artikel waren auch jederzeit abrufbar.

Durch die den Zugriff auf die eLearning Plattform war es den Teilnehmern möglich, ihren Lernplan individuell anzupassen. Sie konnten jederzeit und ohne zeitliche Begrenzung auf zusätzliche Literatur und Videos zugreifen. Die Ausbildung erfolgte berufsbegleitend, hierdurch konnten die Teilnehmer ohne Unterbrechung ihrer Arbeit nachgehen. Lediglich für die praktischen Übungen mussten sie von ihrer Arbeit freigestellt werden.

3.3 Zeitleiste

Der spezielle Lehrplan umfasste vier Tutorien mit webbasierten Vorlesungen zu vier verschiedenen Themen: Grundlagen der Neuroanatomie, Grundlagen der TCCS, Pathophysiologie des Schlaganfalls, präklinisches Schlaganfallmanagement und spezielle TCCS. Die Praxisseminare hatten einen zeitlichen Umfang von 45 Minuten. Im Rahmen der ersten Seminare erfolgte auch die Einführung in den TCCS und die Vermittlung einer standardisierten neurologischen Untersuchung zur Beurteilung von Schlaganfallpatienten, einschließlich des NIHSS und des FAST-Tests. Im abschließenden Hands-on-Seminar wurde der gesamte Ablauf (neurologische Untersuchung, FAST-Test, TCCS) unter Anleitung und auch in Bezug auf spezielle Fragestellungen, selbstständig durchgeführt.

Die Leistungsüberprüfung erfolgte durch einen Progress-Test mit 29 Fragen in vier Untergruppen zu den verschiedenen Vortragsthemen, welcher vor und nach der Ausbildung durchgeführt wurde. Innerhalb dieser Fragen befanden sich drei kurze Videos mit echten Schlaganfallpatienten, zu denen dann drei offene Fragen gestellt wurden. Schließlich mussten eine fokussierte neurologische Untersuchung, orientierend am FAST-Test und eine TCCS der Arteria cerebri media (Middle cerebral artery MCA) durchgeführt werden. Abb. 1 zeigt eine Skizze des Ausbildungsprogramms und der Tests. Zudem wurde nach jedem theoretischen Teil ein kurzer multiple choice Test

(MC Test) zur Leistungsüberprüfung durchgeführt. Zur Vertiefung der praktischen Inhalte wurde neben den Hands-on- Seminaren eine Laufkarte erstellt, hier mussten die Teilnehmer die Durchführung von zehn TCCS Untersuchungen nachweisen.

3.4 Transkranielle farbkodierte Sonographie

Bedingt durch das eher heterogene Grundwissen Studienteilnehmer sowohl in Bezug auf neurologische Fragstellungen im Allgemeinen als auch die Versorgung und die Pathophysiologie des Schlaganfalles im speziellen, wurden die Inhalte der Unterrichtseinheiten angepasst und optimiert. Hierdurch wurde gewährleistet, dass kein Teilnehmer benachteiligt wurde. Da die Teilnehmer bisher auch keine Kenntnisse bezüglich der Anwendung und der Handhabung eines TCCS besaßen konzentrierten sich die Online Vorlesungen zu Beginn auf die technischen und physikalischen Grundlagen der TCCS. Im Folgenden wurde der Schwerpunkt auf den Umgang mit der Ultraschallsonde, die nötigen technischen Einstellungen und die Bilderfassung gelegt (zum Beispiel B-Mode-Hirnstrukturen wie kontralateraler Schädel und mesenzephaler Hirnstamm). Schließlich wurde auf die Bildoptimierung und die adäquate Interpretation und Übermittlung der erhobenen Daten eingegangen.

Im Rahmen der Hands-on-Einheiten waren die Teilnehmer in der Lage, die in der Theorie erlernten Inhalte in die Praxis umzusetzen. Hierfür gab es pro Sitzung 45 Minuten. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die strukturierte Durchführung sowie die optimale Bildgewinnung gelegt. Die Hands-on-Sitzungen und die Datenerfassung wurden mit dem tragbaren Duplex-Ultraschallgerät Sonosite Micromaxx (Sonosite Inc., Bothell, Wash., USA) durchgeführt, dieser ist mit einem Phased-Array-Transducer (P17, Sendefrequenz 2,0 MHz) für die transkranielle Bildgebung ausgestattet.

Das Studienprotokoll verlangte eine Darstellung sowie die Flussmessungen der MCA auf beiden Seiten, beginnend mit dem Gefäß, von dem angenommen wurde, dass es am wahrscheinlichsten betroffen ist. Nach Darstellung der MCA im Farb-Doppler-Modus wurden Flussmessungen im MCA-Hauptstammsegment (M1-Segment, Tiefe 54 mm) mittels Spektral-Doppler-Sonographie durchgeführt. Das erhobene Bild- und Videomaterial wurden zur Offline-Analyse als Digital Imaging and Communications in Medicine- Datei (DICOM-Datei) gespeichert.

3.5 Leistungsüberprüfung

Um den Effekt der Ausbildung vergleichen zu können wurde vor und nach der Ausbildung ein identischer Test bestehend aus 29 MC-Fragen, teils mit Mehrfachnennung, sowie Videomaterial und einer fokussierten neurologischen Untersuchung (FAST) durchgeführt. Vor der Prüfung wurden die Fragen von einem medizinischen Experten-gremium auf Klarheit, Relevanz und Nützlichkeit überprüft. Die Fragen bewerteten das Wissen über "Neuroanatomie" (n=10), "Pathophysiologie des Schlaganfalls" (n=13), "Prähospital-Management des Schlaganfalls" (n=4, einschließlich der Leistung des FAST-Scores) und "Theorie und Interpretation der TCCS-Befunde" (n=3); drei der Fragen bestanden aus kurzen Videosequenzen, welche Schlaganfallpatienten mit unterschiedlichen Symptomen und betroffenen Territorien zeigten. Ziel war es, das Symptom zu identifizieren und dem entsprechenden Blutgefäß zuzuordnen.

Am Ende des Ausbildungscurriculums wurde derselbe Test und die strukturierte klinische Untersuchung mit dem Ziel durchgeführt:

- 1.) Schlaganfallpatienten korrekt zu identifizieren (Schlaganfallmimik zu erkennen und abzugrenzen),
- 2.) Das als am wahrscheinlichsten betroffene Gefäß zu identifizieren
- 3.) Ein qualitativ hochwertiges Ultraschallbild beider MCA-Gefäße mit TCCS zu erstellen
- 4.) Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse korrekt zu interpretieren und entsprechend zu dokumentieren beziehungsweise weiterzugeben

Dieser letzte Teil der Untersuchung wurde unter der Aufsicht von zwei erfahrenen Ärzten für Schlaganfall und TCCS (FS und DB) durchgeführt. Neurologische Assistenzärzte im ersten und zweiten Ausbildungsjahr dienten als Kontrollgruppe. Kein Teilnehmer wurde in irgendeiner Weise kompensiert.

3.6 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung wurde, bedingt durch die geringe Teilnehmerzahl, der nichtparametrische Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Rank-Test, sowie der Kruskal-Wallis-Test verwendet. Als signifikant für die statistischen Tests wurde eine (zweiseitige) Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0.05$ angesehen.

4. Ergebnisse

Insgesamt nahmen zehn Rettungsassistenten und sechs Assistenzärzte der Neurologie im ersten oder zweiten Jahr ihrer Ausbildung an dieser Studie teil. Der webbasierte Lehrplan wurde gut angenommen. Technische Schwierigkeiten in Bezug auf Verfügbarkeit und Zugang zur Plattform traten im Verlauf der Ausbildung nicht auf. Alle zehn Rettungssanitäter nahmen am Eingangstest teil, ein Teilnehmer wurde von der Auswertung ausgeschlossen, da er nicht am Abschlusstest teilnahm. Die Ergebnisse von neun Rettungssanitätern wurden mit den sechs neurologischen Assistenzärzten verglichen. Jeder Teilnehmer lernte, wie man NIHSS, FAST und TCCS innerhalb einer zufriedenstellenden Zeit (47 Sekunden Mittelwert für FAST im Post-Test) durchführt.

Während der Abschlussprüfung wurden die pathophysiologischen und neuroanatomischen Kenntnisse von einem erfahrenen Neurologen unter Simulation neurologischer Defizite getestet. Durch eine fokussierte Untersuchung waren alle Teilnehmer in der Lage, innerhalb kurzer Zeit das betroffene Hirnareal mit dem entsprechenden betroffenen Gefäß korrekt zu identifizieren und anschließend eine gezielte und in der Qualität aussagekräftige TCCS-Untersuchung durchzuführen. Alle Teilnehmer waren nach Abschluss der Ausbildung in der Lage, repräsentative TCCS-Bilder in guter Qualität zu erhalten und diese zu dokumentieren und zu übermitteln.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass die Teilnehmer insgesamt ihre Kenntnisse durch die Schulungsmaßnahmen verbessern konnten, jedoch nicht die Ergebnisse der Kontrollgruppe erreichten. Insbesondere zeigte sich eine Verbesserung innerhalb der besonders relevanten Untergruppen "Schlaganfall-Pathophysiologie", "präklinisches Schlaganfallmanagement" und "TCCS-Interpretation". (Abb. 2 a,b).

Im Einzelnen lassen sich die erzielten Ergebnisse wie folgt zusammenfassen. Während im Ausgangstest insgesamt 144 Fragen (10 Teilnehmer, Mittelwert 14,38; n=29 Fragen) von allen Teilnehmern korrekt beantwortet wurden, erhöhte sich die Gesamtzahl der korrekt beantworteten Fragen im Abschlusstest auf 175 (9 Teilnehmer, Mittelwert 19,39; P = 0,0039, Wilcoxon matched pairs signed rank test). Trotz dieser deutlichen Verbesserung erreichten die Rettungssanitäter mit durchschnittlich 23,38 korrekt beantworteten Fragen nicht ganz das Niveau der Kontrollgruppe ($p > 0,05$, Mann-Whitney U-Test).

In Bezug auf die Untergruppen zeigten sich, in den für die präklinische Anwendung relevanten Themengebieten, folgende Ergebnisse:

In der Untergruppe "Präklinisches Schlaganfallmanagement" wurden im Ausgangstest insgesamt 19 Fragen von allen Teilnehmern korrekt beantwortet (Mittelwert 1,9; n=4 Fragen), im Abschlusstest 34 (Mittelwert 3,78). Die statistische Analyse zeigt einen hochsignifikanten Anstieg ($p = 0,0078$, Abb. 3).

In der Untergruppe "Pathophysiologie des Schlaganfalls" gab es im Ausgangstest 64 richtig beantwortete Fragen (Mittelwert 6,4; n=13 Fragen), im Abschlusstest 69 (n=13 Fragen; Mittelwert 7,67). Obwohl sich die Ergebnisse zwischen Prä- und Post-Test für die meisten Teilnehmer verbesserten, zeigte die Auswertung (im Wilcoxon Match-paired Signed Rank Test) einen p-Wert von 0,0508 und lag somit knapp über dem Signifikanzniveau (Abb. 4).

In der Untergruppe "TCCS-Interpretation" betrug die Anzahl der richtig beantworteten Fragen zunächst 12 (Mittelwert 1,2; n=3 Fragen), im Post-Test waren es 17 Fragen (Mittelwert 1,89). Die Ergebnisse in der Subgruppenanalyse zeigten ein gemischtes Bild unter den Teilnehmern, was sich auch im p-Wert widerspiegelt, der mit 0,1875 nicht signifikant war (Abb. 5).

Der Mittelwert der für den gesamten Test benötigten Zeit betrug im Ausgangstest 16 Minuten. Diese Zeit änderte sich nicht, obwohl sich der Gesamtzeitbedarf aller Teilnehmer von 2h 40min auf 2h 24min verbesserte.

Während der Abschlussprüfung wurden die pathophysiologischen und neuroanatomischen Kenntnisse von einem erfahrenen Neurologen unter Simulation neurologischer Defizite getestet. Durch eine fokussierte Untersuchung waren alle Teilnehmer in der Lage, innerhalb kurzer Zeit das betroffene Hirnareal mit dem entsprechenden betroffenen Gefäß korrekt zu identifizieren und anschließend eine gezielte und in der Qualität aussagekräftige TCCS-Untersuchung durchzuführen. Alle Teilnehmer waren nach Abschluss der Ausbildung imstande, repräsentative TCCS-Bilder in guter Qualität zu erhalten und diese zu dokumentieren und auch entsprechend zu übermitteln.

5. Diskussion

Der Schlaganfall als akuter und zeitkritischer Notfall erfordert ein bereits im präklinischen Setting beginnende adäquate und zielgerichtete Versorgung des Patienten. Durch unsere strukturierte Ausbildung war es den Teilnehmern am Ende möglich, durch eine gezielte neurologische Untersuchung und eine fokussierten TCCS Patienten mit akuten neurologischen Symptomen zu erkennen, diese entsprechend zu untersuchen und die gebotene Klinik einem Gefäß zuzuordnen. Weiterhin konnten die Teilnehmer entsprechende, die klinischen Symptome verursachende Gefäßregion bestimmen und schließlich ein aussagekräftige TCCS durchführen. Diese Kombination ist im Hinblick auf die präklinische Versorgung des Schlaganfallpatienten, von großer Bedeutung, da hierdurch Verzögerungen und Sekundärtransporte vermieden werden können. Der Patient könnte bereits durch ein frühes Triagieren der bestmöglichen Einrichtung für die weitere Versorgung zugeführt werden (11).

Gegenwärtig können bei Patienten mit neurologischen Symptomen spezielle prähospitale Schlaganfallskalen wie CPSS, FAST, MASS, LAPSS, PASS, FAST-ED, RACE dazu beitragen, die Identifizierung von Schlaganfallpatienten zu erleichtern. Diese Skalen werden aber für die präklinische Triage von Patienten mit großem Gefäßverschluss nicht empfohlen beziehungsweise für diese spezielle Fragestellung als unzureichend erachtet (16),(5),(6),(7),(8),(9),(10),(11),(12). Ein kurzer Überblick über die wichtigsten derzeit verfügbaren Scores zeigt Defizite bei der präklinischen Anwendung auf. Beispielsweise wurden FAST-ED, CPSS, LAMS und RACE von Ärzten im Krankenhaus, die mit NIHSS-Scoring ausgebildet wurden oder von Ärzten der Stroke-Unit, die mit Schlaganfallsymptomen und Patienten vertraut sind, durchgeführt. Hingegen sind in den meisten Fällen Rettungskräfte ohne fundierte neurologische Kenntnisse die erstversorgenden Einsatzkräfte. Zumal auch bei gerechtfertigtem Verdacht auf einen Schlaganfall, sofern kein vital lebensbedrohlicher Fall vorliegt, im Verlauf ein Notarzt nicht regelhaft hinzugezogen wird.

Prähospitale Schlaganfallskalen haben im Allgemeinen jedoch eine geringe Spezifität für die präklinische Detektion eines LVO (35). Somit besteht insgesamt ein hohes Risiko der Fehlklassifizierung, insbesondere in den Händen von ungeschultem Personal. Im ungünstigsten Fall kann dies dazu führen, dass betroffene Patienten einer für sie ungeeigneten Einrichtung zugeführt werden und entweder primär unnötigerweise ein Zeitverlust in Kauf genommen wird (Transport in eine weiter entfernte

Interventionsklinik bei nicht LVO) oder eine zeitaufwändige Sekundärverlegung nötig ist (Patient mit LVO in einer peripheren Klinik). Beide Szenarien sind insbesondere in ländlichen Gebieten mit einem zum Teil erheblichen Zeitverlust vergesellschaftet und führen letztlich zu einer verzögerten Versorgung mit entsprechenden langfristigen Folgen. Auch können Patienten durch eine fehlerhafte Einschätzung einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein (z. B. im Rahmen einer erhöhten Strahlenbelastung aufgrund von zusätzlich durchgeführten computertomographischen Untersuchungen) oder die Gefahr einer allergischen Reaktion oder Organschädigung bei der Gabe von Kontrastmittel. Zudem kann die Initiierung der notwendigen Therapie verzögert werden (z.B. durch eine verlängerte Anfahrtszeit bis zu einem Maximalversorger aufgrund von der Umgehung der nächstgelegenen Stroke Unit oder durch eine etwaig notwendige Sekundärverlegung) und damit kostbare Zeit verloren gehen (36).

Die einzige mobile bildgebende Technik, die zu einer besseren Einordnung beitragen kann, ist neben dem Einsatz einer Computertomographie (CT) auf einer MSU, die Verwendung des Ultraschalls. Diese Technik bietet in der Hand des erfahrenen Neurologen eine hohe diagnostische Sicherheit bei der LVO-Diagnose (37),(38).

Die Verwendung des Ultraschalles hat sich in der präklinischen Notfalldiagnostik bezüglich anderer Fragestellungen bereits profilieren können und hier bereits die präklinische Triage erleichtert (z.B. FAST: Focused Assessment with Sonography for Trauma) und wird als wertvolles Hilfsmittel für die Notfallmedizin angesehen. In einer Pilotstudie im Jahr 2010 zeigten Heegaard et al., dass Rettungssanitäter in der Lage sind, FAST in einem präklinischen Umfeld nach einem sechsstündigen Training durchzuführen und zu interpretieren (39). Bei mehr als 100 Patienten wurde die präklinische Anwendung eines Ultraschalles durch Rettungssanitäter durchgeführt und mit einer Drop-out-Rate von nur 7,4% als nützlich erachtet, wobei der Anteil der Zustimmung der ärztlichen Aufsichtspersonen 100% betrug. Auch Walcher et al. und Heegaard et al. konnten zeigen, dass ausgebildete Sanitäter eine potenzielle Verbesserung der POCUS-Diagnostik bei Patienten mit abdominalem Trauma (29),(39) erreichen.

Für die Schlaganfallpatientendiagnostik mittels TCCS sind ein grundlegendes neurologisches Verständnis und die pathophysiologischen Konzepte erforderlich, um das klinische Bild bzw. das Schlaganfallsymptom mit dem betroffenen Gefäßterritorium in Verbindung zu bringen. Mit Hilfe der eLearning-Plattform, den theoretischen und

praktischen TCCS-Schulungen und zusätzlichem Informations- und Videomaterial haben wir die Teilnehmer in die Lage versetzt, Schlaganfallpatienten mit Hilfe einer fokussierten Untersuchung unter gezielter Anwendung der TCCS zu identifizieren. Im Gegensatz zu Heegaard et al., die eine sechsstündige Schulung mit anschließender Auffrischungsphase durchgeführt haben, boten wir den Teilnehmern einen siebenwöchigen, strukturierten Kurs an, den sie parallel zu ihrer täglichen Arbeit als Rettungssanitäter absolvieren konnten.

Sowohl die Telemedizin als auch Software für intelligente Schlaganfallalgorithmen haben sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt und bieten zusätzliche Unterstützung für die Schlaganfalltherapie in Krankenhäusern, die über keine eigene Stroke Unit verfügen (39),(40),(41),(42). Vor dem Hintergrund dieser aktuellen Entwicklungen ist die Konsultation erfahrener Schlaganfall-Neurologen, die vor Ort telemedizinische Unterstützung anbieten, eine erfolgreiche Strategie von dem der Patient profitieren kann. Der Einsatz von echoverstärkenden Substanzen bei Patienten ohne ausreichendes Zeitfenster (bis zu 20% der Schlaganfallpatienten) kann durch die telemedizinische Überwachung eines Neurologen erleichtert werden und dazu beitragen, die Zahl der klinisch nützlichen TCCS-Untersuchungen zu erhöhen, aber auch die Untersuchungszeit zu verkürzen und die Diagnosesicherheit zu steigern (43),(44),(45).

Während Rettungssanitäterinnen und -sanitäter in ihrer Tätigkeit in der Lage sind, bereits sehr früh mit dem Patienten in Kontakt zu treten und auch eine erste Therapie einzuleiten, so sind ihre Erfahrungen mit der Teilnahme an randomisierten kontrollierten Studien (RCTs) zur Bewertung von Interventionen rar, und die rechtlichen und ethischen Anforderungen sind hoch (46). Weitere Studien sind erforderlich, um zu zeigen, ob Schlaganfallpatienten zuverlässiger und schneller identifiziert und rechtzeitig in ein geeignetes Krankenhaus transportiert werden können (47).

Im Verlauf unserer Studie zeigten sich gewisse Schwierigkeiten, die angesprochen werden sollten: Während der Ausbildungsdauer trat ein gewisser Motivationsverlust bei den Teilnehmern auf, insbesondere nach einem anstrengenden Arbeitstag. Weiterhin kam es aufgrund von einer höheren Schichtfrequenz zu Verzögerungen in der Erarbeitung der Inhalte. Dennoch konnten wir durchweg eine hohe Akzeptanz in Bezug auf die Erarbeitung der Inhalte feststellen, was dem strukturierten Aufbau der Vorlesungen (Form, Sprache und Informationsmenge pro Unterrichtseinheit) und der

praxisnahen Ausbildung geschuldet war. Die Online-Plattform ermöglichte eine individuelle Anpassung der Lerngeschwindigkeit an den eigenen Bedarf. Zudem war es möglich ein tägliches Feedback zu geben, sowie den aktuellen Wissensstand mit kleinen Übungsfragen zu überprüfen. Dies trug ebenfalls dazu bei, dass die drop-out Rate sehr gering war (n=1).

Des Weiteren hatten einige Teilnehmer bei einzelnen Fragen sowohl im Vor- als auch im Nachtest ein negatives Ergebnis. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass dieses Themengebiet im theoretischen Teil der Fortbildung unzureichend behandelt wurde oder die Fragestellung unklar geblieben ist. Bei Einzelgesprächen mit den Teilnehmern wurde deutlich, dass einige Fragen für sie zu oberflächlich oder nachrangig relevant für die klinische Praxis waren, sodass die Teilnehmer keinen klinischen Bezug ziehen konnten.

Bezüglich der Test- und Ausbildungsinhalte lässt sich sagen, dass der Lehrplan und die Testfragen für nachfolgende Studiengruppen nach der Anwendung und Validierung "vor Ort" überarbeitet und angepasst werden müssen.

Als nächstes kann diskutiert werden, ob die Ausbildungszeit von sieben Wochen nicht in der Summe zu lang ist und ob es auch möglich ist, eine gezielte Ausbildung in kürzerer Zeit durchzuführen. Eine kürzere Ausbildungszeit würde Ressourcen sparen, aber gleichzeitig bedeuten, dass mehr Inhalte pro Zeiteinheit gelernt werden müssten, was sich als berufsbegleitende Ausbildung vielleicht schwierig erweisen könnte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass dieses Projekt, trotz der genannten Kritikpunkte, eine große Akzeptanz erfahren hat, die sich auch durch positives Feedback in Einzelgesprächen mit den Teilnehmern eruieren ließ. Durch derartig geschulte Rettungskräfte kann das Erkennen und der gezielte und schnelle Transport von Patienten mit akutem Schlaganfall, insbesondere diejenigen, die für eine Embolektomie in Frage kommen, beschleunigt und somit das funktionelle Outcome positiv beeinflusst werden. Telemedizinische Unterstützung durch Schlaganfallspezialisten in Schlaganfallzentren und neuartige tragbare Ultraschallgeräte ermöglichen eine zusätzliche Steigerung der präklinischen Versorgung und Verkürzung die symptom-to-needle time. Weitere Studien insbesondere im prähospitalen Setting sind von Nöten, um die Effektivität zu bestätigen.

6. Zusammenfassung

Aktuelle präklinische Schlaganfallskalen können nur begrenzt zwischen akut einsetzenden ischämischen Schlaganfällen, einschließlich großer intrakranieller Gefäßverschlüsse, hämorrhagischen Schlaganfällen und Schlaganfall-Mimiks unterscheiden. Aktuelle Entwicklungen in der Point-of-Care-Diagnostik im präklinischen Bereich sind teilweise noch experimentell, beziehungsweise nur in Pilotstudien in einzelnen Regionen verfügbar. Diese umfassen zum Beispiel die Erhebung von Serum-Biomarker, telemedizinischen Netzwerken, mobilen Schlaganfall Einheiten mit Computer-Tomographie Geräten und den präklinischen Einsatz von Ultraschallgeräten. Die Anwendung aller dieser diagnostischen Verfahren erfordert eine spezielle Ausbildung und Expertise, um ausreichende Informationen zu erhalten, welche die weitere Versorgung des Patienten erleichtern.

Ziel unserer Studie war es, ein webbasiertes Schlaganfall-Ausbildungsprogramm inklusive der Durchführung einer transkraniellen Ultraschalluntersuchung für Rettungssanitäter ($n=10$) zu entwickeln. Die Zielgruppe des Rettungsdienstes wurde bewusst gewählt, da sie in der Mehrzahl der Einsätze diejenigen sind, die zuerst am Einsatzort eintreffen. Ein Notarzt wird meist erst hinzugezogen, wenn eine lebensbedrohliche Situation vorliegt.

Wir entwarfen einen zweiteiligen, webbasierten, sieben-wöchigen Lehrplan mit einem theoretischen Teil mit vier theoretischen Tutorien und einem praktischen Teil mit drei Hands-on-Seminaren. Zur Beurteilung des Wissenszuwachses wurde ein Progress-Test entwickelt, basierend auf 29 Multiple Choice Fragen und einer fokussierten neurologischen Untersuchung orientierend am Face- Arm- Speech- Time Test (FAST Test). Die Fragen umfassten auch Bilder und Abbildungen sowie Videomaterial. Die Testergebnisse der Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden, mit denen von Ärzten der Neurologie in ihrem ersten oder zweiten Jahr der Facharztausbildung verglichen ($n=6$). Der post-Test umfasste zudem eine gezielte klinisch-neurologische Untersuchung, gefolgt von einer symptomorientierten Farbcodierten transkraniellen Ultraschall Untersuchung (Transcranial color coded Sonography, TCCS). Die Ergebnisse vor und nach dem Test zeigten eine signifikante Zunahme der Anzahl korrekt beantworteter Fragen und eine Annäherung an die Kontrollgruppe ($n=29$ Fragen; Interventionsgruppe: Mittelwert prä-Test: 14,3; Mittelwert post-Test 19,4/29; $p=0,004$; Mittelwert Kontrolle 23,4 $n=29$; $p=0,002$). Des Weiteren wurde auch ein sichererer Umgang mit

Schlaganfallpatienten im präklinischen Setting erzielt. Die Ergebnisse in Bezug auf die praktische Handhabung eines Ultraschallgerätes und die Durchführung der TCCS zeigten zwar eine Verbesserung, jedoch keine Signifikanz ($p=0,1875$).

Der von uns entwickelte web-basierte Fortbildungskurs könnte die Rettungssanitäter in die Lage versetzen, im Rahmen der Versorgung von Schlaganfallpatienten nicht nur eine schnelle und gezielte neurologische Untersuchung, sondern auch ein aussagefähiges TCCS durchzuführen. Hierdurch kann bereits im präklinischen Setting eine bessere Patiententriage stattfinden. Dies könnte den zielgerichteten und schnellen Transport des Patienten in die bestgeeignete Einrichtung erleichtern und somit auch mögliche Verzögerungen minimieren. Weitere in-the-field-Studien sind erforderlich, um den Nutzen im präklinischen Einsatz zu beweisen.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

7.1.1 Timeline



Abbildung 1: Timeline of the curriculum of paramedics to optimize the pre-hospital management of stroke.

7.1.2 Testergebnisse

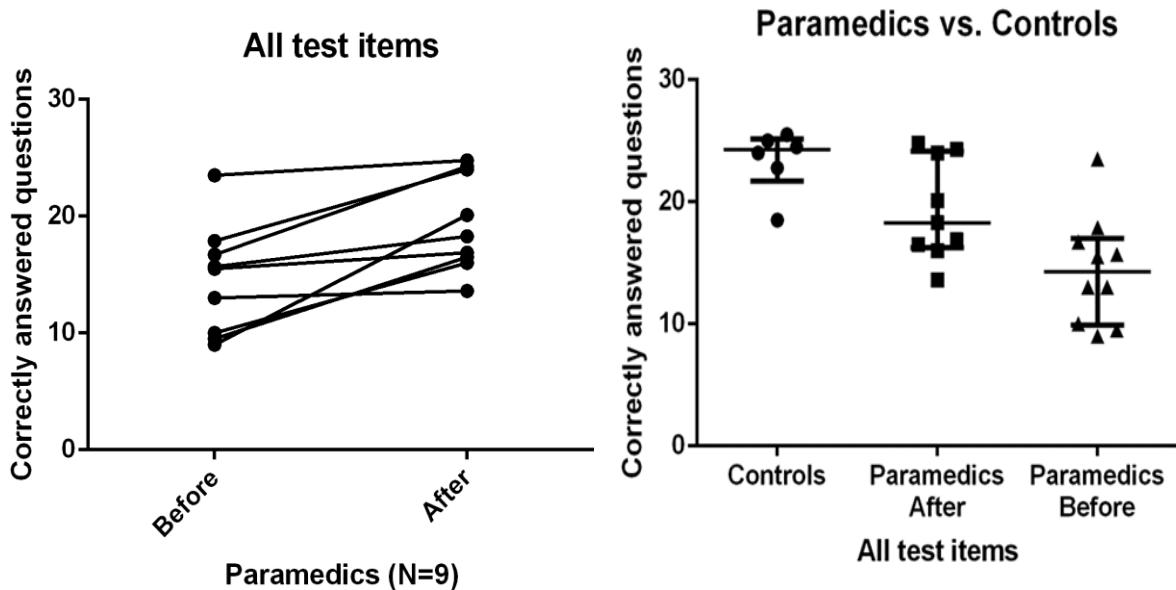


Abbildung 2a: Number of correctly answered questions of all test questions.

Abbildung 2b: Comparison to the control group ($p = 0.0039$).

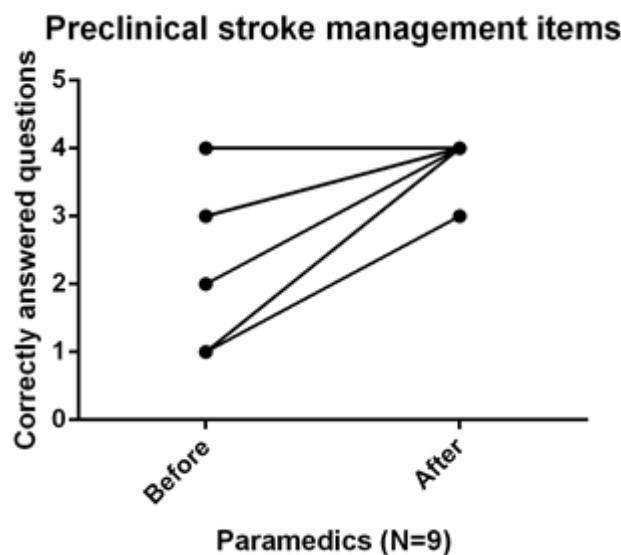


Abbildung 3: Test results in the subgroup analysis "Preclinical Stroke Management"($p = 0,0078$)

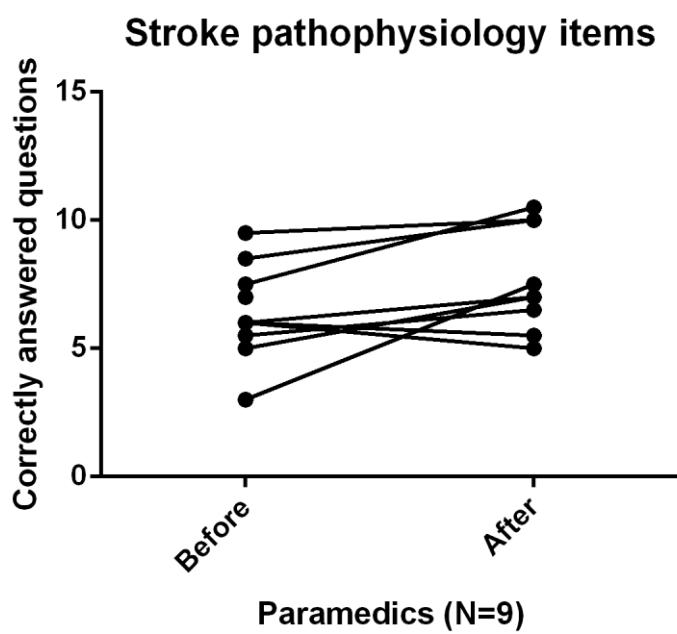


Abbildung 4: Test results for the subgroup "Stroke Pathophysiology"($p = 0.0508$).

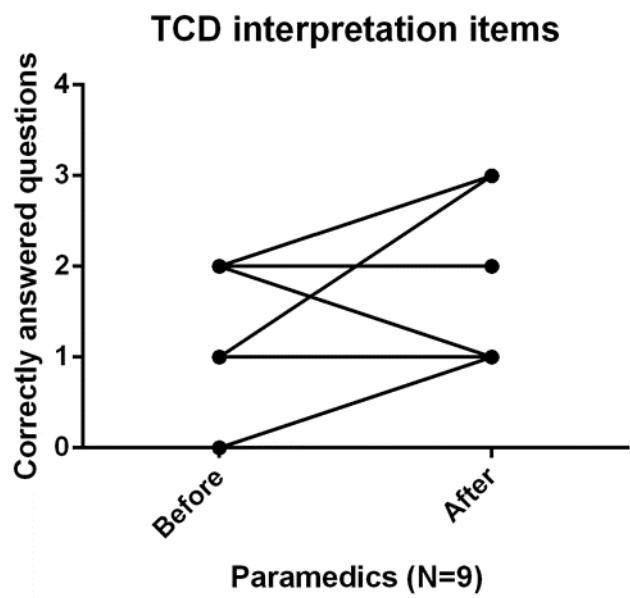


Abbildung 5: Test results in the subgroup analysis "TCD Interpretation" ($p = 0.1875$).

7.2 Abkürzungen

NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale

TCCS: transcranial color-coded Duplex sonography

LVO: Large vessel occlusion

ICH: Intracerebral hemorrhage

LAMS: Los Angeles Motor Scale

CPSS: Cincinnati Prehospital Stroke Scale

MASS: Melbourne ambulance stroke screen

LAPSS: Los Angeles prehospital stroke screen

PASS: Prehospital Acute Stroke Severity Scale

FAST-ED: Field Assessment Stroke Triage for Emergency Destination

RACE: Rapid arterial occlusion evaluation

POC: Point-of-care

GFAP: Glial fibrillary acid protein

MSU: Mobile stroke units

POCUS: Point-of-care ultrasound

MCOA: Middle cerebral artery occlusion

FAST: Face Arm Speech Time

MCA: Middle cerebral artery

GCS: Glasgow Coma Scale

CNS: Central nervous system

RCT: Randomized controlled trials

7.3 Zusatzmaterial

Table Analyzed	All test items
Column B	After
vs.	vs.
Column A	Before
Wilcoxon matched-pairs signed rank test	
P value	0.0039
Exact or approximate P value?	Exact
P value summary	**
Significantly different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of positive, negative ranks	45.00 , 0.0
Sum of signed ranks (W)	45
Number of pairs	9
Median of differences	
Median	6
How effective was the pairing?	
rs (Spearman)	0.6667
P value (one tailed)	0.0294
P value summary	*
Was the pairing significantly effective?	Yes

Supplementary Table 1 Test results of all items in paramedics group: comparison before vs. after education program.

Table Analyzed	Paramedics vs. Controls
Kruskal-Wallis test	
P value	0.0018
Exact or approximate P value?	Approximate
P value summary	**
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
Kruskal-Wallis statistic	12.69
Data summary	
Number of treatments (columns)	3
Number of values (total)	25
Number of families	1
Number of comparisons per family	2
Alpha	0.05

Dunn's multiple comparisons test	Mean rank diff.	Significant Summary
Controls vs. ParamedicsAfter	5.917	No ns
Controls vs. ParamedicsBefore	13.22	Yes **
Test details	Mean rank 1	Mean rank Mean rank
Controls vs. ParamedicsAfter	20.42	14.5 5.917
Controls vs. ParamedicsBefore	20.42	7.2 13.22

Supplementary Table 2 Test results of all items: comparison of control group with paramedics before and after education program.

Table Analyzed	TCD interpretation items
Column B	After
vs.	vs.
Column A	Before
Wilcoxon matched-pairs signed rank test	
P value	0.1875
Exact or approximate P value?	Exact
P value summary	ns
Significantly different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of positive, negative ranks	18.00, -3.000
Sum of signed ranks (W)	15
Number of pairs	9
Median of differences	
Median	1
How effective was the pairing?	
rs (Spearman)	0.5077
P value (one tailed)	0.119
P value summary	ns
Was the pairing significantly effective?	No

Supplementary Table 3 Test results of TCD interpretation items: comparison of control group with paramedics before and after education program.

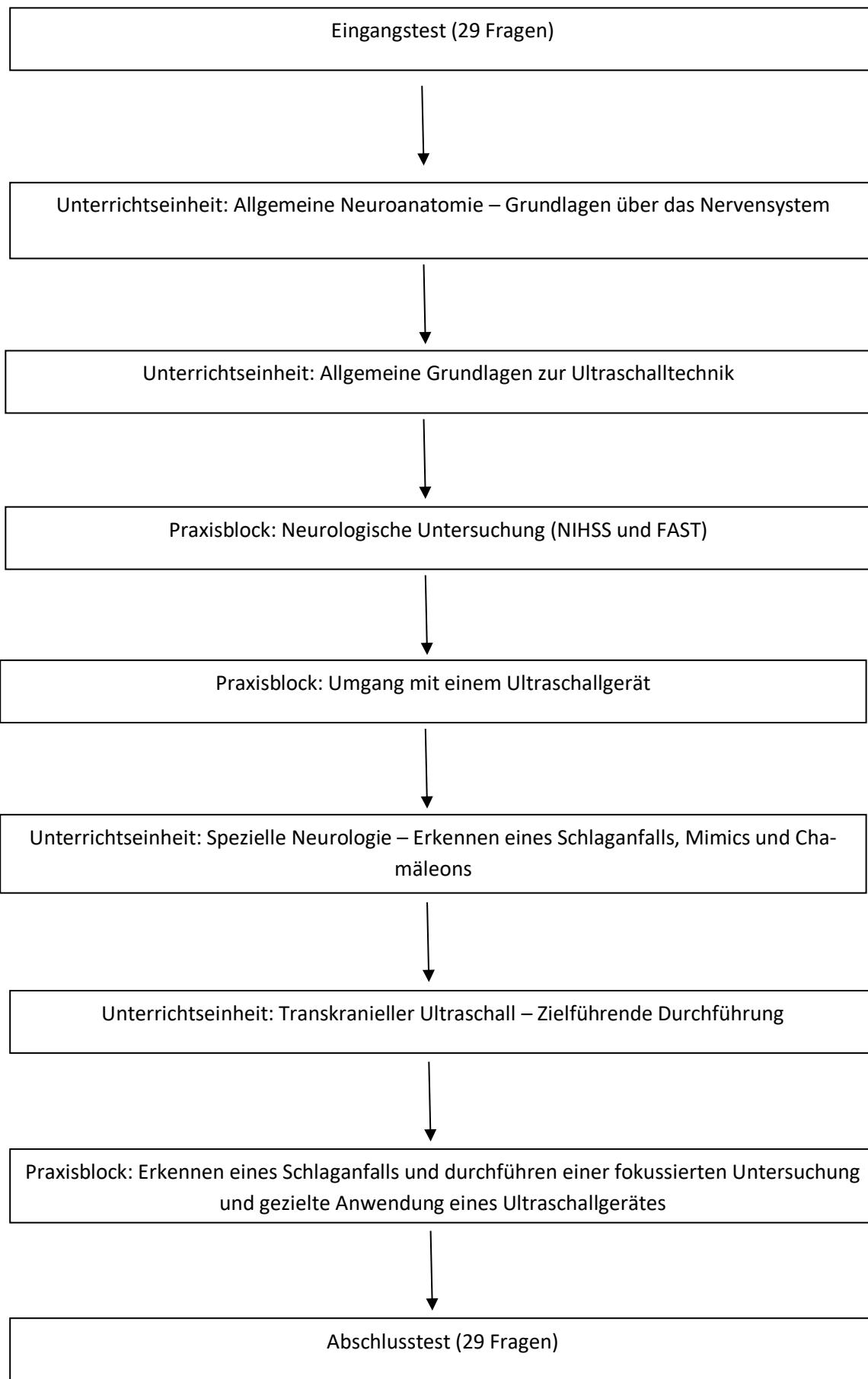
Table Analyzed	Stroke pathophysiology items
Column B	After
vs.	vs.
Column A	Before
Wilcoxon matched-pairs signed rank test	
P value	0.0508
Exact or approximate P value?	Exact
P value summary	ns
Significantly different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of positive, negative ranks	39.50, -5.500
Sum of signed ranks (W)	34
Number of pairs	9
Median of differences	
Median	1
How effective was the pairing?	
rs (Spearman)	0.4616
P value (one tailed)	0.107
P value summary	ns
Was the pairing significantly effective?	No

Supplementary Table 4 Test results of stroke pathophysiology items: comparison of control group with paramedics before and after education program.

Table Analyzed	Preclinical stroke management items
Column B	After
vs.	vs.
Column A	Before
Wilcoxon matched-pairs signed rank test	
P value	0.0078
Exact or approximate P value?	Exact
P value summary	**
Significantly different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of positive, negative ranks	36.00 , 0.0
Sum of signed ranks (W)	36
Number of pairs	9
Median of differences	
Median	2
How effective was the pairing?	
rs (Spearman)	0.5507
P value (one tailed)	0.1667
P value summary	ns
Was the pairing significantly effective?	No

Supplementary Table 5 items Test results of preclinical stroke management items: comparison of control group with paramedics before and after education program.

7.4 Lehrinhalte und Strukturierung der Ausbildung



7.5 Progress Test

7.5.1 Schweigepflicht

Progress – Test im Rahmen des iRescYou – Projektes zur präklinischen Schlaganfall-Diagnostik mittels transkranieller Duplex-Ultraschalluntersuchung (TCD)

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Datum: _____

Arzt

Rettungsdienst

Die Inhalte dieses Tests, insbesondere patientenbezogene Angaben, unterliegen der Schweigepflicht. Durch meine Unterschrift erkläre ich mich bereit, diese zu wahren und Informationen über den Test und die darin enthaltenen Patientendaten nicht an Dritte weiterzugeben.

Regensburg, _____

7.5.2 Fragen

Progress-Test im Rahmen des iRescYou – Projektes zur präklinischen Schlaganfall – Diagnostik mittels transkranieller Duplex- Ultraschalluntersuchung (TCD)

Der folgende Test besteht aus:

- Ein- und Mehrfachauswahl-Fragen (jeweils zu Beginn der Frage gekennzeichnet)
- Bildfragen
- Zuordnungsfragen
- Fragen zu Videomaterialien
- Frei zu formulierenden Fragen
- Durchführung einer klinisch-neurologischen Untersuchung

Der Test umfasst 12 Seiten (die aktuelle Seite ist die Seite „0“ und dient nur der Information).

Es erfolgt keine Benotung des Tests. Die Ergebnisse und die persönlichen Angaben werden streng vertraulich behandelt. Aus den Ergebnissen wird nach erfolgter Datenaufnahme eine anonymisierte, statistische Auswertung durchgeführt. Durch die Teilnahme an dem Test erklären Sie sich bereit, dass auch Ihr Ergebnis in die Auswertung mit einfließt.

Es besteht keine zeitliche Begrenzung! Die benötigte Zeit wird jedoch notiert und fließt in die Auswertung mit ein. Der Test beginnt zeitgleich mit den anderen Teilnehmern. Bei Beendigung des Tests informieren Sie bitte den Testleiter.

Falls aus der Aufgabenstellung nicht explizit hervorgeht, dass es mehrere Antwortmöglichkeiten gibt, so ist immer nur EINE Lösung richtig.

**Können Sie eine Frage NICHT beantworten, so streichen Sie diese bitte durch.
Beantworten Sie bitte nur diejenigen Fragen, die Sie eindeutig beantworten
können. Dies ermöglicht eine bessere Auswertbarkeit und vereinfacht die
Rückschlüsse auf den Zugewinn an Wissen und somit den Erfolg der Ausbil-
dung.**

Vielen Dank und viel Erfolg ☺

1. Welche Strukturen sind für die sog. saltatorische Erregungsleitung des ZNS verantwortlich?

- Mikroglia und Podozyten
- Peyer-Plaques
- RAAS- System
- Myelinscheiden und Ranviersche Schnürringe
- Axone und Synapsen

2. Mit welchen anderen Strukturen bildet das Mesencephalon den sogenannten Hirnstamm?

- Medulla oblongata und Pons
- Diencephalon und Cerebellum
- Diencephalon, Medulla oblongata und Pons
- Nur mit dem Diencephalon
- Der Hirnstamm besteht ausschließlich aus dem Mesencephalon

3. Welche beiden Liquorräume werden durch das Aquädukt verbunden

- 1. Ventrikel mit dem 2. Ventrikel
- 1. und 2. Ventrikel mit dem 3. Ventrikel
- 3. Ventrikel mit dem 4. Ventrikel
- 4. Ventrikel mit dem Rückenmark
- Keine der Aussagen ist richtig

4. Welche wichtigen Zentren befinden sich in der Medulla oblongata und können bei einer Läsion schwere Komplikationen hervorrufen

- Miktionszentrum
- Atem- und Kreislaufzentrum
- Sprachzentrum (Wernicke Zentrum)
- Temperaturregulationszentrum
- Syntheseort für wichtige Hormone

5. Wie lautet der Name des Hirnnervs, welcher die gesamte mimische Muskulatur innerviert?

- N. vagus
- N. trigeminus
- N. abducens
- N. facialis
- N. oculomotorius

6. Wo befindet sich das motorische Sprachzentrum (nach Broca) und von welchem Hirngefäß wird es versorgt?

- Lobus frontalis (der nicht dominanten Seite), A. cerebri anterior
- Lobus frontalis (der dominanten Seite), A. cerebri anterior
- Lobus frontalis (der nicht dominanten Seite), A. cerebri media
- Lobus frontalis (der dominanten Seite), A. cerebri media
- Lobus frontalis (der dominanten Seite), A. cerebri posterior

7. Welche Gefäße bilden den Circulus arteriosus cerebri (Willisi)?

- Aa. carotis externa und Aa. carotis interna
- Aa. carotis externa und Aa. Vertebralis
- Aa. carotis interna und A. basilaris
- Aa. carotis communis und Aa. cerebri media
- Aa. carotis communis und A. basilaris

8. Welche Aussage(n) zur Lysetherapie bei akutem Hirninfarkt ist bzw. sind richtig?

- a) Patienten können innerhalb eines 5 Stunden Fensters nach Symptombeginn „lysiert“ werden.
 - b) Bei Patienten, die mit einer Schlaganfall Symptomatik morgens aufwachen, muss binnen 3 Stunden mit der Lysetherapie begonnen werden.
 - c) Zum Ausschluss einer Blutung als Ursache eines akuten Schlaganfalls ist das MRT Mittel der ersten Wahl und sollte anderen Methoden immer vorgezogen werden.
 - d) Vor der Lysetherapie muss eine Hirnblutung durch CT oder MRT ausgeschlossen werden
 - e) Erfahrene Notärzte können die Lysetherapie bei akuten Schlaganfällen schon während des Transportes beginnen um eine frühe Therapie einzuleiten
- Nur A ist richtig
 B und D sind richtig
 B, C, D sind richtig
 Nur D ist richtig
 Alle Aussagen sind richtig

9. Welche sind Risikofaktoren, die das Entstehen eines Schlaganfalles begünstigen?

- a) Hypertonie
 - b) Vorhofflimmern
 - c) Diabetes
 - d) Arteriosklerose
 - e) Adipositas
- A, B und D sind richtig
 A und B sind richtig
 A-D sind richtig
 Alle Aussagen sind richtig
 Nur A-C sind richtig

10. Transitorisch ischämische Attacken (TIA) sind kurzzeitige neurologische Ausfälle, die sich innerhalb von 24 h wieder zurückbilden. Welche Aussage/Aussagen zur TIA sind/ist richtig?

- a) Eine Hirnblutung als Ursache einer TIA ist sehr unwahrscheinlich
 - b) Da sich 50 % aller Lähmungen oder Sprachstörungen im Sinne einer TIA innerhalb von 30 min zurückbilden, sollte man mindestens diese Zeit abwarten, bevor man den Notarzt ruft
 - c) TIA's haben meist dieselbe Ursache wie ein Hirninfarkt
 - d) Eine plötzliche kurzzeitige Erblindung eines Auges (Amaurosis fugax) sollte unverzüglich durch einen Augenarzt abgeklärt werden, da die Blutversorgung des Auges unabhängig von der Hirnversorgung ist.
 - e) TIA's sind Warnschlaganfälle und treten nur bei älteren Patienten auf.
- Alle Aussagen sind richtig.
 - Nur B, C und D ist richtig
 - Nur C ist richtig
 - A und E ist richtig
 - A und C ist richtig

11. Welche Aussage/Aussagen ist/sind richtig:

- a) Schlaganfallerkrankungen sind die führende Ursache für permanente Behinderung und Erwerbsunfähigkeit in den Industrieländern
 - b) Jeder 4. Patient ist jünger als 65 Jahren
 - c) Die Ursachen unterscheiden sich je nach Alter
 - d) Schlaganfälle sind häufig schmerzlos
 - e) Gefäßrisikofaktoren sind zum Teil erworben, zum Teil genetisch determiniert
- Nur A, C, D und E sind richtig
 - Nur D ist richtig
 - Nur B – E sind richtig
 - keine Aussage ist richtig
 - Alle Aussagen sind richtig

12. Welche der unten aufgeführten Faktoren, können nach einer stattgefundenen TIA zu einer Erhöhung des Risikos eines ischämischen Schlaganfalls beitragen?

- a) Höheres Lebensalter
- b) Diabetes
- c) Symptomdauer (bei der TIA) > 10min
- d) Parese
- e) Aphasie

- Aussagen A und E sind richtig
- Aussagen C bis E sind richtig
- Nur D und E sind richtig
- Alle Aussagen sind richtig
- Aussage A, C, D und E sind richtig

13. Ordnen Sie die folgenden Begriffe in eine Reihenfolge, die den Ablauf bei einem Schlaganfall widerspiegelt.

1. Energieverlust
2. Bildung von freien Radikalen
3. Entzündung
4. Apoptose
5. Überschuss an exzitatorischen Aminosäuren

- 1-2-3-4-5
- 1-2-4-5-3
- 1-5-2-3-4
- 5-1-2-3-4
- 4-1-2-3-5

14. Welches der folgenden Punkte treffen für den FAST – Score zu?

- Der FAST Score beschreibt eine einfache neurologische Untersuchung, die regelmäßig in den Hausarztpraxen angewendet wird.
- Der FAST Score kann aufgrund seiner Komplexität nur nach einer Schulung von spezialisiertem Personal angewandt werden
- Der FAST Score wird aufgrund seiner Fehlerhaftigkeit in Deutschland nicht angewandt
- Mit der Hilfe vom FAST Score wird zwischen einer Hirnblutung und einem ischämischen Anfall unterschieden
- Der FAST Score soll als Instrument für eine schnelle und unkomplizierte Untersuchung des Patienten dienen, ein schnelles Erkennen eines Schlaganfalls ermöglichen und dazu verleiten schnell zu handeln.

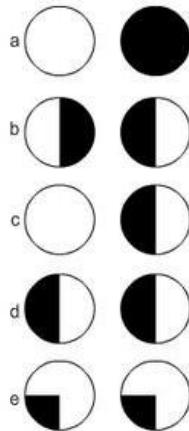
15. Welche der unten aufgeführten Krankheitsbilder können Symptome ähnlich einen Schlaganfall hervorrufen?

- a) Epilepsie
- b) Hypoglykämie
- c) Migräne
- d) Intoxikationen
- e) Vestibularisstörung

- Alle Antworten sind richtig
- Antworten A-D sind richtig
- Antworten A, B und D sind richtig
- Nur A und B sind richtig
- Nur A ist richtig

16. Welches der unten aufgeführten Gesichtsfeldausfälle würde man bei einem Infarkt, einer Ischämie oder einer Blutung im Bereich der Arteria cerebri posterior erwarten?

- A
- B
- C
- D
- E



17. Welches der folgenden Beschwerden lässt sich eindeutig einem Schlaganfall zuordnen:

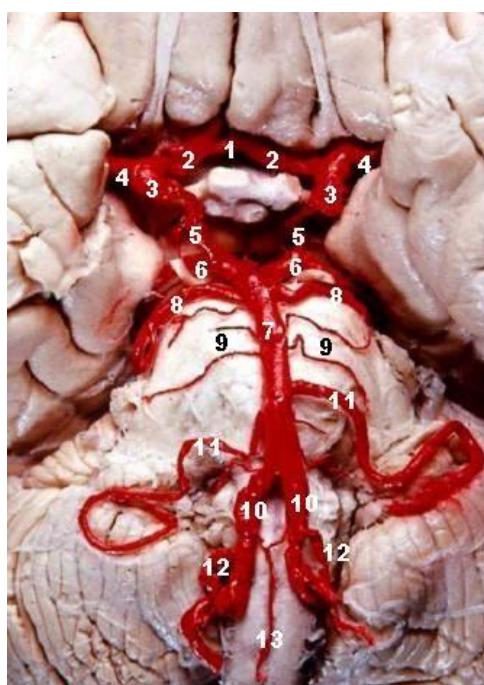
- Willkürbewegung im linken Arm nicht möglich
- Sensibilitätsstörungen, die sich von einer Körperregion in eine andere Körperregion ausweiten
- Benommenheit und Abgeschlagenheit
- Ungerichtetes und unsicheres Befolgen von Aufforderungen
- Keines der oben genannten Punkte lässt sich eindeutig einem Schlaganfall zuordnen

18. Welcher der aufgeführten Punkte weist am ehesten auf einen hämorrhagischen Schlaganfall hin?

- Parese einer Körperhälfte
- Sprachstörungen
- Stärkste Kopfschmerzen
- Übelkeit und Erbrechen
- Gesichtsfeldausfall

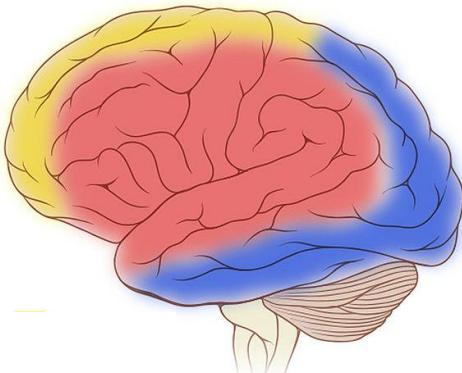
19. Was versteht man unter dem Begriff „Penumbra“?

20. Beschriften Sie bitte folgende Abb. (die angegebenen Zahlen)



- 2: _____
- 3: _____
- 4: _____
- 6: _____
- 7: _____

21. Benennen Sie diejenige Arterie, welche das jeweilige Gebiet versorgt.

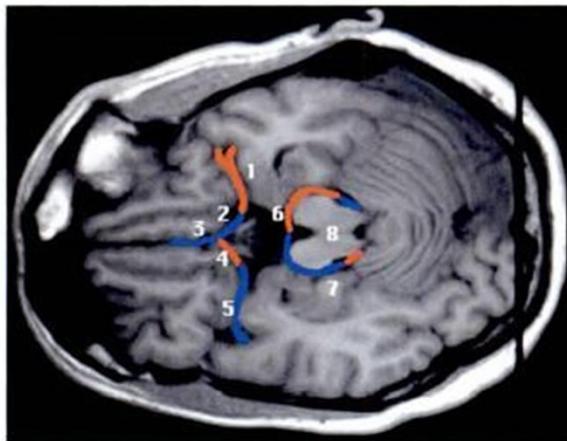


Blau: _____

Gelb: _____

Rot: _____

22. Welche (charakteristischen) Beschwerden hat ein Patient, der einen Verschluss im Bereich des mit der Ziffer "6" gekennzeichneten Gefäßes hat?

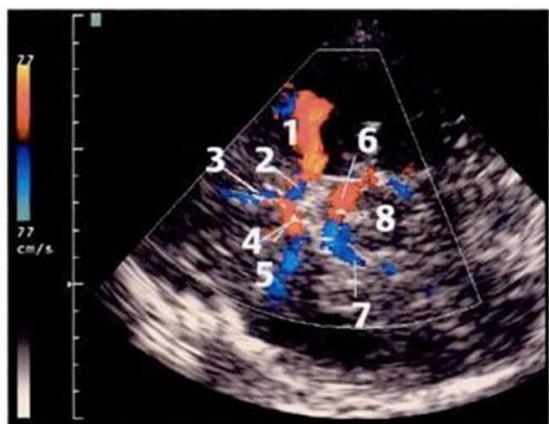


- Aphasie
- Gesichtsfeldausfälle
- Wesensveränderung
- Keine
- Alle Aussagen sind richtig.

23. Wie sieht die präklinische Versorgung eines Patienten aus, der Symptome eines Schlaganfalls vorweist (mehrere Antworten möglich)?

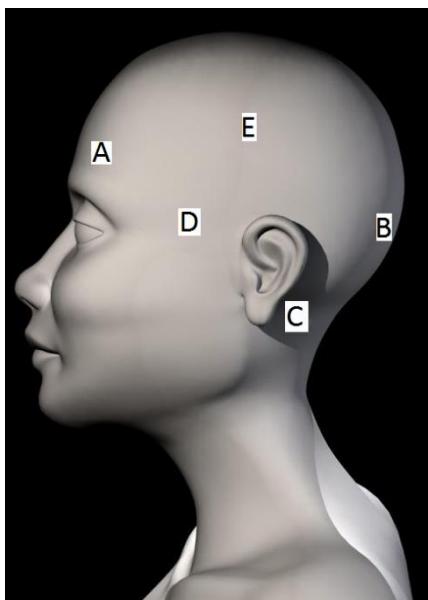
- Möglichst schneller Transport in eine Fachklinik
- Neuroprotektive Lagerung (30° Oberkörper Hochlage)
- Sicherung der Atemwege
- Kreislaufstabilisierung (Toleranz von systolischen Werten bis 220 mmHg und diastolisch bis 120 mmHg), vermeiden einer Hypotonie
- Gabe von ASS i.v. zur Förderung der Durchblutung

24. Welche (charakteristischen) Beschwerden hat ein Patient, der einen Verschluss im Bereich des mit der Ziffer "3" gekennzeichneten Gefäßes hat?



- Sehstörungen
- Beinbetonte Halbseitenlähmung
- Armbetonte Halbseitenlähmung
- Keine
- Alle Aussagen sind richtig.

25. Welche der in der Abb. markierten Bereiche entspricht dem typischen Schallfenster für die Durchführung einer transkraniellen Duplex-Sonographie?



- A
- B
- C
- D
- E

Fragen zum Videomaterial: (*Falls der vorgegebene Platz nicht genügt, können Sie gerne die Rückseite verwenden! Stichworte reichen aus, Sie können aber auch vollständige Sätze formulieren.*)

26. Welches Symptom kann man im ersten Video sehen? Bitte beschreiben Sie die Symptomatik und benennen Sie diese mit dem jeweils zutreffenden medizinischen Fachbegriff!

Fachbegriff: _____

27. Welches Symptom kann man im zweiten Video sehen? Bitte beschreiben Sie die Symptomatik und benennen Sie diese mit dem jeweils zutreffenden medizinischen Fachbegriff!

Fachbegriff: _____

28. Welches Symptom kann man im dritten Video sehen? Bitte beschreiben Sie die Symptomatik und benennen Sie diese mit dem jeweils zutreffenden medizinischen Fachbegriff!

Fachbegriff: _____

29. Bitte führen Sie eine Untersuchung nach den FAST – Kriterien durch!

Benötigte Zeit: _____

Vollständigkeit: Ja Nein

7.5.2 Laufkarte

Laufkarte für den Kurs „Präklinische Schlaganfalldiagnostik im Rettungsdienst“

Inhalt	Datum	Unterschrift
Eingangstest		
Abschlusstest		
„Fragen zum Block“ Teil I		
„Fragen zum Block“ Teil II		
Evaluation		
Unterricht I		
Unterricht II		
Assistierter TCD I		
Assistierter TCD II		
Assistierter TCD III		
Assistierter TCD IV		
Assistierter TCD V		
Assistierter TCD VI		
Assistierter TCD VII		
Assistierter TCD VIII		
Assistierter TCD IX		
Assistierter TCD X		
Min. 30 Einsätze im SAM (Beleg durch Dienstplan)		
Durchführung einer fokussierten Untersuchung		

Eine Bescheinigung zur Teilnahme am Kurs „Präklinische Schlaganfalldiagnostik im Rettungsdienst“ kann nur bei Vorlage der ausgefüllten Laufkarte erfolgen.

Bitte unter folgender Rufnummer Frau Winheim 0941-9413040 und den SAM- Arzt 0941-9413039 verständigen, um sich für den Ultraschall anzumelden.

8. Literaturverzeichnis

1. Teuschl Y, Brainin M. Stroke education: discrepancies among factors influencing prehospital delay and stroke knowledge. *Int J Stroke*. Juni 2010;5(3):187–208.
2. Saver JL. Time is brain--quantified. *Stroke*. Januar 2006;37(1):263–6.
3. Evenson KR, Foraker RE, Morris DL, Rosamond WD. A comprehensive review of prehospital and in-hospital delay times in acute stroke care. *Int J Stroke*. Juni 2009;4(3):187–99.
4. Meyer BC. Telestroke evolution: from maximization to optimization. *Stroke*. August 2012;43(8):2029–30.
5. Kothari RU, Pancioli A, Liu T, Brott T, Broderick J. Cincinnati Prehospital Stroke Scale: reproducibility and validity. *Ann Emerg Med*. April 1999;33(4):373–8.
6. Katz BS, McMullan JT, Sucharew H, Adeoye O, Broderick JP. Design and validation of a prehospital scale to predict stroke severity: Cincinnati Prehospital Stroke Severity Scale. *Stroke*. Juni 2015;46(6):1508–12.
7. Harbison J, Hossain O, Jenkinson D, Davis J, Louw SJ, Ford GA. Diagnostic accuracy of stroke referrals from primary care, emergency room physicians, and ambulance staff using the face arm speech test. *Stroke*. Januar 2003;34(1):71–6.
8. Bray JE, Martin J, Cooper G, Barger B, Bernard S, Bladin C. Paramedic identification of stroke: community validation of the melbourne ambulance stroke screen. *Cerebrovasc Dis*. 2005;20(1):28–33.
9. Kidwell CS, Starkman S, Eckstein M, Weems K, Saver JL. Identifying stroke in the field. Prospective validation of the Los Angeles prehospital stroke screen (LAPSS). *Stroke*. Januar 2000;31(1):71–6.
10. Hastrup S, Damgaard D, Johnsen SP, Andersen G. Prehospital Acute Stroke Severity Scale to Predict Large Artery Occlusion: Design and Comparison With Other Scales. *Stroke*. 2016;47(7):1772–6.

11. Lima FO, Silva GS, Furie KL, Frankel MR, Lev MH, Camargo ÉCS, u. a. Field Assessment Stroke Triage for Emergency Destination: A Simple and Accurate Prehospital Scale to Detect Large Vessel Occlusion Strokes. *Stroke*. 2016;47(8):1997–2002.
12. Pérez de la Ossa N, Carrera D, Gorchs M, Querol M, Millán M, Gomis M, u. a. Design and validation of a prehospital stroke scale to predict large arterial occlusion: the rapid arterial occlusion evaluation scale. *Stroke*. Januar 2014;45(1):87–91.
13. Vidale S, Agostoni E. Prehospital stroke scales and large vessel occlusion: A systematic review. *Acta Neurol Scand*. Juli 2018;138(1):24–31.
14. Noorian AR, Sanossian N, Shkirkova K, Liebeskind DS, Eckstein M, Stratton SJ, u. a. Los Angeles Motor Scale to Identify Large Vessel Occlusion: Prehospital Validation and Comparison With Other Screens. *Stroke*. 2018;49(3):565–72.
15. Helwig SA, Ragoschke-Schumm A, Schwindling L, Kettner M, Roumia S, Kulikowski J, u. a. Prehospital Stroke Management Optimized by Use of Clinical Scoring vs Mobile Stroke Unit for Triage of Patients With Stroke: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurol*. 3. September 2019;
16. Smith EE, Kent DM, Bulsara KR, Leung LY, Lichtman JH, Reeves MJ, u. a. Accuracy of Prediction Instruments for Diagnosing Large Vessel Occlusion in Individuals With Suspected Stroke: A Systematic Review for the 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke. *Stroke*. 2018;49(3):e111–22.
17. Smith WS, Corry MD, Fazackerley J, Isaacs SM. Improved paramedic sensitivity in identifying stroke victims in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care*. September 1999;3(3):207–10.
18. Kleindorfer DO, Miller R, Moomaw CJ, Alwell K, Broderick JP, Khouri J, u. a. Designing a message for public education regarding stroke: does FAST capture enough stroke? *Stroke*. Oktober 2007;38(10):2864–8.

19. Hobohm C, Michalski D. Neurologische Basisdiagnostik im Rettungsdienst. Notfallmedizin up2date. September 2015;10(3):257–68.
20. Foerch C, Niessner M, Back T, Bauerle M, De Marchis GM, Ferbert A, u. a. Diagnostic accuracy of plasma glial fibrillary acidic protein for differentiating intracerebral hemorrhage and cerebral ischemia in patients with symptoms of acute stroke. Clin Chem. Januar 2012;58(1):237–45.
21. Montaner J, Perea-Gainza M, Delgado P, Ribó M, Chacón P, Rosell A, u. a. Etiologic diagnosis of ischemic stroke subtypes with plasma biomarkers. Stroke. August 2008;39(8):2280–7.
22. Ebinger M, Kunz A, Wendt M, Rozanski M, Winter B, Waldschmidt C, u. a. Effects of golden hour thrombolysis: a Prehospital Acute Neurological Treatment and Optimization of Medical Care in Stroke (PHANTOM-S) substudy. JAMA Neurol. Januar 2015;72(1):25–30.
23. Stroke-Einsatzmobile haben sich bewährt [Internet]. AerzteZeitung.de. [zitiert 10. September 2020]. Verfügbar unter: <https://www.aerztezeitung.de/Politik/Stroke-Einsatzmobile-haben-sich-bewahrt-231053.html>
24. Schlachetzki F, Nedelmann M, Poppet H, Saur D, Harloff A, Liman J, u. a. Neurosonologische Diagnostik in der Akutphase des Schlaganfalls ist Merkmal einer qualifizierten Versorgung. Aktuelle Neurologie. September 2017;44(7):501–8.
25. American College of Emergency Physicians. Emergency ultrasound guidelines. Ann Emerg Med. April 2009;53(4):550–70.
26. Mayron R, Gaudio FE, Plummer D, Asinger R, Elsperger J. Echocardiography performed by emergency physicians: impact on diagnosis and therapy. Ann Emerg Med. Februar 1988;17(2):150–4.
27. Melniker LA, Leibner E, McKenney MG, Lopez P, Briggs WM, Mancuso CA. Randomized controlled clinical trial of point-of-care, limited ultrasonography for trauma in the emergency department: the first sonography outcomes assessment program trial. Ann Emerg Med. September 2006;48(3):227–35.

28. Plummer D, Brunette D, Asinger R, Ruiz E. Emergency department echocardiography improves outcome in penetrating cardiac injury. Ann Emerg Med. Juni 1992;21(6):709–12.
29. Walcher F, Weinlich M, Conrad G, Schweigkofler U, Breitkreutz R, Kirschning T, u. a. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. Br J Surg. Februar 2006;93(2):238–42.
30. Herzberg M, Boy S, Hölscher T, Ertl M, Zimmermann M, Ittner K-P, u. a. Prehospital stroke diagnostics based on neurological examination and transcranial ultrasound. Crit Ultrasound J. 27. Februar 2014;6(1):3.
31. Schlachetzki F, Herzberg M, Hölscher T, Ertl M, Zimmermann M, Ittner KP, u. a. Transcranial ultrasound from diagnosis to early stroke treatment: part 2: prehospital neurosonography in patients with acute stroke: the Regensburg stroke mobile project. Cerebrovasc Dis. 2012;33(3):262–71.
32. Nor A. Mohd, McAllister C., Louw S.J., Dyker A.G., Davis M., Jenkinson D., u. a. Agreement Between Ambulance Paramedic- and Physician-Recorded Neurological Signs With Face Arm Speech Test (FAST) in Acute Stroke Patients. Stroke. 1. Juni 2004;35(6):1355–9.
33. Brott T, Adams HP, Olinger CP, Marler JR, Barsan WG, Biller J, u. a. Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale. Stroke. Juli 1989;20(7):864–70.
34. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. Lancet. 13. Juli 1974;2(7872):81–4.
35. Zhao H, Pesavento L, Coote S, Rodrigues E, Salvaris P, Smith K, u. a. Ambulance Clinical Triage for Acute Stroke Treatment: Paramedic Triage Algorithm for Large Vessel Occlusion. Stroke. 2018;49(4):945–51.
36. Zhao H, Coote S, Pesavento L, Churilov L, Dewey HM, Davis SM, u. a. Large Vessel Occlusion Scales Increase Delivery to Endovascular Centers Without Excessive Harm From Misclassifications. Stroke. 2017;48(3):568–73.

37. Herzberg M, Boy S, Hölscher T, Ertl M, Zimmermann M, Ittner K-P, u. a. Prehospital stroke diagnostics based on neurological examination and transcranial ultrasound. *Crit Ultrasound J.* 27. Februar 2014;6(1):3.
38. Schlachetzki F, Herzberg M, Hölscher T, Ertl M, Zimmermann M, Ittner KP, u. a. Transcranial ultrasound from diagnosis to early stroke treatment: part 2: prehospital neurosonography in patients with acute stroke: the Regensburg stroke mobile project. *Cerebrovasc Dis.* 2012;33(3):262–71.
39. Heegaard W, Hildebrandt D, Spear D, Chason K, Nelson B, Ho J. Prehospital ultrasound by paramedics: results of field trial. *Acad Emerg Med.* Juni 2010;17(6):624–30.
40. Czaplik M, Bergrath S, Rossaint R, Thelen S, Brodziak T, Valentin B, u. a. Employment of telemedicine in emergency medicine. Clinical requirement analysis, system development and first test results. *Methods Inf Med.* 2014;53(2):99–107.
41. Theiss S, Günzel F, Storm A, Hausn P, Isenmann S, Klisch J, u. a. Using routine data for quality assessment in NeuroNet telestroke care. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* Oktober 2013;22(7):984–90.
42. Mort A, Eadie L, Regan L, Macaden A, Heaney D, Bouamrane M-M, u. a. Combining transcranial ultrasound with intelligent communication methods to enhance the remote assessment and management of stroke patients: Framework for a technology demonstrator. *Health Informatics J.* 2016;22(3):691–701.
43. Postert T, Braun B, Meves S, Köster O, Przuntek H, Weber S, u. a. Contrast-enhanced transcranial color-coded sonography in acute hemispheric brain infarction. *Stroke.* September 1999;30(9):1819–26.
44. Gerriets T, Goertler M, Stolz E, Postert T, Sliwka U, Schlachetzki F, u. a. Feasibility and validity of transcranial duplex sonography in patients with acute stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* Juli 2002;73(1):17–20.
45. Antipova D, Eadie L, Macaden A, Wilson P. Diagnostic accuracy of clinical tools for assessment of acute stroke: a systematic review. *BMC Emerg Med.* 04 2019;19(1):49.

46. Saver JL, Starkman S, Eckstein M, Stratton S, Pratt F, Hamilton S, u. a. Methodology of the Field Administration of Stroke Therapy - Magnesium (FAST-MAG) phase 3 trial: Part 1 - rationale and general methods. *Int J Stroke*. Februar 2014;9(2):215–9.
47. Antipova D, Eadie L, Macaden AS, Wilson P. Diagnostic value of transcranial ultrasonography for selecting subjects with large vessel occlusion: a systematic review. *Ultrasound J*. 22. Oktober 2019;11(1):29.

Eidesstattliche Erklärung

Erklärung gemäß § 3 Abs. 3 und 4 der Promotionsordnung der Fakultät für Medizin

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.

Ort, Datum

Mustafa Kilic

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich während dieser Arbeit begleitet und zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Mein herzlicher Dank gilt zunächst meinem Doktovater Herrn Prof. Dr. Felix Schlauchetzki, der mir die Arbeit an diesem interessanten Thema ermöglicht hat, und mich in allen Fragen mit größtem Engagement unterstützte und hervorragend betreute. Vielen Dank auch für die vielen anregenden Diskussionen, in denen ich mich stets professionell, aber auch menschlich und warmherzig begleitet fühlte.

Vielen Dank an Herrn Dr. Dobri Baldaranov, der mir jederzeit mit seinem Fachwissen zur Seite stand, seine freie Zeit für mich opferte und maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beitrug. Durch seine Anregungen in zahlreichen konstruktiven Gesprächen - auch auf persönlicher Ebene - fühlte ich mich stets sehr unterstützt.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Stephan Theiss für seine methodische Expertise und seinen geduldigen und verständnisvollen Umgang – auch während seines wohlverdienten Urlaubes.

Um meiner lieben Ehefrau für ihre Unterstützung, ihr Verständnis und ihre Geduld zu danken, reichen sicher keine zwei Zeilen aus ihr gilt mein besonderer Dank.

Danke auch an meine lieben Eltern, die mir dieses Studium ermöglicht und mich stets motiviert haben.

Herzlichen Dank auch an den Malteser-Rettungsdienst Regensburg für die respektvolle und motivierte Zusammenarbeit.

Mein besonderer Dank gilt den Patienten der Klinik und Poliklinik für Neurologie des Universitätsklinikums Regensburg für ihre Teilnahme an dieser Studie.