

Nervenarzt 2021 · 92:107–114
<https://doi.org/10.1007/s00115-020-01057-x>
 Angenommen: 15. Dezember 2020
 Online publiziert: 22. Januar 2021
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021



M. Bechstein · E. Goebell · J. Fiehler

Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie, Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland

Remote-Proctoring bei neuroradiologischen Interventionen

Endovaskuläre Verfahren haben inzwischen einen festen Platz bei der Behandlung von Hirngefäßerkran-kungen, z. B. die Thrombektomie beim Schlaganfall. Neurointerventionelle Materialien, wie Katheter und Stents, und deren Handhabung sind einer permanenten Weiterentwicklung unterworfen, was dauerhaftes Lernen erforderlich macht. Insbesondere bei Notfallein-griffen und Reisebeschränkungen können externe Experten hierzu nicht direkt eingebunden werden. Als Lösung können moderne Streamingtechnologien in entsprechende Ausbildungskonzepte integriert werden, um die Patientensicherheit zu erhöhen.

Neuroendovaskuläre Interventionen im klinischen Alltag

Neuroendovaskuläre Verfahren spielen eine wichtige Rolle in der Diagnostik und Therapie der meisten Gefäßerkran-kungen des Gehirns. Komplexe Gefäß-erkrankungen wie Aneurysmen werden mittlerweile häufiger endovaskulär als mit offenen chirurgischen Verfahren therapiert und das mit hohen Sicherheits- und Wirksamkeitsraten [1]. Die Auswei-tung endovaskulärer Techniken auf die Behandlung des ischämischen Schlagan-falls hat einer großen Zahl von Patienten weltweit einen bedeutenden Nutzen gebracht. Die endovaskuläre Thrombek-tomie hat sich dadurch in den letzten Jahren erfolgreich als Goldstandard in der Behandlung von Verschlüssen größer

Hirnarterien der vorderen Zirkulation durchgesetzt [2–4].

Die Indikationen für neuroendovas-kuläre Techniken werden möglicherwei-se zukünftig weitere Krankheitsbilder umfassen. So wird derzeit die Wirksam-keit der Behandlung des chronischen subduralen Hämatoms (cSDH) mittels Embolisation der meningealen Arterien [5–7] und die Behandlung symptoma-tischer nichtstenotischer Plaques der A. carotis interna [8, 9] untersucht.

» Die beschränkte Zahl der Interventionalisten ist ein Engpass in der Weiterbildung

Die gestiegene Nachfrage nach endovas-kulären Eingriffen bedeutet für Kran-kenhäuser und akademische Zentren eine infrastrukturelle Herausforderung. So müssen Krankenhäuser, die eine 24-stündige Schlaganfallbehandlung an-bieten wollen, jederzeit ein Team an endovaskulär ausgebildeten Neurora-diologen und medizinisch-technischen Assistenten vorhalten. Die Zahl der Interventionalisten und die damit ver-bundenen Möglichkeiten der Ausbildung weiterer Interventionalisten sind jedoch beschränkt, was insbesondere bei Be-trachtung im europäischen Maßstab den am häufigsten genannten Engpass bei der Weiterentwicklung der Schlaganfall-versorgung darstellt [10].

Aktuelle Strategien zur Deckung des Bedarfes an neuroendovaskulären Interventionen

Patienten mit intrakraniellen Aneurys-men und arteriovenösen Malformatio-nen sollten primär in neurovaskulären Zentren behandelt und verlaufs-kontrolliert werden. Die Anwendung endovas-kulärer Verfahren bei diesen Indikatio-nen führt zu einem gestiegenen Bedarf an methodenspezifischer Weiterbildung der vor Ort endovaskulär tätigen Neuro-radiologen, etwa in der Benutzung fluss-umleitender Stents („flow diverter“) oder flussunterbrechender Implantate („flow disruptor“). Diese Techniken ermögli-chen inzwischen auch die Behandlung vieler atypisch geformter Aneurysmen. Die betroffenen Patienten können aktuell weitgehend durch die bereits vorhande-nen Neuroradiologen behandelt werden.

Anders ist die Situation bei Patienten mit ischämischen Schlaganfall aufgrund eines großen Gefäßverschlusses, die in 13.000 Fällen im Jahr in Deutschland mittels endovaskulärer Thrombektomie (EVT) behandelt werden [11]. Mittler-weile existieren in vielen Regionen Or-ganisationsstrukturen, die die schnellst-mögliche Vermittlung betroffener Pa-tienten zu einem entsprechend qualifi-zierten neuroradiologischen Team er-möglichen. Weit verbreitet ist das „Drip-and-ship“-Konzept: Der Patient wird unter laufender intravenöser tPA („tissue plasminogen activator“)-Therapie in ein neurovaskuläres Zentrum transportiert. Die EVT kann theoretisch auch vor Ort in regionalen Krankenhäusern angebo-

ten werden. Ein alternatives Konzept ist daher die Aussendung eines Neuroradiologen in ein peripheres Krankenhaus („drip and drive“), um den Patienten vor Ort in der Angiographieeinheit der örtlichen Radiologie zu versorgen [12–14]. Während diese Konzepte vor allem für Metropolregionen geeignet sind, gestaltet sich die endovaskuläre Versorgung von Patienten in ländlicheren Regionen mit langen Transportzeiten weiterhin schwierig. Eine paneuropäische Studie hat entsprechend große geografische Ungleichheiten in der akuten Schlaganfallbehandlung aufgezeigt [10]: Die jährliche Zahl der Thrombektomien schwankte zwischen 0 und etwa 56/1000 ischämischen Schlaganfallpatienten im Jahr 2016.

Neuroendovaskuläre Ausbildung in der Neuroradiologie

Die praktische Ausbildung eines Neuroradiologen im vollen Spektrum aller Eingriffe umfasst üblicherweise mehrere Jahre, aber auch allein die thrombektomiespezifische Weiterbildung von Neuroradiologen ist inklusive des Erlernens eines Komplikationsmanagements ein zeitaufwendiger Prozess von 6 bis 12 Monaten [15]. In dieser Zeit sollte ein Neuroradiologe in einem Krankenhaus mit hoher Falldichte zunächst von einem Experten direkt angeleitet und im Verlauf mit zunehmenden Freiheiten supervidiert werden. Dies ist meist regulärer Bestandteil des Weiterbildungskurrikulums in akademischen Zentren. Kleinere Krankenhäuser mit geringem Personalbestand können dagegen ihre Neuroradiologen nur eingeschränkt für eine erforderliche externe Hospitation freistellen. Kann anderweitig kein thrombektomiefähiger Neuroradiologe rekrutiert werden, muss sich das Krankenhaus aus der Akutversorgung von Schlaganfallpatienten abmelden.

Aber auch nach formalem Abschluss der endovaskulären Ausbildung müssen Techniken weiter gelernt und gelehrt werden, nicht zuletzt, weil sich die in den Eingriffen verwendeten Materialien permanent weiterentwickeln. Neue Materialien erfordern oft eine andere Handhabung, die entsprechend einge-

übt werden muss. Dies wird zumeist an „Hands-on“-Kursen mit Flussmodellen und Simulatoren absolviert [16]. Erfolgen danach die ersten elektiven klinischen Einsätze des neuen Produkts sind neben den technischen Produktspezialisten oftmals zusätzlich externe erfahrene ärztliche Anwender (Proctoren) zugegen, die den lokalen Kollegen mit ihrem spezifischen Wissen unterstützend zur Seite stehen. Ein solches Proctoring ist aber bei akuten Eingriffen (z. B. beim Schlaganfall) organisatorisch nicht darstellbar. Zudem kam es in den letzten Monaten durch COVID-19 („coronavirus disease 2019“) zu einer massiven Einschränkung der Reisetätigkeit, was ein Proctoring auch bei elektiven Fällen praktisch unmöglich machte.

Eine mögliche Lösung für beide Szenarien ist ein Proctoring unter Verwendung eines externen Kamerasystems (Telementoring/Teleproctoring/Remote-Proctoring; [17, 18]). Der permanente Zugang zu solchen Möglichkeiten wird inzwischen in globalen Umfragen und Leitlinien ausdrücklich gefordert [19, 20].

Telementoring (Remote-Proctoring) bei chirurgischen und interventionellen Eingriffen

Das Konzept des Telementorings wird in der Chirurgie bereits seit mehr als 20 Jahren eingesetzt, wobei sich insbesondere endoskopische Verfahren hierzu anbieten [21]. Aber auch mikroneurochirurgische Operationen [22] und endovaskuläre Eingriffe [23, 24] wurden bereits mit dieser Technologie begleitet.

In einer Vielzahl von Studien wurden verschiedene methodische Ansätze zum Telementoring untersucht. Die Ergebnisse einer aktuellen Metaanalyse legen nahe, dass das Telementoring ein ähnliches Sicherheits- und Wirksamkeitsprofil wie die Unterstützung durch einen vor Ort anwesenden Mentor aufweist [21]. In insgesamt zwölf dieser Studien wurde das Telementoring direkt mit dem Mentoring vor Ort verglichen. So schlussfolgern die Autoren basierend auf den sehr guten Langzeitergebnissen nach Implantation von Aortenstents, dass das Telementoring eine ausgezeichnete Einübung

endovaskulärer Fähigkeiten in die Routinepraxis in abgelegenen Gesundheitsversorgungsstandorten ermöglicht [24]. Sieben (58 %) zeigten keinen Unterschied in den Ergebnissen zwischen Telementoring und Vor-Ort-Betreuung. Keine Studie ergab, dass Telementoring zu schlechteren postoperativen Ergebnissen geführt hätte [21].

Eine Anwendung in der interventionellen Neuroradiologie war bis vor Kurzem noch nicht systematisch erfolgt. Eine Bildübertragung aus Angiographieräumen gab es lediglich im Rahmen von Konferenzen mit „live cases“ mit aufwendiger Fernsteuertechnik. Ein elektronischer Austausch zu akuten Behandlungsfällen fand teilweise mit einfachen kommerziellen Messenger-Diensten statt [25]. Das Interesse an ausgereifteren Methoden zum Remote-Proctoring hat durch COVID-19 erheblich zugenommen [19].

Technische Umsetzung für die interventionelle Neuroradiologie

Die inzwischen allgegenwärtigen Videostreaminglösungen sind für die nutzerfreundliche Kommunikation vieler Gesprächsteilnehmer optimiert und dafür sehr gut geeignet. Die dadurch vorgegebenen Prioritäten in Entwicklung und Design lassen diese Produkte nicht notwendigerweise für eine Anwendung in der interventionellen Neuroradiologie als geeignet erscheinen, die insbesondere eine Übertragung angiographischer Aufnahmen mit ausreichender Qualität und Stabilität erfordert. Eine entsprechende technische Lösung muss eine hohe Bildqualität, minimale Latenzzeit und eine maximale Zuverlässigkeit garantieren, kann dafür aber mit weniger Gesprächsteilnehmern auskommen. Erreicht wird dies z. B. durch die Verwendung der richtigen Kombination von Streamingtechnologien und eine volle Kontrolle über die Videocodierungsseite, einschließlich der Hardware. Das Vorhandensein geeigneter Sicherheitsmaßnahmen (z. B. die konsequente Verschlüsselung aller Daten) ist eine zentrale Notwendigkeit für einen solchen Einsatz. Auch sind spezifische ergonomische Überlegungen bedeutsam, damit der behandelnde

Hier steht eine Anzeige.



Arzt die volle Kontrolle über eine Streamingsitzung besitzt und sich dennoch voll und ganz auf das jeweilige Verfahren konzentrieren kann.

» Der Proctor kann sich passwortgeschützt von jedem internetfähigen Computer zuschalten

Eine solche entsprechende spezifische Onlineplattform ist vor Kurzem entwickelt worden [17] und soll hier kurz exemplarisch beschrieben werden. Das System (Tegus Medical GmbH, Hamburg, Deutschland) besteht aus einer um 360 Grad dreh- und um 180 Grad schwenkbaren „High-Definition“-Netzwerkamera, die an einem freistehenden, frei im Angiographiesaal beweglichen Stativ montiert ist, und einem mobilen Server, der den Datentransfer und den Onlinezugriff ermöglicht, sowie einer Mikrofon- und Kopfhörereinheit für die Kommunikation (Abb. 1). Die Bild- und Audiodaten werden in Echtzeit verschlüsselt auf die unter strengsten Datenschutzaufgaben entwickelte Onlineplattform übertragen. Ein thrombektomieerfahrener Neuroradiologe (Proctor) kann sich passwortgeschützt von jedem internetfähigen Computer einschalten und mittels eines Kopfhörers mit Mikrofon mit dem behandelnden Neuroradiologen kommunizieren, mittels Navigationschaltflächen die Kamera innerhalb des Angiographiesaales navigieren und auf jeden Punkt im Saal richten und einzoomen, beispielsweise den Angiographiemonitor oder die Hände des behandelnden Arztes. Bei maximalem Zoom ist die Auflösung so hoch, dass die proximalen und distalen Marker sowie die strahlendichten Drähte eines Stent-Retrievers am Monitor problemlos zu identifizieren sind. Eine zeitliche Verzögerung der Video- oder Audiodaten ist auch bei Verwendung eines gewöhnlichen Breitbandinternetzugangs nur minimal und für den Beobachter kaum wahrnehmbar.

Ein alternatives System zum Telementoring wird von der Firma Olympus (Center Valley, PA, USA) mit dem System

Nervenarzt 2021 · 92:107–114 <https://doi.org/10.1007/s00115-020-01057-x>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

M. Bechstein · E. Goebell · J. Fiehler

Remote-Proctoring bei neuroradiologischen Interventionen

Zusammenfassung

Hintergrund. Endovaskuläre Verfahren haben einen festen Platz bei der Behandlung von Hirngefäßkrankungen, z. B. die Thrombektomie beim Schlaganfall. Die ständige Weiterentwicklung der hierbei verwendeten Materialien (z. B. Katheter und Stents) fordert von den behandelnden Ärzten ein permanentes Lernen.

Fragestellung. Technische Hilfsmöglichkeiten zur Unterstützung bei neuen neuroendovaskulären Verfahren.

Material und Methode. Integration von Streamingtechnologien in das Ausbildungskonzept von Neuroradiologen.

Ergebnisse. Die Übertragung angiographischer Aufnahmen auf einen entfernten Computerarbeitsplatz in Echtzeit ist mittels spezifischer Streamingtechnologie

ortsunabhängig möglich. Hierdurch kann ein neuroendovaskulärer Spezialist geographisch entfernte Interventionalisten bei der Durchführung eines Kathetereingriffes am Gehirn beraten, die Handhabung der verwendeten Materialien überblicken und bei Bedarf anleiten (Remote-Proctoring).

Schlussfolgerungen. Insbesondere bei Notfalleingriffen und während Reisebeschränkungen kann durch Zuschaltung eines weiteren neuroendovaskulären Spezialisten per Livestreaming die Patientensicherheit erhöht werden.

Schlüsselwörter

Thrombektomie · Hirngefäßkrankung · Telemedizin · Teleproctoring · Telestreamtechnologie

Remote proctoring in neuroradiological interventions

Abstract

Background. Endovascular procedures are paramount in the treatment of cerebrovascular diseases, e.g. thrombectomy for stroke. The continuous further development of the devices used for these procedures (e.g. catheters and stents) requires permanent learning by the treating physician.

Objective. Technical support options for new neuroendovascular procedures.

Methods. Integration of streaming technologies into the training concept for neuroradiologists.

Results. The transmission of angiographic images to a remote computer workstation in real time is possible independent of location by means of specific streaming technology.

This approach enables a neuroendovascular specialist to advise geographically distant interventionalists when performing catheter interventions of the brain, to oversee the handling of the materials used and to instruct them if necessary (remote proctoring).

Conclusion. Especially during emergency interventions and during travel restrictions, patient safety can be increased by connecting to another neuroendovascular specialist via live streaming.

Keywords

Thrombectomy · Cerebrovascular diseases · Telemedicine · Teleproctoring · Telestream technology

MedPresence angeboten. Die Angiographiebilder werden hierbei separat übertragen, wodurch Modifizierungen des Angiographiegerätes erforderlich sind. Andere Anbieter für Telementoringsysteme sind z. B. Avail (Palo Alto, CA, USA) oder Proximie (London, Großbritannien), wobei uns Publikationen im neurointerventionellen Bereich aber nicht bekannt sind. Die frühere Idee, Google Glass (Google, Palo Alto, CA, USA) für Telementoring bei Neuroin-

terventionen einzusetzen, scheint sich nicht durchgesetzt zu haben.

Datenschutz und Telementoring

Die beteiligten Kliniken und technischen Anbieter von Telementoringsystemen unterliegen in Deutschland der europäischen Datenschutzgrundverordnung (DSGVO). So verfügt beispielsweise die Firma Tegus Medical über einen Datenschutzbeauftragten, der die Einhaltung der DSGVO-Standards innerhalb

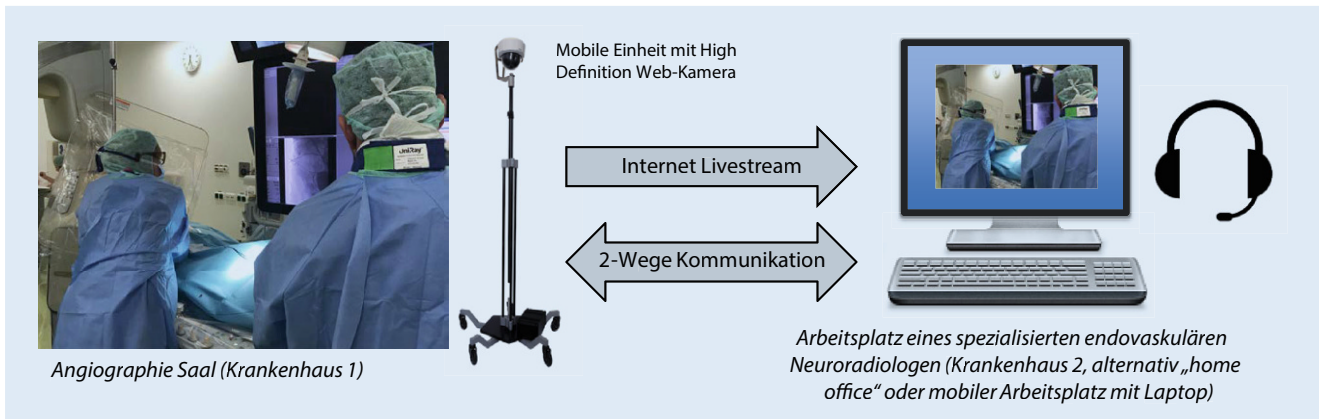


Abb. 1 ▲ Nutzung der Remote-Streaming-Technologie zur Unterstützung neuroendovaskulärer Eingriffe. Ein neuroendovaskulärer Spezialist überwacht und instruiert beispielsweise eine Schlaganfallthrombektomie, die in einem separaten Krankenhaus durchgeführt wird. Ihm stehen hierbei ein Livestream und Zwei-Wege-Kommunikation zur Verfügung. Der Spezialist kann sich überall befinden, z. B. in einem neurovaskulären Zentrum oder zu Hause mit einem normalen internetfähigen Notebook

des Unternehmens kontinuierlich überwacht und sicherstellt. Mit Vorbereitung der Installation beginnt eine enge Zusammenarbeit mit den IT-Abteilungen und den Datenschutzbeauftragten der Krankenhäuser, um die individuell geforderten Datenschutzinformationen zur Verfügung zu stellen und ggf. technische und organisatorische Anpassungen vorzunehmen. Der behandelnde Arzt entscheidet als einziger uneingeschränkt in jedem Behandlungsfall, wer an der Telementoring/Streamingsitzung teilnimmt und wer eine Zugangsberechtigung zur Ansicht des Eingriffes erhält. Er sollte in einer Nutzen-Risiko-Abwägung wann immer möglich vor dem Streaming das Einverständnis des Patienten einholen. Das Ausblenden des Patientennamens auf dem Angiographiebildschirm sollte grundsätzlich erfolgen.

Experimentelle und praktische Erfahrungen mit dem Remote-Proctoring

Die technische Durchführbarkeit einer mittels Remote-Proctoring unterstützten Thrombektomie wurde unter Studienbedingungen an einem Angiographiesimulator untersucht [17]. Sechs Radiologen ohne vorherige Thrombektomieerfahrung führten jeweils eine Gesamtzahl von 36 Thrombektomien an einem endovaskulären Simulator der Firma Mentice durch (Mentice VIST G5; Mentice AB, Göteborg, Schweden). Die Szenari-

en umfassten verschiedene embolische Großgefäßverschlüsse der vorderen und hinteren Zirkulation. Szenarienabhängig war entweder eine direkte Aspiration des Thrombus, die Platzierung eines Stent-Retrievers mit Bergung des Thrombus oder ein ergänzendes Stenting erforderlich. Die eingriffsführenden Ärzte wurden hierbei von einem erfahrenen Neuroradiologen angeleitet, der wechselnd nach jedem Szenario entweder direkt mit am Patiententisch stand (konventionelles Proctoring) oder mittels Telestream-technologie online von einem anderen Raum zugeschaltet war (Remote-Proctoring). Die primäre Ergebnisvariable war die Zeit bis zur Rekanalisation, gemessen ab dem Zeitpunkt des Einsetzens des ersten Katheters bis zur Wiedereröffnung des verschlossenen Gefäßes. Sekundäre Zielvariablen waren die Zahl gescheiterter Thrombektomien, die Anzahl der für eine erfolgreiche Rekanalisation erforderlichen Versuche, die Handhabungsgenauigkeit des Stent-Retrievers, die Menge des verwendeten Kontrastmittels und die Durchleuchtungszeit. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in den Rekanalisationszeiten, der Anzahl gescheiterter Thrombektomien, im Kontrastmittelverbrauch, den Durchleuchtungszeiten oder der Handhabungsgenauigkeit des Stent-Retrievers gemessen. Fragebögen ergaben ebenfalls vergleichbare Ergebnisse für die subjektiv empfundene Sicherheit während des Eingriffes, der Verständlichkeit der Anweisungen und

der Zufriedenheit der Behandler mit der manuellen Umsetzung der Anweisungen.

» Telestreaming ermöglicht ein Proctoring auch bei Notfalleingriffen

Obwohl diese Studie durch ihre kleine Stichprobengröße und ihren experimentellen Aufbau begrenzt ist, deuten die Ergebnisse klar darauf hin, dass Neuroradiologen bei der Ausführung endovaskulärer Verfahren wie einer notfallmäßigen Thrombektomie von ortsfernen Spezialisten unterstützt werden können.

Erste Erfahrungen aus elektiven neurovaskulären Eingriffen, aber auch bei Notfällen liegen zwischenzeitlich vor [26], bei denen sich zeigte, dass das System sicher einsetzbar ist und die klinischen Erwartungen erfüllt, die an ein Proctoring gestellt werden. Ein weiterer Einsatz bei der Einführung neuer Materialien zur Unterstützung eines weniger erfahrenen Anwenders ist also aussichtsreich. Ob diese Technologie die Behandlung und somit die Prognose von Schlaganfallpatienten in derzeit noch unterversorgten Regionen verbessern kann, bedarf jedoch weiterer umfangreicherer Studien. Eine erste solche Studie wurde gerade von der European Society of Minimally Invasive Neurological Therapy (ESMINT) initiiert. In Kooperation mit drei rumänischen Partnerkrankenhäusern wird die Verwendung des Systems

Tab. 1 Einsatzmöglichkeiten der Telestreamingtechnologie während neuroendovaskulärer Eingriffe

Szenario	Potenzielle Vorteile des Telestreamings	Praktische Überlegungen
Backup: Komplikationsmanagement bei der akuten Behandlung eines Schlaganfalles bei geringerer Erfahrung des lokalen endovaskulären Behandlungsteams (periphere Krankenhäuser mit geringer „case load“)	Ein erfahrener Spezialist (z. B. der diensthabende Neuroradiologe an einem Krankenhaus mit hoher „case load“) kann von ortsfern die Thrombektomie in Echtzeit verfolgen und bei Bedarf anleiten (Remote-Proctoring)	Lokale Verfügbarkeit eines Radiologen mit Erfahrung in neuroendovaskulären Eingriffen, lokale Angiographieinfrastruktur muss vorhanden sein
Erhöhte Patientensicherheit bei der Einführung neuer interventioneller Produkte	Erfahrene Anwender können die Einführung ihrer Produkte im klinischen Alltag begleiten (z. B. neuer Katheter)	Ermöglicht ein Proctoring auch bei Notfalleingriffen
Vordergrunddienst (Facharzt-niveau) führt endovaskulären Eingriff durch	Hintergrunddienst steht bei Bedarf zur fachlichen Beratung bereit	Dienstmodell für einzelne Krankenhäuser oder Krankenhausverbund
Komplexer elektiver neuroendovaskulärer Eingriff in einem neuroendovaskulären Zentrum („Low-incidence-high-risk“-Szenario; z. B. Embolisation einer arteriovenösen Malformation mit mehreren Zuflüssen)	Weltweite Zuschaltung von Experten zur gemeinschaftlichen Fallbesprechung („expert counsel“)	Experten müssen vorab informiert werden, Terminabstimmung ggf. auch über Zeitzonen erforderlich
Neuroendovaskuläre Weiterbildung	Praktische Demonstration endovaskulärer Fälle in Echtzeit an ein online zugeschaltetes Publikum (E-Fellowship)	Der Experte (Proctor) befindet sich selbst im Angiographiesaal („inverse remote proctoring“), Weiterzubildende beobachten den Eingriff via Livestream, kein „Hands-on“-Erlebnis

beim Schlaganfall begleitet [27]. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die praktische Demonstration endovaskulärer Fälle in Echtzeit an einen online zugeschalteten Trainee (E-Fellowship) als Bestandteil der endovaskulären Ausbildung.

Neben einer ortsunabhängigen Unterstützung der endovaskulären Akutversorgung von Schlaganfallpatienten bestehen noch weitere potenzielle Anwendungen des Livestreaming in der neuroendovaskulären Medizin. Diese sind als Übersicht einschließlich eventueller methodischer Limitationen in **Tab. 1** aufgeführt.

„Neurorobotics“ bei neuroradiologischen Interventionen

Die Einsetzbarkeit der Robotertechnologie wird auch in der endovaskulären Therapie neurovaskulärer Erkrankungen ambitioniert vorangetrieben und kontrovers diskutiert [28, 29]. Unter viel Aufmerksamkeit wurden Anfang

des Jahres 2020 drei Studien publiziert, in denen die roboterassistierte endovaskuläre Coil-Embolisation eines intrakraniellen Aneurysmas, diagnostische Angiographien und das Stenting von Karotisstenosen demonstriert wurden [30–32]. Ähnlich dem Da-Vinci-System bei urologischen Operationen führt ein Roboter hierbei mechanisch genau die Aktionen durch, die ein Operateur an einer Bedieneinheit eingibt. Während die Remote-Streaming-Technologie eine räumliche Trennung zwischen dem behandelnden Arzt und einem erfahrenen beratenden Spezialisten erlaubt, kann eine robotergestützte neuroendovaskuläre Behandlung die räumliche Trennung von Patient und Behandler ermöglichen. Dies kann perspektivisch die notfallmäßige Versorgung neurovaskulär erkrankter Patienten weltweit revolutionieren, unabhängig von der lokalen Verfügbarkeit eines neuroendovaskulär erfahrenen Behandlungsteams. Die technischen, finanziellen, infrastrukturellen,

datenschutzrechtlichen und nicht zuletzt versicherungsrechtlichen Hürden sind derzeit jedoch so hoch, dass eine Einführung dieser grundsätzlich vielversprechenden Technologie allenfalls langfristig realistisch erscheint. Der bereits jetzt hohe und prognostisch weiter steigende Bedarf an endovaskulär tätigen Neuroradiologen ist ein akutes Problem mit der Notwendigkeit zeitnaher Lösungen.

Fazit für die Praxis

- Neurointerventionelle Materialien, wie Katheter und Stents, und deren Handhabung werden permanent weiterentwickelt, um die Sicherheit, Wirksamkeit und Handhabbarkeit zu verbessern. Dies erfordert ein kontinuierliches Lernen auf Seiten des Anwenders.
- Insbesondere bei Notfalleingriffen und während Reisebeschränkungen können externe Experten (Proctoren) nicht direkt vor Ort zur Unterstützung und Weiterbildung eingebunden werden.
- Spezifisch entwickelte Streamingtechnologie ermöglicht die digitale Zuschaltung externer Experten während des Eingriffes (Remote-Proctoring) und erhöht so die Patientensicherheit.

Korrespondenzadresse



Dr. M. Bechstein
Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie,
Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52, 20246 Hamburg, Deutschland
m.bechstein@uke.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J. Fiehler hat Forschungsmittel erhalten von: Bundesministerium für Wissenschaft und Bildung (BMBF), Bundesministerium für Wirtschaft und Innovation (BMWi), Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Europäische Union (EU), Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB), Medtronic, Microvention, Route92, Stryker. Berater für: Acandis, Bayer, Boehringer Ingelheim, Cerenov

Hier steht eine Anzeige.



vus, Evasc Neurovascular, MD Clinicals, Medtronic, Microvention, Penumbra, Phenox, Stryker, Transverse Medical. Aktieninhaber: Tegus Medical. M. Bechstein und E. Goebell geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- Riina HA (2019) Neuroendovascular surgery. *J Neurosurg* 131(6):1690–1701
- Berkhemer OA, Franssen PS, Beumer D, van den Berg LA, Lingsma HF, Yoo AJ et al (2015) A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. *N Engl J Med* 372(1):11–20
- Bhogal P, Andersson T, Maus V, Mpotsaris A, Yeo L (2018) Mechanical thrombectomy—a brief review of a revolutionary new treatment for thromboembolic stroke. *Clin Neuroradiol* 28(3):313–326
- Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, Dippel DW, Mitchell PJ, Demchuk AM et al (2016) Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet* 387(10029):1723–1731
- Ban SP, Hwang G, Byoun HS, Kim T, Lee SU, Bang JS et al (2018) Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma. *Radiology* 286(3):992–999
- Haldrup M, Ketharanathan B, Debrabant B, Schwartz OS, Mikkelsen R, Fugleholm K et al (2020) Embolization of the middle meningeal artery in patients with chronic subdural hematoma—a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir* 162(4):777–784
- Jumah F, Osama M, Islim AI, Jumah A, Patra DP, Kosty J et al (2020) Efficacy and safety of middle meningeal artery embolization in the management of refractory or chronic subdural hematomas: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir* 162(3):499–507
- Ospel JM, Singh N, Marko M, Almekhlafi M, Dowlatshahi D, Puig J et al (2020) Prevalence of ipsilateral nonstenotic carotid plaques on computed tomography angiography in embolic stroke of undetermined source. *Stroke* 51(6):1743–1749
- Goyal M, Singh N, Marko M, Hill MD, Menon BK, Demchuk A et al (2020) Embolic stroke of undetermined source and symptomatic nonstenotic carotid disease. *Stroke* 51(4):1321–1325
- Aguiar de Sousa D, von Martial R, Abilleira S, Gattringer T, Kobayashi A, Gallofre M et al (2019) Access to and delivery of acute ischaemic stroke treatments: a survey of national scientific societies and stroke experts in 44 European countries. *Eur Stroke J* 4(1):13–28
- Berlis A, Morhard D, Weber W (2019) On the basis of the deGIR/DGMR register nationwide care for acute Ischemic stroke patients in 2016 and 2017 using mechanical thrombectomy by radiologists and Neuroradiologists. *Rofo* 191(7):613–617
- Brekenfeld C, Goebell E, Schmidt H, Henningsen H, Kraemer C, Tebben J et al (2018) “Drip-and-drive”: shipping the neurointerventionalist to provide mechanical thrombectomy in primary stroke centers. *J Neurointerv Surg* 10(10):932–936
- Seker F, Fiehler J, Mohlenbruch MA, Heimann F, Flottmann F, Ringleb PA et al (2020) Time metrics to endovascular thrombectomy in 3 triage concepts: a prospective, observational study (NEUROQUAD). *Stroke* 51(1):335–337
- Seker F, Mohlenbruch MA, Nagel S, Ulfert C, Schonenberger S, Pfaff J et al (2018) Clinical results of a new concept of neurothrombectomy coverage at a remote hospital-“drive the doctor”. *Int J Stroke* 13(7):696–699
- Pierot L, Jayaraman MV, Szikora I, Hirsch JA, Baxter B, Miyachi S et al (2018) Standards of practice in acute ischemic stroke intervention: international recommendations. *J Neurointerv Surg* 10(11):1121–1126
- Crossley R, Liebig T, Holtmannspoetter M, Lindkvist J, Henn P, Lonn L et al (2019) Validation studies of virtual reality simulation performance metrics for mechanical thrombectomy in ischemic stroke. *J Neurointerv Surg* 11(8):775–780
- Bechstein M, Buhk JH, Frölich AM, Broocks G, Hanning U, Erler M et al (2019) Training and supervision of thrombectomy by remote live streaming support (RESS) : randomized comparison using simulated stroke interventions. *Clin Neuroradiol*. <https://doi.org/10.1007/s00062-019-00870-5>
- Isaak A, Mallios A, Gürke L, Wolff T (2020) Teleproctoring in vascular surgery to defy COVID-19 travel restrictions. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 60(4):623–624
- Fiehler J, Brouwer P, Diaz C, Hirsch JA, Kulcsar Z, Liebeskind D et al (2020) COVID-19 and neurointerventional service worldwide: a survey of the European Society of Minimally Invasive Neurological Therapy (ESMINT), the Society of NeuroInterventional Surgery (SNIS), the Sociedad Iberoamericana de Neuroradiología Diagnóstica y Terapéutica (SILAN), the Society of Vascular and Interventional Neurology (SVIN), and the World Federation of Interventional and Therapeutic Neuroradiology (WFITN). *J Neurointerv Surg* 12(8):726–730
- Khan JM, Khalid N, Shlofmitz E, Forrestal BJ, Yerasi C, Case BC et al (2020) Guidelines for balancing priorities in structural heart disease during the COVID-19 pandemic. *Cardiovasc Revasc Med* 21(8):1030–1033
- Erridge S, Yeung DKT, Patel HRH, Purkayastha S (2019) Telementoring of surgeons: a systematic review. *Surg Innov* 26(1):95–111
- Shenai MB, Tubbs RS, Guthrie BL, Cohen-Gadol AA (2014) Virtual interactive presence for real-time, long-distance surgical collaboration during complex microsurgical procedures. *J Neurosurg* 121(2):277–284
- Di Valentino M, Alerci M, Bogen M, Tutta P, Sartori F, Marty B et al (2005) Telementoring during endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms: a prospective study. *J Endovasc Ther* 12(2):200–205
- Porretta AP, Alerci M, Wytenbach R, Antonucci F, Cattaneo M, Bogen M et al (2017) Long-term outcomes of a telementoring program for distant teaching of endovascular aneurysm repair. *J Endovasc Ther* 24(6):852–858
- Calleja-Castillo JM, Gonzalez-Calderon G (2018) Whatsapp in stroke systems: current use and regulatory concerns. *Front Neurol* 9:388
- Bechstein M, Elsheikh S, Wodarg F, Taschner CA, Hanning U, Buhk JH et al (2020) Republished: Interhospital teleproctoring of endovascular intracranial aneurysm treatment using a dedicated live-streaming technology: first experiences during the COVID-19 pandemic. *J Neurointerv Surg*. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-016722.rep>
- <https://www.esmint.eu/training-education/eastmint/>. Zugegriffen: 1. Aug. 2020
- Albuquerque FC, Hirsch JA, Chen M, Fiorella D (2020) Robotics in neurointervention: the promise and the reality. *J Neurointerv Surg* 12(4):333–334
- Goyal M, Sutherland GR, Lama S, Cimflova P, Kashani N, Mayank A et al (2020) Neurointerventional robotics: challenges and opportunities. *Clin Neuroradiol* 30(2):203–208
- Mendes Pereira V, Cancelliere NM, Nicholson P, Radovanovic I, Drake KE, Sungur JM et al (2020) First-in-human, robotic-assisted neuroendovascular intervention. *J Neurointerv Surg* 12(4):338–340
- Nogueira RG, Sachdeva R, Al-Bayati AR, Mohammed MH, Frankel MR, Haussen DC (2020) Robotic assisted carotid artery stenting for the treatment of symptomatic carotid disease: technical feasibility and preliminary results. *J Neurointerv Surg* 12(4):341–344
- Sajja KC, Sweid A, Al Saiegh F, Chalouhi N, Avery MB, Schmidt RF et al (2020) Endovascular robotic: feasibility and proof of principle for diagnostic cerebral angiography and carotid artery stenting. *J Neurointerv Surg* 12(4):345–349