

Gefäßchirurgie 2022 · 27:361–364
<https://doi.org/10.1007/s00772-022-00920-2>
 Angenommen: 14. Juli 2022
 Online publiziert: 30. August 2022
 © The Author(s), under exclusive licence to
 Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
 Springer Nature 2022



Translation gegen die Einbahn – Entwicklung von Simulationsmodellen für die gefäßchirurgische Ausbildung

Markus Plimon · Afshin Assadian

Klinik für Gefäßchirurgie, Klinik Ottakring der Stadt Wien, Wien, Österreich

In diesem Beitrag

- Anforderungen an einen Simulator zum Training des perkutanen Zugangs zu EVAR
- Phasen der Entwicklung
Evaluierung und Zusammenstellung der Hardware-Komponenten • Prototypentestung • Validierung des Simulators
- Diskussion

Zusammenfassung

Bei der Etablierung neuer chirurgischer Methoden und Techniken ist eine Lernkurve, die mit einer höheren Morbidität und Mortalität für die Patient:innen vergesellschaftet sein kann, eine Realität. Um im Rahmen der chirurgischen und endovaskulären Ausbildung die Lernkurve von Patient:innen auf Simulatoren zu übertragen, werden zunehmend lebensnahe Modelle angewendet und getestet. Der Nutzen derartiger Simulationen konnte in mehreren Bereichen dargestellt werden. Wir stellen in diesem Artikel die Schritte von der Konzeption bis zur Produktion und Validierung eines Simulators für ultraschallgezielte Punktionen von arteriellen und venösen Gefäßen dar. Unser Ziel war es eine preiswerte High-Fidelity-Simulation zu entwickeln, die einen möglichst kompletten und lebensnahen Ablauf einer ultraschallgezielten perkutanen Gefäßpunktion erlaubt, direktes haptisches und visuelles Feedback liefert sowie den Einsatz von einigen perkutanen Devices zulässt. Der fertige Prototyp erlaubt eine ultraschallgezielte Punktion der Vene und der Arterie, das Modell ermöglicht das Einführen und Absetzen von endovaskulären Devices und Verschlussystemen. Eine strukturierte Ausbildung ungeachtet äußerer Einflüsse und Herausforderungen anbieten und durchführen zu können, ist im Interesse von Abteilungen und Assistenzärzten und dient letztlich der Patientensicherheit. Das Simulationstraining an lebensnahen Modellen kann hier einen wertvollen Beitrag liefern und eine willkommene Ergänzung zur klinischen Ausbildung darstellen.

Schlüsselwörter

EVAR · Simulation · Simulator · Perkutan · FEVAR

Einleitung

Unter Translation in der Medizin versteht man die Umsetzung von basiswissenschaftlichen Forschungsergebnissen in die unmittelbare Patientenversorgung. Der Weg ist üblicherweise von „bench to bed“ vorgegeben. Die Anwendungsbereiche sind dabei in allen Bereichen der Medizin angesiedelt, in den chirurgischen Fächern ist die Entwicklung und Implementierung neuer Methoden und Produkte und das Erlernen bereits etablierter Methoden mit Blick auf Effektivität und Patientensicherheit zunehmend formaler und in gewisser Weise auch komplizierter geworden.

Bei der Etablierung neuer chirurgischer Methoden und Techniken ist eine Lernkurve, die mit höherer Morbidität und Mortalität für Patient:innen vergesellschaftet sein kann, eine Realität [1, 2]. Gleichmaßen begegnet man derartigen Lernkurven auch bei an manchen Institutionen bereits etablierten Methoden, wenn diese an weiteren Abteilungen neu etabliert werden.

» Der Weg ist üblicherweise von „bench to bed“ vorgegeben

Um im Rahmen der chirurgischen und endovaskulären Ausbildung die Lernkurve von Patient:innen auf Simulatoren zu übertragen, werden zunehmend lebens-

Video Online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s00772-022-00920-2>) enthält ein Video „Ultraschallgezielte Punktion“.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

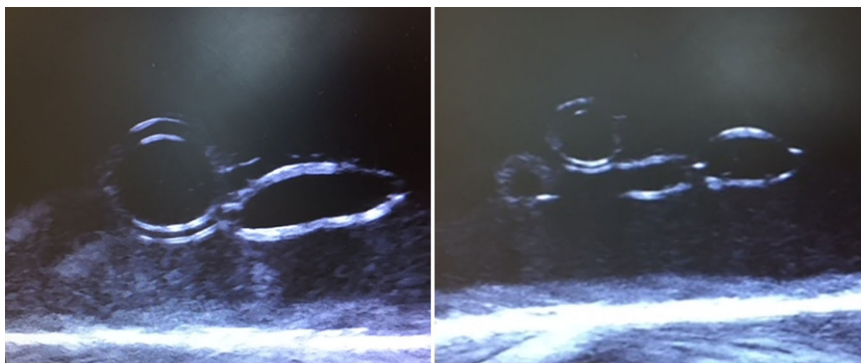


Abb. 1 ▲ Bilder der Femoralisgabel

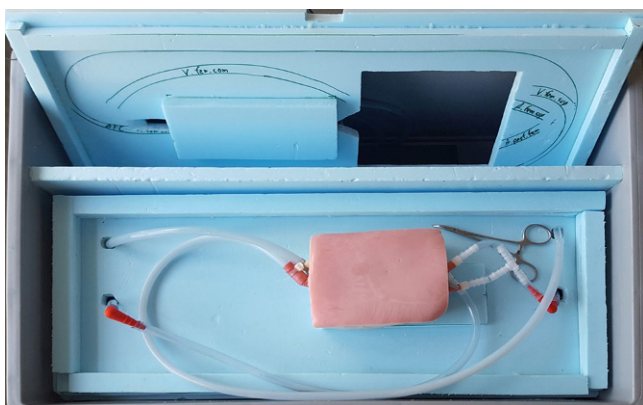


Abb. 2 ◀ Innenleben des Prototyps

nahe Modelle angewendet und getestet. Der Nutzen derartiger Simulationen konnten in mehreren Bereichen dargestellt werden [3].

Im Folgenden stellen wir die Schritte von der Konzeption bis zur Produktion und Validierung eines Simulators für ultraschallgezielte Punktionen von arteriellen und venösen Gefäßen dar.

Anforderungen an einen Simulator zum Training des perkutanen Zugangs zu EVAR

Am Anfang der Entwicklung unseres Simulators standen unsere Bemühungen, perkutane Zugänge bei mitunter komplexen endovaskulären aortalen Eingriffen (EVAR, FEVAR/BEVAR) an unserer Klinik zu standardisieren. Berichte von erfahrenen Anwendern konnten zeigen, dass perkutane Zugänge für diese Verfahren anwendbar sind und im Vergleich zu offen-chirurgischen Zugängen zu verringerten Wundkomplikationen, Schmerzen und Aufenthaltsdauern im Spital führen [4–6].

Aus unseren Erfahrungen bei der Etablierung der perkutanen Zugänge konnten

wir mehrere wichtige Eckpunkte ableiten. Die Durchmesser der bei diesen Eingriffen (FEVAR/BEVAR) verwendeten Einführsysteme sind an den oberen Enden der Bedienungshinweise verschiedener Closure-Devices angesetzt, und eine technisch korrekt durchgeführte ultraschallgezielte Punktion eines möglichst geeigneten, ventralen Segments der A. femoralis communis ist für die Vermeidung von Zugangskomplikationen essenziell. Außerdem braucht es, wie bei jeder manuellen Tätigkeit, mehrere Wiederholungen, um die Applikation von Verschlussystemen optimal zu beherrschen.

Am Anfang des Entwicklungsprozesses definierten wir also genaue Erwartungen, die wir an unseren neuen Simulator stellten. Unser Ziel war es eine preiswerte High-Fidelity-Simulation zu entwickeln, die einen möglichst kompletten und lebensnahen Ablauf einer ultraschallgezielten perkutanen Gefäßpunktion erlaubt, direktes haptisches und visuelles Feedback liefert sowie den Einsatz von einigen perkutanen Devices zulässt. Der Aufbau- und Materialaufwand pro Sitzung sollte so gering wie möglich gehalten werden und der Pro-

totyp sollte möglichst mehrere Punktionen erlauben, um die Kosten pro Übungseinheit zu minimieren. Priorisiert wurde zu diesem Zeitpunkt die Fähigkeit, den Einsatz von Verschlussystemen zu üben.

Phasen der Entwicklung

Evaluierung und Zusammenstellung der Hardware-Komponenten

Zunächst wurden mehrere am Markt verfügbare Gefäßmodelle auf ihre Fähigkeit hin untersucht, ein zufriedenstellendes Bild in der Ultraschalluntersuchung zu liefern. Nach den initialen Tests fiel die Auswahl auf das Embedded Femoral Groin Model von LifeLike BioTissue (Ontario, Kanada), das gemeinsam mit der Organisation Vascular International (vascularinternational.org, Schweiz) entwickelt wurde. Das Produkt besteht aus mehreren Kunststoffschläuchen unterschiedlicher Dicke, die in ein Kunststoffgewebe eingegossen wurden. Im B-Bild war in diesem Modell eine zufriedenstellende Darstellung einer Gefäßbifurkation erzielbar. Eine Dopplermessung in den Schläuchen war aufgrund ausgeprägter Artefakte im umliegenden Gewebe initial nicht möglich (▣ Abb. 1).

Das Modell wurde an zwei unterschiedliche Flüssigkeitsreservoirs angeschlossen, die ein separates Einfärben der roten „arteriellen“ und blauen „venösen“ Kreisläufe zulassen (▣ Abb. 2). Um eine lebensnähere Untersuchung zu ermöglichen, wurden den Flüssigkeiten in den Pumpkreisläufen verschiedene Mikropartikel zugesetzt. Diese Mikropartikel erhöhen die Schallreflexion und verbessern dadurch die Bedingungen für eine Dopplersonographie. Nach einigen Testläufen mit Zellulosefasern konnten wir schlussendlich auf Mikroplastikpartikel verzichten. Um den Simulator weiter zu verbessern, wurde in Kooperation mit den Technikern von Vascular International 12-Volt-Pumpen und Steuereinheiten verwendet, die durch unterschiedliche Ansteuerung der Pumpen einen deutlich pulsartigen „arteriellen“ oder laminaren „venösen“ Fluss erzeugen.



Abb. 3 ◀ Vollständiger Übungsaufbau

Prototypentestung

Der fertige Prototyp wurde vor der abschließenden Validierung zunächst durch erfahrene Anwender getestet. Er erlaubt eine ultraschallgezielte Punktion der Vene und der Arterie. Die durch Silikonschläuche verlängerten Zugangsgefäße ermöglichen das Einführen und Absetzen von endovaskulären Devices und Verschlussystemen (▣ **Abb. 3**). Bei der arteriellen Punktion kommt es zu einem pulsatilen, hellroten Fluss aus der Kanüle. Bei der venösen Punktion kommt es zu einem laminaren, dunkelblauen Fluss. Mehrere Testläufe waren notwendig, um initiale Probleme des Punktionsmodells zu beheben und die zu Beginn deutlich zeitaufwendige Montage zu verkürzen. Letztlich konnte das Modell als kompakte Trainingsbox mit eingebetteten Steuermodulen, Silikonschlauchverlängerungen und einfacher Möglichkeit der Befüllung und Montage eines Inlays finalisiert werden.

Validierung des Simulators

Im Rahmen von Vascular-International-Ausbildungskursen wurde ein ultraschallgezieltes Punktionsstraining mit dem von uns entwickelten Simulator angeboten. Es wurden in zwei Sessions einerseits die venöse Punktion und Anwendung eines Devices zur endovenösen thermischen Ablation und andererseits die arterielle Punktion und Anwendung eines Verschlussystems getestet. Teilnehmer:innen ($n=14$), die die Anlage eines Perclose™-ProGlide™-Systems (Abbott Laboratories, Chicago, IL, USA) üben konnten, wurden auf eine Kontroll- ($n=7$) und eine Interventionsgruppe ($n=7$) randomisiert. Beide

Gruppen wurden strukturiert eingeschult und konnten unter Anleitung einen Probedurchlauf einer optimalen ProGlide™-Anlage am Modell durchführen. Danach wurde eine ProGlide™-Anwendung durchgeführt und die Zeiten videounterstützt erhoben. Die Zeiten wurden von einem verblindeten Untersucher anhand vorher definierter Meilensteine aus den Videos ausgelesen (Zeitpunkt von Ultraschall-Einsatz am Modell, bis Zeitpunkt ProGlide™-Fäden fixiert und durchtrennt). Zwischen den initialen Zeiten der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe gab es keinen signifikanten Unterschied. (Kontrolle Mittelwert 458s, SD 143, Intervention Mittelwert 456s, SD 94s, n.s.) Die Interventionsgruppe erhielt die Möglichkeit für zumindest 30 min weiter an dem Simulator zu üben, danach wurde eine weitere ProGlide™-Anwendung evaluiert. Im Vergleich zur ersten Evaluation waren die Teilnehmer:innen der Interventionsgruppe im zweiten evaluierten Durchlauf signifikant schneller, im Vergleich mit der Kontrollgruppe konnten sie die ProGlide™-Anwendung häufiger ohne Hilfe der Tutoren durchführen (Durchführung ohne Hilfe Interventionsgruppe 5/7, Kontrollgruppe 0/7; erster Durchlauf Mittelwert 456s, SD 94s; zweiter Durchlauf Mittelwert 302s, SD 58s, $p < 0,001$). Des Weiteren wurden die Videos verwendet, um mit den Teilnehmer:innen die Abläufe zu rekapitulieren und Feedback zu geben. Zudem zeigte eine Umfrage unter den Studienteilnehmer:innen eine hohe Akzeptanz des verwendeten Modells: Die Simulation wurde von allen Teilnehmer:innen als lebensnah und als sinnvolle Ergänzung zum üblichen Training empfunden [7].

Diskussion

Neue Trainingsmöglichkeiten und Simulatoren werden häufig erst nach der Etablierung von Medizinprodukten und Methoden entwickelt. Somit ergibt sich hier ein Bild der Entwicklung gegen die Einbahn: Nach Etablierung einer Methode an Patient:innen werden Simulatoren entwickelt, die wichtige Teilschritte oder gesamten Prozeduren in Ablauf, Haptik und Feedback simulieren können. Mit diesen Simulatoren können die Lernkurve und potenzielle Komplikationen, die mit ihr vergesellschaftet sind, von Patient:innen zum Simulator verlagert werden. Am Beispiel der perkutanen arteriellen Punktion unter Anwendung eines Verschlussystems zeigt dieser Artikel den Beginn dieses Weges auf.

» Die Lernkurve kann von Patient:innen auf den Simulator verlagert werden

Für die Zukunft planen wir die Ausweitung dieses Trainingsprogramms sowie die Erweiterung auf andere Anwendungsgebiete, wie das Training der ultraschallgezielten Anlage eines zentralen Venenkatheters. Nach entsprechenden Modifikationen wäre auch das Üben einer ECMO-Anlage, von Dialysehunt-Punktionen oder die Anlage eines REBOA Systems möglich. Die Möglichkeit, diese teils komplexen Abläufe am Simulator zu erlernen, in regelmäßigen Abständen zu trainieren, um das erlernte Niveau zu erhalten und bereits erlernte Abläufe stressfrei zu perfektionieren, ist für die Anwender wie für die Patientensicherheit sehr wertvoll.

Die COVID-19-Pandemie hat uns ganz deutlich die Notwendigkeit der Verstärkungen unserer Bemühungen und des langfristigen Engagements für dieses Projekt aufgezeigt, da es oft Trainingsprogramme sind, die den Notwendigkeiten des Alltags in der Klinik zum Opfer fallen, weil die Anschaffung von Simulatoren oft kostenintensiv ist und die Durchführung von Simulationstrainingseinheiten einiges an Personal und Arbeitszeit benötigt.

Fazit für die Praxis

- Eine strukturierte Ausbildung ungeachtet äußerer Einflüsse und Herausforderungen

anbieten und durchführen zu können, ist im Interesse von Abteilungen und Assistenzärzten und dient letztlich der Patientensicherheit.

- Das Simulationstraining an lebensnahen Modellen kann hier einen wertvollen Beitrag liefern und eine willkommene Ergänzung zur klinischen Ausbildung darstellen.

Korrespondenzadresse



Dr. Markus Plimon

Klinik für Gefäßchirurgie, Klinik Ottakring der Stadt Wien
Montleartstr. 37, 1160 Wien, Österreich
markus.plimon@gesundheitsverbund.at

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Plimon und A. Assadian geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

Literatur

1. Larsen CR, Soerensen JL, Grantcharov TP, Dalsgaard T, Schouenborg L, Ottosen C, Schroeder TV, Ottesen BS (2009) Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial. *BMJ* 338:b1802. <https://doi.org/10.1136/bmj.b1802> (Erratum in: *BMJ*. 2009. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2074>)
2. Kim AH, Kendrick DE, Moorehead PA, Nagavalli A, Miller CP, Liu NT, Wang JC, Kashyap VS (2016) Endovascular aneurysm repair simulation can lead to decreased fluoroscopy time and accurately delineate the proximal seal zone. *J Vasc Surg* 64(1):251–258. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.01.050>
3. Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, Hedman L, Hogman C, McClusky DA 3rd, Ramel S, Smith CD, Arvidsson D (2007) Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surg* 193(6):797–804. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2006.06.050>
4. Uhlmann ME, Walter C, Taher F, Plimon M, Falkensammer J, Assadian A (2018) Successful percutaneous access for endovascular aneurysm

Translational medicine—Development of simulation models for training in vascular surgery

The establishment of new surgical methods and techniques is associated with a learning curve which can lead to a higher morbidity and mortality for patients during training. To counteract this problem, within the framework of surgical and endovascular training and to transfer the learning curve from the patients to the simulator, life-like models are used and tested. The benefits of such simulator training have been shown in multiple disciplines. This article presents the steps from the conception to the production and validation of a simulator for ultrasound-guided arterial and venous puncture. The goal was to develop a cost-efficient high-fidelity simulator that enables ultrasound-guided percutaneous vascular puncture, direct haptic and visual feedback and the use of some percutaneous devices in a manner as complete and life-like as possible. The finished prototype enables an ultrasound-guided puncture of arteries and veins and the model enables the deployment of endovascular devices and closure systems. To be able to provide and carry out a structured training removed from external influences and challenges is in the interest of clinical departments, trainees and ultimately patient safety. Simulation training on life-like models can provide a valuable contribution in this context and represents a welcome supplement to traditional clinical training.

Keywords

EVAR · Simulation · Simulator · Percutaneous · FEVAR

repair is significantly cheaper than femoral cutdown in a prospective randomized trial. *J Vasc Surg* 68(2):384–391. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.12.052>

5. Buck DB, Karthaus EG, Soden PA, Ultee KH, van Herwaarden JA, Moll FL, Schermerhorn ML (2015) Percutaneous versus femoral cutdown access for endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* 62(1):16–21. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2015.01.058>
6. Liang P, O'Donnell TFX, Swerdlow NJ, Li C, Lee A, Wyers MC, Hamdan AD, Schermerhorn ML (2019) Preoperative risk score for access site failure in ultrasound-guided percutaneous aortic procedures. *J Vasc Surg* 70(4):1254–1262.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.12.025>
7. Taher F, Plimon M, Isaak A, Falkensammer J, Pablik E, Walter C, Kliewer M, Assadian A (2020) Ultrasound-guided percutaneous arterial puncture and closure device training in a pulsatile model. *J Surg Educ* 77(5):1271–1278. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.02.032>