

Changing Culture – Simulator- training als Mittel zur erhöhten Patientensicherheit

Bericht vom International Meeting on Medical Simulation,
Scottsdale, 12.–14.1.2001

In Scottsdale, Arizona, fand vom 12.–14. Januar 2001 das Internationale Treffen über medizinische Simulation statt, das in Kooperation der Society for Technology in Anesthesia (STA; s. auch „Der Anaesthesist 7/1999) und der Rochester Simulation Group abgehalten wurde. Der überwiegend von Amerikanern besuchte Kongress stellte die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von Simulatoren in der Medizin dar. Es wurden kritisch die Fragen der Durchsetzbarkeit, Validität und Finanzierbarkeit von Simulation diskutiert. Abschließend wurde der Einsatz von Simulatoren in der Medizin als einer der wichtigsten Beiträge zur Qualitätssteigerung medizinischer Leistungen und damit verbunden als Mittel zur effektiven Steigerung der Patientensicherheit gewertet. Zur Durchsetzung dieser Technologien in Aus- und Weiterbildung von Medizinern, insbesondere von Anästhesisten, wird jedoch ein grundlegender kultureller Wandel in den derzeit vorherrschenden Konzepten unerlässlich sein.



Abb. 1 ◀ In Scottsdale, Arizona, fand das Treffen zur medizinischen Simulation statt

Teilnehmerstruktur

Von den über 130 Teilnehmern stammte, wie nicht anders zu erwarten, der überwiegende Teil aus den USA, wo die Zahl der Patientensimulatoren mit etwa 150 Einheiten weltweit am höchsten ist; 7 Besucher kamen aus Kanada, 4 aus Australien und Neuseeland, 2 aus Israel und einer aus Singapur. Von den 15 europäischen Kongressbesuchern kamen 3 aus Deutschland (Heidelberg, Mainz, Tübingen), die übrigen 12 aus Großbritannien, wo die Anästhesiesimulation den Stellenwert eines etablierten Ausbildungsinstrumentes erreicht hat. Die Verteilung der wissenschaftlichen Beiträge und Workshops spiegelte zahlenmäßig die Herkunft der Kongressteilnehmer wieder.

Einsatz unterschiedlicher Simulationssysteme in Workshops

An beiden Kongresstagen fanden in 4 Räumen parallel insgesamt 24 Workshops von je 45 min Dauer statt. Zwei *Fullscale-Patientensimulatoren* [Medical Educational Technology Inc.(METI), Florida] standen zur Verfügung (Abb. 3). An diesen hochrealistischen künstlichen Patienten wurden die vielfältigen Möglichkeiten dieser Systeme zu Ausbildungs- und Trainingszwecken demon-

Dr. C. Grube
Klinik für Anästhesiologie, Universität
Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 110,
69120 Heidelberg, E-Mail:
Christoph_Grube@med.uni-heidelberg.de



Abb. 2 ▲ Kongresspräsident W. B. Murray, PennState University, Hershey, Pennsylvania, brachte Experten aus Anästhesie, Chirurgie, Innerer Medizin und Psychologie zusammen

striert, um Studenten und angehenden Anästhesisten medizinisches Wissen zu vermitteln (A. Levine, Mt. Sinai School of Medicine, New York City). Der Einsatz dieser Simulatoren zum Durchspielen von Szenarien in kompletten Operationsteams wurde als Medium zum Training von Krisenmanagement-Prinzipien veranschaulicht (D. Feinstein, Beth Israel/Harvard, Boston; F. Forrest, Bristol, England). Dieses sog. ACRM-Training (acute crisis resource management) wurde federführend von D. Gaba (Stanford University, Palo Alto, Kalifornien) in Anlehnung an die zivile Luftfahrtsimulation etabliert.

Ein neuer Patientensimulator, der einfacher und preiswerter als das METI-Modell ausgeführt ist, wurde im Rahmen eines Airway-management-Workshops vorgestellt (SimMan™, Laerdal/MedicalPlastics). Auch dieser Simulator weist noch einen hohen Grad an Realität auf (Spontanatmung, CO₂-Produktion, Auskultationsphänomene, Atemwege u. a.) und ist als *Fullscale-System* konzipiert. *Partscale-Simulatoren*, sog. Task-Trainer, zum Üben spezieller Fähigkeiten wie der Bronchoskopie, demonstrierten den Einsatz von Virtual-reality (VR)-Technologie (R. Rowe, Children's Hospital, Oakland, Kalifornien; B. Robinson, Wellington, New Zealand).

Während der Proband mit einem handelsüblichen Bronchoskop in einem Dummy-Bronchialbaum navigiert, kann er wie in einer realen Videobronchoskopie seine Aktionen auf einem Monitor

kontrollieren. Auch Lavagen und Biopsien in gezielt aufzusuchenden Lokalisationen können so trainiert werden. Eine Wegweiserfunktion erlaubt es zu Ausbildungszwecken, die einzelnen Strukturen des Bronchialbaumes anatomisch korrekt zu beschriften, wobei auch schwierige pädiatrische Atemwege zur Verfügung stehen. Auch reine *Bildschirmsimulationsprogramme*, sog. *screen based* oder *computer based simulation* (Body Simulation®, Gas Man®), die auf hochkomplexen Modellen basieren, wurden hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Wissensvermittlung demonstriert (N.T. Smith, UCSD, San Diego, Kalifornien; J. Philip, Harvard University, Boston). Hinsichtlich der Genauigkeit in der Abbildung physiologischer und pharmakologischer Zusammenhänge scheinen diese Programme den existierenden *Fullscale-Simulatoren* durch ihre differenzierteren Rechenmodelle sogar etwas überlegen (Abb. 4 zeigt exemplarisch das Simulatortraining mit HANS an der Universität Heidelberg).

Technische Voraussetzungen

Während der erste *Fullscale-Simulator* „SIM ONE“, von Abrahamson und Denison bereits 1969 vorgestellt, durchaus schon Eigenschaften heutiger *Fullscale-Simulatoren* aufwies, benötigte dessen Steuerungseinheit noch den Platz einer PKW-Garage. Die Miniaturisierung elektronischer und mechanischer Bauteile ermöglichte es, die gesamte Steuerungshardware in einem mobilen Schrank von weniger als einem Kubikmeter Volumen unterzubringen. Weiterhin war die Umsetzung komplexer phy-

siologisch-pharmakologischer Modelle für die Entwicklung der *Fullscale-Simulatoren* Voraussetzung. Diese Modelle sind mit 10 und mehr in die Berechnungen eingehenden Kompartimenten auch Grundlage der *bildschirmbasierten Computersimulationsprogramme*.

Heutige Simulatoren für chirurgisches Training, aber auch für Endoskopie-Applikationen, verwenden teilweise hochauflösende Computergrafik, um diese über Projektionstechniken oder Video-Headsets in das Blickfeld des Operateurs zu spiegeln. Diese Software-intensive und teure Technologie verdankt nicht zuletzt dem Massenmarkt der Videospiele ihre rasante Weiterentwicklung. Um haptische Eindrücke beim Erfassen und Bewegen von Strukturen im Raum zu simulieren, hat die Implementierung von Force-Feedback-Technologien in moderne *Task-Trainer* einen entscheidenden Realitätsgewinn gebracht (K. Montgomery, NASA/Stanford Biocomp, Kalifornien).

Erfahrungen aus dem Nutzung chirurgischer Simulatoren

Während Anästhesisten sich vielfach mit dem Einsatz von *Fullscale-Simulatoren* beschäftigten, berichteten chirurgische Referenten über den Einsatz von *Task-Trainern*, um überwiegend manuelle Fertigkeiten zu vermitteln. Da die teuerste Zeit zur Ausbildung diejenige im Operationsaal ist und vermehrt nur noch über Kameras vermittelte operative Techniken, wie endoskopische oder roboterassistierte Mikrochirurgie, zum Einsatz kommen, war die Einführung von Simulatoren in der Chirurgie nur ei-



Abb. 3 ► Auskultation: ein Spannungspneumothorax muss diagnostiziert werden. Kongressbesucher am Simulator METI (Foto: J. H. Philip)



Abb. 4a,b ◀ HANS (Heidelberger Anästhesie- und Notfallsimulator), ein Fullscale-Simulator: Während im Kontrollraum a das Geschehen im Operationsaal gesteuert und überwacht wird, arbeiten dort Anästhesist und Chirurg im Team am „Patienten“ b. Die Räume sind durch eine Einwegspiegelscheibe getrennt

ne Frage der Zeit. In sog. Skill-Labs können angehende Operateure systematisch den Umgang mit den Geräten, dank teilweise hochrealistischer haptischer Eindrücke auch operative Techniken wie die Präparation von Strukturen oder Anastomosennähte trainieren. Die traditionelle Methode des „see one, do one, teach one“ wird hier zugunsten systematischer Ausbildung verlassen (D. Jones, Southwestern University, Dallas, Texas).

Die Bedeutung von *Trainingssimulatoren* auch für erfahrene Operateure zum Erlernen neuentwickelter Operationstechniken wurde besonders betont. Angesichts des rasanten Fortschrittes nicht nur im theoretischen medizinischen Wissen, sondern auch in der Technologie, wird hierfür auch in der Chirurgie ein kultureller Wandel hin zu lebenslangem Lernen stattfinden müssen (T. Krummel, Stanford, Palo Alto, Kalifornien).

Einsatz zu Trainingszwecken

Computerbasierte Bildschirmprogramme können mit oftmals hochkomplexen Modellen medizinische Sachverhalte darstellen und teilweise auch mittels Interaktivität die Wissensvermittlung unterstützen. Dabei sind die Softwaremodelle denen der *Fullscale-Simulatoren* hinsichtlich ihrer Realitätsnähe deutlich überlegen, mobil einsetzbar und wesentlich billiger (N.T. Smith, UCSD, San Diego, Kalifornien). Dagegen weisen die *Groß-Simulatoren* einen durch aufwendige Hardware unterstützten hohen äußeren Eindruck an Realität auf.

Die Vermittlung medizinischen Wissens ist daher nur ein Teil ihres Einsatzgebietes. Zusammen mit einer entsprechenden Gestaltung der Umgebung, z.B. Narkosegerät, Monitoring, Medikamente aus dem Arbeitsalltag, lassen sich Situationen schaffen, in denen komplette Szenarien kritischer Zwischenfälle unter realistischen Bedingungen ablaufen können. Probanden, die dort Probleme unter Echtzeitbedingungen lösen müssen, trainieren hier zwar die medizinische Bewältigung seltener kritischer Zwischenfälle. Gleichzeitig können jedoch nach den Richtlinien des „Acute Crisis Resource Managements“ (ACRM) übergeordnete Prinzipien wie effektive Kommunikation, Führungsverhalten und Ressourcenhandhabung trainiert werden. Dieser Teil des Trainings zielt auf die Elimination des „human errors“ und kann spezifisch nur an *Fullscale-Simulatoren* durchgeführt werden (D. Feinstein, Harvard, Boston, Massachusetts).

Der ungeschützte Begriff des ACRM-Trainings macht mittelfristig eine Standardisierung anhand von qualitativen Mindestanforderungen an Trainer und Inhalte notwendig, um diese neue Methode effektiv zu nutzen (J. Cooper, Harvard, Boston, Massachusetts; D. Gaba, Stanford, Palo Alto, Kalifornien).

Einsatz zu Testzwecken

Computerbasierte Lernprogramme können zur Abfrage von Wissen durchaus effektiv zu Ausbildungszwecken einge-

setzt werden. *Task-Trainer* sind geeignet, technische Fähigkeiten von Probanden zu beurteilen. So lässt sich an einem Simulator für Herz- und Atemgeräusche die korrekte Auskultationsbefundung klar bewerten und effizient trainieren, so dass auch die klinische Kompetenz nachweislich erhöht wird (D. Brown, University of Iowa). *Virtuelle Bronchoskopie-Simulatoren* können etwa über die Aufzeichnung von Dauer einer Prozedur, Zahl der Schleimhautkontakte und richtige Identifikation anatomischer Strukturen die Leistungsfähigkeit eines Probanden und gegebenenfalls das Ausmaß eines Trainingserfolges dokumentieren (J. Tasto, HT Medical™, Gaithersburg, Maryland).

Fullscale-Simulatoren werden ebenfalls zur Leistungserfassung eingesetzt. Während technische Fähigkeiten eines Probanden, wie die Befolgung von Algorithmen, die richtige Dosierung eines Medikamentes u.a. in simulierten Szenarien gut erfasst werden können, ist die Bewertung der nichttechnischen Krisenkompetenz, wie Kommunikationsfähigkeit, Ressourcenmanagement, Übernahme einer Führungsrolle, mit den heutigen Methoden schwierig.

Fehleranalysen in der Medizin konnten in unabhängig voneinander durchgeführten Studien als Hauptursache den „human error“ identifizieren. Dieses Ergebnis deckt sich mit Forschungen aus anderen Bereichen komplexer Arbeitsumgebungen. Ein Forschungsprojekt der Universität Aberdeen beschäftigt sich daher mit der Identifikation und Messung der nicht-

technischen Fähigkeiten, die ein Anästhesist besitzen muss, um Krisen erfolgreich zu lösen. Absicht dieser Untersuchung ist es, die so identifizierten Fähigkeiten im Simulatortraining gezielt zu üben, und die Effizienz des Trainings dahingehend zu steigern (G. Fletcher, University of Aberdeen, Schottland).

Finanzierungsmodelle

Ein wichtiger Diskussionspunkt war die Finanzierung von *Fullscale-Simulationszentren*. Die Anschaffung eines aktuellen Modells der METI-Serie verursacht Kosten von zurzeit ca. US-\$ 205.000, was beim derzeitigen Dollarkurs insbesondere für Interessenten aus der Eurozone eine hohe finanzielle Belastung darstellt. Hinzu kommen Kosten für Narkosegerät, Monitoring, Videoausstattung, Umbaukosten von Räumlichkeiten und eventuell weiteres Equipment. Die Gesamtkosten für die Errichtung eines Zentrums wurden aktuell mit ca. US-\$ 600.000 beziffert (M. Olympio, Wake Forest University, Winston-Salem, North Carolina), was sich mit den Zahlen aus der Literatur und den eigenen Erfahrungen der Autoren deckt.

Bei einer Abschreibung des Simulators über 10 Jahre und Nutzung des Systems an 3 Tagen à 8 h errechnen sich Betriebskosten für die Anästhesieabteilung als Betreiber von US-\$ 106/Stunde, bzw. US-\$ 127.000/Jahr, bei einer Gesamtstundenzahl von rund 1200 h jährlich. Rund 75% dieser Kosten macht dabei das Gehalt für Dozenten und Zentrumsmanager aus. Die Errichtungskosten, die als einmalige Investition von der Universität und dem zugehörigen Krankenhaus übernommen wurden, gehen nicht in diese Berechnung ein. Während etwa die Hälfte der laufenden Kosten über Bezahlung durch die Nutzer des Zentrums erwirtschaftet werden, trägt die andere Hälfte das Lehrkrankenhaus für die studentische Ausbildung (M. Olympio).

Wird das Simulationszentrum allein von einer Anästhesieabteilung betrieben, alle tatsächlich anfallenden Investitionskosten eingerechnet, und lediglich eine für eine Nutzungsdauer von 325 h pro Jahr, d. h. 2 Nachmittage pro Woche, eingesetzt, errechnen sich Kosten in Höhe von US-\$ 250/Stunde zusätzlich Instruktorgehalt (etwa US-\$ 1000/Tag). Diese hohen Kosten werden

z. T. über die studentische Lehre von der Universität, z. T. über kommerzielle Veranstaltungen für Mitarbeiter der Medikalprodukt-Industrie erwirtschaftet (R. Steadman, UCLA, Los Angeles, Kalifornien).

Beide vorgestellten Modelle erwirtschaften also ihre hohen Betriebskosten nur durch ihre akademische Funktion. Wie erwartet liegen die Betriebskosten je Stunde in dem Zentrum mit der höheren Nutzung deutlich niedriger. Eine Finanzplanung sollte daher immer die erwartete Nutzungsintensität berücksichtigen und die Möglichkeiten der Refinanzierung über ein Angebot an abteilungsfremde Benutzer prüfen.

Eine entscheidende Rolle dürfte für eine intensivere Nutzung von *Fullscale-Simulatoren* die Ausdehnung des Nutzerkreises über die Anästhesie hinaus sein. So wird der Simulator der Harvard-Universität regelmäßig für angehende Fachärzte, während ihrer regulären Arbeitszeit, zu Ausbildungszwecken genutzt. Darüber hinaus kommt das System für ACRM-Trainings, Internisten-Ausbildung, sowie das Training von Studenten, Schwestern und Paramedics zum Einsatz. Die Tageskosten für den Simulator liegen, eine Nutzungsdauer von 190 Tagen/Jahr vorausgesetzt, bei etwa US-\$ 3500 täglich (D. Feinstein).

Wirtschaftlicher Nutzen von Simulation

Nachdem alle vier Chairmen der Harvard Universität an einem Zwischenfallstraining des eigenen *Fullscale-Simulationszentrums* teilgenommen hatten, waren sie von dessen Effizienz völlig überzeugt. In Verhandlungen mit dem Haftpflichtversicherer der Universität (GEICO Inc.) erreichten sie deshalb, dass Anästhesisten, die an einem solchen Simulatortraining teilgenommen haben, zukünftig eine geringere Haftpflichtprämie zahlen müssen, als solche, die diese Qualifikation nicht besitzen (J. Cooper). Insbesondere in den USA, wo die materielle Wiedergutmachung für geschädigte Patienten extrem hoch ist und folglich auch das Niveau der Haftpflichtprämien entsprechend, könnte dies ein wichtiger Meilenstein bei der wirtschaftlich rentablen Etablierung von Simulationszentren sein. Für die kontinuierliche medizinische Weiterbildung (CME), die in den USA verpflichtend ist,

haben anästhesiologische Krisenmanagementseminare einen hohen Punktwert, so dass es ein großes Interesse an der Simulation gibt.

Entwicklungsstand heutiger Fullscale-Simulatoren

Nachdem der zweite Serienhersteller von *Fullscale-Simulatoren* (MedSim™), der als israelische Venture Capital-Gesellschaft mangels Qualität seiner Produkte und Liquiditätseingüssen vom Markt verschwunden ist (A. Ziv, Tel Aviv University, Israel), existiert zur Zeit nur ein Hersteller eines solchen Systems (METI™). Ein neu vorgestellter *Simulator*, der hinsichtlich seiner pharmakologisch-physiologischen Modelle erheblich einfacher gestaltet ist, überzeugt jedoch besonders durch eine sehr differenzierte *Difficult-airway-Option* (Laerdal™). Trotz teilweise sehr realistischer Ausstattungsdetails, wie Spontanatmung mit Thoraxexkursion, CO₂-Produktion, Pupillenreaktion u. a. (Abb. 5), bieten die *Fullscale-Simulatoren* Anlass zur Kritik an den in der Software implementierten physiologischen und pharmakologischen Modellen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und ihres Realismus. Eine internationale Arbeitsgruppe wurde daher ins Leben gerufen, um die vorhandenen Simulatoren zu evaluieren (E.B. Johnson, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia).

Erhöhung der Patientensicherheit

Während Fehleranalysen auf allen medizinischen Feldern die Bedeutung des „human factors“, der für etwa Zweidrit-



Abb. 5 ▲ Heutige Patientensimulatoren weisen dank Sprachproduktion, Lidschlag, Pupillenreaktion, Spontanatmung, CO₂-Produktion und Sauerstoffverbrauch einen hohen Grad an Realität auf

tel aller Zwischenfälle verantwortlich ist, herausarbeiten können, wird hinsichtlich der Vermeidung des menschlichen Versagens durch Ausbildung und Training wenig getan. Die amerikanische „Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF)“ hat in Anerkennung dieser Tatsache Mittel zur Entwicklung von Patientensimulatoren zur Verfügung gestellt, an denen Prinzipien des Zwischenfallsmanagement in Anlehnung an die Luftfahrtsimulation von Anästhesisten trainiert werden können (D. Gaba). Der Bericht des Institute of Medicine („To err is human – building a safer health system“, National Academy Press, Washington DC), hat im Jahr 2000 systematisch die Ursachen für kritische Zwischenfälle im amerikanischen Gesundheitssystem untersucht und dargestellt. Das Institut, das als Bestandteil der National Academy of Sciences fungiert, weist ausdrücklich auf die Bedeutung der Anästhesiesimulation als wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Patientensicherheit hin.

Fazit für die Praxis

Simulatoren bieten heute auf vielen Gebieten der Medizin Möglichkeiten zum Training ärztlicher Fähigkeiten. Die Palette reicht dabei von *bildschirmbasierten Lernprogrammen* über *Task-Trainer* zum Üben spezifischer Einzelfertigkeiten bis hin zu *Fullscale-Simulatoren*, die ganze Patienten in ihrer Komplexität abzubilden versuchen.

Der Vorteil der Simulatorenausbildung vom Studenten bis zum Experten liegt einerseits in der kontinuierlichen patientenunabhängigen Verfügbarkeit definierter Trainingsbedingungen, die in der Realität teilweise sehr selten gegeben sind. Andererseits kann mit Hilfe der Simulation der Novize eine Expertise erwerben, die er sonst nur durch die Übung am Patienten unter dessen potentieller Gefährdung erreichen kann. Weiterhin lassen sich viele Leistungen an Simulatoren objektiv erfassen, so dass eine Bewertung von Fertigkeiten und der spezifische Trainingsbedarf eines Probanden ermittelt werden kann. Der wichtigste Grund für Fehler in der Medizin, der „human error“, lässt sich mit Hilfe von Zwischenfalls-Management-Trainings am *Fullscale-Simulator* minimieren. Entscheidend für die weitere Etablierung von Simulation in der Medizin ist eine grundlegende Veränderung in der Kultur medizinischer Aus- und Weiterbildung. Dann könnte das Konzept ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zur Erhöhung der Patientensicherheit sein, die trotz aller Bemühungen noch nicht annähernd als befriedigend betrachtet werden kann.

Nützliche Adressen

Internet-Adressen der Gerätehersteller

HT-Virtuelle Bronchoskopie:
www.ht.com

METI-Patientensimulator:
www.meti.com

Laerdal-Patientensimulator:
www.laerdal.com

Simulationsprogramm „Bodysim“:
www.bodysim.com

Simulationsprogramm „Gas man“:
www.gasmanweb.com

Anesthesia Patient Safety Foundation:
www.apsf.org

e-mail-Adressen einiger zitierter Kongressredner

Brown, D.:

donald-brown@uiowa.edu

Cooper, J.:

jcooper@partners.org

Feinstein, D.:

dfeinste@caregroup.harvard.edu

Forrest, F.:

FrancesForrest@compuserve.com

Gaba, D.: gaba@stanford.edu

Johnson, E.B.:

ebjohnso@hsc.vcu.edu

Olympio, M.: molympio@wfubmc.edu

Philip, J.:

jphilip@zeus.bwh.harvard.edu

Robinson, B.:

brian.robinson@wnhealth.co.nz

Smith, N.T.: tsmith@ucsd.edu

Steadman, R.: rhs@ucla.edu

Tasto, J.: jtasto@ht.com

Ziv, A.: zamitai@post.tau.ac.il

Literatur

1. Institute of medicine: To err is human – Building a safer health system (ISBN: 0-309-06837-1)
2. Distlehorst Linda H: Teaching and learning in medical and surgical education: Lessons learned for the 21st century (ISBN: 0-8058-3542-3)
3. Reducing error, improving safety. Br Med J No. 7237, March 2000