

Aus der
Universitätsklinik für Unfallchirurgie
der
Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
(Direktor: Prof. Dr. med. Felix Walcher)

Optimierung der notfallmedizinischen Versorgung von Patienten im Ausland und an entlegenen Orten

Habilitationsschrift
zur Erlangung des akademischen Grades
Dr. med. habil. (doctor medicinae habilitatus)

an der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Dr. med. Dr. med. univ. Michael Weinlich
geboren in Erlangen
Magdeburg 2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	III
Veröffentlichungen	V
1 Einleitung	1
1.1 Grundsätzliches über die „Golden Hour of Shock“	1
1.2 Europäisches System	2
1.3 Beispiele von Medizin in entlegenen Gegenden (Remote Areas).....	2
1.4 Auslandsrankenversicherung für Patienten im Ausland.....	3
1.5 Zahlen und Dokumentation von repatriierten Patienten.....	3
1.6 Hinleitung zum Thema	4
2 Aufgabenstellung der Habilitationsschrift	5
2.1 Zügige Erstversorgung im Notfall	5
2.2 Telemedizin	5
2.3 Training von lokalen Ersthelfern.....	5
2.4 Besonderheiten der Rückholung	5
3 Zusammenfassung der Publikationen.....	6
Zu 2.1 Zügige Erstversorgung im Notfall	6
Zu 2.2 Telemedizin	15
Zu 2.3 Training von lokalen Ersthelfern.....	30
Zu 2.4 Besonderheiten der Rückholung.....	43
4 Zusammenfassung	49
Literaturverzeichnis	52
Anlagen.....	62

Abkürzungsverzeichnis

3

3G 3. Generation Netzwerk, UMTS

A

ABCDE *Airway, Breathing, Circulation, Disability, Environment*

ACLS *Advanced cardiac life support*

AED *Automated External Defibrillator*

AHA *American Heart Association*

ATLS *Advanced trauma life support*

B

BGAN *Broadband Global Area Network*

BLS *Basic life support*

C

CPR *Cardio Pulmonary Resuscitation*

CT *Computertomographie*

D

DGU *Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie*

DIVI *Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin*

DLR *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*

DVB-RCS *Digital Video Broadcasting - Return Channel Satellite*

E

ECOS *Emergency Case OSCE Stations*

ECSS *Emergency Call Support System*

EKG *Elektrokardiogramm*

EMS *Emergency Medical Service, Krankenwagen*

F

FAST *Focused Assessment with Sonography for Trauma*

G

GKV *Gesetzliche Krankenversicherung*

GmbH *Gesellschaft mit beschränkter Haftung*

GPS *Global Positioning System*

GSM *Global System for Mobile Communications*

H

HEMS *Helicopter Emergency Service, Rettungshubschrauber*

HLW *Herz Lungen Wiederbelebung*

I

IO *Intraossär*

ISS *Injury Severity Score*

IV *Intravenös*

L

LBS *Location Based Services*

M

MEES *Mainz Emergency Evaluation Score*

N

NACA *National Advisory Committee of Aeronautics*

NSTEMI *Nicht-ST-Hebungs-Myokardinfarkt*

O

OSCE *Objective Structured Clinical Examination*

P

PALS *Pediatric advanced life support*

PDA Personal Digital Assistant, ein kleiner tragbarer Computer

pFAST *prähospital fokussierten abdominalen Sonographie für Traumata*

PKW *Personenkraftwagen*

R

RTW *Rettungswagen*

S

SD *Standard Deviation*

SHT *Schädelhirntrauma*

SMS *Short Message Service*

T

TEAM *ATLS-Kurs für Studenten*

W

WAT *WISECOM Access Terminal*

WiFi *technischer Standard für WLAN*

WiMAX *Worldwide Interoperability for Microwave Access*

WISECOM *Wireless Infrastructure over Satellite for Emergency Communications*

WLAN *Wireless Local Area Network*

Veröffentlichungen

Publikation I

Weinlich M*, Martus P*, Blau M B, Wyen, H, Walcher F, Piatek S, Schüttrumpf J P (2019). Competitive advantage gained from the use of helicopter emergency medical services (HEMS) for trauma patients: Evaluation of 1724 patients. *Injury*, 50(5), 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.12.018>. *Shared first, IF 1,834

Publikation II

Walcher F, **Weinlich M**, Peitz F, Weihgold N, Conrad G, Braun J, Breitzkreutz R, Kirschning T, Kortüm S, Marzi I. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. *Br J Surg*. 2006 Feb;93(2):238-42. IF 5,21

Publikation III

Beroli M, Chaves J, Courville N, Boutry P, Fondere J, Skinnemoen H, Tork H, Werner M, **Weinlich M**. WISECOM: A rapidly deployable satellite backhauling system for emergency situations. *Int. J. Satell. Commun. Network*. 2011; 29:419–440. IF 0,896

Publikation IV

Weinlich M, Kurz P, Blau M B, Walcher F, Piatek S. (2018). Significant acceleration of emergency response using smartphone geolocation data and a worldwide emergency call support system. *PLoS ONE*, 13(5), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196336>. IF 2,776

Publikation V

Weinlich M, Nieuwkamp N, Stueben U, Marzi I. Telemedical assistance for in-flight emergencies on intercontinental commercial aircraft. *J Telemed Telecare*. 2009;15(8):409-13. <https://doi.org/10.1258/jtt.2009.090501>. IF 2,229

Publikation VI

Rall M, Schaedle B, Ziegler J, Naef W, **Weinlich M**. Neue Trainingsformen und Erhöhung der Patientensicherheit: Sicherheitskultur und integrierte Konzepte. *Unfallchirurg* 2002, 105: 1033-1042. IF 0,677

Publikation VII

Moecke HP, Dirks B, Friedrich HJ, Hennes HJ, Lackner CK, Messelken M, Neumann C, Pajonk FG, Reng M and Ruppert M, Schächinger U, Schleichriemen Th, **Weinlich M**, Wirtz S. DIVI-

Notarzteinsatzprotokoll Version 4.2. *Notfall + Rettungsmedizin* 2004 Volume 7, Number 4, 259-261, IF 0,532

Publikation VIII

Ruesseler M, **Weinlich M**, Byhahn C, Müller MP, Jünger J, Marzi I, Walcher F. Increased authenticity in practical assessment using emergency case OSCE stations. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2010 Mar;15(1):81-95. Epub 2009 Jul 17. IF 2,705

Publikation IX

Ruesseler M, **Weinlich M**, Müller MP, Byhahn C, Marzi I, Walcher F. Simulation training improves ability to manage medical emergencies. *Emerg Med J.* 2010 Oct;27(10):734-8 IF 1, 776

Publikation X

Walcher F, Ruesseler M, Nürnberger F, Byhahn C, Stier M, Mrosek J, **Weinlich M**, Breitzkreutz R, Heringer F, Marzi I. (2011). Praktikum im Rettungsdienst mit Anleitung durch Rettungsassistenten: Curriculare Lehrveranstaltung im Querschnittsbereich Notfallmedizin. *Unfallchirurg*, 114(4), 340–344. <https://doi.org/10.1007/s00113-010-1781-0>. IF 0,532

Publikation XI

Weinlich M, Mühlmeier M, Reichert A, Jaki R. Intensivtransport in der Luft. *Notfall & Rettungsmedizin.* 2001;4(2):93-101. doi:10.1007/s100490170079. IF 0,532

Publikation XII

Blau M B, **Weinlich M**, Lauchart, W, Piatek, S, Walcher, F (2017). Air Repatriation with a medium-sized pneumothorax without thoracic tube: A special case of a repatriation accompanied by an experienced surgeon. *Air Medical Journal*, 36(5), 268–271. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2017.05.004>. IF 0,14

1 Einleitung

1.1 Grundsätzliches über die „Golden Hour of Shock“

In Deutschland trifft nach einem Unfall oder einer akuten Erkrankung innerhalb kürzester Zeit ein Rettungswagen ein, der den Patienten in das nächste geeignete Krankenhaus transportiert. Die Hilfsfristen (Zeit zwischen Alarmierung und Eintreffen des Rettungsmittels beim Patienten) von 10-15 Minuten werden in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich definiert (46, 100). Um dieses Zeitintervall zu garantieren bzw. zu verkürzen, kann zusätzlich das flächendeckende Netzwerk an Rettungshubschraubern beitragen, über das die Bundesrepublik verfügt (98).

Diese Hilfsfrist ist jedoch nur ein Baustein in der zügigen Versorgung eines verletzten Patienten (26). Ausschlaggebend ist das entscheidende Zeitfenster von ca. einer Stunde („golden hour“) vom initialen Ereignis bis zum Beginn der Therapie im Krankenhaus. Der Begriff „Golden Hour“ geht vermutlich auf eine Veröffentlichung von R Adams Cowley, dem Gründer des renommierten Shock Trauma Institute in Baltimore, aus (23). Darin erklärte er, dass die erste Stunde nach der Verletzung die Überlebenschancen einer kritisch verletzten Person bestimme. Daten oder Referenzen zur Untermauerung seiner Behauptung konnte er damals nicht vorlegen. Es wird allgemein angenommen, dass Cowley damit seinen Versuch untermauerte, Unterstützung für sein Trauma-Zentrum und ein Hubschrauberprogramm zu bekommen, um jedes Trauma-Opfer im Bundesstaat Maryland innerhalb von 60 Minuten in einem Trauma-Krankenhaus einliefern zu können (92).

Diese Zielvorgabe von einer Stunde bis zum Beginn der klinischen Therapie sollte nicht als Dogma verstanden werden, sondern als Ansporn dafür, dass die richtigen und notwendigen Interventionen rasch und kompetent durchgeführt werden (26). Im gesamten Verlauf eines Rettungseinsatzes von der Alarmierung bis zur Therapie in der Klinik muss in einer „Chain of Survival“ (24) jedes einzelne Glied in der Kette - vom ersten Notruf über die Versorgung vor Ort, den Transport ins Krankenhaus bis hin zur Behandlung im Schockraum - effektiv und schnell agieren.

Während diese Rettungszeiten in Deutschland gut funktionieren, werden sie z.B. in beliebten Urlaubsregionen wie den Balearen nicht eingehalten (108). Dazu kommen zusätzlich Verständigungsschwierigkeiten beim Absetzen eines Notrufs und im Verlauf der weiteren Behandlung. Diese Probleme deutscher Urlauber im Ausland wurden bisher in wissenschaftlichen Studien nicht dokumentiert. Über das Rettungsdienst-System auf den Balearen wurde bisher nur die zitierte spanische Studie veröffentlicht. Hingegen wurden die Unterschiede in Europa bezüglich des Outcomes einer Reanimation außerhalb der Klinik bereits untersucht (40).

1.2 Europäisches System

Europa hat sicherlich im Vergleich zu anderen Gebieten der Welt ein gut funktionierendes System der Rettung und klinischen Versorgung. Ergebnisse zu Untersuchungen der Reanimation in Europa zeigen, dass die durchschnittliche 30-Tage-Überlebensrate nach erfolgreicher Reanimation bei 10,3% liegt (40). Nur auf dem nordamerikanischen Kontinent (58) oder in Australien wurden ähnliche Erfolge bei Notfällen dokumentiert. Die Überlebensrate nach Reanimation in Nordamerika stieg stetig an und lag 2010 im Durchschnitt bei 10,4% (25). Wurde ein Kammerflimmern direkt durch Zuschauer beobachtet, stieg die Erfolgsrate sogar auf 30,3%. In anderen Gebieten der Welt sind die medizinische Infrastruktur und Qualität deutlich schlechter (126) oder nur in ganz speziellen Zentren, die meistens nur für Privatpatienten zugänglich sind, zu erhalten (19). Die geschilderte Qualität eines deutschen, europäischen oder nordamerikanischen Rettungs- und Versorgungssystems kann in diesen Ländern nicht erreicht werden.

1.3 Beispiele von Medizin in entlegenen Gegenden (Remote Areas)

Neben den unterschiedlichen Versorgungsstrukturen in einzelnen Ländern gibt es Gegenden, welche keine oder nur eine sehr begrenzte medizinische Infrastruktur aufweisen. Zu diesen sogenannten „Remote Areas“ (Einöden oder entlegene Gegenden) zählen die australischen „Outbacks“ ebenso wie Schiffe (64), Flugzeuge (10, 87), Ölplattformen und Offshore-Windparks sowie Solar- und Windkraftanlagen in Wüstengebieten (114). Mittlerweile wird die medizinische Versorgung dort durch Telemedizin und regelmäßiges Training der vor Ort tätigen Personen unterstützt (99). Dennoch gelten für diese Gebiete völlig andere Rahmenbedingungen hinsichtlich der „Golden Hour“ und der „Chain of Survival“ allein wegen der Distanzen, welche zurückgelegt werden müssen.

Dies zeigt das Beispiel eines großen Kraftwerkprojektes eines deutschen Elektrokonzerns im Amazonas. Das nächste geeignete Krankenhaus liegt in einer 70 km von der Baustelle entfernten Stadt. Die Fähre eines dazwischen verlaufenden Flusses darf von den lokalen Rettungsfahrzeugen nicht genutzt werden, ein Rettungshubschrauber ist nicht vorhanden. Der Betreiber musste also ein Konzept entwickeln, wie ein Traumapatient auf der Baustelle stabilisiert und dann rasch in das 70 km entfernte Krankenhaus transportiert werden kann. In dem Konzept wurden alle Glieder der „Chain of Survival“ berücksichtigt und den Umständen gemäß umgesetzt. Trotzdem dauert allein der Transport von der Baustelle bis zum Krankenhaus mit sofortiger Alarmierung der Fähre und unter Berücksichtigung der Straßenverhältnisse länger als eine Stunde. Die Einhaltung der „Golden Hour“ ist unter solchen Bedingungen nicht möglich, dennoch wurde die Zeitspanne bis zur Versorgung im Krankenhaus deutlich optimiert.

In einem weiteren Fallbeispiel wurden Ingenieure einer deutschen Firma damit beauftragt, Ölbohrungen in der Turkmenischen Wüste zu unterstützen. Der Notfallplan vor Ort überzeugte sie nicht, denn wie sich herausstellte, waren vor Ort keine Notfallmediziner, sondern nur lokal ausgebildete turkmenische Hausärzte. Die zur Verfügung stehenden Medikamente in Ampullenform befanden sich in eingeschweißten Plastikbeuteln mit chinesischen Schriftzeichen. Ob sich in diesen Ampullen tatsächlich die genannten Medikamente, wie etwa Adrenalin oder Atropin, befanden, konnte nicht überprüft werden. Bei geschätzten 30% gefälschter Arzneimittel auf dem chinesischen Markt waren Zweifel an ihrer Wirksamkeit berechtigt (62). Als Rettungsmittel war der Hubschrauber (Sikorski S-76) des Staatspräsidenten vorgesehen. Dieser wurde allerdings nur tagsüber geflogen und dann vorwiegend im Auftrag des Präsidenten. Außerdem gab es keine Trage für Patienten im Hubschrauber.

Dies sind extreme Beispiele, die aber tatsächlich vielerorts noch der Realität entsprechen. Die meisten professionell in „Remote Areas“ arbeitenden Firmen wie Ölfirmen oder Windkraft-Anlagenbetreiber haben jedoch bereits ein sehr gutes Konzept in Bezug auf Ausbildung und telemedizinische Unterstützung (114). Eine weitere Verbesserung der Versorgungsqualität liegt sowohl im Interesse der vor Ort arbeitenden Mitarbeiter als auch der entsendenden Firmen im Rahmen der Arbeitgeberfürsorgepflicht.

1.4 Auslandsrankenversicherung für Patienten im Ausland

Für Reisende oder von Unternehmen entsandte Mitarbeiter wird üblicherweise eine Auslandsreisekrankenversicherung abgeschlossen, welche die Behandlungskosten im Ausland und die Rückholung bei bestehender Indikation übernimmt (104, 137). Besteht eine medizinische Unterversorgung vor Ort oder ist eine Rückholung medizinisch notwendig oder sinnvoll, werden die Patienten innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen von den Auslandsreisekrankenversicherungen nach Deutschland zurückgeholt. Wie viele Patienten jährlich auf diese Art und Weise nach Deutschland zurückgeholt werden, kann nur geschätzt werden, da es keine Gesamtstatistik gibt. Jede einzelne private Auslandsreisekrankenversicherung führt ihre eigene interne Statistik und aufgrund sehr restriktiver Datenschutzgesetze werden diese Zahlen nicht publik gemacht. Sobald die Patienten ins Versorgungssystem der deutschen gesetzlichen Krankenversicherung aufgenommen werden, endet die Betreuung durch die private Auslandsreisekrankenversicherung.

1.5 Zahlen und Dokumentation von repatriierten Patienten

Im Datensatz der deutschen gesetzlichen Krankenversicherung gibt es keine Dokumentationsfelder, aus denen ersichtlich würde, dass ein Patient aus dem Ausland nach Deutschland gebracht wurde. Aus diesem Grund gibt es bis heute keine valide Studie über im Ausland

verunfallte oder erkrankte Deutsche. Allerdings müssen die im Ausland aufgetretenen oder verursachten medizinischen Komplikationen vom deutschen Gesundheitssystem aufgefangen, korrigiert und bezahlt werden.

1.6 Hinleitung zum Thema

Es liegt somit im Interesse der deutschen Patienten im Ausland als auch im Interesse des deutschen Gesundheitssystems, weitere Verbesserungen in der Versorgung von Patienten im Ausland anzustreben. Allerdings ist es kaum möglich, ein bestehendes Gesundheitssystem oder die Rahmenbedingungen in entfernten Gebieten kurzfristig zu ändern. Nur neue intelligente Unterstützungssysteme, die sowohl auf modernster Technik beruhen als auch die Möglichkeit enthalten, bei den vor Ort tätigen Erstversorgern Verhaltensänderungen zu bewirken, können die lokale Versorgungsqualität unterstützen. In bestimmten Bereichen, etwa an Bord von Kreuzfahrtschiffen (64), in Flugzeugen (10, 74) oder Industrieanlagen (114), wird aktiv in die medizinische Erstversorgung eingegriffen.

2 Aufgabenstellung der Habilitationsschrift

Die in dieser Arbeit diskutierten Studien dienen dazu, neue Möglichkeiten in der Notfallversorgung von Patienten im Ausland oder in „Remote Areas“ zu analysieren und Möglichkeiten zur Optimierung der Versorgung aufzuzeigen. Die folgenden vier Themenfelder einer notfallmäßigen Versorgung werden behandelt:

2.1 Zügige Erstversorgung im Notfall

Wie wichtig ist der Faktor Zeit für eine gute Erstversorgung? Kann eine zügige Versorgung eines Patienten nach dem Eintreten einer schweren Erkrankung oder eines Unfalls zu einem deutlich besseren Verlauf der Genesung führen?

2.2 Telemedizin

Es gibt bereits sehr viele telemedizinische Anwendungen auf dem Markt. Gibt es telemedizinische Anwendungen, die auch einen nachweisbaren Effekt zeigen, und worin besteht dieser?

2.3 Training von lokalen Ersthelfern

Auch in „Remote Areas“ gibt es geschulte Notfall-Ersthelfer. Wie kann diese zumeist große Anzahl lokaler Einsatzkräfte effektiv trainiert werden?

2.4 Besonderheiten der Rückholung

Bei Auslandsrückholungen sind kulturelle und sprachliche Probleme, aber auch unterschiedliche Ansichten und Vorgehensweisen in der medizinischen Versorgung zu bedenken. Außerdem müssen Transportzeiten von vielen Stunden berücksichtigt werden. Wie ist mit den besonderen Rahmenbedingungen im Ausland umzugehen? Können Leitlinien, die für optimale Rahmenbedingungen gedacht sind, auch bei solchen Missionen problemlos angewandt werden?

Die im Folgenden diskutierten Publikationen unterstreichen die Notwendigkeit der Optimierung der Notfallmedizin im Ausland oder in entlegenen Gegenden. Anhand von speziellen Projekten wird gezeigt, dass in diesem Bereich der Medizin noch deutliche Verbesserungen in der Versorgung erzielt werden können. Die Publikationen zeigen neue Wege in der Notfallversorgung auf. Sie verfolgen das Ziel, für die Unterstützung von Notfallpatienten im Ausland oder in „Remote Areas“ neue Versorgungsstrategien aufzubauen.

3 Zusammenfassung der Publikationen

Zu 2.1 Zügige Erstversorgung im Notfall

In zwei Studien wird analysiert, bei welchen Patienten und mit welchen Vorgehensweisen eine Optimierung der Versorgung eines Patienten bewerkstelligt werden kann. Die erste Studie betrachtet Traumapatienten in Frankfurt am Main, die entweder per Rettungswagen (EMS) oder per Rettungshubschrauber (HEMS) in die Universitätsklinik Frankfurt eingeliefert wurden. Ziel der Studie war es, den Helicopter Emergency Medical Service (HEMS) im Vergleich zum bodengebundenen Emergency Medical Service (EMS) im Hinblick auf die Mortalität und Morbidität der Patienten zu analysieren. Zusätzlich wurde untersucht, welche Faktoren beachtet werden müssen, um die Überlebenschancen des Traumapatienten zu verbessern.

In der zweiten Studie wurde Abdomen-Ultraschall bereits am Unfallort des Traumapatienten von verschiedenen Luftrettungs-Stützpunkten verwendet. Der Zweck dieser prospektiven, multizentrischen Studie war es, die Genauigkeit der körperlichen Untersuchung und der prähospital fokussierten abdominalen Sonographie für Traumata (pFAST) beim Verdacht von abdominalen Blutungen zu vergleichen. Es stellte sich die Frage, ob diese Untersuchungsform die notwendigen Entscheidungen des Notarztes für eine geeignete Therapie verbessern kann.

Publikation I

Weinlich M, Martus P, Blau M B, Wyen H, Walcher F, Piatek S, Schüttrumpf J P (2019). Competitive advantage gained from the use of helicopter emergency medical services (HEMS) for trauma patients: Evaluation of 1724 patients. *Injury*, 50(5), 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.12.018>. IF 1,834

Einleitung

Seit Beginn des Einsatzes von Rettungshubschraubern (HEMS) in medizinischen Notfällen in den 1970er Jahren wird der Nutzen von HEMS bei der Versorgung von Traumapatienten diskutiert (31, 35, 51, 55, 77, 84, 113, 122). Anfangs wurde der Vorteil betont, dass der Hubschraubereinsatz die Rettungszeiten verkürzt. Später wurde festgestellt, dass der direkte Transport zum nächstgelegenen geeigneten medizinischen Zentrum für das Überleben des Patienten vorteilhaft ist.

Die hohen jährlichen Unterhaltskosten von HEMS ließen jedoch Zweifel an der Nützlichkeit und Kostenwirksamkeit dieser Transportmethode aufkommen. HEMS ist im Vergleich zu den Fahrten eines RTW deutlich teurer (12). Es ist deswegen legitim, den Einsatz von HEMS zu überprüfen und Faktoren wie das Überleben von Patienten und die Indikationen für dieses kostspieligere Rettungsmittel zu überprüfen. Die meisten der oben zitierten Studien analysieren dazu die Daten des Rettungsdienstes, die mit der Ankunft im Krankenhaus enden. Um den Nutzen tatsächlich beurteilen zu können ist es jedoch wichtiger, die Mortalität der Patienten und die Zeit bis zur Entlassung zu erfassen. Diese Daten werden im Krankenhaus erhoben.

Für die diskutierte Studie sollten daher Ergebnisdaten des DGU-Traumaregisters an der Universitätsklinik Frankfurt zwischen 2009 bis 2013 verwendet werden. Diese Daten ermöglichten es, die Zeitabschnitte und Maßnahmen vom Unfall bis zur Entlassung des Patienten zu analysieren. Dadurch konnte auch die Mortalität überprüft werden. In dem genannten Zeitraum wurden am Universitätsklinikum Frankfurt am Main insgesamt 1.724 Patienten mit traumatischen Verletzungen prospektiv in die Datenerhebung einbezogen. 1.646 Datensätze hatten ausreichende Informationen, um in die Studie aufgenommen zu werden.

Ergebnis

71% der Traumapatienten, die das Krankenhaus lebend erreichten, waren männlich. 89% erreichten die Notaufnahme per Bodenambulanz (EMS). Bei EMS-Einsätzen wurde viermal so häufig intubiert und sediert wie bei Rettungshubschrauber-Einsätzen.

HEMS ist in der Gesamtzeit vom Alarm bis zum Krankenhaus etwa 15 Minuten schneller und etwa 7 Minuten schneller in der Versorgung am Unfallort. In Bezug auf die kumulierte Wahrscheinlichkeit, ein Krankenhaus zu erreichen, hat HEMS einen signifikanten Vorteil im Vergleich zu EMS (Abb. 1).

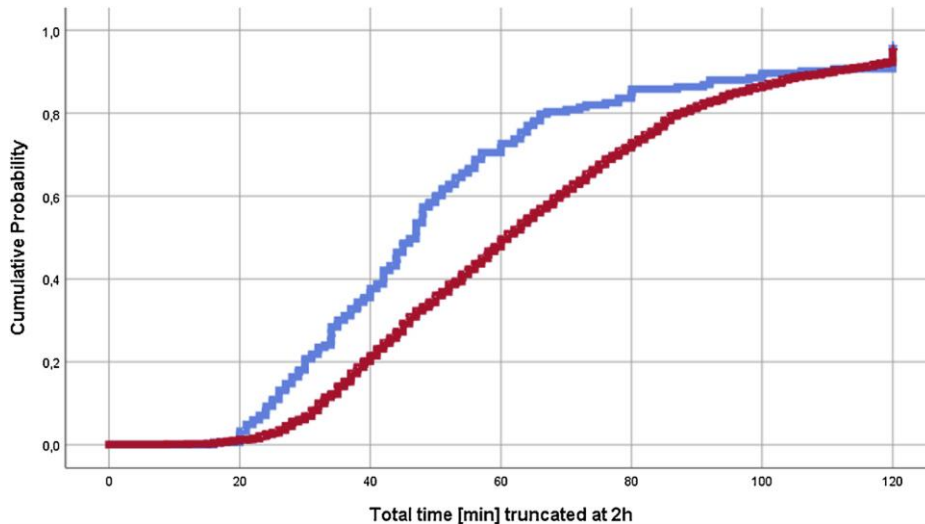


Abb. 1: Kumulative Wahrscheinlichkeit, das Krankenhaus zu erreichen. HEMS (linke Kurve oder blau) ist schneller von einem Alarm bis zum Erreichen des Krankenhauses und hat daher einen Vorteil gegenüber EMS.

Die Sterblichkeit im Krankenhaus zeigt eine konstante Erhöhung im Vergleich zur gesamten Rettungszeit. Ein signifikanter Cut-off-Punkt konnte nicht definiert werden (Abb. 2). Je länger der Patient vom Unfall bis zur endgültigen Versorgung im Krankenhaus benötigt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für ihn, dort zu versterben.

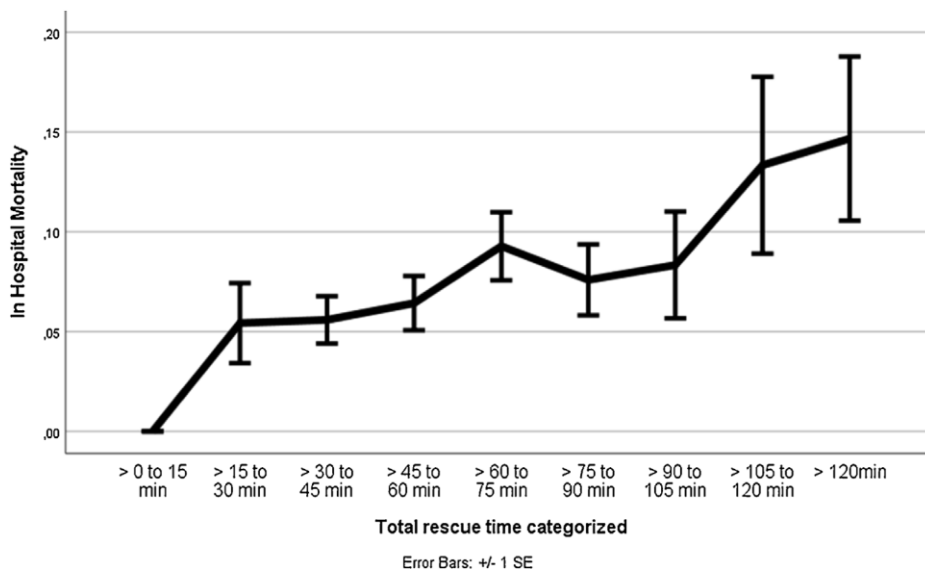


Abb. 2: Stetiger Anstieg der Krankenhaussterblichkeit im Vergleich zur gesamten Rettungszeit. Die Sterblichkeitsrate steigt mit zunehmender Verzögerung beim Erreichen des Krankenhauses. Es ist kein signifikanter Cut-off-Punkt erkennbar.

Höhere ISS-Werte, also ein schwereres Trauma, insbesondere für Kopf/Hals und Brust, waren nachteilig für das Überleben. Bei ISS ≥ 9 in der HEMS-Gruppe zeigte sich eine signifikant niedrigere Morbidität als bei EMS.

Von insgesamt 1.646 Patienten starben 129 Patienten (7,8%) im Krankenhaus. Die unbereinigte Sterblichkeit war bei HEMS signifikant niedriger im Vergleich zu EMS ($p = 0,001$). In einer mehrfachen logistischen Regressionsanalyse, nach Anpassung von neun Variablen einschließlich Reanimation und Alter als stärkste Prädiktoren, war die Mortalität bei HEMS signifikant reduziert ($p = 0,014$, OR = 0,21). Auffallend war in der multiplen logistischen Regressionsanalyse ein Vorteil von HEMS bei Patienten mit GCS ≤ 8 ($p = 0,001$), ISS an Kopf/Hals ≥ 3 ($p = 0,003$) und die gesamte ISS ≥ 9 ($p < 0,001$).

Diskussion

In der Regel ist HEMS im Vergleich zu EMS häufiger an schwereren Traumafällen beteiligt (3, 14). Obwohl das Traumazentrum in Frankfurt genau wie in London (81) im Zentrum der Stadt liegt, wurde HEMS dort seltener für schwerverletzte Patienten eingesetzt. Diese Diskrepanz zeigt, wie sehr die Disposition von HEMS variiert und dass die in dieser Studie festgestellten Vorteile eines Rettungshubschraubers bei schweren Traumata zu einer Änderung in der Strategie für den Einsatz von EMS und HEMS führen müssen.

Die Vorteile von HEMS werden deutlich, wenn die Mortalität im Vergleich zwischen HEMS und EMS analysiert wird. Nur 3 von 182 Patienten (1,65%), die mit Hubschrauber transportiert wurden, starben im Krankenhaus. Im Jahr 2004 hat Wang et al. (131) herausgefunden, dass das EMS ein um 40% höheres Risiko eines schlechten neurologischen Ergebnisses im Vergleich zum HEMS aufweist. Auch in dieser Frankfurter Studie war die Sterblichkeit zum Zeitpunkt der Entlassung aus dem Krankenhaus signifikant niedriger in der HEMS-Gruppe.

Insgesamt gibt es allerdings nur begrenzte Informationen zur Morbidität in Bezug auf den Lufttransport, da, wie Anfangs erwähnt, in vielen Studien die Daten nicht durchgängig vom Unfall bis zur Entlassung erfasst wurden (91). In dieser Übersichtsarbeit von 2020 hatten nur 3 von 13 HEMS-Studien mit Traumapatienten einen Newcastle-Ottawa-Scale-Wert von 9 und erfüllten somit alle Kriterien, um vollständig in eine Metaanalyse aufgenommen zu werden. Aufgrund der Heterogenität der Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel Stadt und Land oder Einsätze mit Notarzt oder nur mit Paramedics, und unterschiedlicher Dispositionskriterien konnte keine abschließende Beurteilung der Studien erfolgen.

Für die Zukunft ist es deswegen wünschenswert, wenn gleiche Parameter zur Evaluation der Einsätze vorhanden sind und die Erfassung dieser Parameter vom Unfallzeitpunkt bis zur Entlassung dokumentiert werden, so wie es bereits im TraumaRegister DGU erfolgt.

Hinsichtlich der Bedeutung der Ausbildung der medizinischen Besatzung in HEMS und EMS ist in der Frankfurter Studie keine Differenz zwischen den Rettungsmitteln festzustellen. Dies beruht vorwiegend darauf, dass die Notärzte in Frankfurt auf beiden Rettungsmitteln tätig sind. In Studien aus Hannover oder Heidelberg, die anderen Standorte von Rettungshubschraubern untersuchten, wurden unterschiedliche Bildungsniveaus zwischen EMS und HEMS gesehen (2, 61), da die individuelle lokale Besetzung von HEMS und EMS getrennt war.

Das in Deutschland übliche Rendezvous-System im bodengebundenen Bereich für schwerere Notfälle bedeutet, dass der Arzt sich in einem separaten Wagen befindet und den Rettungswagen am Standort des Patienten trifft (138). In 40% der Fälle wird bei einem schweren Trauma der Rettungshubschrauber nachgefordert (98). Das bedeutet, dass wertvolle Zeit vergeht, bis die Entscheidung des Notarztes vor Ort getroffen wird, einen Rettungshubschrauber nachzufordern, und dieser erst bis zum Unfallort fliegen muss. Dadurch, dass der bodengebundene und der luftgebundene Rettungsdienst unterschiedliche Datenerfassungen haben, werden diese Rendezvous-Einsätze in Deutschland nicht in einer einheitlichen Datenbank dokumentiert. Dies ist auch ein Schwachpunkt in der Datenerfassung des TraumaRegisters, da sich dieses vorwiegend auf die Protokolle des Rettungshubschraubers, stützt. Dass der Rettungswagen bereits bei dem Patienten vor Ort war, wird auch hier nicht erfasst.

Aufgrund der in dieser und anderen Studien gewonnenen Ergebnisse wurde eine Empfehlung ausgesprochen, nach der sich die Dispositionskriterien richten müssen: Jenes Rettungsmittel muss bereits initial eingesetzt werden, welches das Level-I oder Level-II-Traumazentrum am schnellsten erreichen kann. Dies sind mittels GPS-Ortung der Rettungsmittel und Unterstützung der Disposition durch intelligente Programme möglich. Die folgenden Dispositionskriterien für einen initial einzusetzenden Rettungshubschrauber wurden empfohlen:

- Unfälle mit relevantem Kopf-, Bauch- und/oder Brusttrauma (ISS \geq 9)
- Anzeichen eines hämorrhagischen Schocks, darunter niedriger Blutdruck
- Glasgow-Koma-Skala $<$ 8
- Wenn die Gesamtdauer der Mission, die in einem geeigneten Traumazentrum endet, zugunsten von HEMS ausfallen wird.

Diese Kriterien können von der Rettungsleitstelle mit einfachen Worten vom Disponenten erfragt oder vom Leitstellenrechner berechnet werden. Dazu müssten in Deutschland allerdings die einzelnen Rettungsdienst-Bereiche gewillt sein, überregional zu kooperieren.

Als Resultat dieser Studie zeigte sich, dass der Einsatz eines Rettungshubschraubers besonders dann die Mortalität senkt, wenn dadurch rasch ein Level-I oder -II-Traumazentrum angefliegen werden kann. Auf das Ausland übertragen bedeutet dies, dass Planungen, zum Beispiel

bei einer entlegenen Baustelle, den Faktor Zeit gut im Blick behalten und die Dispositionskriterien für einen schnellen Transport zum geeigneten Krankenhaus bedacht werden müssen.

Publikation II

Walcher F, **Weinlich M**, Peitz F, Weighold N, Conrad G, Braun J, Breitzkreutz R, Kirschning T, Kortüm S, Marzi I. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. *Br J Surg.* 2006 Feb;93(2):238-42. IF 5,21

Einleitung

Diese Studie untersucht ebenfalls die Rolle der Zeit bei der Versorgung von Traumapatienten. Es geht um schwerverletzte Patienten mit stumpfem Abdominaltrauma oder perforierenden Verletzungen des Rumpfes (8, 22), die initial oft wach und ansprechbar sind (9). Möglich ist dies durch die Kompensation des Blutverlustes durch eine Zentralisierung des Blutkreislaufs. Bei weiterem kontinuierlichem Blutverlust fällt der Patient in den hämorrhagischen Schock und nur eine rasche operative Therapie kann die Blutung stoppen (11, 48, 59, 93, 136).

Eine innere Blutung des Patienten kann durch eine äußere Untersuchung nicht festgestellt werden. Deswegen wurde bisher als Standard bei stumpfem Bauchtrauma die rasch durchzuführende Abdomensonographie (focused abdominal sonography for trauma - FAST, (72, 76, 94)) im Schockraum durchgeführt.

Ziel der Studie von Walcher et al. war, die Abdomensonographie an 6 Luftrettungszentren zwischen Dezember 2002 und 2003 bereits in die initiale Beurteilung des stumpfen Bauchtraumas einzubinden. Ermöglicht wurde dies durch transportable Ultraschallgeräte.

Damit alle Notärzte dies nach einer einheitlichen Vorgehensweise durchführen, wurde die standardisierte sonographische Untersuchung nach FAST (9, 11, 59, 72, 93, 94) allen Ärzten in einem eintägigen Kurs vermittelt. Zur Überprüfung der Genauigkeit der durchgeführten FAST-Untersuchung wurden die Ergebnisse bezüglich eines Hämoperitoneums in der Klinik durch Ultraschall oder CT herangezogen.

Ergebnis

Insgesamt wurden innerhalb eines Jahres 230 Patienten in die Studie aufgenommen. Die meisten Patienten hatten einen Verkehrsunfall erlitten. In 2% der Fälle war es zu penetrierenden Verletzungen wie Messerstichen oder Verletzungen durch Schusswaffen gekommen.

Bei 95% der Untersuchungen berichteten die Untersucher, dass es durch die pFAST zu keinem Zeitverlust bei der Versorgung des Traumapatienten kam. Bei 5% kam es zu einer Verzögerung von lediglich bis zu 4 Minuten. Aufgrund von starkem Sonnenlicht oder technischen Problemen konnte in 7% der Fälle die Untersuchung nicht korrekt durchgeführt werden.

Die durchschnittliche Untersuchungszeit betrug 2,4 Minuten. Im Durchschnitt wurde die FAST 35 Minuten früher durchgeführt, als wenn diese erst im Schockraum durchgeführt worden

wäre. Die Notärzte vermuteten bei 110 Traumafällen eine intraabdominelle Blutung durch die äußere körperliche Untersuchung. Jedoch wurde nur in 26 Fällen eine Blutung durch CT oder Ultraschall in der Klinik festgestellt. Damit lag die Sensitivität der körperlichen Untersuchung allein für intraabdominelle Blutungen bei 93 Prozent, die Spezifität bei 52 Prozent und die Genauigkeit bei 57 Prozent.

Insgesamt betrug die Inzidenz von freier Flüssigkeit im Abdomen durch die abdominale Sonographie 28 Fälle von 202 (14 Prozent), darunter 26 echte positive und zwei falsche negative Ergebnisse. Somit hatte pFAST eine Sensitivität von 93%, Spezifität von 99% und Genauigkeit von 99%. Am häufigsten wurde freie Flüssigkeit im Douglas-Raum gefunden. Am zweithäufigsten wurde freie Flüssigkeit im rechten oberen Quadranten gefunden.

Bei 30% der Patienten wurde durch den Befund vor Ort die Strategie der Versorgung geändert. Meistens wurde die Volumensubstitution eingeschränkt, wenn ein SHT ausgeschlossen werden konnte. Je nach Befund wurde die Schnelligkeit der Umsetzung von Maßnahmen vor Ort angepasst. Bei 22% der Patienten kam es zu einer Änderung des Zielkrankenhauses.

Von den 28 Patienten, bei welchen freie Flüssigkeit festgestellt wurde, wurden 12 laparotomiert (7 Splenektomien), 14 bedurften keiner chirurgischen Intervention und 2 Patienten waren so stark verletzt, dass sie verstarben, bevor die Blutung gestillt werden konnte.

Diskussion

Vor allem bei stumpfen Bauchtraumata ist es nicht möglich, durch die äußere Untersuchung auf eine intraabdominelle Blutung zu schließen. Am häufigsten handelt es sich dabei um eine Milzruptur. Die Ergebnisse zeigen, dass die Genauigkeit nur bei ca. 50% liegt. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Ultraschall bereits am Unfallort sinnvoll und zeigt eine wesentlich bessere Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit als die äußerliche Untersuchung.

Aufgrund des dynamischen Fortschreitens einer intraabdominellen Blutung kann es vorkommen, dass der initiale pFAST negativ ist (93). In der Studie wurden 2 falsch negative Fälle gefunden. Aus diesem Grund soll die pFAST alle 15 Minuten wiederholt werden.

Die Notärzte, meist Anästhesisten, wurden in einem eintägigen Kurs in der Methodik der FAST ausgebildet. Die Studie konnte zeigen, dass dieser Kurs ausreicht, um eine fast ebenso große Genauigkeit in der Diagnostik zu erlangen wie bei der FAST unter optimalen Bedingungen im Schockraum (75, 93). Die Lernkurve in dem sehr praktisch gehaltenen Kurs ist steil (103, 107) und seit vielen Jahren Standard in der Ausbildung der Notärzte.

Bei 7% der Patienten konnte die pFAST nicht optimal durchgeführt werden. In diesen Fällen wird empfohlen, dass das weitere Prozedere so fortgeführt wird, als hätte der Patient einen positiven Befund.

Bei einem Drittel der Fälle wurde aufgrund des pFAST das weitere Vorgehen geändert. Im Falle eines positiven Befundes wurde die prähospitalzeit reduziert und der Transport per Rettungshubschrauber (34) ins nächste geeignete Traumazentrum mit der Möglichkeit einer sofortigen Laparotomie durchgeführt. Durch die Mitteilung des Befundes von freier Flüssigkeit konnte sich das Traumazentrum bereits organisatorisch auf den Notfall vorbereiten. Im Falle eines negativen Befundes wurde der übliche ATLS-Algorithmus von „primary“ und „secondary survey“ durchgeführt. Je nach weiteren Befunden musste der Patient nicht ins Traumazentrum gebracht werden, sondern in ein für seine Verletzungen geeignetes Krankenhaus.

In der Studie von Clarke et al. wird gezeigt, dass bei abdominalen Blutungen in der Gruppe bis 90 Minuten zur Laparotomie die Sterblichkeit um ungefähr 1% für jede Verzögerung von 3 Minuten angestiegen ist (22). In stark besiedelten Regionen mit mehreren geeigneten Krankenhäusern ist dies weniger relevant, aber in ländlichen Gegenden kann es einen signifikanten Unterschied machen, wie schnell und wohin ein Patient mit freier Flüssigkeit gebracht wird.

Die Studie von Walcher et al. zeigt, dass die initiale Disposition eines schnellen Rettungshubschraubers mit der Möglichkeit von pFAST eine optimale Konstellation darstellt. In Deutschland ist pFAST im Bereich der Rettungshubschrauber zu einem Standardverfahren geworden (72). Dieses Vorgehen wird auch in den USA immer häufiger verwendet (118). Gerade in einem Flächenstaat mit deutlich längeren Flugzeiten als in Deutschland müsste der Einsatz von pFAST eine deutliche Verbesserung in der Traumaversorgung zeigen.

Für das Vorgehen bei Traumapatienten im Ausland oder in entlegenen Gegenden bedeuten diese Erkenntnisse, dass die lokalen Rettungskräfte in pFAST trainiert werden sollten. Durch schnelle Datenleitungen ist es möglich, die Sonographie vor Ort an ein telemedizinisches Zentrum zu übertragen (29) und somit die Genauigkeit der Befundung zu erhöhen.

Zu 2.2 Telemedizin

Von „Telemedizin“ spricht man, wenn sich der Patient während der Untersuchung physisch nicht in der Nähe des Arztes befindet. Diagnostik, Therapie, Rehabilitation sowie die ärztliche Entscheidungsberatung werden über die räumliche Entfernung hinweg erbracht. Unter dem Portal „vesta“ (www.informationsportal.vesta-gematik.de) befindet sich ein zentrales und unabhängiges Verzeichnis für Telemedizin-Projekte und elektronische Anwendungen im deutschen Gesundheitswesen. Der gesetzliche Auftrag für den Betrieb der beiden Webauftritte ist in § 291e SGB V festgeschrieben und wird von der gematik GmbH umgesetzt.

Aufgrund der guten Datenübertragung wird Telemedizin bereits in vielen Bereichen der Medizin erprobt. Die technische Umsetzung ist meist das geringere Problem gegenüber der Akzeptanz, dem Mehrwert und den zusätzlichen Kosten (86). Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, die neuen telemedizinischen Anwendungen für die Versorgung von Patienten aus der Distanz wissenschaftlich zu überprüfen.

Die drei im Folgenden besprochenen Studien behandeln notfallmedizinische Szenarien, bei denen der Patient nicht sofort eine optimale Versorgung erhalten kann. In der Studie zu Publikation III wird ein Szenario, vergleichbar der Situation nach einem Tsunami, angenommen, bei dem die Telekommunikationsinfrastruktur komplett zerstört wurde. Die Studie zu Publikation IV geht von einem Patienten aus, der nach einem Notfall in einer Gegend, deren Sprache er nicht beherrscht und in der er sich nicht auskennt. Für Publikation V wurden die Möglichkeiten der Telemedizin in einem Flugzeug untersucht. Für alle drei Szenarien werden Lösungsmöglichkeiten und der Effekt auf die Versorgung des Patienten beschrieben.

Publikation III

Berioli M, Chaves J, Courville N, Boutry P, Fondere J, Skinnemoen H, Tork H, Werner M, **Weinlich M**. WISECOM: A rapidly deployable satellite backhauling system for emergency situations. Int. J. Satell. Commun. Network. 2011; 29:419–440. IF 0,896

Einleitung

Eines der größten durch Naturkatastrophen ausgelösten Probleme besteht in der Zerstörung der Kommunikationsinfrastruktur. Tsunamis oder große Wirbelstürme führen mitunter zum Erliegen der Stromversorgung oder unterbrechen wichtige Kommunikationsverbindungen. Bevor medizinische Hilfe koordiniert werden kann ist es deswegen essenziell, dass alternative Telekommunikationsdienste innerhalb weniger Stunden bereitgestellt werden.

Das EU-Telekommunikationsprojekt WISECOM (Wireless Infrastructure over Satellite for Emergency COMMunications) sollte dazu dienen, dass innerhalb von 24 Stunden nach einer Katastrophe eine funktionierende Telekommunikationsinfrastruktur aufgebaut wird. Dies sollte Opfer und Rettungsdienste in die Lage versetzen, zuverlässig und stabil zu kommunizieren. Ziel war es, die Koordination der verschiedenen Teams zu verbessern und die benötigte Zeitspanne zu verkürzen, in der die Opfer eine geeignete Behandlung erhalten.

Im WISECOM-Projekt wurde eine transportable technische Komplettlösung entwickelt, die unmittelbar nach der Katastrophe in den ersten 24 Stunden schnell eingesetzt werden kann. Zusätzlich musste vor Ort eine GSM- oder 3G-Infrastruktur aufgestellt werden, um zu garantieren, dass Mobiltelefone verwendet und drahtlose Datenübertragungen, wie z.B. WiFi oder WiMAX genutzt werden können. Für die Satellitenkommunikation zur weit entfernten Einsatzzentralen verwendet das System leichte und schnell einsetzbare Technologien. Das sogenannte WISECOM Access Terminal (WAT) kann von einer Person an Bord eines Flugzeugs mitgeführt und innerhalb von Minuten aufgebaut werden. In dem Projekt wurden zwei unterschiedliche WAT-Versionen für das Satelliten-Backhauling genutzt: Inmarsat BGAN (33) (Broadband Global Area Network) und DVB-RCS (128) (Digital Video Broadcasting-Return Channel via Satellite).

Ergebnis

Mit der beschriebenen Kommunikationsinfrastruktur konnte die fehlende Mobilfunknetzabdeckung wiederhergestellt werden. Die Rettungskräfte vor Ort konnten per Mobiltelefon untereinander kommunizieren, auch leichtverletzte Patienten konnten sich in das neue Netz einwählen. Über die GSM-, WiFi- und WiMAX-Dateninfrastruktur wurden die Mitteilungen und GPS-Positionen an die lokale Einsatzleitstelle übermittelt und sofort über Satellitenkommunikation an die entfernte Einsatzzentrale gesendet.

Im Mai 2008 wurde auf dem Gelände der DLR in Oberpfaffenhofen eine Übung mit lokalen Rettungskräften und ca. 100 Einsatzkräften durchgeführt. Als Szenario wurde eine große Explosion auf einer Baustelle angenommen. Als verletzt angenommen wurden mehr als 30 Personen in einem Umkreis von mehr als 500 Metern. Durch die Explosion war die lokale Mobilfunkinfrastruktur ausgefallen. Die entfernte Einsatzzentrale befand sich im DLR-Gebäude neben dem Übungsgelände und verfügte über eine Satellitenempfangsstation.

Zu dieser Zeit war die Wiese neben dem Flughafen nicht gemäht, sodass die Verletzten durch die Einsatzkräfte nicht gesehen werden konnten. Diese durchkämmten zuerst das betroffene Gebiet und sobald sie einen Verletzten gefunden hatten, wurde dieser triagiert und die GPS-Koordinaten mit der Triage-Farbe wurde über das mitgeführte PDA an die inzwischen aufgebaute lokale Leitstelle weitergegeben. Beim Auffinden schwerverletzter Patienten wurden sofort Tragetteams an die entsprechende GPS-Position geschickt und diese aus dem Explosionsgebiet heraus zur lokalen Erstversorgungsstation gebracht. Dort bekam jeder Patient eine neue GPS-Position, welche im System vermerkt wurde.

Durch die GPS-Position in Kombination mit der Triage-Farbe war es bereits in der Anfangsphase der Übung möglich, die meisten Patienten zu finden und zuerst die Schwerverletzten nach Erstversorgung ins Krankenhaus zu bringen (Abb. 3). Das Auffinden der Verletzten durch die Tragetteams, vorwiegend durch die Feuerwehr, ermöglichte eine Suche und Triage der medizinischen Teams ohne Verzögerung.

Aufgrund der hohen Datenrate bei der Satellitenübertragung war es auch möglich, eine Videokommunikation aufzubauen. Dadurch konnte sich die zentrale Leitstelle ein Bild von der Situation vor Ort machen.

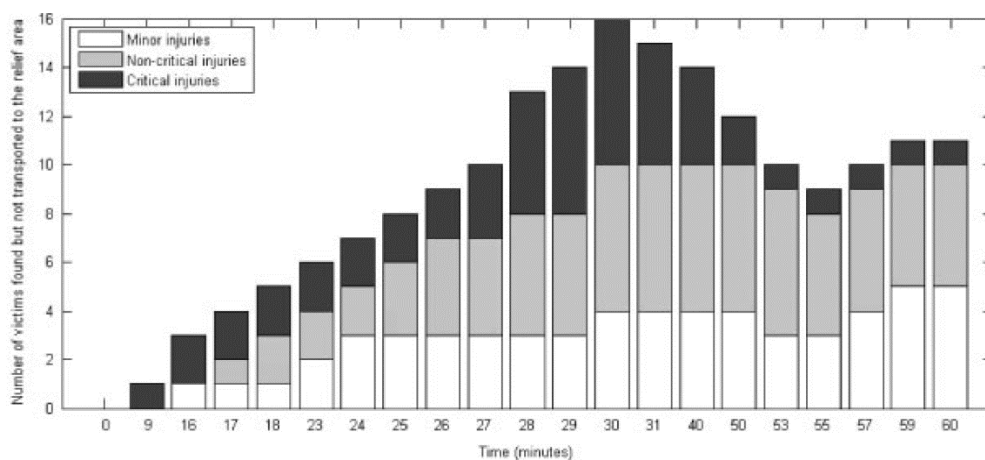


Abb. 3: Überblick über die Entwicklung des Auffindens und Abtransports von Verletzten aus der Sicht der Einsatzzentrale. Die Schwerverletzten wurden zuerst einer Behandlung zugeführt (schwarze Balken).

Diskussion

Das WISECOM-Projekt diente dazu, bei komplettem Ausfall der Telekommunikationsinfrastruktur nach einer Katastrophe diese innerhalb der ersten 24 Stunden mittels eines Ersatzsystems wiederaufzubauen. Damit dies auch in entfernten Ländern oder entlegenen Gegenden umgesetzt werden kann, musste das System tragbar sein und über eine Satellitenkommunikation verfügen.

2008 war der G3-Mobilfunkstandard noch „State of the Art“ und Smartphones mit Bildschirm und GPS-Kartenanzeige eine Seltenheit. In diesem Bereich hat sich viel verändert: Es gibt inzwischen den G5-Mobilfunkstandard und fast jeder Bürger verfügt über ein Smartphone mit GPS-Funktion. Einzig die Satellitenkommunikation, zum Beispiel über Inmarsat, hat durch die große Distanz der Satelliten und den hohen Preis keine größere Entwicklung in der Datenrate erfahren. Besonders Flugzeuge oder Schiffe nutzen die Satellitenkommunikation für Kommunikation und Ortung. Aufgrund der hohen Kosten und der notwendigen freien Sicht zum Satelliten gibt es in der Notfallmedizin nur ausgesuchte Projekte, die diese Technik nutzen.

Ein Projekt ist die Nutzung der Sonographie direkt beim Patienten in entlegenen Gegenden (29). Der Begriff „Remotely supported prehospital ultrasound“, welcher von den Autoren verwendet wird, bedeutet, dass Videodaten über eine Satellitenverbindung übertragen werden. Bei dieser Studie wurden die Untersuchungen in den schottischen Hochebenen durchgeführt. Damit kann ein Arzt die Sonographie in Echtzeit mitverfolgen und weitere Anweisungen zur Versorgung des Patienten erteilen. Die Datenrate mittels Satelliten ist mittlerweile so gut, dass eine Auswertung in 94% der Fälle erfolgen konnte.

Die WISECOM-Studie war der Vorreiter für die folgende Studie, bei der die technische Entwicklung im Bereich der Smartphones die Lokalisation von Patienten nicht nur in einem begrenzten Areal ermöglicht. Die Miniaturisierung macht es möglich, dass die in dieser Studie aufwendige und klobige Technik immer leichter weltweit eingesetzt werden kann (83, 109).

Publikation IV

Weinlich M, Kurz P, Blau M B, Walcher F, Piatek S (2018). Significant acceleration of emergency response using smartphone geolocation data and a worldwide emergency call support system. PLoS ONE, 13(5), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196336>. IF 2,776

Einleitung

Die Mobilfunkinfrastruktur ist weltweit so weit ausgebaut, dass es selbst in entlegenen Gegenden einen guten Empfang gibt. Selbst im Krüger Nationalpark sind als Bäume getarnte Antennen aufgestellt. Da die Netzabdeckung immer besser wird und eigentlich jeder ein Smartphone mit sich trägt, liegt es nahe, auch im Notfall den Rettungsdienst auf diesem Weg zu kontaktieren und Hilfe anzufordern.

Wird in Deutschland die 112 angerufen, so wird man automatisch mit der nächsten Rettungsleitstelle verbunden. Die Verständigung auf Deutsch ist garantiert, jedoch kommt es immer wieder vor, dass der Anrufer seinen genauen Aufenthaltsort nicht beschreiben kann. Befindet er sich zum Beispiel im Wald oder fährt auf der Autobahn, dann ist eine genaue Beschreibung des Ortes im Notfall nur schwer möglich. Besonders unter Stress wird es für den Anrufer schwer, die GPS-Position in seinem Smartphone oder im Navigationssystem des Autos auszulesen.

Noch schwieriger wird die Mitteilung eines Notfalls an die örtliche Leitstelle im Ausland. Schon die Notrufnummern sind in je nach Land unterschiedlich. Europa ist durch die 112 flächendeckend einheitlich abgedeckt, dagegen gilt in Thailand beispielsweise die Notrufnummer 199. Selbst wenn der Anrufer diese Nummer wählt, kann die Verständigung noch an sprachlichen Problemen scheitern.

In vielen Fällen ist dem Anrufer die Notrufnummer nicht bekannt, er kann seine Position nicht durchgeben oder aufgrund der lokalen Sprache den Notruf nicht absetzen. Diese Fälle werden bisher nicht registriert, da die Datenaufzeichnung erst bei einem erfolgreichen Absetzen eines Notrufs beginnt. Dass solche Fälle immer wieder vorkommen, ist den Rettungsleitstellen bekannt. Mehrere Studien zeigen Kommunikationsprobleme in Notfallsituationen (1, 79), die zu relevanten Verzögerungen bei der Hilfeleistung für die Patienten führen (41, 78). Dabei geht es nicht nur um Verzögerungen von wenigen Minuten, sondern um mehrere Stunden bis in Ausnahmefällen sogar Tage. Erstaunlicherweise gibt es in Studien dokumentierte Fälle mit längeren Zeiten zwischen Unfall und Alarmierung. Diese wurden bei Zeiten über drei Stunden von der Auswertung ausgeschlossen (60). Dass die Zeit einen entscheidenden Faktor bei der Versorgung eines Notfallpatienten spielt (21, 22, 43, 97), wurde bereits in den oben besprochenen Studien thematisiert.

In der diskutierten Studie wurde eine einfache App verwendet, welche die Ortungsdaten für LBS, WLAN und GPS aus dem Smartphone ausgelesen und an eine Alarmzentrale weitergeleitet hat. Der Nutzer musste nur die App öffnen und eine Taste drücken. Die Übermittlung erfolgte per SMS und E-Mail. Daraufhin wurde sofort ein Telefongespräch mit der Alarmzentrale aufgebaut, um den Grund des Notfalls abzufragen. Sobald klar war, dass es sich um einen Notfall handelte, bei dem ein Rettungswagen zum Aufenthaltsort des Patienten fahren sollte, wurde wegen der unterschiedlichen Sprachen eine lokale Alarmzentrale über den Notfall und die Ortungsdaten informiert. Diese wiederum leitete den Notruf an die lokale Rettungsleitstelle weiter, damit der Rettungswagen ausgesendet werden konnte.

Da die errechnete Wahrscheinlichkeit eines echten Notfalls bei weniger als 1 Fall bei 1000 App-Nutzern pro Jahr liegt, wurden in verschiedenen Ländern und auf verschiedenen Kontinenten Personen instruiert, einen Notfall zu simulieren und die App zu benutzen. In der Alarmzentrale war nur der Vorgesetzte des Disponenten informiert. Dies war notwendig, da die Simulation unterbrochen werden musste, sobald ein Rettungswagen alarmiert wurde. Es ist ethisch nicht zu vertreten, dass aufgrund einer Simulation ein realer Patient warten muss.

Ähnliche Systeme gibt es bereits im PKW, wobei die USA im Jahr 1996 mit der Einführung von „Enhanced 911 (E911)“ damit begann, die Lokalisation von Kreuzungen für die Ortung des Patienten zu nutzen (54). In Europa wurde das „eCall“-System in Fahrzeugen eingeführt (38, 45). Als Grund für die Einführung wurde eine 4%-Reduktion in der Mortalität berechnet, allerdings wurden bisher keine prospektiven Studien durchgeführt, um diesen errechneten Wert zu überprüfen.

Bei der Studie ging es darum, dass in den Fällen, in denen der Hilfesuchende wegen Orientierungslosigkeit oder Sprachschwierigkeiten den Notruf nicht korrekt absetzen kann, die Alarmzentrale in Deutschland unter Mitwirkung der Übertragung der Ortungsdaten den Notruf für den Hilfesuchenden absetzt. In der Studie wurde dieser Service „Emergency Call Support System (ECSS)“ genannt. Damit der gesamte Prozess bis zur erfolgreichen Alarmierung für den Notfall realistisch war, mussten die folgenden Fragen überprüft werden:

- Ist die neue Technologie in Smartphones weltweit so schnell, dass die Zeit bis zur Aktivierung des Rettungsmittels optimiert werden kann?
- Ist die Zeitverzögerung durch den Umweg über eine Alarmzentrale noch kurz genug, um für den Patienten vorteilhaft zu sein?
- Falls GPS nicht verfügbar ist, wie zum Beispiel innerhalb von Gebäuden, ist dann die WLAN-Ortung genau genug, um den Rettungswagen zum Patienten zu führen?

Um die Genauigkeit zwischen LBS, WLAN und GPS-Ortung zu messen, wurden 232 Tests in 11 verschiedenen Ländern durchgeführt. Als Referenz wurden von den Testern die lokale Infrastruktur bezüglich des Standorts beschrieben und die Position in Google Maps angegeben.

Um die Wirksamkeit des ECSS (Abb. 4) bezüglich einer schnelleren Versorgung des Patienten zu bewerten, bedarf es einer Kontrollgruppe. Dazu müsste eine Gruppe definiert werden, welche keine App mit sich führt, die aber zum Zeitpunkt des Notfalls registriert und verfolgt werden kann. Zusätzlich sind diese Fälle selten, sodass eine sehr große Gruppe von mehreren Millionen Menschen in die Studie einbezogen werden müsste, um vergleichbare Informationen zu bekommen. Eine valide Kontrollgruppe könnte in einer überschaubaren Zeit nie aufgebaut werden.

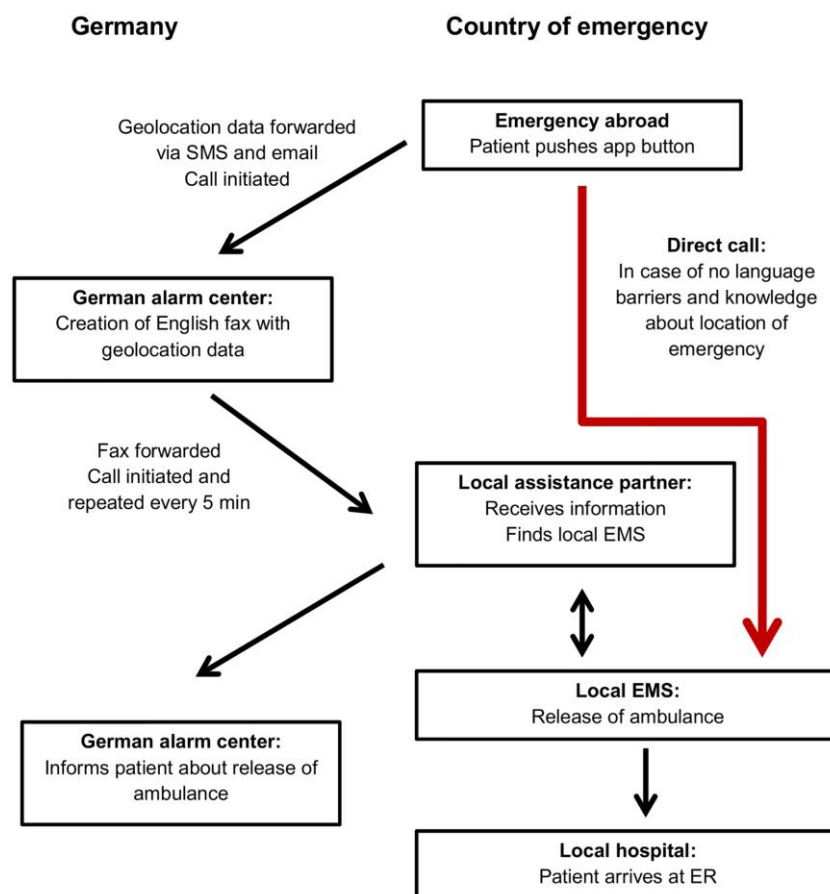


Abb. 4: Prozessbeschreibung des Notruf-Unterstützungssystems (ECSS). Bei Orientierungslosigkeit oder Sprachbarrieren ist ein direkter Anruf an die lokale EMS-Alarmzentrale (roter Pfeil) nicht möglich. Deshalb müssen die Geolokalisierungsdaten per SMS und E-Mail an die deutsche Alarmzentrale weitergeleitet werden. Zur Überprüfung der Notfallsituation und der Geolokalisierungsdaten wird automatisch ein Anruf aufgebaut. Zur Aktivierung des lokalen Assistance Partners im Land des Patienten wird ein Fax generiert. Der Partner leitet das Fax in der Muttersprache an die lokale Rettungsleitstelle weiter. Schließlich wird der Patient vom EMS in das örtliche Krankenhaus gebracht.

Aus diesem Grund wurden als Vergleichsgruppe Fälle aus der Presse nach den folgenden Kriterien ausgewählt: Die Person in Not hatte sich in einer hilflosen Situation befunden und

überlebt. Es wurden nur Fälle gesammelt, in deren Verlauf Orientierungslosigkeit und Sprachbarrieren aufgetreten waren. Außerdem wurden Notfälle aus Gegenden herangezogen, in denen ein engmaschiger Rettungsdienst vorhanden ist. Daher stammten die meisten Fälle aus Zentraleuropa.

In einer Pilotstudie wurden 33 weltweite Simulationen durchgeführt. Im Vorfeld wurden die Standardabweichungen für die zeitlichen Durchschnittswerte mit 10 Minuten festgelegt. Dadurch wurde ein Stichprobenumfang von 30 Messungen als Minimum festgelegt.

Ergebnis

Genauigkeit der GPS-, LAN- und LBS-Geolokalisierung

Die durchschnittliche weltweite Genauigkeit von GPS ($n = 232$) liegt mit $2 \text{ m} \pm 3 \text{ m}$ sehr nahe an dem tatsächlichen Aufenthaltsort der Person. Die WLAN-Genauigkeit betrug $7 \text{ m} \pm 24 \text{ m}$ auf weltweiter Basis.

Die LBS-Genauigkeit betrug im Durchschnitt $214 \text{ m} \pm 321 \text{ m}$, war jedoch in jedem Land sehr unterschiedlich. Der Unterschied zwischen GPS/WLAN (dCohen $0,292$, 95% Konfidenzintervall $(0,034 \pm 0,551)$) war nicht relevant, während der Unterschied zwischen LBS und GPS/WLAN (dCohen $0,955$, 95% Konfidenzintervall $(0,683 \pm 1,226$; dCohen $0,659$, 95% Konfidenzintervall $(0,659 \pm 1,2)$) relevant war.

Simulation von weltweiten Notrufen

In 33 Fällen wurden weltweite Notrufe simuliert. Die mittlere Zeit zur Aktivierung des lokalen EMS betrug $0,38 \pm 0,18 \text{ h}$ und der Median $0,35 \text{ h}$ oder durchschnittlich $22,8 \pm 10,8 \text{ min}$.

Die Gruppe der fehlgeschlagenen Notrufe aus der Presse ergibt einen Median von $2,0 \text{ h}$. Auch wenn der Unterschied von $1,65 \text{ h}$ oder 1 Stunde 39 min beträgt, handelt es sich nur um einen deskriptiven Vergleich.

Diskussion

In dieser Studie wurde gezeigt, dass die GPS-Geolokalisierung auch im weltweiten Umfang der Goldstandard für eine Ortung von Notfallpatienten ist (38). Die Genauigkeit von unter 5 Metern ist dabei ausschlaggebend. Durch das weltweite Notrufunterstützungssystem ECSS können diese Daten innerhalb von sehr kurzer Zeit an die lokale Rettungsleitstelle gesendet werden.

Befindet sich der Patient in einem Gebäude, dann fällt die GPS-Lokalisierung aus. Da WLAN-Router die Geolokationsdaten des Router-Standorts ohne Anmeldung bereitstellen, werden alle erreichbaren WLAN-Router automatisch zur Berechnung der korrekten Geolokation verwendet. Somit kann sich jedes Smartphone diese Informationen von den erreichbaren WLAN-

Routern holen. Nichtmedizinische Studien bestätigten, dass die durchschnittliche Entfernung zum tatsächlichen Standort weniger als 10 Meter bei der WLAN-Ortung beträgt (139). In unserer Studie wurde zum ersten Mal die WLAN-Ortung für medizinische Notfälle beschrieben und mit einer Genauigkeit von unter 10 Metern ist diese geeignet, einen Rettungswagen zielgenau zu einem Patienten zu schicken.

Im Gegensatz zu WLAN- und GPS-Ortung hat die Ortung über die Antennenmaste (LBS-Ortung) mit einer Genauigkeit um die 500 Meter keine Relevanz in einer Notfallsituation. Dieser Wert ergibt in dichtbesiedelten Gebieten keinen Sinn, kann aber auf freiem Gelände durchaus von Wert sein. Mittlerweile übertragen die Smartphones die LBS-Werte nicht mehr.

In Deutschland ist es möglich, im Notfall einen Patienten durch die sogenannte Triangulierung, also die Benutzung von mehreren Sendemasten, zu orten. Dies wird im Notfall, wenn keine anderen Ortungsmöglichkeiten vorhanden sind, von den Rettungsleitstellen durchgeführt. Allerdings muss erst eine Genehmigung eingeholt werden, was entsprechende Zeit benötigt. Auch bezüglich der Genauigkeit liegen keine wissenschaftlichen Studien vor. Ob solche aktiven Ortungsmöglichkeiten im Ausland verfügbar sind und ob diese angewandt werden, ist bisher nicht publiziert worden.

Moderne Kraftfahrzeuge verfügen über den sogenannten eCall. Dieser löst automatisch bei einem Unfall aus und alarmiert zuerst ein Call Center, welches diese Informationen an die zuständige Rettungsleitstelle weiterleitet. Bisher gibt es nur mathematisch berechnete Hochrechnungen über die mit dem eCall geretteten Leben. Die Mortalität soll um 4% gesenkt werden. Eine prospektive Studie in diesem Bereich wäre hilfreich. Zusätzlich muss erwähnt werden, dass man selbst bei häufigem Autofahren nur ca. 4% seines Lebens im Auto verbringt. Das bedeutet, dass in 96% der Lebenszeit eine dem eCall ähnliche Unterstützung des Notfalls wünschenswert ist. Ein Smartphone trägt mittlerweile fast jeder mit sich, sodass die technischen Voraussetzungen für die Übermittlung der Ortungsdaten erfüllt sind.

Auch in Deutschland gibt es immer noch Gegenden, in denen eine lückenlose Netzabdeckung nicht gegeben ist. Im Ausland sind diese Regionen oft noch deutlich größer. Natürlich können die Ortungsdaten aus dem Smartphone ohne Netzabdeckung nicht weitergeleitet werden und ein Anruf bei der Alarmzentrale ist nicht möglich. Für solche Situationen eignen sich Satellitentelefone, die bereits einen Notfallknopf integriert haben oder bei denen das Smartphone in einen Rahmen des Satellitentelefon integriert werden kann. Durch Drücken des Notfallknopfes werden per SMS die GPS-Daten an eine programmierbare Nummer weitergeleitet und ein Anruf an die Alarmzentrale wird aufgebaut. Sobald diese Daten innerhalb von Sekunden in der Alarmzentrale angekommen sind, läuft das weltweite Notrufunterstützungssystem ECSS in derselben Art und Weise ab wie beim Smartphone. Erwartet man also Probleme mit der Netzabdeckung im Mobilfunkbereich, sollte ein Satellitentelefon mitgenommen werden.

Mittlerweile werden die Rettungsleitstellen mehr und mehr zusammengeführt und die Ortskundigkeit der Disponenten nimmt ab. Dadurch wird es schwieriger, den Aufenthaltsort bei einem Notfall über die Beschreibung des Patienten zu erfassen (116). Da die Patienten außerdem unter Stress stehen, werden immer wieder Probleme bei der Kommunikation mit den Patienten beschrieben, die zu einer relevanten Verzögerung in der Disposition führen (1, 41, 78, 79). Grow et al. haben berichtet, dass in solchen Situationen die Verwendung der Muttersprache wichtig ist, um Missverständnisse auszuräumen (41). Der Disponent muss bei Sprachschwierigkeiten das Problem, den Aufenthaltsort und die Schwere des Notfalls korrekt erfassen können (56).

Die Pilotstudie mit der Simulation von Notfällen hat eindrücklich gezeigt, dass bei Sprachschwierigkeiten und Orientierungslosigkeit das weltweite Notrufunterstützungssystem ECSS zu einer Reduzierung der Auslösung eines Notrufs führt. Müssen Patienten in der Referenzgruppe im Median 2 Stunden auf Hilfe warten, so kann durch das ECSS der Rettungswagen im Median in 21 Minuten alarmiert werden. Dies würde in vielen Teilen der Welt zu einer Reduzierung der Zeit vom Notfall bis Eintreffen im Krankenhaus von mehr als einer Stunde führen (38, 66, 85, 116, 140). Wie wichtig eine Verkürzung der Rettungszeit von 1 Stunde für das Überleben eines Patienten ist, wurde bereits in den oben besprochenen Studien hervorgehoben.

Es ist klarzustellen, dass der direkte Notruf an die lokale Rettungsleitstelle immer noch der schnellste und effektivste Weg ist, um rasch Hilfe zu bekommen (67). Dies wird in den überwiegenden Fällen zutreffen und muss dem Nutzer mitgeteilt werden.

Die hier besprochene Studie ist Grundlage für die weitere Entwicklung von Applikationen für ein rasches Auffinden von Notfallpatienten im In- und Ausland. Dabei ist es wichtig, dass nicht nur die GPS-Ortung berücksichtigt wird, sondern auch die fast ebenso genaue WLAN-Ortung. Mittlerweile werden die Ortungsdaten der Patienten auch in der üblichen Disposition in der Leitstelle eingesetzt und zeigen auch in diesem Bereich einen signifikanten Vorteil (30, 83, 109).

Publikation V

Weinlich M, Nieuwkamp N, Stueben U, Marzi I. Telemedical assistance for in-flight emergencies on intercontinental commercial aircraft. *J Telemed Telecare*. 2009;15(8):409-13. <https://doi.org/10.1258/jtt.2009.090501>. IF 2,229

Einleitung

Ein sehr entlegener Ort für einen medizinischen Notfall ist ein Flugzeug auf einem Interkontinentalflug. Die Flüge dauern zum Teil über 10 Stunden und mitten über dem Atlantik oder Pazifik dauert es über 3 Stunden, bis das andere Ufer erreicht wird. Die therapeutischen Möglichkeiten an Bord von Flugzeugen beschränken sich auf das sogenannte „Doctors Kit“ und einen AED (57, 105).

Das Kabinenpersonal ist in Erster Hilfe geschult, in ernsteren Fällen wird ein Arzt ausgerufen. Auch medizinisches Personal wie Krankenschwestern oder Notfallsanitäter sind bei einem Notfall an Bord eine willkommene Unterstützung. Das wichtigste Verfahren bei ernsthaften Notfällen ist immer noch die notfallmäßige Zwischenlandung. Dabei erklärt der Kapitän einen Notfall in der Luft und kann auf direktem Weg den nächsten geeigneten Flughafen anfliegen.

Zur Unterstützung von Notfällen an Bord von Flugzeugen hat sich seit der Jahrtausendwende die Telemedizin etabliert. Über Satellitentelefon wird ein Notarzt am Boden dazugeschaltet und unterstützt das Team an Bord (32, 80). Bei immer mehr älteren Passagieren an Bord war es wichtig zu überprüfen, ob diese vermehrt von Notfällen betroffen waren und ob die telemedizinische Unterstützung einen messbaren Mehrwert hat.

In einer dreijährigen prospektiven Studie zwischen 2003 und 2006 wurden bei einer großen deutschen Fluggesellschaft alle Notfälle an Bord der Flugzeuge dokumentiert und die telemedizinisch unterstützten Notfälle erfasst. Ein telemedizinischer Dienst war über ein bordeigenes Satellitentelefon verfügbar. Zunächst wurden ein Primary Survey nach den ABCDE-Kriterien durchgeführt (141) und erste Anweisungen wie Sauerstoffgabe oder Anlegen eines AED empfohlen. Nach 15 Minuten erfolgte ein zweiter Anruf, um den Verlauf des Notfalls zu beurteilen und nach einem weiteren Primary Survey in eine detailliertere Analyse des Problems zu gehen. Zum Teil waren mehrere Anrufe nötig, um den Patienten zu stabilisieren oder eine Zwischenlandung zu empfehlen.

Die Patienten wurden gemäß den NACA-Kriterien (National Advisory Committee of Aeronautics) (127, 135) am Anfang und beim letzten Anruf von unabhängigen Ärzten beurteilt. Es wäre wünschenswert gewesen, wie in der HEMS-Studie in Frankfurt den weiteren Verlauf des Patienten im Zielkrankenhaus zu kennen, um einschätzen zu können, ob die in der Luft getroffenen Entscheidungen korrekt waren. Allerdings müsste dafür von Seiten des Patienten

eine unterschriebene Schweigepflichtsentbindung vorliegen, was gerade bei schweren Fällen nicht umsetzbar ist. In ähnlichen Studien hat sich gezeigt, dass sich die Arbeitsdiagnose der telemedizinischen Konsultation nur wenig von der endgültigen Diagnose unterschied (27). Aus diesem Grund wurde vorwiegend darauf geschaut, ob die Patienten, welche an Bord verblieben, im weiteren Verlauf des Fluges stabil waren.

Ergebnisse

Während des Studienzeitraums gab es 3.364 medizinische Vorfälle (Tab. 1). Der häufigste Vorfall war der Kreislaufkollaps ($n = 2310$, 57%). In 323 der Fälle wurde Telemedizin eingesetzt (9%). Das Durchschnittsalter der Patienten mit Brustschmerzen betrug 58 Jahre (SD 14), während das Durchschnittsalter der Patienten ohne Brustschmerzen 42 Jahre betrug (SD 20). Dieser Unterschied war signifikant ($P, 0,001$, $n = 208$). Neurologische Patienten, meist Schlaganfälle und epileptische Anfälle, ausgenommen psychiatrische Erkrankungen, wurden in 27% der telemedizinischen Fälle beobachtet ($n = 83$). Die häufigsten medizinischen Zwischenfälle sind in der Tabelle aufgelistet (Tab. 1).

	Medical incidents		Teleconsultation	
	Number	Percent	Number	Percent
Intercontinental flight	3364	100	309	100
Doctor on board	2863	85	165	53
Diversion	94	3	29	9
<i>Type of incident</i>				
Collapse	2310	57	28	9
Gastroenteritis	340	8	51	17
Psychiatric problem	166	4	9	3
Pain	142	4	26	8
Epilepsy	95	2	13	4
Diabetes	90	2	8	3
Trauma	86	2	8	3
Fever	79	2	23	7
Intoxication	15	0.4	13	4
Myocardial infarction	10	0.2	16	5

Tab. 1: Übersicht über die medizinischen Notfälle an Bord und die Telekonsultationen.

Auffallend ist, dass in 85% der Fälle ein Arzt an Bord war. Die Telekonsultation wurde im Verhältnis häufiger angefordert, wenn die Kabinenbesatzung allein war. Bei einfachen Fällen mit NACA 2 und 3 reichten 1 beziehungsweise 1,5 Anrufe im Durchschnitt aus, um das Problem zu lösen. Bei schwereren Fällen wurden im Durchschnitt 2 Anrufe benötigt, um den Patienten entweder zu stabilisieren oder eine Zwischenlandung einzuleiten. Zum Teil mussten bis zu 6 Anrufe getätigt werden, wenn der Patient über längere Zeit behandelt werden musste.

In den meisten Fällen lösten Menschen mittleren Alters einen Notfall aus und nicht ältere Menschen (Abb. 5). Zusätzlich ist auffallend, dass Kinder unter 1 Jahr deutlich häufiger ein medizinisches Problem hatten als ältere Kinder. Meistens hatten die Kinder generelle Infekte in 28%, Gastroenteritis in 21%, Epilepsie in 7% oder respiratorische Probleme in 4% der Fälle.

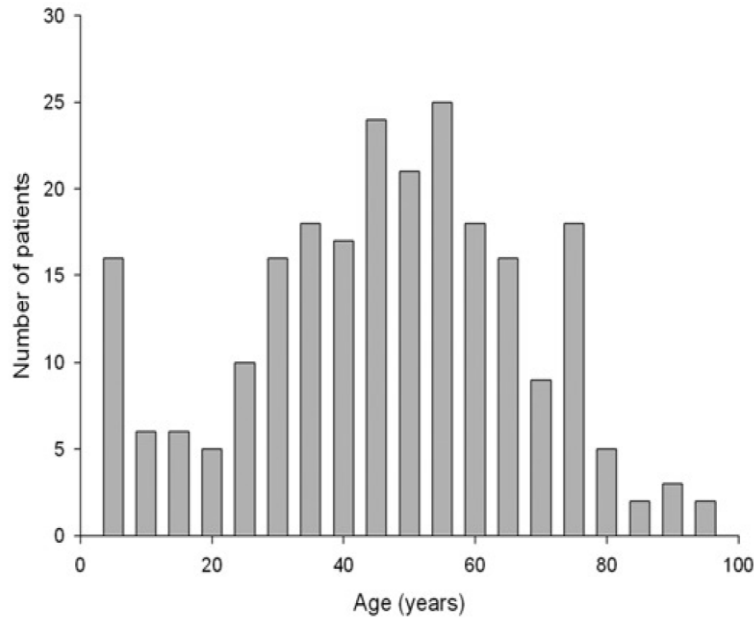


Abb. 5: Verteilung des Alters der Patienten bei medizinischen Notfällen an Bord von Flugzeugen.

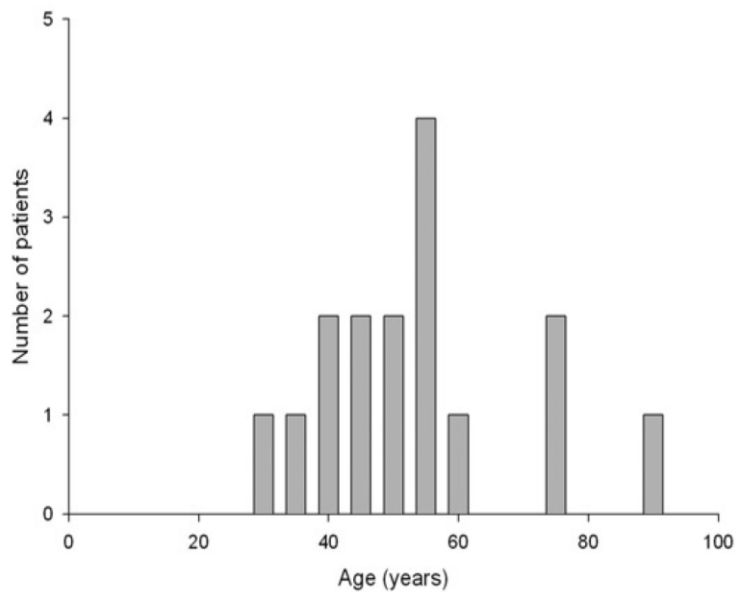


Abb. 6: Verteilung des Alters der Patienten bei medizinischen Notfällen an Bord von Flugzeugen, bei denen eine notfallmäßige Zwischenlandung erfolgt ist.

Die Gruppe der Patienten, die eine Zwischenlandung brauchten ($n = 27$, Abb. 6), wurde mit den an Bord gebliebenen Fällen ($n = 275$) verglichen. Keiner der Patienten, die weiterfliegen konnten, verschlechterte sich. Alle instabilen Patienten erzwangen eine Zwischenlandung.

Auffallend ist, dass die Mehrzahl der Patienten, die eine Zwischenlandung erzwungen haben, zwischen 25 und 60 Jahren alt war.

Ärzte an Bord nutzten den telemedizinischen Service häufig in schwereren Fällen mit NACA 3,3 (SD 0,9), während die Kabinenbesatzung den Service in weniger schwerwiegenden Fällen mit NACA 2,5 (SD 0,8, $p < 0,001$, $n = 301$) nutzte. Die Verschlechterung eines Patienten während des Flugs war unabhängig davon, ob dieser von einem Arzt oder dem Kabinenpersonal behandelt wurde.

Diskussion

Aufgrund der Flughöhe von über 10 km Höhe besteht im Flugzeug ein Luftdruck wie in ca. 2.000 bis 2.300 m Höhe. Dadurch sinkt der Sauerstoff-Partialdruck (Dalton's Gasgesetz) und das Volumen von gasgefüllten Körperhöhlen erhöht sich um ca. 30% (Gesetz von Boyle Mariotte). Zusätzlich liegt die Luftfeuchtigkeit bei ca. 10%. Durch diese veränderten Rahmenbedingungen können latente Probleme plötzlich symptomatisch werden. Dies zeigt sich insbesondere darin, dass bei Patienten im mittleren Alter die meisten medizinischen Probleme hervorgerufen wurden.

Frühere Studien prognostizierten, dass ältere Passagiere die Mehrheit der medizinischen Zwischenfälle ausmachen würden (39). In der vorliegenden Studie hatten Patienten über 65 Jahre eher weniger medizinische Probleme an Bord (Abbildung 5 und 6). Wir erklären dies damit, dass ältere Menschen häufiger unter ärztlicher Kontrolle stehen und Empfehlungen für ihre Flugtauglichkeit erhalten (53).

Patienten mit leichten Symptomen (NACA 2) haben sich während des Fluges nie verschlechtert. Patienten mit schweren Symptomen zeigten diese bereits von Anfang an. Somit kann zu einem frühen Zeitpunkt bereits die Entscheidung zu einer Zwischenlandung oder Umkehr getroffen werden. Bei den Patienten, die an Bord bleiben, wird die Kabinenbesatzung instruiert, regelmäßig Vitalparameter zu nehmen und bei bestimmten festgesetzten Schwellenwerten die Telekonsultation erneut wahrzunehmen.

Ziel der Telekonsultation bei Notfällen an Bord ist es, das Risiko in einem Flugzeug zu minimieren. Da der Pilot aufgrund seiner fehlenden medizinischen Kenntnisse solch ein Risiko nicht korrekt einschätzen kann, ist die Beratung durch den Notarzt eine gerne in Anspruch genommene Entscheidungshilfe. Letztendlich muss der Kapitän an Bord entscheiden, ob eine Zwischenlandung durchgeführt wird oder nicht. In der Studie wurden alle instabilen Patienten erkannt und bei einer notfallmäßigen Zwischenlandung von Bord gebracht. Die Patienten, die weiter mitfliegen sollten, waren allesamt weiterhin stabil und konnten bei Bedarf dem medizinischen Dienst des Zielflughafens übergeben werden.

Ein wesentlicher Grund, Zwischenlandungen möglichst zu vermeiden, sind die enormen Kosten, die sich durch die zusätzliche Landung und die Verzögerung ergeben. In Studien wurden für eine übliche Zwischenlandung Kosten von 30.000 US\$ berechnet (106). Bei interkontinentalen Flügen wurden die Kosten für eine Zwischenlandung von Lufthansa mit 70.000 bis 230.000 US\$ beziffert. Schon die Vermeidung einer einzigen Zwischenlandung würde die jährlichen Kosten für die telemedizinische Beratung abdecken. Während der Studie gab es 5 Fälle, in denen sich der Kapitän bereits für eine Zwischenlandung entschieden hatte. Nach sorgfältiger telemedizinischer Beratung wurde empfohlen, den Flug weiter fortzusetzen. In keinem der Fälle, wie oben beschrieben, kam es zu einer Verschlechterung. Die Telekonsultation hat sich im wahrsten Sinne des Wortes für die Fluggesellschaft und den Patienten an Bord ausgezahlt.

Letztendlich wurden alle Fälle dahingehend untersucht, ob durch eine Telemetrie von EKG oder anderen Vitalparametern die Entscheidungen zur Zwischenlandung oder zum Weiterflug beeinflusst wird. Bei Erkrankungen wie Herzinfarkt sind anfangs die typischen EKG-Veränderungen in ca. 25% der Fälle nicht sichtbar (NSTEMI) und der Patient wird aufgrund seiner Symptomatik gemäß dem Herzinfarkt-Algorithmus behandelt (121). In allen Fällen dieser Studie hätten zusätzliche Informationen nicht zu einer Änderung der Entscheidung geführt. Allerdings wären in 5% der Fälle zusätzliche Informationen hilfreich gewesen. Die meisten Airlines verzichten aus diesem Grund auf zusätzliche Telemetrie (10, 74).

Die Erkenntnisse aus der telemedizinischen Unterstützung von Notfällen an Bord von Flugzeugen können auch auf Notfälle in entlegenen Gegenden übertragen werden. Mittlerweile sind Bohrseln, Baustellen oder Schiffe mit Möglichkeiten zur Telekonsultation ausgerüstet. Die Vorgehensweisen ähneln dem Vorgehen an Bord eines Flugzeugs. Wichtigster Faktor bei telemedizinischen Verfahren ist allerdings, dass in Erster Hilfe geschultes Personal vor Ort ist. Dass in dieser Studie die Anwesenheit eines Arztes keinen feststellbaren Einfluss auf den weiteren Verlauf hatte, zeigt vor allem, dass gut geschultes Personal, auch aus dem nicht medizinischen Bereich, eine wertvolle Unterstützung der Notfallversorgung an entlegenen Orten darstellt.

Zu 2.3 Training von lokalen Ersthelfern

Für die Versorgung von Patienten aus der Ferne ist es essenziell, dass die Helfer vor Ort trainiert sind und die richtigen Maßnahmen korrekt durchführen können. In manchen Bereichen, z.B. in Flugzeugen, auf Schiffen oder Bohrinseln, ist ein entsprechendes Trainingskonzept bereits etabliert. Die Herausforderung, möglichst viele Personen möglichst rasch mit den notwendigen Kenntnissen zur erfolgreichen Versorgung von Patienten auszustatten, ist entsprechend groß.

Aus diesem Grund werden Studien benötigt, um die Effizienz von Trainings und die Reduzierung von Fehlern zu evaluieren und zu verbessern. Auch weit verbreitete Trainings, wie zum Beispiel die BLS-, ACLS- oder PALS-Kurse der AHA (7) oder die ATLS-Kurse des American College of Surgeons (13) werden stetig verbessert und hinsichtlich ihrer Effektivität beurteilt. Für bestimmte Arbeitsumgebungen müssen diese Standardkurse angepasst werden und das Thema der Fehlervermeidung, wie es in der Luftfahrt Standard ist, integrieren.

Als Beispiel ist das Erste-Hilfe-Training für Piloten und die Kabinenbesatzung zu nennen, das alle zwei Jahre wiederholt wird. Als Basis dient ein Erste-Hilfe-Kurs, z.B. von der AHA. Da im Flugzeug andere Bedingungen als am Boden herrschen, werden diese Kurse um Kenntnisse über die Gasgesetze und die Benutzung von Sauerstoff an Bord erweitert. Zusätzlich werden die an Bord herrschenden engen Bedingungen praktisch simuliert.

Die Publikationen zeigen, was bei der Lehre für eine gute Versorgung von Notfallpatienten zu berücksichtigen ist und welches Vorgehen die besten und schnellsten Erfolge bringt. Mit diesem erweiterten Wissen war es zum Beispiel möglich, den ca. 300 Medizinstudenten pro Jahr an der Universitätsklinik Frankfurt am Main durch ein kleines und gut geschultes Trainerteam in kurzer Zeit die Fertigkeiten für eine effektive primäre Notfallversorgung zu vermitteln. Diese Fertigkeiten sind auch nach mehreren Monaten noch abrufbar gewesen.

Publikation VI

Rall M, Schaedle B, Ziegler J, Naef W, **Weinlich M**. Neue Trainingsformen und Erhöhung der Patientensicherheit: Sicherheitskultur und integrierte Konzepte. Unfallchirurg 2002, 105: 1033-1042, IF 0,677

Einleitung

1999 veröffentlichte das Institute of Medicine (63) unter dem Titel „To err is human“ einen Bericht über potenziell vermeidbare Behandlungsfehler in den USA. Man kam zu dem Resultat, dass Fehler in der Medizin zu den zehn häufigsten Todesursachen bei stationär aufgenommenen Patienten zählen. Dieser Bericht lieferte die Grundlage dafür, sich mit den hohen Raten an potenziell vermeidbaren Behandlungsfehlern zu beschäftigen.

Fehler in der Medizin werden nicht durch viel Wissen oder Frontalunterricht verhindert, sondern durch einen anderen Umgang damit. Wichtig ist, dass man den Begriff „Fehler“ nicht mit „Schuld“ verbindet, sondern Fehler nutzt, um daraus zu lernen. Zunächst muss die Ursache von Fehlern analysiert werden (88). Die Behandlung von Notfallpatienten ist ebenso komplex wie das Führen eines Flugzeugs oder der Betrieb eines Kernkraftwerkes. Die Definition für solch ein komplexes Behandlungssystem ist wie folgt:

- ergebnisabhängig und dynamisch: der Zustand des Patienten kann sich jederzeit verändern
- komplex: die Änderung von Parametern des Körpers sind von sehr vielen Faktoren abhängig
- eng gekoppelt: die Körperfunktionen müssen in Notfallsituationen auch mit Maschinen unterstützt werden
- Start von externen Faktoren abhängig: viele Faktoren sind von außen gegeben und können im Verlauf nicht einfach verändert werden
- unsicher: die Reaktion auf bestimmte Maßnahmen ist nicht immer vorhersehbar
- riskant: die Patienten werden immer multimorbider und bringen ein höheres Risiko mit
- wichtige Ziele: die Lebensqualität des Patienten muss mitberücksichtigt werden
- Arbeiten im Team: die Interaktion im Team kann sehr komplex werden
- Zeitdruck: bei einem zum Teil schnellen Verlauf muss innerhalb kurzer Zeit eine Entscheidung getroffen werden (28)

Aufgrund dieser komplexen Systeme müssen neue Wege zur Entscheidungsfindung definiert werden. Man spricht von „Dynamic Decision Making“, oder „Crisis Resource Management“

(49). Zusätzlich muss eine Infrastruktur geschaffen werden, die es ermöglicht, Fehler zu erkennen und diese in geeigneter Form zu verhindern. Man spricht in diesem Zusammenhang von „Safety Culture“ (89, 90). Um dies zu vermitteln, sind mittlerweile geeignete Trainingsformen in Form einer realistischen Simulation und eines Debriefing etabliert worden (36). Die alleinige Wissensvermittlung führt nicht zu einer Reduzierung von Fehlern. Nur das aktive Üben und Simulieren von kritischen Situationen kann eine Veränderung des Verhaltens herbeiführen.

Für eine Besprechung von während einer Simulation eingetretenen Fehlern hat sich das folgende Schema als hilfreich erwiesen. Dabei wird zwischen passiven Fehlern (Unterlassen einer Handlung) und aktiven Fehlern unterschieden:

- Fehler auf Ebene des theoretischen Wissens („knowledge-based errors“)
- Fehler durch Anwendung falscher Regeln („rule-based errors“)
- Fehler auf Ebene der praktischen Fertigkeiten („skill-based errors“)
- sog. Ausrutscher („slips“) oder Versehen („lapses“)

Menschen tendieren dazu, eine sogenannte „Culture of Blame“ aufzubauen, in der jeder Fehler den Beigeschmack von Schuld und Unfähigkeit zugewiesen bekommt („naming, blaming and shaming“ (90)). Aber auch Ärzte sind keine „Götter in Weiß“ und weder übermenschlich leistungsfähig (102) noch unfehlbar (69). Eine Culture of Blame führt letztendlich für alle Beteiligten zu vermehrtem Stress und dadurch zu weiteren Fehlern. Weniger Fehler sind nur zu erreichen, wenn eine proaktive systemanalytische Sicherheitskultur („Safety Culture“) eingeführt wird (6, 68, 88). In Anlehnung an die Sicherheitskonzepte und Trainings in der Luftfahrt (Cockpit Ressource Management oder Crew Ressource Management CRM) wurden auch in der Medizin Patienten-Simulatoren genutzt, um mit den Teams geeignete Strategien zum Umgang mit eventuell auftretenden Fehlern einzuüben (49, 65).

Wirklich kritische Fehler, die zum Beispiel zum Tode eines Patienten führen, ereignen sich relativ selten. Viel häufiger kommt es zu sogenannten „Beinahe-Unfällen“, die bereits zeigen, dass Probleme vorhanden sind, die sich im ungünstigen Fall potenzieren und zu einem fatalen Ende führen könnten. Solche Fälle, die keinen „schlimmen“ Verlauf nehmen, werden mittlerweile in einem sogenannten Critical Incident Reporting (4, 15, 110) erfasst und in die Trainings aufgenommen. Gerade die Beschäftigung mit kleineren Fehlern führt zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und Achtsamkeit - „never forget to be afraid“ (90).

Mittlerweile gibt es in der Medizin verschiedenste Simulatoren für unterschiedlichste Zwecke. Am aufwendigsten sind sicherlich Patienten-Simulatoren, die sämtliche Vitalparameter erzeugen können und auch auf die Eingabe von verschiedenen Medikamenten entsprechend rea-

gieren. Mit diesen Simulatoren kann ein Training, ähnlich einem Flugzeug-Simulator, realitätsnah und mit Video-Aufzeichnung durchgeführt werden. Der Aufwand für den Betrieb eines solchen Simulationszentrums ist allerdings sehr hoch und vor allem die Personalkosten und das zusätzliche Training der dort tätigen Instrukturen führen dazu, dass solche Patienten-Simulatoren nur an speziellen Zentren vorhanden sind.

Einfachere Simulatoren wie Megacode Trainer, Skills Trainer oder einfache Reanimationspuppen sowie PC-Simulationen können bei entsprechenden Lernzielen ebenso verwendet werden und sind üblicherweise transportabel, sodass sie in die Arbeitswelt des Teams gebracht werden können. Auch bei einfachen Simulatoren kann die Realität durch den Trainer so eingespielt werden, dass eine große Realitätsnähe entsteht. Wichtig ist bei diesen Trainings, dass sie praktisch durchgeführt werden.

Ziele dieser Simulationen sind:

1. Der Trainierende soll nach kurzer Zeit das Gefühl haben, an einem echten Patienten zu arbeiten.
2. Die sogenannten „Human Factors“ sollen genauso auftreten wie in der Realität.

Der Ablauf einer Simulation gliedert sich in Briefing, Einführung in das Crew Resource Management (65), Simulation, sofortiges Debriefing, Abschlussbesprechung und Wissenstransfer. Besonders wichtig ist dabei das Debriefing (37). Gerade im Debriefing entscheidet sich das Erreichen des Lernzieles. Eine falsche Durchführung des Debriefings kann sogar schaden („Debriefing can make or break training sessions!“). Deswegen ist es sehr wichtig, dass die Instrukturen eine gute psychologische Schulung erhalten. Der Schwerpunkt des Debriefings sollte auf der Betrachtung des Crisis Resource Managements liegen und nicht auf der fachlichen Diskussion. Am Ende des Debriefings erfolgt ein Wissenstransfer mit einer sogenannten „Take Home Message“. Eine solche Debriefing-Technik lässt sich auch gut bei wirklichen Zwischenfällen einsetzen.

Die Arbeit von Rall et al. gibt einen guten Überblick über die Möglichkeit von Simulationstrainings, um nicht nur einen Wissenstransfer zu erreichen, sondern auch das Team so zu schulen, dass Fehler in Zukunft vermieden werden können. Am wichtigsten ist dabei, dass von einer Culture of Blame zu einer Safety Culture umgeschwenkt wird.

Publikation VII

Moecke HP, Dirks B, Friedrich HJ, Hennes HJ, Lackner CK, Messelken M, Neumann C, Pajonk FG, Reng M and Ruppert M, Schächinger U, Schlechtriemen Th, **Weinlich M**, Wirtz S. DIVI-Notarzteinsatzprotokoll Version 4.2. Notfall + Rettungsmedizin 2004 Volume 7, Number 4, 259-261, IF 0,532

Damit Teams gut zusammenarbeiten können, müssen Standards definiert und Begrifflichkeiten für alle gleich verständlich werden. Als einer der einfachsten Standards in der Notfallmedizin hat sich das ABCDE-Schema des American College of Surgeons erwiesen, dass im Rahmen des ATLS Kurses weltweit gelehrt wird. Mit diesem einfachen Konzept kann auch in entlegenen Gegenden in der Zusammenarbeit von Rettungsteams ein gleiches Vorgehen koordiniert werden. Als Beobachter auf dem Rettungshubschrauber in Südafrika war es beeindruckend zu sehen, wie stringent und effizient die Rettungskette mit diesem System funktioniert. Dazu muss betont werden, dass in Südafrika im Vergleich zu Deutschland etwa das 10-fache an Traumapatienten versorgt wird.

Die Konzeption eines einheitlichen Standards und einer guten Verständlichkeit für alle Beteiligten war die Herausforderung in der Bearbeitung des DIVI-Notarzteinsatzprotokolls in der damaligen Version 4.2. Das Protokoll sollte nur wichtige Felder beinhalten und als Checkliste für den Einsatz dienen. Zusätzlich konnte die Dokumentation der Vitalparameter und Maßnahmen einfach durchgeführt werden. Für die Übergabe im Krankenhaus oder Schockraum war es so konzipiert, dass das übernehmende Team schnell die wichtigsten Informationen entnehmen konnte (5).

2013 wurde die Version 5.0 von der DIVI herausgegeben (71). Die Bedeutung von einheitlichen Protokollen und Datensätzen hat sich in den letzten Jahren in den wichtigsten Publikationen durchgesetzt. Da diese Datensätze aus der Erfahrung der vergangenen Jahrzehnte heraus entstanden sind, bilden sie eine gute Grundlage für eine Standardisierung im Ausland, falls die dortige Infrastruktur noch nicht so weit wie in Deutschland ist.

Publikation VIII

Ruesseler M, **Weinlich M**, Byhahn C, Müller M P, Jünger J, Marzi I, Walcher F. Increased authenticity in practical assessment using emergency case OSCE stations. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2010 Mar;15(1):81-95. Epub 2009 Jul 17. IF 2,705

Einleitung

Nachdem Trainings einem gewissen Standard folgen, ist es sinnvoll zu überprüfen, ob das Lernziel erreicht wurde. Besonders in industriellen Anlagen oder Umgebungen müssen die Fähigkeiten der Mitarbeiter überprüft und dokumentiert werden, um einen entsprechenden Qualitätsstandard darzustellen und um zu garantieren, dass die Notfallprozesse auch entsprechend umgesetzt werden können.

In der Ausbildung von Medizinstudenten wird nicht mehr einfach subjektiv das Wissen durch einen Professor abgefragt, sondern in einer strukturierten und klinisch relevanten Art werden einzelne Fertigkeiten abgefragt. Dabei werden in verschiedenen Beurteilungsstationen Fertigkeiten in einem Szenario abgerufen. Diese Vorgehensweise wird OSCE (Objective Structured Clinical Examination) genannt und wurde von Harden et al. 1975 zuerst beschreiben (42). Alle Teilnehmer des OSCE erhalten dieselben Aufgaben in standardisierten Szenarien. Die Beurteilung erfolgt durch eine objektive Checkliste.

In der Notfallmedizin sind nicht nur Fertigkeiten wie das Anlegen eines IV- oder IO-Zugangs, die Durchführung einer standardisierten Reanimation oder die Interpretation relevant, sondern ein Notfallpatient muss unter Berücksichtigung des geeigneten Algorithmus adäquat behandelt werden. Dazu ist die korrekte Identifizierung des Problems durch eine Untersuchung und Analyse der Symptome notwendig. Damit diese Fähigkeiten überprüft werden können, bedarf es einer Erweiterung eines OSCE zu einem sogenannten ECOS (Emergency Case OSCE Stations). Die Teilnehmer müssen einen der Realität nahekommenden Notfall mit primärer Begutachtung und Behandlung bis zur sekundären Überprüfung komplett managen, bis weitere professionelle Hilfe eintrifft. Die heutige Erwartung an einen approbierten Arzt ist es, dass er die wichtigsten Notfälle routiniert erkennen und die initialen Behandlungen einleiten kann.

An der Studie der Universitätsklinik Frankfurt am Main haben 45 Medizinstudenten freiwillig teilgenommen. Auf Grundlage der Lehrinhalte wurde eine OSCE-Evaluierung mit 10 Stationen aufgebaut (Abb. 7). Sie bestand aus 6 ECOS, 3 mit standardisierten Patienten (115) und 3 mit Reanimationspuppen, sowie 4 traditionellen OSCE-Stationen. Die ECOS spiegeln reale Fälle wider, die an die Kursinhalte angepasst wurden. Die Vorgaben für Vorgeschichte, Vitalparameter und Verhalten in den Szenarien waren gegeben.

Im Vorfeld haben die Studenten ein obligatorisches Notfalltraining absolviert. Dazu gehören Basic und Advanced Life Support (BLS und ACLS), drei Tage Praktikum auf dem Rettungswagen und ein schriftlicher Test der American Heart Association. Die Beurteilung in den ECOS wurde mittels Checklisten (47, 101) objektiv abgefragt. Zusätzlich wurden die Prüfer und Studenten mittels Fragenkatalog zu Schwere, Sinnhaftigkeit, Zeitumfang und anderen Faktoren befragt.

Ergebnisse

Die Schwierigkeit der einzelnen Stationen war ungefähr gleich und im erwarteten Rahmen. Die Studenten beurteilten die OSCE- und ECOS-Stationen als fair und relevant, um Notfälle effektiv zu bewältigen. Ein hoher Prozentsatz gab die beste Benotung in Bezug auf Spaß und Organisation.

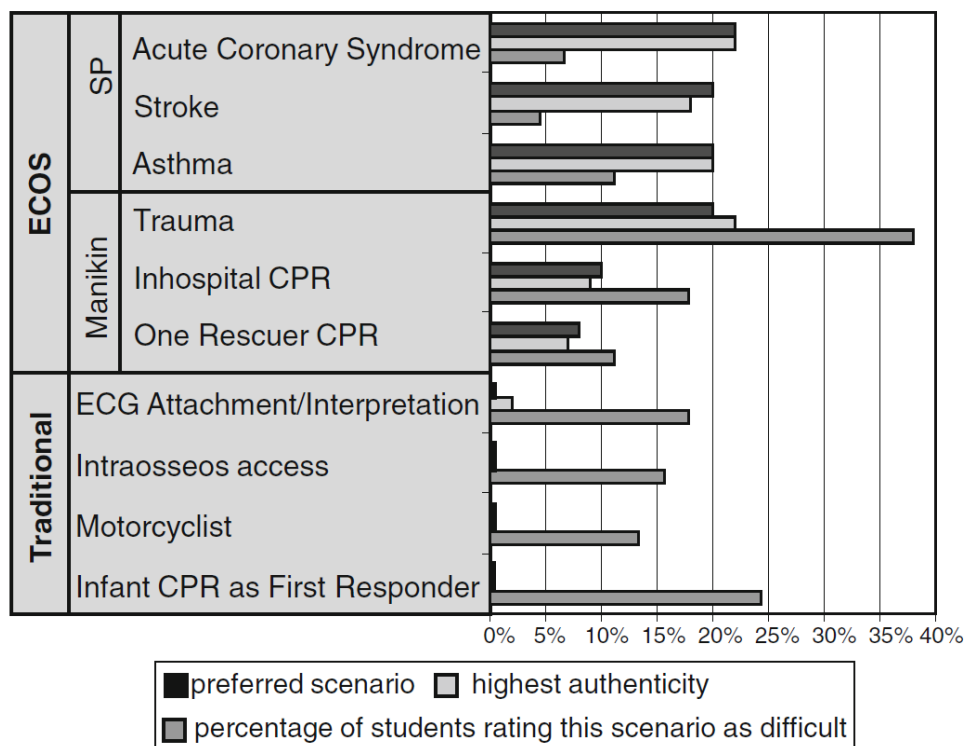


Abb. 7: Präferenz, Authentizität und Schwierigkeitsbewertung von OSZE-Szenarien bewertet durch die Studierenden. Schwarz: bevorzugtes Szenario, hellgrau: höchste Authentizität, dunkelgrauer Prozentsatz der Schwierigkeit dieses Szenario auf einer 3-Punkte-Skala (schwierig-mittel-einfach).

Wie in der Abbildung zu sehen, sind die ECOS-Szenarien bezüglich Authentizität und Präferenz deutlich besser bewertet als die eigentlichen OSCE-Stationen. Das Trauma-Szenario wurde als am schwierigsten bewertet. Die Prüfer waren mit den Szenarien zufrieden und betonten die Realitätsnähe, um zukünftige Notfälle adäquat zu beherrschen.

Diskussion

Ziel des Curriculums für die Studierenden im Bereich Notfallmedizin ist, dass diese zukünftig kompetent und professionell die wichtigsten Notfälle meistern können (123). Die Simulation von kompletten Notfall-Szenarien als ECOS lässt es zu, die Kompetenz in der Bewältigung von Notfällen, abzuprüfen (125). Die realitätsnahen Simulationen haben eine sehr hohe Akzeptanz und sind für die Studierenden motivierend. Die Studierenden bekommen dadurch auch ein Gefühl dafür, was sie sich bereits zutrauen können und ob sie realen Situationen bereits gewachsen wären. Die Durchführung von ECOS bestärkt die Studierenden im Lernen von praktischen Fähigkeiten und steht im ergänzenden Gegensatz zum „Büffeln“ von Faktenwissen (52, 73).

Auch wenn die ECOS-Stationen aufwendiger in Bezug auf Personal und Vorbereitung sind, so konnte festgestellt werden, dass sich mindestens 3 OSCE in einem ECOS integrieren lassen. Damit werden auch die Personalressourcen und der Aufwand insgesamt reduziert bei gleicher Prüfungsqualität. Für eine umfängliche Prüfung empfiehlt van der Vleuten 14-18 OSCE-Stationen, was ca. 5 ECOS-Stationen entspricht (124). Mit diesen standardisierten ECOS-Stationen kann somit standardisiert das Erreichen eines Lehrziels in der Notfallmedizin dokumentiert werden. Durch die Praxisnähe ist es sowohl motivierend für die Teilnehmer als auch relevant für zukünftige Notfälle (44).

Publikation IX

Ruesseler M, **Weinlich M**, Müller MP, Byhahn C, Marzi I, Walcher F. Simulation training improves ability to manage medical emergencies. *Emerg Med J.* 2010 Oct;27(10):734-8 IF 1,776

Einleitung

In den bisher besprochenen Studien wird postuliert, dass ein praktisches Training zu einem schnelleren und anhaltenderen Lernerfolg führt. Immerhin sollen die Studierenden dahin gebracht werden, dass sie nach dem Studium mit kritischen Notfallsituationen zurechtkommen (17). Bisher gibt es allerdings nur wenige vergleichende Studien zwischen verschiedenen Lehrformen in der Notfallmedizin. Es wurden zum Beispiel Fallsimulationen mit Fallbesprechungen verglichen (119) oder mit einem interaktiven problemorientierten Lehrformat (111).

Mit den oben beschriebenen OSCE- und ECOS-Stationen war es möglich, Messungen von Erfolgen von Lehrmethoden zu evaluieren. Kurz nach dem Jahrtausendwechsel wurde das Curriculum der Medizinstudenten an der Universitätsklinik Frankfurt am Main grundlegend geändert. Es gab in der Folge eine Gruppe von Medizinstudenten, die nach dem alten Lehrplan (Former Curriculum, control group) mit vorwiegend Frontalunterricht und Praktikum in der Notaufnahme unterrichtet wurden, und eine neue Gruppe (New Curriculum, intervention group) mit BLS, ACLS und TEAM (ATLS-Kurs für Studenten), praktischen Kursen und Praktikum auf dem Rettungswagen (Tab. 2).

Former Curriculum	Semester	New Curriculum
Medical first aid - lecture series - practical training	1 st ↓	Medical first aid* - lecture series - practical training
Interdisciplinary lectures	2 nd ↓	Interdisciplinary lectures*
	3 rd /4 th ↓	
	4 th /5 th ↓	Basic Life Support*
Emergency Department shifts	5 th /6 th ↓	Advanced Cardiac Life Support* combined with TEAM Training
three 16 weeks electives	7 th /8 th	three 16 weeks electives

Tab. 2: Unterschiede im Curriculum für Notfallmedizin vor und nach der Umstellung vom ersten bis zum 8. Klinischen Semester. * Inklusive Multiple-Choice-Fragebogen

Großer Wert wurde daraufgelegt, möglichst realistische Szenarien während der praktischen Trainings aufzubauen und die Räumlichkeiten entsprechend einzurichten. So gab es zum Beispiel einen unaufgeräumten „Messie“-Raum mit „Drogenbesteck“, ein Kinderzimmer mit einem kleinen Kinderbett oder einen Raum in einer Ambulanz. Da die einzelnen Räumlichkeiten von den Trainern selbst erlebten realen Fällen nachempfunden waren, wurde die Effizienz des Lernens gut unterstützt.

Beide Gruppen von jeweils 22 Studenten wurden nach einer Latenz von über 4 Monaten zu dem Curriculum einem standardisierten OSCE unterworfen. Bei den OSCE-Stationen, die lediglich Fertigkeiten abrufen (Skill stations), konnten maximal 12,5 Punkte erreicht werden und bei den ECOS, die doppelt so lange dauerten, maximal 25 Punkte. Die Trainer, die an der Konzeption des OSCE beteiligt waren, wurden nicht als Prüfer eingesetzt.

Ergebnisse

Die Studierenden, die nach dem neuen Curriculum trainiert worden waren, schnitten besonders bei den ECOS-Stationen signifikant besser ab als die Studierenden nach früherem Lehrplan. Bei den Skills Stations gab es ebenfalls signifikante Unterschiede, einzig die Abnahme des Helms und Anlage des Stiff Necks wurde in beiden Gruppen ebenbürtig durchgeführt (Abb. 8).

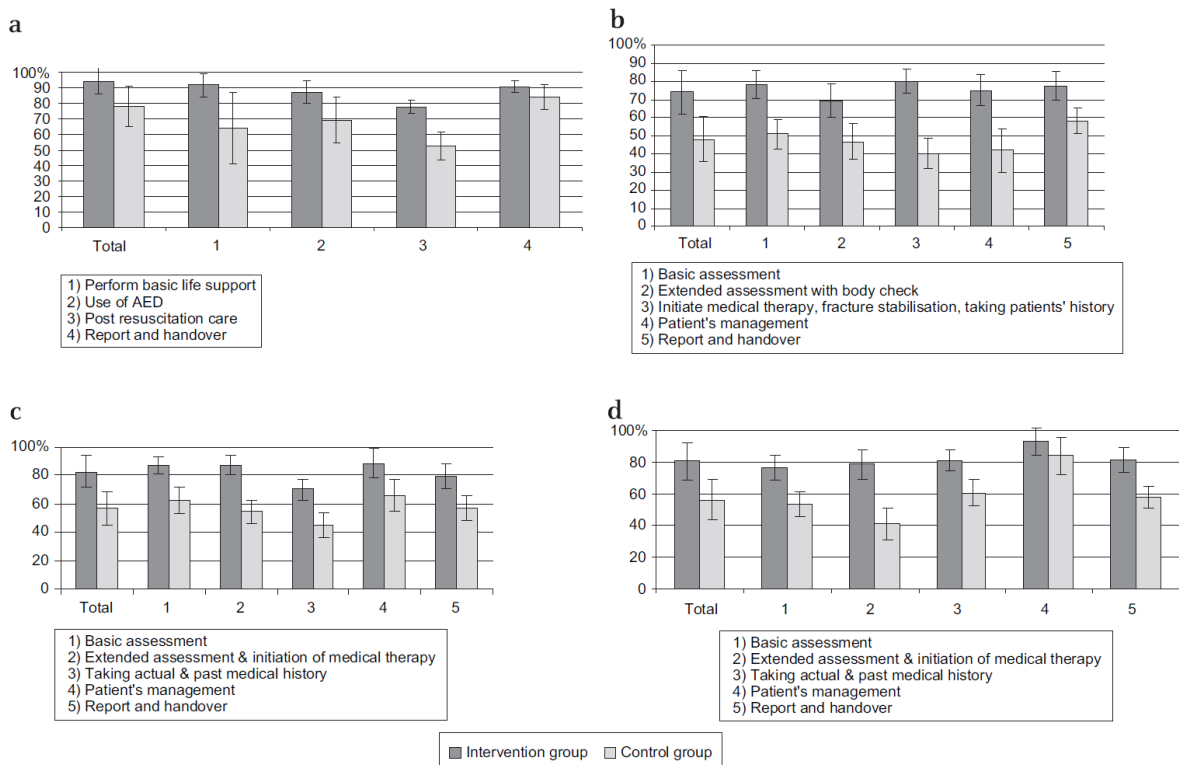


Abb. 8: Ergebnisse der einzelnen Stationen. (A) Akutes Koronarsyndrom. (B) Schlaganfall. (C) Trauma. (D) Prähospital-HLW mit AED. Angegeben sind Mittelwerte in % der Gesamtpunktzahl für Intervention (dunkelgrau) und Kontrollgruppe (hellgrau).

Die Evaluierungsbögen nach dem OSCE ergaben, dass 74% das neue Curriculum als exzellent benoteten und 26% als gut. 97% beurteilten, dass die neue Form zweckdienlich ist und optimal auf die zukünftigen Aufgaben bei Notfällen vorbereitet.

Diskussion

Mit dieser Studie war es möglich, die Notwendigkeit von praktischem realitätsnahem Training in der Notfallmedizin zu unterstreichen. Andere Studien haben einen solchen Effekt bereits bei ACLS-Trainings in der Inneren Medizin nachgewiesen (132, 133). Die Einbindung von standardisierten Trainings wie BLS, ACLS oder ATLS in eine realistische Umgebung ist bei den Studierenden sehr gut angekommen und hat sicherlich auch einen Teil zu dem deutlich besseren Abschneiden der Gruppe mit dem neuen Curriculum beigetragen (73). Wie groß der Einfluss ist, kann noch nicht abschließend gesagt werden und muss noch weiter analysiert werden (112, 117).

Aufgrund des deutlichen Erfolgs des neuen praxis- und realitätsorientierten Curriculums werden seither alle Studierenden so häufig wie möglich in den praktischen Fertigkeiten trainiert. Damit schließt die medizinische Ausbildung zu der erfolgreichen Simulatorenausbildung von Piloten oder anderen Experten in komplexen Arbeitsumgebungen auf. Die Teilnehmer lernen schneller und können, da sie selbst gehandelt haben, das gelernte Wissen in der Praxis einfacher und schneller abrufen.

Für die Ausbildung von Teams in entlegenen Gegenden bedeutet dies, dass die Trainings möglichst vor Ort mit dem Equipment und der lokalen Infrastruktur durchgeführt werden sollten. Als Beispiel sei hier das Erste-Hilfe-Training von Stewardessen genannt, das am besten in einem Mock-up-Simulator einer Flugzeugkabine durchgeführt werden soll. Eine erfolgreiche Reanimation unter den sehr beengten Bedingungen in einem Flugzeug bringt zusätzliche Anforderungen an das Team mit sich, was in einem üblichen Klassenzimmer mit viel Platz nicht zu erkennen ist.

Publikation X

Walcher F, Rüsseler M, Nürnberger F, Byhahn C, Stier M, Mrosek J, **Weinlich M**, Breitzkreutz R, Heringer F, Marzi I. (2011). Praktikum im Rettungsdienst mit Anleitung durch Rettungsassistenten: Curriculare Lehrveranstaltung im Querschnittsbereich Notfallmedizin. Unfallchirurg, 114(4), 340–344. <https://doi.org/10.1007/s00113-010-1781-0>. IF 0,532

Einleitung

In dem oben beschriebenen neuen Curriculum für die Ausbildung von Medizinstudenten im Bereich Notfallmedizin nehmen die Studierenden an 3 Tagen für je 8 Stunden (mindestens 1 Tag ist Pflicht) auf einem Rettungsmittel an einem Praktikum teil. Bisher wurden die Studierenden üblicherweise von Professoren oder Ärzten ausgebildet. Auf den Rettungsmitteln erhalten die Studierenden Unterricht von nichtärztlichem medizinischem Fachpersonal ohne ärztliche Supervision.

Es stellt sich die Frage, ob die Rettungsdienste mit der großen Anzahl von Studierenden in der täglichen Routine zurechtkommen und ob dieses Praktikum für die Studierenden einen Mehrwert bezüglich der künftigen Behandlung von Notfällen hat. Bisher wurden nur an wenigen Universitäten Medizinstudierende im Rahmen eines Curriculums auf den Rettungsmitteln eingesetzt. Die Studierenden sollen die bereits gelernten Fertigkeiten, soweit möglich, auf dem Rettungsmittel aktiv unter Anleitung durchführen. Diese Tätigkeiten werden in einem Logbuch dokumentiert. Zusätzlich wird die Qualität der Praktika durch einen Fragebogen evaluiert.

Ergebnisse

Zwischen 2005 und 2008 haben fast 500 Studierende das neue Curriculum durchlaufen. Das Curriculum wurde von 66% mit „sehr gut“ und 28% mit „gut“ bewertet. 86% bewerteten das Praktikum im Rettungsdienst als sinnvoll. Die Organisation des Praktikums durch den Rettungsdienst wurde zu 78% als professionell beurteilt. Zu 89% waren die Rettungsassistenten gut auf das Praktikum vorbereitet und die Eingliederung des Studierenden in das Team des RTW oder arztbesetzten Rettungsmittels verlief zu 95% problemlos. Die auf dem Rettungsfahrzeug tätigen Lehrrettungsassistenten bekamen zu 58% die Note 1 und zu 32% die Note 2.

Diskussion

Durch die Integration der Studierenden in den Rettungsdienst wird ein besonderer Teil der medizinischen Ausbildung eröffnet, der nur in der Realität erfahren werden kann. Es handelt sich um das Erleben von Extremsituationen wie Unfälle, Tod, Trauer, Gewalt und Kriminalität. Nur durch diese Erfahrungen kann Sozialkompetenz erfahren und erlernt werden. Im Lernzielkatalog wird dies im Abschnitt „Emotionales Wissen und Kompetenz“ subsumiert (129).

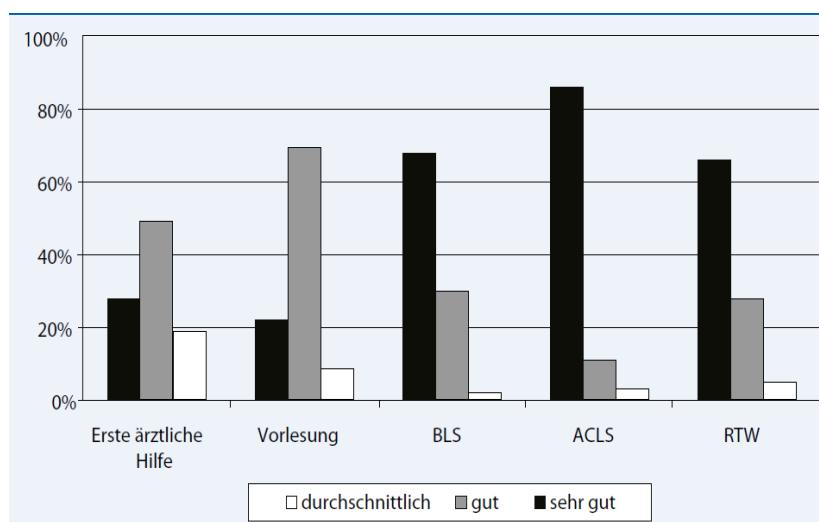


Abb. 9: Evaluation der einzelnen Teile des neuen Curriculums des Querschnittsbereichs Notfallmedizin.

Diese Studie zeigt in der Evaluation, dass praxisorientierte Lernmodule mit einem hohen haptischen Anteil wie die Simulationskurse BLS und ACLS und das Praktikum auf dem RTW eine sehr gute Benotung bekommen (Abb. 9). Diese sind zwar deutlich aufwendiger als die übliche Vorlesung, aber das Lernziel wird besser erreicht und über längere Zeit behalten, wie es die vorhergehenden Studien gezeigt haben.

Bezogen auf die Ausbildung von vielen Personen, auch im Ausland, verweist diese Studie darauf, dass nicht der akademische Grad des Lehrers für den Erfolg ausschlaggebend ist, sondern das praxisorientierte und mit Tätigkeiten verbundene Praktikum. Gerade die gute Benotung des medizinischen Personals zeigt, dass für einen guten Ausbilder kein akademisches Studium notwendig ist, sondern vorwiegend die Motivation zählt, anderen etwas zu vermitteln. Auch im Simulationszentrum der Universitätsklinik Frankfurt am Main wurden motivierte Studierende in einem Train-the-Trainer-Kurs zu Instruktoren ausgebildet, die dann ihrerseits andere Studierenden in der Notfallmedizin ausbilden konnten. Dank dieses Konzeptes konnten alle Studierenden gemäß dem neuen Curriculum erfolgreich ausgebildet werden.

Für Ausbildungen an entlegenen Orten bedeutet dies, dass diejenigen, die gerne anderen ihr Wissen vermitteln wollen, zu Instruktoren ausgebildet werden. Dies ermöglicht eine Vervielfältigung der Ausbildungsressourcen und ein rasches Erreichen der Lernziele für alle Beteiligten. Dabei ist es wichtig, dass die Ausbildung vor Ort immer wieder überprüft wird und eine regelmäßige Schulung der Instruktoren stattfindet.

Zu 2.4 Besonderheiten der Rückholung

Ein im Ausland erkrankter oder verunfallter Patient wird nicht immer nach den neusten medizinischen Erkenntnissen versorgt. Deutschland hat im Vergleich zu anderen Ländern ein sehr gut entwickeltes Gesundheitssystem. Nicht nur in der Covid-19-Pandemie zeigt sich, welche großen Unterschiede es in den Gesundheitssystemen der einzelnen Länder gibt. Es ist deswegen verständlich, dass ein Patient im Ausland möglichst rasch nach Deutschland zurückkehren möchte.

Viele beliebte Destinationen außerhalb Europas, wie zum Beispiel die Fidschi-Inseln oder Barbados, sind unter 24 h mit dem Flugzeug nicht zu erreichen. Von einer schnellen Rückholung innerhalb eines Tages muss sowohl von organisatorischer Seite als auch aufgrund der Distanz und der mangelnden lokalen Ressourcen Abstand genommen werden. Trotzdem sollte der Patient möglichst gemäß internationalen Standards versorgt werden, selbst wenn zusätzlich Sprachprobleme und eine unterschiedliche Kultur eine Rolle spielen.

In zwei Studien werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Patienten im entfernten Ausland geholfen werden kann, eine Versorgung nach hohem Standard zu erlangen.

Publikation XI

Weinlich M, Mühlmeier M, Reichert A, Jaki R. Intensivtransport in der Luft. Notfall & Rettungsmedizin. 2001;4(2):93-101. doi:10.1007/s100490170079. IF 0,532

Einleitung

Nicht jedes Krankenhaus verfügt über alle Ressourcen, um Patienten allumfassend behandeln zu können. Oft wird die Erstversorgung in einem Krankenhaus adäquat durchgeführt, aber wenn dann die Diagnose feststeht, sollte der Patient besser in der für diese Diagnose geeignete Klinik gebracht werden. In Deutschland kann solch eine Klinik schon einmal über 100 km entfernt sein, im Ausland auch 500 km oder mehr.

Bei der Verlegung oder Rückholung eines Patienten ist immer zu bedenken, dass der Patient von dieser Maßnahme profitieren muss, da auch ein Transport Risiken birgt und größere Interventionen während des Transports nicht möglich sind. Für die in Deutschland eingesetzten Intensivtransporthubschrauber besteht jedoch die Möglichkeit, bei einer Verschlechterung des Zustands des Patienten ein auf der Route befindliches geeignetes Krankenhaus rasch anzufliegen und den Patienten dort zu versorgen. Letztendlich ist es für die Indikation für einen Transport wichtig zu wissen, wie riskant dieser sein wird.

Ergebnisse

Zwischen 1993 und 2000 wurden 13.813 Einsätze der 3 Intensivtransporthubschrauber in Baden-Württemberg analysiert. Diese Hubschrauber waren in 31% der Fälle in Primäreinsätze involviert. Seit der Einführung des digitalen Notarzteinsatzprotokolls wurden 690 Intensivtransporteinsätze dokumentiert und bezüglich des minimalen Notfalldatensatzes (MIND 6) und der Veränderung während des Transports (MEES 8) ausgewertet (130).

In 62% der Fälle war die Flugzeit zum Krankenhaus geringer als 20 min. Die eigentliche Transportzeit war deutlich länger und hat in 7% der Fälle eine Stunde überschritten. Dies entspricht in etwa einer Entfernung von 250 km. Zur Beurteilung des Gesundheitszustands des Patienten wurde der NACA-Score benutzt (18). Zweidrittel der transportierten Patienten hatten einen NACA von 4 oder 5, was einer möglichen bis bestehenden Vitalbedrohung des Patienten entspricht. In 0,2% der Fälle musste eine Reanimation während des Transports durchgeführt werden.

Um das Risiko eines Intensivtransports einzuschätzen, wurde der Mainz Emergency Evaluation Score (MEES 8) herangezogen. Dabei werden 7 Vitalparameter am Anfang des Transports und am Ende dokumentiert und mit bis zu 4 Punkten bewertet. Die Vitalwerte betreffen systolischen Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz, periphere Sauerstoffsättigung, Schmerz,

Herzrhythmus und Bewusstsein. Die Ergebnisse am Anfang und Ende werden voneinander abgezogen und so kann ermittelt werden, ob sich der Patient verbessert hat, stabil geblieben ist oder verschlechtert hat. Nach diesen MEES-Kriterien haben sich ca. 50% der Patienten während des Transports verbessert und nur ca. 15% verschlechtert.

Zusätzlich wurde durch den transportierenden Arzt beurteilt, ob sich der Patient verändert hat. Hier stellen die Ärzte fest, dass sich nur ca. 10% der Patienten verbessert haben und nur 2% der Patienten verschlechtert.

Diskussion

Der Intensivtransport mit einem Intensivtransporthubschrauber ist eine risikoarme Möglichkeit, den Patienten in eine geeignete Klinik zu verlegen. Durch das geringe Risiko des Transports überwiegt der Vorteil einer deutlich verbesserten Behandlung im Zielkrankenhaus.

Je nach Entfernung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, einen Patienten zu transportieren. Für kurze Strecken ist ein Intensivmobil eine besser geeignete Ressource (12). Bei längeren Strecken, wie zum Beispiel aus dem Norden oder Süden Chiles in die Hauptstadt Santiago (Entfernung über 1000 km), ist ein Ambulanzflugzeug mit entsprechender Ausrüstung schneller und besser geeignet.

Im Gegensatz zu den Primäreinsätzen sind Intensivtransporte anspruchsvoller und dauern länger. Aus diesem Grund hat die DIVI Empfehlungen bezüglich der ärztlichen Qualifikation erlassen und einen entsprechenden Intensivtransportkurs eingeführt. Bei längeren Einsätzen, wie zum Beispiel in der Auslandsrückholung, wird juristisch sogar der Facharztstandard gefordert (70).

Für die Patienten im Ausland oder in entfernten Gebieten bedeutet diese Studie, dass die Indikation für eine Verlegung des Patienten in ein besser geeignetes Krankenhaus nicht am Risiko des Transports scheitern sollte. Natürlich sind die Intensivtransporthubschrauber in vielen Ländern, wenn überhaupt vorhanden, nicht unbedingt gleich gut ausgestattet und die Teams gegebenenfalls nicht so gut ausgebildet, aber das Risiko, in einem ungeeigneten Krankenhaus zu verbleiben, ist vergleichsweise größer.

Publikation XII

Blau M B, **Weinlich M**, Lauchart W, Piatek S, Walcher F. (2017). Air Repatriation with a medium-sized pneumothorax without thoracic tube: A special case of a repatriation accompanied by an experienced surgeon. *Air Medical Journal*, 36(5), 268–271. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2017.05.004>. IF 0,14

Einleitung

Ein Pneumothorax ist eine übliche Komplikation bei einem Thoraxtrauma, besonders wenn gleichzeitig Rippenfrakturen vorliegen. Die übliche Behandlung ist eine Thoraxdrainage. Für einen Rückflug in einem Linienflieger muss bedacht werden, dass es durch den niedrigeren Kabinendruck von ca. 2450 m um eine Ausweitung um ca. 30% kommt (50, 82, 95). Aus diesem Grund ist der Pneumothorax per se eine Kontraindikation für einen Flug (16, 28). Wird ein Pneumothorax durch eine Thoraxdrainage und ein Heimlich-Ventil versorgt, so darf in dieser Konstellation ein Flug angetreten werden. Allerdings muss im Vorfeld ausgeschlossen werden, dass sich ein Spannungspneumothorax bilden kann.

Die folgende Publikation berichtet von einer 28-jährigen Patientin, die in Bolivien in einen schweren Busunfall verwickelt war. Bei dem Unfall verstarben mehrere Fahrgäste. Bei der Patientin wurde ein Pneumothorax rechts im CT festgestellt (Abb. 10) und eine Thoraxdrainage angelegt. Weitere Frakturen betrafen die Mandibula, die rechte Klavikula und die 9. und 10. Rippe rechts. Zusätzlich wurde eine Anämie behandelt.

Am 5. Tag wurde die Thoraxdrainage entfernt. Die Operation der dislozierten Mandibulafraktur sollte in Deutschland stattfinden, sodass eine Rückholung per Linienflugzeug geplant wurde. In den vom Krankenhaus übermittelten Berichten wurde darauf hingewiesen, dass der Pneumothorax komplett resorbiert war. Durch die Übermittlung eines Smartphone-Kamerabildes von der Thorax-Röntgenaufnahme kamen in Deutschland Bedenken auf, dass der Pneumothorax noch persistent sein könnte. Die entsprechenden Bedenken wurden dem behandelnden Arzt mitgeteilt und es wurde um eine erneute Anlage einer Thoraxdrainage gebeten. Der Arzt sah keinen Grund für eine Thoraxdrainage und bezweifelte das Vorhandensein eines Pneumothorax.

Ergebnisse

Die Patientin befand sich in Oruro/Bolivien in einem Krankenhaus auf einer Höhe von 3.710 Metern. Der Flughafen von La Paz liegt auf 4.061 Metern Höhe. Da sich die Patientin bereits auf einer größeren Höhe befand, als es dem Kabinendruck entsprach, und der Flug nach Frankfurt auf einer Höhe von 212 Metern endet, wurde bei der stabilen Patientin berechnet,

dass sich der Pneumothorax um ca. 35% reduzieren musste. Innerhalb des Flugzeugs während des Flugs wurde eine Reduktion von bereits 15% errechnet (96).

Da die Patientin eine baldige Versorgung der Mandibulafraktur benötigte, konnte nicht wochenlang auf die Resorption des Pneumothorax gewartet werden. Gemäß den Vorgaben der British Thoracic Surgery Society wird ein Abstand der Lunge von der Thoraxwand von 4 cm als großer Pneumothorax bezeichnet. Ein kleiner Pneumothorax hat einen Abstand von weniger als 2 cm. Gemäß den vorliegenden Richtlinien (120) hätte die Patientin mit diesem großen Pneumothorax nicht fliegen dürfen.

Die Patientin wurde letztendlich von La Paz nach Frankfurt geflogen. Begleitet wurde sie von einem sehr erfahrenen Chirurgen, der schon viele Thoraxdrainagen gelegt hat, und einem erfahrenen Rettungsassistenten. Die Patientin kam ohne weitere Vorkommnisse in Frankfurt an und die dort durchgeführten Thorax-CTs bestätigten die initial berechnete Reduktion des Pneumothorax (Abb.11).



Abb. 10: Links) Initiales Thorax CT, das einen kompletten Pneumothorax rechts zeigt. Rechts) Thorax CT nach Entfernung der Thoraxdrainage mit mittelgradigem persistierendem Pneumothorax.

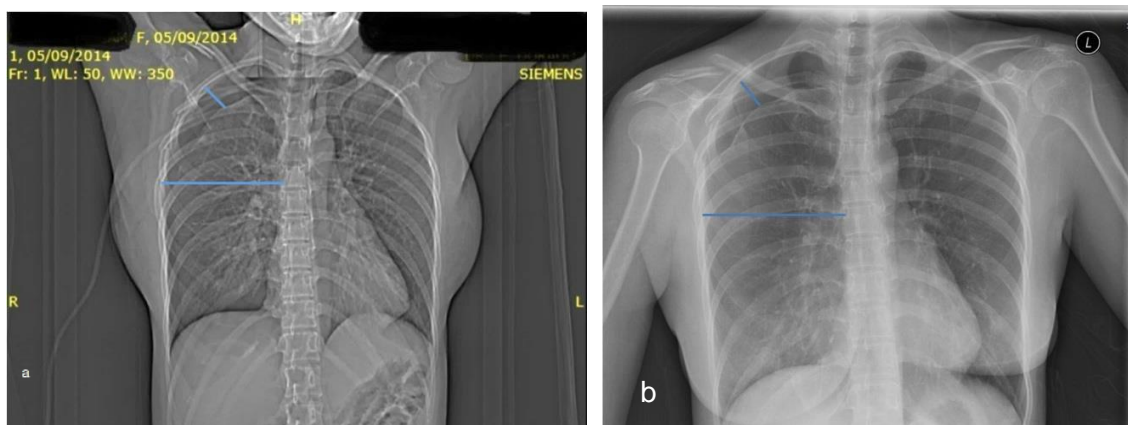


Abb. 11: Links) Thorax-Aufnahme mit mittelgradigem persistierendem Pneumothorax in Bolivien. Rechts) Thorax-Aufnahme in Frankfurt am Main mit Reduzierung des Pneumothorax. Die blauen Linien stellen das Ausmaß des Pneumothorax im Verhältnis zum Durchmesser des Hemithorax dar.

Diskussion

Aufgrund der besonderen Situation, dass der behandelnde Arzt die Anlage einer eigentlich erforderlichen Thoraxdrainage verweigerte und sich die Patientin auf über 3.500 Metern Höhe aufhielt, musste eine alternative Vorgehensweise für die Rückholung der Patientin überlegt werden. Durch die sorgfältige Planung mit Berechnung der Reduktion des Pneumothorax nach Ankunft in Frankfurt und dem erfahrenen Team konnte die Patientin wohlbehalten zurückgeflogen werden.

Die Richtlinien für den Transport eines Patienten sind für den üblichen Fall geschrieben (20). Es gab allerdings bereits Hinweise in der Literatur, dass Patienten mit Pneumothorax, welcher erst nach dem Flug erkannt wurde, während des Flugs symptomlos waren (95). Insgesamt gibt es auch eine deutliche Diskrepanz zwischen einzelnen Richtlinien und den Ärzten bezüglich eines Fluges mit einem Pneumothorax (16). Weitere Studien kamen üblicherweise zu einem positiven Ausgang bei der Persistenz eines Pneumothorax während eines Flugs (50, 134).

Solche Fallberichte zeigen, dass im Ausland oder in entlegenen Gegenden weitere Faktoren wie Kultur, Rahmenbedingungen und Sprache hinzukommen, welche bei einem Rücktransport eines Patienten zu berücksichtigen sind. Die Medizin unter solchen Gegebenheiten ändert sich nicht, aber die Art der Anwendung und die Berücksichtigung von Alternativen durch das Team (Crew Resource Management) können maßgeblich zum Erfolg führen. Bei solch anspruchsvollen Fällen ist zusätzlich eine große Erfahrung des beteiligten Teams von großem Vorteil.

4 Zusammenfassung

Viele Länder verfügen noch nicht über ein ausgereiftes Rettungssystem oder haben bei der Versorgung von Patienten sehr große Distanzen zurückzulegen, um ein geeignetes Krankenhaus zu erreichen. Zusätzlich gibt es entlegene Gegenden, („Remote Areas“) wie Flugzeuge, Ölplattformen etc., in denen Menschen arbeiten, die besondere Notfallkonzepte benötigen. Dadurch können Patienten trotz der besonderen Rahmenbedingungen optimal versorgt werden.

In dieser Arbeit werden Studien diskutiert, die zum einen die Wichtigkeit von bestimmten Konzepten analysieren und zum anderen neue Möglichkeiten in der Notfallversorgung von Patienten im Ausland oder in „Remote Areas“ aufzeigen. Vier Themenfelder einer notfallmäßigen Versorgung werden behandelt und die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst:

Der **Faktor Zeit** ist für eine gute Erstversorgung des Notfallpatienten essenziell. Die Versorgung am Unfallort sollte rasch und auf das Nötigste beschränkt werden. Schwerverletzte Patienten werden dann mit dem schnellsten verfügbaren und am besten geeigneten Rettungsmittel zum geeigneten Krankenhaus gebracht.

Vor allem bei der intraabdominalen Blutung spielt Zeit eine große Rolle. Deswegen wird mittlerweile die Abdomen-Sonographie beim Notfallpatienten bereits am Unfallort durchgeführt (pFAST). Ist freie Flüssigkeit feststellbar, so wird der Patient in ein entsprechendes Traumazentrum mit der Möglichkeit einer sofortigen Laparotomie transportiert.

Telemedizin kann in Situationen, in denen ein Notfallpatient seinen Aufenthaltsort nicht korrekt benennen kann, z.B. in einem dichten Wald, oder wenn die Kommunikation mit der Rettungsleitstelle durch Sprachschwierigkeiten eingeschränkt ist, z.B. in China, durch Übermittlung der Ortungsdaten hilfreich sein. Erst durch die Ortungsdaten kann ein Disponent die Rettungskräfte direkt an den Ort des Patienten schicken. Die Ortungsdaten sind im Smartphone oder Satellitentelefon des Patienten vorhanden und werden durch eine App an eine Alarmzentrale zu übermitteln. Mit dem Smartphone wird gleichzeitig ein Anruf durchgeführt und der Disponent spricht direkt mit dem Patienten.

Diese Informationen werden danach weltweit an die zuständige lokale Rettungsleitstelle weitergeleitet, damit diese zielgenau den Rettungsdienst zum Patienten leiten kann. Da in solchen Fällen im Durchschnitt zwei Stunden Verzögerung verhindert werden können, sind solche Unterstützungssysteme oder „Emergency Call Support Systems (ECSS)“ ein einfacher und effektiver Weg, um einen Notruf abzusetzen.

Eine besondere Umgebung sind Flugzeuge, bei denen im Notfall das nächste geeignete Krankenhaus mehrere Stunden entfernt sein kann. In solchen Situationen muss entweder eine Zwischenlandung durchgeführt werden, um den Patienten in ein geeignetes Krankenhaus zu bringen, oder der Flug kann fortgesetzt werden und das Kabinenpersonal benötigt Unterstützung, wie der Patient weiter zu versorgen ist. Die telemedizinische Konsultation eines Notarztes am Boden wird über eine Satellitenverbindung zum Flugzeug durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass dadurch jene Patienten eine teure Zwischenlandung erzwungen haben, die ein ernsthaftes Problem an Bord hatten. Die Patienten, die weitergeflogen wurden, blieben hingegen stabil und das Flugzeug konnte problemlos seine Destination erreichen. Der telemedizinische Service hat sich in den letzten Jahrzehnten etabliert und kann auch auf andere entlegene Gebiete wie Schiffe oder Baustellen, übertragen werden.

Trotz des Einsatzes von Telemedizin ist die Ausbildung und das **Training** von lokalen Ersthelfern entscheidend, da der entfernte Arzt den Patienten vor Ort nicht selbst behandeln kann. Die lokalen Ersthelfer müssen geschult werden, damit eine effektive Behandlung des Notfallpatienten erfolgen kann. Da Notfälle komplexe Arbeitsabläufe von Teams erfordern, wird heutzutage, wie in der Fliegerei, am effektivsten an Simulatoren geübt. Dabei werden nicht nur Fakten gelernt, sondern die Arbeit im Team unter Stress praktisch trainiert.

Um viele Personen effektiv ausbilden zu können und sicherzustellen, dass die Lernziele erreicht werden, finden Standards wie das Notarztprotokoll Verwendung. In praktischen Kursen unter Zuhilfenahme von Simulationspuppen sowie der Simulation von realen Notfällen kann sehr effizient und motivierend einer großen Anzahl von Personen die Versorgung eines Notfallpatienten vermittelt werden. Dabei ist es nicht unbedingt notwendig, dass die Trainer Akademiker sind, sondern dass diese eine Motivation zur Lehre mitbringen und aus der Praxis kommen.

Bei Notfällen im Ausland können Patienten zum Teil erst mit mehreren Tagen Verzögerung zurückgeholt werden. Aus diesem Grund sind lokale Verlegungen in ein besser geeignetes Krankenhaus, auch wenn es in einem anderen Land ist, als erste Maßnahme zu bedenken. Der Intensivtransport ist dabei eine risikoarme Möglichkeit, die lokale Unterversorgung zu kompensieren.

Soll der Patient zurück ins Heimatland gebracht werden (**Repatriierung**), dann kann es aufgrund kultureller oder sprachlicher Probleme dazu kommen, dass eine leitliniengerechte Vorgehensweise überdacht werden muss. Wird eine Abweichung erwogen, dann muss diese gut begründet sein und die Teams müssen sich auf Komplikationen einstellen. Dann kann ggf. auch ein Patient mit Pneumothorax, aber ohne Thoraxdrainage, sicher nach Hause geflogen werden.

Die diskutierten Publikationen zeigen, dass es für die Notfallversorgung im Ausland oder in entlegenen Gegenden verschiedene Möglichkeiten gibt, eine deutliche Verbesserung in der Versorgung zu erzielen. Dabei können verschiedene Maßnahmen kombiniert werden, wie zum Beispiel die teamorientierte Erste-Hilfe-Ausbildung der Kabinenbesatzung, die telemedizinische Beratung durch einen Notarzt oder der Smartphone-gestützte Notruf mit der Disposition des Rettungsmittels, welches den Patienten am schnellsten in ein Versorgungszentrum bringt.

Da sich die Rahmenbedingungen in den verschiedenen Ländern und Gegenden sehr unterscheiden, muss sichergestellt werden, dass der Einsatz von Telemedizin oder weiteren Maßnahmen überprüft wird. Schon allein die Tatsache, ob sich ein Rettungshubschrauber in London oder Frankfurt am Main befindet, führt zu abweichenden Ergebnissen. Werden diese Rettungsmittel in ihrer Umgebung adäquat eingesetzt, führen beide Systeme zu einer optimierten Behandlung.

Letztendlich muss gegenüber den Kostenträgern eine eventuell teure telemedizinische Maßnahme, wie zum Beispiel eine Telekonsultation im Flugzeug oder auf einer entlegenen Baustelle, einen nachweisbaren Mehrwert haben. Wird dieser nachgewiesen, dann wird sich dieses Verfahren auf lange Sicht durchsetzen. Die in dieser Arbeit vorgestellten wissenschaftlichen Erkenntnisse werden in den nächsten Jahren in weiteren Studien überprüft werden und eines Tages im ein oder anderen Anwendungsbereich als sinnvolle Ergänzung der bestehenden Versorgung wiederzufinden sein.

Literaturverzeichnis

1. **Andersen MS, Johnsen SP, Hansen AE, Skjaereth E, Hansen CM, Sørensen JN, Jepsen SB, Hansen JB, Christensen EF.** Preventable deaths following emergency medical dispatch - an audit study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 22: 74, 2014. doi: 10.1186/s13049-014-0074-y.
2. **Andruszkow H, Frink M, Zeckey C, Krettek C, Hildebrand F, Mommsen P.** Merits and capabilities of helicopter emergency medical service (HEMS) in traumatized patients. *Technol Heal Care* 20: 435–444, 2012. doi: 10.3233/THC-2012-0691.
3. **Andruszkow H, Lefering R, Frink M, Mommsen P, Zeckey C, Rahe K, Krettek C, Hildebrand F.** Survival benefit of helicopter emergency medical services compared to ground emergency medical services in traumatized patients. *Crit Care* 17, 2013. doi: 10.1186/cc12796.
4. **Beckmann U, West LF, Groombridge GJ, Baldwin I, Hart GK, Clayton DG, Webb RK, Runciman WB.** The Australian incident monitoring study in intensive care: AIMS-ICU. The development and evaluation of an incident reporting system in intensive care. *Anaesth Intensive Care* 24: 314–319, 1996. doi: 10.1177/0310057x9602400303.
5. **Bernhard M, Trautwein S, Stepan R, Zahn P, Greim CA, Gries A.** Notärztliche einschätzung der klinischen weiterversorgung von notfallpatienten. *Anaesthesist* 63: 394–400, 2014. doi: 10.1007/S00101-014-2313-Z.
6. **Berwick DM, Leape LL.** Reducing errors in medicine. *Br. Med. J.* 318 BMJ Publishing Group: 136–137, 1999.
7. **Bhanji F, Donoghue AJ, Wolff MS, Flores GE, Halamek LP, Berman JM, Sinz EH, Cheng A.** Part 14: Education: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 132: S561–S573, 2015. doi: 10.1161/CIR.0000000000000268.
8. **Bickell WH, Wall MJ, Pepe PE, Martin RR, Ginger VF, Allen MK, Mattox KL.** Immediate versus Delayed Fluid Resuscitation for Hypotensive Patients with Penetrating Torso Injuries. *N Engl J Med* 331: 1105–1109, 1994. doi: 10.1056/nejm199410273311701.
9. **Blaivas M, Sierzenski P, Theodoro D.** Significant hemoperitoneum in blunt trauma victims with normal vital signs and clinical examination. *Am J Emerg Med* 20: 218–221, 2002. doi: 10.1053/ajem.2002.32637.
10. **Borges do Nascimento IJ, Jerončić A, Arantes AJR, Brady WJ, Guimarães NS, Antunes NS, Carim Junior G, Marcolino MS.** The global incidence of in-flight medical emergencies: A systematic review and meta-analysis of approximately 1.5 billion airline passengers. *Am J Emerg Med* 48: 156–164, 2021. doi: 10.1016/j.ajem.2021.04.010.
11. **Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD, Wherrett L, Rizoli SB, Culhane J, Hamilton P.** Emergent abdominal sonography as a screening test in a new diagnostic algorithm for blunt trauma. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 40: 867–874, 1996. doi: 10.1097/00005373-199606000-00003.
12. **Brändström H, Winsö O, Lindholm L, Haney M.** Regional intensive care transports: A prospective analysis of distance, time and cost for road, helicopter and fixed-wing ambulances. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 22: 1–8, 2014. doi: 10.1186/1757-7241-22-36.
13. **Brasel KJ.** Advanced trauma life support (ATLS®): The ninth edition. *J Trauma Acute Care Surg* 74: 1363–1366, 2013. doi: 10.1097/TA.0b013e31828b82f5.

14. **Brown BS, Pogue KA, Williams E, Hatfield J, Thomas M, Arthur A, Thomas SH.** Helicopter EMS Transport Outcomes Literature: Annotated Review of Articles Published 2007–2011. *Emerg Med Int* 2012: 1–21, 2012. doi: 10.1155/2012/876703.
15. **Buckley TA, Short TG, Rowbottom YM, Oh TE.** Critical incident reporting in the intensive care unit. *Anaesthesia* 52: 403–409, 1997. doi: 10.1111/j.1365-2044.1997.094-az0085.x.
16. **Bunch A, Duchateau FX, Verner L, Truwit J, O'Connor R, Brady W.** Commercial air travel after pneumothorax: A review of the literature. *Air Med J* 32: 268–274, 2013. doi: 10.1016/j.amj.2013.01.003.
17. **Burdick WP, Jouriles NJ, D'Onofrio G, Kass LE, Mahoney JF, Restifo KM.** Emergency medicine in undergraduate education. *Acad. Emerg. Med.* 5 Hanley and Belfus Inc.: 1105–1110, 1998.
18. **Byhahn C, Meininger D, Bueck M, Kessler P, Füllner M, Lischke V.** Präklinik in der klinik: Innerbetrieblicher notarzt- und rettungsdienst an einem großklinikum. *Dtsch Medizinische Wochenschrift* 126: 675–679, 2001. doi: 10.1055/s-2001-14700.
19. **Chao F, You D, Pedersen J, Hug L, Alkema L.** National and regional under-5 mortality rate by economic status for low-income and middle-income countries: a systematic assessment. *Lancet Glob Heal* 6: e535–e547, 2018. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30059-7.
20. **Chen CW, Perng WC, Li MH, Yan HC, Wu CP.** Hemorrhage from an enlarged emphysematous bulla during commercial air travel [Online]. *Aviat Sp Environ Med* 77: 1275–1277, 2006. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17183925/> [25 Sep. 2020].
21. **Chen TT, Ma MHM, Chen FJ, Hu FC, Lu YC, Chiang WC, Ko PCI.** The relationship between survival after out-of-hospital cardiac arrest and process measures for emergency medical service ambulance team performance. *Resuscitation* 97: 55–60, 2015. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.04.035.
22. **Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ.** Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 52: 420–425, 2002. doi: 10.1097/00005373-200203000-00002.
23. **Cowley RA.** A total emergency medical system for the State of Maryland. [Online]. *Maryl Med J* 24: 37–45, 1975. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1142842/> [19 Sep. 2020].
24. **Cummins RO.** Emergency medical services and sudden cardiac arrest: The “chain of survival” concept. *Annu. Rev. Public Health* 14 Annual Reviews: 313–333, 1993.
25. **Daya MR, Schmicker RH, Zive DM, Rea TD, Nichol G, Buick JE, Brooks S, Christenson J, MacPhee R, Craig A, Rittenberger JC, Davis DP, May S, Wigginton J, Wang H.** Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: Results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC). *Resuscitation* 91: 108–115, 2015. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.02.003.
26. **Deakin CD.** The chain of survival: Not all links are equal. *Resuscitation* 126: 80–82, 2018. doi: 10.1016/j.resuscitation.2018.02.012.
27. **DeJohn CA, Wolbrink AM, Véronneau SJH, Larcher JG, Smith DW, Garrett JS.** An evaluation of in-flight medical care in the U.S. [Online]. *Aviat Sp Environ Med* 73: 580–586, 2002. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12056675/> [19 Sep. 2020].
28. **Duchateau FX, Legrand JM, Verner L, Brady WJ.** Commercial aircraft repatriation of patients with pneumothorax. *Air Med J* 32: 200–202, 2013. doi: 10.1016/j.amj.2012.10.022.

29. **Eadie L, Mulhern J, Regan L, Mort A, Shannon H, Macaden A, Wilson P.** Remotely supported prehospital ultrasound: A feasibility study of real-time image transmission and expert guidance to aid diagnosis in remote and rural communities. *J Telemed Telecare* 24: 616–622, 2018. doi: 10.1177/1357633X17731444.
30. **Ecker H, Lindacher F, Dressen J, Wingen S, Hamacher S, Böttiger BW, Wetsch WA.** Accuracy of automatic geolocalization of smartphone location during emergency calls — A pilot study. *Resuscitation* 146: 5–12, 2020. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.10.030.
31. **Fattah S, Johnsen AS, Sollid SJM, Wisborg T, Rehn M, Sóti Á, Truhlář A, Krüger AJ, Gunnarsson B, Gryth D, Ohlén D, Fevang E, Sunde GA, Breitenmoser I, Kurola J, Nurmi J, Fredriksen K, Rognås L, Temesvari P, Mikkelsen S, Magnusson V, Voelckel W.** Reporting Helicopter Emergency Medical Services in Major Incidents: A Delphi Study. *Air Med J* 35: 348–351, 2016. doi: 10.1016/j.amj.2016.08.003.
32. **Ferrer-Roca O, Díaz De León R, De Latorre FJ, Suárez-Delgado M, Di Persia L, Cordo M.** Aviation medicine: Challenges for telemedicine. *J. Telemed. Telecare* 8 Royal Society of Medicine Press Ltd: 1–4, 2002.
33. **Finestone AS, Levy G, Bar-Dayyan Y.** Telecommunications in Israeli field hospitals deployed to three crisis zones. *Disasters* 38: 833–845, 2014. doi: 10.1111/disa.12074.
34. **Frankema SPG, Ringburg AN, Steyerberg EW, Edwards MJR, Schipper IB, Van Vugt AB.** Beneficial effect of helicopter emergency medical services on survival of severely injured patients. *Br J Surg* 91: 1520–1526, 2004. doi: 10.1002/bjs.4756.
35. **Funder KS, Rasmussen LS, Hesselfeldt R, Siersma V, Lohse N, Sonne A, Wulffeld S, Steinmetz J.** Quality of life following trauma before and after implementation of a physician-staffed helicopter. *Acta Anaesthesiol Scand* 61: 111–120, 2017. doi: 10.1111/aas.12835.
36. **Gaba DM, Howard SK.** Simulated anaesthetic emergencies. *Br J Anaesth* 79: 689–690, 1997. doi: 10.1093/bja/79.5.689-a.
37. **Garden AL, Le Fevre DM, Waddington HL, Weller JM.** Debriefing after simulation-based non-technical skill training in healthcare: A systematic review of effective practice. *Anaesth. Intensive Care* 43 Australian Society of Anaesthetists: 300–308, 2015.
38. **Gonzalez RP, Cummings GR, Harlan SM, Mulekar MS, Rodning CB.** EMS relocation in a rural area using a geographic information system can improve response time to motor vehicle crashes. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 71: 1023–1026, 2011. doi: 10.1097/TA.0b013e318230f6f0.
39. **Goodwin T.** In-flight medical emergencies: An overview. *Br. Med. J.* 321 BMJ Publishing Group: 1338–1341, 2000.
40. **Gräsner JT, Lefering R, Koster RW, Masterson S, Böttiger BW, Herlitz J, Wnent J, Tjelmeland IBM, Ortiz FR, Maurer H, Baubin M, Mols P, Hadžibegović I, Ioannides M, Škulec R, Wissenberg M, Salo A, Hubert H, Nikolaou NI, Lóczy G, Svavarsdóttir H, Semeraro F, Wright PJ, Clarens C, Pijls R, Cebula G, Correia VG, Cimpoesu D, Raffay V, Trenkler S, Markota A, Strömsöe A, Burkart R, Perkins GD, Bossaert LL.** EuReCa ONE—27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe. *Resuscitation* 105: 188–195, 2016. doi: 10.1016/j.resuscitation.2016.06.004.
41. **Grow RW, Sztajnkrzyer MD, Moore BR.** Language barriers as a reported cause of prehospital care delay in Minnesota. *Prehospital Emerg Care* 12: 76–79, 2008. doi: 10.1080/10903120701709878.
42. **Harden RMG, Downie WW, Stevenson M, Wilson GM.** Assessment of Clinical

- Competence using Objective Structured Examination. *Br Med J* 1: 447–451, 1975. doi: 10.1136/bmj.1.5955.447.
43. **Harmsen AMK, Giannakopoulos GF, Moerbeek PR, Jansma EP, Bonjer HJ, Bloemers FW.** The influence of prehospital time on trauma patients outcome: A systematic review. *Injury* 46: 602–609, 2015. doi: 10.1016/j.injury.2015.01.008.
44. **Häske D, Beckers SK, Hofmann M, Lefering R, Preiser C, Gliwitzky B, Grützner PA, Stöckle U, Münzberg M.** Performance Assessment of Emergency Teams and Communication in Trauma Care (PERFECT checklist)—Explorative analysis, development and validation of the PERFECT checklist: Part of the prospective longitudinal mixed-methods EPPTC trial. *PLoS One* 13, 2018. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0202795.
45. **Henriksson E, Öström M, Eriksson A.** Preventability of vehicle-related fatalities. *Accid Anal Prev* 33: 467–475, 2001. doi: 10.1016/S0001-4575(00)00060-9.
46. **Hinkelbein J, Gröschel J, Krieter H.** Zeitpunkte und zeitabschnitte zur beschreibung der struktur- und prozessqualität im organisatorischen rettungsablauf. *Notarzt* 20: 125–132, 2004. doi: 10.1055/s-2003-815018.
47. **Hodges B, Hanson M, McNaughton N, Regehr G.** Creating, monitoring, and improving a psychiatry OSCE: A guide for faculty. *Acad. Psychiatry* 26 Acad Psychiatry: 134–161, 2002.
48. **Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G, Tscherne H.** Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: A prospective analysis of 291 patients. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 32: 452–458, 1992. doi: 10.1097/00005373-199204000-00008.
49. **Holzman RS, Cooper JB, Gaba DM, Philip JH, Small SD, Feinstem D.** Anesthesia crisis resource management: Real-life simulation training in operating room crises. *J Clin Anesth* 7: 675–687, 1995. doi: 10.1016/0952-8180(95)00146-8.
50. **Hu X, Cowl CT, Baqir M, Ryu JH.** Air travel and pneumothorax. *Chest* 145 American College of Chest Physicians: 688–694, 2014.
51. **Jaekel C, Oezel L, Bieler D, Grassmann JP, Rang C, Lefering R, Windolf J, Thelen S.** Implications of prehospital estimation of trauma patients for the treatment pathway—An evaluation of the TraumaRegister DGU®. .
52. **Johnson G, Reynard K.** Assessment of an objective structured clinical examination (OSCE) for undergraduate students in accident and emergency medicine. *J Accid Emerg Med* 11: 223–226, 1994. doi: 10.1136/emj.11.4.223.
53. **Johnston R.** Clinical aviation medicine: Safe travel by air. *Clin Med (Northfield II)* 1: 385–388, 2001. doi: 10.7861/clinmedicine.1-5-385.
54. **Jones RR, DellaValle CT, Flory AR, Nordan A, Hoppin JA, Hofmann JN, Chen H, Giglierano J, Lynch CF, Freeman LEB, Rushton G, Ward MH.** Accuracy of residential geocoding in the Agricultural Health Study. *Int J Health Geogr* 13: 37, 2014. doi: 10.1186/1476-072X-13-37.
55. **Jung K, Huh Y, Lee JC, Kim Y, Moon J, Youn SH, Kim J, Kim TY, Kim J, Kim H.** Reduced mortality by physician-staffed HEMS dispatch for adult blunt trauma patients in Korea. *J Korean Med Sci* 31: 1656–1661, 2016. doi: 10.3346/jkms.2016.31.10.1656.
56. **Karlsten R, Elowsson P.** Who calls for the ambulance: Implications for decision support. A descriptive study from a swedish dispatch centre. *Eur J Emerg Med* 11: 125–129, 2004. doi: 10.1097/01.mej.0000114640.63700.68.

57. **Kaul G.** Erste Hilfe an Bord von Linienflugzeugen. Was steht Ihnen zur Verfügung? [Online]. *MMW-Fortschritte der Medizin* 143 MMW Fortschr Med: 31–33, 2001. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11400624/> [19 Sep. 2020].
58. **Keller SP, Halperin HR.** Cardiac Arrest: the Changing Incidence of Ventricular Fibrillation. *Curr. Treat. Options Cardiovasc. Med.* 17 Springer Healthcare: 2015.
59. **Kimura A, Otsuka T.** Emergency center ultrasonography in the evaluation of hemoperitoneum: A prospective study. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 31: 20–23, 1991. doi: 10.1097/00005373-199101000-00004.
60. **Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, Haas NP.** Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland. *Unfallchirurg* 116: 345–350, 2013. doi: 10.1007/s00113-011-2132-5.
61. **Knapp J, Bernhard M, Hainer C, Sikinger M, Brenner T, Schlechtriemen T, Gries A.** Besteht ein Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Vitalgefährdung und der Notfallmedizinischen Erfahrung des Notarztes? *Anaesthesist* 57: 1069–1074, 2008. doi: 10.1007/s00101-008-1454-3.
62. **Koczwara A, Dressman J.** Poor-Quality and Counterfeit Drugs: A Systematic Assessment of Prevalence and Risks Based on Data Published From 2007 to 2016. *J Pharm Sci* 106: 2921–2929, 2017. doi: 10.1016/j.xphs.2017.05.018.
63. **Kohn L, Corrigan J, Donaldson M.** To Err is Human: Building a Safer Health System. National Academies Press.
64. **Konrad R, Seibt R, Weinlich M, Blau M.** Medical treatment rates on shore for crew members of cruise ships. *J Int Marit Safety, Environ Aff Shipp* 2: 13–21, 2018. doi: 10.1080/25725084.2018.1504469.
65. **Kraft LC, Benning J, Schürmann V, Marquardt N.** Implementation and effectiveness of crew resource management in the medical sector. *Int J Saf Secur Eng* 10: 381–387, 2020. doi: 10.18280/IJSSE.100310.
66. **Lam SSW, Nguyen FNHL, Ng YY, Lee VPX, Wong TH, Fook-Chong SMC, Ong MEH.** Factors affecting the ambulance response times of trauma incidents in Singapore. *Accid Anal Prev* 82: 27–35, 2015. doi: 10.1016/j.aap.2015.05.007.
67. **Landoni G, Biselli C, Maj G, Zangrillo A.** Faster rings in the survival chain: Mobile phones could improve the response to the dedicated emergency call system. *Resuscitation* 75 Resuscitation: 547, 2007.
68. **Leape Lucian I., Berwick DM.** Safe health care: Are we up to it?: We have to be. *BMJ* 320 BMJ: 725–726, 2000.
69. **Leape LL, Woods DD, Hatlie MJ, Kizer KW, Schroeder SA, Lundberg GD.** Promoting patient safety by preventing medical error. *J. Am. Med. Assoc.* 280 JAMA: 1444–1447, 1998.
70. **Linden M.** Weltweiter Krankenrücktransport auf dem Luftweg. *Notfall & Rettungsmedizin* 3: 171–178, 2000. doi: 10.1007/s100490050223.
71. **Lucas B, Brammen D, Schirrmeyer W, Aleyt J, Kulla M, Röhrig R, Walcher F.** Requirements for a sustainable standardization and digitalization in clinical emergency and acute medicine. *Unfallchirurg* 122: 243–246, 2019. doi: 10.1007/s00113-019-0603-2.
72. **Lucas B, Hempel D, Otto R, Brenner F, Stier M, Marzi I, Breitzkreutz R, Walcher F.** Prehospital FAST reduces time to admission and operative treatment: a prospective, randomized, multicenter trial. .

73. **LUNENFELD E, WEINREB B, LAVI Y, AMIEL GE, FRIEDMAN M.** Assessment of emergency medicine: a comparison of an experimental objective structured clinical examination with a practical examination. *Med Educ* 25: 38–44, 1991. doi: 10.1111/j.1365-2923.1991.tb00024.x.
74. **Martin-Gill C, Doyle TJ, Yealy DM.** In-Flight Medical Emergencies: A Review. *JAMA - J. Am. Med. Assoc.* 320 American Medical Association: 2580–2590, 2018.
75. **McCarter FD, Luchette FA, Molloy M, Hurst JM, Davis K, Johannigman JA, Frame SB, Fischer JE.** Institutional and individual learning curves for focused abdominal ultrasound for trauma: Cumulative sum analysis. *Ann Surg* 231: 689–700, 2000. doi: 10.1097/00000658-200005000-00009.
76. **McKenney MG, Martin L, Lentz K, Lopez C, Sleeman D, Aristide G, Kirton O, Nunez D, Najjar R, Namias N, Sosa J.** 1,000 Consecutive Ultrasounds for Blunt Abdominal Trauma. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 40: 607–610, 1996. doi: 10.1097/00005373-199604000-00015.
77. **McQueen C, Crombie N, Cormack S, Wheaton S.** Medical emergency workload of a regional UK hems service. *Air Med J* 34: 144–148, 2015. doi: 10.1016/j.amj.2014.12.013.
78. **Meischke H, Chavez D, Bradley S, Rea T, Eisenberg M.** Emergency communications with limited-english-proficiency populations. *Prehospital Emerg Care* 14: 265–271, 2010. doi: 10.3109/10903120903524948.
79. **Morimura N, Ishikawa J, Kitsuta Y, Nakamura K, Anze M, Sugiyama M, Sakamoto T.** An analysis of spoken language expression during simulated emergency call triage. *Eur J Emerg Med* 12: 72–77, 2005. doi: 10.1097/00063110-200504000-00006.
80. **Newson-Smith MS.** Passenger doctors in civil airliners - Obligations, duties and standards of care [Online]. *Aviat Sp Environ Med* 68: 1134–1138, 1997. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9408565/> [19 Sep. 2020].
81. **Nicholl JP, Brazier JE, Snooks HA.** Effects of London helicopter emergency medical service on survival after trauma. *BMJ* 311: 217, 1995. doi: 10.1136/bmj.311.6999.217.
82. **Nicholson TT, Sznajder JI.** Fitness to fly in patients with lung disease. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 11 American Thoracic Society: 1614–1622, 2014.
83. **Nimmolrat A, Sutham K, Thinnukool O.** Patient triage system for supporting the operation of dispatch centres and rescue teams. *BMC Med Inform Decis Mak* 21, 2021. doi: 10.1186/S12911-021-01440-X.
84. **Osteras O, Brattebø G, Heltne JK.** Helicopter-based emergency medical services for a sparsely populated region: A study of 42,500 dispatches. *Acta Anaesthesiol Scand* 60: 659–667, 2016. doi: 10.1111/aas.12673.
85. **Paravar M, Hosseinpour M, Mohammadzadeh M, Mirzadeh AS.** Prehospital care and in-hospital mortality of trauma patients in Iran. *Prehosp Disaster Med* 29: 473–477, 2014. doi: 10.1017/S1049023X14000879.
86. **Peine A, Paffenholz P, Martin L, Dohmen S, Marx G, Loosen SH.** Telemedicine in Germany during the COVID-19 pandemic: Multi-professional national survey. *J Med Internet Res* 22, 2020. doi: 10.2196/19745.
87. **Peterson DC, Martin-Gill C, Guyette FX, Tobias AZ, McCarthy CE, Harrington ST, Delbridge TR, Yealy DM.** Outcomes of Medical Emergencies on Commercial Airline Flights. *N Engl J Med* 368: 2075–2083, 2013. doi: 10.1056/nejmoa1212052.
88. **Rall M, Manser T, Guggenberger H, Gaba DM, Unertl K.** Patientensicherheit und

- fehler in der medizin: Entstehung, prävention und analyse von zwischenfällen. *Anesthesiol. Intensivmed. Notfallmedizin Schmerztherapie* 36: 321–330, 2001.
89. **Reason J.** The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 327: 475–484, 1990. doi: 10.1098/rstb.1990.0090.
90. **Reason J.** Human error: Models and management. *Br. Med. J.* 320 BMJ Publishing Group: 768–770, 2000.
91. **Risgaard B, Draegert C, Baekgaard JS, Steinmetz J, Rasmussen LS.** Impact of Physician-staffed Helicopters on Pre-hospital Patient Outcomes: A systematic review. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 64 Blackwell Munksgaard: 691–704, 2020.
92. **Rogers FB, Rittenhouse KJ, Gross BW.** The golden hour in trauma: Dogma or medical folklore? *Injury* 46 Elsevier Ltd: 525–527, 2015.
93. **Rozycki GS, Ballard RB, Feliciano D V., Schmidt JA, Pennington SD.** Surgeon-performed ultrasound for the assessment of truncal injuries: Lessons learned from 1540 patients. In: *Annals of Surgery.* Ann Surg, p. 557–567.
94. **Rozycki GS, Shackford SR.** Ultrasound, What Every Trauma Surgeon Should Know. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 40, 1996. doi: 10.1097/00005373-199601000-00001.
95. **Sacco F, Calero KR.** Safety of early air travel after treatment of traumatic pneumothorax. *Int. J. Circumpolar Health* 73 International Association of Circumpolar Health Publishers: 2014.
96. **Salazar AJ, Aguirre DA, Ocampo J, Camacho JC, Díaz XA.** Evaluation of three pneumothorax size quantification methods on digitized chest X-ray films using medical-grade grayscale and consumer-grade color displays. *J Digit Imaging* 27: 280–286, 2014. doi: 10.1007/s10278-013-9651-2.
97. **Sasada M, Williamson K, Gabbott D.** The golden hour and pre-hospital trauma care. *Injury* 26: 215–216, 1995. doi: 10.1016/0020-1383(95)90061-6.
98. **Schweigkofler U, Braun J, Schlechtriemen T, Hoffmann R, Lefering R, Reimertz C.** Bedeutung der Luftrettung bei der präklinischen Traumaversorgung. *Z Orthop Unfall* 153: 387–391, 2015. doi: 10.1055/s-0035-1545801.
99. **Scott Kruse C, Karem P, Shifflett K, Vegi L, Ravi K, Brooks M.** Evaluating barriers to adopting telemedicine worldwide: A systematic review. *J. Telemed. Telecare* 24 SAGE Publications Ltd: 4–12, 2018.
100. **Sefrin P, Distler K.** Stellenwert der zugangszeit in der rettungskette. *Anesthesiol. Intensivmed. Notfallmedizin Schmerztherapie* 36: 742–748, 2001. doi: 10.1055/s-2001-18986.
101. **Selby C, Osman L, Davis M, Lee M.** How To Do It: Set Up and run an objective structured clinical exam. *BMJ* 310: 1187, 1995. doi: 10.1136/bmj.310.6988.1187.
102. **Sexton B, Thomas E, Helmreich RL.** Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: Cross sectional surveys. *Ugeskr Laeger* 162: 2725, 2000. doi: 10.1136/bmj.320.7237.745.
103. **Shackford SR, Rogers FB, Osler TM, Trabulsky ME, Clauss DW, Vane DW.** Focused abdominal sonogram for trauma: The learning curve of nonradiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 46: 553–564, 1999. doi: 10.1097/00005373-199904000-00003.
104. **Sheetz KH, Smith ME, Nathan H, Dimick JB.** Employee Healthcare Travel Programs: Promise or Hype? *Ann Surg* 271: 815–816, 2020. doi:

- 10.1097/SLA.00000000000003728.
105. **Siedenburg J.** Nottfälle auf langstreckenflügen. *Internist* 43 Internist (Berl): 1518–1528, 2002.
106. **Sirven JI, Claypool DW, Sahs KL, Wingerchuk DM, Bortz JJ, Drazkowski J, Caselli R, Zanick D.** Is there a neurologist on this flight? *Neurology* 58: 1739–1744, 2002. doi: 10.1212/WNL.58.12.1739.
107. **Smith RS, Kern SJ, Fry WR, Helmer SD.** Institutional learning curve of surgeon-performed trauma ultrasound. *Arch Surg* 133: 530–536, 1998. doi: 10.1001/archsurg.133.5.530.
108. **Socias Crespí L, Cenicerros Rozalén MI, Rubio Roca P, Martínez Cuellar N, García Sánchez A, Ripoll Vera T, Lesmes Serrano A.** Características epidemiológicas de las paradas cardiorrespiratorias extrahospitalarias registradas por el sistema de emergencias 061 (SAMU) de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares (2009-2012). *Med Intensiva* 39: 199–206, 2015. doi: 10.1016/j.medin.2014.04.004.
109. **Spicher N, Barakat R, Wang J, Haghi M, Jagieniak J, Öktem GS, Hackel S, Deserno TM.** Proposing an International Standard Accident Number for Interconnecting Information and Communication Technology Systems of the Rescue Chain. *Methods Inf Med* 60: E20–E31, 2021. doi: 10.1055/S-0041-1728676.
110. **Staender S, Davies J, Helmreich B, Sexton B, Kaufmann M.** The anaesthesia critical incident reporting system: An experience based database. *Int J Med Inform* 47: 87–90, 1997. doi: 10.1016/S1386-5056(97)00087-7.
111. **Steadman RH, Coates WC, Yue MH, Matevosian R, Larmon BR, McCullough L, Ariel D.** Simulation-based training is superior to problem-based learning for the acquisition of critical assessment and management skills. *Crit Care Med* 34: 151–157, 2006. doi: 10.1097/01.CCM.0000190619.42013.94.
112. **Sterz J, Gutenberger N, Stefanescu MC, Zinßer U, Bepler L, Linßen S, Schäfer V, Carstensen P, Verboket RD, Adili F, Ruessler M.** Manikins versus simulated patients in emergency medicine training: a comparative analysis. .
113. **Stewart K, Garwe T, Bhandari N, Danford B, Albrecht R.** Factors Associated with the Use of Helicopter Inter-facility Transport of Trauma Patients to Tertiary Trauma Centers within an Organized Rural Trauma System. *Prehospital Emerg. Care* 20 Taylor and Francis Ltd: 601–608, 2016.
114. **Stuhr M, Dethleff D, Weinrich N, Nielsen M, Hory D, Kowald B, Seide K, Kerner T, Nau C, Jürgens C.** Notfallmedizinische Versorgung in Offshore-Windparks: Neue Herausforderungen in der deutschen Nord- und Ostsee. *Anaesthesist* 65: 369–379, 2016. doi: 10.1007/s00101-016-0154-7.
115. **Swanson DB, van der Vleuten CPM.** Assessment of Clinical Skills With Standardized Patients: State of the Art Revisited. *Teach Learn Med* 25, 2013. doi: 10.1080/10401334.2013.842916.
116. **Takei Y, Inaba H, Yachida T, Enami M, Goto Y, Ohta K.** Analysis of reasons for emergency call delays in Japan in relation to location: High incidence of correctable causes and the impact of delays on patient outcomes. *Resuscitation* 81: 1492–1498, 2010. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.05.022.
117. **Talan T.** The Effect of Simulation Technique on Academic Achievement: A Meta-Analysis Study. *Int J Technol Educ Sci* 5: 17–36, 2020. doi: 10.46328/IJTES.141.
118. **Taylor J, McLaughlin K, McRae A, Lang E, Anton A.** Use of prehospital ultrasound in North America: A survey of emergency medical services medical directors. *BMC*

- Emerg Med* 14: 6, 2014. doi: 10.1186/1471-227X-14-6.
119. **Ten Eyck RP, Tews M, Ballester JM.** Improved Medical Student Satisfaction and Test Performance With a Simulation-Based Emergency Medicine Curriculum: A Randomized Controlled Trial. *Ann Emerg Med* 54: 684–691, 2009. doi: 10.1016/j.annemergmed.2009.03.025.
 120. **Thibeault C, Evans AD.** AsMA medical guidelines for air travel: Airline special services. *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 86 Aerospace Medical Association: 657–658, 2015.
 121. **Truhlář A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GEA, Alfonzo A, Bierens JJLM, Brattebø G, Brugger H, Dunning J, Hunyadi-Antičević S, Koster RW, Lockey DJ, Lott C, Paal P, Perkins GD, Sandroni C, Thies KC, Zideman DA, Nolan JP, Barelli A, Böttiger BW, Georgiou M, Handley AJ, Lindner T, Midwinter MJ, Monsieurs KG, Wetsch WA.** European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 95: 148–201, 2015. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.017.
 122. **Tsuchiya A, Tsutsumi Y, Yasunaga H.** Outcomes after helicopter versus ground emergency medical services for major trauma--propensity score and instrumental variable analyses: A retrospective nationwide cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 24: 1–11, 2016. doi: 10.1186/s13049-016-0335-z.
 123. **Van der Vleuten C.** Validity of final examinations in undergraduate medical training. *Br. Med. J.* 321 BMJ Publishing Group: 1217–1219, 2000.
 124. **Van Der Vleuten CPM.** The assessment of professional competence: Developments, research and practical implications. *Adv Heal Sci Educ* 1: 41–67, 1996. doi: 10.1007/BF00596229.
 125. **Van Der Vleuten CPM, Schuwirth LWT.** Assessing professional competence: From methods to programmes. *Med Educ* 39: 309–317, 2005. doi: 10.1111/j.1365-2929.2005.02094.x.
 126. **van der Wee MJL, van der Wilden G, Hoencamp R.** Acute Care Surgery Models Worldwide: A Systematic Review. *World J. Surg.* 44 Springer: 2622–2637, 2020.
 127. **Veldman A, Fischer D, Brand J, Racky S, Klug P, Diefenbach M.** Proposal for a new scoring system in international interhospital air transport. *J Travel Med* 8: 154–157, 2001. doi: 10.2310/7060.2001.24467.
 128. **Vouyioukas D, Maglogiannis I, Pasiyas V.** Pervasive e-health services using the DVB-RCS communication technology. *J Med Syst* 31: 237–246, 2007. doi: 10.1007/s10916-007-9061-4.
 129. **Walcher F, Dreinhöfer KE, Obertacke U, Waydhas C, Josten C, Rüsseler M, Venbrocks RA, Liener U, Marzi I, Forst R, Nast-Kolb D.** Entwicklung des lernzielkatalogs “muskuloskelettale erkrankungen, verletzungen und traumatische notfälle” für orthopädie- unfallchirurgie im medizinstudium. *Unfallchirurg* 111: 670–687, 2008. doi: 10.1007/s00113-008-1506-9.
 130. **Walcher F, Kulla M, Klinger S, Röhrig R, Wyen H, Bernhard M, Gräff I, Nienaber U, Petersen P, Himmelreich H, Schweigkofler U, Marzi I, Lefering R.** Standardisierte Dokumentation im Schockraum mit dem Kerndatensatz “Notaufnahme” der DIVI. *Unfallchirurg* 115: 457–464, 2012. doi: 10.1007/s00113-012-2220-1.
 131. **Wang HE, Peitzman AB, Cassidy LD, Adelson PD, Yealy DM.** Out-of-hospital endotracheal intubation and outcome after traumatic brain injury. *Ann Emerg Med* 44: 439–450, 2004. doi: 10.1016/j.annemergmed.2004.04.008.
 132. **Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, Fudala MJ, Lindquist LA, Feinglass J, Wade LD,**

- McGaghie WC.** Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols: A randomized trial. *Teach Learn Med* 17: 202–208, 2005. doi: 10.1207/s15328015tlm1703_3.
133. **Wayne DB, Siddall VJ, Butter J, Fudala MJ, Wade LD, Feinglass J, McGaghie WC.** A longitudinal study of internal medicine residents' retention of advanced cardiac life support skills. *Acad Med* 81, 2006. doi: 10.1097/00001888-200610001-00004.
134. **Weinlich M, Nieuwkamp N, Stueben U, Marzi I, Walcher F.** Telemedical assistance for in-flight emergencies on intercontinental commercial aircraft. *J Telemed Telecare* 15: 409–413, 2009. doi: 10.1258/jtt.2009.090501.
135. **Weiss M, Bernoulli L, Zollinger A.** The NACA-scale. Construct and predictive validity of the NACA-scale for prehospital severity rating in trauma patients. *Anaesthetist* 50: 150–154, 2001. doi: 10.1007/s001010170030.
136. **Wherrett LJ, Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD, Rizoli SB, Culhane J, Hamilton P.** Hypotension after blunt abdominal trauma: The role of emergent abdominal sonography in surgical triage. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 41: 815–820, 1996. doi: 10.1097/00005373-199611000-00008.
137. **Wilde H, Roselieb M, Hanvesakul R, Phaosavasdi S, Pruksapong C.** Expatriate Clinics and Medical Evacuation Companies are a Growth Industry Worldwide. *J. Travel Med.* 10 Blackwell Publishing Inc.: 315–317, 2003.
138. **Wyen H, Lefering R, Maegele M, Brockamp T, Wafaisade A, Wutzler S, Walcher F, Marzi I.** The golden hour of shock - How time is running out: Prehospital time intervals in Germany - A multivariate analysis of 15, 103 patients from the TraumaRegister DGU®. *Emerg Med J* 30: 1048–1055, 2013. doi: 10.1136/emj.2012-201962.
139. **Zandbergen PA.** Accuracy of iPhone locations: A comparison of assisted GPS, WiFi and cellular positioning. In: *Transactions in GIS*. 2009, p. 5–25.
140. **Zhang JJ, Wang LD, Li H, Zhao YC.** Response time of the Beijing 120 emergency medical service. *Emerg Med J* 27: 784–785, 2010. doi: 10.1136/emj.2009.086561.
141. Part 6: Paediatric basic and advanced life support. *Resuscitation* 67: 271–291, 2005. doi: 10.1016/J.RESUSCITATION.2005.09.020.

Anlagen

Danksagung

An meinen Vater, der mir das logische Arbeiten beigebracht hat.

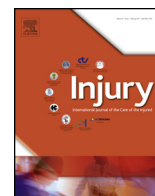
Meiner Ehefrau, die mit mir durch Dick und Dünn geht.

Meinen Kindern, die meinen eigenartigen Lebenslauf unterstützt haben.

Prof. Dr. Rolf Kinne, der mich ins wissenschaftliche Arbeiten eingeführt hat.

Prof. Dr. Felix Walcher, der meine speziellen Forschungsgebiete stetig unterstützt hat.

Publikation I



Competitive advantage gained from the use of helicopter emergency medical services (HEMS) for trauma patients: Evaluation of 1724 patients



M. Weinlich^{a,*}, P. Martus^{b,1}, M.B. Blau^b, H. Wyen^c, F. Walcher^a, S. Piatek^a, J.P. Schüttrumpf^a

^a University of Magdeburg, Dept. of Trauma Surgery, Leipziger Str. 44, 39120, Magdeburg, Germany

^b University of Tübingen, Medical Center, Otfried-Müller Str. 10, 72076, Tübingen, Germany

^c University of Frankfurt, Dept. of Traumatology, Theodor-Stern-Kai 7, 60590, Frankfurt am Main, Germany

ARTICLE INFO

Article history:

Accepted 15 December 2018

Keywords:

HEMS
Emergency medical services
Trauma
Survival
Cost-effectiveness
Severity of injury

ABSTRACT

Objectives: The aim of the study was to analyze helicopter emergency medical service (HEMS) in comparison to EMS, in respect to patient's mortality and morbidity.

Design: From a cohort of traumatized patients (n = 1724) prospectively enrolled in the German trauma registry (DGU-R) at Frankfurt University Hospital from 2009 to 2013, 1646 could be analyzed for in-hospital mortality and short-term outcome (GOS) at discharge and compared between HEMS and EMS. **Measurements and main results:** 129 patients (7.8%) died in the hospital. Unadjusted mortality was significantly lower in the HEMS group compared to EMS (p = 0.001). In a multiple logistic regression analysis after adjustment of variables including reanimation and age as the strongest predictors, in-hospital mortality was significantly reduced in HEMS (p = 0.014, OR = 0.21). Further predictors in the multiple logistic regression analysis were GCS > 8 (p = 0.001), RRsys (p < 0.001), ISS at Head/Neck > 3 (p = 0.003), and total ISS > 9 (p < 0.001). Total rescue time and on scene time were associated with mortality (p < 0.001) but not included in the multiple logistic regression model. Without adjustment, short-term outcome (GOS) was significantly improved (p = 0.014). In a linear model, after adjusting for multiple variables including age, ISS Head/Neck > 3, ISS Extremities > 3, GCS > 8, and RRsys as the strongest predictors (p < 0.001), the association remained significant (p = 0.043). Further predictors in the multiple linear regression analysis were total ISS > 9 (p = 0.002), ISS abdomen (p = 0.001), and ISS Chest (p = 0.011).

Conclusions: A significant improvement for in-hospital survival for HEMS could be demonstrated. Especially in Germany, with a high number of secondary call outs (about 44%) after EMS has already reached the traumatized patient, HEMS must be the first choice for severely injured trauma patients. Dispatch criteria for immediate alarm of HEMS are recommended under practical considerations.

© 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Since the introduction of helicopter emergency medical services (HEMS) in the civilian environment in the 1970s, there has been an ongoing discussion about the benefits of HEMS in emergency management of trauma care [1–7]. In earlier times, the concept of helicopter usage was intended to decrease rescue times with point to point transfer and allow specialist interventions to avoid secondary transfers. Later, the benefit of flying directly to the nearest appropriate medical center became evident. The high yearly maintenance costs of

HEMS raised doubts about the utility and cost-effectiveness of this transportation mode. The cost of HEMS was reported to be high regardless of distance as compared to road ambulances [8]. The question was raised whether the use of HEMS can improve outcomes, like survival, and in which cases it is best used compared to ground emergency services. The goal of the study was to use outcome data generated at the Frankfurt University Hospital for the DGU-German Trauma Registry from 2009 to 2013 to analyze the benefits of HEMS.

Methods

Every trauma case in this study was evaluated using the structure of the TraumaRegister DGU® of the German Society for Trauma Surgery (DGU). The registry was founded in 1993, and

* Corresponding author.

E-mail address: michael.weinlich@med.ovgu.de (M. Weinlich).

¹ Most of the work in this paper is statistical analysis done by Professor Martus, head of Clinical Epidemiology and Applied Biometry of the University Hospital Tübingen, we do apply for shared first co-authorship at injury.

today more than 300 European trauma centers collect data from the onset of the trauma until discharge from the hospital. For further evaluation, anonymous data derived from 4 parts of the collection were used. In the prehospital setting these included the accident type, procedures applied, and time intervals. At the ER and ICU, the relevant parts of the major trauma score were collected. The outcome was evaluated by calculating ISS (Injury Severity Score) and GOS (Glasgow Outcome Score) as well as survival.

At the Frankfurt Main University Hospital in Germany, a total of 1724 patient with traumatic injuries were prospectively enrolled in the data collection from 2009 to 2013 according to DGU German Trauma Registry. TraumaRegister DGU® permits trauma centers to use their own data for scientific research. The inclusion criteria were trauma patient, involved in an accident, reaching the hospital alive. Of those patients meeting these criteria, 1646 patients provided sufficient information on the mode of transportation and relevant patient data.

Table 1
Potential predictors, intermediate variables and outcome vs. mode of transportation.

Potential Predictor variable	Total (n = 1646)	HEMS (n = 183)	EMS (n = 1463)	p-value	
Preclinical variables					
Male sex ¹	1171 (71.1)	127 (69.4)	1044 (71.4)	0.60	
Age >= 18ys	1408 (85.5)	153 (84.5)	1255 (86.0)	0.57	
n = 1641					
Car accident	290 (17.6)	32 (17.5)	258 (17.7)	0.435	
n = 1643					
Motorcycle	150 (9.1)	11 (6.0)	139 (9.5)	(chi-square test, df=8)	
Bicycle	146 (8.9)	16 (8.7)	130 (8.9)		
Pedestrian	151 (9.2)	16 (8.7)	135 (9.3)		
High Fall	226 (13.7)	22 (12.0)	204 (14.0)		
Low Fall	342 (20.8)	44 (24.0)	298 (20.5)		
Blunt	92 (5.6)	16 (8.7)	76 (5.2)		
Penetrating	86 (5.2)	11 (6.0)	75 (5.1)		
else	157 (9.5)	15 (8.2)	142 (9.7)		
GCS >= 8	1318 (80.1)	161 (88.0)	1157 (79.1)		0.004
n = 1646					
BPsys >= 90 mmHg	1387 (84.3)	155 (84.7)	1232 (84.2)	0.92	
n = 1646					
Intubation	436 (26.5)	14 (8.1)	422 (29.5)	< 0.001	
n = 1601					
Chest tube	42 (2.6)	1 (0.6)	41 (2.9)	0.079	
n = 1594					
CPR	56 (3.4)	1 (0.6)	55 (3.9)	0.025	
n = 1592					
Catecholamines	93 (5.7)	2 (1.2)	91 (6.4)	0.003	
n = 1588					
Vol. Administration	1407 (85.5)	120 (78.9)	1287 (94.2)	< 0.001	
n = 1518					
Sedation	900 (54.7)	36 (21.1)	864 (60.5)	< 0.001	
n = 1600					
Time Variables					
Total time injury to hospital [min] ²	58 (9-598)	45 (16-406)	60 (9-598)	< 0.001	
n = 1592					
Time injury to alarm [min]	2 (1-243)	1 (1-243)	2 (1-210)	0.078	
n = 901					
Time alarm to arrival [min]	9 (1-64)	6.5 (1-35)	9 (1-64)	0.001	
n = 893					
Scene time arrival to departure [min]	26 (1-115)	20.5 (1-59)	27 (1-115)	< 0.001	
n = 1536					
Transportation time departure to hospital [min]	14 (1-225)	11 (2-225)	15 (1-105)	< 0.001	
n = 1572					
Emergency Room					
ISS head neck >=3	475 (28.9)	33 (18.0)	442 (30.2)	0.001	
n = 1646					
ISS chest >= 3	399 (24.2)	26 (14.2)	373 (25.5)	0.001	
n = 1646					
ISS abdomen >= 3	155 (9.4)	11 (6.0)	144 (9.8)	0.107	
n = 1646					
ISS extremities >= 3	306 (18.6)	19 (10.4)	287 (19.6)	0.002	
n = 1646					
Outcome					
Mortality	129 (7.8)	3 (1.6)	126 (8.6)	< 0.001	
n = 1646					
GOS missing	10 (0.6)	0 (0.0)	10 (0.7)	< 0.001 (chi-square test, df = 1, trend test)	
GOS 1	129 (7.8)	3 (1.6)	126 (8.6)		
GOS 2	50 (3.0)	2 (1.1)	48 (3.3)		
GOS 3	113 (6.9)	6 (3.3)	107 (7.3)		
GOS 4	413 (25.1)	46 (25.1)	367 (25.1)		
GOS 5	931 (56.6)	126 (68.9)	805 (55.0)		

¹ n(%).

² Median (range).

Transportation to the nearest suitable hospital was performed either by ground emergency medical services (EMS) or helicopter emergency medical services (HEMS). The relevant variables of the database are listed in Tables 1 and 2. The primary endpoints in this study were 1) in-hospital mortality and 2) the quality adjusted short-term outcome (Glasgow outcome scale, GOS) at discharge from the hospital [9]. The patients had no registered follow up (late outcome). Patients who were already dead at the scene were not included in the data collection.

The NACA score (National Advisory Committee for Aeronautics) and TRISS (Trauma and Injury Severity Score) methodology could not be included in the analysis due to implausible and missing values. On a case by case analysis, the NACA score, vital signs, and procedures applied were not in alignment.

Statistical analysis

Univariate comparisons of predictive factors with in-hospital mortality were done using Fisher's exact test for categorical

variables and the Mann-Whitney test for continuous variables (several time intervals as presented in Table 1, non-normal distribution for each variable). For GOS, chi-square tests for linear association ($df=1$) and Spearman correlation coefficients were calculated. Multiple logistic regression analysis and multiple linear regression analysis were done for in-hospital mortality and GOS respectively. In both models, forward variable selection was applied with inclusion / exclusion probabilities 0.05/0.10. The level of significance was 0.05 (two-sided). For binary prognostic variables, differences of 13% between survivors ($n=1517$) and deceased patients ($n=129$) could be detected with a power of 80% (ex post analysis). For age, the only continuous variable in the linear and logistic regression analyses, quadratic terms were included. No significant interactions between mode of transportation and relevant predictors were found in either analyses since only three events were observed in the HEMS group. Thus, subgroup analyses are not indicated. However, motivated by the clinical importance, we descriptively present two stratified

Table 2
Potential predictors and mortality.

Potential Predictor variable	Total (n = 1646)	Survived n = 1517	Died N = 129	p-value
Preclinical variables				
HEMS	183 (11.1)	180 (11.9)	3 (2.3)	< 0.001
Male sex ¹	1171 (71.1)	1084 (71.5)	87 (67.4)	0.362
Age >= 18ys	1408 (85.5)	1281 (84.7)	127 (99.2)	< 0.001
n = 1641				
Car accident	290 (17.6)	277 (18.3)	13 (10.2)	0.01 (chi-square test, df=8)
n = 1643				
Motorcycle	150 (9.1)	141 (9.3)	9 (7.0)	
Bicycle	146 (8.9)	137 (9.1)	9 (7.0)	
Pedestrian	151 (9.2)	137 (9.1)	14 (10.9)	
High Fall	226 (13.7)	208 (13.8)	18 (14.1)	
Low Fall	342 (20.8)	307 (20.3)	35 (27.3)	
Blunt	92 (5.6)	88 (5.8)	4 (3.1)	
Penetrating	86 (5.2)	82 (5.4)	4 (3.1)	
else	157 (9.5)	135 (8.9)	22 (17.2)	
GCS >= 8	1318 (80.1)	1285 (84.7)	33 (25.6)	< 0.001
n = 1646				
RRsys >= 90 mmHg	1387 (84.3)	1314 (86.6)	73 (56.6)	< 0.001
n = 1646				
Intubation	436 (26.5)	332 (22.5)	104 (81.9)	< 0.001
n = 1601				
Chest tube	42 (2.6)	25 (1.7)	17 (13.6)	< 0.001
n = 1594				
CPR	56 (3.4)	17 (1.2)	39 (31.2)	< 0.001
n = 1592				
Catecholamines	93 (5.7)	42 (2.9)	51 (41.1)	< 0.001
n = 1588				
Vol. Administration	1407 (85.5)	1293 (92.2)	114 (98.3)	0.014
n = 1518				
Sedation	900 (56.3)	809 (54.9)	91 (72.2)	< 0.001
n = 1600				
Time Variables				
Total time injury to hospital [min] ²	58 (9-598)	57 (9-575)	67 (15-598)	0.002
n = 1593				
Time injury to alarm [min]	2 (1-243)	2 (1-243)	2 (1-165)	0.321
n = 901				
Time alarm to arrival [min]	9 (1-64)	9 (1-64)	9 (1-29)	0.791
n = 893				
Scene time arrival to departure [min]	26 (1-115)	25 (1-115)	33(5-90)	< 0.001
n = 1536				
Transportation time departure to hospital [min]	14 (1-225)	15 (1-225)	14 (3-45)	0.53
n = 1572				
n = 1449				
n = 123				
Emergency Room				
ISS head neck >=3	475 (28.9)	377 (24.9)	98 (76.0)	< 0.001
n = 1646				
ISS chest >= 3	399 (24.2)	342 (22.5)	57 (44.2)	< 0.001
n = 1646				
ISS abdomen >= 3	155 (9.4)	134 (8.8)	21 (16.3)	0.011
n = 1646				
ISS extremities >= 3	306 (18.6)	275 (18.1)	31 (24.0)	0.100
n = 1646				

analyses of mortality and transportation mode (GCS, ISS). All analyses were done using SPSS for Windows (version 23).

Results

71% of trauma patients who reached the hospital alive were male. 89% reached the ER by EMS. The different categories of accidents such as car accident, high fall, or penetrating trauma, are listed in Fig. 1. An even distribution of age, sex, and accident type between HEMS and EMS is apparent.

EMS is more often confronted with low GCS. In EMS the following procedures are seen significantly more often: Intubation, catecholamines, volume administration, and sedation. In addition, EMS is more often involved in more severe trauma cases (higher ISS, except abdomen, and GOS) than HEMS.

HEMS is about 15 min faster in total time from alarm to hospital and about 7 min faster in on-scene time. In terms of cumulated probability of reaching hospital, HEMS has a significant advantage in comparison to EMS (Fig. 2). In-hospital mortality shows a steady increase in comparison to total rescue time, meaning that a significant cut-off point could not be defined (Fig. 3).

The probability of survival was higher in HEMS and for patients under 18 years of age (Table 2). Survival is significantly lower for low fall, low GCS, and low RRsys. Including volume administration, any procedure applied preclinically reduced survival. A short overall time and short on scene time increased survival. Higher ISS, especially for head / neck and chest, were disadvantageous for survival. Morbidity in HEMS and EMS regarding different ISS and GCS were analyzed in Table 5 and showed significance for lower morbidity with ISS ≥ 9 in the HEMS group.

Among a total of 1646 patients, 129 patients (7.8%) died in the hospital. Unadjusted mortality was significantly lower in the HEMS group compared to EMS ($p=0.001$). In a multiple logistic regression analysis after adjustment of nine variables including reanimation and age as the strongest predictors, in-hospital mortality was significantly reduced in HEMS ($p=0.014$, OR=0.21) (Table 3). Further predictors in the multiple logistic regression analysis were GCS ≤ 8 ($p=0.001$), ISS at Head/Neck ≥ 3 ($p=0.003$), and total ISS ≥ 9 ($p<0.001$). Total rescue time ($p<0.001$) and on-scene time were associated with mortality but were not included in the multiple logistic regression model. Without adjustment, short-term outcome GOS was significantly improved ($p=0.014$). In a linear model after adjustment for multiple variables including age, ISS Head/Neck ≥ 3 , ISS Extremities ≥ 3 , GCS ≥ 8 , and RRsys as strongest predictors ($p<0.001$), the association was significant ($p=0.043$). Further predictors in the multiple linear regression analysis were total ISS ≥ 9 ($p=0.002$), ISS abdomen ($p=0.001$), and ISS Chest ($p=0.011$) (Table 4).

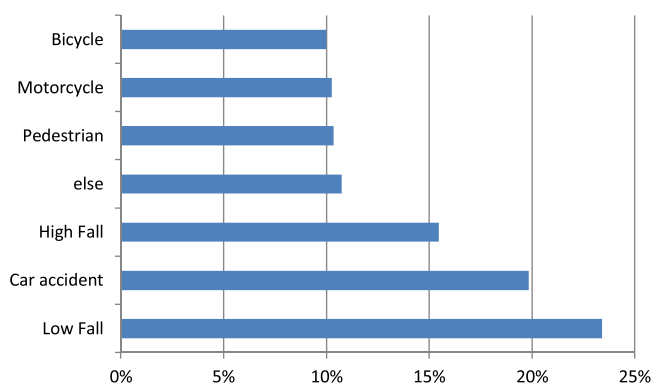


Fig. 1. Types of accidents.

Discussion

While an added value of HEMS could be demonstrated in many studies [1–5], there is an ongoing discussion about the capabilities and the cost-effectiveness of HEMS as compared to ground medical services. The annual costs of HEMS for maintenance and personnel were reported as being notably higher than for EMS [10]. Hence, the costs associated with HEMS must be justified, preferably by showing a reduction in mortality or an increase in quality adjusted survival rates [10].

Many studies have analyzed the benefit of helicopter services as compared to ground emergency medical services. Bartolacci et al. for instance, who included only patients with ISS ≥ 14 points, found a 50% reduction of mortality [11]. In addition, Baxt et al. could demonstrate a reduction of 21 to 50% in TRISS-predicted mortality for HEMS [12]. Another study revealed a 13% reduction in mortality for HEMS-transported patients as compared to EMS [13]. Brown et al. analyzed data from the U.S. National Trauma Databank (NTDB) regarding the impact of transportation mode on mortality and found that HEMS is an independent survival factor [14]. In contrast, Cameron found no significant survival benefit in 254 trauma patients in Melbourne, Australia [15].

Important variables to detect beneficial results of HEMS are the assessment of mortality as well as quality-adjusted survival rates. In several studies the TRISS method was used, which determines the probability of survival of a patient after adjusting for the ISS and RTS (Revised Trauma Score) scores using a specific formula [10]. However, our data were not complete enough to use this method. New Trauma and Injury Severity Score (TRISS) adjustments for survival prediction are already evaluated and rely on variables that are routinely measured during treatment of patients [16].

Incongruous NACA scores were found in the documentation of the trauma patients in this study. Only a detailed analysis of all data from one patient revealed that the NACA score and the vital signs in the database were inconsistent. Several reasons can explain the difficulty in documenting the appropriate NACA score. Knapp et al. found a discrepancy in evaluation of the NACA score based on the experience of the emergency physician [17]. The German documentation system for EMS and HEMS has 2 different evaluations of the NACA score. The initial NACA score is collected at the time of the occurrence of the trauma and the second one at the end of transportation, when reaching the ER. As documentation for the TraumaRegister DGU® starts in the ER, an inappropriate NACA score could have been used. As ISS was recorded appropriately and the NACA score was less reliable [18], it was omitted. This finding shows that there is a potential to improve the thorough collection of data during stressful EMS situations.

Usually HEMS is involved in more serious trauma cases in comparison to EMS [14]. In the Frankfurt area, HEMS was used in a different way even though the university trauma center is in the center of the city, like London. This finding shows how much the dispatch of HEMS varies and that the following discussion on survival must lead to changes in the strategy for using EMS and HEMS.

In this study, HEMS was correlated with overall reduced in-hospital mortality in a multivariable logistic regression analysis. Only 3 out of 182 patients (1.65%) undergoing HEMS transport died in hospital. Overall, there is limited information on morbidity outcomes of patients undergoing air transport. In 2004, Wang et al. [19] found that ground management was associated with a 40% higher risk of poor neurologic outcome as compared to HEMS. In this study, mortality at the date of discharge from the hospital was significantly related to HEMS with and without adjustment for relevant covariates.

Still, the studies used different and ambiguous methodologies which limit the interpretation of results and their comparability. In

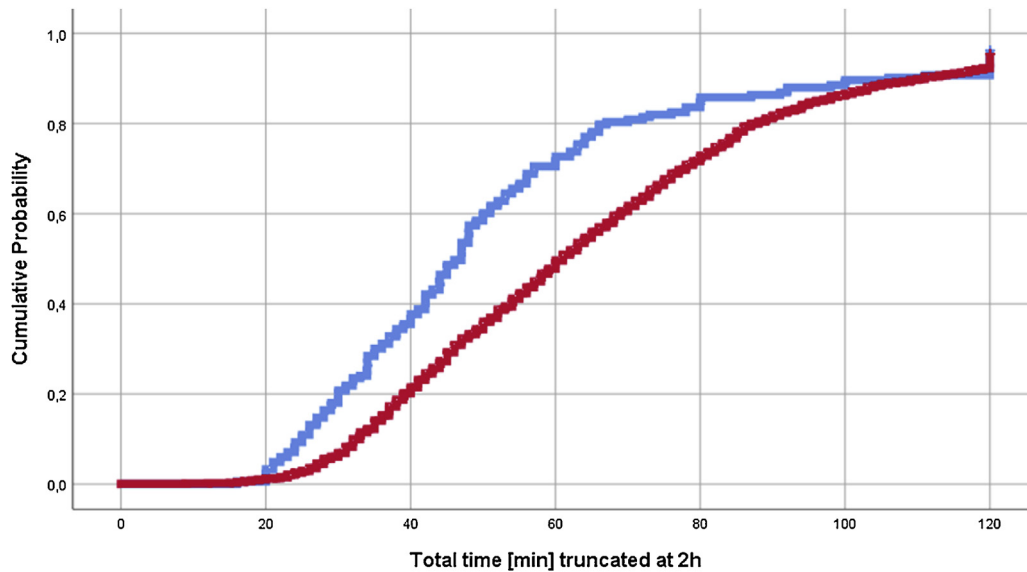


Fig. 2. Cumulative probability of reaching hospital. HEMS (left curve or blue) is faster from alarm until reaching the hospital and therefore has a significant advantage in respect to EMS (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

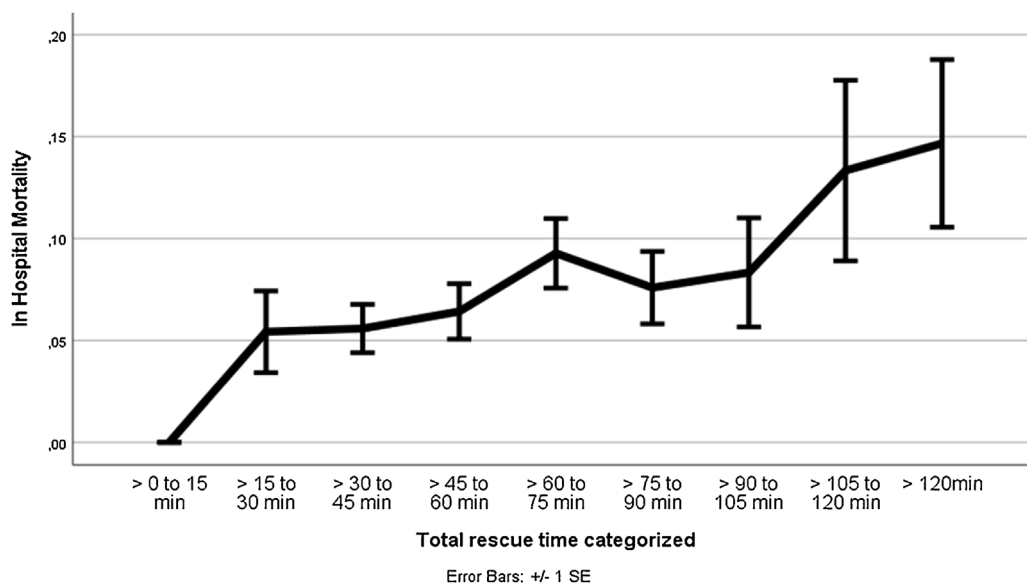


Fig. 3. Steady increase of in hospital mortality in comparison to total rescue time. The mortality rate increases with increased delay of reaching the hospital. No significant cut-off point can be seen.

this context, most of studies have various periods of observations with mostly arbitrary cut-off values as primary end points, so that these studies are not easily comparable to each other. In addition, the comparability of such results is limited due to the broad differences in flight distances, accessibility for rescue services (i.e. alpine regions), and distribution of helicopter bases in different countries. Urban helicopters depend greatly on where they are based. London, for instance, works extremely well in a highly built up population with difficult road access and a high number of trauma cases. The same is not true for somewhere like Adelaide in South Australia, where there are many intensive care paramedics in the urban area and good access to major hospitals via the road system.

Concerning the factor of the medical crew's education in both HEMS and EMS, the Frankfurt area is exceptional, as trauma

physicians staff both HEMS and EMS services. In addition, EMS in Germany is associated with a rendezvous system for more serious cases. The physician is in a separate car and meets the ground ambulance at the patient's location [33]. Differences in education of HEMS and EMS crews for the Frankfurt region had to be omitted, as two different groups could not be distinguished. Even though in some locations different education levels were seen [10,17], the individual local manning of HEMS and EMS must be analyzed before a comparison can be made.

In conclusion, in this cohort of 1646 prospectively enrolled patients we found an overall significant improvement of adjusted survival rates and (only in bivariate analysis) short-term outcome in patients being transported by HEMS.

Besides survival, cost-minimization and cost-effectiveness of HEMS were assessed in various studies. Cost efficacy is usually

Table 3
Mortality - Multiple logistic regression analysis.

Predictor	Regression coefficient	Odds ratio	95% CI	p-value
Intercept	-4.89	N.A.	N.A.	N.A.
Preclinical				
HEMS vs. EMS	-1.58	0.21	0.06-0.73	0.014
Age (linear) ¹	0.78	2.19	1.63-2.95	< 0.001
Age (quadratic) ¹	0.23	1.26	1.02-1.55	0.032
GCS >= 8	-2.05	0.13	0.08-0.21	< 0.001
RRsys	-1.57	0.21	0.13-0.34	< 0.001
Emergency Room				
ISS Head/Neck >= 3	0.84	2.31	1.34-3.98	0.003
Total ISS >= 9	2.02	7.57	2.44-23.44	< 0.001

¹ Age was standardized in this analysis to avoid collinearity between the linear and the quadratic term. The regression coefficients for the unstandardized variable were -0.00895 (linear term) and 0.000560 (quadratic term). This corresponds to a quadratic function with minimum at 8 years and a quadratic increase for larger and smaller age. RRsys was coded 0 < 90, 1 >= 90 mmHg.

Table 4
GOS - Multiple linear regression analysis.

Predictor	Unstandardized beta	Standard error	p-value
Intercept	4.618	0.077	N.A.
Preclinical			
HEMS vs. EMS1	0.169	0.075	0.043
Age (linear) ¹	-0.244	0.025	<0.001
Age (quadratic) ¹	-0.108	0.021	<0.001
GCS >= 8	0.877	0.066	<0.001
RRsys	0.324	0.067	<0.001
Emergency Room			
ISS Head/Neck >= 3	-0.680	0.068	<0.001
ISS Abdomen >= 3	-0.296	0.085	0.001
ISS Extremities >= 3	-0.305	0.068	<0.001
ISS Chest >= 3	-0.160	0.063	0.011
Total ISS >= 9	-0.216	0.071	0.002

¹ Age was standardized in this analysis to avoid collinearity between the linear and the quadratic term. The regression coefficients for the unstandardized variable were 0.007316 (linear term) and -0.000224 (quadratic term). This corresponds to a quadratic function with maximum at 16 years and a quadratic decrease for larger and smaller age. RRsys was coded 0 < 90, 1 >= 90 mmHg.

Table 5
HEMS vs EMS stratified for measures of morbidity.

Potential Predictor variable	Total (n=1646)	Survived (n=1517)	Died (N=129)	p-value
ISS < 9 (n=650), better prognosis				
HEMS	102 (15.7)	101 (15.6)	1 (25%)	0.496
EMS	548 (84.3)	545 (84.4)	3 (75%)	
Total	650 (100)	646 (100)	4 (100)	
ISS >= 9 (n=996), worse prognosis				
HEMS	81 (8.1)	79 (9.1)	2 (1.6)	0.004
EMS	915 (91.9)	792 (90.9)	123 (98.4)	
Total	996 (100)	871 (100)	125 (100)	
GCS < 8 (n=328) worse prognosis				
HEMS	22 (6.7)	20 (8.6)	2 (2.1)	0.031
EMS	306 (93.3)	212 (91.4)	94 (97.9)	
Total	328 (100)	232 (100)	96 (100)	
GCS >= 8 (n=1318), better prognosis				
HEMS	161	160 (12.5)	1 (3.0)	0.103
EMS	1157	1125 (87.5)	32 (97.0)	
Total	1318 (100)	1285 (100)	33 (100)	

addressed in terms of quality-adjusted life years or life years gained [20]. Lechleuthner et al. [21] and Gearhart et al. [22] calculated up to € 1,250,000 annually for personnel and maintenance of the helicopters for HEMS in Germany. In 1995, Nicholl et al. calculated costs for EMS of £ 97,805 compared to £ 595,000 for HEMS annually in the United Kingdom [23]. DeWing et al. reported comparable results for burn injuries [24]. None of

these studies could, however, demonstrate a cost benefit of HEMS compared to EMS. Other studies have found 5-6.4 additional survivors per 100 flights in comparison to EMS, if the patient was transported by HEMS [25,26]. Mitchell et al. has found overall costs of HEMS of US\$ 2,500 per life saved [27]. Compared with costs for other medical interventions (US\$ 11,000-43,000 per life-year saved) these costs compared favorably. Ringburg et al. [28] performed a prospective study using the EQ-5D (per quality-adjusted life saved) and he found a cost effectiveness ratio of € 28,327 per QALY (Quality-Adjusted Life Year).

This study has shown a significant effect on survival for the use of HEMS, but it was not possible to calculate a significant cost benefit. As in many areas of medicine, the therapy of "HEMS" is already established, and society will accept the costs if the benefit in survival is apparent.

The use of HEMS is commonly expected to reduce the arrival time to reach a suitable trauma center, thereby potentially improving overall survival rates. The benefit may be increased within the first hour, a result shown in several studies [29-33]. However, in a recent study with patients transported to Level I and II trauma hospitals in North America, no association was found between mortality and pre-hospital times [34]. Ringburg et al. noted prolonged on-scene times with no difference in mortality when comparing HEMS with EMS [35].

A significant benefit for survival was found for HEMS by multiple multivariable regression analysis. There was no cut-off point found, like the often-discussed golden hour, but instead there was a steady reduction in survival with longer on-scene times and overall times. Shatney et al. [36] found that 54.7% of their 947 air-transported trauma patients arrived more quickly at the trauma center as compared to ground services. However, a recent study revealed no difference in adjusted mortality when comparing HEMS in rural and urban settings [37]. Mann et al. assessed differences in mortality three years before and after discontinuation of a rotor-wing transport device. Mortality rates were four times higher for patients transferred after the HEMS were discontinued [38]. The authors conclude that mortality increases with the loss of air transport for inter-facility transfer in rural regions. In some countries, for instance in the alpine regions, in Australia, and the US helicopters are often the only services that can reach the accident place in an appropriate time due to difficult local conditions and long distances. In another study, primary admission to a trauma center reduced mortality significantly regardless of the transportation mode [14]. Proximity to an airbase was reported to be associated with reduced risk of death for individuals residing far away from a designated trauma center [39]. No additional benefit was observed when airbases were positioned close to a trauma center or other airbases. Also, no benefit was found in another study comparing patients transferred from a hospital to specialized centers either with HEMS or EMS, contradicting recent large, retrospective National Trauma Data Bank studies [27]. All these findings support the strategy of using the transportation vehicle that will reach the final trauma center fastest.

Due to the very small number of events in the HEMS group, subgroup analyses based on significant interaction terms were not possible. However, descriptive analysis suggests that patient with higher risk seem to benefit from HEMS more than patients with lower risk. This was true for several risk factors and is shown here for unfavorable GCS (<8) and ISS (>=9).

It was demonstrated that HEMS is an independent predictor of adjusted survival in an unadjusted bivariate analysis of short-term outcome in 1646 patients.

Looking at the reduced use of HEMS in the Frankfurt area, the dispatch criteria must be adjusted, which will in return reduce the overall costs for HEMS, as 75% of the annual costs for a HEMS

Table 6

Recommended dispatch criteria catalog. Under above criteria, HEMS should initially be released. The dispatcher can ask appropriate questions at first call to activate either EMS or HEMS. As trauma patients can deteriorate over time, strategy should be changed immediately, if further calls provide evidence that patient falls under above dispatch criteria.

Accidents with relevant head, abdominal and / or chest trauma (ISS >= 9)
Signs of hemorrhagic shock, including low blood pressure
Glasgow Coma Scale < 8
When the overall time for the mission, ending in an appropriate trauma center, will be in favor of HEMS

station are fixed. The study reveals that the dispatch criteria described below will further improve the survival of patients and can be used at different locations. As on-scene times should be considered when using HEMS or EMS, the time differences must be analyzed for different areas. In the Frankfurt area, it has been calculated that HEMS has 15 min less on-scene time.

The criteria that allow the dispatcher to use simple questions to find out how severely injured the patient is and which transportation vehicle should be used are listed in Table 6. With the support of a computer-based route map system, the times to reach the level I or II trauma center will provide a basis for the decision.

Overall, a benefit of HEMS on survival could be demonstrated as well as the advantage of fast treatment and transport. In comparison to other studies, the findings cannot easily be mixed with other areas of HEMS. Dispatch criteria, time intervals, and staff training are different. It shows that on a regular basis, each trauma area should evaluate its own dispatch criteria for HEMS according to the local infrastructure to allow a larger group of patients to profit from better survival chances and, as a result, make HEMS more cost effective.

Conflict of interest

Competitive advantage gained from the use of helicopter emergency medical services (HEMS) for trauma patients: evaluation of 1725 patients from the DGU German Trauma Registry

The manuscript, including related data, figures and tables has not been previously published and is not under consideration elsewhere. The authors have no financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary material related to this article can be found, in the online version, at doi:<https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.12.018>.

References

- [1] Tsuchiya A, Tsutsumi Y, Yasunaga H. Outcomes after helicopter versus ground emergency medical services for major trauma—propensity score and instrumental variable analyses: a retrospective nationwide cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24(1):140.
- [2] Jung K, Huh Y, Lee JC, Kim Y, Moon J, Youn SH, et al. Reduced mortality by physician-staffed HEMS dispatch for adult blunt trauma patients in Korea. *J Korean Med Sci* 2016;31(10):1656–61.
- [3] Fattah S, Johnsen AS, Sollid SJ, Wisborg T, M5 Rehn, HEMS Major Incident Reporting Collaborators, et al. Reporting helicopter emergency medical services in major incidents: a Delphi study. *Air Med J* 2016;35(6):348–51.
- [4] Stewart K, Garwe T, Bhandari N, Danford B, Albrecht R. Factors associated with the use of helicopter inter-facility transport of trauma patients to tertiary trauma centers within an organized rural trauma system. *Prehosp Emerg Care* 2016;20(5):601–8.
- [5] Funder KS, Rasmussen LS, Hesselheldt R, Siersma V, Lohse N, Sonne A, et al. Quality of life following trauma before and after implementation of a physician-staffed helicopter. *Acta Anaesthesiol Scand* 2017;61(1):111–20.
- [6] Østerås Ø, Brattebø G, Heltne JK. Helicopter-based emergency medical services for a sparsely populated region: a study of 42,500 dispatches. *Acta Anaesthesiol Scand* 2016;60(5):659–67.
- [7] McQueen C, Crombie N, Cormack S, Wheaton S. Medical emergency workload of a regional UK HEMS service. *Air Med J* 2015;34(3):144–8.
- [8] Brändström H, Winsö O, Lindholm L, Haney M. Regional intensive care transports: a prospective analysis of distance, time and cost for road, helicopter and fixed-wing ambulances. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2014;22(1):36.
- [9] Baldry Currens JA. Evaluation of disability and handicap following injury. *Injury* 2000;31(2):99–106.
- [10] Andruszkow H, Frink M, Zeckey C, Krettek C, Hildebrandt F, Mommsen P. Merits and Capabilities of helicopter emergency medical service (HEMS) in traumatized patients. *Technol Health Care* 2012;20(5):435–44.
- [11] Bartolacci RA, Munford BJ, Lee A, McDougall PA. Air medical scene response to blunt trauma: effect on early survival. *Med J* 1998;169(11–12):612–6.
- [12] Baxt WG, Moody P, Cleveland HC, Fischer RP, Kyes FN, Leicht MJ, et al. Hospital-based rotorcraft aeromedical emergency care services and trauma mortality: a multicenter study. *Ann Emerg Med* 1985;14(9):859–64.
- [13] Jacobs LM, Sg Gabram, Sztajnkrzyer MD, Robinson KJ, Libby MC. Helicopter air medical transport: ten-year outcomes for trauma patients in a New England program. *Conn Med* 1999;63(11):677–82.
- [14] Brown BS, Pogue KA, Williams E, Hatfield J, Thomas M, Arthur A, et al. Helicopter EMS transport outcomes literature: annotated review of articles published 2007–2011. *Emerg Med Int* 2012;2012:876703.
- [15] Cameron PA, Flett K, Kaan E, Aktn C, Dziukas L. Helicopter retrieval of primary trauma patients by a paramedic helicopter service. *Aust N Z J Surg* 1993;63(10):790–7.
- [16] de Alencar Domingues Cristiane, Coimbra Raul, Poggetti Renato Sérgio, de Souza Nogueira Lilia, Cardoso de Sousa Regina Marcia. New Trauma and Injury Severity Score (TRISS) adjustments for survival prediction. *World J Emerg Surg* 2018;13(12).
- [17] Knapp J, Bernhard M, Hainer C, Sicking M, Brenner T, Schlechtriemen T, et al. Is there an association between the rating of illness and injury severity and the experience of emergency medical physicians? *Anaesthesist* 2008;57(November (11)):1069–74.
- [18] Weiss M, Bernoulli L, Zollinger A. The NACA scale. Construct and predictive validity of the NACA scale for prehospital severity rating in trauma patients. *Anaesthesist* 2001;50(3):150–4.
- [19] Wang HE, Peitzman AB, Cassidy LD, Adelson PD, Yealy DM. Out of hospital endotracheal intubation and outcome after traumatic brain injury. *Ann Emerg Med* 2004;44:439–50.
- [20] Taylor CB, Stevenson M, Jan S, Middleton PM, Fitzharris M, Myburgh JA. A systematic review of the costs and benefits of helicopter emergency medical services. *Injury* 2010;41(1):10–20.
- [21] Lechleuthner A, Koestler W, Voigt M, Laufenberg P. Helicopters as part of a regional EMS system—a cost-effectiveness analysis for three EMS regions in Germany. *Eur J Emerg Med* 1994;1(4):159–66.
- [22] Gearhart PA, Wuerz R, Localio AR. Cost-effectiveness analysis of helicopter EMS for trauma patients. *Ann Emerg Med* 1997;30(4):500–6.
- [23] Nicholl JP, Brazier JE, Snooks HA. Effects of London helicopter emergency medical service on survival after trauma. *BMJ* 1995;311(6999):217–22.
- [24] DeWing MD, Curry T, Stephenson E, Palmieri T, Greenhalgh DG. Cost-effective use of helicopter for the transportation of patients with burn injuries. *J Burn Care Rehab* 2000;21:535–40.
- [25] Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H. Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *J Trauma* 2004;56(1):94–8.
- [26] Biewener A, Aschenbrenner U, Sauerland S, Zwipp H, Rammelt S, Sturm J. AG Notfallmedizin der DGU. Impact of rescue method and the destination clinic on mortality in polytrauma. A status report. *Unfallchirurg* 2005;108(5):370–7.
- [27] Mitchell AD, Tallon JM, Sealy B. Air versus ground transport of major trauma patients to a tertiary trauma centre: a province-wide comparison using TRISS analysis. *Can J Surg* 2007;50(2):129–33.
- [28] Ringburg AN, Polinder S, Meulman TJ, Steyerberg EW, van Lieshout EM, Patka P, et al. Cost-effectiveness and quality-of-life analysis of physician-staffed helicopter emergency medical services. *Br J Surg* 2009;96(11):1365–70.
- [29] Brown JB, Stassen NA, Bankey PE, Sangosanya AT, Cheng JD, Gestring ML. Helicopter and the civilian trauma system: national utilization patterns demonstrate improved outcomes after traumatic injury. *J Trauma* 2010;69(5):1030–4.
- [30] Sampalis JS, Lavoie A, Williams JJ, Mulder DS, Kalina M. Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients. *J Trauma* 1993;34(2):252–61.
- [31] Van der Velden MW, Ringburg AN, Bergs EA, Steyerberg EW, Patka P, Schipper IB. Prehospital interventions: time wasted or time saved? An observational

- cohort study of management in initial trauma care. *Emerg Med J* 2008;25(7):444–9.
- [32] Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, DGU, et al. TraumaRegister. Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland. *Unfallchirurg* 2013;116:345–50.
- [33] Wyen H, Lefering R, Maegele M, Brockamp T, Wafaisade A, Wutzler S, et al. The golden hour of shock: how time is running out prehospital time intervals in Germany - a multivariate analysis of 15 103 patients from the TraumaRegister DGU. *Emerg Med J* 2013;30:1048–55.
- [34] Newgard CD, Schicker RH, Hedges JR, Trickett JP, Davis DP, Bulger EM, et al. Emergency medical services intervals and survival in Trauma: assessment of the “golden hour” in a North American prospective cohort. *Ann Emerg Med* 2010;55(3):235–6.
- [35] Ringburg AN, Spanjersberg WR, Frankema SP, Steyerberg EW, Patka P, Schipper IB. Helicopter emergency medical services (HEMS): impact on on-scene times. *J Trauma* 2007;63(2):258–62.
- [36] Shatney CH, Homan SJ, Sherck JP, Ho CC. The utility of helicopter transport of trauma patients from the injury scene in an urban trauma system. *J Trauma* 2002;53:817–22.
- [37] Butler DP, Anwar I, Willett K. Is it the H or the EMS in HEMS that has an impact on trauma patient mortality? A systematic review of the evidence. *Emerg Med J* 2010;27(9):692–701.
- [38] Ringburg AN, Thomas SH, Steyerberg EW, van Lieshout EM, Patka P, Schipper IB. Lives saved by helicopter emergency medical services: an overview of literature. *Air Med J* 2009;28(6):298–302.
- [39] Berlot G, La Fata C, Bacer B, Biancardi B, Viviani M, Lucangelo U, et al. Influence of prehospital treatment on the outcome of patients with severe blunt traumatic brain injury: a single-centre study. *Eur J Emerg Med* 2009;16(6):312–7.

Publikation II

Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma

F. Walcher¹, M. Weinlich^{1,3}, G. Conrad², U. Schweigkofler⁴, R. Breitzkreutz⁵, T. Kirschning⁵ and I. Marzi¹

¹Department of Trauma Surgery, Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt/Main, ²German Air Rescue, Filderstadt, Germany, ³International SOS, London, UK and Frankfurt, Germany, ⁴Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik, Frankfurt/Main and ⁵Department of Anesthesiology, Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt/Main, Germany

Correspondence to: Dr F. Walcher, Department of Trauma Surgery, Johann Wolfgang Goethe University, Theodor-Stern-Kai 7, 60590 Frankfurt/Main, Germany (e-mail: walcher@trauma.uni-frankfurt.de)

Background: Blunt abdominal trauma with intra-abdominal bleeding is often underdiagnosed or even overlooked at trauma scenes. The purpose of this prospective, multicentre study was to compare the accuracy of physical examination and prehospital focused abdominal sonography for trauma (PFAST) to detect abdominal bleeding.

Methods: Six rescue centres took part in the study from December 2002 to December 2003, including 230 patients with suspected abdominal injury. The accuracy of physical examination at the scene and PFAST were compared. Later examinations in the emergency department (ultrasonography and/or computed tomography) were used as the reference standard.

Results: The complete protocol and follow-up was obtained in 202 patients. The sensitivity, specificity and accuracy of PFAST were 93 per cent, 99 per cent and 99 per cent, respectively, compared with 93 per cent, 52 per cent and 57 per cent for physical examination at the scene. Scanning with PFAST occurred a mean(s.d.) 35(13) min earlier than ultrasound in the emergency department. Abdominal bleeding was detected in 14 per cent of patients. Using PFAST led to a change in either prehospital therapy or management in 30 per cent of patients, and a change to admitting hospital in 22 per cent.

Conclusion: In this study, PFAST was a useful and reliable diagnostic tool when used as part of surgical triage at the trauma scene.

Paper accepted 8 September 2005

Published online 2 December 2005 in Wiley InterScience (www.bjs.co.uk). DOI: 10.1002/bjs.5213

Introduction

Over the last few decades, mortality rates and the incidence of multiple organ failure among multiply injured patients have decreased owing to improvements in rescue systems, trauma management and intensive care. However, the outcome in severely injured patients remains heavily influenced by initial life support and early surgical care. Within these factors, time plays a major role, especially with respect to early management of major blunt abdominal trauma and perforating truncal injuries^{1,2}.

Abdominal and pelvic injuries are major causes of early death after severe trauma, hence it is important to focus on their initial assessment and management. In the case

of uncontrolled haemorrhage, immediate diagnosis and urgent laparotomy offers the only chance of survival. This raises the question of how to obtain the diagnosis as early as possible in order to make a decision regarding surgical treatment. In the case of blunt abdominal trauma, no relevant physical signs can be trusted to provide adequate information regarding the need for surgery. Even patients with completely normal clinical examination and vital signs may have abdominal pathology³. It has been shown that the assessment of response to resuscitation by sequential physiology scores could help to determine the need for urgent laparotomy in an abdominal emergency⁴.

Until recently, focused abdominal sonography for trauma (FAST) performed immediately after admission to the receiving trauma centre has been the standard procedure for diagnosing bleeding due to abdominal

The Editors have satisfied themselves that all authors have contributed significantly to this publication

injury^{5,6}. For more than a decade, it has been known that the presence of free abdominal fluid detected by FAST, in combination with haemodynamic instability, requires urgent laparotomy⁷⁻¹¹.

Before the use of FAST, management of blunt abdominal trauma was very challenging during the prehospital interval, and crucial time may have been lost in patients with undiagnosed intra-abdominal bleeding¹.

Recently, it has been demonstrated that the detection of abdominal bleeding can be achieved before hospital admission using prehospital focused abdominal sonography for trauma (PFAST)^{12,13}. That study was conducted among the ground ambulance service in Frankfurt, Germany, where PFAST was shown to improve overall trauma management. Ultrasound evaluation was exclusively performed by a single investigator.

The purpose of the present multicentre study was to evaluate the feasibility of PFAST performed routinely by different emergency doctors and paramedics at the trauma scene. Additionally, the study aimed to compare the accuracy of PFAST with physical examination, using ultrasonography and computed tomography (CT) in the emergency department as the 'gold standard'.

Materials and methods

Between December 2002 and December 2003, a prospective, multicentre study was performed involving five air rescue centres in South West Germany (Frankfurt/Main, Freiburg, Leonberg, Mannheim, Ochsenfurt) and one ground ambulance team in Frankfurt/Main. The research protocol was approved by the ethics committee of the university hospital.

All patients with suspected abdominal trauma were eligible for inclusion in the study. Prehospital focused abdominal sonography for trauma was performed prospectively at the scene using standard techniques, as described elsewhere^{3,6,7,9,11}. The main focus was on the detection of haemoperitoneum; no specific attempt was made to evaluate individual parenchymal organ pathologies^{14,15}, bowel or mesenteric injury¹⁶. The participating emergency doctors from the rescue centres included surgeons, internists and anaesthetists. Doctors and paramedics who were not familiar with ultrasound imaging received training in the use of PFAST in a 1-day course^{17,18}. The hand-held ultrasound device used in all cases was the PRIMEDICTM HandyScan (Metrax GmbH, Rottweil, Germany). This device with a 3.5 MHz curved array transducer was designed specifically for prehospital care.

At the trauma scene a primary survey with stabilization was performed, according to the principles of advanced

life support. Following physical examination, preliminary diagnosis made by the emergency doctor with respect to abdominal trauma and the blood pressure and pulse rate were recorded. The duration and findings of PFAST were also recorded. Changes in prehospital therapy and patient management resulting from the findings of PFAST were documented on structured questionnaires, including free form answers. The study endpoint was the diagnosis or exclusion of a haemoperitoneum by ultrasound or CT^{10,11,17,19}, performed once the patient arrived in the emergency department. In addition, the trauma leaders at the receiving hospital were interviewed by structured questionnaire retrospectively to find out whether they had modified their preparation for the patient as a result of the PFAST findings, which were communicated to them from the scene.

All investigators, including the emergency doctors who performed PFAST and the radiologists who interpreted the CTs, were independent and blinded to the results of the other tests. Statistical analyses were performed using BiAS for Windows (Epsilon, Frankfurt).

Results

A total of 230 patients were included in the study with suspected abdominal trauma; the trial profile is given in *Fig. 1*. The causes of injury were as follows: motor vehicle accidents 37 per cent, pedestrians struck by a vehicle 17 per cent, motorcycle accidents 16 per cent, fall from a height 10 per cent, cycling 4 per cent, gunshot or stab wounds 2 per cent and others 14 per cent. The demographic data are listed in *Table 1*.

On 219 occasions (95 per cent) the rescue team stated that there was enough time for PFAST to be performed without exceeding the intervals of prehospital care. In the remaining 11 patients (5 per cent), the prehospital time at the scene was prolonged by up to 4 min, in order to complete the protocol. Some 214 (93 per cent) of the investigations performed on the scene provided good or acceptable images for establishing a definitive diagnosis. In the remaining 16 (7 per cent), PFAST investigation was incomplete owing to unfavourable circumstances for conducting ultrasound. These included failure to obtain a clear image or technical failure, because of bright sunlight in one case, artifacts due to air emphysema in two patients with severe thoracic trauma, or gross obesity of four patients. The entire protocol and follow-up was obtained in 202 patients.

The mean(s.d.) investigation time was 2.4(0.8) min. All scans were performed either at the scene, in the ground ambulance or in the helicopter before transport of the

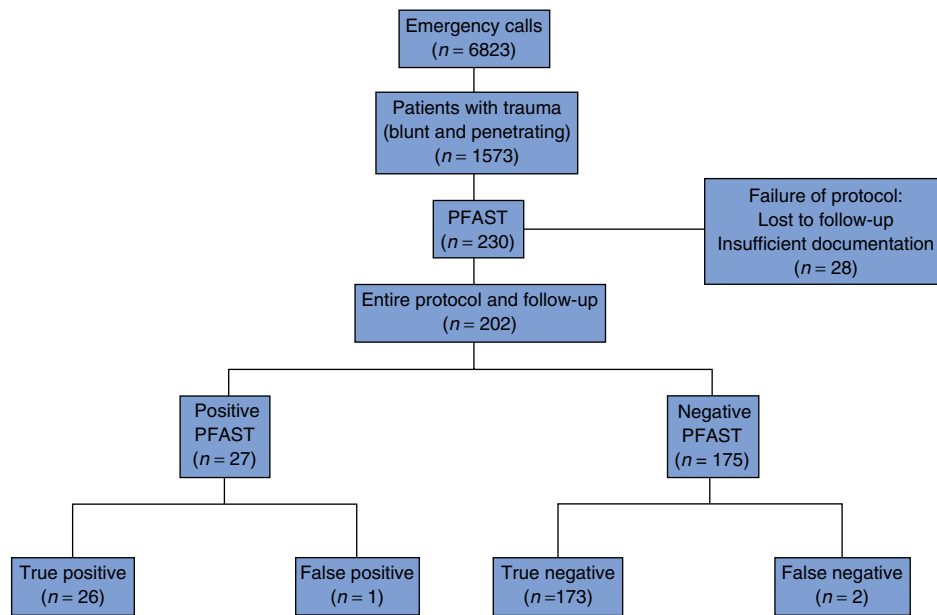


Fig. 1 Trial profile of the multicentre study

Table 1 Demographic data and the severity of trauma according to the injury severity score²⁰ of all 230 patients

Age (years)*	35.5(17.9) 3–70
Sex ratio: M:F (%)	152:78 (66:33)
ISS of all patients†	16.2(16.3)
ISS of patients with negative FAST†	14.0(13.9)
ISS of patients with positive FAST†	30.6(22.8)

*Values are mean(s.d.) range; †values are mean(s.d.). ISS, injury severity score; FAST, focused abdominal ultrasonography for trauma.

patient. On average, PFAST was performed 35(13) min earlier than ultrasound or CT in the receiving hospital.

As a result of the physical examination at the trauma scene, the emergency doctors suspected that 110 patients had abdominal trauma with bleeding. In only 26 patients was this bleeding confirmed and validated by ultrasound or CT in the admitting hospital. Thus in 84 patients, the suspicion of abdominal bleeding based on clinical signs, haemodynamic parameters and the mechanism of injury was not confirmed. Therefore, the sensitivity of physical examination alone for intra-abdominal bleeding was 93 (95 per cent confidence interval (c.i.) 76 to 99) per cent, the specificity 52 (95 per cent c.i. 44 to 59) per cent and the accuracy 57 (95 per cent c.i. 50 to 64) per cent.

Using PFAST at the trauma scene

Some 6823 emergency calls were recorded; 1573 patients had blunt or penetrating trauma (Fig. 1). A total of 230

patients were managed by emergency physicians and paramedics trained in the use of PFAST, and were included in the study. Primary survey was performed before PFAST. Twenty-eight patients were excluded because they were lost to follow-up.

Overall, the incidence of free abdominal blood on ultrasound was 28 of 202 (14 per cent) including 26 true positives and two false negatives. Therefore PFAST had a sensitivity, specificity and accuracy of 93 (95 per cent c.i. 76 to 99) per cent, 99 (95 per cent c.i. 97 to 100) per cent and 99 (95 per cent c.i. 96 to 100) per cent, respectively.

In 17 patients, positive findings were found on PFAST in only one of three probe locations (right upper quadrant, left upper quadrant, retrovesical space); nine patients had free abdominal fluid in two or three anatomical sites. Free abdominal fluid was found mainly in the pouch of Douglas (18 patients), followed by the right upper quadrant (12 patients) and the left upper quadrant (eight patients). There was no correlation between the location of free fluid detected by PFAST and the need for subsequent laparotomy.

In 42 patients (21 per cent), prehospital care at the trauma scene was changed because of the findings of PFAST. Mostly fluid resuscitation was modified by reducing volume replacement in order to reduce blood loss by permissive hypotension, once significant head injury was excluded. In 61 patients (30 per cent), prehospital management was also changed. When intra-abdominal bleeding was found on PFAST, the overall management at

the scene was influenced to avoid any therapy beyond advanced life support. Additional therapy was either omitted or performed more quickly in order to shorten the time to surgery. If PFAST was negative, deliberated rescue of patients who were trapped could go ahead.

The report from the scene to the receiving trauma centre was supplemented by the findings of PFAST in 105 patients (52 per cent), and in 44 patients (22 per cent) the choice of receiving hospital was changed. As a result of additional information, all trauma teams modified their preparations by including an abdominal surgeon and preparing theatre for urgent laparotomy.

Early follow-up of the 28 patients who had intra-abdominal bleeding showed that laparotomy was needed in 12 patients, including seven who had splenectomy. Fourteen patients had no surgical intervention and two died before surgical control of the haemorrhage. One of the two with a false negative PFAST required laparotomy; the other was managed conservatively.

Discussion

In contrast to the low accuracy of physical examination and haemodynamic measurement, PFAST was highly reliable in the detection of a haemoperitoneum. In this study, only two false negative findings and one false positive finding were noted. Intra-abdominal bleeding is a dynamic situation and therefore one explanation for the false negative findings might be that the ultrasound examination was performed so soon after the trauma that haemorrhage due to splenic laceration was not yet apparent enough to give a positive result¹¹. Therefore, it is suggested that PFAST should be repeated every 15 min during the prehospital period interval if the initial PFAST findings are negative but physical examination is suspicious.

The location of free abdominal fluid detected during PFAST in this study differed from the data of Rozycki²¹ and Hahn²², who showed a correlation between parenchymal organ injury and the appearance of free blood, primarily located in Morison's pouch. In this study, most pathological findings were found in the pelvis, as also described by Nance in children²³. The results may differ because PFAST was performed on patients found in different positions at the scene of the trauma.

The accuracy of PFAST was high; the data correlated favourably with studies concerning the accuracy of ultrasound imaging under optimal conditions in the emergency department^{11,18,19}. Even teams who received 1-day training in PFAST reported accurate results. Data from the literature suggest that training programmes provide competence in FAST and are associated with a steep learning curve^{17,18,24}.

In 95 per cent of the patients, there was enough time to complete the PFAST investigation within the prehospital phase; the procedure itself took on average less than 2.5 min. Other studies have reported that the mean(s.d.) time taken to perform FAST in the emergency department was 154(13) s¹⁰ and 2.6(1.2) min⁷.

In only 7 per cent of patients was PFAST not completed owing to suboptimal conditions for imaging. However, in these rare cases it is recommended that the patients are treated as if they had a positive PFAST, because physical examination alone would have resulted in a correct diagnosis in only half of the patients. The major prerequisites for success with PFAST are an intensive training programme and good equipment. Several hand-held ultrasound units have been designed for mobile use^{25,26}.

In approximately one third of the patients in this study, the findings of PFAST had an influence on trauma management at the scene. In the event of intra-abdominal bleeding, the prehospital phase was minimized to allow immediate transport of the patient to hospital; helicopter transport was considered²⁷. In contrast, if the PFAST was negative, the routine algorithm for trauma care at the scene was followed, including primary and secondary survey in accordance with advanced life support.

In the event of a positive PFAST, patients should ideally go to an appropriate trauma centre. Clarke *et al.* showed that, for patients with abdominal bleeding, the probability of death increased by approximately 1 per cent for every 3 min delay in the emergency department¹. Therefore, the closest appropriate hospital should be chosen and the trauma team should be informed. A change in the choice of admitting hospital was made in approximately 20 per cent of patients in this study. This may be only a minor advantage in an urban setting, but in rural hospitals with less experience in treating life-threatening injuries, PFAST gives the surgeons more information and more time to prepare²⁸. Helicopter transport may be required to bring a patient to an appropriate trauma centre if the regional hospital is unable to arrange immediate laparotomy.

The air rescue centres that took part in this multicentre study now include the information from PFAST in their standard reports from a trauma scene. Following the results of this study, one major air rescue provider in Germany (24 helicopters and four fixed wing aircrafts) has incorporated and established PFAST into its algorithm for trauma management.

Acknowledgements

The authors would like to thank all of our collaborators, in particular the emergency physicians and paramedics who

took part in this study. Special thanks go to the head of the German Air Rescue, Dr Braun. His help and high level of professionalism was crucial for organizing the multicentre study. The authors also thank Mrs Weihgold and Dr Peitz for collection of the relevant data for this study.

References

- Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 2002; **52**: 420–425.
- Bickell WH, Wall MJ Jr, Pepe PE, Martin RR, Ginger VF, Allen MK *et al*. Immediate *versus* delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries. *N Engl J Med* 1994; **331**: 1105–1109.
- Blaivas M, Sierzenski P, Theodoro D. Significant hemoperitoneum in blunt trauma victims with normal signs and clinical examination. *Am J Emerg Med* 2002; **20**: 218–221.
- O'Dair GN, Leaper DJ. Sequential physiology scoring facilitates objective assessment of resuscitation in patients with an intraabdominal emergency. *Br J Surg* 2003; **90**: 1445–1450.
- McKenney MG, Martin L, Lentz K, Lopez C, Sleemann D, Aristide G *et al*. 1,000 consecutive ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma* 1996; **40**: 607–610.
- Rozycki GS, Shackford SR. Ultrasound, what every trauma surgeon should know. *J Trauma* 1996; **40**: 1–4.
- Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD, Wherrett L, Rizoli SB, Culhane J *et al*. Emergent abdominal sonography as a screening test in a new diagnostic algorithm for blunt trauma. *J Trauma* 1996; **40**: 867–874.
- Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G *et al*. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma* 1992; **32**: 452–458.
- Kimura A, Otsuka T. Emergency center ultrasonography in the evaluation of hemoperitoneum: a prospective study. *J Trauma* 1991; **31**: 20–23.
- Wherrett LJ, Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD, Rizoli SB, Culhane J *et al*. Hypotension after blunt abdominal trauma: the role of emergent abdominal sonography in surgical triage. *J Trauma* 1996; **41**: 815–820.
- Rozycki GS, Ballard RB, Feliciano DV, Schmidt JA, Pennington SD. Surgeon-performed ultrasound for the assessment of truncal injuries; lessons learned from 1540 patients. *Ann Surg* 1998; **228**: 557–567.
- Walcher F, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I. [Optimized management of polytraumatized patients by prehospital ultrasound.] *Unfallchirurg* 2002; **105**: 986–994.
- Heegaard W, Plummer D, Dries D, Fracscone R, Pippert G, Steel D *et al*. Ultrasound for the air medical clinician. *Air Medical Journal* 2004; **23**: 20–23.
- Brown MA, Casola G, Sirlin CB, Hoyt DB. Importance of evaluating organ parenchyma during screening abdominal ultrasonography after blunt trauma. *J Ultrasound Med* 2001; **20**: 577–583.
- Poletti PA, Kinkel K, Vermeulen B, Irmay F, Unger PF, Terrier F. Blunt abdominal trauma: should US be used to detect both free fluid and organ injuries? *Radiology* 2003; **227**: 95–103.
- Stassen NA, Lukan JK, Carillo EH, Spain DA, Richardson JD. Abdominal seat belt marks in the era of focused abdominal sonography for trauma. *Arch Surg* 2002; **137**: 718–722.
- Shackford SR, Rogers FB, Osler TM, Trabulsky ME, Clauss DW, Vane DW. Focused abdominal sonogram for trauma: the learning curve of nonradiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. *J Trauma* 1999; **46**: 553–562.
- Frezza EE, Solis RL, Silich RJ, Spence RK, Martin M. Competency-based instruction to improve the surgical technique and accuracy of the trauma ultrasound. *Am Surgeon* 1999; **65**: 884–888.
- McCarter FD, Luchette FA, Molloy M, Hurst JM, Davis K Jr, Johannigman JA *et al*. Institutional and individual learning curves for focused abdominal ultrasound for trauma: cumulative sum analysis. *Ann Surg* 2000; **231**: 689–700.
- Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974; **14**: 187–196.
- Rozycki GS, Ochsner MG, Feliciano DV, Thomas B, Boulanger BR, Davis FE *et al*. Early detection of hemoperitoneum by ultrasound examination of the right upper quadrant: a multicenter study. *J Trauma* 1998; **45**: 878–883.
- Hahn DD, Offermann SR, Holmes JF. Clinical importance of intraperitoneal fluid in patients with blunt intra-abdominal injury. *Am J Emerg Med* 2002; **20**: 595–600.
- Nance ML, Mahboubi S, Wickstrom M, Prendergast F, Stafford PW. Pattern of abdominal free fluid following isolated blunt spleen or liver injury in the pediatric patient. *J Trauma* 2002; **52**: 85–87.
- Smith RS, Kern SJ, Fry WR, Helmer SD. Institutional learning curve of surgeon-performed trauma ultrasound. *Arch Surg* 1998; **133**: 530–535.
- Strode CA, Rubal BJ, Gerhardt RT, Bulgrin JR, Boyd SY. Wireless and satellite transmission of prehospital focused abdominal sonography for trauma. *Prehosp Emerg Care* 2003; **7**: 375–379.
- Brooks A, Davies B, Connolly J. Prospective evaluation of handheld ultrasound in the diagnosis of blunt abdominal trauma. *J R Army Med Corps* 2002; **148**: 19–21.
- Frankema SP, Ringburg AN, Steyerberg EW, Edwards MJ, Schipper IB, van Vugt AB. Beneficial effect of helicopter medical services on survival of severely injured patients. *Br J Surg* 2004; **91**: 1520–1526.
- Brammer RD, Bramhall SR, Mirza DF, Mayer AD, McMaster P, Buckels JA. A 10-year experience of complex liver trauma. *Br J Surg* 2002; **89**: 1532–1537.

Publikation III

WISECOM: A rapidly deployable satellite backhauling system for emergency situations

Matteo Berioli^{1,*}, Javier Mulero Chaves¹, Nicolas Courville¹, Philippe Boutry², Jean-Louis Fondere³, Harald Skinnemoen⁴, Hillar Tork⁵, Markus Werner⁶ and Michael Weinlich^{7,8}

¹*DLR (German Aerospace Center), Institute of Communications and Navigation, Münchner Straße 20, D-82234 Weßling, Germany*

²*EADS Astrium, Toulouse, France*

³*Thales Alenia Space, Cannes, France*

⁴*AnsuR Technologies, Fornebu, Norway*

⁵*Reach-U Ltd, Tartu, Estonia*

⁶*TriaGnoSys GmbH, Weßling, Germany*

⁷*Steinbeis Forschung Zentrum GmbH, Frankfurt, Germany*

⁸*Department of Trauma Surgery, Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt/Main, Germany*

SUMMARY

This paper presents the detailed architecture of the WISECOM system, which can quickly re-establish and provide telecommunication services after a disaster by integrating terrestrial mobile radio networks, such as GSM, WiFi, WiMAX and TETRA, with satellite technologies. The system aims to be a useful tool to be deployed in the early hours after a disaster event, for both the victims and the rescue services who will be able to communicate in a reliable and robust way, improving the coordination of the different teams and reducing the time needed to provide victims with the proper treatment. The paper presents in detail the different services provided by the system taking into account its two different versions, based on two different satellite technologies, Inmarsat BGAN and DVB-RCS. Together with the presentation of the system capabilities, a business model is also proposed. Thereafter, the architecture of the general system and the demonstrators that have been developed are detailed, according to the two versions of the system. The work also presents the outcomes of the tests conducted with a prototype of the system, and of the final project demonstration, which was held in Germany in May 2008 with the involvement of real end-users (fire brigades and civil protection authorities). Copyright © 2010 John Wiley & Sons, Ltd.

KEY WORDS: emergency communications; satellite backhauling; GSM; TETRA; WiFi; WiMAX; location-based services; VoIP

1. INTRODUCTION

The increasing amount of disasters, either natural or man-made, occurred during the last years, such as the earthquakes in Turkey in 1999, the devastating tsunami in Indonesia in 2004 and the destruction brought by the Katrina hurricane in the United States in 2005 [1], have turned out to be one of the main problems which must be tackled with urgency by governments and international organizations [2]. These examples also offer an image of the impact produced both in terms of lives and economic damages. Disasters of any size are often combined with damages to the local telecommunication infrastructure or may happen where such infrastructures did not exist beforehand, causing severe difficulties to the teams performing rescue operations. In an

*Correspondence to: Matteo Berioli, DLR (German Aerospace Center), Institute of Communications and Navigation, Münchner Straße 20, D-82234 Weßling, Germany.

†E-mail: Matteo.Berioli@dlr.de

emergency situation, first-line telecommunication services are of paramount importance: telecommunications offer a way for victims of a disaster to connect to others, and for rescue workers to coordinate their efforts; both in a pre- and post-disaster phase, communication links are essential.

In the first hours after the disaster, the existing solutions to overcome communication problems when terrestrial infrastructures are not available are the use of national Very-High Frequency (VHF) radio systems, such as ARES [3] (Amateur Radio Emergency Service) in the United States, RAYNET [4] (Radio Amateurs' Emergency Network) in the United Kingdom or FNRASEC [5] (Fédération Nationale des RADIOamateurs au service de la SEcurité Civile) in France, the use of Professional Mobile Radio (PMR) devices, such as TETRA (TERrestrial Trunked RAdio) or TETRAPOL, which can only operate locally, or the use of satellite phones (such as Globalstar [6] or Iridium [7]) to get connection to public networks. With the help of more bulky technologies, which exploit satellite backhauling (e.g. Emergesat [8], TRACKS [9]), it is possible to re-establish a broadband wireless telecommunication infrastructure to transmit both voice and data, but these solutions require many hours to several days to be brought to the place of the disaster (see Figure 1).

The WISECOM (Wireless Infrastructure over Satellite for Emergency Communications) project [10], a project co-funded by the European Commission, aims to fill this gap by developing a complete solution that can be rapidly deployed immediately after the disaster, within the first 24h, and can last until the response and recovery phase, thus replacing the traditional use of satellite phones and other bulkier long-term solutions. To achieve this objective, WISECOM restores local GSM or 3G infrastructures, allowing standard mobile phones to be used, and enables wireless standard data access (e.g. WiFi or WiMAX). The system uses lightweight and rapidly deployable technologies; the so-called WISECOM Access Terminal (WAT) can be carried by one person on board a flight and be deployed within minutes. In a later phase after the disaster event, a second version of the WAT system can be easily transported and deployed to extend the first version, providing victims and rescue forces' members with wider 2G/3G coverage as well as a higher bandwidth for data services, such as transfer of pictures of the affected area, and establishment of video communications. The two WAT versions exploit two different technologies for the satellite backhauling: Inmarsat BGAN [11] (Broadband Global Area Network) and DVB-RCS [12] (Digital Video Broadcasting-Return Channel via Satellite), respectively.

In order to test the capabilities of the system in a realistic scenario, two versions of a demonstrator system were developed and tested during a live simulation of a disaster event which was held in Germany in May 2008 involving local fire brigades and civil protection authorities. During this demonstration, an explosion at a construction area was simulated, covering an area with a diameter of around 500 m with randomly placed victims, presenting injuries with different levels of severity. The use of this scenario allowed testing the system under a stress situation, checking the proper operation of the provided capabilities and identifying the gaps that must be filled and the remaining room for improvement. This paper provides a description of the WISECOM system, with details on the capabilities that it is able to provide in comparison to current solutions and on the technical and architectural characteristics of the system; the different outcomes obtained during the trials and the live simulation are also presented, together with the general conclusions extracted from the development of the project.

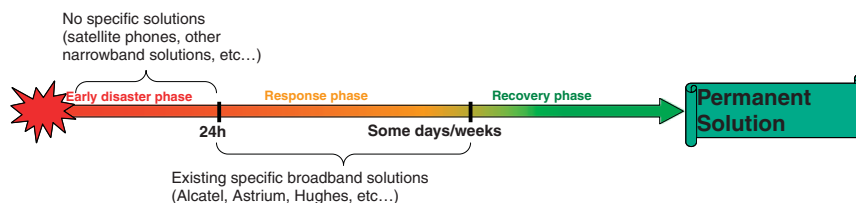


Figure 1. Disaster situation timeline.

The paper is structured in four chapters. In Chapter 2, an overview of the system characteristics is presented. The third chapter concentrates on the detailed description of the technical and architectural aspects of the system, together with a suitable business model for the WISECOM scenario. In the fourth chapter, results of the tests performed with the WISECOM demonstrator are presented together with the final project demonstration. Finally, the last chapter drives the conclusion of the work.

2. SYSTEM OVERVIEW

This section presents a general overview of the system, with a focus on the technical requirements at the basis of the design [13, 14]. The system description presents the two different versions of the system that have been developed in order to fulfil the requirements of the different phases after a disaster event; thereafter, an introduction to Location-Based Services (LBS) [15] is included in an independent sub-section, as it plays an important role among the system features. Finally, a more detailed high-level description is presented, focusing on the different domains involved in the system and the elements included in each of them.

2.1. The two WISECOM versions

The final objective considered by the WISECOM project is to rapidly provide a robust and reliable communication system in order to reduce the time until victims receive the final treatment and to minimize the risk undergone by the involved rescue forces. In comparison with the current situation, the WISECOM system represents a considerable improvement due to the fact that it allows the transmission of voice and data already in the early disaster phase and extends these services during the response phase. In addition, the utilization of integrated LBS leads to an improved coordination of the rescue teams and a reduction of the necessary time for localizing and treating victims.

Regarding communication services for the victims, they must be able to use their personal standard equipments, i.e. mobile phones, to perform voice calls, send SMS or be located within a certain cell; a wireless network is also made available for any user willing to connect through a PDA or laptop. When trying to access Internet services using this network, users are redirected to a specific website where special services are provided, such as information regarding the disaster situation, a map of the area with the relief camps, an interface to communicate via text message with the rescue teams, and so on.

Regarding the use of the system by the rescue forces, it must allow voice communications, either 2G/3G or VoIP over WLAN/WiMAX, and also the transmission of data, such as maps displaying dangerous areas, video and images to be used by telemedicine applications, text messages, and victims' data obtained through the LBS system. In addition to these requirements, the system must be rapid and easy to deploy, allowing the fast operation of the rescue teams, and support multi-user access with heterogeneous devices, such as GSM terminals, WiFi PDAs (Personal Digital Assistant), WiFi laptops and TETRA handhelds.

When observing the different necessities that arise after a disaster event, two different phases can be established, as already mentioned. During the first phase (early disaster phase), the system must satisfy the basic communication needs in order to assist victims and coordinate the different rescue forces. Therefore, during this phase, rapidity and easiness of deployment of the communication infrastructure become the most important conditions that must be accomplished by the system. During the second phase (response phase), once a provisional infrastructure has been deployed in order to cover the basic necessities, a higher bandwidth is required in order to provide rescue forces with advanced features, such as the establishment of video conferences and the transmission and reception of pictures of the victims and the disaster area. In this phase, robustness and reliability when providing broadband communications are the most important assets. In order to satisfy these requirements during the different phases, two different versions of the system have been developed. The main differences between the two developed versions are the satellite system, which is used to connect with the non-affected

terrestrial networks (the so-called ‘backhauling’), Inmarsat BGAN and DVB-RCS, and the wireless terrestrial networks which are integrated within each system. These differences are presented in the following sub-sections.

2.1.1. BGAN configuration. The first version of the system integrates GSM and WiFi networks using Inmarsat BGAN for the backhauling satellite link. This configuration of the system uses lightweight equipment in order to be rapidly deployable in the early phase after the disaster occurs and it provides a communication infrastructure able to cover the basic services that victims and members of rescue teams need, such as voice communication, Internet access and LBS.

The main advantage of this system configuration is its capability for easy and rapid deployment, as all the necessary equipment can be transported in a ruggedized case by a single person, protecting the equipment against any environmental adversity, and the simple installation and starting procedure can be quickly carried out in about 5 min by non-technicians.

Regarding the provided services, restoring the GSM network is an asset that allows members of rescue teams to perform voice calls between user terminals located in the local domain and also with terminals connected to the public telephone networks (PSTN and PLMN). In addition to voice services, the transmission and reception of SMS is also supported by the system and may become an important communication means in order to coordinate the rescue operation. Regarding the WiFi connectivity provided by the system, different (and separated) wireless networks can be made available to victims and rescue teams, e.g. with access restricted to local services for the victims, and with full access, for the rescue teams, to Internet and data services, such as HTTP and FTP, together with the possibility of performing voice calls using VoIP.

2.1.2. DVB-RCS configuration. The second version of the system uses DVB-RCS as a satellite link to integrate GSM, WiFi/WiMAX and TETRA networks and connect them with the ground network on the disaster-safe segment. This configuration is intended to be deployed in a later phase after the disaster event in order to provide services that require higher bandwidth, such as transferring pictures of the affected area and establishing video communications over the satellite link.

In order to transport and deploy the system, all the necessary equipment can be mounted on a rack that together with the DVB-RCS antenna can be transported with the help of a vehicle, such as a 4-wheel drive or a helicopter. The mounting and deployment of the system can be easily performed by only two people in approximately 15–30 min, taking into account the time needed to mount and point the antenna and the time for connecting and starting the system. Once the communication infrastructure is deployed, it offers the possibility of connecting using GSM, a hybrid WiFi/WiMAX access network and also TETRA.

2.2. The LBS software for improved victim triage

LBS are implemented in the WISECOM system in order to improve the triage process, which consists mainly of localizing the victims and classifying them, taking into account the severity of their injuries in order to offer them a preferential treatment according to their situation. In the traditional procedure performed by the rescue teams, a first group of rescue forces is sent to the disaster area in order to find the possible victims. When a victim is found, a triage card (Figure 2) is filled with the data about the victim and hung around his neck. Thereafter, a second group of rescue members is sent to pick up the victims and transport them to the nearest hospital or relief area.

In the current situation, where satellite phones and PMR are used, coordination of the different teams for localizing and transporting the victims is very difficult and this leads to an inefficient coordination and a large time needed to offer victims the proper treatment. A reduction of this time is critical in order to save the life of victims presenting critical injuries. In order to improve this situation, the WISECOM LBS solution offers the possibility of having a global overview of the disaster situation in order to coordinate the efforts of the different

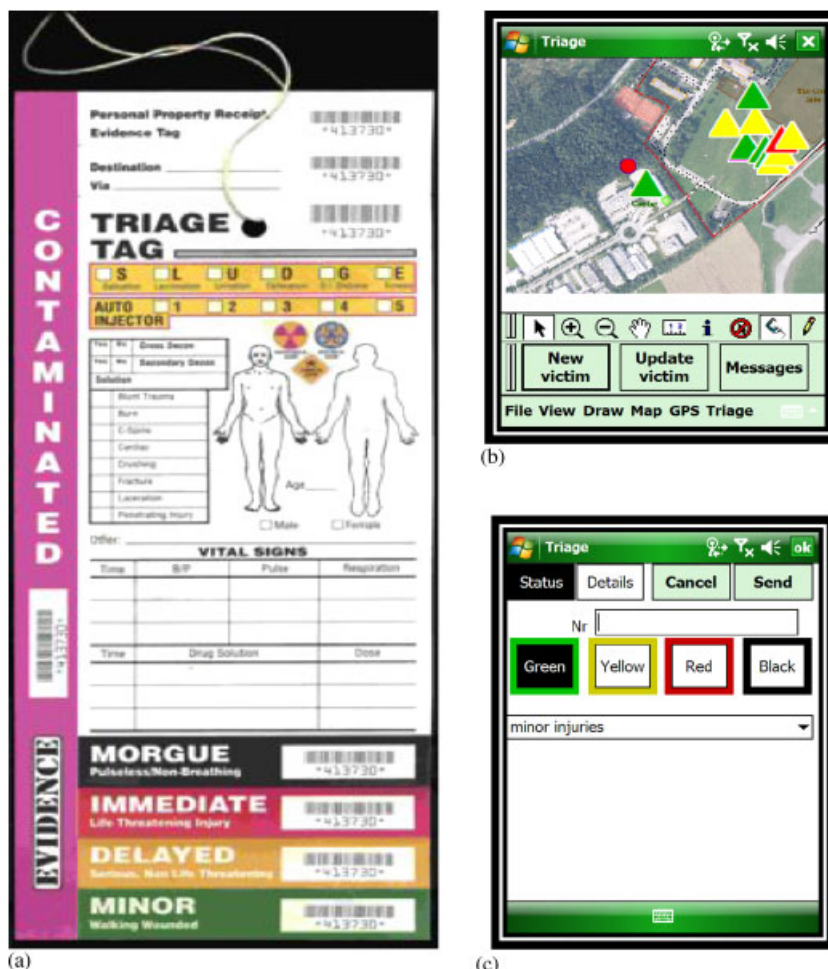


Figure 2. Comparison of the cardboard tag on the left (a) and of the electronic tag on the right (b and c). (a) Classical triage tag. (b) PDA screen shot of LBS main menu. (c) PDA screen shot of LBS victim submenu.

rescue teams in an efficient way. By using the software installed on each PDA carried by the rescue teams, the exact position of each team can be immediately observed in the local control centre, usually located in the disaster area, on the different PDAs, and also at any remote control centre, located far away from the disaster. In addition to this, when a victim is found, the information formerly included in the triage cardboard, such as colour code (according to the severity of the injuries), type of injuries or blood type, can be introduced using the LBS software (Figure 2) and sent to the control centre(s), together with the GPS coordinates corresponding to the location of the victim. This information is also forwarded to each PDA in order to provide all rescue teams with a complete overview of the situation. According to the information received by the control centre, different rescue teams can be coordinated, communicating with them via VoIP, GSM or text messages, in order to prioritize the transport and treatment of victims according to the severity of their injuries and to their location with respect to the location of the different rescue teams. This leads to a big decrease in the time needed to offer victims the proper treatment.

Regarding the real implementation, the LBS application consists of several software packages, which must be installed on a computer located in the control centre (LBS server), and on every emergency team PDA. There might be multiple control centres with full access to the LBS data. Normally there will be at least one in the local disaster area and one far away in the disaster-safe segment. The LBS server is implemented using a Windows PC. In a similar way,

the LBS application running on each PDA is a software-only solution, and it only requires a PDA-internal GPS receiver and TCP/IP network connectivity, which can be performed over WiFi, GSM, UMTS, or any other technology available on the PDA. The transmitted data are forwarded in the WISECOM system over BGAN, or over DVB-RCS, allowing the LBS module to work with both WISECOM versions.

2.3. General system concept

As it can be observed in Figure 3, the high-level architecture of the WISECOM system uses a modular approach and presents three different domains: the On-Disaster Site Segment, the Disaster-Safe Segment and the Transport Domain. The WISECOM system basically enables communications to and from end-users in the On-Disaster Site Segment (mainly victims and rescue teams' members) located inside or outside the disaster area using heterogeneous communication devices, such as GSM phones, PDAs or laptops.

The On-Disaster Site Segment consists of the User-terminal Domain, the Local Access Domain, the WISECOM Client Domain and the group of network elements responsible for the access to the transport domain from the disaster area (satellite terminals, terrestrial wireless terminals, etc...). The Disaster-Safe Segment comprises the group of network elements responsible for the access and control of the transport domain, the WISECOM Server/Operator Domain, the Public Networks Domain and the Home Networks Domain. The interface between the two former segments is provided by the Transport Domain, where one part is located in the On-Disaster Site Segment and the other in the Disaster-Safe Segment.

In Figure 3, the full lines between the WISECOM Server/Operator Domain and the Home Networks Domain are used to represent possible direct high security connections between a WISECOM server and some special networks or servers dedicated to emergency situations. Of course, these connections can also be achieved via public networks.

The key element of the WISECOM system is the WISECOM Access Terminal (WAT), which is the physical device that is brought to the disaster area by the members of the rescue forces. It includes all the necessary logical and physical modules in order to enable the connection of standard terrestrial mobile wireless networks, such as GSM, WiFi, WiMAX and TETRA, to the public networks, mainly Internet and PSTN/PLMN, through the satellite link, Inmarsat BGAN or DVB-RCS.

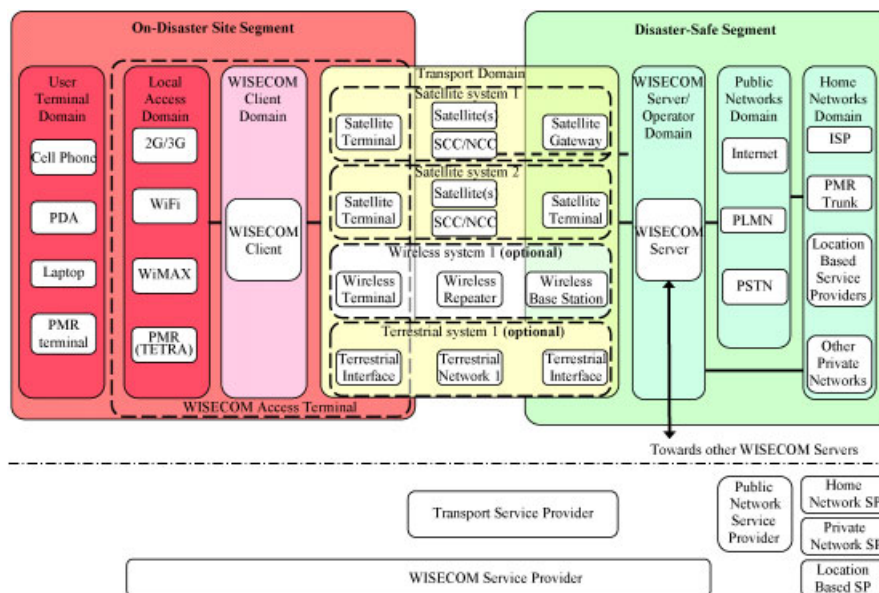


Figure 3. High-level WISECOM functional architecture.

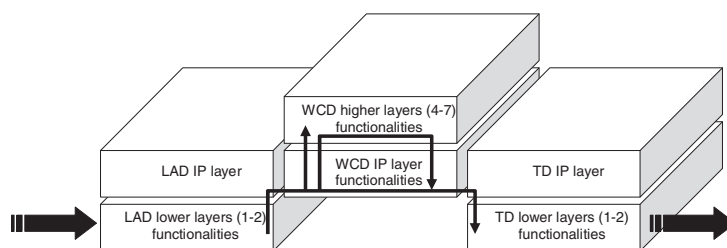


Figure 4. WISECOM Access Terminal (WAT) protocol architecture.

The functions to be found in the WAT can be classified according to the three domains: Local Access Domain (LAD), WISECOM Client Domain (WCD) and Transport Domain (TD). All transitions and interfacing operations can be performed going through the IP layer; this makes the operations easier and allows the system to be handled in a unique way independently of the technologies which are used on the two sides of the LAD and of the TD. The resulting WAT protocol architecture is shown in Figure 4.

In the real implementations carried out within the development of the project, the three domains of the WAT and the six logical modules were located on physically different devices. For this reason, the WAT is composed of several physical elements: at least one element for every LAD (one GSM picocell, one WiFi access point, etc...), one element, a LINUX computer, for the WCD, considered the core of the WAT, and one element for the satellite TD. The connections among the elements (across the three domains) are performed over IP by means of Ethernet connections and for this reason the IP layer remains a core one.

The LAD modules in the WAT contain all the characteristic functionalities of the particular wireless technology used in the local terrestrial loop: GSM, WiFi, WiMAX, and TETRA. The modules allow the operation of standard and heterogeneous user terminals, such as mobile phones, PDAs or laptops. This implies that the air interface provided on the LAD must comply with the given standards. On the other side, a transition to IP must be already performed in this domain for all standards that natively do not run over IP, i.e. GSM and TETRA. Hence, the two LAD modules take care of these two tasks, respectively. The requested functionalities are summarized in the following:

- LAD lower layers (1–2):
 - Physical and link layer functionalities (e.g. modulation, power control, MAC, etc...).
- LAD IP layer:
 - Data format conversion to IP: e.g. encapsulation of GSM signalling (e.g. the A-bis interface between the BTS and the BSC) into IP, codec conversion, encapsulation of TETRA signalling into IP, etc...

The WISECOM client logically operates only at IP layer and above. It is a transition module for all the traffic in the middle of the WAT and may be the destination of some higher layer signalling or data, such as authentication or LBS. The WCD may also intercept (or spoof) some signalling which is destined for higher layer counterparts beyond the TD. For both these two reasons, the WCD contains functionalities at layers higher than IP. The needed functionalities are summarized in the following:

- WCD IP layer:
 - All IP QoS functionalities: Data flow classification, IP packet marking, Traffic policing (filtering), Traffic shaping, Queuing and scheduling, Connection admission control and congestion control (optional in DiffServ).
 - All conventional IP functionalities, such as IP routing and addressing.
 - IP add-on functionalities.

- WCD higher layers (4–7) terminated at the WCD:
 - Authentication, authorization: a RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server), or DIAMETER authentication server is also implemented in this module, acting as an authentication proxy,
 - Billing.
- WCD higher layers (4–7) ‘intercepted’ at the WCD:
 - Caching: e.g. Performance Enhancement Proxy for TCP.
 - IP signalling adaptation to satellite: this kind of operations are particularly important for non-native IP traffic, such as GSM, protocol conversion/adaptation may deserve an own software unit and may run on dedicated computers: e.g. GSM connection control may be translated into SIP [16], timers may be adapted to the longer satellite delays.

The TD is the last stage of the WAT processing the outgoing traffic before it is sent over the satellite and it is the first stage for the incoming traffic. This module performs the very final operations needed for the satellite transmission (or the very preliminary ones for incoming traffic). All operations requiring more complex processing should be located in the WCD.

- TD IP layer:
 - IP queue management: taking into account that most of the QoS IP management is performed in the WCD, and that packets are already marked with the appropriate DSCP (DiffServ Code Point) according to their (DiffServ) service class, the IP management in the TD results to be very easy; nevertheless, a set of DiffServ queues has to be foreseen, packets are classified according to their DSCP and mapped to the related queues. All other operations (traffic policing, traffic shaping, buffer management and dropping policies, admission control and congestion control) can be neglected as they are already performed in the WCD module.
 - IP encapsulation and segmentation.
- TD lower layers (1–2):
 - Satellite L2 management:
 - L2 scheduling and resource management: This module is very important, as it is responsible for gathering the needed physical resources (satellite capacity) to transmit the traffic, and of mapping the IP queues to appropriate L2 classes. The operations performed in the real systems (BGAN and DVB-RCS) may differ, but this is normally transparent to IP layers and to the other modules (WCD), so it can be neglected in the present analysis.
 - Address resolution.
 - L2 security.

According to this general description of the system, two different configurations are performed, using Inmarsat BGAN and DVB-RCS as satellite systems for the Transport Domain. The detailed characteristics of the implemented systems are presented in the following section.

3. DETAILED SYSTEM ARCHITECTURE AND BUSINESS MODEL

This section presents a complete description of the WISECOM demonstrator architecture, as an example of the more general WISECOM architecture, taking into account the different configurations of the system. First, a detailed description of the different versions (BGAN and

DVB-RCS) is presented, paying special attention to the elements of each configuration and the connection between them. Then, the software functional architecture implemented in the WISECOM Access Terminal (WAT) is described and thereafter the structure of the different elements forming the control centre, or WISECOM Server/Operator Domain, is included, being these two elements (the WAT and the control centre) the two key elements in the whole architecture. Finally, the section describes a suitable business model for the WISECOM scenario.

3.1. BGAN demonstrator

The BGAN version of the system is intended to offer the possibility of connecting to the system through GSM or WiFi devices using the Inmarsat BGAN satellite system as a backhaul to connect to the non-affected terrestrial networks. The architecture, which is deployed in the On-Disaster Site Segment, is composed of the WISECOM Access Terminal (WAT), encompassing mainly the WiFi Access Point and antennas, the WISECOM client implemented in a LINUX Microbox, the GSM Base Station and the BGAN terminal. In addition to this equipment, a power distribution system using a Li-Ion battery pack and a ventilation system has been devised, providing the system with approximately 4 h of autonomy. When selecting the components that would be included in the real implementation of the system, size, weight and facility of use were the main driving criteria, as allowing an easy and fast transportation of the system was the main goal of this demonstrator version. Therefore, all the necessary equipment was selected so as to fit, with exception of the two WiFi antennas, inside a ruggedized case (outside size $24 \times 38 \times 49$ cm) to facilitate transportation and protect the equipment in adverse weather conditions. The outdoor WiFi antennas were intended to be mounted in their respective masts in order to provide diversity when receiving the WiFi signal. This way, the system can be easily carried by a single person and deployed within 5 minutes by non-technician personnel. Figure 5 presents a diagram of the different integrated networks and the main elements of the implementation.

Using a unique physical interface, in this case, a network Ethernet card, between the WISECOM client and the BGAN terminal, several virtual interfaces can be supported for data transmission. These virtual interfaces can be associated with IP tunnels enabling to carry IP datagrams directly from the WAT to the WISECOM Server. This IP-based concept is very flexible and gives the possibility of fully reusing capabilities of the underlying networks, in particular:

- all traffic originated from or destined to the GSM local network in the On-Disaster Site Segment is managed by a GSM service provider, and an IP tunnel is created between the WAT and this GSM service provider through the WISECOM server, in order to optimally carry GSM traffic,
- another IP tunnel, accessed from the On-Disaster Site Segment thanks to a specific virtual interface, enables to connect the WAT to a WiFi Local Area Network in the control centre premises, so that communication between end-users located in the two different WISECOM segments is possible (e.g. from a member of a rescue team in the On-Disaster Site Segment to the rescue team coordinator in the Disaster-Safe Segment) or specific services such as LBS or VoIP can be supported.



Figure 5. System architecture for the BGAN configuration.

A detailed description of the software functionalities implemented in the micro computer functioning as the WISECOM client located in the On-Disaster Site Segment is presented with full details in Section 3.3.

3.2. DVB-RCS demonstrator

The DVB-RCS version of the system is intended to offer the possibility of connecting to the system through GSM, TETRA or through a WiFi/WiMAX hybrid network, using the DVB-RCS satellite system as a backhaul to connect to the non-affected terrestrial networks. Owing to the fact that the integration of the TETRA network was not performed within the DVB-RCS demonstrator, but in an independent demonstrator developed in a laboratory environment, it will not be considered in the description carried out in this section. The architecture, therefore, which is deployed in the On-Disaster Site Segment, is composed of the WISECOM Access Terminal (WAT), encompassing mainly the GSM Base Station, the WISECOM client implemented in a LINUX micro computer, the WiMAX Base Station and the DVB-RCS terminal. Additionally, a WiMAX Subscriber Station is intended to be carried in a manned vehicle, such as a four-wheel-drive vehicle in order to have the possibility to explore the disaster area. The communication between the Base Station and the Subscriber Station is performed via a WiMAX connection. Finally, a WiFi Access Point connected to the Subscriber Station provides end-users with the air interface in order to connect to the system through their PDAs or laptops. This way, users will be connected to the terrestrial networks on the Disaster-Safe Segment over WiFi over WiMAX over DVB-RCS. In addition to the mentioned equipment, a 1.2-m diameter DVB-RCS Flyaway antenna (R.F.:10.7–12.75 GHz range, I.F.: 950–2150 MHz, L.O.: 9.75/10.60 GHz) and a 2-W KU-Band BUC, as outdoor unit, were necessary. Regarding the power supply, a Honda power generator unit, able to generate 1 KW during 2.5 h, has been used. The WiMAX Subscriber Station carried in the four-wheel drive was powered through the cigar lighter of the vehicle. Figure 6 presents a diagram of the different integrated networks and the main elements of the implementation.

In order to accomplish the objective of providing a robust and reliable way to transport and deploy the system, all the necessary equipment enabling to restore local WiFi, WiMAX and GSM coverage and to connect it to distant, terrestrial networks via the DVB-RCS satellite system have been mounted and integrated in a 19-inches mobile rack, whose size was roughly $78 \times 51 \times 45$ cm (height, width and depth). This rack, together with the antenna and the power supplier system, is intended to be transported using a vehicle, such as a helicopter or a four-wheel drive, and deployed with the help of two people. This was the original target of the WISECOM system, one transportable WAT with powerful telecommunication capabilities being transportable in a single vehicle during the disaster response phase.

As in the case of the BGAN configuration, all traffic originated from or destined to the GSM local network in the On-Disaster Site Segment will be managed by a separate GSM service provider. In order to carry this GSM traffic in an optimal way, an IP tunnel will be created between the WAT and this GSM service provider through the WISECOM server. In addition to this IP tunnel, another one, accessed from the On-Disaster Site Segment thanks to a specific



Figure 6. System architecture for the DVB-RCS configuration.

virtual interface, will enable the connection of the WAT to a WiFi Local Area Network in the control centre premises, so that communication between end-users located in the two different WISECOM segments is enabled, or specific services such as LBS or VoIP can be supported.

Similar to the BGAN version of the WAT, the Siemens Simatic Microbox computer, acting as the WISECOM client, was supporting a wide range of functionalities to manage and interface the different telecommunication devices of the DVB-RCS WAT. These functionalities are detailed in Section 3.3.

3.3. The WISECOM access terminal

In order to complete the description of the system, which is deployed in the On-Disaster Site Segment, this section presents the different functionalities that are implemented in the Siemens Microbox, which acts as the WISECOM client. The different diagrams in the section are presented, taking into account the BGAN configuration of the system, but the same functionalities can be also considered for the DVB-RCS configuration.

The details about the functionalities and the architecture of the WISECOM Access Terminal configuration are provided below (Figure 7):

- WISECOM client:

Regarding the real implementation of the WISECOM client, first, a standard desktop PC has been used for early development and trials and second, the final implementation has been carried out using a microcomputer from Siemens. In both hardware platforms, LINUX operating systems have been used, due to the easiness and freedom for configuration that they allow, such as configuring network devices or firewall capabilities and the easiness for updating the system with new features. Additionally, in order to provide the system with the proper

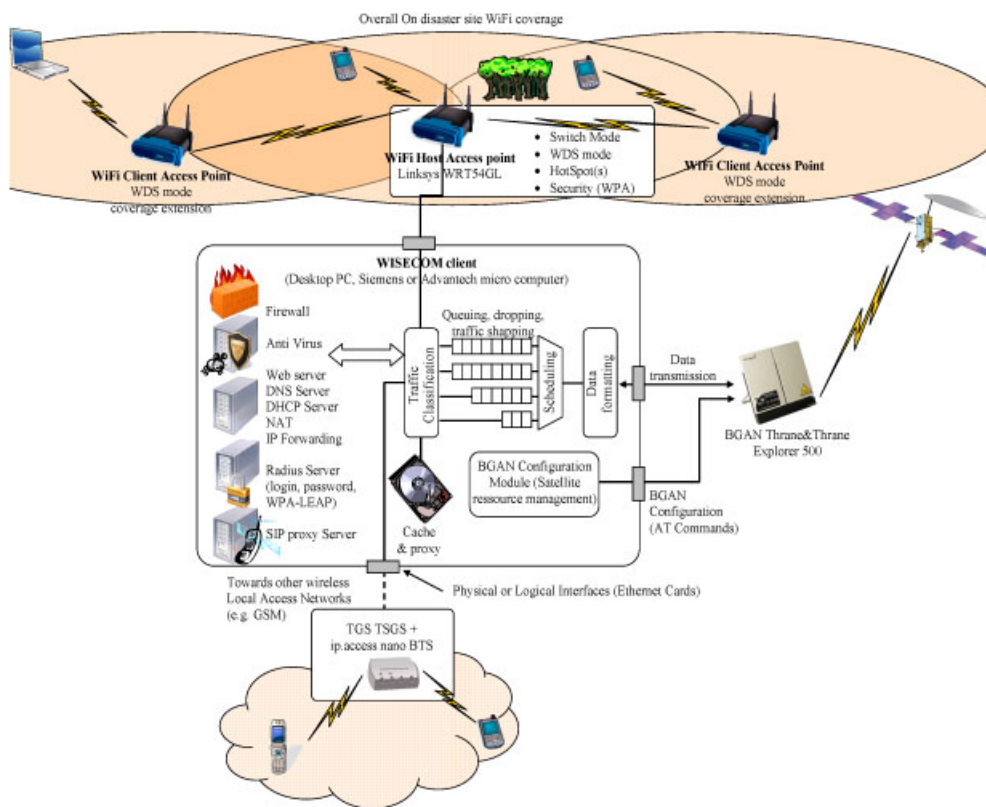


Figure 7. General overview of the BGAN architecture, with emphasis on the WISECOM Access Terminal in the On-Disaster Site Segment.

functionalities in an automatic basis, the entire configuration described in this section was performed by scripting the necessary processes and running them at start-up of the system. This way, members of the rescue forces only had to switch on the WISECOM client in order to have it completely configured and ready to operate.

Regarding network connectivity, which is a central part when dealing with the integration of different networks, for both system configurations, BGAN and DVB-RCS, three Ethernet cards were necessary. As TETRA integration was performed in an independent demonstrator, no additional Ethernet interfaces were required. The different network interfaces are automatically configured at start-up of the system. Moreover, a DHCP (Dynamic Host Control Protocol) server, included in DNSmasq, is started to automatically assign a proper IP address to the elements connected to the WISECOM client. In addition to this, DNSmasq is also used as DNS (Domain Name Server). Finally, IP forwarding is enabled to allow transmission of information among the different network interfaces and Network Address Translation (NAT) is used in order to use a common public IP for the different devices connecting through the different wireless technologies.

Another important task of the WISECOM client is the management of the network resources and the provision of proper QoS. In order to achieve this objective, *iproute2* and *tc* tools provided by the LINUX operating system have been used. The first step to be performed has been the classification of the traffic. This has been performed following different criteria: the Ethernet interface being used, in order to differentiate traffic coming from the different wireless networks, the source IP address, to differentiate the different source devices, and the TCP ports and DiffServ Code Points, to distinguish among the different applications. According to this classification, scheduling, traffic shaping and dropping strategies have been designed in order to assign different priorities to the different services, taking into account their importance during the rescue operation. Therefore, voice applications, such as GSM and VoIP calls, are considered to be a priority, whereas other applications, such as web browsing and file transfer, are considered as secondary ones and scheduled accordingly. The last point to be considered regarding traffic management in the WISECOM client is the installation of a web cache in order to speed up web surfing applications and avoid unnecessary traffic load in the satellite link.

An additional feature implemented in the WISECOM client (BGAN configuration) in order to allow control of the system resources is a module for traffic and system monitoring. This self-implemented module communicates with the satellite terminal using AT commands and provides a user-friendly graphical interface in order to monitor the different satellite resources, such as the traffic load, the running services and the parameters of the satellite terminal.

The WISECOM client also implements several authentication and security mechanisms in order to provide integrity of the data and to avoid the misuse of the provided resources. First of all, an antivirus has been installed and a firewall has been set up using the LINUX capabilities (*iptables*). Additionally, a RADIUS Server and Hotspot have been used in order to create two separated WiFi sub-networks intended to be used by victims and members of rescue forces, respectively. The first sub-network (WISECOM-PUB) is a public domain intended to be accessible by everybody, but providing restricted services. Therefore, any client is automatically redirected to a welcome web page displaying useful information about the emergency situation, enabling users to download a certificate needed for accessing the second sub-network (WISECOM-PRIV) and requesting for login and password for unlimited access to HTTP and HTTPS services. Security is provided by Chilispot and a Radius Server, supporting Password Authentication Protocol (PAP). The WISECOM-PRIV sub-network can only be accessed by users in possession of a specific certificate and the proper login and password and it provides unrestricted access to general internet services, such as HTTP, VoIP, FTP, Telnet or Video-conferencing. Authentication and authorization mechanisms are provided by a RADIUS server with MS-CHAPv2 authentication protocol.

Finally, several additional features have been also implemented in the WISECOM client. First of all, an adapted Graphical User Interface (GUI) relying on a SQL server has been developed for the management of users, access rights and passwords. Second, a web server has been installed in order to allocate the self-developed welcome web site to be accessed by users in

the WiFi public domain prior to login. Finally, a (proxy) SIP server for local management of the VoIP functionalities, relying on the Asterisk [16, 17] software with appropriate web interface and configuration file has been implemented. Asterisk supports standard voice over IP calls, voicemail, voice conference, queuing and parking of calls, Interactive Voice Response (IVR) menus, several codecs, etc., and by installing the server in the WISECOM client, local calls on the disaster area can be handled without using the satellite link.

- WiFi Access Point:

Among the several WiFi access points available in the market, the Linksys wrt54gl was chosen due to its cheap price (less than 50€) and its powerful set of functionalities, mainly the robustness of its firmware and the easiness of configuration, performed through a self-explanatory web interface. The access point has been used in 'Switch mode' allowing DHCP/DNS/NAT operations to be performed by the WISECOM client and not by the access point itself. Regarding the firmware, the access point was provided with DD-WRT firmware. This software enables the use of security and authentication features such as Hotspot (Chilispot) and RADIUS, in combination with WPA (WiFi Protected Access), MS-CHAPv2 (Microsoft PPP CHAP Extensions, version 2) [18] and security certificates for avoiding non-desired users to access the restricted WISECOM services. WDS (Wireless Distribution System) is supported for range extension. In this particular case, the host router is connected to the WISECOM client, whereas the client routers are used as WiFi relays for extension of coverage. Other functionalities provided by the access point are QoS support, MAC filtering and support of Virtual Private Networks (VPN) and Virtual Wireless Interfaces (VWI), used to provide the different WiFi sub-networks (WISECOM-PUB and WISECOM-PRIV).

- BGAN Terminal:

The Thrane&Thrane Explorer 500 [19] has been selected among other options for the BGAN terminal due, mainly, to its small size ($218 \times 217 \times 52$ mm) and weight (1.4 kg), to its easiness for pointing it and to its versatility of configuration, allowing the possibility of using a self-explanatory web interface and the use of AT commands. During the real implementation, AT commands were used allowing a completely automatic configuration at start-up of the system.

3.4. Control centre: the WISECOM Server

This section presents a description of the control centre, the place, far away from the disaster area, from where the rescue work is controlled and organized. In the WISECOM scenario, different elements are deployed in the control centre to connect the different end-users located in the disaster area to different servers in order to provide them with specifically developed services, such as LBS, VoIP, text messaging and monitoring of the status of the different services. For this reason, the control centre hosts the WISECOM Server.

First, a WiFi Access Point is present in the control centre in order to enable the connection of any wireless device to the control centre network. At the same time, it acts also as a switch in order to interconnect the different servers located in the control centre. It is necessary to remark another important role of the control centre WiFi Access Point, which is the fact that it generates a tunnel between the control centre and the WAT, and enables any computer connected to it to remotely communicate with any computer connected to the WAT deployed on the disaster area, as if they were in the same network. This enables a robust and secure communication, using encryption, among the local network in the disaster area and the network in the control centre.

Another important element installed in the control centre is the LBS server. The LBS server gathers the information sent by the members of the rescue forces using their PDAs or laptops and presents it in a graphical and understandable way, through the use of maps of the disaster area. This way, personnel of the rescue services located in the control centre are aware of the position and status of the different actors involved in the rescue operation, mainly

victims and rescue forces. In addition to this feature, the LBS software installed in the control centre allows communication with the teams deployed in the disaster area, via short text messages, in order to coordinate their operation in an efficient way, without needing any other communication means, such as GSM or VoIP. The operation of the LBS server can be complemented with pictures taken by the rescue forces in the disaster area, linking them with the geographical coordinates of the location where they were taken, thanks to the ASIGN system.

Regarding the provision of VoIP services, a VoIP server was installed in the control centre, using the Asterisk software. This server allows performing voice calls between terminals connected to the control centre network, and also between terminals located in the disaster area and terminals connected in the control centre. Calls to users connected to the public telephone networks (PSTN/PLMN) are also possible.

Finally, apart from the already mentioned elements providing the necessary services, remote monitoring of the services running on the WAT is intended to be performed also from the control centre. In order to achieve this objective, a monitoring application has been specifically developed in order to gather the information from the different WISECOM systems and present it in a graphical way through the use of a web interface. The information presented by this web interface, can be divided into two different groups:

- Operation of the different WISECOM systems: It monitors the operation of the different services running on the WAT and the status of the BGAN terminal, providing several kinds of information, such as the geographical coordinates of the terminal, the temperature, the status of the battery, the date and the PDP contexts that are opened.
- Information regarding the satellite link: It monitors the instant and average traffic, which is sent over the satellite link, according to the information provided by the WAT. An image of the obtained graphs for the BGAN configuration can be observed in Figure 8. According to this graph, data being sent over the satellite link are not high enough in order to have congestion of the link, and therefore, it can be assumed that the different services can be used simultaneously. In a general case, by using this graph, it is possible to observe peaks of use and congestion of the satellite link and therefore, prioritize the use of the system by particular applications or users, according to the situation.

3.5. Business model and role description

The definition of roles in the WISECOM communication system has to closely follow the typical organizational structures in handling global, regional or national disasters, whereby current practice, but also ongoing efforts and future plans for an improved (re)organization of disaster

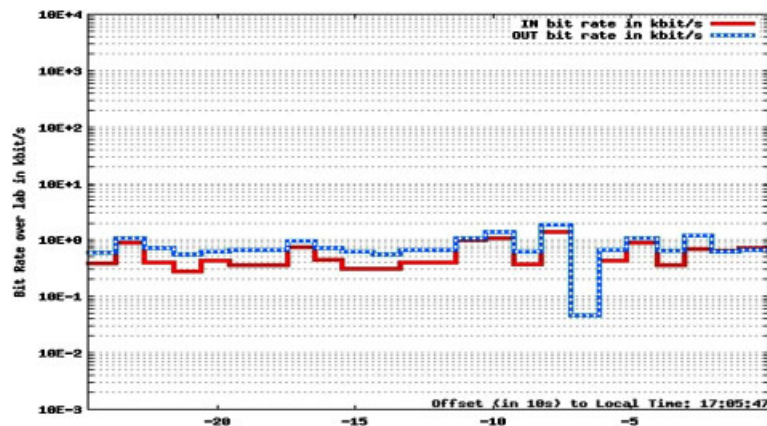


Figure 8. Traffic over the satellite link shown by the remote monitoring web interface.

relief operations must be taken into account. A consequent role model as it may emerge from currently existing structures has a significant impact on potential business models and commercial implementation of WISECOM. However, this business role model and a real commercial implementation of the WISECOM concept can in turn have an active influence on these future organizational structures. The schematic representation of the role model and of the relationship between the different players involved in the WISECOM system is presented in Figure 9.

The following roles can be identified:

- *WISECOM operator or service provider*—being the central role in the considered system and interfacing to all of the following roles, as illustrated in Figure 9; usually, each WISECOM operator owns one WISECOM server to which one or several WISECOM clients (or WISECOM Access Terminals, WAT) are connected; the WISECOM operator acts as a kind of ‘concentrator’ for a complete and tailored service provisioning—in terms of communications services, content, and infrastructure—to the system users, and is their main/single direct interface;
- *victims*, which come in as passive or active end-users from a communications system viewpoint via their standard equipment (mainly mobile phones), which may be used both in active and passive modes (active calling or sending SMS or being located within a certain cell);
- *search and rescue (S&R) users*, including both early phase (immediate search & rescue) and response phase (rescue, transport and medical treatment etc.) forces; here, the main relation is provisioning of services (communications, LBS and content) via WISECOM Access Terminals available to the rescue organizations;
- *S&R coordination centres*, which mainly coordinate and command the field rescue forces throughout all disaster phases;
- *PMR operators*, such as national/regional TETRA operators, which have an established operator/provider relationship with the users and obviously must be interfaced also in the more general WISECOM role model and architecture;
- *content providers* like GIS/map data providers; in general, the WISECOM service provider should be the central entity responsible for the integrity of all content provided to end-users; for instance the WISECOM service provider would buy and regularly update static reliable GIS map information from various respective content providers and take care of central provisioning to all end-users; for dynamic real-time data, on the other hand, he would preferably secure via agreements reliable and permanent on-line access to content hosted by those providers, for the sake of efficiency and timeliness;
- *satellite transport service operator/provider*, which provides the key backhauling link from the disaster areas to the disaster-safe segment; here the relation between the WISECOM operator and the satellite operator should be preferably simple and direct, i.e., the WISECOM service provider would ideally be or become a service provider of the satellite

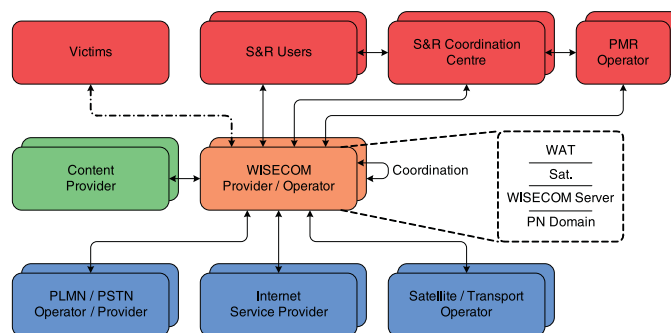


Figure 9. WISECOM Business Role Model.

backhauling capacity at the same time; in the case of one global satellite system like Inmarsat, one could think of one truly global WISECOM provider which could be a key advantage in support of streamlining global coordination of disaster management;

- *Internet Service Provider*, providing access to the Internet;
- *PLMN/PSTN operator/provider*, providing voice/data communication and connection to the fixed and mobile legacy networks, mobile positioning and messaging;
- for the local access domain, a mobile network operator (MNO)—potentially the same as the previously mentioned PLMN operator/provider—may come in as a specific player if the WISECOM operator/provider does not act at the same time as a (virtual) MNO itself; here the main relation would be a tailored contract for provisioning of vendor-specific SIM cards, specific roaming agreements and use of its licensed frequencies; note that in such a case one unique provider per considered WISECOM service area would be preferable, to keep the number of involved partners low and thus the complexity of contractual, technical, and service level frameworks;

Finally, a general and long-term (maybe only indirect or implicit) relation exists between WISECOM operators/providers and regulatory and licensing bodies; the related issues are the whole licensing process for dedicated reserved emergency frequency bands (both terrestrial wireless and satellite) or potential pre-emption usage of general frequencies only in emergency situations etc; this role and relationship has its own complexity and thus has been addressed in a dedicated WISECOM deliverable [20].

4. TRIALS AND FINAL DEMONSTRATION

The present section describes the tests performed in laboratory and during the live simulation, in order to check the different capabilities of the system. Owing to its importance within the overall rescue process, particular relevance is given to the LBS application, which is described in a dedicated section.

First, GSM coverage has been provided using both system configurations, BGAN and DVB-RCS. The different tested services include transmission and reception of simultaneous voice calls using different codecs and transmission and reception of SMS and GPRS data. All the services have been successfully tested in terms of availability and quality, performing up to seven voice calls when using the DVB-RCS backhauling solution.

Second, when using the WiFi access (over BGAN), VoIP services, involving up to three participants in the local and remote domains, were successfully provided, together with general Internet services, such as HTTP, FTP and Emailing. Several throughput measurements were carried out regarding VoIP, and it was verified that one bi-directional voice call used roughly 64 to 80 kbps of bandwidth over the satellite link, when using silence detection. Regarding the WiFi coverage provided by the system, it was noticed that loss of line of sight and reflections of the signal on the different urban elements could have a negative effect on the signal strength. Therefore, the use of several repeaters in order to assure coverage in the different areas is suggested together with the use of alternative wireless technologies, such as WiMAX, for example.

Regarding the WiFi/WiMAX hybrid access, test of various IP services (over DVB-RCS) were also successful: in particular a voice/video conference was established among four different participants during the live demonstration in order to simulate a real rescue operation; one participant was located on the disaster area, connected to the WiMAX subscriber station, the second one was connected to the WAT using a WiFi access point, the third one was located in a remote control centre, and the fourth one was connected in a remote location using a normal Internet connection. Video and voice communications were satisfactorily performed, together with the transfer of data files among the different participants, in order to simulate the use of telemedicine applications. This test was performed in an independent demonstration with respect to the disaster simulation.

Finally, trials of TETRA over DVB-RCS were not performed during the live demonstration but in a laboratory environment in order to check the availability of voice communication services and also the transmission and reception of SMS. Regarding voice communications, the possibility of performing a call between two handhels located in the local TETRA network was successfully tested, as well as the possibility of establishing a communication between a TETRA handheld and any other phone connected to public phone networks (PSTN and PLMN) and also to a cell phone connected to the GSM network.

Regarding the distribution of the different services during the demonstration duration, it must be remarked that LBS services were used during the complete simulation of the disaster event, which lasted 1 h, together with VoIP calls (approximately, 10% of the simulation time) and sending of text messages using the LBS software. Additional demonstrations of the services provided using both configurations were performed apart from the disaster simulation.

4.1. LBS operation

LBS developed in the WISECOM project for the tracking of members of rescue teams on the disaster area and the localization and triage of victims have been also successfully tested over the WiFi over BGAN telecommunication platform set-up for the WISECOM demonstration. The utilization of the provided services led to a reduction of the time needed to provide victims with the proper treatment, thanks to the better and more efficient coordination among the rescue teams. Particularly, the use of the system provided the different control centers with a complete overview of the disaster area, showing in a map the position of the rescue teams and the position and status of the victims, almost in real time (see Figure 10), and thereafter all the gathered information was transmitted to the rescue forces on the field (see Figure 11) in order to coordinate the operation. Moreover, detailed information about the victims was also provided and communication between rescue forces on the field and personnel in the control centre via text messages was successfully performed.

During the performance of a live simulation of an explosion in a construction area, the impact of LBS on the rescue operation could be observed. The evolution of the rescue operation can be observed in Figure 12. This graph shows the amount of victims, which have been found by the rescue forces but have still not been transported to the hospital or relief area, classifying them according to the severity of their injuries. It can be observed that most of the victims were found within the first part of the simulation, while during the rest of the simulation, the already found victims were transported to the relief camps deployed on the field. This evolution corresponds to the normal operation of rescue services, but it should be emphasized that victims presenting critical injuries are transported with a higher priority in comparison with the other types of victims, and that a more efficient allocation of resources could be performed, thanks to the complete view of the operation provided by the system.



Figure 10. LBS software on the control centre.

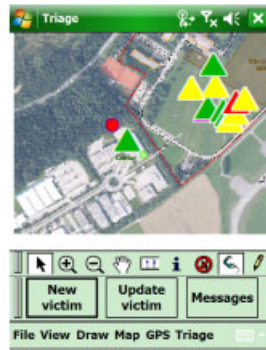


Figure 11. LBS software on the PDA.

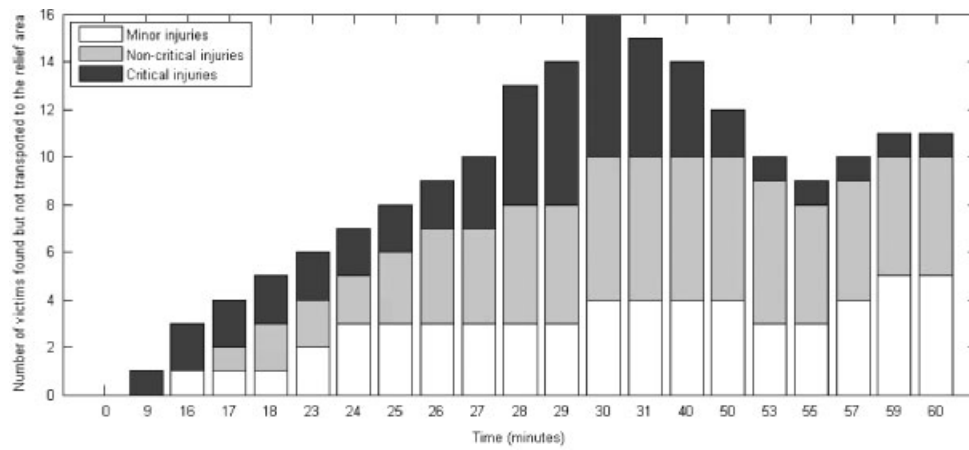


Figure 12. Evolution of the triage process during the live simulation.

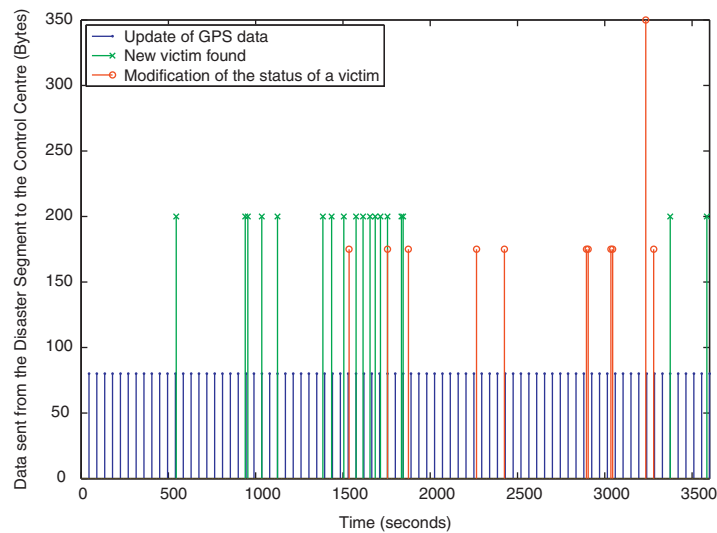


Figure 13. Data sent from the disaster segment to the control centre during the live simulation.

According to the operation of the LBS system explained above, an estimation of the data, which was sent over the satellite link from the WAT deployed on the disaster area to the LBS server, is presented in Figure 13. The different types of data, which have been considered, when

Table I. Characteristics of the data sent from the On-Disaster Site Segment to the LBS server.

Type of data	Average size of the packets (bytes)
Update of the GPS coordinates	80
Creation of the profile of a new victim	200
Update of the status of an existing victim	175

performing the estimation are presented, together with their average packet size, in Table I. It must be remarked that, regarding the update of the location of each PDA, the estimation has been performed considering only the packets sent by a single PDA, but that in the real case each of the PDAs would send periodically its GPS coordinates to the LBS server. In a similar way, response packets sent from the PDAs to the LBS server in order to acknowledge the proper reception of messages have neither been considered. In any case, it can be observed that the amount of data sent over satellite is very small (in the order 1.5 bytes/s per PDA).

Taking into account the results obtained during the WISECOM project, a potential future line of work should be oriented to achieve the integration of evolving wireless access technologies into the WISECOM system, devising at the same time new mechanisms for an optimized management of the satellite resources, and to the harmonization of the provided services with the standard operation of rescue forces and first responders on the field. The latter would result in an improved operation protocol to be carried out by rescue forces, integrating the use of the WISECOM system.

5. CONCLUSIONS

This paper has presented the WISECOM [10] system, which is intended to provide, after a disaster, a complete communication infrastructure integrating several terrestrial mobile radio networks, such as GSM, WiFi, WiMAX and TETRA using Inmarsat BGAN and DVB-RCS as satellite backhauling. The paper has given a detailed description of the system, focused on the services that the system is intended to provide in order to improve the already existing solutions, on the technical architecture of the complete system, and on the structure of the demonstrator developed for testing it. As extracted from the results of the trials, the WISECOM system is able to provide victims and rescue forces with a series of services, such as voice communication, HTTP, FTP, transmission of images and LBS, which result in a reduction of the time needed to offer treatment to the victims and a decrease of the risks taken by the rescue forces. It has also been verified that the provision of these services is performed in a reasonable and efficient way, taking into account the limitations of satellite resources.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was conducted in the framework of the European project WISECOM, which was partially funded by the European Commission under the sixth Framework Program, Contract No. 034673. The authors acknowledge the work of all the team members of the WISECOM project and the respective companies.

REFERENCES

1. Rodriguez J, Vos F, Below R, Guha-Sapir D. *Annual Disaster Statistical Review 2008*, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Brussels, 2009. Available from: http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2008.pdf.
2. UN International Strategy for Disaster Reduction. Available from: <http://www.unisdr.org/> (Date of access: June 2009).
3. ARES (Amateur Radio Emergency Service). Available from: <http://www.arrl.org/FandES/field/pscm/sec1-ch1.html> (Date of access: November 2009).

4. RAYNET (Radio Amateurs' Emergency Network). Available from: <http://www.raynet-uk.net/> (Date of access: November 2009).
5. FNRASEC (Fédération Nationale des RADIOamateurs au service de la SECURITÉ Civile). Available from: <http://www.fnrasec.org/> (Date of access: November 2009).
6. Globalstar. Available from: <http://www.globalstar.com/> (Date of access: June 2009).
7. Iridium. Available from: <http://www.iridium.com/> (Date of access: June 2009).
8. Emergesat, humanitarian crisis management tool. Available from: <http://www.emergesat.org> (Date of access: June 2009).
9. ESA Project TRACKS (Transportable station for Communication network by Satellite). Available from: <http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=11473>. (Date of access: June 2009).
10. WISECOM project. *Contract No. IST-2006-034673*. Available from: <http://www.wisecom-fp6.eu> (Date of access: June 2009).
11. Inmarsat BGAN. Available from: <http://www.inmarsat.com/Services/Land/BGAN/default.aspx> (Date of access: June 2009).
12. ETSI EN 301 790 V1.5.1. *Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems*, May 2009.
13. WISECOM Project Deliverable D1.1-1, Work Package 1.1. *Survey of Use Cases*, August 2007. Available from: http://www.wisecom-fp6.eu/deliverables/D1.1-1_Survey_of_Use_Cases.pdf.
14. WISECOM Project Deliverable D1.2-1, Work Package 1.2. *User and System Requirements for Emergency Telecommunication Services*, January 2007. Available from: http://www.wisecom-fp6.eu/deliverables/D1.2-1_User_and_System_Requirements.pdf.
15. Fazli EH, Tassetto D, Tork H, Laineste J, Werner M. Location based services (LBS) and localization techniques for satellite based emergency communications. *Proceedings of the Wireless Rural and Emergency Communications (WRECOM)*, Rome, October 2007.
16. Rosenberg J et al. RFC 3261. *SIP. Session Initiation Protocol*, June 2002.
17. Asterisk. Available from: <http://www.asterisk.org/about> (Date of access: June 2009).
18. Zorn G. RFC 2759. *Microsoft MS-CHAP-V2*, January 2000.
19. Thrane&Thrane Explorer 500 website. Available from: <http://www.thrane.com/Land%20Mobile/Products/Explorer%20500.aspx> (Date of access: November 2009).
20. WISECOM Project Deliverable D2.3-1, Work Package 2.3. *Regulatory and Licensing Dossier for Emergency Situation Telecom Infrastructures*, January 2007. Available from: http://www.wisecom-fp6.eu/deliverables/D2.3-1_Regulatory_Licensing_Dossier.pdf.

AUTHORS' BIOGRAPHIES



Dr Matteo Berioli received a Laurea degree in Electronic Engineering, and the PhD degree in Information Engineering from the University of Perugia (Italy), both with honors, in 2001 and 2005 respectively. Since 2002 he is with the German Aerospace Center (DLR), where since 2008 he is leading the Networking and Protocols Group of the Digital Networks Dept. in the Institute of Communications and Navigation. His main research activities are in the area of IP-based satellite networks; key research issues include QoS and protocol analysis, cross-layer techniques and packet-layer coding. Since 2006 he also works as an expert for the European Telecommunications Standards Institute (ETSI) in the area of broadband satellite multimedia; he has been the chairman of the satellite working group of the PSCE Forum (Public Safety Communications Europe Forum). Matteo Berioli is author/co-author of around 50 papers that appeared in international journals and conference proceedings. Matteo Berioli was the general project manager of the

WISECOM project, and he has been working in several European (EU and ESA) research projects with leading roles, often coordinating technical activities and satellite system life trials.



Javier Mulero Chaves graduated in Telecommunications Engineering, with honours, from Universidad Politècnica de Catalunya in 2007. Since 2008 he has been with DLR at the Digital Networks Department of the Institute of Communications and Navigation working on different EU and national projects, such as WISECOM and e-Triage. During the WISECOM project, he took part in the implementation of the demonstrator, working on the development of the WAT and the integration of the different terrestrial and satellite networks. His main research activities deal with the integration of terrestrial and satellite networks applied to emergency situation scenarios and disaster relief.



Nicolas Courville received the Engineers degree from the 'Institut National des Télécommunications', Evry, France, in 2000 and the PhD in the field of satellite telecommunications from 'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace', Toulouse, France in 2006. The PhD work was focussed on innovative on-board switching technologies, as well as interferences mitigation and resources allocation mechanisms for next generation multibeam broadband satellite systems. This work was related to the Ultra fast Internet Satellite Switching (ULISS) project from the European Space Agency.

He worked in 'Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt' from 2001 to 2009 as a technical engineer, in the department 'Digital Networks' of the institute of communications and navigation. He took part in the EU 'WirelessCabin' Project, whose aim was to enable wireless communication systems such as GSM and WiFi in aircrafts. He then participated in the WISECOM project and was involved in both management and technical duties. He especially focussed on the development of the WAT interfacing the various wireless local access technologies with the satellite domain and was deeply involved in the preparation of a realistic demonstration.



Philippe Boutry is Senior Manager, Telecommunications Satellites Business Development at EADS Astrium, developing system of systems architectures and coordinating the use of satcoms for security applications. He has over 25 years of professional experience in the space industry. At Astrium since 1991, he held several assignments as project manager in different business units prior to joining the Telecommunications system department in 2001.



Jean-Louis Fondere received his MS degree in Telecommunications Engineering from the University of Nice Sophia-Antipolis in 1991. He is project manager in the Telecommunications Business Unit of Thales Alenia Space in charge of satellite applications for GMES and CMO (Crisis Management Operations). He has participated in several space programs studies for ESA, EC and CNES (RIMS, PACTES, TEASE, IMPAST, ISTOS, WIN, ASTRO+, EMERG-e-SAT). He has over 10 years of experience on architecture and services over satellite for Risk Management and emergency telecommunications. His specialties are IP applications over satellite and emergency telecommunications for disaster recovery.



Dr Ing. Harald Skinnemoen (MSc '85, PhD '94, SM IEEE) is Founder, Chairman and CEO of AnsuR Technologies and Chairman of the DVB TM-RCS workgroup. He is also coordinator of the EU FP6 Project 'Broadband to Rural America over Satellite Integrated Links' (BRASIL).

He was previously chief scientist with Nera SatCom working with aeronautical, mobile and broadband satellite systems, covering technical aspects from physical layers to the system and satellite network architectures for mobile and fixed satellite communications. His background and research interests cover satellite communications, emergency communications systems via satellite, Image Coding and Information Theory for Digital Communications, including combined source-channel coding and cross-layer issues. He has participated in a number of projects for the European Space Agency, the European Commission and Inmarsat. A frequent speaker at international conferences, he has chaired and organized a number of sessions, several conferences and published a number of papers. He has also served as a Specialist Task Force Expert and Leader/Founder of the ETSI BSM WG, and for years as an expert reviewer to the EU Commission.



Hillar Tork received the Master of Applied Science degree in Electrical Engineering from the University of Toronto in 1983. From 1984 until 1997 he was a member of the Communication Satellites Department of ESA/ESTEC in the Netherlands. From August 1997 until June 2001, he was with Telia Research AB in Stockholm, Sweden as manager of satellite communications network research activities. From July 2001, he was with the Advanced Systems group of Montreal-based EMS Satellite Networks. He participated actively in broadband satellite standardization activities with ETSI and DVB-RCS as well as in ESA telecommunications programmes. From 2005 until 2008, he was employed as Director of Research with Reach-U Ltd. in Estonia, a leading European company providing mobile positioning middleware and Location-Based Services (LBS) worldwide. Since 2007, Hillar has been Business Development Director at Modesat Communications, a Tallinn-based startup company developing advanced

modem synchronization techniques for both satellite and terrestrial wireless communications systems.

He has served as an expert evaluator and reviewer for EU 5th, 6th and 7th FP projects in the areas of Mobile and Wireless systems beyond 3G, Satellite Communications and Satellite Navigation and from 2006, he has been an inaugural member of the Estonian Space Policy Working Group.



Markus Werner received the Dipl.-Ing. degree from Darmstadt Technical University, Darmstadt, Germany, in 1991, and the PhD degree from Munich Technical University, Munich, Germany, in 2002, both in Electrical Engineering.

He is with TriaGnoSys GmbH, a satellite and aeronautical communications company, as managing director since 2002. From 1991 to 2005, he was with the Institute of Communications and Navigation of the German Aerospace Center (DLR) as research scientist, project manager and group leader.

His project experience includes several national and ESA studies and various projects in the framework of European ACTS and IST research programs. He has been the national delegate to the COST Actions 227, 252, and 272. In 2004 and 2005, he was project coordinator of the European Network of Excellence in Satellite Communications (SatNEx).

His main R&D activities cover the broad range of modern satellite system design, including technical and business aspects, with some focus on multiservice traffic engineering, capacity dimensioning, and satellite-based systems and solutions for aeronautical, maritime and land-mobile emergency services.

Markus is a Lecturer at the Carl-Cranz-Gesellschaft (CCG), Oberpfaffenhofen, Germany, teaching satellite communications courses for telecommunications professionals.

He is co-author of the textbook *Satellite Systems for Personal and Broadband Communications* (Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2000), Senior Member of IEEE, and a member of AIAA, DGLR and VDE/ITG.



Dr Michael Weinlich president of the European Aero-Medical Institute (www.eurami.org), medical director and CEO of med con team GmbH founded in July 2007, is a general surgeon and a leading emergency physician. In 1998 Michael Weinlich was involved in the air-based first telemedicine project of the university hospital Tuebingen with the DLR in Oberpfaffenhofen. He was former medical director of German Air Rescue and International SOS Germany. He is involved in student teaching programs at the university hospital in Frankfurt/Main (www.notfallmedizin.uni-frankfurt.de). At Swissair he was educated as human factor trainer and is the ATLS (advanced trauma life support) trainer and director of the international training organisation of the American Heart Association, offering BLS (basic life support) and ACLS (advanced cardiac life support) courses in Germany. In his role as medical director and CEO for med con team GmbH he also

plays a leading role in evaluating medical providers around the world for the International Assistance Group (www.netiag.com) where med con team is the responsible medical assistance provider for Germany.

Publikation IV

RESEARCH ARTICLE

Significant acceleration of emergency response using smartphone geolocation data and a worldwide emergency call support system

Michael Weinlich^{1*}, Peter Kurz², Melissa B. Blau³, Felix Walcher¹, Stefan Piatek¹

1 University of Magdeburg, Department of Trauma Surgery, Magdeburg, Germany, **2** Hospital am Steinenberg Reutlingen, teaching facility affiliated with the University of Tübingen, Department of Trauma Surgery, Reutlingen, Germany, **3** University of Tübingen, Medical Center, Tübingen, Germany

* michael.weinlich@med.ovgu.de



Abstract

Importance

When patients are disorientated or experience language barriers, it is impossible to activate the emergency response system. In these cases, the delay for receiving appropriate help can extend to several hours.

Objectives

A worldwide emergency call support system (ECSS), including geolocation of modern smartphones (GPS, WLAN and LBS), was established referring to E911 and eCall systems. The system was tested for relevance in quickly forwarding abroad emergency calls to emergency medical services (EMS).

Design

To verify that geolocation data from smartphones are exact enough to be used for emergency cases, the accuracy of GPS (global positioning system), Wi-Fi (wireless LAN network) and LBS (location based system) was tested in eleven different countries and compared to actual location. The main objective was analyzed by simulation of emergencies in different countries. The time delay in receiving help in unsuccessful emergency call cases by using the worldwide emergency call support system (ECSS) was measured.

Results

GPS is the gold standard to locate patients with an average accuracy of 2.0 ± 3.3 m. Wi-Fi can be used within buildings with an accuracy of 7.0 ± 24.1 m. Using ECSS, the emergency call leads to a successful activation of EMS in 22.8 ± 10.8 min (Median 21 min). The use of a simple app with one button to touch did never cause any delay.

OPEN ACCESS

Citation: Weinlich M, Kurz P, Blau MB, Walcher F, Piatek S (2018) Significant acceleration of emergency response using smartphone geolocation data and a worldwide emergency call support system. PLoS ONE 13(5): e0196336. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196336>

Editor: Yu Ru Kou, National Yang-Ming University, TAIWAN

Received: February 28, 2017

Accepted: April 11, 2018

Published: May 23, 2018

Copyright: © 2018 Weinlich et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Competing interests: Michael Weinlich MD is medical director of med con team Ltd. Melissa Blau MD PhD was employed for research work until 2017 at med con team Ltd. This does not alter our adherence to PLOS ONE policies on sharing data

and materials. All other authors have stated that they have no conflict of interest.

Conclusions and relevance

The worldwide emergency call support system (ECSS) significantly improves the emergency response in cases of disorientated patients or language barriers. Under circumstances without ECSS, help can be delayed by 2 or more hours and might have relevant lifesaving effects. This is the first time that Wi-Fi geolocation could prove to be a useful improvement in emergencies to enhance GPS, especially within or close to buildings.

Introduction

Time is one of the most important factors for the survival of emergency patients.[1–4] Plenty of studies have sufficiently proven that each link of the chain of survival has to be optimized. [5] This study focuses on a relevant problem concerning the activation of the emergency response system on a worldwide basis and a simple solution using international networks and smartphone technology.

All studies regarding activation of emergency response systems start their measurements when the call is received at the alarm center.[6–8] Any time delay between the triggering event and the successful activation of the emergency response system is difficult to measure. Therefore deviations are ignored. The time necessary to make an emergency call is considered to be very short.[9]

Especially when dealing with remote or internationally travelling patients, the time to activate the emergency response system abroad becomes relevant when patients are disorientated or experiencing language barriers. E.g. an American traveling in Shanghai, China, trying to call a Chinese emergency response center will be confronted with the Mandarin language and will have difficulties explaining his correct actual location in a case of an emergency. These cases have never before been scientifically analyzed and could lead to time delays of several hours.

This phenomenon of disorientation in reporting emergencies is a known problem for EMS. Cases with time delays of more than 3 hours were even excluded in relevant trauma studies.[8]

Nowadays mobile networks guarantee availability almost everywhere and provide communication in emergency situations to initiate an emergency call by the patient.[10] The use of "foreign" mobile networks is possible when dialing emergency numbers, like 911 or 112, which allows access to call service without being locked into a specific mobile network.[11]

Even though the call reaches the alarm center, the dispatchers are confronted with the inability of the caller to express the appropriate location. Even with excellent location knowledge of the dispatcher, it might take long to overcome the location unfamiliarity of the caller. As in many places the catchment areas of the alarm centers are becoming larger, resulting in a more and more demanding task.[12]

Several studies reveal communication problems in emergency situations.[13,14] These lead to unclear situations and finally to relevant delays in helping the patients.[15–17]

Since the introduction of smartphones, a wide range of applications have become available to support emergency calls. In 1996 the "Enhanced 911 (E911)" system was started in the United States, providing coordinates of intersections to the alarm center.[18] In Europe the "eCall" system has been initiated to inform alarm centers about car accidents including geolocation information.[19,20] A 4% reduction in mortality was calculated due to reduction of time to inform the alarm center and provision of geolocation data. As the eCall system is just been introduced, prospective studies are still missing.

The goal of the study is to demonstrate that, even if a patient is disoriented or experiences language barriers, it is possible to activate the local EMS within a short time, not exceeding one hour. Using the different tracking options, global positioning system (GPS), wireless LAN (Wi-Fi) (Wi-Fi is a defined subgroup of WLAN) and location based services (LBS) of the patient, the geolocation data should quickly and reliably be forwarded via an international network to the local alarm center in the country of the patient.

The following questions were answered in the study:

Can new technology optimize the time of activation of the emergency response system even in the cases of disorientation and language barriers?

Is the time delay of a worldwide emergency call support system (ECSS) short enough to still be considered helpful for the chain of survival?

Is Wi-Fi an appropriate worldwide enhancement to provide relevant location data when GPS is missing, e.g. within concrete buildings?

Material and methods

Accuracy of GPS, Wi-Fi and LBS

In order to measure the accuracy of GPS, Wi-Fi and LBS, [21] 232 tests in eleven different countries were performed. Volunteers in these countries described their current position and measured their GPS, Wi-Fi and LBS position.

LBS and Wi-Fi geolocation data were determined using the app "Network Info II" (Alexandros Schillings, Maidenhead, UK). For GPS geolocation, the app "GPS-Test" (Chartcross Limited, New Milton, UK) was used [S1 Text](#) and [S1 Protocol](#). The actual position of the volunteer, in relation to surrounding landmarks, was manually determined in Google Maps. The primary outcome of this sub-study was to determine the accuracy and differences of locating with the different geolocation approaches.

Smartphones in use for emergency call simulation

Android or Apple smartphones with Wi-Fi and GPS functionality were used to simulate emergency calls. SMS and e-mail communication were activated. For instant transfer of geolocation data, the SOS-Call.eu app (med con team GmbH, Germany), was deployed by the test persons (volunteers) on their smartphones.

The app has just one red button and in case of an emergency the red button has to be pushed. Instantly the app reads the geolocation data present in the smartphone and immediately sent it in ASCII code both via SMS and e-mail to the German alarm center to be displayed within about 15 seconds on the monitor of the dispatcher. In addition, a call was automatically initiated by the app to connect the volunteer abroad to the German alarm center. The dispatcher was informed about the emergency and verified the received geolocation data with the caller ([Fig 1](#)).

Transfer of emergency calls via international network to local EMS

Once all geolocation data is available and the kind of emergency is known, the dispatcher created a fax, including a relevant extract of the location of the patient out of Google Maps. The fax was forwarded to the local assistance partner in the country of the emergency. A local assistance partner is a company with a call center handling medical cases of insured patients or staff of corporate clients traveling abroad. The partner chose the appropriate EMS alarm center responsible for the emergency and forwarded the fax together with a call in the mother tongue of the country. Every 5 min the local assistance was reminded to provide a final confirmation until evidence was provided that the EMS was activated to help the patient ([Fig 1](#)).

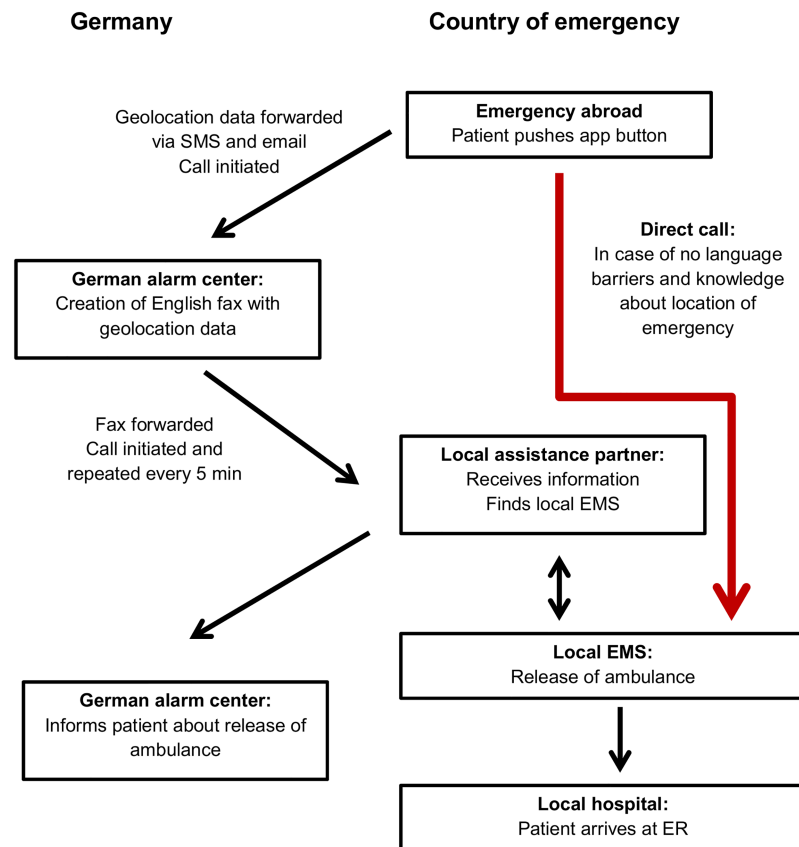


Fig 1. Process description of the emergency call support system (ECSS). In case of disorientation and language barriers, a direct call to the local EMS alarm center (red arrow) is not possible. Therefore the geolocation data have to be forwarded via SMS and e-mail to the German alarm center. A call was initiated to verify the emergency situation and geolocation data. Afterwards, a fax was generated and sent to the local assistance partner in the country of the patient. The local partner forwards the fax in local mother tongue to the local EMS alarm center. Finally, the patient was brought by EMS to the local hospital.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196336.g001>

Simulation of international emergency calls

Since real emergency cases seldom happen in a given population, a simulation scenario was established. Approval was obtained from all involved parties prior to the simulation. The simulation scenario was just known to the test person in a specific country and the head of alarm centers in German and abroad. As the German alarm center was already dispatching real worldwide emergencies using the ECSS, the dispatcher was never aware if a real case or a simulation was present. The abroad local assistance partner's staff was not informed about any simulations.

Adaption of worldwide simulation to minimize harm to real EMS cases

Even in simulation cases, the above described process would automatically activate an ambulance car to drive to the test person's location. A misuse of the EMS system had to be prevented. Therefore, during the research period, the standard process was altered and the local assistance partner was first asked to call the local EMS alarm center to gather the name of the emergency operator, the fax and telephone number. This information was first forwarded back to the German alarm center before an EMS was released.

As the head of operations of the German alarm center was always informed about incoming SMS and e-mails of the emergency calls, it was possible to stop the simulation before EMS was released. After the research period the process was returned to standard protocol.

Reference group of failed emergency calls

To evaluate the effectivity of the support of the emergency call, a control group would be desirable. Unfortunately, cases of failed emergency calls and their delay in rescue time due to disorientation and language barriers are not reported or published as scientific data. Millions of participants over a long period of time would be necessary to obtain sufficient cases for comparison. Therefore, it was not possible to establish a simultaneous reference group to the emergency call support system. As a standard control group for comparison could not be achieved. To show the dimension of the problem, cases from press were randomly selected. All of the cases appearing in press have to be considered outliers.

Cases from press were selected by the following criteria: the person in an emergency situation had to be in a helpless situation and survived. Only cases were collected that were due to disorientation and language barriers (Table 1). The emergencies had to be in an area of high activity of EMS to provide a realistic comparison concerning the chance to be found and short transport times. Therefore only cases in Central Europe were chosen.

As times reported in press sum up the time from the event until arrival in hospital, the average time for EMS to transport of a patient from the scene to hospital had to be subtracted. The average time for EMS to care for the patient and bring them from the scene to the hospital is about 30 min.[22]

Pilot study

To determine the amount of simulation cases needed, n = 10 simulations using the worldwide emergency call support system application software (ECSS) were performed. For power

Table 1. Reference group of failed emergency calls. Emergencies with failed emergency calls due to disorientation and language barriers were collected from press. References of all cases are available.

Case	Year	Age of patient	Time from incident to arrival of help subtracted by average arrival time of EMS	Remarks
1	2012	27	10.5 h	
2	2012	adult	3.5 h	At sea
3	2009	60	1.5 h	Hypothermia
4	2010	24	0.5 h	Hypothermia
5	2008	51	0.5 h	
6	2012	78	5.5 h	Fall down
7	2012	17	0.5 h	
8	2011	78	1.5 h	Car accident
9	2011	56	0.5 h	
10	2012	79	6.5 h	Hypothermia
11	2009	20	2.5 h	Hypothermia
12	2012	48	1.5 h	Bicycle accident
13	2012	45	2.5 h	Car accident
14	2012	29	0.5 h	Bicycle accident
15	2012	70	3.5 h	
16	2011	66	7.5 h	Mountain accident
			Median 2.0 h	

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196336.t001>

calculation of the necessary number of patients in the simulation study, the assumption was made that the expected mean values have to lie within a standard deviation range of 10 min. The resulting sample size was $n = 30$.

Results

Accuracy of geolocation systems in comparison to different countries

In eleven countries on different continents, GPS, LBS and Wi-Fi geolocation data were compared to the real position of the person [S2 Dataset](#). Within the different geolocation measurement systems, no relevant differences between the countries were found. GPS accuracy was below 10 m almost everywhere, Wi-Fi had a similar range, but was not as accurate, with diversions up to 100 m. LBS divergence even exceeded 1 km with a maximum error in distance of up to 2.5 km ([Fig 2](#)).

Average accuracy of GPS, LAN and LBS geolocation

The average worldwide accuracy of GPS is in the same range and at $2\text{ m} \pm 3\text{ m}$, very close to the actual location of the person. Wi-Fi accuracy was $7\text{ m} \pm 24\text{ m}$ on a worldwide basis. LBS average was $214\text{ m} \pm 321\text{ m}$, but very different in each country. The difference between GPS/Wi-Fi ($d_{\text{Cohen}} 0.292$, 95% confidence interval (0.034–0.551)) was not relevant, whereas the difference between LBS and GPS/Wi-Fi ($d_{\text{Cohen}} 0.955$, 95% confidence interval (0.683–1.226; $d_{\text{Cohen}} 0.659$, 95% confidence interval (0.659–1.2)) was relevant.

Reference group of failed emergency calls

The evaluation of the individual cases resulted in a time between accident and finding the injured or diseased persons subtracted by the average arrival time for EMS, with a median of 2.0 h.

Simulation of worldwide emergency calls

In thirty-three cases worldwide emergency calls were simulated [S2 Dataset](#). The mean time to activate the local EMS was $0.38 \pm 0.18\text{ h}$ and the median 0.35 h or 21 min.

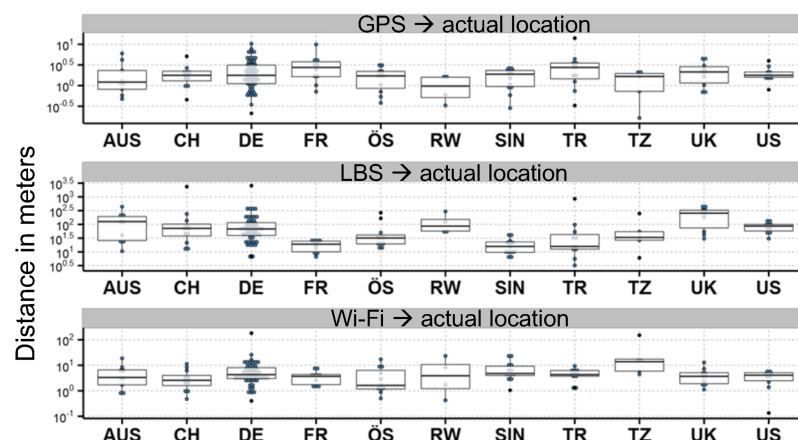


Fig 2. Comparison of accuracy of geolocation data in different countries are similar within the GPS, LBS and Wi-Fi groups) ($n = 232$). As differences between the accuracy of GPS, LBS and Wi-Fi are quite large, different scales had to be used between the 3 plots. No significant differences within one group of geo location systems could be detected between the different countries. AUS Australia, CH Switzerland, DE Germany, FR France, OS Austria, RW Rwanda, SIN Singapore, TR Turkey, TZ Tanzania, UK United Kingdom and US USA.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196336.g002>

The group of failed emergency calls from press reveals a (median of 2.0 h). Even though the difference of 1.65 h or 1 hour 39 min is noted, it is just a descriptive comparison.

Discussion

In Germany, approximately 17 million emergency calls are dispatched each year via the rescue services. In about 10% of the cases, i.e. 1.7 million emergency calls, the callers do not know their position. This phenomenon is not recorded in any statistics, but has always been known to employees of the rescue service. Such cases are for instance excluded in the statistics of the trauma registry.[1]

Missing knowledge of the exact localization leads to considerable time delays until the rescue service finds the patient. The significance of this phenomenon becomes clear when one considers the effects on the survival of patients. For emergency patients, time is a very important survival factor. In polytrauma it could be shown that under certain conditions a delay of 3 min to the final care increases the mortality by 1%.[4] Using this calculation of Clarke et al. mortality might be influenced by 10% for a 30 min delay.[4] Concerning other diseases, such as myocardial infarction or stroke [2], a delay caused for example by long search for the patient, leads to increase in mortality, too.

Calculations are being done on how many people's lives can be saved via the E-Call in cars. [19] An estimate of about 2500 lives per year was mentioned. The annual traffic mortality on Germany's roads was 3475 people in 2015. From a statistical point of view, a person is only for a maximum of 4% of the lifetime inside a car. Thus, an advanced system, like the ECSS, is desirable for the remaining 96% of time with the same intention of rapid delivery of help. Rough calculations reveal a life-saving benefit of ECSS, but further studies with high sample sizes have to follow to provide evidence.

GPS is the gold standard for geolocation. With its accuracy below 10 m it is useful for EMS to quickly find patients.[20] The study showed that today's smartphones with integrated GPS are appropriate and fast enough to provide the necessary information. The main disadvantage of GPS is the necessity of unobstructed line of sight to the satellites. The study revealed that Wi-Fi geolocation can also be used to find patients. Wi-Fi-based geolocation requires an active internet connection, and is done by doing a Wi-Fi scan, noting the BSSIDs (the unique numeric hardware MAC addresses) of the Wi-Fi APs (wireless routers) in range, and sending that list of BSSIDs to a web service that looks up the known geo-coordinates of those APs, and reports back what the geo-coordinates must be, based on what APs the user is closest to. As Wi-Fi routers are usually located within buildings, patients within these buildings and in the vicinity (< 300 m) can be located. Other non-medical studies confirmed that the average distance to the actual location was less than 10 m.[21] As Wi-Fi routers provide the geolocation data without need of a login, all reachable Wi-Fi routers are automatically used to calculate the correct geolocation.

In a worldwide setting, both GPS and Wi-Fi provided sufficient accuracy to be used for EMS to find a patient as fast as possible. This is the first study to use Wi-Fi geolocation system for use in emergencies. As Wi-Fi can be used indoors too, it will be a useful addition to GPS.

LBS is too inaccurate to be used for EMS. It might have an additional impact on verifying validity of GPS and Wi-Fi data.

Grow et al. provided evidence that using the mother tongue is essential in describing an emergency situation and avoiding misunderstandings.[16] Even though this problem was minor in a US based alarm center, the time delay was significant. Not only the difficulty in describing the current location caused misunderstandings, but also the correct recognition by the dispatcher is essential.[23]

Unfortunately, neither a statistically correct control group could be developed, nor had it before been described in detail. The cases from the press at least provide amplitude of the known problem all over the world in a delay between the medical trigger and being able to call help to the appropriate location of the patient. The medium of 2.0 h to receive help due to disorientation or language barrier should better be seen as a range starting from 30 min up to more than 10 h that has influence on the survival of patients.

On a worldwide basis and most significantly in spacious areas,[24] the described emergency call support system (ECSS) will reduce the overall time from onset to final treatment. The average time to activate the emergency response system in case of disorientation or language barrier of 21 min (0.38 h) is longer than a successful communication to the local alarm center. Compared to the times from the scene to the ER that might exceed one hour in several parts of the world, it can be seen as an acceptable time delay.[12,20,24–27]

It is important to mention that the regular emergency call directly to the alarm center is still the shortest and most preferred way of activating the emergency system.[9] The used system has no active tracking, providing full data protection towards the patient. The only parameter that has to be known about the patient is the phone number.

On a worldwide basis, Wi-Fi enhanced GPS is especially suited for appropriate location of the patient in emergencies. Based on our results both systems should be used simultaneously for best geolocation of patients in the future.

Our attempt to optimize an emergency call in a numerically non-negligible population in emergencies (cases of disorientation and language barriers) using ECSS proved to be feasible and provides a significant effect. As these specific situations happen to thousands of patients every year, but are not well recorded, using ECSS will enlighten this area of emergency medicine.

Supporting information

S1 Dataset. Database of simulated cases.

(XLSX)

S2 Dataset. Database of determination of accuracy of GPS, Wi-Fi and LBS.

(XLSX)

S1 Protocol. English protocol to gather data of accuracy of GPS, Wi-Fi and LBS.

(PDF)

S1 Text. English instructions on how to determine accuracy of GPS, Wi-Fi and LBS.

(PDF)

S2 Text. Translated ethics commission statement.

(PDF)

S3 Text. Original German version of ethics commission statement.

(PDF)

Author Contributions

Conceptualization: Michael Weinlich, Peter Kurz, Felix Walcher, Stefan Piatek.

Data curation: Michael Weinlich, Peter Kurz, Melissa B. Blau.

Formal analysis: Michael Weinlich, Peter Kurz.

Investigation: Michael Weinlich, Peter Kurz, Melissa B. Blau.

Methodology: Michael Weinlich, Peter Kurz, Stefan Piatek.

Project administration: Michael Weinlich, Peter Kurz.

Resources: Michael Weinlich.

Supervision: Michael Weinlich, Felix Walcher, Stefan Piatek.

Validation: Michael Weinlich, Peter Kurz, Felix Walcher.

Visualization: Stefan Piatek.

Writing – original draft: Peter Kurz.

Writing – review & editing: Michael Weinlich.

References

1. Sasada M, Williamson K, Gabbott D. The golden hour and pre-hospital trauma care. *Injury* 1995; 26(3):215–216.
2. Chen TT, Ma MH, Chen FJ, Hu FC, Lu YC, Chiang WC, et al. The relationship between survival after out-of-hospital cardiac arrest and process measures for emergency medical service ambulance team performance. *Resuscitation* 2015; 97:55–60. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.04.035> PMID: 26083826
3. Harmsen AM, Giannakopoulos GF, Moerbeek PR, Jansma EP, Bonjer HJ, Bloemers FW. The influence of prehospital time on trauma patients outcome: a systematic review. *Injury* 2015; 46(4):602–609. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.01.008> PMID: 25627482
4. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 2002; 52(3):420–425. PMID: 11901314
5. Hazinski MF, Nolan JP, Aickin R, Bhanji F, Billi JE, Callaway CW, et al. Part 1: Executive Summary: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2015; 132(16 Suppl 1):S2–39. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000270> PMID: 26472854
6. Pell JP, Sirel JM, Marsden AK, Ford I, Cobbe SM. Effect of reducing ambulance response times on deaths from out of hospital cardiac arrest: cohort study. *BMJ* 2001; 322(7299):1385–1358. PMID: 11397740
7. Nordberg P, Hollenberg J, Rosenqvist M, Herlitz J, Jonsson M, Jarnbert-Pettersson H, et al. The implementation of a dual dispatch system in out-of-hospital cardiac arrest is associated with improved short and long term survival. *European heart journal Acute cardiovascular care* 2014; 3(4):293–303. <https://doi.org/10.1177/2048872614532415> PMID: 24739955
8. Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, et al. [Rescue time and survival of severely injured patients in Germany]. *Unfallchirurg* 2013; 116(4):345–350. <https://doi.org/10.1007/s00113-011-2132-5> PMID: 22418825
9. Lefering R, Kleber A, Buschmann C, Bail H, Schaser K, Haas N. Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland. *Der Unfallchirurg* 2012:345–350.
10. Landoni G, Biselli C, Maj G, Zangrillo A. Faster rings in the survival chain: Mobile phones could improve the response to the dedicated emergency call system. *Resuscitation* 2007; 75(3):345–350.
11. Tanaka Y, Nakajima M, Hirano T, Uchino M. Factors influencing pre-hospital delay after ischemic stroke and transient ischemic attack. *Intern Med* 2009; 48(19):1739–1744. PMID: 19797829
12. Takei Y, Inaba H, Yachida T, Enami M, Goto Y, Ohta K. Analysis of reasons for emergency call delays in Japan in relation to location: high incidence of correctable causes and the impact of delays on patient outcomes. *Resuscitation* 2010; 81(11):1492–1498. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.05.022> PMID: 20638770
13. Andersen MS, Johnsen SP, Hansen AE, Skjaereth E, Hansen CM, Sorensen JN, et al. Preventable deaths following emergency medical dispatch—an audit study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2014; 22:74. <https://doi.org/10.1186/s13049-014-0074-y> PMID: 25524363
14. Morimura N, Ishikawa J, Kitsuta Y, Nakamura K, Anze M, Sugiyama M, et al. An analysis of spoken language expression during simulated emergency call triage. *Eur J Emerg Med* 2005; 12(2):72–77. PMID: 15756082

15. Calle P, Vanhaute O, Lagaert L, Houbrechts H, Buylaert W. The 'early access' link in the chain of survival for cardiac arrest victims in Ghent, Belgium. *Eur J Emerg Med* 1994; 1(3):145–148. PMID: [9422158](#)
16. Grow RW, Sztajnkrycer MD, Moore BR. Language barriers as a reported cause of prehospital care delay in Minnesota. *Prehosp Emerg Care* 2008; 12(1):76–79. <https://doi.org/10.1080/10903120701709878> PMID: [18189182](#)
17. Meischke H, Chavez D, Bradley S, Rea T, Eisenberg M. Emergency communications with limited-English-proficiency populations. *Prehosp Emerg Care* 2010; 14(2):265–271. <https://doi.org/10.3109/10903120903524948> PMID: [20095823](#)
18. Jones RR, DellaValle CT, Flory AR, Nordan A, Hoppin JA, Hofmann JN, et al. Accuracy of residential geocoding in the Agricultural Health Study. *Int J Health Geogr* 2014; 13:37. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-13-37> PMID: [25292160](#)
19. Henriksson E, Oström M, Eriksson A. Preventability of vehicle-related fatalities. *Accid Anal Prev*. 2001; 33(4):467–475. PMID: [11426677](#)
20. Gonzalez RP, Cummings GR, Harlan SM, Mulekar MS, Rodning CB. EMS relocation in a rural area using a geographic information system can improve response time to motor vehicle crashes. *J Trauma* 2011; 71(4):1023–1026. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318230f6f0> PMID: [21986742](#)
21. Zandbergen PA. Accuracy of iPhone Locations: A Comparison of Assisted GPS, WiFi and Cellular Positioning. *Transactions in GIS* 2009; 13:5–26.
22. Gries A, Lenz W, Stahl P, Spiess R, Luiz T. [On-scene times for helicopter services. Influence of central dispatch center strategy]. *Anaesthesist* 2014; 63(7):555–562. <https://doi.org/10.1007/s00101-014-2340-9> PMID: [24962365](#)
23. Karlsten R, Elowsson P. Who calls for the ambulance: implications for decision support. A descriptive study from a Swedish dispatch centre. *Eur J Emerg Med* 2004; 11(3):125–129. PMID: [15167169](#)
24. Paravar M, Hosseinpour M, Mohammadzadeh M, Mirzadeh AS. Prehospital Care and In-hospital Mortality of Trauma Patients in Iran. *Prehospital and disaster medicine* 2014; 29(5): 473–477. <https://doi.org/10.1017/S1049023X14000879> PMID: [25196346](#)
25. Lam SS, Nguyen FN, Ng YY, Lee VP, Wong TH, Fook-Chong SM, et al. Factors affecting the ambulance response times of trauma incidents in Singapore. *Accident; analysis and prevention* 2015; 82:27–35. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.05.007> PMID: [26026970](#)
26. Shah CH, Ismail IM, Mohsin SS. Ambulance response time and emergency medical dispatcher program: a study in Kelantan, Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2008; 39(6):1150–1154. PMID: [19062707](#)
27. Zhang JJ, Wang LD, Li H, Zhao YC. Response time of the Beijing 120 emergency medical service. *Emergency medicine journal* 2010; 27(10):784–785. <https://doi.org/10.1136/emj.2009.086561> PMID: [20679424](#)

Publikation V

► Telemedical assistance for in-flight emergencies on intercontinental commercial aircraft

Michael Weinlich*, Nadine Nieuwkamp*, Uwe Stueben†, Ingo Marzi* and Felix Walcher*

*Department of Trauma Surgery, Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt/Main; †Medical Department, Lufthansa German Airlines, Frankfurt/Main, Germany

Summary

We have conducted a three-year prospective study of medical incidents on a commercial airline. A telemedicine service was available via an on-board satellite phone. During the study period there were 3364 medical incidents. The most common incident was collapse ($n = 2310$, 57%). Telemedicine was used in 323 of the cases (9%). Neurological patients, mostly stroke and seizures, excluding psychiatric diseases, were seen in 27% of the telemedicine cases ($n = 83$). Most of the cases involved middle-aged people, not the elderly. The group of patients that needed diversion ($n = 27$) was compared to the cases staying on board ($n = 275$). None of the patients in the non-diversion group deteriorated. All unstable patients forced a diversion. Doctors on board used the service in more severe cases, whereas laymen used the service in less severe cases. The results of the present study demonstrate the advantage of using simple teleconsultation in cases of medical emergency on board an aircraft.

Introduction

Even though telemedical assistance for in-flight emergencies began more than a decade ago,¹⁻³ there is little evidence for its effectiveness.² With the introduction of new wide-body aircraft like the A380, information about the effective treatment of patients on board an aircraft becomes even more important. These new aircraft will use new routes across the polar cap which may limit the possibility of diversion.

Because far more elderly people are expected to fly in the future, it is expected that more of the ageing population with diseases will be seen on aircraft.^{4,5} Therefore a high percentage of diversions are expected to be caused by this group. Will this necessitate further improvement of the medical care available on board?

Risk assessment on board an aircraft and the final decision about diversion is the sole responsibility of the pilot in command. Therefore, any medical advice provided via telemedicine has to be precise, reliable and understandable. But how good is the risk assessment made by a doctor on the ground via telemedicine? Do cabin crew and doctors on board benefit from such advice?

Some intercontinental flights can last for more than 12 hours. Some of the routes cross very remote areas, like the

North Atlantic route, the route via Siberia or across central Africa. We need to know which patients require a diversion and which ones will remain stable for the rest of the flight and can therefore remain on board.⁶

We have conducted a prospective study of medical incidents on a commercial airline.

Telemedicine in Lufthansa

Each Lufthansa German Airlines aircraft on an intercontinental route can be connected by satellite phone to an alarm centre in Frankfurt. The aircraft crew will inform any first responder on board about the availability of the emergency hotline. The nearest available phone with satellite connection in the galley or cockpit can be used by the first responder, a crew member or the pilots. On the ground, an on-duty emergency physician with experience in air rescue starts with a verbal primary survey and advice on initial treatment.⁷

To review the further development of the condition of the patient, a second call is scheduled after 15 minutes if the first call does not resolve the problem. A standardized consultation report sheet which includes an assessment according to the ABCD principles (Airway, Breathing, Circulation, Defibrillator or Drugs)⁸ is used. The in-flight medical equipment consists of a doctor's kit and further kits for the cabin crew with drugs and equipment for laymen.^{9,10} The cabin crew is trained according to the

Accepted 31 July 2009

Correspondence: Dr Michael Weinlich, Hopfenweg 9, D – 72072 Tübingen, Germany (Fax: +49 7121 433 6619; Email: michael.weinlich@t-online.de)

Joint Aviation Authorities (JAA) regulations. Anybody helping a patient is fully insured against gross negligent conduct.³

Methods

We reviewed the Lufthansa medical incident data for the period 1 February 2003 until 31 January 2006. The flight and cabin crew documented all medical incidents via flight reports that were forwarded to the medical department of Lufthansa. Ethics permission for the study was not required.

In cases where there was a single contact only, the patients were omitted from the analysis of outcomes, because there was no information about outcome. Where there were two or more contacts, the status of the patient was categorized as 'worse', 'same' or 'better'. 'Worse' indicated that stabilization of the patient was not successful. 'Better' indicated a significant improvement. 'Same' indicated no change in the NACA (National Advisory Committee of Aeronautics) scale.^{11,12} The NACA score is:

- (1) Minor injury or minor medical condition;
- (2) Ambulatory treatment required;
- (3) Hospitalization necessary;
- (4) Condition that is possibly life-threatening;
- (5) Life-threatening condition;
- (6) Condition after successful cardiopulmonary resuscitation;
- (7) Death at scene.

An independent emergency physician validated the NACA scoring within a week of the incident. For most of the case analysis, except for diversion analysis, the following events were omitted: all calls with NACA 1 status; all resuscitations (NACA 6), because they always result in a diversion; deceased patients (NACA 7).

Further verification of the presumed diagnosis and the progression of the case would be desirable. It is almost impossible to obtain further outcome information after landing because the diverting airport manages the transportation of the patient and the hospital is not bound to inform the physician in charge of the telemedical advice. In addition, legal restrictions and data protection concerning the patient prevent follow-up. Previous similar studies have verified that the predicted diagnosis of the telemedicine consultation is seldom different from the final diagnosis.¹³ We therefore assumed that there would be few errors due to the lack of a follow-up diagnosis.

For statistical analysis, the normality of the distribution was first tested using the Shapiro-Wilk test. A non-parametric Wilcoxon rank sum test, a Kruskal-Wallis analysis of variance or a chi-square test was used as appropriate. Statistical calculations were performed using a standard package (JUMP SAS version 4.0.4).

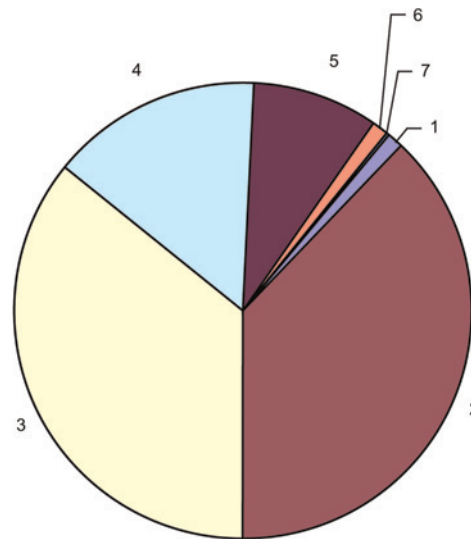


Figure 1 Distribution of the severity of the illness during flight, NACA scores 1–7 (n = 323)

Results

During the study period there were 3364 medical incidents and telemedicine was used in 323 cases (9%). Most of the telemedicine cases (74%) were NACA score 2 or 3 (see Figure 1). With exclusions, 309 cases were valid (see Table 1). The reasons for teleconsultation are shown in Table 2. Most of the cases were minor incidents, like collapse, which resolve in a short time by themselves.

NACA severity scores

There was a significant increase in the number of telemedicine contacts ($P < 0.001$) with increasing severity of the NACA scale (see Figure 2). Overall, in 62% of the cases

Table 1 Total medical incidents reported by Lufthansa German Airlines and the cases in which teleconsultation was used during the three-year study period. Note that myocardial infarction was often a reason for teleconsultation. The determination of the incident type (like collapse) is standard in the flight reports of the cabin crew, who have no medical education other than basic life support

	Medical incidents		Teleconsultation	
	Number	Percent	Number	Percent
Intercontinental flight	3364	100	309	100
Doctor on board	2863	85	165	53
Diversion	94	3	29	9
<i>Type of incident</i>				
Collapse	2310	57	28	9
Gastroenteritis	340	8	51	17
Psychiatric problem	166	4	9	3
Pain	142	4	26	8
Epilepsy	95	2	13	4
Diabetes	90	2	8	3
Trauma	86	2	8	3
Fever	79	2	23	7
Intoxication	15	0.4	13	4
Myocardial infarction	10	0.2	16	5

Table 2 Diseases seen in 309 cases with teleconsultation. Note that infection includes fever above 38°C. Intoxication can be due to alcohol or drugs

Condition	Number of cases
Gastroenteritis	51
General	41
Cardiovascular	29
Collapse	28
Pain	26
Infection	23
Myocardial infarction	16
Intoxication	13
Epilepsy	13
Angina pectoris	11
Respiratory	10
Psychiatric	9
Trauma	8
Diabetes	8
Stroke	7
Gynaecological	7
Deep vein thrombosis	5
Cerebral bleeding	2
SARS (severe acute respiratory syndrome)	1
Orthopaedic	1

($n = 309$) one contact was sufficient to resolve the problem or to obtain an adequate decision. In 26%, two contacts were necessary, in 7% 3 contacts, in 1% 4, in 2% 5 and finally in 1% 6 contacts were observed.

In terms of the case development, none of the cases with a NACA 2 score became worse during the flight. In about 80% of the cases of NACA 3 or 4 the situation improved during the further development. At NACA 5 about 20% of cases improved, but 45% deteriorated during the further development. This difference in NACA 5 cases was significant when comparing medians ($P < 0.0001$, $n = 128$).

The patient group that improved during the teleconsultation (NACA status 'better') had a NACA score of 3.2 (SD 0.8). This was a lower value than in the unresponsive group (NACA status 'same') with a NACA score

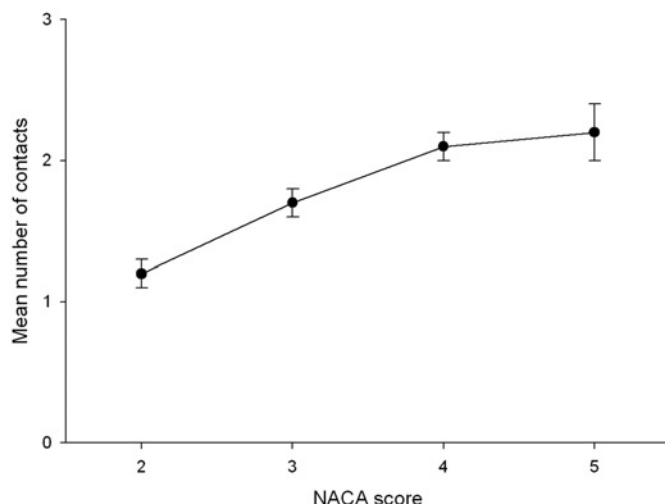


Figure 2 Relation between the number of contacts and the severity of the NACA scale ($P < 0.001$). The confidence interval is the SD

of 3.7 (SD 1.0). A significantly higher NACA score of 4.7 (SD 0.7) was detected in the patient group that was worse at the end of the consultation ($P < 0.001$, $n = 128$).

Patient ages

The average age of patients with chest pain was 58 years (SD 14), whereas the mean of the patients without chest pain was 42 years (SD 20). This difference was significant ($P < 0.001$, $n = 208$). The age of patients causing a diversion was slightly higher than the average, but not significant. The female patients were significantly younger than the male patients with mean ages of 37 years (SD 21) and 48 years (SD 20), respectively ($P < 0.001$, $n = 218$). The youngest patient was less than a year old and the oldest patient was 91 years old. The highest incidences of a medical problem occurred from 50 to 55 years (Figure 3).

Neurological patients, mostly stroke and seizures, excluding psychiatric diseases, were seen in 27% of the telemedicine cases ($n = 83$). Seven of these patients were involved in a diversion (8%). This was 24% of all of the diversions in the telemedicine group. All these patients presented neurological causes for diversion, 56% of them suffering either from stroke or epilepsy.

9% of the patients were younger than 18 years. In these paediatric emergencies the mean age was 7.3 years and the median age was 5 years. The major reasons for a call were infection (28%), gastroenteritis (21%) and respiratory problems (4%). Epilepsy occurred in 7%.

In the telemedicine group, a doctor was present on board in 53% of cases, compared to 85% in the medical incidents generally. There was no significant difference in the development of the severity of the patient's condition between the group with doctors on board ($n = 165$) and the group without doctors on board ($n = 137$). The doctors needed an average of 1.7 contacts (SD 1.0) in contrast to the non-doctor-group of 1.5 (SD 1.0) contacts per case ($P < 0.05$, $n = 302$). There was a significant difference

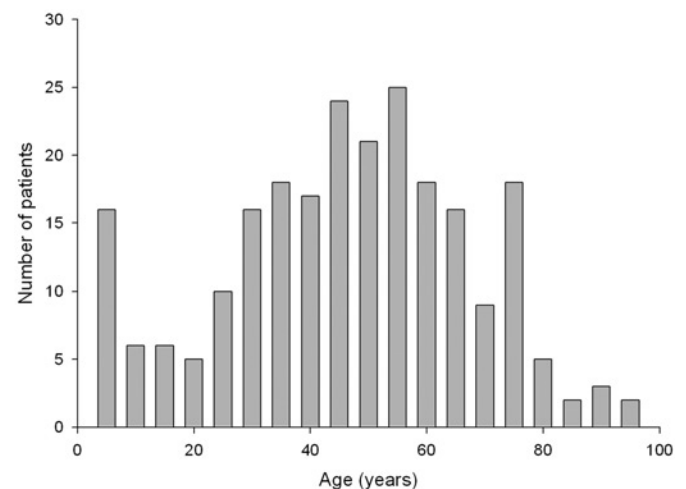


Figure 3 Age distribution of the patients in the teleconsultation group (mean 42 years, $n = 237$). The distribution is similar to the age distribution of passengers on intercontinental flights generally, except for the high number of children below the age of five years

between the two groups concerning the NACA scale of the patients: the average where there was a doctor on board was 3.3 (SD 0.9), whereas the mean NACA scale without a doctor on board was 2.5 (SD 0.8), ($P < 0.001$, $n = 301$).

Diversions

The group of patients that needed diversion ($n = 27$) was compared to the cases staying on board ($n = 275$). None of the patients in the non-diversion group deteriorated. In the diversion group 53% of the patients became worse during the consultation, 41% stayed at the same level and 6% (1 patient) improved. The mean number of contacts in cases of diversion was 2.1 consultations (SD 0.9), which was significantly higher than the mean of 1.5 consultations (SD 1.4) in the reference group, ($P < 0.05$, $n = 309$).

In the group of patients with medical conditions from the Lufthansa statistics an average of 3% of the cases needed to divert. This is similar to the rate of 3% of diversions in the group of teleconsultations without a doctor on board (all diversions with teleconsultation are 9.4% in Table 1). When a doctor was on board, 16% of the patients prompted a diversion. This is about five times as many diversions as in the group without doctors on board ($P < 0.001$, $n = 302$).

Telemedical assistance was provided in 9.2% of the emergencies on intercontinental flights. In three years, the overall number of diversions was 93 on the Lufthansa fleet, of which 29 involved telemedical consultation. Therefore, in 31% of the diversion cases telemedical assistance was used.

In 30% of the cases myocardial infarction was the major reason for diversion, followed by cardiovascular problems in 14%, and epilepsy, general disorders or stroke in 7% each (Table 3). In the diversion group, 30% of the patients were female. In 85% of all diversion cases a doctor was present. In diverting patients the age distribution revealed a median and mean of 50 years. The youngest patient was 28 and the oldest patient 86 years.

Table 3 Reasons for diversions. Note the high percentage of cardiovascular origin diseases (myocardial infarction, cardiovascular and angina pectoris together 48%)

Reason	Number	Percentage
Myocardial infarction	9	31
Cardiovascular	4	14
Epilepsy	2	7
General	2	7
Stroke	2	7
Angina pectoris	1	3
Cerebral bleeding	1	3
Collapse	1	3
Diabetes	1	3
Deep vein thrombosis	1	3
Gastroenteritis	1	3
Gynaecological	1	3
Infection	1	3
Pain	1	3
Psychiatric	1	3
Total	29	100

Discussion

The results of the present study have to take into account the influence on the passenger of two physical laws. According to Dalton’s gas law, the oxygen partial pressure will drop in proportion to the pressure on board. For ailing patients, the first symptoms might therefore arise during a flight when cabin pressure is reduced.^{14,15} The Boyle Mariotte law expresses the increase of volume of gaseous cavities due to loss of pressure.^{6,16,17}

Comparing the severity and character of diseases in this study with other similar studies showed no major discrepancy.^{5,6,13,18–22} In comparison with an Air France study,¹⁹ with 380 cases in a time period of 11 years, telemedicine support in the present study was used more frequently.

Patients with minor symptoms (NACA 2) never deteriorated during the flight. On the other hand, all patients with severe symptoms did show these symptoms from the beginning. Therefore, patients with severe diseases usually reveal obvious symptoms at the onset of the consultation that are indicative of the further development.

It is predicted that elderly passengers cause the majority of medical incidents.^{4,5} In the present study patients above 65 years of age showed no clear increase in medical problems on board (Figure 4). We assume that elderly patients are usually under the control of a physician who provides fit-to-fly recommendations.²³

Second to cardiovascular diseases, diseases with neurological symptoms were present in 1 in 4 of the cases and also in 1 in 4 of the diversions. This is quite similar to other studies.¹⁸ The recommendation of the previous study was to add antiepileptic drugs to the doctor kit and to further improve the cabin crew training to reduce the number of diversions for this group of patients. Despite having antiepileptic drugs available as well as teleconsultation, the number of diversions was not

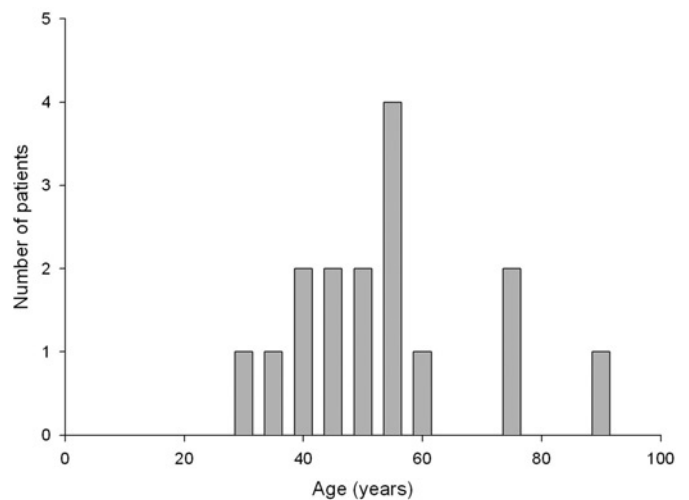


Figure 4 Age distribution of the patients involved in a diversion (mean 50 years, $n = 16$). Most of the cases occurred among the middle-aged. There were no children

significantly lower. Therefore, we conclude that despite the availability of antiepileptic drugs, no change in the overall rate of diversions occurred.

Further improvement of telemedical transmission to include an ECG, oxygen saturation or even real-time video might improve the reliability of the advice given by the consulted physician. However, in most cases the decisions made by the consulting doctor would not be changed by additional information. Adequate management of cases on board is still an important factor in the outcome.²⁴

A study at the Los Angeles International Airport in 1985–86 revealed that only 8% of passengers with symptoms received the assistance of a physician.²⁵ Other studies before 2000 reported about 45%.¹⁹ Nowadays more than 80% of doctors are willing to help¹⁷ as also observed in the present study. Legal issues have now been clarified for the sake of the patient.³

The analysis of the medical progress during the flight showed that the predictions of the further course of the patient's disease were generally appropriate. All patients whose condition deteriorated during the period of advice left the aircraft. Therefore, the primary aim of the telemedical service to reduce the medical risk on board the airplane was fulfilled. In addition, telemedical assistance was able to predict that patients in a life-threatening condition (NACA 4 or 5) were able to continue the flight in areas of inadequate medical facilities (North Atlantic route, Siberia or Central Africa).

The cabin crew used the telemedical service in about 10% of the emergencies on intercontinental flights. The service was used less often by doctors on board, as they were able to decide on diagnosis and treatment themselves. In serious cases, especially when the question of diversion was raised, doctors on board called the telemedical service five times more often. Expert advice from the ground will provide a better basis on the difficult decision of diversion.⁶ The repeated use of the telemedical service in difficult cases by doctors on board can be interpreted as a sign of acceptance and added value.

In those patients that continued the flight, no aggravation of the illness occurred. All unstable patients forced a diversion. These findings clearly indicate that the correct patients with severe conditions had been chosen to leave the aircraft. The average cost of a diversion has been estimated to be US\$ 30,000.¹⁸ For intercontinental flights, Lufthansa German airlines has estimated the cost as US\$ 70,000–230,000 per diversion, which is about twice as high as previous calculations.⁶ In the present study, in about five cases per year the pilot was calling with a clear decision to divert. However, after telemedical advice and revised risk assessment, the pilot continued the flight. This is indirect proof that telemedicine reduced the number of diversions.

In conclusion, the results of the present study provide evidence for an advantage in using teleconsultation in cases of medical emergency on board an aircraft. Because the final

outcome of the patient could not be investigated, the results of the study were limited to the development of the patient's condition on board. Additional telemetry data from the patient appeared unlikely to influence the decision-making.

References

- 1 Rayman RB, Zanick D, Korsgard T. Resources for inflight medical care. *Aviat Space Environ Med* 2004;**75**:278–80
- 2 Ferrer-Roca O, Diaz De Leon RD, de Latorre FJ, Suarez-Delgado M, Di Persia L, Cordo M. Aviation medicine: challenges for telemedicine. *J Telemed Telecare* 2002;**8**:1–4
- 3 Newson-Smith MS. Passenger doctors in civil airliners – obligations, duties and standards of care. *Aviat Space Environ Med* 1997;**68**:1134–8
- 4 Delaune EF, Lucas RH, Illig P. In-flight medical events and aircraft diversions: one airline's experience. *Aviat Space Environ Med* 2003;**74**:62–8
- 5 Goodwin T. In-flight medical emergencies: an overview. *BMJ* 2000;**321**:1338–41
- 6 Gendreau MA, DeJohn C. Responding to medical events during commercial airline flights. *N Engl J Med* 2002;**346**:1067–73
- 7 O'Rourke MF, Donaldson E, Geddes JS. An airline cardiac arrest program. *Circulation* 1997;**96**:2849–53
- 8 International Liaison Committee on Resuscitation. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 6: Paediatric basic and advanced life support. *Resuscitation* 2005;**67**:271–91
- 9 Kaul G. [First aid on board passenger airplanes. What is available?]. *MMW Fortschr Med* 2001;**143**:31–3 [German]
- 10 Siedenburg J. [Emergencies in long distance flights] *Internist (Berl)* 2002;**43**:1518–9, 1522–8 [German]
- 11 Veldman A, Fischer D, Brand J, Racky S, Klug P, Diefenbach M. Proposal for a new scoring system in international interhospital air transport. *J Travel Med* 2001;**8**:154–7
- 12 Weiss M, Bernoulli L, Zollinger A. [The NACA scale. Construct and predictive validity of the NACA scale for prehospital severity rating in trauma patients]. *Anaesthesist* 2001;**50**:150–4
- 13 DeJohn CA, Wolbrink AM, Veronneau SJ, Larcher JG, Smith DW, Garrett JS. An evaluation of in-flight medical care in the U.S. *Aviat Space Environ Med* 2002;**73**:580–6
- 14 Seccombe LM, Kelly PT, Wong CK, Rogers PG, Lim S, Peters MJ. Effect of simulated commercial flight on oxygenation in patients with interstitial lung disease and chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2004;**59**:966–70
- 15 Muhm JM. Predicted arterial oxygenation at commercial aircraft cabin altitudes. *Aviat Space Environ Med* 2004;**75**:905–12
- 16 Toff WD, Jones CI, Ford I, et al. Effect of hypobaric hypoxia, simulating conditions during long-haul air travel, on coagulation, fibrinolysis, platelet function, and endothelial activation. *JAMA* 2006;**295**:2251–61
- 17 DeHart RL. Health issues of air travel. *Annu Rev Public Health* 2003;**24**:133–51
- 18 Sirven JJ, Claypool DW, Sahs KL, et al. Is there a neurologist on this flight? *Neurology* 2002;**58**:1739–44
- 19 Szmajer M, Rodriguez P, Sauval P, Charetteur MP, Derossi A, Carli P. Medical assistance during commercial airline flights: analysis of 11 years experience of the Paris Emergency Medical Service (SAMU) between 1989 and 1999. *Resuscitation* 2001;**50**:147–51
- 20 Cummins RO, Schubach JA. Frequency and types of medical emergencies among commercial air travelers. *JAMA* 1989;**261**:1295–9
- 21 Mohler SR, Nicogossian A, Margulies RA. Emergency medicine and the airline passenger. *Aviat Space Environ Med* 1980;**51**:918–22
- 22 Jessen K. [In-flight emergencies] *Ugeskr Laeger* 2005;**167**:3974–6 [Danish]
- 23 Johnston R. Clinical aviation medicine: safe travel by air. *Clin Med* 2001;**1**:385–8
- 24 Wallace TW, Wong T, O'Bichere A, Ellis BW. Managing in flight emergencies. *BMJ* 1995;**311**:374–6
- 25 Speizer C, Rennie CJ, Breton H. Prevalence of in-flight medical emergencies on commercial airlines. *Ann Emerg Med* 1989;**18**:26–9

Publikation VI

M. Rall¹ · B. Schaedle¹ · J. Zieger¹ · W. Naef² · M. Weinlich³

¹Tübinger Patienten-Sicherheits- und Simulationszentrum (TüPASS), Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin (Dir. Prof. Dr. K. Unertl), Universitätsklinikum Tübingen

²gemako (Gesellschaft für Management und Kommunikationsprozesse GmbH), Ennetbürger, Schweiz

³DRF Deutsche Rettungsflugwacht e.V., Filderstadt

Neue Trainingsformen und Erhöhung der Patientensicherheit

Sicherheitskultur und integrierte Konzepte

Zusammenfassung

Einführung. Die Patientensicherheit wird durch die Handlungssicherheit des medizinischen Teams bestimmt. Fehler in der Medizin gehören zu den 10 häufigsten Todesursachen von stationär aufgenommenen Patienten. Diese Zahlen lassen einen dringenden Handlungsbedarf erkennen. Hintergründe, geeignete Methoden und neue Trainingsformen sollen vorgestellt werden.

Methodik. Konzepte aus dem Bereich der Sicherheitsforschung sollen für die Bedingungen der akuten Versorgung von Notfallpatienten dargestellt werden. Bewährte Strategien aus realistischen Patienten-Simulator-Trainingssessions und innovative Trainingskonzepte werden bewertet.

Ergebnisse. Die Ursachen für die hohen Fehlerzahlen liegen weniger in Defiziten in der rein fachlichen Qualifikation begründet als vielmehr in den sog. „human factors“ einschließlich der organisationalen Rahmenbedingungen. Als ersten Schritt zu einer höheren Patientensicherheit gilt es, dies zu akzeptieren. Mit Fehlern muss immer gerechnet werden. Ein zweiter Schritt wäre, den Fehler von „der Schuld“ zu trennen („culture of blame“), um damit den Weg zu einer wirklichen Analyse von Zwischenfällen und zu aussagekräftigen „Incident-reporting“-Systemen zu ebnet. Die Konzepte die sich in der Luftfahrt bewährt haben, wie die des „crew resource managements (CRM)“, wurden erfolgreich auf die Medizin übertragen

gen und stehen zur Verfügung. Diese Konzepte erfordern sowohl theoretische Schulung als auch praktische Übung. Sehr innovativ und effektiv erscheinen Trainings im Team an realistischen Patientensimulatoren mit Videoaufzeichnungen (zur Selbstreflexion) und interaktiven Nachbesprechungen (Debriefing) zu sein.

Schlussfolgerungen. Nachdem der Handlungsbedarf zur Fehlervermeidung sehr hoch ist und sowohl die Ursachen als auch die Methoden und deren Trainingsformen weitgehend bekannt sind, ist jetzt die konsequente und flächendeckende Umsetzung der neuen Trainingsformen zu fordern. Irrer ist menschlich – nichts dagegen zu unternehmen, nicht.

Schlüsselwörter

Patientensicherheit · Simulatoren · Training · Sicherheitskultur · Zwischenfallsmanagement

Die Patientensicherheit ist das erste und höchste Ziel jeglichen ärztlichen Bemühens (Hippokrates: „*Primum nihil nocere*“ – *Das Wichtigste ist, schade nicht!*). Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass dieses Bemühen in der Wirkung leider oft vergeblich ist [35]. Aktive und passive Fehler haben einen be-

deutenden Anteil an der Morbidität und Mortalität von Patienten. Dass dabei das Wort „Fehler“ nicht mit „Schuld“ gleichgesetzt werden darf, soll hier erwähnt und später erklärt werden. Möchte man die Patientensicherheit nachhaltig verbessern, muss man sich zuerst intensiv mit der Entstehung und der Charakteristik von Fehlern beschäftigen. Möchte man wissen, wie Fehler zu verhindern sind, muss man zunächst das System analysieren, in dem sie stattfinden [39, 41, 45].

Das „System“, in dem die Behandlung von Notfallpatienten stattfindet, zeichnet sich durch bestimmte Charakteristika aus, welche erlauben es als „komplexes System“ zu definieren:

Die notfallmedizinische Behandlung ist:

- Ereignisabhängig und dynamisch: Der Zustand des Patienten kann sich jederzeit ändern, ein gerade noch stabiler Patient, kann wenig später akut entgleisen. Behandlungspriori-

© Springer-Verlag 2002

Marcus Rall

Tübinger Patienten-Sicherheits- und Simulationszentrum (TüPASS), Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Tübingen, Hoppe-Seyler-Str.3, 72076 Tübingen, E-Mail: Marcus.Rall@med.uni-tuebingen.de

M. Rall · B. Schaedle · J. Zieger · W. Naef
M. Weinlich

Innovative training for enhancing patient safety. Safety culture and integrated concepts

Abstract

Introduction. Patient safety is determined by the performance safety of the medical team. Errors in medicine are amongst the leading causes of death of hospitalized patients. These numbers call for action. Backgrounds, methods and new forms of training are introduced in this article.

Method. Concepts from safety research are transformed to the field of emergency medical treatment. Strategies from realistic patient simulator training sessions and innovative training concepts are discussed.

Results. The reasons for the high numbers of errors in medicine are not due to a lack of medical knowledge, but due to human factors and organisational circumstances. A first step towards an improved patient safety is to accept this. We always need to be prepared that errors will occur. A next step would be to separate "error" from guilt (culture of blame) allowing for a real analysis of accidents and establishment of meaningful incident reporting systems. Concepts with a good success record from aviation like "crew resource management" (CRM) training have been adapted to my medicine and are ready to use. These concepts require theoretical education as well as practical training. Innovative team training sessions using realistic patient simulator systems with video taping (for self reflexion) and interactive debriefing following the sessions are very promising.

Conclusion. As the need to reduce error rates in medicine is very high and the reasons, methods and training concepts are known, we are urged to implement these new training concepts widely and consequently. To err is human – not to counteract it is not.

Keywords

Patient safety · Simulators · Training · Safety culture · Crisis management

Kongressheft: Präklinische Unfallchirurgie

täten können sich schnell ändern. Die Gründe für die Veränderungen liegen oft außerhalb der direkten Kontrolle des Behandelnden.

- ▶ **Komplex:**
Viele Dinge laufen zur gleichen Zeit an unterschiedlichen Orten ab. Die Messparameter sind eingeschränkt. Patienten selbst sind komplexe Systeme, die wir nur annähernd verstehen, da sie „weder von Menschen konstruiert, gebaut oder getestet, noch mit einem Bedienerhandbuch ausgeliefert werden“ [21, 22].
- ▶ **Eng gekoppelt:**
Die Körperfunktionen sind besonders in Notfallsituationen eng an Geräte gekoppelt und Schutzmechanismen sind zum Teil außer Kraft gesetzt. Veränderungen in einem Teilbereich wirken sich direkt auch auf andere Bereiche aus.
- ▶ **Stark von externen Faktoren abhängig:**
Der Notarzt ist auf eine Vielzahl von Faktoren angewiesen, die er nicht beeinflussen kann, wie die Diagnose und den natürlichen Verlauf einer Erkrankung oder Verletzung, Geräte und deren Wartung, Laborergebnisse, andere Personen etc.
- ▶ **Unsicher:**
Die individuelle Reaktion des Patienten auf getroffene Maßnahmen kann nicht genau vorhergesagt werden. Wie stark der Blutdruck nach einer bestimmten Menge eines Einleitungshypnotikums abfallen wird, kann niemand genau abschätzen. Muskelrelaxanzien beispielsweise haben eine Wirkdauer von $\pm 300\%$ der angegebenen Mittelwerte. Piloten beispielsweise würden Flugzeuge mit so hohen Reaktionsvarianzen für „unfliegbar“ erklären [57].
- ▶ **Risikant:**
Die Patienten werden immer älter und multimorbider; viele sind schon vor Eintritt des Notfalls in einem vital gefährdeten Zustand. Viele Unfälle oder Verletzungen haben per se ein hohes Risiko.
- ▶ **Wichtige Ziele:**
Die Gesundheit und das Überleben, v. a. mit guter Lebensqualität, sind die wichtigsten menschlichen Ziele überhaupt und bei Notfallpatienten regelmäßig gefährdet.
- ▶ **Mehrere Personen (Arbeiten im Team):**

Akute medizinische Interventionen laufen fast immer im Team ab. Dabei haben die Teams eigenständige, sich zum Teil überlappende oder gar konkurrierende Hierarchien [14].

- ▶ **Zeitdruck:**
Oft ist Zeit eine knappe Ressource: Entweder durch den rasanten Verlauf des sich verschlechternden Patientenzustandes selbst oder durch von außen ausgeübten Zeitdruck („production pressure“; [28]).

Diese Einteilung und Definition als „komplexes System“ findet in Anlehnung an andere Hochsicherheit-Hochrisiko-Arbeitsbereiche (speziell der Luftfahrt und Kernkraft) statt und hat große Bedeutung für die Art der Entscheidungsfindung („dynamic decision making“, „crisis resource management“; [22, 30, 31, 34]), die Herangehensweise an Fehler („safety culture“; [48, 50, 51]) und geeignete Trainingsformen (realistische Simulatoren und Debriefing; [19, 23, 24, 46]).

Seit dem Bericht des Institute of Medicine (IOM-Report 1999) „To Err is Human“ gibt es keinen Grund mehr, sich nicht mit den hohen Raten an potenziell vermeidbaren Behandlungsfehlern zu beschäftigen: die Zahlen sind zuverlässig belegt, die Ursachen zu einem großen Teil bekannt und Methoden zur Verbesserung stehen zur Verfügung [35].

Im IOM-Report heißt es dazu: „*Es mag in der Natur des Menschen liegen, Fehler zu machen, aber es liegt ebenso in der Natur des Menschen, Lösungen zu entwickeln, bessere Alternativen zu finden und sich den Herausforderungen der Zukunft zu stellen.*“

Patientensicherheit und Fehler in der Medizin

Im Aufsehen erregenden Bericht des Institut of Medicine (IOM-Report) wurde nachgewiesen, dass Fehler in der Medizin zu den 10 häufigsten Todesursachen bei stationär aufgenommenen Patienten zählen [35]. Bereiche mit besonders hohen Arbeitsanforderungen und Belastungen sowie Bereiche mit kritisch kranken Patienten (geringere Toleranz für Fehlhandlungen), wie z. B. die Notfallmedizin, sind dabei sicherlich besonders betroffen. Es wird also Zeit, sich aktiv mit Fehlern auseinander zu setzen, nicht mehr die Augen zu verschließen und zu sagen: „Hier darf einfach nichts passieren“.

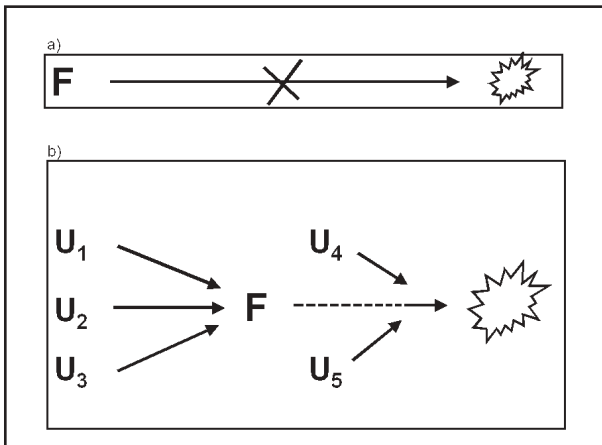


Abb. 1 ▲ Entstehung von Fehlern. Fehler sind meist keine direkten Ursachen von Zwischenfällen (a), sondern Fehler sind die Folge aus mehreren Ursachen (b). Erst die ungünstige Kombination meist mehrerer Faktoren (Ursachen U1–3), führt zu einer Fehlhandlung (F) eines Individuums. Dieser Fehler führt oft erst in weiterer Kombination mit Begleitumständen (U4–5), z. B. latenten Bedingungen zum Zwischenfall

Ursachen von Fehlern und Zwischenfällen

„Niemand ist ohne Fehler, und wer dies behaupten würde, hätte damit schon den ersten Fehler gemacht“ [45]. Wir können Fehlern nur adäquat begegnen, wenn wir akzeptieren, dass wir Fehler machen [4]. Hilfreich kann auch die Einteilung von Fehlerarten sein, um sie besser beschreiben und diskutieren zu können [47, 49, 45]. Hier ist zunächst die Unterscheidung von aktiven und passiven Fehlern.

Gerade **passive Fehler** (Unterlassen einer Handlung) sind in dynamischen Umgebungen wie die der Notfallmedizin gefährlich. Man muss sich bewusst machen, dass „nichts tun“ eine andauernde aktive Entscheidung ist und genau so ein schwerwiegender Fehler sein kann, wie die aktive Durchführung einer Maßnahme.

Aktive Fehler kann man nach der Art ihres Entstehens auf verschiedene Arten einteilen:

- ▶ Fehler auf Ebene des theoretischen Wissens („knowledge-based errors“),
- ▶ Fehler durch Anwendung falscher Regeln („rule-based errors“),
- ▶ Fehler auf Ebene der praktischen Fertigkeiten („skill-based errors“),
- ▶ sog. Ausrutscher („slips“) oder Versehen („lapses“).

Im Hinblick auf präventive Maßnahmen ist auch die Unterscheidung von *systematischen* und *zufälligen Fehlern* sehr wichtig. Manche Fehler passieren durch ungünstige, einmalige Kombination von Umständen, andere haben ihre Ursache in konstanten, regelmäßig auftretenden Konstellationen.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Erkenntnis, dass Zwischenfälle meist nicht plötzlich eintreten, sondern eine Art Evolution hinter sich haben. Diese

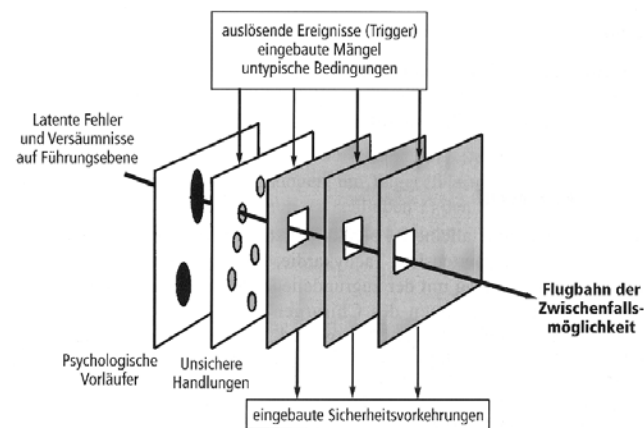


Abb. 2 ▲ Flugbahn der Zwischenfallsentstehung. Ausgehend von latenten Fehlern im System entwickelt sich ein Fehler entlang der „Flugbahn der Zwischenfallsmöglichkeit“ durch verschiedene Schutzbarrieren des Systems hindurch und führt, wenn gerade alle Lücken aufeinander passen, zum Zwischenfall. Man muss sich die Abbildung dynamisch und dreidimensional vorstellen: Schutzbarrieren kommen und gehen, Löcher in den Barrieren öffnen und schließen sich. (Mod. nach Reason 1994 [49], aus [22])

bezieht sich sowohl auf die Zeit als auch die Ursachen. Reason [50] sagt: „Fehler sind keine Ursachen von Zwischenfällen, sondern Fehler sind die Folge aus mehreren Ursachen, die man dann erst noch suchen muss.“ Dies mag zunächst verwirrend klingen, soll aber anhand von Abb. 1 erläutert werden.

Eine Variante dieses Zusammenhangs stellt die von Reason eingeführte „Flugbahn der Zwischenfallsentstehung“ in Abb. 2 dar [49]. Hier wird deutlich: An einem Zwischenfall ist fast nie nur eine Person „schuld“ und es gibt immer mehrere Möglichkeiten, den Zwischenfall auf verschiedenen Ebenen zu verhindern. Wie falsch und unzureichend die traditionelle Methode ist, die Person am letzten Glied der Fehlerkette zu verurteilen und den Fall dann nicht weiter zu untersuchen, wird hier besonders verständlich.

Ursachenanalysen in der Anästhesie, die mit der Notfallmedizin als vergleichbar gelten, haben gezeigt, dass bis zu 70% der Zwischenfälle theoretisch vermeidbar sind [18]. Dabei liegen die Ursachen für deren Entstehung meist nicht in rein medizinisch-fachlichen Defiziten, sondern in Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung des Wissens unter den Bedingungen der Realität [10, 11, 12, 15, 22, 25, 53, 54]. Diese Probleme sind durch theoretischen Unterricht allein kaum zu verbessern. Das Management komplexer Situationen sollte un-

ter realen Bedingungen praktisch trainiert werden. Die oft fälschlicherweise als „menschliches Versagen“ eingestuft Ursachen finden sich in der Natur des Menschen und der Funktion seines Gehirns begründet. Die sog. „human factors“ spielen also eine wesentliche Rolle bei der Entstehung von Fehlern und Zwischenfällen. Bemerkt sei dabei, dass eben diese „human factors“ auch Zwischenfälle verhindern und i. Allg. die Patientensicherheit garantieren. Die „human factors“ sind also kein böser Fluch, sondern machen eben das Menschliche im Menschen aus. Es gilt, sich dieser Eigenheiten bewusst zu werden und sie zur Erhöhung der Patientensicherheit einzusetzen; also „human factors“ als „Waffe“ gegen „human error“.

„Culture of Blame“ und Systemsicherheit

Ein Fehler sollte eigentlich nichts Schlimmes sein. Wir leben aber in der Medizin immer noch in einer Kultur, die Fehler für unmöglich hält, zumindest bei „guten“ Ärzten („culture of blame“). Fehler haben immer den Beigeschmack der Schuld oder Unfähigkeit oder werden gleich mit Verurteilungen der ganzen Persönlichkeit verknüpft. Und dies obwohl man weiß, dass oft besonders qualifizierte Mitarbeiter besonders schwere Fehler machen und es dabei eigentlich besonders gut gemeint hatten. Dieses personenbezogene Vorgehen tut gut, weil man jemanden hat, den man „benennen“, „zur Verantwortung ziehen“ und „bestrafen“ kann („naming, blaming and shaming“; [51]).

Das emotional Unbefriedigende an einem systemanalytischen Ansatz bei der Interpretation von Zwischenfällen, ist die Tatsache, dass man sich dann mit dem Verurteilen wesentlich schwerer tut. Dafür hat man die wertvolle Chance, die wirklichen Ursachen von Fehlern herauszufinden. Der positive Umgang mit Fehlern hat in der Medizin bislang keine Tradition. Zu lange wurde der Anschein aufrechterhalten und kultiviert, Ärzte seien „Götter in Weiß“ und in dieser Eigenschaft eben übermenschlich leistungsfähig [55] und unfehlbar [37]. Auch in der Luftfahrt war es früher üblich, dass der Pilot alleine „zeigen musste, was er kann“. Heute weiß man, dass die Leistung (in diesem Fall v. a. die Sicherheit) vom Team kommt und die

Fehlerentdeckung eine positive Teamleistung ist.

Wir müssen nun auch in der Medizin weg von einer oberflächlichen, reaktiven Kultur der Schuldzuweisung („culture of blame“), hin zu einer systemanalytischen, proaktiven Sicherheitskultur („safety culture“), im Sinne einer „präventiven Fehlerkultur“ [3, 36, 42, 43, 45, 50, 51, 52]. Alle am Gesundheitssystem Beteiligte inkl. der Entscheidungsträger auf höchster Ebene (Abteilungsleiter, Klinikdirektoren, Krankenkassenvorstände, Politiker und Richter) sollten die Patientensicherheit zu ihrem erklärten wichtigsten Ziel machen [52]. *„Dieser Wandel wird weder einfach noch schnell zu vollziehen sein. Er wird aber, spätestens unter dem Druck der Öffentlichkeit, wie in anderen Hochrisikobereichen auch, vollzogen werden müssen“* [36].

„Crisis Resource Management (CRM)“

Allgemeines Management von Zwischenfällen

David Gaba (Stanford) entwickelte mit seinem Team in Anlehnung an die Sicherheitstrainingskonzepte aus der Luftfahrt („cockpit resource management“ oder „crew resource management“, CRM) ein Curriculum zum Training an Patientensimulatoren. In der Luftfahrt gilt es als gesichert, dass die Einführung des CRM-Trainings die Luftsicherheit trotz zunehmenden Luftverkehrs beträchtlich erhöht hat. Gaba bezeichnete sein Konzept als „Anesthesia Crisis Resource Management (ACRM)“ [22, 30, 31, 44].

In ACRM-Kursen geht es im Wesentlichen darum, die Prinzipien und Erkenntnisse der „Human-Factor“- und Fehlerforschung [45], so am Simulator zu trainieren, dass sie Eingang in die tägliche Routinearbeit finden können. Dabei geht es um die sog. „nichtfachlichen“ Aspekte der Arbeit wie: Kommunikation, Teamarbeit, Ausnutzen aller verfügbaren Ressourcen („resource management“), Vorausplanen, Absprachen treffen, Aufmerksamkeit geschickt verteilen und rechtzeitiges Anfordern von Hilfe. Außerdem wird vermittelt, wie Fehler entstehen und welche Konstellationen besonders gefährdend sind. Schließlich werden auch Strategien angeboten, wie man Fehler vermeiden, erkennen und bekämpfen kann. Die CRM-

Schulung deckt also sowohl das optimierte Verhalten während eines Zwischenfalls ab als auch generelle präventive Verhaltensweisen.

Fast alle Simulatorzentren weltweit führen ACRM-Kurse nach diesem Konzept durch. Das aus diesem Curriculum entstandene Buch [20] gilt als Standardwerk in diesem Bereich und wurde vom Autor dieses Beitrags überarbeitet und ins Deutsche übersetzt [22]. Die Elemente des ACRM-Trainings können fast ausnahmslos auf den Bereich der Notfallmedizin – sowohl präklinisch als auch im Schockraum – übertragen werden. Zahlreiche Aspekte des ACRM sollen auch im neuen SPLS-Kurs zur Anwendung kommen. Die Instruktoren müssen dabei über eingehende Kenntnisse des CRM und der „human factors“ verfügen, was in entsprechenden „Train-the-Trainer“-Kursen vermittelt werden soll.

Fallanalysen und „Incident Reporting“

Wichtigstes Ziel aller Sicherheitsbemühungen ist die Reduktion von schweren Zwischenfällen. In komplexen, relativ sicheren Systemen gibt es diese Art von Zwischenfällen aber nur sehr selten. Der „Eisberg der Zwischenfälle“ [41] in Abb. 3 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein (ohnehin schon seltener) Zwischenfall auf dieselbe Art erneut auftreten wird, ist extrem gering. Das heißt, der nächste Patientenschaden wird in den meisten Fällen eine andere Ursache haben. Man muss sich also den grundsätzlichen Bedingungen an der Basis des Eisbergs, den „Beinahe-Zwischenfällen“ zuwenden um langfristig schwere Ereignisse zu reduzieren. Dies sollte auch in Ausbildung und Training berücksichtigt werden. Es gilt, generelle Kompetenzen im Umgang mit Komplexität (z. B. allgemeine Problemlösestrategien) zu vermitteln [13]. Allgemeingültige Mechanismen zur Bewältigung von kritischen Situationen sollten geschult werden, die dann individuell und flexibel für die Beherrschung des nächsten Zwischenfalls, den wir ja im Detail nicht kennen, angewandt werden können. Aktives regelmäßiges Patientensicherheitstraining an realistischen Patientensimulatoren wäre ideal [44].



Abb. 3 ▲ Der Eisberg der Zwischenfälle. Todesfälle und schwere Zwischenfälle sind (glücklicherweise) sehr selten. Schon wesentlich häufiger kommen leichte Zwischenfälle und Zwischenfälle ohne bleibende Folgen für den Patienten vor. Sehr häufig sind potenziell bedrohliche Situationen, unerwartete Ereignisse („incidents“) und Beinahe-Zwischenfälle („near-misses“). Die Analyse der zunächst harmlosen, aber häufigen Ereignisse an der Basis des Eisbergs ist jedoch für die langfristige Reduktion der schweren Zwischenfälle an der Spitze essenziell

Erfassungssysteme

„Der nächste schwere Zwischenfall wird also anders sein, er wird einer anderen Person, unter anderen Umständen und unter Beteiligung anderer Faktoren passieren. Das Einzige was wir sicher wissen: er wird passieren“ [45].

Die Analyse einer Vielzahl von harmlosen Zwischenfällen oder unerwünschten Ereignissen an der Basis des Eisbergs lässt erkennen, wo Gefahren entstehen, wie sie sich entwickeln können, wo mit ihren Folgen zu rechnen ist und wie die negativen Auswirkungen am ehesten abzuschwächen sind [29]. Wir sollten auch in der Medizin Fälle analysieren, die „eigentlich nicht schlimm“ waren [1, 27]. Durch die Analyse eben solcher Ereignisse erfahren wir viel über lauernde Gefahren im System, in dem wir arbeiten, über latente Fehler und riskante Bedingungen. Die Beschäftigung mit diesen kleinen Fehlern erhöht außerdem die Aufmerksamkeit der Beteiligten und trägt dazu bei, nicht zu sorglos zu werden [51] („Never forget to be afraid“). Wir brauchen sogenannte „Critical-incident-reporting“-Systeme [2, 5, 56].

Dabei sollten die eingesetzten Erfassungssysteme möglichst freiwillig und anonym sein. Keinesfalls darf ein Kollege durch die Meldung eines Falles einen Nachteil erleiden [8]. Sind diese Voraus-

setzungen nicht gegeben, wird man viele Fälle gar nicht erfassen und nur selten die „ganze Wahrheit“ erfahren. Im Reportingsystem sollten alle beteiligten Ebenen abgedeckt sein: **Individuelle Faktoren** („human factors“ im engeren Sinne), **Aufgaben- und Teamfaktoren** sowie **organisationale Bedingungen** [40]. Das Personal sollte **aktiv eingebunden** werden, es muss **Rückmeldungen** der Ergebnisse geben, und schließlich müssen aus den Ergebnissen der Analysen auch **Konsequenzen** folgen. Fehlen diese Elemente, wird die Effektivität und Durchschlagkraft des Erfassungssystems nicht sehr hoch sein, und mit hoher Wahrscheinlichkeit kommt es zum Einschlafen des ganzen Systems.

Trainingsmöglichkeiten

Es gibt viele Möglichkeiten medizinisches Wissen und auch die Fähigkeiten

zum Management von Zwischenfällen zu erlernen [26, 32]. Die Einführung von Trainingspuppen, besonders auch der Mega-Code-Trainer [33] und das regelmäßige ACLS- und ATLS-Training [6, 9] haben hier sicher wertvolle Beiträge geleistet. Jedoch erscheint der Einsatz von realistischen Trainings mit modernen Simulatoren für das Anwendungsfeld der Notfallmedizin und für das optimierte Management von akuten Situationen geradezu ideal. Auch die NASA konnte nachweisen, dass die in der Persönlichkeitsstruktur verankerten spezifischen Stressmuster über Simulationen sichtbar gemacht und positiv beeinflusst werden können. Zusammenfassend sollen in Tabelle 1 die Anforderungen, Bedingungen und Möglichkeiten der Ausbildung dargestellt werden. Besonders hervorgehoben sei die Bedeutung des Simulatortrainings.

Tabelle 1

Der Organismus der Patientensicherheit – Einteilung, Einflussfaktoren und Trainingsmöglichkeiten, insbesondere durch realistisches Simulator-Team-Training

	Anforderungen und Teilfaktoren	Möglichkeiten, die Anforderungen zu erfüllen
Traditionelle Ausbildungsziele (Ursache für nur 30% der Zwischenfälle)	Theoretisches medizinisches Wissen (Knowledge)	Ausbildung: <ul style="list-style-type: none"> • Medizinstudium • Vorträge, CME • M+M-Konferenzen • Bedside-Teaching
	Technisches Können ("skills")	Skills-Training: <ul style="list-style-type: none"> • Part-Task-Trainer • Bedside-Teaching • Mega-Code-Trainer
„Human factors“ („non-technical skills“) (Ursache für bis zu 70% der Zwischenfälle)	Eigene Leistungsfähigkeit („performance shaping factors) Persönlichkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Charakter • Allgemeine Einstellung • HF-Training Verhalten (Behaviour): <ul style="list-style-type: none"> • Management des Falles • Teammanagement • Crisis-management 	„Human-factor“-Ansätze: <ul style="list-style-type: none"> • HF-Ausbildung • Grundlagen, Kommunikation und Zwischenfalls- und Komplexitätsmanagement • HF-Evaluation
	Organisationale Faktoren	„Sicherheitskultur“ Melde-systeme („critical-incident reporting“) Umsetzung von Maßnahmen
Politische Faktoren	Bedeutung der Gesundheit in der Gesellschaft, medizinisches Budget	Ausbildungsstandards Re-Zertifizierung? Aktivitäten der Fachgesellschaften

Realistisches Simulator-Teamtraining

Tabelle 2

Einteilung der verschiedenen Simulatoren und Trainingsgeräte. Die Aufstellung dient nur der Einteilung. Namen und Modelle sind nur einige Beispiele und bedeuten keine Wertung

Bezeichnung	Beispiele	Anmerkung
Model-basierte, komplexe Simulator-Systeme (high fidelity, full scale)	HPS (Fa. METI, Sarasota, FL, USA), MedSim (Eagle) (Firma aufgelöst)	Diese Simulatorsysteme werden an übliche klinische Patientenmonitore angeschlossen
Skript-basierte, komplexe Simulator-Systeme mit eigenem Vitaldatenmonitor	SimMan (Fa. Laerdal, Dänemark)	Keine Anschlussmöglichkeit an klinische Monitore (außer Defi), manuelle Steuerung der Simulation durch Instruktor, aber mit Programmierungsmöglichkeit, leicht transportabel
Mega-Code-Trainer, erweiterte Reanimations-trainer	Mega-Code-Trainer (z.B. Fa. Ambu, Friedberg), Heartsim (Fa. Laerdal)	s. oben, der Funktionsumfang ist geringer als beim SimMan
PC-basierte Simulatoren („screen-based“)	ResusSim (Fa. Sophus, Kopenhagen, DK)	PC-Software, keine praktischen Tätigkeiten, Eingaben durch Trainee selbst, zur Vorbereitung auf prakt. Trainings
Fertigkeitstrainer, („Skill“-Trainer) und einfache Rea-Puppen	ResusciAnne (Laerdal), AmbuMan (Ambu), Airway-Trainer, Venenpunktionsärme	Training von notfallmedizinischen Einzelmassnahmen und Techniken, Voraussetzung für Training mit komplexeren Simulatoren

Aktuelle Simulator-Systeme

In der folgenden Aufstellung und Beschreibung soll besonders auf die neueren realistischen Simulatorsysteme und ihre innovativen Trainingskonzepte eingegangen werden.

Eine Übersicht gibt Tabelle 2 wieder. Die detaillierte Beschreibung der Geräte folgt weiter unten.

Model-basierte Simulatorsysteme

Komplexe Simulatorsysteme sind in anderen Hochrisikobereichen außerhalb der Medizin seit Jahrzehnten etabliert und bewährt. Sie gelten als wichtiges Werkzeug, um Fehler zu reduzieren und den sicheren Umgang mit kritischen Situationen zu trainieren. Sie sind in Bereichen wie der Luftfahrt unverzichtbarer Bestandteil des Sicherheitskonzepts.

Die Medizin hat speziell im Komplikations- und Notfallbereich einige Gemeinsamkeiten mit der Luftfahrt. Schwere Zwischenfälle sind zum Teil sehr selten und können in der Realität, wie oben beschrieben, kaum praktisch trainiert werden. Treten sie aber auf,

muss schnell und sicher darauf reagiert werden. Einen Beitrag zur Schließung dieser Lücke in der Aus- und Weiterbildung von Medizinern leisten die realitätsnahen Patienten-Simulatorsysteme.

Alle Reaktionen der sog. modellbasierten, Highfidelity-Simulatoren basieren auf physiologischen, pathophysiologischen und pharmakologischen Modellen. Die Reaktionen während einer Simulation werden daher vom Simulationsrechner selbst bestimmt. So kommt es z. B. nach der Gabe von Adrenalin aufgrund der Interaktion der einzelnen Modelle automatisch und ohne weitere Maßnahmen des Instructors zu einer Tachykardie, einem deutlichen Blutdruckanstieg und zu einer Pupillenerweiterung. Zusammen mit der Möglichkeit, die Simulatoren an das übliche klinische Equipment anzuschließen, eignen sich diese seit Anfang der 1990er Jahre zur Verfügung stehenden modernen Patienten-Simulatorsysteme in einzigartiger Weise für das Training und die Erforschung von Zwischenfällen in allen Akutbereichen der Medizin [16, 17, 19, 23, 30, 38].

Die Patienten-Simulatorsysteme bestehen aus einer in reale klinische Ar-

beitsplätze integrierten hochtechnisierten Patiententuppe, einem modular aufgebauten Interface-Rechner und Simulationsgeber sowie einem vernetzten Simulationsmodellrechner. An der Bedienkonsole des Simulationsmodellrechners wird die Simulation meist von außerhalb des Simulationstrainingsraums gesteuert und überwacht. Hier werden die interagierenden physiologischen und pharmakologischen Modelle kontextabhängig errechnet und auf den Interface-Rechner übertragen. Im Interface-Rechner werden die Informationen entweder in reale Impulse für die Kurven am Patientenmonitor (Pulsoximeter, EKG, invasive Drücke) umgesetzt, oder zur Steuerung der verschiedenen Simulationsgeber (Bewegungen, Pulse, Pupillenreaktion, NIBP, CO₂) genutzt. Das Ergebnis der Simulation manifestiert sich schließlich an der Puppe (Atem- und Herzgeräusche, verschiedene Bewegungen) oder an den gezeigten Vitalparametern auf den eingesetzten Patientenüberwachungsmonitoren. Dabei ist es wesentlich, dass übliche Patientenmonitore benutzt werden können.

Da alle Maßnahmen auch praktisch durchgeführt werden müssen und die Steuerung der Simulation von außerhalb erfolgt, spricht der Trainierende keine Eingaben am Simulator machen muss, herrscht ein enger Bezug zur Realität. Um diesen Bezug für das Management komplexer Situationen (Zwischenfälle) zu erreichen, ist es notwendig, auch die personellen Bedingungen anzupassen. Nur so ist es möglich, die zahlreichen Interaktions- und Störfaktoren (Teammanagement, Kommunikation, Ablenkung, Ressourcenmanagement) abzubilden und damit unter kontrollierten Bedingungen variieren zu können.

Mit den neuen Simulatorsystemen kann heute fast jeder Zwischenfall in unterschiedlichen Schweregraden, zu jedem beliebigen Zeitpunkt, beliebig oft wiederholt dargestellt werden. Dies wird leider erst mittelfristig zu einer Revolution in der Ausbildung von medizinischem Personal und der Erforschung von medizinischen Maßnahmen in Akutsituationen führen.

Wichtig ist zu betonen, dass der Simulator selbst nur ein Werkzeug ist. Der Lerneffekt wird durch die geschickte Gestaltung der Simulation und v. a. in den Nachbesprechungen (Debriefing, s. unten) erzielt. Ein Simulator ohne einen

guten, auch CRM-geschulten Instruktor ist.ichts.

Die Einführung der neuen Patientensimulatoren hat zwar erst begonnen, doch nimmt ihre Verbreitung ständig zu. Sie werden sich bald außerhalb der Anästhesie und Intensivmedizin im Bereich der klinischen (Station und Schockraum) und präklinischen Notfallmedizin etablieren. In einigen Ländern ist ein realistisches Simulatortraining (meist im Sinne eines CRM-Kurses) im Rahmen der Facharztweiterbildung bereits Pflicht (Dänemark, Holland in der Anästhesie). Es kann erwartet werden, dass zahlreiche Institutionen innerhalb der nächsten Jahre, Simulatortraining als festen Bestandteil in Ausbildungsrichtlinien integrieren werden. Dies könnte erheblich zur Verbesserung des Managements von Zwischenfällen in der Praxis beitragen.

Prinzipien des realistischen Simulatortrainings

Wie oben bereits erwähnt, finden die Steuerung der Simulation und evtl. erforderliche Eingaben am Rechner außerhalb des Simulationsraumes statt. Dadurch hat der Trainierende mit der Bedienung der Simulation selbst nichts zu tun. Er arbeitet in seiner gewohnten Umgebung mit seinen üblichen Beatmungs- und Monitorgeräten, die mit der Patientensuppe (als beinahe realistisches Interface) verbunden sind. Weitere an der Behandlung beteiligte Personen des Teams (Pflegerkräfte, Kollegen, Konsiliare) werden vom Simulationsteam dargestellt. Um insuffiziente Simulationsparameter der Patientensuppe (kein Schwitzen, keine Veränderung der Hautfarbe) auszugleichen, wird bei den beeinflussbaren Parametern großer Wert auf maximale Realität der Darstellung gelegt (Einschleusen in den Simulator, Tragen von OP-Kleidung und Mundschutz, Übergabe des „Patienten“).

Der Trainierende muss alle gewünschten Maßnahmen tatsächlich durchführen (Legen von Zugängen, Anhängen von Infusionen, Aufziehen von Medikamenten, Bestellen von Blutkonserven); dadurch wird schnell klar, wie wichtig das Setzen von Prioritäten, das Delegieren von Aufgaben, die Kommunikation und das Anfordern von Hilfe sind. Zahlreiche physiologische und pathophysiologische Para-

meter im Simulationsmodellrechner erlauben die Simulation nahezu beliebiger „Patienten“ (Alter, Gewicht, KHK, Asthma, Volumenmangel) und die realistische Darstellung fast jeder denkbaren Komplikation (z. B. starke Blutung, Anaphylaxie, Schädel-Hirn-Trauma mit Pupillendifferenz, schwierige Intubation).

Zusammengenommen haben die o. g. Bedingungen folgende Ziele:

1. Beim Trainingsteilnehmer entsteht nach kurzer Zeit das Gefühl einen „echten“ Patienten zu behandeln.
2. Die „human factors“ treten genauso in Erscheinung wie im Alltag (Probleme bei Ressourcenmanagement und Kommunikation, Fixierungsfehler, Zeitdruck).

Damit ermöglichen die Simulatorsysteme im Zusammenhang mit geschulten Instruktoren erstmals das Training und die systematische Erforschung von Verhaltensweisen in kritischen Zwischenfallssituationen. Durch die Aufzeichnung der Simulationsbehandlung und anschließende Besprechung der Maßnahmen und Verhaltensweisen wird dieses Verhalten einer Reflexion und einem Training zugänglich.

Ausstattung

Die Abb. 4 zeigt beispielhaft das Tübinger Patientensicherheits- und Simulationszentrum (TüPASS) der Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin am Universitätsklinikum Tübingen. Man er-

kennt den Simulatorraum, der je nach Training als Intensivstation, Schockraum, Wachzimmer oder auch OP aufgebaut werden kann, den Kontrollraum, aus dem der Simulator gesteuert wird sowie den Besprechungs- oder Debriefing-Raum sowie einen Nebenraum, der zur Vorbereitung und als Lager dient. Ein realistisches Simulationszentrum benötigt dieselbe Ausstattung wie der original klinische Arbeitsplatz, der simuliert werden soll. Darüber hinaus ist für das Debriefing und die Steuerung der Simulation eine aufwendige Audi-Video-Anlage erforderlich.

Ablauf eines Simulatortrainings

Typischerweise gliedert sich ein Simulatortraining in folgende Teile: Briefing – Einführung in CRM – Simulationssessions mit sofortigem Debriefing – Abschlussbesprechung, Wissenstransfer.

Das **Briefing**, eine Vorbesprechung mit allen Teilnehmern, dient dem Kennenlernen des Simulators (Was kann er, auf was muss man achten?) und der neuen Umgebung (Wie kann man Hilfe holen, wo befindet sich die Notfallausrüstung?) sowie der Vermittlung der Ziele des eigentlichen Trainings.

Während der **Simulation** bilden ein oder 2 Teilnehmer das zuständige Arztteam und gehen, mit Funkkopfhörern ausgestattet, in den Simulatortrainingsraum. Die 2 aktiven Teilnehmer beginnen mit der Untersuchung und Behandlung des Simulatorpatienten. Ihnen steht, wie in der Realität auch, eine qualifizierte Pflegekraft zur Verfügung.

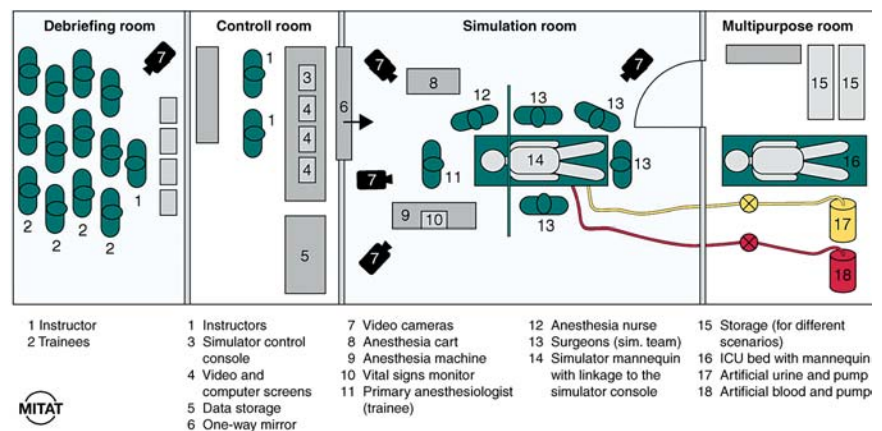


Abb. 4 ▲ Schematisches Bild eines realistischen Patientensimulationszentrums (Tübingen). Der Simulatorraum ist multifunktional nutzbar. Die Steuerung des Simulators findet vom Kontrollraum aus statt. Während der Fälle werden zur späteren Besprechung alle Vitaldaten und ein Live-Video in den Debriefing-Raum übertragen (Mit Genehmigung von MITAT).

Der Rest der Gruppe (6–10 Teilnehmer) befindet sich im Debriefing-Raum, in den alle Signale aus dem Simulatorraum live übertragen werden (verschiedene Video-Perspektiven, Töne und Vitaldaten des Patienten). So sind die zuschauenden Teilnehmer bei den Fällen dabei und können bei der anschließenden Nachbesprechung (Debriefing) aktiv mitwirken. Oft erkennen diese aus ihrer zurückgenommenen Rolle als passiver Beobachter, in der weder Stress noch Ressourcenmangel ins Gewicht fallen, die Fehler und Probleme der aktiven Teilnehmer erstaunlich gut, oft sogar besser als die aktiven Teilnehmer.

Das videogestützte Debriefing zur Klärung der medizinischen Sachverhalte und die Diskussion des beobachteten Verhaltens ist allgemein das Kernstück der Ausbildung am Simulator und wird unten näher beschrieben.

Am Ende des Kurses findet eine **Abschlussbesprechung** und anonyme Kursevaluation statt. Dabei wird auch versucht Hilfe beim Transfer des Erlernten in die eigene Praxis zu geben.

Debriefing. Im Debriefing setzen sich sowohl die Aktiven als auch die Zuschauenden mit dem gerade abgelaufenen Fall intensiv auseinander. Bestehende Fragen können geklärt und einzelne kritische Situationen noch einmal angeschaut und von verschiedenen Personen kommentiert werden. Der Einsatz eines Festplatten-Videorekorders mit Markierungsoption hat sich dabei zur Verkürzung der Spulzeiten sehr bewährt. Gerade Aspekte im Bereich der „human factors“ („non-technical skills“) können hier bewusst gemacht werden. Hier findet auch das „selbstreflexive Lernen“ statt. Sich selbst in einer kritischen Behandlungssituation unter Stress in der erlebten Situation beobachten zu können, hat für viele schon allein einen hohen Lerneffekt.

Das Debriefing ist der wichtigste Teil des Simulatortrainings [46]. Es ist das Meisterstück des Simulatortrainings und entscheidet über den Lerneffekt. Erst im Debriefing wird das Erleben der komplexen Simulation in den eigentlichen individuellen Lerneffekt umgesetzt. Bei falscher Durchführung kann das Debriefing dem Trainierenden sogar schaden (Debriefing can „make or break“ the training session!). Die psy-

chologische Schulung von Instruktoren ist deshalb sehr empfehlenswert [46]. Optimal scheint ein ständiges Coaching der Instruktoren durch simulatorerfahrene Psychologen zu sein. Regelmäßiges Feedback über Debriefing-Sessions individuell oder im Team („Debriefing des Debriefing“) oder der Einsatz von Kommoderationstechniken wären wünschenswert.

Der Instruktor muss für eine offene Kommunikationsatmosphäre sorgen und durch offene Fragen die Selbstanalyse und Reflexion der Trainierenden fördern („assistierte Autodidaktik“). Der Schwerpunkt des Debriefing soll auf den Prinzipien des „crisis resource managements“ liegen und nicht auf medizinisch-fachlichen Diskussionen [46]. Der offene Umgang mit Fehlern hat keine Tradition in der Medizin. Deshalb muss man bei der Besprechung der Fälle, um Schuldgefühle zu vermeiden, vorsichtig und individuell vorgehen. Schuldzuweisungen anderer Teilnehmer sind zu unterbinden. Gegen Ende des Debriefing sollte wie oben erwähnt, der Wissenstransfer erleichtert werden, indem z. B. nach persönlichen „Take-home messages“ gefragt wird.

Die hier vorgestellte Debriefing-Technik kann auch zur akuten Nachbesprechung realer Zwischenfälle verwendet werden und so die Sicherheitskultur innerhalb einer Abteilung verstärken.

Skript-basierte, komplexe Simulatoren (SimMan)

Der einzige zur Zeit in diesem Segment verfügbare Simulator ist der SimMan der Fa. Laerdal. Er verfügt über ausge-reifte Möglichkeiten zur Simulation von schwierigen Atemwegen, man kann die Pulse tasten und den Blutdruck palpatorisch messen. Auch sonst bietet er viele Funktionen der großen Simulatoren. Er hat gegenüber dem einzigen momentan verfügbaren model-basierten Simulatorsystem HPS der Fa. METI den Vorteil der Mobilität und der geringeren Kosten. Allerdings ist er nicht an übliches Monitoring anschließbar und verfügt über keine Modelle. Eine umfangreiche Programmiersprache erlaubt aber das Erstellen von Skripten für automatisiert ablaufende Trends und Simulationsszenarien. Damit erlaubt auch das SimMan-System realistische Simulatortrainings wie oben beschrieben.

Mega-Code-Trainer

Diese erweiterten Reanimationspuppen eignen sich für alle Arten des Trainings von Notfällen. Ihre Simulationsfähigkeiten sind geringer, reichen aber für die meisten ACLS- und ATLS-Anforderungen aus. Auf Einzelheiten des ACLS- und ATLS-Trainings wird hier nicht eingegangen, da sie den meisten Lesern geläufig sein dürften [6, 9]. Vor allem für das Üben der Abläufe im Team und für die integrierte Anwendung der an Part-Task-Trainern gelernten Einzelmaßnahmen sind sie sehr gut geeignet [33].

Es ist zu beachten: Ein gut inszeniertes Training mit einem gut ausgebildeten Instruktor unter Einsatz eines Mega-Code-Trainers ist sicher besser als ein laienhaftes Training an einem komplexeren Simulatorsystem. Die „Highfidelity“ des Trainers ist sicherlich entscheidender als die des Simulators, solange auf realistische Umgebungen Wert gelegt wird.

Skill-Trainer und einfache Rea-Puppen

Diese vergleichsweise einfachen Modelle eignen sich zum systematischen Training von manuellen Fähigkeiten wie Intubation, Beatmung und Herzdruckmassage, Legen von peripher venösen Zugängen etc. Außerdem können damit einfache Algorithmen wie z. B. die Herzdruck-Massage und die Beatmung (mit der Maske oder nach Intubation) im Zweierteam geübt werden. Stress und Kommunikationsprobleme treten dabei jedoch kaum noch auf.

PC-Simulatoren

Hierbei handelt es sich um Computerprogramme, die verschiedenste Notfallsimulationen am Bildschirm erlauben [7, 54]. Sie können klinische Zusammenhänge zwar getreu den physiologischen Modellen darstellen, erlauben jedoch keine Durchführung von praktischen Maßnahmen und bleiben in der Realitätsnähe folglich immer ein Stück zurück. Die Simulationen erfolgen letztlich nur bildlich und daher vorwiegend abstrakt. Sie können aber sehr wertvoll für die erste Vermittlung von Behandlungsabläufen oder neuen Richtlinien sein. Es erscheint notwendig, die PC-Simulatoren in ein Curriculum fest einzubinden

und auch dafür Feedback zu geben. Nur das Aufstellen eines PC mit Software führt nicht zu einem Erfolg.

Kosten der einzelnen Simulatoren

Für ein großes realistisches Simulator-system muss man ca. 250.000 EUR rechnen, dazu kommen Kosten für Monitoring und A/V-System. Ein schönes, funktionelles Simulationszentrum kostet also mindestens ca. 500.000 EUR.

Ein mobiles SimMan-System schlägt mit ca. 45.000 EUR zu Buche. Hier müsste man auch noch mit Kosten für einen Rechner und eine Videoanlage rechnen, also insgesamt ca. 75.000 EUR.

Mega-Code-Trainer kosten je nach Ausstattung ca. 10.000 EUR.

Part-task-Trainer sind in allen Preisgruppen von 100–2.000 EUR zu finden.

PC-Simulatoren sind am günstigsten mit ca. 50–250 EUR (Netzwerkversionen), benötigen aber auch einen PC dazu.

Nun sei auch bei den Kosten erlaubt zu sagen, dass die Hauptkosten, egal welche Simulatoren oder Trainingsgeräte eingesetzt werden, die Personalkosten sind. Speziell bei den realistischen Simulatorsystemen, bei denen noch das Team mit dargestellt wird, hat man es fast mit einem 1:1-Verhältnis von Instruktor und Trainee zu tun. Simulatortraining ist also nicht billig. *Wenn man aber überlegt, was ein Zwischenfall mit negativem Outcome kosten kann ...*

Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich also **Meilensteine für ein integriertes Konzept zur nachhaltigen Erhöhung der Patientensicherheit** aufstellen.

1. Erkennen und akzeptieren, dass es eine hohe Zahl von Fehlern in der Medizin gibt und dass jeder einmal Fehler macht.
2. Verstehen, dass Fehler zunächst nichts mit „Schuld“ zu tun haben, sondern –im Gegenteil– die Maßnahmen oft besonders wohlmeinend gedacht waren.
3. Erkennen, dass ein Zwischenfall nie nur *eine* Ursache hat, nie nur *eine* Person beteiligt war und viele Bedingungen, die den Zwischenfall erst er-

möglicht haben, oft weit in der Zeitachse zurück liegen und organisationale Elemente mit einschließen.

4. Einführen einer präventiv und proaktiv ausgelegten Sicherheitskultur und Abschaffung der „culture of blame“. Suche nach potenziellen Fehlerquellen, Planung typischer Notfallabläufe, Absprachen in und zwischen den Teams, Festlegen von Strategien beim Eintreten von unerwünschten Ereignissen, Alarmpläne.
5. Fortbildung im Bereich „human factors“ und Zwischenfallentstehung.
6. Einführen von Fallkonferenzen, die sich auch um die „human factors“ kümmern und diese mit berücksichtigen.
7. Etablieren von oder Teilnahme an „Critical-incident-reporting“-Systemen, welche die Anforderungen aus 6. erfüllen und möglichst anonym sein sollten. Erkenntnisse aus solchen Systemen müssen anschließend zu Veränderungen in der Praxis führen.
8. Regelmäßiges Training von kritischen Situationen im Team an realistischen Simulatorsystemen mit besonderer Berücksichtigung des „crisis resource management“ und unter Einsatz von Videobriefings. Hier sollten vornehmlich Kurse mit in der Thematik gut ausgebildeten Instruktor besucht werden, die in der Lage sind die „Human-factor“-Kenntnisse zu vermitteln und die offene Kultur der Patientensicherheit schon während des Kurses vorleben können.
9. Förderung von Forschungsprojekten zur Erhöhung der Patientensicherheit in Bereichen der Erfassung, Analyse, Simulation und dazugehörigen didaktischen Konzepten.

Literatur

1. Barach P, Small SD (2000) Reporting and preventing medical mishaps: lessons from non-medical near miss reporting systems. *BMJ* 320: 759–763
2. Beckmann U, West LF, Groombridge GJ et al. (1996) The Australian Incident Monitoring Study in intensive care: AIMS-ICU. The development and evaluation of an incident reporting system in intensive care. *Anaesth Intensive Care* 24: 314–319
3. Berwick DM, Leape LL (1999) Reducing errors in medicine – It's time to take this more seriously. *BMJ* 319: 136–137

4. Berwick DM, Leape LL (1999) Reducing errors in medicine [editorial]. *BMJ*, 319: 136–137
5. Buckley TA, Short TG, Rowbottom YM, Oh TE (1997) Critical incident reporting in the intensive care unit. *Anaesthesia* 52: 403–409
6. Carveth SW, Burnap TK, Bechtel J et al. (1976) Training in advanced cardiac life support. *JAMA* 235: 2311–2315
7. Christensen UJ, Andersen SF, Jacobsen J, Jensen PF, Ording H (1997) The Sophus anaesthesia simulator v 2.0 - A Windows 95 control-center of a full-scale simulator. *J Clin Monit Comput* 14: 11–16
8. Cohen MR (2000) Why error reporting systems should be voluntary [editorial]. *BMJ* 320: 728–729
9. Collicott PE (1979) Advanced trauma life support course, an improvement in rural trauma care. *Nebr Med J* 64: 279–280
10. Cooper JB, Long CD, Newbower RS, Philip JH (1982) Critical incidents associated with intra-operative exchanges of anesthesia personnel. *Anesthesiology* 56: 456–461
11. Cooper JB, Newbower RS, Kitz RJ (1984) An analysis of major errors and equipment failures in anesthesia management: considerations for prevention and detection. *Anesthesiology* 60: 34–42
12. Cooper JB, Newbower RS, Long CD, McPeck B (1978) Preventable anesthesia mishaps: a study of human factors. *Anesthesiology* 49: 399–406
13. Dörner D (1993) Die Logik des Misslingens. Rowohlt, Reinbek
14. Flin R (1996) *Sitting in the hot seat*. John Wiley & Sons, Chichester
15. Gaba DM (1989) Human error in anesthetic mishaps. *Int Anesthesiol Clin* 27: 137–147
16. Gaba DM (1992) Improving anesthesiologists' performance by simulating reality [editorial; comment]. *Anesthesiology* 76: 491–494
17. Gaba DM (1995) Anaesthesia simulators [letter; comment]. *Can J Anaesth* 42: 952–953
18. Gaba DM (2000) Anaesthesiology as a model for patient safety in health care. *BMJ* 320: 785–788
19. Gaba DM, DeAnda A (1988) A comprehensive anesthesia simulation environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology* 69: 387–394
20. Gaba DM, Fish KJ, Howard SK (1994) Crisis management in anesthesiology. Churchill Livingstone, New York
21. Gaba DM, Fish KJ, Howard SK (1998). Zwischenfälle in der Anästhesie. Prävention und Management. G. Fischer, Lübeck
22. Gaba DM, Fish KJ, Howard SK (1998). Zwischenfälle in der Anästhesie. Prävention und Management. G. Fischer, Lübeck
23. Gaba DM, Howard SK, Smith B, Weinger MB (1999) Simulators in anesthesiology education. *Anaesth Analg* 89: 805–806
24. Gaba DM, Howard SK (1997) Simulated anaesthetic emergencies. *Br J Anaesth* 79: 689–690
25. Gaba DM, Maxwell M, DeAnda A (1987) Anesthetic mishaps: breaking the chain of accident evolution. *Anesthesiology* 66: 670–676

26. Gully SM, Payne SC, Kiechel Koles KL, Whiteman JA (2002) The impact of error training and individual differences on training outcomes: an attribute-treatment interaction perspective. *J Appl Psychol* 87: 143–155
27. Hansis ML, Hansis DE (1999) Der ärztliche Behandlungsfehler. *Ecomed, Landsberg*
28. Healzer JM, Howard SK, Gaba DM (1998) Attitudes toward production pressure and patient safety: a survey of anesthesia residents [news]. *J Clin Monit Comput* 14: 145–146
29. Helmreich RL (2000) On error management: lessons from aviation. *BMJ* 320: 781–785
30. Holzman RS, Cooper JB, Gaba DM et al. (1995) Anesthesia crisis resource management: reallife simulation training in operating room crises. *J Clin Anesth* 7: 675–687
31. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH (1992) Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Med* 63: 763–770
32. Kanz KG, Deiler S, Ruhland B, Duswald KH, Eitel F (1989) Trauma Management Trainer. Education and training unit for the management of multiple trauma patients. *Chirurg* 60: 821–824
33. Kaye W, Linhares KC, Breault RV et al. (1981) The Mega-Code for training the advanced cardiac life support team. *Heart Lung* 10: 860–865
34. Klein GA, Orasanu J, Calderwood R, Zsombok CE (1993) Decision making in action: Models and methods. *Ablex, Norwood*
35. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS (1999) *To err is human – Building a safer health system*. National Academy Press, Washington
36. Leape LL, Berwick DM (2000). Safe health care: are we up to it? [editorial]. *BMJ* 320: 725–726
37. Leape LL, Woods DD, Hatlie MJ et al. (1998) Promoting patient safety by preventing medical error. *JAMA* 280: 1444–1447
38. Lussi C, Grapengeter M, Engl HG et al. (1999) Crisis resource management (CRM) training using a patient simulator: Course evaluation. *Anaesth Intensivmed* 40: 729–733
39. Manser T, Wehner T, Rall M (2000). Analysing action sequences in anaesthesia. *Europ J Anaesth* 17: 526 (abstract)
40. Maurino DE, Reason J, Johnston N, Lee RB (1995) *Beyond aviation human factors*. Ashgate, Aldershot
41. Rall M (1997) Eisberg der Narkosezwischenfälle. *Abb. aus* [45] mit Genehmigung
42. Rall M (2000) It's time to tackle errors in medicine. <http://www.bmj.com/cgi/eletters/320/7235/597>
43. Rall M (2000) Why do we always have to wait for deaths? <http://www.bmj.com/cgi/eletters/320/7235/598/a>
44. Rall M, Guggenberger H, Gaba DM (2002) *Allgemeines Management von Zwischenfällen – Praxis der Patientensicherheit in Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin*. AINS, eingereicht
45. Rall M, Manser T, Guggenberger H, Gaba DM, Unertl K (2001). Patient safety and errors in medicine: development, prevention and analyses of incidents. *AINS* 36: 321–330
46. Rall M, Manser T, Howard S (2000) Key elements of debriefing for simulator training. *Eur J Anaesth* 17: 516–517 (abstract)
47. Rasmussen J (1983) Skills, rules, knowledge: signals, signs and symbols and other distinctions in human performance models. *I Transact syst cyber SMC*-13: 257–267
48. Reason J (1990) The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philos Trans Soc Lond B Biol Sci* 327: 475–484
49. Reason J (1994) *Human error*. University Press, Cambridge
50. Reason J (1997) Managing the risks of organizational accidents. *Ashgate, Aldershot*
51. Reason J (2000) *Human error: models and management*. *BMJ* 320: 768–770
52. Reinertsen JL (2000) Let's talk about error [editorial]. *BMJ* 320: 730
53. Runciman WB, Webb RK, Klepper ID, Lee R, Williamson JA, Barker L (1993). The Australian Incident Monitoring Study. Crisis management validation of an algorithm by analysis of 2000 incident reports. *Anaesth Intensive Care* 21: 579–592
54. Schwid HA, O'Donell D (1992) Anesthesiologists' management of simulated critical incidents. *Anesthesiology* 76: 495–501
55. Sexton JB, Thomas EJ, Helmreich RL (2000) Error, stress and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *BMJ* 320: 745–749
56. Staender S, Davies J, Helmreich B, Sexton B, Kaufmann M (1997) The anaesthesia critical incident reporting system: an experience based database. *Intern J Med Infomatics* 47: 87–90
57. Taylor TH, Major E (1993) *Hazards and complications of anaesthesia*. Churchill Livingstone, Edinburgh

Publikation VII

Redaktion
 K. Anding, München
 Hp. Moecke, Hamburg

DIVI-Notarzteinsatzprotokoll

Version 4.2

12 Jahre nach Vorlage der ersten Version des DIVI-Notarzteinsatzprotokolls [1] und 4 Jahre nach Veröffentlichung der Version 4.0 [3] ist nun eine neue Version erarbeitet worden (Abb. 1), in die die Erfahrungen und Kritik aus den vergangenen Jahren eingeflossen sind. Es reiht sich ein in die anderen Dokumentationsinstrumente der DIVI, das Rettungsdienstprotokoll [2] und das Intensivtransportprotokoll [4].

Die primären Ziele für die Weiterentwicklung des Protokolls waren zum einen, den Mitarbeitern(innen) des aufnehmenden Krankenhauses eindeutige und übersichtlich aussagefähige Informationen über das Unfallgeschehen und die notfallmedizinischen Maßnahmen zu übermitteln. Damit soll sichergestellt werden, dass keine für die weitere Diagnostik und Therapie des Notfallpatienten wichtige Information verloren geht. Zum anderen soll das Protokoll ein Instrument darstellen, in dem die Mitarbeiter(innen) im Rettungsdienst ihrer Dokumentationspflicht umfassend und vollständig nachkommen können.

— **Damit ist die Basis für das Qualitätsmanagement im Rettungsdienst gelegt.**

Inhalt der Änderungen

Die nur für die interne Analyse erforderlichen Daten zur Notarztfachzugehörig-

keit und zum Ausbildungsstand finden sich jetzt nur noch auf den Durchschlägen. Die Kategorie AiP ist gestrichen worden. Im Abschnitt Notfallgeschehen – Anamnese – Erstbefund wurde für die kardiopulmonale Reanimation das Kriterium „beobachteter Kollaps“ und der Zeitpunkt hinzugefügt.

In der Glasgow Coma Scale (3.1) wurden die Kriterien für die beste motorische Reaktion neu formuliert. Zur Dokumentation der Schmerzintensität ist auf eine visuelle Analogskala umgestellt worden. Neu in der Kategorie Erstbefund ist die Beschreibung des psychischen Zustandes in den Kategorien: unauffällig, aggressiv, depressiv, wahnhaft, verwirrt, verlangsam, euphorisch bzw. nicht beurteilbar.

Unter den Erstdiagnosen wurden die Diagnosen Herzinsuffizienz, soziale Krise und Exsikkose hinzugefügt. Die Medikamentenliste (6.5) wurde um Thrombozytenaggregationshemmer und Thrombolytika ergänzt. Im Kapitel 6 Maßnahmen wurde der Bereich Herz/Kreislauf ergänzt um „Zeitpunkt erste Defibrillation“ und „erstes Wiedereinsetzen der Spontanzirkulation“ (ROSC). Außerdem kann bei der Defibrillation nun unterschieden werden zwischen monophasischer und biphasischer Schockform. Auch die Erstdefibrillation durch Rettungsassistenten bzw. Rettungssanitäter wurde eingefügt.

Im Bereich 6.2 Atmung wurden neben der oralen und nasalen Intubation die Larynxmaske hinzugefügt. Die Lagerung auf der Vakuummatratze wurde in

das Kapitel 6.3 Weitere Maßnahmen eingefügt.

Um den neurologischen Verlauf besser beurteilen zu können, wird die Abfrage der Bewusstseinslage auch zum Übergabezeitpunkt erforderlich gemacht.

Die letzte Änderung betrifft wiederum nur die Durchschläge. Die Kategorie 10 Zwischenfälle – Ereignisse – Komplikationen wurde aus juristischen Gründen in „Ereignisdokumentation“ umbenannt.

Korrespondierender Autor

Dr. Hp. Moecke

Institut für Notfallmedizin, LBK Hamburg,
 Billbrookdeich 27, 22113 Hamburg
 E-Mail: heinzpeter.moecke@k-nord.lbk-hh.de

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Herden HN, Moecke Hp (1992) Bundeseinheitliches Notarzteinsetzprotokoll in Deutschland. Intensivmedizin 29: 103–106
2. Moecke Hp, Döriges V, Friedrich HJ, Herden HN, Schäper J (1994) Das bundeseinheitliche Rettungsdienstprotokoll. Anästhesiol Intensivmed 34: 167–168
3. Moecke Hp, Dirks B, Friedrich HJ et al. (2000) Arbeitsgruppe Dokumentation der Sektion Rettungsdienst der DIVI. DIVI Notarzteinsetzprotokolle, Version 4.0. Anästhesist 49: 211–213
4. Moecke Hp, Anding H (2000) Intensivtransportprotokoll. Empfehlung der DIVI und des bayerischen Staatsministerium des Inneren. Notfall Rettungsmed 3: 441–444

NOTARZTEINSATZPROTOKOLL Empfehlung der DIVI 2003

Version 4.2

<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:5%;">AOK</td> <td style="width:5%;">LKK</td> <td style="width:5%;">BKK</td> <td style="width:5%;">IKK</td> <td style="width:5%;">VdAK</td> <td style="width:5%;">AEV</td> <td style="width:5%;">Knappschaft</td> <td style="width:5%;">UV</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Name, Vorname des Versicherten</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: right;">geb. am</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Kassen-Nr.</td> <td colspan="2">Versicherungs-Nr.</td> <td colspan="4">Status</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vertragsarzt-Nr.</td> <td colspan="2">VK gültig bis</td> <td colspan="4">Datum</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Geschlecht <input type="radio"/> m <input type="radio"/> w</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Geburtsjahr</td> <td colspan="6">-monat</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><input type="radio"/> unbekannt</td> </tr> </table>	AOK	LKK	BKK	IKK	VdAK	AEV	Knappschaft	UV	Name, Vorname des Versicherten								geb. am								Kassen-Nr.		Versicherungs-Nr.		Status				Vertragsarzt-Nr.		VK gültig bis		Datum				Geschlecht <input type="radio"/> m <input type="radio"/> w								Geburtsjahr		-monat						<input type="radio"/> unbekannt								<table style="width:100%;"> <tr> <td>Standort</td> <td>Rettungsmittel</td> <td>Einsatznummer</td> </tr> <tr> <td>Typ: <input type="radio"/> NEF <input type="radio"/> NAW <input type="radio"/> RTH <input type="radio"/> ITH</td> <td><input type="radio"/> ITW <input type="radio"/> RTW <input type="radio"/> KTW</td> <td></td> </tr> </table> <p>1. Rettungstechnische Daten</p> <p>Alarm: [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>Einsatzdatum: [] [] [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>Ankunft: [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>Abfahrt: [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>Übergabe: [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>Einsatzbereit: [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>Ende: [] [] [] [] [] [] [] []</p> <p>km (gesamt): [] [] [] [] [] []</p> <p><input type="radio"/> Fehlfahrt (Einsatzabbruch/kein Patient)</p>	Standort	Rettungsmittel	Einsatznummer	Typ: <input type="radio"/> NEF <input type="radio"/> NAW <input type="radio"/> RTH <input type="radio"/> ITH	<input type="radio"/> ITW <input type="radio"/> RTW <input type="radio"/> KTW	
AOK	LKK	BKK	IKK	VdAK	AEV	Knappschaft	UV																																																																
Name, Vorname des Versicherten																																																																							
geb. am																																																																							
Kassen-Nr.		Versicherungs-Nr.		Status																																																																			
Vertragsarzt-Nr.		VK gültig bis		Datum																																																																			
Geschlecht <input type="radio"/> m <input type="radio"/> w																																																																							
Geburtsjahr		-monat																																																																					
<input type="radio"/> unbekannt																																																																							
Standort	Rettungsmittel	Einsatznummer																																																																					
Typ: <input type="radio"/> NEF <input type="radio"/> NAW <input type="radio"/> RTH <input type="radio"/> ITH	<input type="radio"/> ITW <input type="radio"/> RTW <input type="radio"/> KTW																																																																						
<p>2. Notfallgeschehen / Anamnese / Erstbefund (Beschwerdebeginn, Unfallzeitpunkt, Vormedikation, Vorbehandlung)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>CPR: Kollaps beobachtet: <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein Zeitpunkt: [] [] [] [] [] []</p>																																																																							
<p>3. Erstbefund Zeitpunkt [] [] [] [] [] []</p> <p>3.1. Neurologie unauffällig <input type="radio"/></p> <p>Glasgow-Coma-Scale</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%;"> Augen öffnen spontan 4 auf Aufforderung 3 auf Schmerzreiz 2 kein Augenöffnen 1 </td> <td style="width:50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td> beste verbale Reaktion konversationsfähig 5 orientiert 4 desorientiert 3 inadäquate Äußerung (Wortsalat) 2 unverständliche Laute 1 keine 0 </td> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td> beste motor. Reaktion folgt Aufforderung 6 gezielte Abwehr 5 ungezielte Abwehr 4 Beugesynergismen 3 Streckesynergismen 2 keine Abwehr 1 </td> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">Summe [] [] [] [] [] []</p>	Augen öffnen spontan 4 auf Aufforderung 3 auf Schmerzreiz 2 kein Augenöffnen 1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	beste verbale Reaktion konversationsfähig 5 orientiert 4 desorientiert 3 inadäquate Äußerung (Wortsalat) 2 unverständliche Laute 1 keine 0	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	beste motor. Reaktion folgt Aufforderung 6 gezielte Abwehr 5 ungezielte Abwehr 4 Beugesynergismen 3 Streckesynergismen 2 keine Abwehr 1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<p>Bewusstseinslage</p> <p>narkotisiert/sediert <input type="radio"/></p> <p>orientiert <input type="radio"/></p> <p>getrübt <input type="radio"/></p> <p>bewusstlos <input type="radio"/></p> <p>Extremitätenbewegung</p> <p>normal 3 re li</p> <p>leicht vermindert 2 Arm Bein</p> <p>stark vermindert 1</p> <p>Pupillenweite</p> <p>eng <input type="radio"/> re <input type="radio"/> li</p> <p>mittel <input type="radio"/> re <input type="radio"/> li</p> <p>weit <input type="radio"/> re <input type="radio"/> li</p> <p>enrundet <input type="radio"/> re <input type="radio"/> li</p> <p>nicht beurteilbar <input type="radio"/> re <input type="radio"/> li</p> <p>keine Lichtreaktion <input type="radio"/> re <input type="radio"/> li</p> <p>Meningismus <input type="radio"/></p>	<p>3.2. Messwerte <input type="radio"/> keine</p> <p>Temp. [] [] [] [] [] []</p> <p>RR [] [] [] [] [] [] / [] [] [] [] [] [] HF [] [] [] [] [] []</p> <p>BZ [] [] [] [] [] [] Atemfrequenz [] [] [] [] [] [] SpO₂ [] [] [] [] [] []</p> <p>Schmerz: 0 ————— 5 ————— 10</p> <p>et CO₂ [] [] [] [] [] []</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein</p> <p><input type="radio"/> mit / <input type="radio"/> ohne O₂</p> <p>3.3. EKG <input type="radio"/> nicht untersucht</p> <p><input type="radio"/> Sinusrhythmus <input type="radio"/> schmale QRS-Tachykardie</p> <p><input type="radio"/> absolute Arrhythmie <input type="radio"/> breite QRS-Tachykardie</p> <p><input type="radio"/> AV-Block II° Typ Wenckebach <input type="radio"/> Kammerflattern/-flimmern</p> <p><input type="radio"/> AV-Block II° Typ Mobitz <input type="radio"/> elektromechanische Dissoziation</p> <p><input type="radio"/> AV-Block III° <input type="radio"/> Asystolie</p> <p><input type="radio"/> Schrittmacherrhythmus</p> <p>Extrasystolen <input type="radio"/> SVES <input type="radio"/> VES <input type="radio"/> monomorph <input type="radio"/> polymorph</p> <p>3.4. Atmung <input type="radio"/> nicht untersucht</p> <p><input type="radio"/> unauffällig <input type="radio"/> Rasselgeräusche <input type="radio"/> Apnoe</p> <p><input type="radio"/> Dyspnoe <input type="radio"/> Stridor <input type="radio"/> Beatmung/Tubus</p> <p><input type="radio"/> Zyanose <input type="radio"/> Atemwegverlegung</p> <p><input type="radio"/> Spastik <input type="radio"/> Schnappatmung</p> <p>3.5. Psych. Zustand</p> <p><input type="radio"/> unauffällig <input type="radio"/> aggressiv <input type="radio"/> depressiv <input type="radio"/> wahnhaft</p> <p><input type="radio"/> verwirrt <input type="radio"/> verlangsamt <input type="radio"/> euphorisch <input type="radio"/> nicht beurteilbar</p>																																																															
Augen öffnen spontan 4 auf Aufforderung 3 auf Schmerzreiz 2 kein Augenöffnen 1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																																						
beste verbale Reaktion konversationsfähig 5 orientiert 4 desorientiert 3 inadäquate Äußerung (Wortsalat) 2 unverständliche Laute 1 keine 0	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																																						
beste motor. Reaktion folgt Aufforderung 6 gezielte Abwehr 5 ungezielte Abwehr 4 Beugesynergismen 3 Streckesynergismen 2 keine Abwehr 1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																																						
<p>4. Erstdiagnose</p> <p>4.1. Erkrankung <input type="radio"/> keine</p> <p>ZNS/Neurologie</p> <p><input type="radio"/> TIA/Insult/intrakranielle Blutung</p> <p><input type="radio"/> Krampfanfall</p> <p>Herz-Kreislauf</p> <p><input type="radio"/> Angina Pectoris</p> <p><input type="radio"/> Herzinfarkt</p> <p><input type="radio"/> Rhythmusstörung</p> <p><input type="radio"/> Lungenembolie</p> <p><input type="radio"/> Herzinsuffizienz</p> <p><input type="radio"/> Lungenödem</p> <p><input type="radio"/> hypertensiver Notfall</p> <p><input type="radio"/> Orthostase</p> <p>Atmung</p> <p><input type="radio"/> Asthma</p> <p><input type="radio"/> Aspiration</p> <p><input type="radio"/> Pneumonie/Bronchitis</p> <p><input type="radio"/> Hyperventilations-Tetanie</p> <p>Abdomen</p> <p><input type="radio"/> akutes Abdomen</p> <p><input type="radio"/> gastrointestinale Blutung</p> <p><input type="radio"/> Kolik</p>	<p>Psychiatrie</p> <p><input type="radio"/> Psychose/Depression/Manie</p> <p><input type="radio"/> Erregungszustand</p> <p><input type="radio"/> Intoxikation</p> <p><input type="radio"/> Alkohol/Drogen/Medikamente</p> <p><input type="radio"/> Entzug</p> <p><input type="radio"/> Alkohol/Drogen/Medikamente</p> <p><input type="radio"/> Suizidversuch</p> <p><input type="radio"/> soziale Krise</p> <p>Stoffwechsel</p> <p><input type="radio"/> Hypoglykämie</p> <p>Pädiatrie</p> <p><input type="radio"/> Fieberkrampf</p> <p><input type="radio"/> Pseudokrupp</p> <p><input type="radio"/> SIDS</p> <p>Gynäkologie / Geburtshilfe</p> <p><input type="radio"/> Geburt</p> <p><input type="radio"/> vaginale Blutung</p> <p>Sonstiges</p> <p><input type="radio"/> anaphylakt. Reaktion</p> <p><input type="radio"/> Unterkühlung</p> <p><input type="radio"/> Ertrinken</p> <p><input type="radio"/> sonstige Intoxikation</p> <p><input type="radio"/> Exsikkose</p>	<p>4.2. Verletzungen <input type="radio"/> keine</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td>keine</td> <td>leicht</td> <td>mittel</td> <td>schwer</td> <td>Unfallzeitpunkt</td> </tr> <tr> <td>Schädel-Hirn</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Gesicht</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>HWS</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Thorax</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Abdomen</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Wirbelsäule BWS/LWS</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Becken</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Obere Extremitäten</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Untere Extremitäten</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> <tr> <td>Weichteile</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td>[] [] [] [] [] []</td> </tr> </table> <p><input type="radio"/> Verbrennung/Verbrühung Unfallmechanismus</p> <p>Grades _____% Trauma: stumpf <input type="radio"/> penetrierend <input type="radio"/></p> <p>Grades _____% Sturz > 3 m Höhe <input type="radio"/></p> <p><input type="radio"/> Inhalationstrauma Verkehr: als Fußgänger angefahren <input type="radio"/></p> <p><input type="radio"/> Elektrounfall PKW/LKW-Insasse <input type="radio"/></p> <p><input type="radio"/> andere Zweiradfahrer <input type="radio"/></p> <p>Polytrauma <input type="radio"/></p> <p>sonst. <input type="radio"/></p> <p>Erstdiagnose _____</p> <p>ICD 1 [] [] [] [] [] [] ICD 2 [] [] [] [] [] [] ICD 3 [] [] [] [] [] []</p>		keine	leicht	mittel	schwer	Unfallzeitpunkt	Schädel-Hirn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Gesicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	HWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Thorax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Abdomen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Wirbelsäule BWS/LWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Obere Extremitäten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Untere Extremitäten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []	Weichteile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []			
	keine	leicht	mittel	schwer	Unfallzeitpunkt																																																																		
Schädel-Hirn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Gesicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
HWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Thorax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Abdomen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Wirbelsäule BWS/LWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Obere Extremitäten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Untere Extremitäten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		
Weichteile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	[] [] [] [] [] []																																																																		

Abb.1 ▲ DIVI-Notarzteinsetzprotokoll Version 4.2

Publikation VIII

Increased authenticity in practical assessment using emergency case OSCE stations

Miriam Ruesseler · Michael Weinlich · Christian Byhahn ·
Michael P. Müller · Jana Jünger · Ingo Marzi · Felix Walcher

Received: 25 February 2009 / Accepted: 2 July 2009 / Published online: 17 July 2009
© Springer Science+Business Media B.V. 2009

Abstract In case of an emergency, a fast and structured patient management is crucial for patient's outcome. The competencies needed should be acquired and assessed during medical education. The objective structured clinical examination (OSCE) is a valid and reliable assessment format to evaluate practical skills. However, traditional OSCE stations examine isolated skills or components of a clinical algorithm and thereby lack a valid representation of clinical reality. We developed emergency case OSCE stations (ECOS), where students have to manage complete emergency situations from initial assessment to medical treatment and consideration of further procedures. Our aim was to increase the authenticity and validity in the assessment of students' capability to cope with emergency patients. 45 students participated in a 10-station OSCE with 6 ECOS and 4 traditional OSCE stations. They were assessed using a case-specific checklist. An inter-station and post-OSCE-questionnaire was completed by each student to evaluate both ECOS and traditional OSCE. In this study, we were able to demonstrate that ECOS are feasible as time-limited OSCE stations. There was a high acceptance on both students and examiners side. They rated ECOS to be more realistic in comparison to the traditional OSCE scenarios. The reliability estimated via Cronbach's α for the 6 ECOS is high (0.793). ECOS

M. Ruesseler (✉) · I. Marzi · F. Walcher
Department of Trauma Surgery, Johann Wolfgang Goethe-University, Theodor-Stern-Kai 7,
60590 Frankfurt/Main, Germany
e-mail: miri@mruesseler.de; miriamruesseler@yahoo.com.au

M. Weinlich
Med Con Team, CEO, Reutlingen, Germany

C. Byhahn
Department of Anaesthesiology, Intensive Care Medicine and Pain Therapy,
Johann Wolfgang Goethe-University, Frankfurt, Germany

M. P. Müller
Department of Anaesthesiology and Critical Care Medicine, Carl Gustav Carus Technical University,
Dresden, Germany

J. Jünger
Medical Hospital, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

offer a feasible alternative to the traditional OSCE stations with adequate reliability to assess students' capabilities to cope with an acute emergency in a realistic encounter.

Keywords Assessment · Authenticity · Clinical skills · Emergency medicine · Reliability

Introduction

In case of an emergency, a fast and structured patient management algorithm is crucial for patient's outcome. Every physician and graduating medical student should possess a broad basic level of competence in the diagnostics, care and management of common emergencies as reasonably expected by society (Burdick et al. 1998). The achievement of this competency should be one of the fundamental learning objectives in the education of undergraduate medical students in emergency medicine. To assure that all students meet these learning objectives as expected, an ongoing assessment is needed.

Traditional formats of clinical examinations lack objectivity as the students are assessed on different patients by different examiners who mark the candidates subjectively. The objective structured clinical examination (OSCE) has been shown to be a valid and reliable assessment instrument for clinical competence in a comprehensive, consistent and structured manner (Crossley et al. 2002; Harden and Gleeson 1979; Hodges 2003a, b; Hodges et al. 1998). It combines the simulated reality of clinically relevant interactions, standardization of the testing situations, and use of multiple observations by multiple examiners (van der Vleuten and Swanson 1990). The examinee circulates through a series of assessment stations, in which elements of clinical competence are evaluated. To minimize subjective bias, all examinees face the same predefined clinical task in a standardized scenario, having the same time limit. The examiner uses a standardized objective checklist where he ticks off the items while observing the scenario. Since its inception by Harden et al. (1975), the OSCE is increasingly used as formative and summative assessment in various medical disciplines, e.g. as a major part of the certification for all Canadian and American medical graduates. In its Medical Student Educator's Handbook, the Society of Academic Emergency Medicine describes the OSCE as one possible assessment tool in emergency medicine (Farrell 2009), but compared to many other medical disciplines, studies about the use of an OSCE in emergency medicine are rarely found in literature.

As major learning objective in emergency medicine, the students should be able to handle an emergency by using standardized algorithms until a professional resuscitation team arrives. This requires a certain level of clinical competence with the ability to rapidly access the acquired competencies in knowledge, skills, problem solving skills and attitudes. In order to assess these competencies, we were dissatisfied with the traditional OSCE stations, as those measure isolated skills or separated components of a complete workflow and thereby lack a valid representation of a real clinical encounter.

As we judge the ability to properly integrate particular skills and abilities into a complete workflow as most important and crucial in the treatment of an emergency patient, we developed the emergency case OSCE stations (ECOS). Here, the examinees have to perform the entire pre-hospital or in-hospital emergency management including primary and secondary survey, initial pre-hospital therapy and organization of further treatment.

This study seeks to determine if ECOS can be conducted as practical examination in emergency medicine with similar results regarding aspects of feasibility, reliability and acceptance in comparison to the traditional format of OSCE stations.

Methods

Study design

Based on a blueprint representing the curricular goals and objectives for undergraduate students in emergency medicine a ten station OSCE was designed (Hodges et al. 2002; Newble 2004). It consisted of six ECOS, three with standardized patients (SP) (van der Vleuten and Swanson 1990), and three with manikins using Resusci Anne Simulator (Laerdal, Stavanger, Norway); as well as four traditional OSCE stations (Table 1). The ECOS reflect real cases adapted to the course contents. The scenario scripts included a detailed description of the case, SP's portrayal of the patient, with actual medical problem, setting, vital parameters, important personal, medical and family history, as well as detailed information for assistant and examiner (Hodges et al. 2002) ("Appendix"). The scenarios were revised with consensus input by the core group of instructors comparing its content with the undergraduate curriculum, as well as input by further experts involved in emergency practice and education of medical students. The aim was to assess the content validity of both scenarios and checklist. The traditional OSCE stations comprise isolated fragments of the management workflow e.g. preparation and insertion of an intraosseous access.

All scenarios were piloted and evaluated amongst students as well as amongst emergency physicians and paramedics to refine the scenarios, to revise the checklists and to define the time frame for the stations. Furthermore, the whole circle was evaluated in test runs with faculty members as examinees. Both test run and study were conducted at Simulation Centre of the University Hospital Frankfurt (Frankfurt Institute of Emergency Medicine and Simulation Training 2009). The Institute offers various authentic scenario rooms, e.g. ambulance room, living room, for the realistic simulation of clinical events.

Study participants

Study participants were 45 final year medical students at Johann Wolfgang Goethe University in Frankfurt/Main, Germany. They were randomly selected of all 173 final year medical students and asked for participation via email. Participants provided informed consent prior to the beginning of the study. They had all completed the obligatory emergency medicine training consisting of lectures, Basic and Advanced Cardiac Life Support Training (BLS, ACLS), 3 day shifts on ambulance vehicles and passed the written examinations. Study participants did not participate in the test runs prior to the study.

Study protocol

A maximum of eight students participated in each OSCE circle. Two OSCE circles were run simultaneously at a time. In 3 runs, all 6 OSCE circles of this study were run in the same day. Based on the result of the pilot runs, a time frame of 8 min was given for completing each ECOS, as well as 4 min for the traditional OSCE stations. After each

Table 1 Detailed description of the scenarios

Scenario	Setting	Tasks
ECOS		
ACS	54 year male	Perform basic and extended assessment (ECG,...)
	Banker	Collect actual and past medical history (risk factors,...)
	At his office	Initiate pre-hospital medical therapy
		Initiate rapid transport to clinic (intracardiac catheter)
Stroke	70 year female	Perform basic and extended assessment (neurologic,...)
	Pensioner	Collect actual and past medical history (risk factors,...)
	In her living room	Initiate pre-hospital medical therapy
		Initiate rapid transport to clinic (stroke unit)
Asthma	26 year male	Perform basic and extended assessment
	Law student	Collect actual and past medical history (medication,...)
	Room in dormitory	Initiate pre-hospital medical therapy
		Initiate transport into emergency department
Trauma	32 year male	Perform basic and extended assessment (bodycheck)
	Building worker	Short history, stabilization of fractures
	At construction site	Initiate pre-hospital medical therapy (analgesia,...)
		Initiate rapid transport to trauma center
In hospital CPR	64 year female	Perform the steps of basic and advanced life support
	Patient	According to guidelines as team leader
	On the ward	Post resuscitation care and handover at ICU
Prehospital CPR	58 year male	Perform BLS with AED according to the guidelines
	Business economist	Instruct and guide assistant
	At the airport	Report and handover to resuscitation team
Traditional OSCE		
ECG		Attachment of 12 channel ECG
		Interpretation of the ECG
Io-Access		Preparation of material and patient
		Insertion and fixation of the intraosseous access
		Attachment of iv-fluid
Motorcyclist		Instruct and guide assistant
		Helmet removal
		Attachment of stiff neck
Baby CPR		Perform 1 min of CPR according to the guidelines
		Call for help
		Continue CPR until resuscitation team arrives

ACS acute coronary syndrome, ECG electrocardiogram, CPR Cardiopulmonary resuscitation, ICU intensive care unit, AED automatic external defibrillator

ECOS, or two traditional OSCE stations, respectively, students were given 2 min to fill out an evaluation form and for changeover. Each student was asked to manage each scenario as he/she would do as physician in charge using all resources available. For each of the ECOS, students had an actor to their side playing the role of a nurse for in-house emergencies and that of a paramedic for pre-hospital scenarios, respectively. Students could order to assist them in managing the patient, e.g. blood pressure measurement, IV-line insertion or drug administration. Both SP and assistant were extensively trained together in preparation for their roles in reading and practical training (Battles et al. 2004; Boursicot and Roberts 2005). An expert panel defined the criteria for the outcome measurements of feasibility as following: 90% of the participants should complete the tasks of the station within the given time frame of 8 min for the ECOS, 4 min for the traditional OSCE, respectively; the ECOS should not require any additional material as those present in the training center; the tasks should be comprehensible without any other support than the stem and should be practicable without any other support except the actor (nurse/paramedic); all participants should identify the underlying clinical picture.

Measurements

The students were scored during performance by the examiners using checklists (Hodges et al. 2002; Selby et al. 1995). The checklists were designed based on the learning objectives of students' emergency medicine program and covered the abilities in emergency treatment expected by every doctor. The checklists were task-specific but had an identical structure based on the ABCD algorithms taught in the ACLS training and comprise rigorous step-by-step procedures (Stufflebeam 2000). Checklists were reviewed for completeness and accuracy by an expert panel of AHA instructors, emergency physicians, and OSCE experts of other faculties. Based on the experiences at other faculties, the panel decided to summon up the items of each ECOS to an overall score of 25 points, 12.5 points for the traditional OSCE station as they take place in half of the time, respectively. Among the expert panel the weighting and scoring of each item was discussed and defined based on the importance and significance of the learning objective of student's training and its importance in the scenario.

The examiners ($n = 17$) were not part of the expert panel and neither involved in the scenario design nor in the checklist item weighting. The examiners received the dichotomous checklist, where each item scored as done/correct or not done/incorrect and were blinded towards the item weighting. The examiners participated in a half-day training session, where they received an introduction into the OSCE and the scenarios, and gained experience in the use of checklists by scoring videos of the pilot runs.

The students completed a nine item inter-scenario questionnaire after each scenario as well as a 30-item post-OSCE questionnaire at the end of the OSCE. The inter-scenario questionnaire covered students' judgement about the given time limit and station difficulty on a 3-point Likert Scale (difficult–moderate–easy). In the post-OSCE questionnaire students were asked to evaluate aspects of the content, structure, design and organization. They were asked to choose their preferred station as well as the most authentic station out of all ten stations. Furthermore, they should give their opinion about the usefulness of the OSCE compared to other assessment formats which they experienced previously (Multiple Choice Questions = MCQ, unstructured oral examination).

Moreover, a review session followed the OSCE conducted with all participants (students, SP, assistant/actor, examiners) for opinions, criticism and suggestions for improvements. Demographic data were obtained including gender and university years.

Data analysis

Once Gaussian distribution of the data was verified, values are presented as number or percent, or mean and standard deviation as appropriate, while difficulty (P) is expressed as relative mean referring to the maximum score. Discriminatory power was calculated as Pearson coefficient of correlation (r') with part-whole-correction. Checklist score reliability was estimated using Cronbach's' alpha (α) coefficient as recommended by Streiner and Norman (2003a, b). Statistical analysis was performed using SPSS 12.0 for the checklist and Microsoft Excel for the evaluation.

Results

All 45 students (male $n = 24$, female $n = 21$) consented to participate and completed the entire OSCE circle. All participating students had successfully completed their emergency medicine training within the last 6 months prior to the OSCE. Seven students had further experience in emergency medicine. Two were paramedics, another five had participated in additional ambulance vehicles shifts on a voluntary basis.

All four traditional OSCE stations and six ECOS were feasible as planned within the given time limit. All feasibility criteria could be fulfilled as defined.

Table 2 reports descriptive statistics about student's performance on each scenario. The checklist item results for each station show no significant differences between the average scores in ECOS and traditional format OSCE station. The P as average related to the maximum score relates to the difficulty of each OSCE station. A difficulty between 0.6 and 0.9 should be reached. A difficulty above 0.9 means the scenario or the checklist scoring is too easy. All scenarios met the requirements. There are no significant differences in the difficulties between ECOS and traditional OSCE scenario, even though the traditional

Table 2 Descriptive statistics about students' performance in ECOS and traditional OSCE stations

Format	Scenario	Average (\pm SD)	P^*	r'^a
ECOS				
SP	Acute coronary syndrome	20.48 (\pm 2.69)	0.81	0.684
	Ischemic stroke	19.83 (\pm 2.83)	0.79	0.709
	Acute asthma	19.06 (\pm 2.96)	0.76	0.708
Manikin	Trauma	18.60 (\pm 3.17)	0.74	0.808
	Inhospital CPR	20.17 (\pm 2.28)	0.81	0.621
	Prehospital CPR with AED	21.88 (\pm 1.98)	0.87	0.593
Traditional OSCE				
	ECG attachment and interpretation	11.03 (\pm 1.19)	0.88	0.519
	Preparation and insertion of an intraosseous access	10.27 (\pm 1.45)	0.82	0.612
	Motorcyclist accident: helmet removal and stiff neck	10.43 (\pm 1.63)	0.83	0.620
	Baby CPR as first responder	10.32 (\pm 1.47)	0.83	0.560

* P (Difficulty): mean related to maximum score (ECOS: 25, OSCE: 12.5)

^a r' (Discriminatory power as coefficient of correlation with part-whole-correction)

ECOS emergency case OSCE station, SP simulated patient, AED automatic external defibrillation

OSCE scored as slightly easier. Discriminatory power r' as coefficient of correlation with part-whole-correction of every station's score with total-station score of each examination format, demonstrates adequate results for all ECOS and OSCE scenarios.

In order to determine the reliability, Cronbach's alpha was estimated as 0.836 for the overall OSCE, as 0.793 for the ECOS. The reliability score for the traditional OSCE stations is 0.698 which in regard to the small number of traditional OSCE stations is above expectation.

There was a 100% return rate of the evaluation forms on student's side, 92.8% for examiners, respectively. Students and examiners rated the OSCE to be a fair assessment which reflects the contents of their courses (Table 3). The students favor the OSCE as overall assessment format (Fig. 1), in particular for the assessment of practical skills. For assessing factual knowledge, students prefer oral examination. Student's evaluation of the preference of the stations showed that the students prefer the ECOS (Fig. 2), especially

Table 3 Students' evaluation on the complete emergency OSCE circle given is percentage of participants who agreed in the respective item

Item	Totally agree	Agree	Neutral	Disagree	Absolutely disagree
The OSCE circle					
Is fair	51	49	0	0	0
Tests relevant aspects of medical	73	27	0	0	0
Education in emergency medicine					
Reflects the contents taught	49	33	18	0	0
Measures essential clinical skills	73	25	2	0	0
Highlights areas of weakness	76	24	0	0	0
Is stressful	13	42	31	9	5
Is fun	69	31	0	0	0
Is well organized	73	27	0	0	0

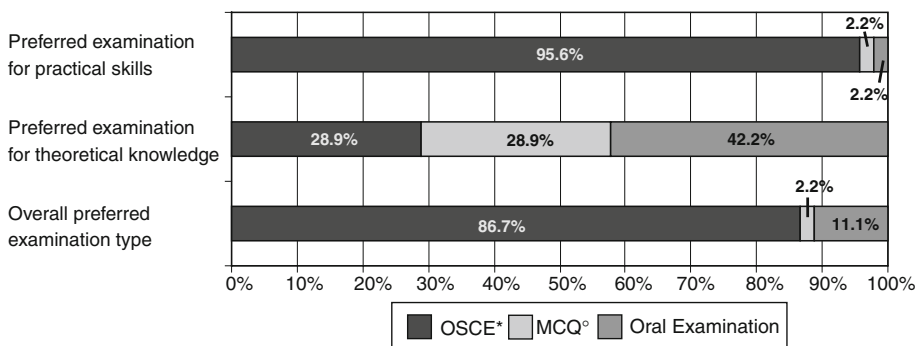


Fig. 1 Students' preferences in the assessment format for evaluating practical skills, theoretical knowledge and as overall preferred assessment format. * OSCE objective structured clinical examination, ° MCQ multiple choice questions

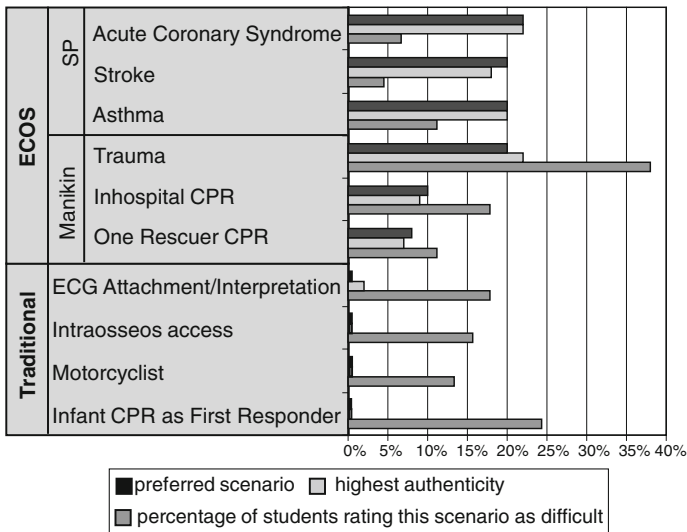


Fig. 2 Preference, authenticity and difficulty rating of OSCE scenarios. *Black* preferred scenario, *light grey* highest authenticity, *dark grey* percentage of students rating this scenario as difficult on a 3-point scale (difficult–moderate–easy). *ECOS* emergency case OSCE station, *SP* simulated patient, *CPR* cardiopulmonary resuscitation)

those with SP. They furthermore rated the ECOS to be significantly more authentic compared to traditional OSCE stations. Regarding difficulty of the scenario, students evaluated the trauma scenario to be the most difficult. This subjective rating corresponds to the objective results of stations difficulty in the P score as well as in the mean score achieved in this scenario (Table 2). Students rated other ECOS to be easier than the traditional OSCE stations. This rating does not correspond to the P scores as objective measure for the difficulty of the scenarios. Based on this tool, the traditional OSCE stations tend to be easier than the ECOS.

The examiners rated the complete OSCE circle to assess relevant competencies needed for every medical student to handle acute emergencies.

Discussion

The aim of the undergraduate medical curriculum is to form a competent, professional doctor (van der Vleuten 2000). The training in emergency medicine should enable the developing doctor to determine life threatening conditions and to treat them adequately. Assessments during training and as final examination seek to determine whether the student is getting closer towards this aim. The objective structured clinical examination tests clinical competence in practical skills corresponding to the “Shows how”-Level of Miller’s Pyramid of Knowledge (Miller 1990). However, the traditional OSCE stations examine isolated skills or components. This is appropriate at early stages of medical education in order to evaluate whether the students master the steps of basic skills or competencies. But as the learner progresses, the learning objectives increase towards

complex procedural and clinical skills and the integration of these skills into the clinical workflow. For this level of competence, the traditional format of OSCE risks fragmentation and trivialization of what should be a coherent whole (van der Vleuten and Schuwirth 2005). In order to come closer to clinical reality and to have a better predictor of students' capability to cope with a real emergency, the ECOS were developed. Herewith, we follow two actual movements in the assessment of professional competence (van der Vleuten and Schuwirth 2005). The movement towards a 'whole-task' approach to assess the integration of competencies and the authenticity movement towards assessment in the setting of day-to-day practice.

In this study, we were able to demonstrate that these movements meet a high acceptance on the side of both learners and examiners corresponding to previous studies (Lunenfeld et al. 1991). Students' preference of the ECOS corresponds with their rating of authenticity. Students prefer to be assessed in relevant practical skills in a realistic encounter, even though this is more complex and demands a higher level of competence. Against our expectations, students rated the complex ECOS to be easier than the traditional OSCE, except the ECOS trauma scenario. They argue the integration into the complete scenario facilitates handling the single tasks. The scenarios in an ECOS have a high relevance for their future clinical practice and the realistic encounter helps them to determine whether they are ready to cope with real life situations. Furthermore the students confirm the influence of practical and realistic assessment on the learning behavior. Participation in the ECOS encourages them to emphasize on the learning of practical skills rather than large volumes of factual knowledge (Johnson and Reynard 1994; Lunenfeld et al. 1991).

As assessment drives learning, we expect the students to study more intensively the practical skills and algorithms of emergency management. Further studies are required to evaluate if ECOS has a positive impact on the long term retention of knowledge and skills and on the behavior and handling in the management of emergencies in clinical practice and thereby may influence patient's outcome. In addition, further studies are required to identify the effect of ECOS, as well as of OSCE in general, on student's performance in 'reality'. Hodges (2003b) critically comments on the OSCE as dramatic performance where the students as actors play their designated part which is their 'doctors' performance. This performance can in some part be extrapolated to the 'real world'. However, the 'real' performance is also affected by the OSCE. The effect of OSCE and especially of ECOS on creating social interactions and creating a certain behavior as students learn to 'play' the role of 'The doctor' must be the content of further studies.

Reliability refers to the reproducibility, consistency and precision with which any examination test what it is supposed to test (Newble 2004; van der Vleuten 1996). It is of vital concern in any test in which decisions are made that may affect a student's future (Downing 2004). For different OSCEs reliability coefficients between 0.41 and 0.88 have been reported (Barman 2005). Streiner and Norman (2003a, b) state the Cronbach's alpha should be above 0.7 for high stake examinations, but not higher than 0.9. In our study, the ECOS achieved a Cronbach's alpha of 0.793. Thereby, we were able to demonstrate that regarding the reliability, ECOS can be used as high stake examination.

With this study, we were able to demonstrate that the ECOS are as feasible as time-limited OSCE stations. Making the ECOS scenarios as realistic as possible requires considerably more equipment and appropriate locations in comparison to the traditional OSCE, but we were able to adhere to the predefined feasibility criteria. The ECOS appear to be more manpower-intensive because they require two to three persons

(examiner, SP/manikin and nurse/paramedic) in comparison to the need of one to two persons (examiner, SP/manikin) in the traditional OSCE stations. On the other hand, one ECOS combines the learning objectives of several tasks in one, which otherwise must be tested in more than one traditional OSCE stations (e.g. taking patient's history in an emergency, physical examination, initiation of medical therapy). Furthermore, less ECOS are needed to achieve the level of an acceptable reliability. Considering, one ECOS to approximately equal three traditional OSCE stations, in exemplary account, thus five ECOS would correspond to approximately 15 traditional OSCE stations. Thereby, five ECOS require 10–15 staff (SP, manikin respectively included), where 15 traditional OSCE require 15–30 staff. Considering this, ECOS are as personal-intensive as traditional OSCE stations.

In order to have an adequate domain sample, we would recommend at least seven to eight ECOS (based on our blueprint representing the learning objectives), whereas several authors propose a minimum of 14–18 traditional OSCE station in order to achieve an adequate sample size (van der Vleuten 1996).

Regarding the level of competence we intended to assess according to the level of education of the students, the ECOS are superior to the traditional OSCE format. Furthermore they are superior to similar case-based tasks included in the 'Megacode' portion of most standardized courses like ALS or ACLS, as they offer the advantages of the OSCE format like having an adequate sample size and a high standardization of the task. Further, OSCE-related advantages are the high level of objectivity due to the fact that all examinees face the same predefined clinical task in a standardized scenario, having the same time limit, being evaluated on a standardized objective checklist, combined with the high level of authenticity due to the ECOS-design.

This study had several limitations. It was conducted within a single cohort of last year medical students at a single medical school. The sample size ($n = 45$) was relatively small. This might restrict the explanatory power of this study, however, does not diminish the significant results.

The study was conducted in the same day with three OSCE conduits consecutively. The students of first and last conduit had the chance to meet and exchange information and experiences about the OSCE circle. As it was a voluntary study without any effect on student's certifications, we considered this possibility to be marginal. This was approved by our study results as there were no significant differences between the OSCE circuit groups.

A major limitation of studies regarding teaching methods and examinations is the transferability from the study center to other medical school. To our mind, the ECOS are applicable at other medical schools as the equipment needed should be part of the standard resuscitation material existing in every hospital. To our mind, the ECOS can also be reproduced in less resourceful environments.

The aim of our curriculum in emergency medicine is that all students, irrespective of their future medical occupation, should achieve a certain level of competence in emergency medicine. Herewith, we do not want all medical students to become experts (emergency physician) but we want them all to be able to handle managing medical emergencies in a certain level of competence. To our mind, the value of ECOS as final assessment in emergency medicine lies in both its potential as retrospective measure of competence achievement in emergency medicine as well as a prospective measure of potential of the becoming doctor.

Conclusion

In conclusion, this study demonstrates the feasibility of ECOS as assessment tool for advanced practical skills in emergency medicine with good reliability. The acceptance of both students and examiners is high. They both rate the ECOS to be more relevant and satisfactory due to the realistic clinical encounter. We believe that the assessment to certify the competencies in managing acute emergencies should be as realistic as possible and ECOS offers a good possibility to do so. ECOS will be introduced in the undergraduate curriculum at Frankfurt Medical School as final examination of the emergency medicine curriculum.

Acknowledgments M. R. had full access to all the data in the study and takes responsibility for the integrity of the data and the accuracy for the data analysis. None of the authors had potential conflicts of interest. We would like to thank the clinicians, paramedics and course instructors who contributed to the construction and evaluation of scenarios and marking schemes. Our special thanks go to the students, examiners, standardized patients and assistants who took part in this study.

Appendix

Stem

You are the emergency physician on standby service together with your paramedic.

You are called to an office, where a 54 year old male complains of chest pain.

Simulated patient's role

Name	Frederik Wolter
Age	54 (date of birth: September 16, 1954)
Sex	Male
Weight	Normal weight
Appearance	Business style (suit, shirt, tie)
Profession	Financial Manager

Actual complaints

Main complaints	Chest pain (retrosternal), tightness in the chest
Chronology	Sudden onset 20 min ago
Intensity	8 on a scale of 10
Attendant symptoms	Sweaty, radiation to the left arm no correlation to respiration

Patient's history

Smoking	Heavy smoker for 14 years, approx. 2–3 pack per day
Alcohol	Regularly 1–2 beer while watching TV

Blood pressure	“My blood pressure is increased according to my GP!” “I don’t know how high it normally is!” “My GP prescribed me some stuff, but what should I take it for. Tablets will not remove the stress in my job.”
Cholesterol	“My GP says its increased.”
Blood sugar	Until now not known
Heart	Chest pain at physical strain e.g. climbing stairs “So I take the elevator!”
Medication	“My GP prescribed me some stuff, but what should I take it for. Tablets will not remove the stress in my job.”
Stress	Ongoing stress due to a major project he is responsible for
Social	Married, 2 children
Family	Father died from a heart attack aged 51 Mother had a stroke in 2004 in nursing home since then Siblings none

Scenario

First sentence (Answer of the reason for the emergency call)

“I have got very bad chest pain!”

Question: Since when/What happened?

“I had a heavy argument with one of my colleagues about 20 min ago!”

Attitude

Agitated, anxious, do not hyperventilate, despaired, burned out

Comments during scenario (esp. when examinee is at a loss)

“What is wrong with me?”

“Can I go on with my project? You must know it has to be ready in 3 days!”

“I should have listened to my GP!”

This data will only be mentioned when examinee asks them directly

Onset of symptoms

Localisation and radiation of symptoms

Past medical history

Previous episodes of chest pain

Family history

Smoking and alcohol

Setting

Office with two desks, each one with computer and several telephones and cell phones. Desks cramped with ring binders and papers. Phones are ringing all the time. Filled ashtray and coffee cups on the desk.

Several fully labeled white boards beside the desks.

Checklist

Taking actual and past medical history

Introduction (name, function)	Yes	No
Actual complaints	Yes	No
Beginn of complaints	Yes	No
Radiation	Yes	No
Risk factors		
smoking	Yes	No
cholesterol	Yes	No
high blood pressure	Yes	No
previous episodes of angina	Yes	No
previous infarction	Yes	No
Actual medication	Yes	No

A Airway

Check Airway	Yes	No
--------------	-----	----

B Breathing

Auscultation	Yes	No
Oxygen saturation	Yes	No
Administration of oxygen	Yes	No

C Circulation

Check pulse	Yes	No
Blood pressure measurment	Yes	No
12 channel ECG	Yes	No
Correct identification of ST elevation	Yes	No
Establish iv-access	Yes	No

D Drugs

GTN sublingual	Yes	No
	Dosage: _____	
after iv-access	Yes	No
after blood pressure measurement	Yes	No
Morphine	Yes	No
	Dosage: _____	
Antiemetic: _____	Dosage: _____	
Aspirin	Yes	No

	Dosage: _____
β -blocker	Yes No
Further medication: _____	Dosage: _____
_____	Dosage: _____

Initiate transport to clinic

Ask for rapid transport	Yes	No
Ask for appropriate hospital		
Hospital of maximum care	Yes	No
with intracardiac catheter	Yes	No
Patient's bedding	even	elevated

Report and handover

Patient's name and age	Yes	No
Patient's complaints	Yes	No
Important medical findings and risk factors	Yes	No
Initiated medical therapy	Yes	No

References

- Barman, A. (2005). Critiques on the objective structured clinical examination. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 34, 478–482.
- Battles, J. B., Wilkinson, S. L., & Lee, S. J. (2004). Using standardised patients in an objective structured clinical examination as a patient safety tool. *Quality & Safety in Health Care*, 13, 46–50.
- Boursicot, K., & Roberts, T. (2005). How to set up an OSCE. *The Clinical Teacher*, 2, 16–20.
- Burdick, W. P., Jouriles, N. J., D'Onofrio, G., Kass, L. E., Mahoney, J. F., & Restifo, K. M. (1998). Emergency medicine in undergraduate education. SAEM Education Committee, Undergraduate Subcommittee, Society for Academic Emergency Medicine. *Academic Emergency Medicine*, 5, 1105–1110.
- Crossley, J., Humphris, G., & Jolly, B. (2002). Assessing health professionals. *Medical Education*, 36, 800–804.
- Downing, S. M. (2004). Reliability: On the reproducibility of assessment data. *Medical Education*, 38, 1006–1012.
- Farrell, S. (2009). *Evaluation of student performance: Clinical and professional performance*. SAEM medical student educators' handbook. Retrieved February 22, 2009, from <http://www.saem.org/download/hand-4.pdf>.
- Frankfurt Institute of Emergency Medicine and Simulation Training. (2009). Retrieved June 2, 2009, from www.finest-online.org.
- Harden, R. M., & Gleeson, F. A. (1979). Assessment of clinical competence using an objective structured clinical examination (OSCE). *Medical Education*, 13, 41–54.
- Harden, R. M., Stevenson, M., Downie, W. W., & Wilson, G. M. (1975). Assessment of clinical competence using objective structured examination. *British Medical Journal*, 1, 447–451.
- Hodges, B. (2003a). Validity and the OSCE. *Medical Teacher*, 25, 250–254.
- Hodges, B. (2003b). OSCE! Variations on a theme by Harden. *Medical Education*, 37, 1134–1140.
- Hodges, B., Hanson, M., McNaughton, N., & Regehr, G. (2002). Creating, monitoring, and improving a psychiatry OSCE: A guide for faculty. *Academic Psychiatry*, 26, 134–161.

- Hodges, B., Regehr, G., Hanson, M., & McNaughton, N. (1998). Validation of an objective structured clinical examination in psychiatry. *Academic Medicine*, *73*, 910–912.
- Johnson, G., & Reynard, K. (1994). Assessment of an objective structured clinical examination (OSCE) for undergraduate students in accident and emergency medicine. *Journal of Accident and Emergency Medicine*, *11*, 223–226.
- Lunenfeld, E., Weinreb, B., Lavi, Y., Amiel, G. E., & Friedman, M. (1991). Assessment of emergency medicine: A comparison of an experimental objective structured clinical examination with a practical examination. *Medical Education*, *25*, 38–44.
- Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, *65*(Suppl. 9), 63–67.
- Newble, D. (2004). Techniques for measuring clinical competence: Objective structured clinical examinations. *Medical Education*, *38*, 199–203.
- Selby, C., Osman, L., Davis, M., & Lee, M. (1995). Set up and run an objective structured clinical exam. *BMJ*, *310*, 1187–1190.
- Streiner, D. L., & Norman, G. (2003a). Reliability. In D. L. Streiner & G. Norman (Eds.), *Health measurement scales: A practical guide to their development and use* (pp. 126–152). Oxford: Oxford University Press.
- Streiner, D. L., & Norman, G. (2003b). Selecting the items. In D. L. Streiner & G. Norman (Eds.), *Health measurement scales: A practical guide to their development and use* (pp. 61–79). Oxford: Oxford University Press.
- Stufflebeam, D. L. (2000). *The checklists development checklist*. Western Michigan University Evaluation Center. Retrieved February 22, 2009, from <http://www.wmich.edu/evalctr/checklists/cdc.htm>.
- van der Vleuten, C. (1996). The assessment of professional competence: Developments, research and practical implications. *Advances in Health Sciences Education*, *1*, 41–67.
- van der Vleuten, C. (2000). Validity of final examinations in undergraduate medical training. *BMJ*, *321*, 1217–1219.
- van der Vleuten, C. P., & Schuwirth, L. W. (2005). Assessing professional competence: From methods to programmes. *Medical Education*, *39*, 309–317.
- van der Vleuten, C., & Swanson, D. (1990). Assessment of clinical skills with standardized patients: State of the art. *Teaching and Learning in Medicine*, *2*, 58–76.

Publikation IX

Simulation training improves ability to manage medical emergencies

Miriam Ruesseler,¹ Michael Weinlich,² Michael P Müller,³ Christian Byhahn,⁴ Ingo Marzi,¹ Felix Walcher¹

¹Department of Trauma Surgery, J.W. Goethe University Hospital, Frankfurt, Germany

²Med Con Team, CEO, Reutlingen, Germany

³Department of Anaesthesiology and Critical Care Medicine, University Hospital Carl Gustav Carus, University of Technology, Dresden, Germany

⁴Department of Anaesthesiology, Intensive Care Medicine and Pain Therapy, J.W. Goethe University Hospital, Frankfurt, Germany

Correspondence to

Miriam Ruesseler, Department of Trauma Surgery, J.W. Goethe University Hospital, Theodor-Stern-Kai 7, Frankfurt 60590, Germany; miri@mruesseler.de

Accepted 30 August 2009

ABSTRACT

Objective In the case of an emergency, fast and structured patient management is crucial for a patient's outcome. Every physician and graduate medical student should possess basic knowledge of emergency care and the skills to manage common emergencies. This study determines the effect of a simulation-based curriculum in emergency medicine on students' abilities to manage emergency situations.

Methods A controlled, blinded educational trial of 44 final-year medical students was carried out at Frankfurt Medical School; 22 students completed the former curriculum as the control group and 22 the new curriculum as the intervention group. The intervention consists of simulation-based training with theoretical and simulation-based training sessions in realistic encounters based on the Basic Life Support (BLS), Advanced Cardiac Life Support (ACLS) and adapted Advanced Trauma Life Support (ATLS) training. Further common emergencies were integrated corresponding to the course objectives. All students faced a performance-based assessment in a 10 station Objective Structured Clinical Examination (OSCE) using checklist rating within a maximum of 4 months after completion of the intervention.

Results The intervention group performed significantly better at all of the 10 OSCE stations in the checklist rating ($p < 0.0001$ to $p = 0.016$).

Conclusions The simulation-based intervention offers a positively evaluated possibility to enhance students' skills in recognising and handling emergencies. Additional studies are required to measure the long-term retention of the acquired skills, as well as the effect of training in healthcare professionals.

INTRODUCTION

A fast and structured patient management algorithm is crucial for the outcome of acutely ill and injured patients. Society has a right to expect that all physicians possess the basic knowledge and skills to manage common emergencies.¹ All students graduating from medical school should be capable of handling emergencies, as they are generally the first on scene as residents.

One method to teach practical skills is through simulation. Simulation has been used to increase knowledge, to provide opportunities for deliberate and safe practice, and to shape the development of clinical skills in diverse specialities and for various skills.^{2–5} However, only few studies address the effect of simulation training regarding its effectiveness on practical skills in comparison with other teaching methods,² especially in emergency

medicine. Ten Eyck *et al*⁶ demonstrated in a randomised controlled trial the improved performance of fourth-year medical students in a simulation format on a multiple choice examination in comparison with case-based group discussions. However, they lack the measurement on students' practical skills. Steadman *et al*⁷ demonstrated superior effectiveness of simulation training in comparison to an interactive problem-based learning format, though the students were assessed in unique scenarios focused solely on dyspnoea and thereby missed the evaluation of effectiveness of simulation training in the broad range of medical emergencies and the different competencies needed.

This study was undertaken to evaluate the effect of the simulation training on undergraduate medical students' skills managing emergencies. As a performance-based assessment method, the Objective Structured Clinical Examination (OSCE) was chosen. In a recent study, the feasibility, authenticity and high reliability of a 10 station OSCE in emergency medicine was demonstrated.⁸

It is hypothesised that residents exposed to the new curriculum would demonstrate superior management skills compared to those who participated in the former curriculum.

METHODS

Study design

The present study had an intervention-control design of a standardised, simulation-based educational intervention designed to increase undergraduate medical students' skills in management of emergencies. The measurement was obtained within a maximum of 4 months after students completed the intervention period.

Study population

Study participants were final-year medical students at Frankfurt Medical School (Frankfurt, Germany). Due to changes in the curriculum of undergraduate medical education, there was the unique constellation of having final-year students who participated in two different education programs during the transition period from the former to the new curriculum depending on their start of medical studies in either October 2000 or April 2001.

The intervention group ($n=22$) completed the new curriculum of medical education and the control group ($n=22$) completed the former medical training. The last year of both curricula consists of three 16 week electives in each of the following three disciplines: internal medicine, surgery and one elective subject of the student's

own choosing. All students in their internal medicine or surgery elective at the J.W. Goethe University Hospital were invited to participate in this study. Twenty-two of 39 students in the control group, as well as 30 of 45 students in the intervention group consented to participate in this study. Seven students in the intervention group had to be excluded as they had participated in the intervention more than 4 months previously. Due to illness, there was one drop out in the intervention group prior to the beginning of measurement.

As stated by the Ethics board of the medical faculty of J.W. Goethe University Hospital, Frankfurt, Germany, an ethical approval was not required for this study. The research and introduction of new educational methods is demanded in the new regulations on the licence to practice medicine in Germany and supported by the medical faculty. Nevertheless, all participants provided written informed consent to participate in this study and to be photographed and filmed during the study, prior to the beginning of the study.

Study protocol

Intervention and control groups completed their emergency medicine training and passed their assessments according to their curriculum (figure 1). They completed identical training in medical first aid and the same interdisciplinary lectures in their first and second semesters. The interdisciplinary lectures cover the main cardinal symptoms and their algorithm-based treatment and management, trauma management, aspects of team work and crew resource management. The control group had to participate in a minimum of three obligatory shifts in the emergency department. The intervention group had to successfully complete the 3 day standardised, simulation-based intervention.

The intervention was designed to help students acquire and shape clinical skills needed to manage in-hospital and prehospital emergencies. The training program is based on 1 day Basic Life Support (BLS) and 2 day Advanced Cardiac Life Support (ACLS) provider training, in which 3 h Advanced Trauma Life Support (ATLS)-based training is integrated. Further common emergencies, for instance acute asthma, were added to the training concept corresponding to the course objectives. The intervention consists of short theoretical sessions to repeat the algorithms learned in the lectures and a series of standardised scenarios in realistic encounters. The simulation training was conducted at the Frankfurt Institute of Emergency Medicine and

Simulation Training (Frankfurt, Germany)⁹ using mobile manikins (Resusci Anne Simulator, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway). The training centre offers various authentic scenario rooms, for example, an ambulance room for the realistic simulation of clinical events. The approximation to reality is one of the basic principles of the training centre, as the environment influences the efficiency of learning and the reproduction of information.¹⁰

A maximum of six students was trained in each teaching session by one ACLS instructor. During the scenarios, one student performed as team leader, while the others performed the tasks directed by him/her. The students rotated between the positions so that each had several chances to act as team leader. As described in the ACLS guidelines and the course objectives in the National Medical Student Emergency Medicine Curriculum Guide,¹¹ the students were expected to obtain a patient's history and physical examination focused on the key problem, request non-invasive monitoring, develop an evaluation and treatment plan, order medications and consider the further patient management. The scenarios are arranged to span a broad range of emergency situations, becoming increasingly challenging as the course progresses. After each scenario, a debriefing session with feedback and correction in a supportive environment followed as operational rule of the educational intervention.^{12 13}

Measurement

In order to assess students' competencies to manage emergencies, the OSCE was used as performance-based assessment consisting of six complete emergency scenarios (three with standardised patients=SP,¹⁴ three with manikins using Resusci Anne Simulator), as well as four skills OSCE stations. The OSCE has been shown to be a valid and reliable assessment instrument for clinical competence in a comprehensive, consistent and structured manner.^{8 15–18} It combines the simulated reality of clinically relevant interactions, standardisation of testing situations and use of multiple observations by multiple examiners.¹⁴

The stations were designed based on a blueprint representing the curricular goals and objectives of the new curriculum in emergency medicine.^{19 20} In the scenario stations, students had to perform complete management of an emergency from initial assessment to treatment plan and further considerations as he/she would do as physician in charge. For each of the scenarios, students had an actor to their side playing the role of a nurse for in-house emergencies and that of a paramedic for prehospital scenarios respectively. Students could order their assistance, for example, to perform blood pressure measurement, IV-line insertion or drug administration. In the skills OSCE stations, students had to perform single tasks, for example, preparation and insertion of an intraosseous access. A maximum of eight students participated in each OSCE circle. Based on the result of several pilot runs and the previous study, a time frame of 8 min was given for completing each scenario station, as well as 4 min for the skills OSCE stations.⁸

The scenarios reflect real cases adapted to the objectives of the blueprint. They include a detailed description of SP's/manikin's portrayal of the patient, setting, vital parameters, information about the patient's history, as well as detailed further information for the SP, assistant and examiner.²⁰ SP and assistant were extensively trained together in preparation for their roles in a reading and a half day practical training.^{21 22}

The students were scored during performance via checklist. The checklists were designed based on the learning objectives of the students' emergency medicine programme, and covered the abilities in emergency treatment expected by every doctor.^{20 23}

Former Curriculum	Semester	New Curriculum
Medical first aid - lecture series - practical training	1 st	Medical first aid* - lecture series - practical training
Interdisciplinary lectures	2 nd	Interdisciplinary lectures*
	3 rd /4 th	
	4 th /5 th	Basic Life Support*
Emergency Department shifts	5 th /6 th	Advanced Cardiac Life Support* combined with TEAM Training
three 16 weeks electives	7 th /8 th	three 16 weeks electives

Figure 1 Curriculum emergency medicine. The figure demonstrates the curriculum for both groups from first to eighth clinical semester, corresponding to third to sixth year of undergraduate medical education in Germany. *Completed via multiple choice questionnaire.

The checklists were task-specific, but had an identical structure based on the ABCD-Algorithms taught and comprised rigorous step-by-step procedures.²⁴ The checklists were reviewed for completeness and accuracy by an expert panel of ACLS instructors, emergency physicians and OSCE experts of other faculties, and were furthermore tested and re-evaluated in dry runs and a previous study. For the checklist items, a dichotomous scoring scale of not done/incorrectly and done/correct was imposed. The expert panel decided to total the items of each scenario station to an overall score of 25 points, and 12.5 points for the skills stations as they take place in half the time. The items of each scenario station were assigned to five categories (basic assessment, advanced assessment and initiation of therapy, taking actual and past medical history, patient's management, report and handover). Within the expert panel the weighting and scoring of each item was discussed and defined based on the importance and significance of the learning objective to student training and its importance in the scenario.

The examiners were not part of the expert panel, nor were they involved in the scenario design or the checklist item weighting. They were blinded towards the item weighting. The examiners participated in a half day training session, where they received an introduction to the OSCE and the scenarios, and gained experience in the use of the checklists by scoring videos of the recent study. The participating examiners, SPs and assistants, as well as the students were blinded towards the study protocol; examiners were furthermore blinded towards students' group membership. None of the examiners was involved in the intervention group simulation training.

A review session followed each OSCE circle conducted with all participants (students, examiners, SPs and assistants) for debriefing and feedback.

Data analysis

A sample size analysis was performed prior to the study using Power and Sample Size Calculations (Version 2.1.31). Based on the results of pilot runs conducted prior to the study, a difference in population mean (δ) of 5.0 with a SD 3.0 (σ) is assumed. Using a p value of 0.001 and a power of 0.9, a sample size of 17 per group was estimated.

The statistical analysis was performed using SPSS 12.0 for the checklist and Microsoft Excel for the evaluation. Once Gaussian distribution of the data was verified, values were presented as mean \pm SD. Checklist score reliability was estimated using Cronbach's Alpha (α) coefficient as recommended by Streiner

and Norman.^{25 26} Interventions versus control group differences were analysed using independent samples Student t tests.

RESULTS

The OSCE circle could be run without any delay. All 44 students enrolled in this study consented to participate and completed the entire study. All intervention group students (n=13 men, n=9 women) successfully completed the entire programme. None of the control group students (n=12 men, n=10 women) participated in any of the intervention group training.

The hypothesis of the study, that simulation-based training is superior to theory-based curriculum, was clearly supported by the checklist results in all OSCE stations as presented in table 1. In particular, table 1 shows that the mean scores of all OSCE stations were significantly higher in the intervention group as compared to the control group ($p<0.0001$ to $p<0.016$). The reliability coefficient, expressed as Cronbach's Alpha internal consistency reliability, indicates a high internal consistency. Intervention and control groups scored best at the 'One Rescuer CPR' scenario station, with the intervention group getting 90% of the maximum points, compared to 62% for the control group. Both groups scored worst at the 'Trauma' scenario station, with the intervention group getting 76% of maximum score, compared to 52% for the control group.

For further analysis, the checklist items were assigned to categories based on the algorithms (ABCD). Figures 2A-D demonstrate exemplified analysis of four scenario stations in per cent of maximum score for intervention and control groups. This comparison demonstrates the highest deficits of the control group in initial primary survey, secondary survey with additional diagnostics and medical/drug therapy.

The evaluation data from all students participating in the new curriculum are uniformly positive. Seventy-four per cent rated the overall program as excellent, 26% as good. Ninety-seven per cent rated the program to be expedient and reasonable for their future medical occupation.

All participants of the control group were offered the opportunity to participate in ACLS training. Nineteen students accepted this offer and successfully became ACLS providers.

DISCUSSION

A main goal of medical education is to train students to be able to cope with real-life situations, especially in emergency medicine, where highly skilled performance is crucial.²⁷ In this study, it was demonstrated that practical training does have a huge

Table 1 Checklist descriptive statistics and reliabilities for intervention group and control

	Station	Intervention group			Control group			p	
		Mean (\pm SD)	r**	α †	Mean (\pm SD)	r**	α †		
Scenario station	SP	Acute coronary syndrome	20.7 (\pm 2.5)	0.669	0.779	14.2 (\pm 2.4)	0.694	0.809	<.0001
		Stroke	20.2 (\pm 2.7)	0.608	0.792	13.5 (\pm 2.5)	0.719	0.806	<.0001
		Asthma	19.5 (\pm 2.7)	0.701	0.775	14.5 (\pm 2.7)	0.672	0.812	<.001
	Manikin	Trauma	19.0 (\pm 3.0)	0.772	0.764	12.0 (\pm 3.1)	0.704	0.811	<.0001
		In-hospital CPR	20.6 (\pm 1.8)	0.542	0.791	13.0 (\pm 2.3)	0.426	0.837	<.0001
		Prehospital CPR with AED	22.5 (\pm 2.1)	0.450	0.805	15.5 (\pm 2.9)	0.565	0.830	<.0001
Skills station	Manikin	ECG attachment and interpretation	11.3 (\pm 0.9)	0.402	0.802	6.8 (\pm 1.5)	0.658	0.816	<.0001
		Intraosseous access: preparation and insertion	10.4 (\pm 1.0)	0.620	0.789	5.7 (\pm 2.7)	0.733	0.804	<.001
		Motorcyclist: helmet removal and stiff neck	10.3 (\pm 1.8)	0.763	0.765	8.8 (\pm 2.2)	0.577	0.821	0.016
		Infant CPR as first responder	10.5 (\pm 1.5)	0.603	0.784	6.3 (\pm 1.6)	0.681	0.813	<.0001

AED, automatic external defibrillator; CPR, cardiopulmonary resuscitation; ECG, electrocardiogram; SP, standardised patient. Checklist results for intervention and control groups. A maximum of 25 points could be achieved at each scenario station, a maximum of 12.5 points at each skills station.

*r=Pearson correlation coefficient.

† α = α -coefficient.

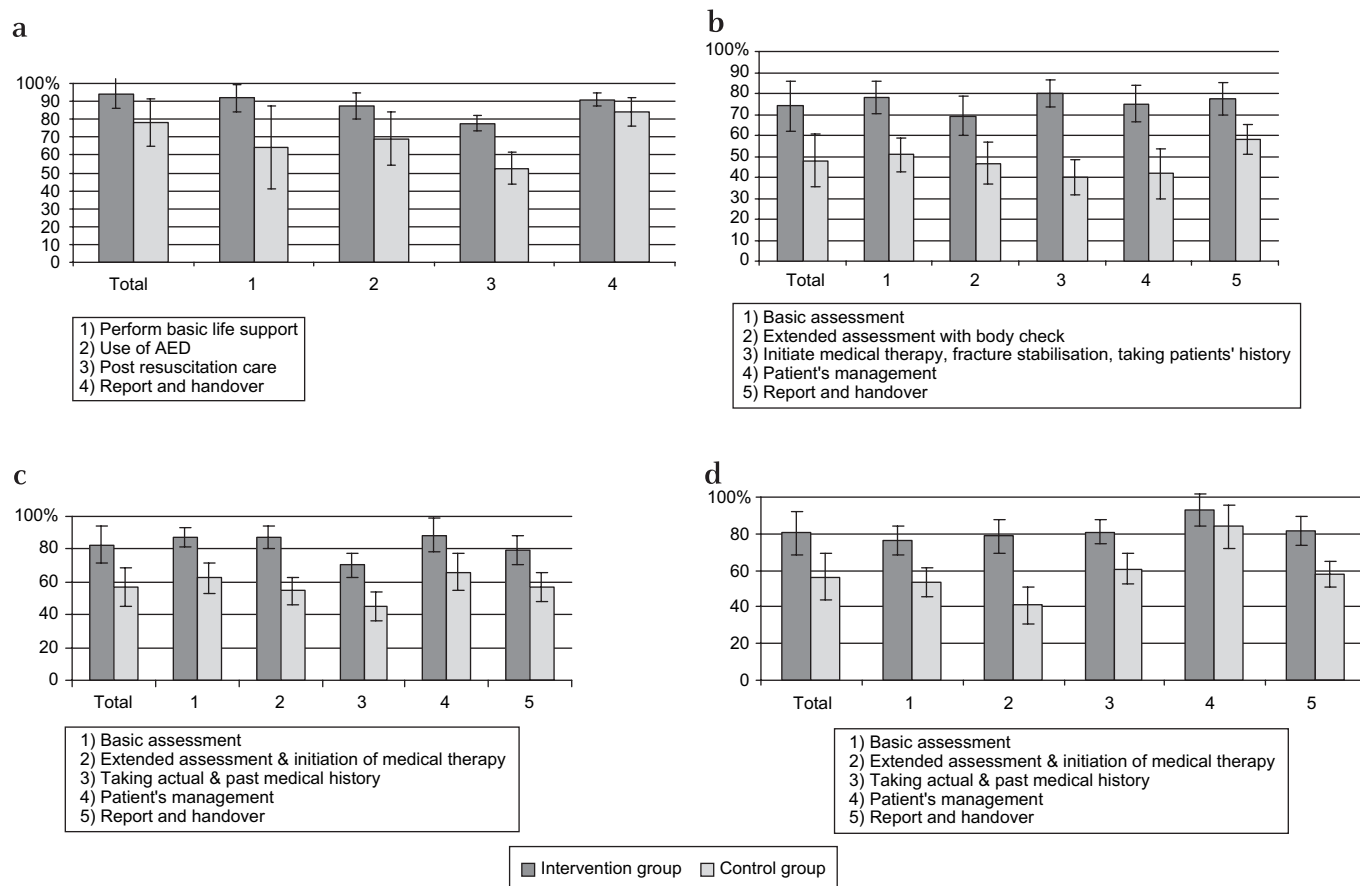


Figure 2 Results of the item categories in scenario station. (A) Acute Coronary Syndrome. (B) Stroke. (C) Trauma. (D) Prehospital CPR with AED. Given are mean scores in % of the total score for intervention (dark grey) and control group (light grey) for each item category. AED, automatic external defibrillator; CPR, cardiopulmonary resuscitation.

impact on abilities in emergency medicine. Previous studies with internal medicine residents have demonstrated the beneficial effects of simulation training in ACLS.^{3 28} This study demonstrates that at earlier stages of medical education, standardised, algorithm-based simulation training offers a good possibility to help students acquire and improve practical skills in emergency medicine in a realistic, yet safe environment.

However, the design and workflow of the OSCE scenarios was in parts similar to the one in intervention training, and, thus, intervention scores may be inflated by a training effect. On the other hand, the control group participated in emergency department shifts with approximately 20 supervised patient contacts per day following the same workflow as used in the intervention group, diminishing the inflation of scores.

One responsibility as an educator is to design or enhance assessment instruments that will predict performance in real-life situations.²⁷ Even though the OSCE approximates a realistic encounter, the result cannot be simply generalised directly to clinical practice. Hereby, further studies about the effect of students' abilities to manage emergencies on patient outcome are required. However, this does not diminish the pronounced impact of the standardised training in student education, as its beneficial effects in ACLS training have already been proven in clinical residents.³

The hypothesis that the educational intervention does significantly improve student competencies in handling emergencies could be proven by the data presented. The implementation of the simulation training in the undergraduate medical curriculum enhances student skills in a very positively

evaluated manner. The evaluations demonstrate the high level of enjoyment and motivation students gained from the simulation-based training. They prefer to acquire skills in a realistic encounter. Furthermore, they prefer to be assessed in a realistic encounter as it helps them to determine whether they are ready to cope with real-life situations.

Both groups were in their final year of studies, where students work as electives in the major medical subjects and have no more specific practical training, especially not in emergency medicine. This means the competencies assessed in this study correspond to the competencies students will possess as graduated physicians. With these significant results, this study confirms the necessity and effectiveness of the implementation of simulation training in emergency medicine.

Conclusion

This study demonstrates the huge impact of standardised training on the development of practical competencies in emergency medicine. Based on the results of the current study, the complete manpower intensive simulation training was introduced into the undergraduate curriculum, resulting in training of over 300 students per year.

Acknowledgements We would like to thank the clinicians, paramedics and course instructors who contributed to the construction and evaluation of scenarios and marking schemes. We would like to thank Dr. Dirk Henrich and Dr. Sebastian Wutzler for their statistical advice. Our special thanks go to the students, examiners, standardised patients and assistants who took part in this study.

Competing interests None.

Provenance and peer review Not commissioned; externally peer reviewed.

REFERENCES

1. **Burdick WP**, Jouriles NJ, D'Onofrio G, *et al*. Emergency medicine in undergraduate education. SAEM Education Committee, Undergraduate Subcommittee, Society for Academic Emergency Medicine. *Acad Emerg Med* 1998;**5**:1105–10.
2. **Issenberg SB**, McGaghie WC, Petrusa ER, *et al*. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* 2005;**27**:10–28.
3. **Wayne DB**, Butter J, Siddall VJ, *et al*. Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols: a randomized trial. *Teach Learn Med* 2005;**17**:202–8.
4. **Issenberg SB**, Pringle S, Harden RM, *et al*. Adoption and integration of simulation-based learning technologies into the curriculum of a UK Undergraduate Education Programme. *Med Educ* 2003;**37**(Suppl 1):42–9.
5. **Issenberg SB**, McGaghie WC, Hart IR, *et al*. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA* 1999;**282**:861–6.
6. **Ten Eyck RP**, Tews M, Ballester JM. Improved medical student satisfaction and test performance with a simulation-based emergency medicine curriculum: a randomized controlled trial. *Ann Emerg Med* 2009;**54**:684–91.
7. **Steadman RH**, Coates WC, Huang YM, *et al*. Simulation-based training is superior to problem-based learning for the acquisition of critical assessment and management skills. *Crit Care Med* 2006;**34**:151–7.
8. **Ruessler M**, Weinlich M, Byhahn C, *et al*. Increased authenticity in practical assessment using emergency case OSCE stations. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2009;**15**:81–95.
9. **Anon**. Frankfurt institute for emergency medicine and simulation training. <http://www.finest-online.org> (accessed 28 Feb 2008).
10. **Godden D**, Baddeley A. Context dependent memory in two natural environments. On land and under water. *Br J Psychol* 1975;**66**:325–31.
11. **Manthey D**, Coates WC, Ander D, *et al*. Report of the task force on national fourth year medical student emergency medicine curriculum guide. *Ann Emerg Med* 2006;**47**:1–7.
12. **Ende J**. Feedback in clinical medical education. *JAMA* 1983;**250**:777–81.
13. **Branch WT Jr**, Paranjape A. Feedback and reflection: teaching methods for clinical settings. *Acad Med* 2002;**77**:1185–8.
14. **van der Vleuten C**, Swanson D. Assessment of clinical skills with standardized patients: state of the art. *Teach Learn Med* 1990;**2**:58–76.
15. **Harden RM**, Gleeson FA. Assessment of clinical competence using an objective structured clinical examination (OSCE). *Med Educ* 1979;**13**:41–54.
16. **Hodges B**, Regehr G, Hanson M, *et al*. Validation of an objective structured clinical examination in psychiatry. *Acad Med* 1998;**73**:910–12.
17. **Crossley J**, Humphris G, Jolly B. Assessing health professionals. *Med Educ* 2002;**36**:800–4.
18. **Hodges B**. Validity and the OSCE. *Med Teach* 2003;**25**:250–4.
19. **Newble D**. Techniques for measuring clinical competence: objective structured clinical examinations. *Med Educ* 2004;**38**:199–203.
20. **Hodges B**, Hanson M, McNaughton N, *et al*. Creating, monitoring, and improving a psychiatry OSCE: a guide for faculty. *Acad Psychiatry* 2002;**26**:134–61.
21. **Boursicot K**, Roberts T. How to set up an OSCE. *Clin Teach* 2005;**2**:16–20.
22. **Battles JB**, Wilkinson SL, Lee SJ. Using standardised patients in an objective structured clinical examination as a patient safety tool. *Qual Saf Health Care* 2004;**13**(Suppl 1):46–50.
23. **Selby C**, Osman L, Davis M, *et al*. Set up and run an objective structured clinical exam. *BMJ* 1995;**310**:1187–90.
24. The checklists development checklist. <http://www.wmich.edu/evalctr/checklists/cdc.htm> (accessed 28 Feb 2008).
25. **Streiner DL**, Norman GR. Selecting the items. In: Streiner DL, Norman GR, eds. *Health measurement scales: a practical guide to their development and use*. 3rd edn. Oxford: Oxford University Press, 2003:61–79.
26. **Streiner DL**, Norman GR. Reliability. In: Streiner DL, Norman G, eds. *Health measurement scales: a practical guide to their development and use*. Oxford: Oxford University Press, 2003:126–52.
27. **Lunenfeld E**, Weinreb B, Lavi Y, *et al*. Assessment of emergency medicine: a comparison of an experimental objective structured clinical examination with a practical examination. *Med Educ* 1991;**25**:38–44.
28. **Wayne DB**, Siddall VJ, Butter J, *et al*. A longitudinal study of internal medicine resident's retention of advanced cardiac life support skills. *Acad Med* 2006;**81**(Suppl 10):9–12.

Images in emergency medicine

Cystic abdominal swelling

A young man in his early 20s presented with a painless left lower abdominal swelling for 3 weeks. This case was presented to highlight the importance of focused history taking and the unusual presentation of this condition in a fit gentleman. Further questioning revealed that he sustained a minor blunt trauma at his left inguinal area while at work before the swelling developed. Physical examination excluded the possibility of inguinal hernia. CT scan of his abdomen and pelvis revealed a lymphocele, which could possibly be secondary to trauma¹ or a cold abscess. The patient refused further intervention and discharged himself.

A A Murad

Emergency Department, St. James's Hospital, Dublin, Ireland

Correspondence to Dr Aizuri A Murad, St. James's Hospital, James's Street, Dublin 8, Ireland; aiz100@hotmail.com

Competing interests None.

Patient consent Obtained.

Accepted 9 November 2008
Published Online First 3 June 2010

Emerg Med J 2010;**27**:738. doi:10.1136/emj.2008.068007

REFERENCE

1. **Germon TJ**, Clarke NMP, Watt I. Post traumatic lymphocele. *Injury* 1994;**25**:65–6.



Figure 1 Abdominal CT scan demonstrating intra-abdominal, extraperitoneal cystic mass.

Publikation X

Unfallchirurg 2011 · 114:340–344
 DOI 10.1007/s00113-010-1781-0
 Online publiziert: 15. April 2010
 © Springer-Verlag 2010

Redaktion

W. Mutschler, München

F. Walcher^{1,2} · M. Rüsseler^{1,2} · F. Nürnberger³ · C. Byhahn⁴ · M. Stier² · J. Mrosek² · M. Weinlich² · R. Breitzkreutz⁴ · F. Heringer² · I. Marzi¹

¹ Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

² Frankfurter Institut für Notfallmedizin und Simulationstraining, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

³ Fachbereich Medizin, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

⁴ Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Praktikum im Rettungsdienst mit Anleitung durch Rettungsassistenten

Curriculare Lehrveranstaltung im Querschnittsbereich Notfallmedizin

Die Ausbildung des Arztes soll nach der aktuell gültigen Approbationsordnung (ÄAppO [1]) grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten in allen Fächern vermitteln, die für eine umfassende Gesundheitsversorgung der Bevölkerung erforderlich sind (§1,1 ÄAppO). Der Bezug zur Praxis, die praktische Erfahrung im Umgang mit Patienten und eine durchgehende Verknüpfung der Vermittlung theoretischen und klinischen Wissens werden dabei besonders betont. Der Studierende soll praktische Aufgaben eigenständig unter Anleitung, Aufsicht und Verantwortung der ausbildenden Lehrkraft bearbeiten.

Die Neufassung der ÄAppO erfordert somit eine umfangreiche Überarbeitung der Lehrinhalte in Verbindung mit einer Neugestaltung der didaktischen Vermittlung der Lehrinhalte. Durch die Einführung sog. Querschnittsbereiche wird zudem die interdisziplinäre Vernetzung gefordert, die eine Neustrukturierung innerhalb der Fakultäten nach sich ziehen muss.

An verschiedenen Fakultäten wurde die neue ÄAppO genutzt, um neue, praxisorientierte Ausbildungskonzepte im

Fach Notfallmedizin zu entwickeln und diese in die medizinische Lehre effektiv zu integrieren [4, 10]. In einer aktuellen Umfrage an deutschen Fakultäten in Bezug auf die Lehre im Querschnittsbereich Notfallmedizin zeigt sich eine ausgeprägte Heterogenität in der Art der Lehrveranstaltungen, die von der klassischen Vorlesung über Seminare, Problem-based-learning- (PBL-)Tutoriate bis Kleingruppenunterricht in Praktika reicht [3]. Eine Ausbildung in der präklinischen Praxis wird nur an wenigen Fakultäten angeboten und dann meist auch nur fakultativ. Das Praktikum auf einem Rettungstransportwagen (RTW) oder arztbesetzten Rettungsmittel ist nur an wenigen Fakultäten Bestandteil der curricularen Lehrveranstaltung im Fach Notfallmedizin.

In jedem klinischen Fach, besonders in der Notfallmedizin, sollten die zu erlernenden praktischen Fertigkeiten nicht nur in der Theorie oder in der Simulation, sondern auch in der Praxis vermittelt werden. In der Notfallmedizin ist die Verzahnung von kongitivem Wissen, „skills“, algorithmenorientiertem Handeln und der Integration von „non-technical skills“

eine der zentralen Aufgaben und dementsprechend große Herausforderung in der Lehre. Die Bewusstmachung der Bedeutung der einzelnen Bausteine zur Behandlung von Notfallpatienten kann *nur* in der Praxis ausreichend vermittelt werden. Die Studierenden können auf diese Weise erkennen, dass die Notfallmedizin eine unmittelbare Präsenz des Wissens erfordert.

Aus den genannten Gründen ist es nahe liegend, die Ausbildung der Studierenden auf die präklinische Notfallmedizin zu erweitern. Dabei wird der Vorteil genutzt, dass die meisten Universitätskliniken selbst Rettungsmittel ärztlich besetzen bzw. weitergehenden Kontakt zu den Hilfsorganisationen pflegen.

Es stellt sich die Frage, ob curriculärer Unterricht von nichtärztlichem medizinischem Fachpersonal ohne ärztliche Supervision durchgeführt werden kann und wie die Studierenden die Ausbildung beurteilen. Ist eine problemlose Integration der Studierenden in die Teams der Rettungsmittel möglich? Des Weiteren ist es fraglich, ob die Hilfsorganisationen bereit sind, eine große Anzahl an Studierenden in die tägliche Routine zu integrieren.

Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Frankfurter Curriculum im Querschnittsbereich Notfallmedizin

Im Rahmen der Einführung der neuen ÄAppO wurde in Frankfurt am Main für das Fach Notfallmedizin ein vollständig neues Curriculum entwickelt. Besondere Berücksichtigung fand hierbei die praxisorientierte Ausrichtung der Ausbildung. Ziel dieses Curriculums ist es, den Studierenden das Erkennen einer Notfallsituation, ein darauf aufbauendes, strukturiertes und algorithmenorientiertes Handeln sowie die notwendigen praktischen Fertigkeiten in einer im Rahmen der universitären Ausbildung höchstmöglichen Routine zu vermitteln. Die Vermittlung von „soft skills“ wie Teammanagement und der Situation angemessenes Verhalten unter Stress wurde hierbei besonders berücksichtigt [7].

Das notfallmedizinische Curriculum gliedert sich während der klinischen Ausbildungsphase in 3 Abschnitte (■ Tab. 1), die aufeinander aufbauend auch gezielte Wiederholungen des bisher angeeigneten Wissens im Sinne einer Lernspirale beinhalten (■ Tab. 2).

- Im 1. klinischen Semester werden eine Vorlesungsreihe und ein praktisches Training in erster ärztlicher Hilfe absolviert. Neben der Vermittlung grundlegenden Wissens zur Erkennung eines Notfalls werden wichtige notfallmedizinische Techniken am Reanimationssimulator trainiert.
- Im 2. klinischen Semester folgt eine interdisziplinäre Vorlesungsreihe, in der sich partiell auch Inhalte der vorangegangenen Lehrveranstaltungen zur Wiederholung und Vertiefung wiederfinden. Neben einer an Leit-symptomen orientierten Vorlesungsstruktur werden einzelne Themenschwerpunkte behandelt und die Studierenden mittels TED-Anlage in interaktiven Falldiskussionen einbezogen.
- Der 3. Ausbildungsabschnitt soll das bisher erlangte Fachwissen vertiefen sowie manuelle Fertigkeiten und Algorithmen vermitteln. Dabei steht das praktische Training in simulierten Notfallszenarien in Kleingruppen mit

Zusammenfassung · Abstract

Unfallchirurg 2011 · 114:340–344 DOI 10.1007/s00113-010-1781-0
© Springer-Verlag 2010

F. Walcher · M. Rüsseler · F. Nürnberger · C. Byhahn · M. Stier · J. Mrosek · M. Weinlich · R. Breitreutz · F. Heringer · I. Marzi

Praktikum im Rettungsdienst mit Anleitung durch Rettungsassistenten. Curriculare Lehrveranstaltung im Querschnittsbereich Notfallmedizin

Zusammenfassung

Hintergrund. Das Querschnittsfach Notfallmedizin im Medizinstudium bedarf aufgrund der Komplexität von Notfallsituationen einer interdisziplinären Vermittlung von kognitivem Wissen, praktischen Fertigkeiten, algorithmenorientiertem Handeln und „soft skills“. Die aktuelle Approbationsordnung von 2003 fordert eine praxisorientierte Umsetzung dieser Lehrinhalte.

Material und Methode. An der medizinischen Fakultät in Frankfurt wurde neben der praktischen Ausbildung ein Praktikum im Rettungsdienst eingeführt. Es erfolgte die retrospektive Evaluation des Praktikums u. a. hinsichtlich Organisationsstruktur und Kompetenz der Anleitung durch die Lehrrettungsassistenten sowie Integration ins Notfallteam.

Ergebnis. Von 486 befragten Studierenden bewerteten 66% das gesamte Curriculum mit

„sehr gut“ und in 28% mit „gut“. Das Praktikum in der Präklinik wird von 86% als sinnvoll, die Organisation von Seiten der Hilfsorganisationen von 78% als professionell und die Integration ins Team des Rettungsmittels von 95% als problemlos beurteilt.

Schlussfolgerung. Die Ausbildung in der Praxis durch nichtärztliches Personal der Hilfsorganisationen kann einen wertvollen Beitrag zur universitären Lehre in der Notfallmedizin liefern.

Schlüsselwörter

Approbationsordnung · Querschnittsbereich Notfallmedizin · Praxisorientierte Ausbildung · Rettungstransportwagen

Mandatory elective course in emergency medicine with instructions by paramedics improves practical training in undergraduate medical education

Abstract

Background. Due to the complexity of medical emergencies undergraduate medical training in the integrative course on emergency medicine requires education combining knowledge, practical skills, algorithm-driven behavior and soft skills. New State board regulations on education and licensing of physicians demand a practical implementation of these objectives.

Materials and methods. The medical faculty of Frankfurt medical school has implemented an obligatory prehospital elective course.

A retrospective questionnaire assessed the organization, instructional competence of the paramedics and integration of students in the emergency medical teams.

Results. Out of a total of 486 students the majority rated the longitudinal curriculum as positive (66% very good and 28% good). The practical experience at a scene was evaluated to be reasonable by 86% and 95% of the students stated that integration into the emergency team was rendered without any difficulties.

Conclusion. A prehospital experience supported by paramedics can serve as a valuable tool in an emergency medicine curriculum.

Keywords

Licence to practice medicine · Cross-section emergency medicine · Practical training · Ambulance

Tab. 1 Longitudinales Curriculum des Querschnittsbereichs 8, Notfallmedizin

Klinische Semester	1	2	3	4	5	6
Teil 1 – Erste ärztliche Hilfe						
Vorlesung		+				
Praktisches Training		+				
Teil 2 – Interdisziplinäre Vorlesung						
			+			
Teil 3 – Praktikum						
BLS-Kurs (AHA)				+		
Praktikum im Rettungsdienst				+	+	
ACLS-Kurs (AHA)					+	+

BLS „basic life support“,
 AHA American Heart Association,
 ACLS „advanced cardiac life support“.

Tab. 2 Übergeordnete Ausbildungsinhalte der BLS- und ACLS-Kurse

Theorie	Praxis
<i>Ausbildungsinhalte BLS</i>	
Wissenschaftlicher Hintergrund CPR	Übung Thoraxkompressionen
Aktuelle Leitlinie der CPR	Übung Beatmung
Algorithmus BLS Erwachsene und Kinder	Szenarium BLS
Grundlagen und Algorithmus: akutes Koronarsyndrom	Übung AED
	Szenarium BLS mit AED
<i>Ausbildungsinhalte ACLS und TEAM</i>	
Defibrillation	Übung Reanimation nach ACLS
Algorithmus ACLS	Szenarium Bradykardie
Schrittmacher, Kardioversion	Szenarium Tachykardie
Algorithmus Brady- und Tachykardie	Übungen Atemwegsmanagement
Atemwegsmanagement	Szenarium Asthma
Algorithmus Asthma	Szenarium akutes Koronarsyndrom
Algorithmus Koronarsyndrom	Szenarium Schlaganfall
Algorithmus Schlaganfall	Übung Polytraumaversorgung
Traumamanagement (TEAM)	Szenarium Trauma

BLS „basic life support“, ACLS „advanced cardiac life support“, CPR „cardiopulmonary resuscitation“,
 AED automatisierter externer Defibrillator, TEAM „trauma evaluation and management“.

maximal 6 Studierenden/Instruktor im Vordergrund. Wichtige Ausbildungssaspekte – neben dem Erlangen der praktischen Fertigkeiten – sind die Teamarbeit, Teamfähigkeit und Kommunikation. Die Studierenden absolvieren einen regulären eintägigen Basic-life-support- (BLS-) und 2-tägigen Advanced-cardiac-life-support- (ACLS-)Kurs nach den aktuellen Kriterien und mit Zertifizierung durch die American Heart Association (AHA). Neben den ACLS-Kursen wird ein zusätzliches „Traumamodul“ absolviert, welches das Trauma-evaluation-and-management- (TEAM-)Training des American College of Surgeons beinhaltet [2]. Hierbei handelt es sich um einen für Studierende entwickelten, vereinfachten Advanced-trauma-life-support- (ATLS-)Kurs.

Praktischer Ablauf

Im Rahmen der Kurse werden in kurzen Theorieeinheiten die Pathogenese, Algorithmen und deren wissenschaftlichen Hintergründe der wichtigsten notfallmedizinischen Krankheitsbilder erarbeitet und anschließend in standardisierten Simulationen in speziell eingerichteten Szenarienräumen trainiert. Während der Szenarien übernimmt jeweils ein Studierender die Rolle des Teamleaders, während das Team die Algorithmen abarbeitet. Wie in den ACLS-Leitlinien und auch im Lernzielkatalog des National Medical Student Emergency Medicine Curricu-

lum Guide [8] beschrieben, erheben die Studierenden eine fokussierte Anamnese, führen eine standardisierte klinische Untersuchung durch, wenden ein nicht-invasives Monitoring (EKG, Blutdruckmessung nach RR, periphere Sauerstoffsättigung) an, formulieren eine Arbeitdiagnose sowie deren Differenzialdiagnosen und erstellen einen präklinischen Behandlungsplan. Schließlich werden noch eine medikamentöse Erstbehandlung und das weitere Patientenmanagement geplant. Die Szenarien sind so arrangiert, dass sie eine breitgefächerte Auswahl an Notfallsituationen in steigendem Schwierigkeitsgrad bieten. Im Anschluss an jedes Szenario erfolgt ein standardisiertes „debriefing“ mit Feedback und Verbesserungsvorschlägen in positiver konstruktiver Umgebung [5, 6].

Beide Kurse werden gemäß den Kriterien der AHA mit einer Multiple-choice-Klausur beendet, die mit 80% richtigen Antworten bestanden ist. Die Studierenden werden innerhalb der Szenarien mittels Checkliste und Globalbeurteilung geprüft [9].

Die Lernziele der einzelnen Abschnitte des Curriculums in der Notfallmedizin, insbesondere die Wichtung der Lernziele mit kognitivem Inhalt und Lernziele psychomotorischer Fertigkeiten („skills“) sind u. a. dem 2008 publizierten Lernzielkatalog „Muskuloskeletale Erkrankungen, Verletzungen und traumatische Notfälle“ für Orthopädie/Unfallchirurgie entnommen [11].

Praktikum auf dem Rettungstransportwagen (RTW)

Das Praktikum auf einem RTW wurde 2004 auf der Basis eines zwischen der medizinischen Fakultät und den Trägern des Rettungsdienstes geschlossenen Vertrags ermöglicht. Seitdem nehmen alle Studierenden im Anschluss an die AHA-Kurse an einem Praktikum auf einem Rettungswagen teil. Curricular verpflichtend ist ein 8-stündiges Praktikum, das jedoch von mehr als 90% der Studierenden auf mindestens 3 Tage (3-mal 8 h) freiwillig verlängert wird. Aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine curriculare Lehrveranstaltung handelt, sind die Studierenden berufsgenossenschaftlich versichert. Zudem werden die Studierenden von den Hilfsorganisationen bzw. vom Simulationszentrum mit entsprechender Sicherheitskleidung ausgerüstet. Die Studierenden werden von Lehrrettungsassistenten der Berufsfeuerwehr bzw. der jeweiligen Hilfsorganisationen angeleitet und betreut. Die zu vermittelnden Lehrinhalte sind für die Lehrrettungsassistenten auf einer Checkliste festgehalten. In regelmäßigen jährlichen Abständen findet ein Austausch zwischen dem Lehrbeauftragten und den Vertretern der Hilfsorganisation statt, um die Lehrinhalte abzugleichen.

Die Studierenden erhalten zu Beginn des Praktikums ein Logbuch, auf dem die geleisteten Tätigkeiten mit Handzeichen des anleitenden Rettungsassistenten oder Notarztes vermerkt werden. Das Logbuch

wird durch den Lehrbeauftragten kontrolliert, Fehlzeiten werden aufgrund der Kompaktheit des Praktikums nicht gewährt. Im Rahmen des Praktikums sind die Studierenden angehalten, sich unter Anleitung aktiv an der Versorgung des Notfallpatienten zu beteiligen und so weit wie möglich die Erhebung einer zielgerichteten Anamnese, die Befunderhebung durch körperliche Untersuchung, Nutzung der diagnostischen Möglichkeiten in der Prälinik sowie eine Übergabe an die Zielklinik durchzuführen (■ **Tab. 3**).

Das longitudinale Curriculum wie auch das Praktikum im Rettungsdienst wurden durch die Studierenden mittels anonymem Fragebogen standardisiert evaluiert. Im Rahmen dieser Evaluation erfolgt durch den Lehrbeauftragten des Querschnittsbereichs die Überprüfung der Lehrinhaltevermittlung im Rahmen des präklinischen Praktikums.

Ergebnisse

Von 5/2005 bis 5/2008 haben 486 Studierende das neue Curriculum vollständig durchlaufen; alle wurden um ihre Einschätzung mit Hilfe eines vorgetesteten Evaluationsbogens gebeten. Die Rücklaufquote der Evaluationsbögen betrug 98%.

Das gesamte Curriculum wurde von 66% der Teilnehmer mit „sehr gut“ und 28% mit „gut“ bewertet, 86% der Studierenden beurteilen das Praktikum im Rettungsdienst als sinnvoll. Die Ergebnisse der Evaluationen der einzelnen Teile des Curriculums sind in ■ **Abb. 1** zusammengefasst. In den Freitextkommentaren werden die praxisnahe Ausbildung und die klinische Relevanz besonders betont.

Das Praktikum auf dem RTW wurde zu 10% auf Fahrzeugen des Arbeitersamariterbundes, 30% Berufsfeuerwehr Frankfurt und 3% Offenbach, 20% Deutschen Roten Kreuzes, 17% Johanniterunfallhilfe und 20% Malteserhilfsdienstes absolviert. Insgesamt wurden auf 30 Rettungswachen Praktika auf einem RTW angeboten.

Die Organisation des eigenen Praktikumsplatzes erfolgte durch direkte Kontaktaufnahme der Studierenden mit den Hilfsorganisationen bzw. der Berufsfeuerwehr. Die Kontaktdaten sind für die Studierenden über die Internetseite des Simulationszentrums ([online.org\) zugänglich. Die gesamte Organisation wurde von den Studierenden in 78% der Fälle als professionell beurteilt.](http://www.finest-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Die Rückmeldung der Studierenden ergab ferner, dass die Rettungswachen und -assistenten in 89% der Fälle über das Praktikum informiert und entsprechend gut vorbereitet waren. Die Integration in das Team des RTW bzw. arztbesetzten Rettungsmittels war aus der Sicht der Studierenden zu 95% problemlos. Die Anleitung durch die auf den Rettungsmitteln tätigen Lehrrettungsassistenten beurteilten die Studierenden in 58% der Fälle mit der Note 1, 32% Note 2, 8% Note 3, 2% Note 4 und 1% Note 5. Lediglich 5% empfanden die Vorbereitung auf das Praktikum mittels BLS- und ACLS-Kurs als ungenügend. Das mitgeführte Logbuch wurde unterschiedlich, in 36% als sinnvoll und in 37% als zu umfangreich bewertet.

Diskussion

Das wichtigste Ziel der medizinischen Ausbildung ist es, einen kompetenten, mit dem erforderlichen Wissen ausgestatteten und mit den entsprechenden Fertigkeiten befähigten Arzt auszubilden. Die Ausbildung im Fach Notfallmedizin sollte dem werdenden Arzt die Fähigkeit vermitteln, lebensbedrohliche Zustände von Patienten zu erkennen und diese adäquat primär zu versorgen.

In der Vergangenheit wurden bereits verschiedene Konzepte vorgestellt, wie ein studentisches Curriculum in der Notfallmedizin implementiert werden kann [4, 8, 10]. Das hier dargestellte longitudinale angelegte Ausbildungskonzept stellt eine Möglichkeit dar, die Forderungen der neuen ÄAppO im Querschnittsbereich Notfallmedizin mit hohem Praxisbezug umzusetzen.

Nach absolvierter praktischer Ausbildung in der Simulation bietet das Praktikum im Rettungsdienst den Studierenden die Möglichkeit, das Erlernte unter ständiger Supervision und Anleitung durch den Rettungsassistenten bzw. Notarzt in der Praxis anzuwenden. Hierbei erhalten die Studierenden, sofern verfügbar, nicht nur die Möglichkeit, eine Anamnese zu erheben, sondern auch Arbeitsdiagnosen zu stellen, Behandlungsprioritäten zu formulieren und eine adäquate Behandlungsstrategie zu entwickeln.

Tab. 3 Ausbildungsinhalte des Praktikums im Rettungsdienst

Kennenlernen von unterschiedlichem sozialen Umfeld der Patienten
Strukturierte und zielgerichtete Anamneseerhebung
Symptomorientierte Untersuchung
Erstellung einer Arbeitsdiagnose
Zügige und zielgerichtete Therapieentscheidungen
Interprofessionelle Kommunikation
Teamarbeit mit fremden Personen
Anwenden von Skills in einer Notfallsituation
Sozialkompetenz in Extremsituationen

Neben dem Erlernen der Basisfertigkeiten der Notfallbehandlung werden die Studierenden mit Situationen konfrontiert, die sich weder im theoretischen noch praktischen Unterricht nahebringen lassen. Dazu gehört neben der Miteinbeziehung des sozialen Umfeldes die Schwierigkeit, unter Einbeziehung der Angehörigen von Patienten trotz Zeitdruck zielgerichtet eine Anamnese zu erheben und eine Arbeitsdiagnose aufgrund weniger klinischer Symptome stellen zu können. Des Weiteren müssen Therapieentscheidungen zügig und unter Stress gefällt werden. Schließlich können die Studierenden lernen, dass durch interprofessionelle Kommunikation die Kompetenz des gesamten Teams vor Ort erheblich gesteuert und optimiert werden kann.

Die Evaluation des longitudinalen Curriculums ergab in mehr als 90% der Fälle die Note „sehr gut“ oder „gut“. In der vom Dekanat der medizinischen Fakultät zentral gesteuerten Evaluation ist der Querschnittsbereich Notfallmedizin die am besten beurteilte Unterrichtsveranstaltung des Medizinstudiums. In den detaillierten Evaluationen zeigt der ACLS-Kurs die beste Beurteilung, gefolgt vom BLS und dem Praktikum im Rettungsdienst (■ **Abb. 1**). Diese Bewertung ist naheliegend, da der ACLS-Kurs standardisiert durchgeführt wird, einer ständigen Supervision unterliegt und dementsprechend in Details nachgebessert werden kann. Das Praktikum im Rettungsdienst unterliegt hingegen verschiedenen Unwägbarkeiten, wie Einsatzfrequenz, -spektrum und Teamzusammensetzung auf den Rettungsmitteln. Trotz den genannten möglicherweise negativen Einflussgrößen wird

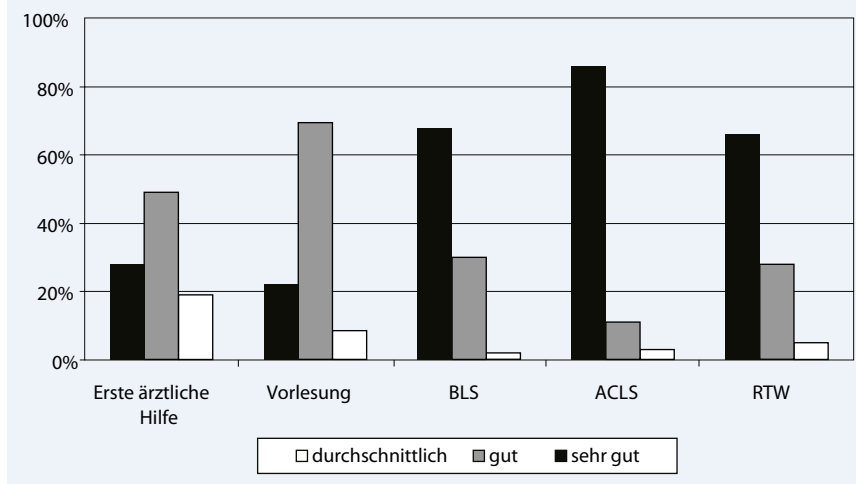


Abb. 1 Evaluation der einzelnen Teile des longitudinalen Curriculums des Querschnittsbereichs Notfallmedizin. BLS „basic life support“, ACLS „advanced cardiac life support“, RTW Rettungstransportwagen

das Praktikum von 86% der Teilnehmer als sinnvoll bewertet.

In einer Studie wurde der Einfluss des neuen praxisbezogenen Curriculums auf kognitives Wissen und psychomotorische Kompetenz der Studierenden untersucht. In einer verbundenen „objective structured clinical evaluation“ (OSCE [9]) zeigten die Studierenden nach Absolvierung des neuen Curriculums sowohl in den Checklisten als auch in den Globalbeurteilungen signifikant bessere Ergebnisse [12].

Die Studierenden werden auch mit Extremsituationen wie Unfällen, Tod, Trauer der Angehörigen, Gewalt und Kriminalität konfrontiert, unter denen sie ihre Sozialkompetenz entwickeln oder verstärken können. Den im Lernzielkatalog unter dem Abschnitt „Emotionales Wissen und Kompetenz“ subsumierten Lernzielen [11] kann somit im Praktikum auf dem RTW ebenfalls Rechnung getragen werden. Vergleichbar gute Bedingungen zur Vermittlung dieser spezifischen Lernziele können mit keiner bislang an den Universitätsklinken entwickelten Unterrichtsform gefunden werden.

Den Studierenden wird jederzeit ein professionelles „debriefing“ angeboten, das nach Erleben von Extremsituationen oder belastenden Ereignissen auch in Einzelfällen wahrgenommen wird. Zudem ermöglicht ein praktikumbegleitendes Seminar die Möglichkeit zum intensiven Austausch.

Die an dem Praktikum beteiligten Hilfsorganisationen nehmen die Herausforderungen einer Beteiligung an der akademischen Ausbildung gut an. Durch das

Praktikum ergibt sich für die Hilfsorganisationen die Möglichkeit, den zukünftigen Ärzten einen Einblick in die Arbeitsweise des Rettungsdienstes und die Problematik der präklinischen Notfallmedizin zu gewähren. Seit Einführung des Praktikums hat sich keine der Hilfsorganisationen aus der Kooperation zurückgezogen. Der organisatorische Aufwand würde sich angesichts der positiven Aspekte der interprofessionellen Ausbildung lohnen, so die einstimmige Antwort der Hilfsorganisationen. Die Rückmeldung sowohl der Studierenden als auch Rettungsassistenten ist durchweg positiv.

Die Studierenden erleben die Schnittstellenproblematik zwischen Präklinik und Klinik und werden frühzeitig dahingehend sensibilisiert, dass eine adäquate Kommunikation maßgeblich für das Gelingen einer guten notfallmedizinischen Versorgung beiträgt. Diejenigen, die das Praktikum durchlaufen haben und in der Zwischenzeit als Ärzte in der Notaufnahme tätig sind, geben an, erheblich mehr Verständnis für die Arbeit des Rettungsdienstes und der Notärzte zu haben. Es ist daher zu erwarten, dass sich die gelegentlich auftretende Schnittstellenproblematik in den Notaufnahmen und Ambulanzen eher reduzieren wird.

Die Hilfsorganisationen und die Berufsfeuerwehr sind aufgrund der jahrelangen positiven Erfahrungen gerne bereit, die Kooperation mit der Medizinischen Fakultät weiterzuführen und so den Studierenden den Einblick in die präklinische Notfallmedizin auch in Zukunft zu ermöglichen.

Fazit für die Praxis

Durch die Einbindung der in Deutschland zahlreich und weit verbreiteten Hilfsorganisationen kann im Querschnittsbereich Notfallmedizin der curriculare Unterricht um einen wertvollen didaktischen Aspekt erweitert werden. Der logistische Aufwand ist hinsichtlich des Nutzens für die medizinische Ausbildung durchaus vertretbar.

Korrespondenzadresse

PD Dr. F. Walcher



Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main
Theodor-Stern-Kai 7, 60590 Frankfurt
walcher@trauma.uni-frankfurt.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht

Literatur

1. (o.A) (2002) Approbationsordnung für Ärzte. Geltung ab 01.10.2003, ausgegeben zu Bonn am 3. Juli 2002. Bundesgesetzblatt Jahrgang Teil I:2405–2435
2. Ali J (2003) The Trauma Evaluation and Management (TEAM) teaching module: its role for senior medical students. *Can J Surg* 46:99–102
3. Beckers SK, Timmermann A, Mueller MP et al (2009) Undergraduate medical education in emergency medical care: a nationwide survey at german medical schools. *BMC Emerg Med* 9:7 [Epub ahead of print]
4. Beckers S, Fries M, Bickenbach J et al (2005) Evaluation of a new approach to implement structured, evidence-based emergency medical care in undergraduate medical education in Germany. *Resuscitation* 65:345–356
5. Branch WT Jr, Paranjape A (2002) Feedback and reflection: teaching methods for clinical settings. *Acad Med* 77:1185–1188
6. Ende J (1983) Feedback in clinical medical education. *JAMA* 250:777–781
7. Flin R, Maran N (2004) Identifying and training non-technical skills for teams in acute medicine. *Qual Saf Health Care* 13:80–84
8. Manthey D, Coates WC, Ander D et al (2006) Report of the task force on national fourth year medical student emergency medicine curriculum guide. *Ann Emerg Med* 47:1–7
9. Ruessler M, Weinlich M, Byhahn C et al (2010) Increase authenticity in practical assessment using emergency case OSCE stations. *Adv Health Sci Educ* 15:81–95
10. Timmermann A, Roessler M, Barwing J et al (2005) New pathways in undergraduate medical education – first experiences with the cross section speciality emergency and intensive care medicine. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 40:536–543
11. Walcher F, Dreinhöfer K, Obertacke U et al (2008) Entwicklung des Lernzielkatalogs „Muskuloskeletale Erkrankungen, Verletzungen und traumatische Notfälle“ für Orthopädie-Unfallchirurgie im Medizinstudium. *Unfallchirurg* 111:670–687
12. Ruessler M, Weinlich M, Müller M et al (2010) Simulation training improves abilities managing medical emergencies. *Emerg Med J*, in press

Publikation XI

M. Weinlich¹ · M. Mühlmeier¹ · A. Reichert¹ · R. Jaki²

¹ DRF Filderstadt · ² Klinik Schillerhöhe, Gerlingen

Intensivtransport in der Luft

Erfahrungen in Baden-Württemberg

Zusammenfassung

Zur Verlegung von Intensivpatienten über längere Strecken haben sich Intensivtransporthubschrauber (ITH) bewährt. Sie verbinden den Vorteil einer Reduktion des Transporttraumas auf ein zeitliches Minimum mit der Möglichkeit zu einer adäquaten Intensivtherapie während des Transportes. In Baden-Württemberg werden luftgestützte Intensivtransporte vorwiegend durch die 3 ITH in Freiburg, Mannheim und Stuttgart durchgeführt, deren Standardausrüstung und Qualifikation der Besatzung sowohl die Erfordernisse für Intensivtransporte, als auch für Primäreinsätze abdecken. So entfielen von den mehr als 13.800 Einsätzen dieser ITH in der Zeit von 1993 bis Mitte 2000 rund 31% auf Primäreinsätze.

In dieser Arbeit wird ein über viele Jahre hinweg etabliertes und bewährtes System des luftgestützten Intensivtransports beschrieben und die gewonnenen Erfahrungen und Daten im Hinblick auf die optimale Versorgungsqualität für den Patienten diskutiert.

Schlüsselwörter

Intensivtransport · Hubschrauber · Luftrettung · Medizinische Dokumentation · Qualitätsmanagement

Der Intensivtransport von Patienten ist mittlerweile ein gängiges Verfahren, um Patienten aus Krankenhäusern einer niedrigeren Versorgungsstufe in Krankenhäuser höherer Versorgungsstufen oder in spezielle Einrichtungen zu befördern [1, 2, 7, 14, 17, 22]. Zusätzlich müssen die limitierten Intensivbetten der Zentren der Maximalversorgung oder der spezialisierten Kliniken sobald wie möglich für neue Patienten verfügbar werden, sodass ebenso der Patiententransport von Zentren höherer Versorgungsstufe in die Peripherie notwendig ist.

Für die Transporte stehen hauptsächlich Intensivtransporthubschrauber (ITH) zur Verfügung, die sich vor allem bei längeren Transportstrecken bewährt haben. Für kürzere Strecken werden Intensivtransportwagen (ITW) eingesetzt [20]. Alternativ kann ein Intensivpatient mit einem Intensivtransportflugzeug (ITF), einem Primärhubschrauber (RTH) oder einem Rettungswagen (RTW) transportiert werden. Hauptziel bei diesen Transporten ist es, dass der Patient durch den Transport keinen Schaden nimmt und er mindestens die

selbe Behandlungsqualität erfährt, wie sie im abgebenden Krankenhaus gewährleistet war.

In Baden-Württemberg wird der Intensivtransport vorwiegend durch die 3 etablierten Intensivtransporthubschrauber in Freiburg, Mannheim und Stuttgart durchgeführt. Die Hubschrauber sind im Rettungsdienstplan von Baden-Württemberg verankert. Da die Hubschrauber vorwiegend für dringliche Einsätze und auch im Bereich der Primärrettung eingesetzt werden, werden die Intensivtransporthubschrauber in Baden-Württemberg gemäß dem Rettungsdienstgesetz der Notfallrettung zugeordnet.

Die Einsätze werden von der Alarmzentrale der Deutschen Rettungsflugwacht in Filderstadt koordiniert. Dies geschieht in Absprache mit den örtlichen Leitstellen. Durch den Einsatz von erfahrenen Disponenten ist es möglich,

Dr. Michael Weinlich
DRF, Raiffeisenstraße 32, 70794 Filderstadt,
E-Mail: michael.weinlich@drf.de



Abb. 1 ◀ Als Hubschraubertyp in Baden-Württemberg dient die BK 117 von Eurocopter. Hier die BK 117 C1 in Tübingen auf dem Dachlandeplatz der Universitätsklinik

M. Weinlich · M. Mühlmeier · A. Reichert
R. Jaki

Interhospital transfer by helicopter – Experiences in Baden-Wuerttemberg

Abstract

Intensive-care transport helicopters have turned out to be useful for the transport of intensive-care patients over long distances. They combine the advantage of minimising the time of a transport trauma with the possibility of an adequate intensive care during the transport. In Baden-Wuerttemberg, airborne intensive-care transports are mainly carried out by the 3 intensive-care transport helicopters located in Freiburg, Mannheim, and Stuttgart. Their standard equipment and qualification of the medical crew meet the requirements of intensive-care transports as well as of primary air rescue. About 31% of more than 13.800 missions between 1993 and June 2000 were primary air rescue missions. This article describes a system of airborne intensive-care transports, proven for many years. Experiences and data are discussed with regard of the best quality of care for the patient.

Keywords

Intensive-care transport · Helicopter ·
Air rescue · Medical documentation ·
Quality management

Luftrettung



Abb. 2 ◀ BK 117 B2 im Formationsflug.
Zwei Lycoming-Triebwerke bringen je 550 PS

die Dringlichkeit der Einsätze abzuschätzen, um somit die Intensivtransporthubschrauber optimal und wirtschaftlich einzusetzen, aber auch Alternativen aufzuzeigen.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein über viele Jahre hinweg etabliertes System des luftgebundenen Intensivtransports bezüglich der gewonnenen Daten zu beschreiben und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu diskutieren. Im Mittelpunkt der Überlegungen soll hierbei die optimale Versorgungsqualität für den Patienten stehen.

Material und Methodik

Alle 3 Intensivtransporthubschrauber in Baden-Württemberg sind an den jeweiligen Flugplätzen stationiert und an die örtliche Leitstelle angebunden. Als Hubschraubertyp dient die BK 117 (Abb. 1), ein Allzweckhubschrauber im mittleren Gewichtsbereich mit 2 Turbinen, der den europaweit gültigen Betriebsvorschrif-

ten (Joint-Aviation-Regulations/Operations, JAR-OPS) entspricht.

In Freiburg und Mannheim wird die BK 117 B2 eingesetzt (Abb. 2), in Stuttgart die BK 117 C1 (Abb. 3) eingesetzt. Die BK 117 B2 hat eine Einsatzgeschwindigkeit von ca. 240 km/h und eine Reichweite von ca. 500 km bei einem maximalen Abfluggewicht von 3350 kg.

Bei der BK 117 C1 liegt die maximale Einsatzgeschwindigkeit bei 246 km/h und die Reichweite bei 540 km bei gleichem maximalen Abfluggewicht. Der Rotordurchmesser beträgt 11 m bei einer Gesamtlänge inklusive Rotor von 13 m. Die Zelle der BK 117 ist 3,36 m hoch bei einer Breite von 2,71 m. Die erforderliche Start- und Landefläche sollte 20×20 m betragen.

Das Luftrettungszentrum Freiburg wurde von 1986–1988 betrieben und danach wieder geschlossen. Im März 1993 wurde der Betrieb erneut aufgenommen. Durch sein spezielles geographisches Umfeld mit dem Schwarzwald und



Abb. 3 ▶ Die BK 117 C1 ist mit zwei Turbomeca Arriel Triebwerken mit jeweils 708 PS ausgerüstet

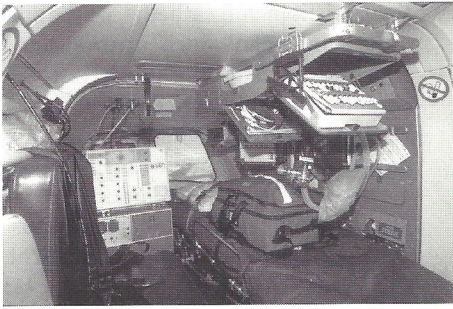


Abb. 4 ◀ BK 117 Ansicht von vorne. Auf der linken Seite ist der Servo 300 Intensivrespirator auf der Combi-Box sichtbar. Auf der rechten Seite sind die geöffneten Deckenkästen mit dem Ampullarium angebracht. Beim Transport eines Patienten wird der Notfallrucksack im linken Kabinenbereich verstaut

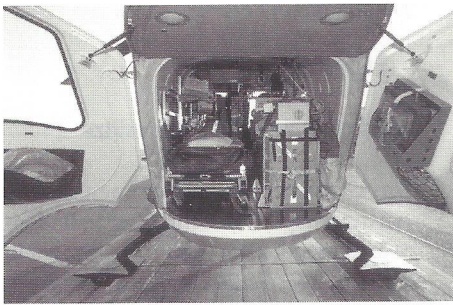


Abb. 5 ◀ Ansicht von hinten. Links in Flugrichtung befindet sich die Roll-in-Trage und rechts die Combi-Box mit dem von hinten sichtbaren Servo 300 Intensivrespirator. Durch die relative Enge im Intensivtransporthubschrauber wird der Hecktürbereich durch den Hecktürstaukasten auf der rechten Seite und das Verstaunetz auf der linken Seite optimal ausgenutzt

den hohen Bergen, wie dem Feldberg, wird der Intensivtransporthubschrauber häufig für den Primärbereich eingesetzt. Der Mannheimer Intensivtransporthubschrauber wurde im Juli 1986 in Betrieb genommen und im Juli 1989 nahm das Luftrettungszentrum in Stuttgart auf dem Stuttgarter Flughafen seinen Betrieb auf. Die Hubschrauber BK 117 von Eurocopter werden etwa seit 1993 auf den Zentren eingesetzt. Zuvor waren Bell Long-Ranger und BO 105 im Einsatz.

Die Ausrüstung der Intensivtransporthubschrauber

Die Standardausrüstung der BK 117 als Intensivtransporthubschrauber deckt sowohl die Erfordernisse des Intensivtransports, als auch den Einsatz als primäres Rettungsmittel ab. Die DIN-Norm 13230/2 und 4, welche die Mindestausrüstung der Intensivtransporthubschrauber definiert, wird eingehalten.

Im Bereich der Beatmung sind die Hubschrauber standardmäßig mit einem Servo 300 (Siemens) Intensivbeatmungsgerät ausgestattet. Das Beatmungsgerät befindet sich während des Fluges auf einer luftfahrtzugelassenen Combi-Box und wird für den Bett-zu-Bett-Transport auf das Pac Rack (FERNO) der Roll-In-Trage befestigt (Abb. 4, 5 und 6). Mit dem Intensivbeatmungs-

gerät ist es möglich, alle differenzierten Beatmungsmuster, selbst bei schwersten Lungenerkrankungen, wie etwa dem ARDS, anzubieten. Die kurzen Akkubetriebszeiten des Servo 300 von maximal 20 min erfordern gelegentlich die Mitnahme eines weiteren Akkupacks. Zusätzlich befindet sich ein Notfallbeatmungsgerät (Medumat elektronik oder Dräger Oxylog 2000) im Hubschrauber.

Mit dem Propaq encore Transportmonitor (Protocol) wird kontinuierlich EKG, Pulsoxymetrie, nicht-invasiver und invasiver Blutdruck, Körpertemperatur und CO₂ im Neben- und Hauptstromverfahren gemessen. Zusätzlich befindet sich ein Defibrillator an Bord (Defigard 2002, Bruker). Die oben beschriebenen Parameter können durch die Modularbauweise mit einem EKG und einem externen sowie internen Schrittmachermodul für einen intravenösen und transkutanen Schrittmacher kombiniert werden.

Standardmäßig werden 2 doppel-läufige Injektionspumpen des Typs Program 2 (Becton Dickinson) mitgeführt, die es erlauben, bei Übernahme des Patienten die bestehenden Perfusorspritzen beizubehalten. Der mitgeführte Sauerstoffvorrat beträgt 2400 l, die Druckluftmenge 1200 l. Der Intensivtransporthubschrauber verfügt über eine in die Wand fest eingebaute Absauganlage sowie über eine mobile Absaugeneinheit (Laerdal). Für den Inkubatortransport stehen bei Bedarf eigene Transportinkubatoren ITI 5400 (Dräger) zur Verfügung. Zunehmend werden die klinikinternen Transportinkubatoren als Cargo im Hubschrauber mitgeführt.

Für die Primäreinsätze der Intensivtransporthubschrauber stehen als mobiles Equipment ein Notfallrucksack, ein Baby-Notfallrucksack, eine Schaufeltra-

ANORDNUNG DER RETTUNGS- AUSRÜSTUNG

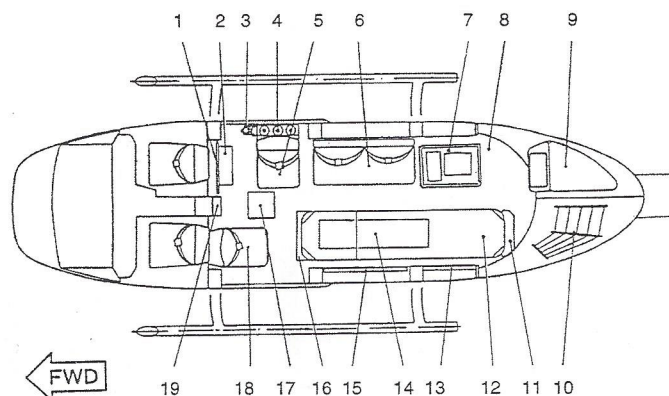


Abb. 6 ▲ Aufteilung des medizinischen Equipments in der BK 117: 1 Trennwand, 2 Defigard 2002 Halterung, 3 Reserveflaschenhalterung, 4 Sauerstoffhalterung, 5 Med.-Crew-Sitz, 6 Sitzbank, 7 Combi-Box, 8 Integralboden, 9 Hecktürkasten, 10 Verstaunetz, 11 hintere Tragenhalterung, 12 Roll-in-Trage, 13 Mehrzweckgerätewand, 14 Deckenkasten, 15 medizinische Gerätewand, 16 vordere Tragenhalterung, 17 Kabinenbeleuchtung, 18 Med.-Crew-Sitz, 19 Verbrauchsmaterialkasten und Abfallbox

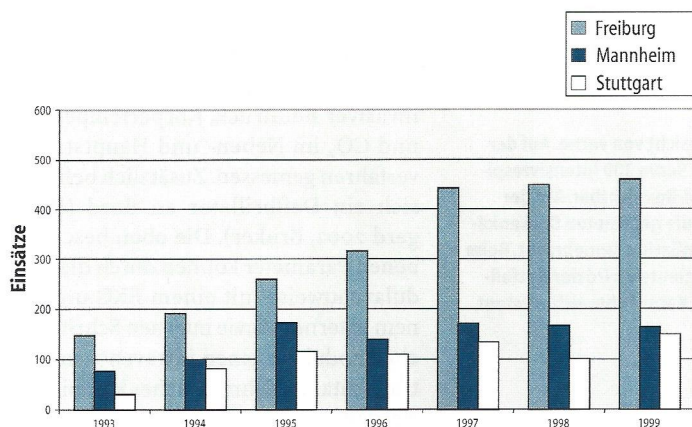


Abb. 7 ▲ Primäreinsätze der Intensivtransporthubschrauber in Baden-Württemberg seit 1993

ge, eine Vakuummatratze, pneumatische Schienen, ein KED-System und eine Antischockhose zur Verfügung. Für spezielle Einsätze ist ein Stehhaltgurt vorgesehen.

Die Hubschrauber sind für den Sichtflug (VFR) eingerichtet. Zur Unterstützung der Navigation dient ein sogenanntes Moving-Map-System (Euronav) das eine digitale Landkarte darstellt, welche die Position des Hubschraubers festhält und über die GPS-Koordinaten einen direkten Zielflug erlaubt. Durch die umfangreiche Datenbank des Systems ist eine straßengenaue Navigation, die vor allem im Primärbereich erwünscht ist, ermöglicht. Für die Kommunikation sind die Hubschrauber mit BOS und D-Netz-Telefonen ausgerüstet.

Besatzung

Die Besatzung der Intensivtransporthubschrauber besteht aus einem Piloten mit mindestens 2000 Flugstunden Erfahrung. Unterstützt wird der Pilot durch den als so genanntes HEMS Crew Member („helicopter emergency medical system“) ausgebildeten Rettungsassistenten. Dieser verfügt über durchschnittlich mehr als 5 Jahre Erfahrung im bodengebundenen Rettungsdienst und über Intensivfahrung (zum Teil Intensivkrankenschwester). Durch die spezielle Ausbildung, die in der JAR-OPS 3 festgelegt ist, wird der Pilot bei der Navigation und im Bereich der Luftraumbeobachtung unterstützt.

Bei den Ärzten handelt es sich vorwiegend um Fachärzte für Anästhesie, Chirurgie und Innere Medizin. Durch

die Einsätze im Primärbereich ist zusätzlich die Fachkunde Rettungsdienst, sowie nachweisliche Erfahrung im bodengebundenen Rettungsdienst unbedingt erforderlich. Zusätzlich werden die Ärzte und Rettungsassistenten regelmäßig in ATLS, ACLS und speziellen luftfahrtmedizinischen Problemen geschult.

Einsatzzahlen und Dokumentation

Seit 1993 bis Juni 2000 wurden insgesamt 13.813 Einsätze von den 3 ITH in Baden-Württemberg geflogen. Hierbei entfielen 31% auf Primäreinsätze. Gelegentlich wurden Organtransporte oder Suchflüge durchgeführt. Zusammen mit den Fehleinsätzen belief sich dieser Anteil auf 3,6%.

Im Zeitraum von 1993 bis Ende 1999 wurden kaum medizinisch relevante Da-

ten statistisch aufgearbeitet, da die entsprechende EDV noch unzureichend war. Erst durch die Einführung des Notarztsatzprotokolls Nadok Version 3.52 (Datapec) und die Erfassung der Einsatzdaten am Computer unter Berücksichtigung des MIND [6] und MEES [8] ist eine detailliertere medizinische Auswertung der Einsatzdaten ermöglicht. Im Zeitraum vom 01.01.2000 bis 30.06.2000 wurden insgesamt 690 Intensivinsätze dokumentiert und zur Datenanalyse herangezogen.

Ergebnisse

Primär- und Sekundäreinsätze

Das Gesamteinsatzaufkommen der Intensivtransporthubschrauber in Baden-Württemberg von 1993 bis Juni 2000 teilt sich in 4310 Primäreinsätze, 9003 Sekundäreinsätze und 500 Fehleinsätze.

Der Freiburger ITH ist von 1993 bis 1997 vermehrt in die primäre Rettung einbezogen worden. Seit 1997 bleibt der Anteil mit ca. 450 Primäreinsätzen pro Jahr konstant (Abb. 7). Die Intensivtransporthubschrauber in Mannheim und Stuttgart werden für Primäreinsätze dann eingesetzt, wenn die lokalen Primärhubschrauber nicht verfügbar sind, oder wenn der Intensivtransporthubschrauber, entsprechend dem Rettungsdienstgesetz, das schnellste geeignete Rettungsmittel darstellt.

Die Sekundäreinsätze sind in Abb. 8 dargestellt. Hierbei ist das Einsatzaufkommen des Stuttgarter Intensivtransporthubschraubers aufgrund seiner zentralen Lage hervorzuheben. Die ITH

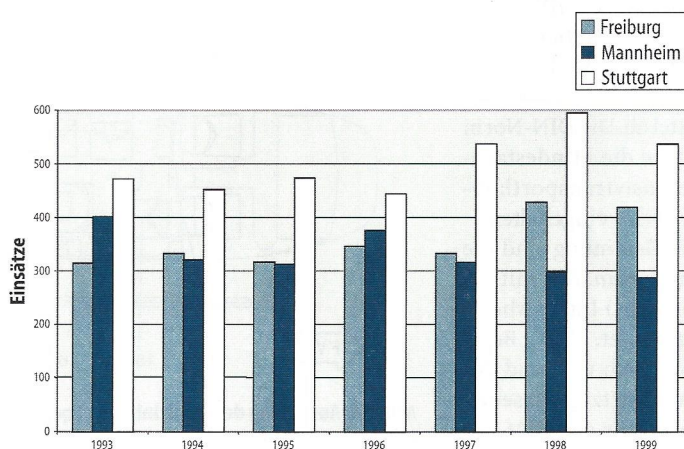


Abb. 8 ▲ Sekundäreinsätze der Intensivtransporthubschrauber in Baden-Württemberg seit 1993

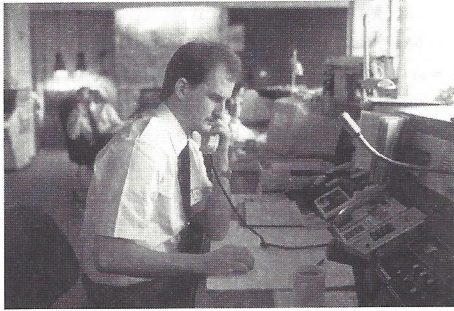


Abb.9 ◀ Die DRF-Alarmzentrale ist rund um die Uhr erreichbar und koordiniert neben den Intensivtransporthubschraubern auch noch die weltweite Auslandsrückholung mit Intensivtransportflugzeugen

in Mannheim und Freiburg sind aufgrund ihrer geographischen Lage in Bezug auf Landes- und Bundesgrenzen in ihrem Einsatzgebiet eingeschränkt.

Einsatzzeiten und Erkrankungsmuster

Für Intensivtransporte in Baden-Württemberg werden die 3 Intensivtransporthubschrauber durch die Alarmzentrale der DRF koordiniert (Abb. 9). Diese Logistik ermöglicht es, den nächstliegenden Hubschrauber zum Einsatz zu bringen. In einigen Fällen werden die Transporte als sehr dringlich eingestuft. Da die Besatzung der Hubschrauber auf allen 3 Standorten direkt am Flugplatz stationiert ist, sind die Alarmierungszeiten denen von Primärhubschraubern gleichzusetzen. Das normalerweise durchgeführte Arzt-zu-Arzt-Gespräch vor einem Intensivtransport kann in solch dringenden Fällen auch unterbleiben.

Zur Beurteilung der Einsatzzeiten bis zum Eintreffen im Krankenhaus wurde die reine Flugzeit als Indikator verwendet. Die Alarmierungszeit bei weniger dringlichen Transporten kann Stunden bis Tage betragen, sodass diese Zeiten nicht berücksichtigt wurden. Bei sehr dringlichen Einsätzen kann der Hubschrauber nach der Alarmierung innerhalb von 2 min abfliegen. Nach Ein-

treffen am Hubschrauberlandeplatz des Krankenhauses vergehen bis zum Eintreffen beim Patienten je nach lokaler Gegebenheit ca. 1–4 min.

Aus der Abb. 10 ist zu ersehen, dass in 62% der Fälle die Flugzeit zum Krankenhaus weniger als 20 min beträgt und in 86% der Fälle eine 1/2 h nicht überschritten wird. Die Transportzeiten des Patienten im Hubschrauber sind in der Regel etwas länger als die Flugzeiten zum primären Krankenhaus. In 7% der Fälle wird der Patient länger als 1 h geflogen.

Handelt es sich bei den transportierten Patienten um Traumapatienten, werden mit jeweils 23% vorwiegend Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma oder Wirbelsäulentrauma transportiert. Etwa 11% der Patienten haben ein Thoraxtrauma und 9% eine Fraktur der Extremitäten. Die genaue Aufteilung der Verletzungsmuster ist aus der Tabelle 1 zu entnehmen. Der Gesamtanteil der Traumapatienten am Patientenkollektiv beträgt 30,4%.

Bei den nicht-traumatisierten Patienten werden mit ca. 37% Patienten mit Herzerkrankungen und mit ca. 36% Patienten mit ZNS-Erkrankungen transportiert. In den Einzelgruppen, die in Tabelle 2 aufgelistet sind, überwiegen die Patienten mit einem Schlaganfall

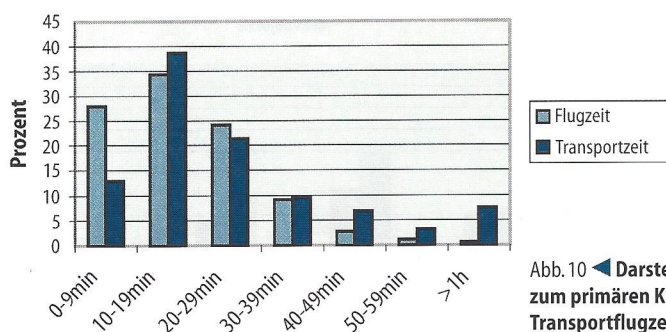


Abb.10 ◀ Darstellung der Flugzeiten zum primären Krankenhaus und die Transportflugzeiten des Patienten

Tabelle 1
Verletzungsmuster der transportierten Traumapatienten

Verletzung	Prozent
Schädel-Hirn-Trauma	23
Wirbelsäulentrauma	23
Thoraxtrauma	11
Extremitätentrauma, Fraktur	9
Äußere Kopfverletzung	7
Extremitätentrauma, Weichteile	5
Beckentrauma	4
Abdominaltrauma	3
Verbrennung, Verbrühung	3
Inhalationstrauma	1

oder intrazerebraler Blutung. Mit etwas geringerer Häufigkeit werden Patienten mit den typischen Herzerkrankungen transportiert. Die Auflistung zeigt, dass das gesamte Spektrum der Intensivmedizin auf einem Intensivtransporthubschrauber anzutreffen ist.

Beurteilung des Patientenzustandes

Zur Beurteilung des Schweregrades der Erkrankung der Patienten wurde der weithin bekannte NACA-Score verwendet. Ein Drittel der Patienten weisen einen NACA-Score von 3 oder geringer auf (Abb. 11). Entsprechend der Definition des NACA-Scores [23] betrifft dies Verletzungen und Erkrankungen, die in der Regel einer stationären Abklärung bzw. einer Therapie bedürfen, bei denen jedoch akut keine Vitalgefährdung zu erwarten ist. Bei zwei Drittel der Patienten, die im Intensivtransporthubschrauber transportiert werden, ist mit einer kurzfristigen Entwicklung einer Vitalgefährdung zu rechnen oder es besteht bereits eine Vitalgefährdung. In 0,2% der Fälle muss während des Intensivtransports eine Reanimation durchgeführt werden.

Der Mainz Emergency Evaluation Score (MEES; [8]) dient in der Primärrettung dazu, die Verbesserung einer Therapiemaßnahme zwischen dem Eintreffen beim Patienten und dem Abgeben des Patienten in der Klinik darzustellen. Der MEES setzt sich aus den folgenden 7 Teilen zusammen:

- ▶ systolischer Blutdruck,
- ▶ Herzfrequenz,

Tabelle 2
Häufigkeit definierter Erkrankungen

Erkrankung	Prozent
Insult, Blutung	28,0
Angina pectoris	13,0
Herzerkrankung, sonstige	12,3
Herzinfarkt	8,0
ZNS, sonstige	7,7
Rhythmusstörung	4,0
Atmungsenerkrankungen, sonstige	4,0
Abdomen, sonstige	3,3
Sonstige Erkrankungen	3,3
Pneumonie	2,7
Akutes Abdomen	1,7
Gastroenterale Blutung	1,7
Krampfanfall	1,7
Stoffwechselerkrankungen, sonstige	1,7
Lungenödem	1,3
Aspiration	1,0
Pädiatrische Erkrankungen, sonstige	1,0
Geburt	0,7
Gynäkologische Erkrankungen, sonstige	0,7
Asthma	0,3
Blutzuckerentgleisung	0,3
Depression	0,3
Lungenembolie	0,3
Ertrinken	0,3
Medikamentenintoxikation	0,3
Tetanie	0,3

- ▶ Atemfrequenz,
- ▶ periphere Sauerstoffsättigung,
- ▶ Schmerz,
- ▶ Herzrhythmus,
- ▶ Bewusstsein.

Für jeden einzelnen Teil werden bis zu 4 Punkte vergeben und eine Gesamtsumme berechnet. Die Gesamtsummen am Anfang und am Ende des Notarzteinsatzes werden voneinander abgezogen, um eine Verbesserung oder Verschlechterung des Patienten objektiv darzustellen.

Im Intensivtransport gibt es bis jetzt noch kein allgemein akzeptiertes Bewertungssystem, um die medizinische Therapie während eines Transportes adäquat zu monitorieren. Es wurde deswegen der MEES auch für die Intensivtransporte ermittelt. Hierbei zeigt es sich, dass die Ärzte unabhängig vom NACA-Score subjektiv vorwiegend keine Veränderung des Patienten-

zustandes festgestellt haben (Abb. 12). Nur in wenigen Fällen wurde subjektiv eine Verbesserung festgestellt und eine Verschlechterung des Patienten wurde nur in den seltensten Fällen erkannt.

Wird der MEES aus den oben genannten Kriterien errechnet, so zeigt sich, dass während des Transportes in den meisten Fällen, ebenfalls unabhängig vom NACA-Score, eine Verbesserung des Patientenzustandes eintritt (Abb. 13). Hierdurch reduziert sich der Anteil der Patienten, bei denen der Zustand gleich bleibt. In mehreren Fällen musste jedoch auch festgestellt werden, dass sich der Patientenzustand verschlechtert hat.

Versorgung und Transportziele

In zwei Dritteln der Fälle bekommen die Patienten während des Transportes eine kristalloide Infusion. Bei 42% werden Analgetika gegeben und bei 41% Sedativa (Tabelle 3). In fast 20% der Fälle wurden Narkotika bei beatmeten Patienten gegeben. Der Katecholaminanteil beträgt fast 14%. Die weitere Auflistung der

sonstigen gegebenen Medikamente ist aus der Tabelle ersichtlich.

Die Analyse der am häufigsten angeflogenen Krankenhäuser zeigt, dass es sich hierbei um die Zentren der Maximalversorgung in Baden-Württemberg handelt. Am häufigsten wurde die Universitätsklinik in Freiburg angeflogen, gefolgt vom Herzzentrum in Bad Krozingen. Die Universitätsklinik in Tübingen, das Herzzentrum in Lahr und die Universitätsklinik in Heidelberg wurden ebenfalls häufig angeflogen. Es folgen dann das Katharinenhospital in Stuttgart, das Städtische Krankenhaus in Karlsruhe und die Universitätsklinik in Würzburg. Dabei konnte festgestellt werden, dass fast alle Krankenhäuser in Baden-Württemberg während eines halben Jahres angeflogen werden.

Diskussion

Der Bedarf an luftgestützten Intensivtransporten in Baden-Württemberg ist trotz verbesserter Intensivtherapien weiterhin vorhanden. Die Patienten sind

Abb. 11 ▶ Beurteilung der vitalen Gefährdung mittels NACA-Score

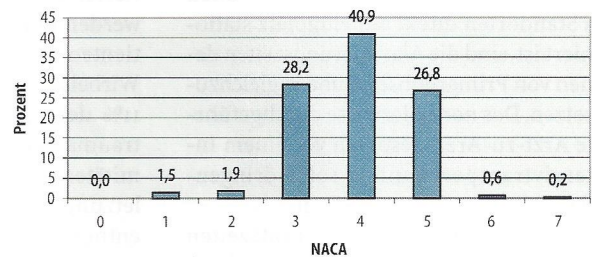


Abb. 12 ▶ Subjektive Beurteilung des Patientenzustands durch den transportierenden Arzt

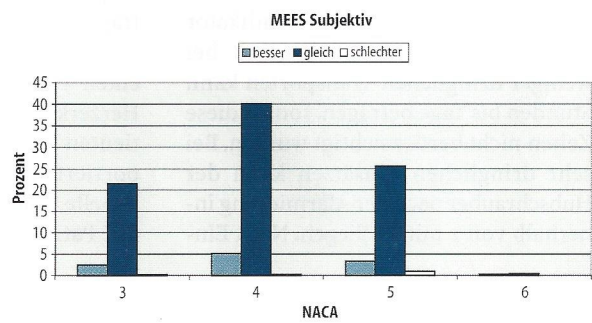


Abb. 13 ▶ Objektive Beurteilung des Patientenzustandes mittels MEES

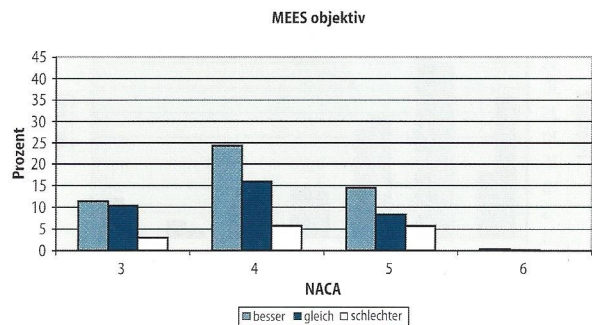


Tabelle 3

Häufigkeit der eingesetzten Medikamente. Mehrfachnennungen sind möglich

Medikation	Prozent
Kristalloide	68,0
Analgetika	41,7
Sedativa	40,9
Sonstige	22,0
Narkotika	19,7
Katecholamine	13,7
Antiemetika	13,1
Muskelrelaxantien	12,6
Vasodilantien	11,1
Kolloide	10,0
Antihypertensiva	8,6
Antiarrhythmika	3,7
Kortikosteroide	3,1
Bronchodilantien	1,4
Diuretika	1,4
Antidota	0,6
Antiepileptika	0,6
Glukose	0,6
Pufferlösung	0,3

in zwei Drittel der Fälle so schwerwiegend erkrankt, dass eine vitale Bedrohung nicht auszuschließen ist oder bereits vorliegt.

Alleine die Tatsache, dass ein Patient vital gefährdet ist, erlaubt nicht den Rückschluss, dass er mit einem Intensivtransporthubschrauber transportiert werden soll. Noch vor mehreren Jahren konnte nicht gezeigt werden, dass durch den Intensivtransport eine Verbesserung der Lebenserwartung resultiert [21]. Erst in den letzten Jahren verdichten sich die Anzeichen, dass durch den Intensivtransport in ein Zentrum der Maximalversorgung auch eine Verbesserung des Behandlungsergebnisses bei dem Patienten entsteht.

So konnte Gebremichael zeigen, dass durch den Einsatz eines Intensivmobils die Überlebenschance bei Lungenversagen verbessert werden konnte [7]. Wright konnte einen Vorteil bei neurochirurgischen Patienten feststellen [25]. Im Bereich des Hubschraubertransports erkannte Jacobs bei Traumapatienten in Amerika einen Vorteil [12] und Conroy konnte bei Patienten mit akutem Schlaganfall einen Vorteil durch den Hubschraubertransport belegen [4]. In den letzten Jahren zeigte sich, dass

der rasche Transport von Traumapatienten in ein Zentrum der Maximalversorgung an Bedeutung gewinnt [13, 26]. Werden die Patienten durch einen bodengebundenen Notarzt zuerst in das nächstgelegene Krankenhaus gebracht und stellt sich dann heraus, dass eine Versorgung in diesem Krankenhaus nicht suffizient durchgeführt werden kann, so bleibt als einziger Ausweg ein rascher Intensivtransport mit dem Hubschrauber.

Mit den Intensivtransporthubschraubern ist es möglich die Patienten über weite Strecken schnell zu transportieren. Hierin liegt der Vorteil gegenüber den bodengebundenen Intensivtransportmobilen, die eher im näheren Umfeld um ein Zentrum der Maximalversorgung eingesetzt werden [20]. Durch die Disposition von 3 Helikoptern in Baden-Württemberg in einer Alarmzentrale ist es möglich, dass der nächstliegende freie Hubschrauber ein Krankenhaus anfliegt. In den dargestellten Statistiken der Flugzeiten zeigt sich, dass in zwei Drittel der Fälle weniger als 20 min reine Flugzeit benötigt werden, um ein Krankenhaus zu erreichen. Zu 86% trifft der Hubschrauber in weniger als einer halben Stunde ein.

Da die Intensivtransporthubschrauber ebenso rasch alarmiert werden können wie ein Primärhubschrauber, ist es möglich, auch bei vital bedrohten Patienten einen raschen Abtransport zu gewährleisten. Durch die zentrale Organisation der Intensivtransporte können auch andere Transportmöglichkeiten wie Primärhubschrauber, Intensivmobile, Rettungswagen oder sogar der Einsatz von Intensivtransportflugzeugen erwogen werden. Gerade für sehr weite Strecken, wie z. B. die Verbindung Stuttgart-Hamburg oder Stuttgart-Berlin, sollte an den Einsatz von Intensivtransportflugzeugen gedacht werden, da sich hierdurch die Transportzeit und auch die Kosten erheblich reduzieren lassen.

Trotz all dieser Vorteile muss bedacht werden, dass die Intensivtransporthubschrauber bei extrem schlechten Wetterbedingungen oder während der Nacht nicht zur Verfügung stehen. Zwar ist es möglich, bis in die Nacht hinein zu fliegen, jedoch sind die Standorte nach Sonnenuntergang in der Regel nicht mehr besetzt. Damit auch während der Nachtzeit Intensivtransporte möglich sind, koordiniert die Alarmzentrale Anfragen bezüglich eines Intensivtrans-

portes unter Verwendung von alternativen Transporten [11]. Hierbei sind einmal die bodengebundenen Intensivmobile verfügbar [10], es stehen aber auch in umliegenden Bundesländern Intensivtransporthubschrauber mit spezieller Ausrüstung zur Verfügung, die auch nachts vollwertig eingesetzt werden können. Nachts besteht außerdem die Möglichkeit, Ambulanzflugzeuge einzusetzen.

Sicherstellung der Transportqualität

Die Qualität eines Intensivtransportes wird daran gemessen, ob es gelingt den Patienten ohne Verschlechterung und vielleicht sogar mit einer weiteren Therapieoption in das aufzunehmende Krankenhaus zu transportieren. Voraussetzung hierfür ist, dass das medizinische Personal den vollen Umfang der intensivmedizinischen Versorgung beherrscht. Zusätzlich muss die Besetzung ein Verständnis für Teamarbeit aufbringen [24].

Auf den Intensivtransporthubschraubern in Baden-Württemberg werden fast ausschließlich Ärzte mit Facharztstandard eingesetzt. Die Ärzte haben in der Regel mehr als ein Jahr Intensivverfahren und können mehr als dreihundert bodengebundene Rettungseinsätze nachweisen. Dieser hohe Qualitätsstandard ist notwendig, da es sich bei den zu transportierenden Patienten gelegentlich um sehr komplizierte Fälle handelt. Die DIVI-Empfehlungen bezüglich der ärztlichen Qualifikation [5], die auch in dem von der DIVI empfohlenen Kurs Interhospitaltransfer festgelegt wurden, weisen noch nicht die Qualifikation des Facharztstandards für den Intensivtransport auf. Im Bereich der Auslandsrückholung wird der Facharztstandard allerdings bereits von rechtlicher Seite her gefordert [16]. Das Patientenkollektiv beim Transport mit dem Intensivtransporthubschrauber unterscheidet sich nur unwesentlich von dem Patienten bei der Auslandsrückholung. Zum Wohle des Patienten sollte die medizinische Besetzung eine entsprechende Qualifikation mitbringen.

Dass die Patienten während des Transports von der Qualität der Versorgung profitieren, offenbaren die subjektiv und objektiv ermittelten Werte über den Patientenzustand. Die subjektive Einschätzung der Ärzte zeigt, dass der

Zustand des Patienten während des Transports vorwiegend stabil geblieben ist, unabhängig davon, welchen Schweregrad die Erkrankung aufweist. Nur in wenigen Fällen sahen die Ärzte eine Verbesserung. Nimmt man den objektiveren Wert des Mainzer Emergency Evaluation Scores als Grundlage der Bewertung, stellt sich heraus, dass sich signifikant mehr Patienten in ihren Werten verbessert haben.

Diese Werte zeigen, dass nur in geringem Anteil eine Verschlechterung des Patientenzustandes durch einen Transport entsteht. Das so genannte Transporttrauma scheint somit geringer zu sein, als der Benefit einer verbesserten Therapie im aufnehmenden Krankenhaus. Diese Werte zeigen auch, dass Einschränkungen bezüglich einer Transportfähigkeit nur in den seltensten Fällen gegeben sind.

Die Transportqualität ist nicht nur durch die Qualifikation des medizinischen Personals gegeben, sondern stützt sich auch auf die vorhandene Strukturqualität. Die Hubschrauber sind mit modernsten Medizingeräten ausgestattet. Großer Wert wird darauf gelegt, dass die Überwachungs- und Intensivtherapieverfahren während des Transports nicht reduziert werden. Hierfür steht vor allem ein Intensivrespirator zur Verfügung, der alle notwendigen Beatmungsformen beherrscht. Falls notwendig, können auch zusätzliche Gerätschaften wie etwa eine IABP (intraaortale Ballonpumpe) oder ein Inkubator mit an Bord genommen werden [3].

Durch die Benutzung der BK 117, die als Allzweckhubschrauber eingesetzt wird, ist es möglich neben den Intensivtransporten jederzeit auch im Primärbereich Einsätze zu fliegen. Die eingesetzten Piloten weisen mindestens 2000 Flugstunden an Erfahrung auf, sodass Außenlandungen jederzeit vorgenommen werden können. Die medizinische Besatzung ist für Primäreinsätze qualifiziert und es werden alle notwendigen Medizingeräte und Equipment für den Primäreinsatz mitgeführt. Durch den ständigen Kontakt zur disponierenden Alarmzentrale und der Heimatleitstelle sowie den überfliegenden Leitstellen, ist es jederzeit möglich, die Intensivtransporthubschrauber beim Primärbedarf einzusetzen.

Im diagnostischen Bereich stehen, gerade für beatmete Patienten, die Puls-

oxymetrie und die Kapnographie zur Verfügung [19]. Außerdem können arterielle Druckkurven dargestellt werden. Durch die relativ kurzen Transportzeiten von meistens weniger als einer halben Stunde, hat sich die Mitnahme eines Blutgasanalysegerätes bis jetzt noch nicht etabliert. Allerdings werden 7% der Patienten mit länger als einer Stunde Flugzeit transportiert, sodass eine Überwachung des Zustandes des Patienten durch einen Blutgasanalyse zu erwägen ist [9, 15].

Die momentan durchgeführte Dokumentation des luftgebundenen Interhospitaltransportes in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung des MIND und MEES ermöglichen bereits eine Beurteilung der Qualität des Transports. Die dargestellten Daten zeigen, dass ein sicherer und qualifizierter Transport durchführbar ist. Für einen weitergehenden Vergleich der Transporte und ein differenzierteres Qualitätsmanagement reichen jedoch die dargelegten Daten nicht aus. Aus diesem Grund hat die DIVI im ersten Halbjahr diesen Jahres ein DIVI Protokoll Interhospitaltransfer erarbeitet (Veröffentlichung in Vorbereitung). Dieses Protokoll wird es in Zukunft ermöglichen, die Einsätze noch genauer zu dokumentieren, um damit nähere Aufschlüsse über die Indikation und die Transportqualität zu erlangen.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass durch die Koordination des luftgestützten Intensivtransportes in Baden-Württemberg durch eine Alarmzentrale bei vitaler Indikation rasch ein Intensivtransporthubschrauber für den Transport zur Verfügung steht. Die Ausrüstung und die Qualifikation der Piloten und medizinischen Besatzung können als hochwertig angesehen werden. Die Hubschrauber sind vorwiegend für den Intensivtransport vorgesehen, können jedoch durch die mitgeführte Ausrüstung jederzeit auch bei Primäreinsätzen eingesetzt werden. Bei den durchgeführten Intensivtransporten konnte gezeigt werden, dass die Patienten meist in einem stabilen Zustand transportiert werden oder sogar eine Verbesserung ihres Zustandes erfahren.

Fazit für die Praxis

Der Transport mit dem Intensivtransporthubschrauber ist ein schonendes Verfahren, bei gleichbleibender Versorgungsqualität einen Intensivpatienten in kurzer Zeit einer optimierten medizinischen Versorgung zuzuführen. Durch den hohen Standard auf den Intensivtransporthubschraubern können die Intensivtherapien beibehalten werden. Die Indikation für den Transport stellt der behandelnde Arzt, der durch die disponierende Leitstelle (in Baden-Württemberg die Alarmzentrale der DRF) bezüglich des Transportmittels beraten werden kann. In den meisten Fällen ist das Risiko eines Transports gegenüber dem Vorteil der Behandlung im aufnehmenden Krankenhaus zu vernachlässigen.

Literatur

1. Ahnefeld FW (1993) Themenbereich 9. Sekundärtransport. Notfallmedizin 19: 280–281
2. Ahnefeld FW (1998) Grundlagen und Grundsätze zur Weiterentwicklung der Rettungsdienste und der notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland. Notarzt 14: A20–24
3. Bennett JB, Hill JG, Long WB, III, Bruhn PS, Haun MM, Parsons JA (1994) Interhospital transports of the patient on extracorporeal cardiopulmonary support. Ann Thorac Surg 57: 107–111
4. Conroy MB, Rodriguez SU, Kimmel SE, Kasner SE (1999) Helicopter transfer offers a potential benefit to patients with acute stroke. Stroke 30: 2580–2584
5. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (1997) Empfehlungen zur ärztlichen Qualifikation bei Intensivtransporten. Notarzt 13: A28
6. Friedrich HJ, Messelken M (1996) Der minimale Notarzt Datensatz (MIND). Anästh Intensivmed 37: 352–358
7. Gebremichael M (2000) Mobile intensive care unit, survival advantage for patients with respiratory failure. Crit Care Med 28: 79–85
8. Hennes HJ, Reinhardt TH, Dick W (1992) Beurteilung des Notfallpatienten mit dem Mainz Emergency Evaluation Score. Notfallmedizin 18: 130–136
9. Hetz H, Prause G, List WF (1996) Präklinische Blutgasanalyse. Anästhesist 45: 750–754
10. Huf R, Maiwald G, Schulte-Steinberg H, Peter K, Schildberg FW (1993) Der Intensiv-Transporthubschrauber (ITH) und Intensiv-Transportwagen (ITW) – adäquate Transportmittel für den Schwerstkranken. Intensivmedizin 30: 431
11. Huf R, Weninger E (2000) Neue organisatorische Versorgungskonzepte: Der Intensivtransporthubschrauber. Notarzt 16: 130–132

12. Jacobs LM, Gabram SG, Sztajnkrzyer MD, Robinson KJ, Libby MC (1999) Helicopter air medical transport: ten-year outcomes for trauma patients in a New England program. *Conn Med* 63: 677–682
13. Kerr WA, Kerns TJ, Bissell RA (1999) Differences in mortality rates among trauma patients transported by helicopter and ambulance Maryland. *Prehospital Disaster Med* 14: 159–164
14. Kill C, Reinhardt K (1996) Interhospitaltransfer von Intensivpatienten. *Notfallmedizin* 22: 284–290
15. Kill C, Barwing H, Lennartz H (1999) Blutgasanalyse im Interhospitaltransfer – eine sinnvolle Ergänzung des respiratorischen Monitorings? *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 34: 10–16
16. Linden M (2000) Weltweiter Krankenrücktransport auf dem Luftweg. *Notfall Rettungsmed* 3: 171–178
17. Mackenzie PA, Smith EA, Wallace PGM (1997) Transfer of adults between intensive care units in the United Kingdom: postal survey. *BMJ* 314: 1455–1456
18. Moecke HP (1990) Standards für den Interhospital-Transport von Intensivpatienten. *Notfallmedizin* 16: 773–778
19. Rückholdt H, Marx G, Leuwer M, Panning B, Piepenbrock S (1998) Pulsoximetrie und Kapnometrie: Kombiniertes Einsatz verringert das Transportrisiko. *Anaesth Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 32: 32–36
20. Schleichtrien T, Reeb R, Schindler KH, Altemeyer KH (2000) Bodengebundener Intensivtransport – Anforderungsprofil und Möglichkeiten der praktischen Umsetzung am Beispiel des Intensivtransportmobils Saar. *Notfall Rettungsmed* 3: 225–241
21. Stone CK, Hunt RC, Sousa JA, Whitley TW, Thomas SH (1994) Interhospital transfer of cardiac patients: does air transport make a difference? *Air Med J* 13: 159–162
22. Straumann E, Yoon S, Naegeli B, Frielingsdorf J, Gerber A, Schuiki E, Bertel O (1999) Hospital transfer for primary coronary angioplasty in high risk patients with acute myocardial infarction. *Heart* 82: 415–419
23. Tryba M, Brüggemann H, Echtermeyer V (1980) Klassifizierung von Erkrankungen und Verletzungen in Notarztsystemen. *Notfallmedizin* 6: 725–727
24. Williams KA, Rose WD, Simon R (1999) Teamwork in emergency medical services. *Air Med J* 18: 149–153
25. Wright KD, Knowles CH, Coats TJ, Sutcliffe JC (1996) Efficient timely evacuation of intracranial haematoma – the effect of transport direct to a specialist centre. *Injury* 27: 719–721
26. Young JS, Bassam D, Cephas GA, Brady WJ, Butler K, Pomphrey M (1998) Interhospital versus direct scene transfer of major trauma patients in a rural trauma system. *Am J Surg* 64: 88–92U. *Fricke, W. Klaus*

U. Fricke, W. Klaus

Neue Arzneimittel

Fakten und Bewertungen von 1996 bis 1998 zugelassenen Arzneimitteln

Stuttgart: WVG, 2000. 663 S., 51 Abb., 50 Tab., (ISBN 3-8047-1720-9), kart., DM 96,-

Umfassende und firmenunabhängige Informationen über Arzneimittel sind selten. Eine mehr oder weniger kritische Auseinandersetzung mit den Daten aus klinischen Studien nach der Zulassung eines Arzneistoffes findet meist in vom Hersteller zur Verfügung gestellten Broschüren statt.

Der vorliegende Band behandelt auf mehr als 650 Seiten 38 neu am Markt eingeführte Arzneistoffe. Die Markteinführung der meisten der im Buch besprochenen Medikamente erfolgte 1996, einige der vorgestellten Substanzen wurden 1997 oder 1998 eingeführt. Dadurch lässt sich gewissermaßen der Fortschritt eines Arzneimittels verfolgen und aktuelle Ergebnisse klinischer Prüfungen können in die Bewertung mit einfließen. Die Beiträge wurden von 10 renommierten Autoren, Pharmakologen und Klinikern, verfasst.

Die Gruppenzuordnung der vorgestellten Arzneimittel wurde nach dem Hauptgruppenverzeichnis der Roten Liste 1999 vorgenommen, die Gliederung des Buches folgt ebenfalls dieser Gruppeneinteilung. Weiterhin ist die Zuordnung der Substanzen gemäß des Anatomisch-Therapeutisch-Chemischen Klassifikationsindex (ATC) der WHO angegeben.

Der Aufbau der einzelnen Kapitel folgt einem einheitlichen Schema. Zunächst wird die entsprechende Präparategruppe in einer kurzen aber doch umfassenden Übersicht vorgestellt. Häufig gehört dazu auch ein Abriss über die historische Entwicklung.

Eine „Wertende Zusammenfassung“ im Anschluss daran gibt auf zumeist zwei Seiten einen kompakten Überblick über das jeweilige Kapitel. Diese Zusammenfassungen sind namentlich gekennzeichnet und spiegeln, durchaus beabsichtigt, auch die subjektive Einschätzung des Autors wieder, und sie sind sehr gut geeignet, sich in kürzester Zeit über das entsprechende Medikament zu informieren.

In der Kopfzeile der wertenden Zusammenfassung erscheinen Wirkstoff- und Handelsname, Strukturformel und ATC-Zuordnung des jeweiligen Arzneimittels sowie eine Eingruppierung in ein einfaches und einheitliches Bewertungsprinzip aus 4 Kategorien A bis D (innovative Struktur oder neues Wirkprinzip; verbesserte pharmakologische Eigenschaften bekannter Prinzipien; Analogpräparat ohne Unterschied zu eingeführten Präparaten; eingeschränkter therapeutischer Wert oder nicht ausreichend gesichertes Therapieprinzip). Diese Zuordnung ermöglicht einen sofortigen orientierenden und vergleichenden Überblick.

Der daran anschließende, umfangreichste Teil eines Kapitels entspricht in etwa einer mit neuen Daten aktualisierten Produktmonographie und behandelt auch ausführlich die Ergebnisse der durchgeführten klinischen Studien. Darüber hinaus werden in einem letzten Absatz des jeweiligen Kapitels die wirtschaftlichen Aspekte der entsprechenden Arzneimitteltherapie dargelegt. Am Ende jedes Kapitels schließt sich ein ausführliches Literaturverzeichnis an.

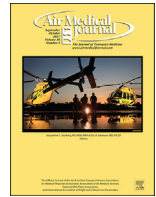
Im Anhang des Buches findet sich eine ca. 60 Seiten umfassende tabellarische Übersicht über Neueinführungen von Fertigarzneimitteln 1996, die außer den Handelsnamen und Wirkstoffen auch die Stoffgruppen, Indikationen und Analogpräparate enthält. Ein kumulativer Index der in den 10 vorangegangenen Bänden vorgestellten Arzneistoffe schließt das Werk ab.

Besonders erwähnen sollte man noch die Abbildungen. Darin werden häufig Wirkmechanismen dargestellt, daneben aber auch physiologische und biochemische Vorgänge und Molekülstrukturen. In schwarzweiß gehalten, zeichnen sie sich durch eine hervorragende Übersichtlichkeit aus und stellen die teilweise komplexen Zusammenhänge klar und verständlich dar.

Dass nun bereits Band 11 dieser Reihe vorliegt, spricht sowohl für die Konstanz als auch für die Qualität dieser Serie und reflektiert offensichtlich den Wunsch der angesprochenen Leserkreise, hauptsächlich sicher Ärzte und Apotheker, auf fundierte und firmenunabhängige Informationen über neu am Markt eingeführte Arzneimittel.

A. Schultz (Mannheim)

Publikation XII



Case Report

Air Repatriation With a Medium-sized Pneumothorax Without Thoracic Tube: A Special Case of a Repatriation Accompanied by an Experienced Surgeon



Melissa B. Blau, MD¹, Michael Weinlich, MD², Werner Lauchart, MD³, Stefan Piatek, MD², Felix Walcher, MD²

¹ Medical Center, University Hospital of Tübingen, Tübingen, Germany

² Department of Trauma Surgery, University of Magdeburg, Magdeburg, Germany

³ Department of General Surgery, University of Tübingen, Tübingen, Germany

A B S T R A C T

We report on the repatriation of a 28-year old female from Germany, who was involved in a serious bus accident and was transported to the nearest hospital in Oruro, Bolivia. CT scans and x-rays performed in this hospital demonstrated a complete pneumothorax right. Thorax drainage was inserted, which was removed after 5 days. Since the hospital refused to acknowledge the presence of a residual middle-sized pneumothorax on the repatriation day and did not want to insert another tube, the decision was made to repatriate the patient on commercial flight back home to Germany without a thoracic tube.

Copyright © 2017 by Air Medical Journal Associates

We report on the repatriation of a 28-year-old woman from Germany who was involved in a serious bus accident and was transported to the nearest hospital in Oruro, Bolivia. Computed tomographic (CT) scans and X-rays performed in this hospital showed a complete right-sided pneumothorax. A thorax drain was inserted, which was removed after 5 days. Because the hospital refused to acknowledge the presence of a residual middle-sized pneumothorax on the repatriation day and did not want to insert another tube, the decision was made to repatriate the patient on a commercial flight back home to Germany without a thoracic tube.

A pneumothorax is a common complication of trauma, especially of serial rib fracture. The therapy of a pneumothorax is based on the elimination of the trapped air from the pleura cavity using thorax drainage systems. If a pneumothorax occurs abroad and repatriation by flight is necessary, the trapped gas in the body halls is known to expand during flight up to

30%.¹⁻³ Therefore, a pneumothorax was announced to be an absolute contraindication for flying.^{4,5}

We report on an uneventful repatriation of a 28-year-old woman from Germany with a pneumothorax without thorax drainage who was involved in a serious bus accident in Bolivia (Fig. 1) in which 9 guests, mostly tourists, died at the scene of the accident. The female patient could be transported by rescue service to a hospital in Oruro where X-rays and CT scans were performed for lung images, the mandible, and the ribs. The results showed a fracture of the 9th and 10th right ribs, a complete pneumothorax of the right lung, a fractured right clavicle, and a dislocated mandibular fracture. She was admitted to the intensive care unit ward of the hospital in Oruro and treated by thorax drainage and oxygen administration. The treatment plan was to correct the anemia and stabilize the vital parameters. In the next 24 hours, the condition of the patient improved, and the plan was to move her to the medical floor if she remained in stable condition. Regarding the mandible fracture, the

patient and her spouse indicated that she wanted to go back to Germany for surgery. After 5 days, the thorax drain was removed, and the written medical report announced that the pneumothorax had disappeared on X-rays.

Upon these reports, the alarm center in Germany started to plan the repatriation of the patient from Bolivia back to Germany with an accompanying medical doctor and paramedic on a commercial flight. The medical team, deciding on the indication for the repatriation, had found, other than reported and expected, a 4-cm right-sided pneumothorax in the newest CT scan. They decided to repatriate the patient with a thoracic tube on standby because a flight offered better conditions because the cabin pressure lay in the range of 2,450 m above sea level. The hospital in Oruro, in which she had been treated, or in La Paz, to which she could have been transferred by ground ambulance, are located even higher (3,710 m and 4,061 m above sea level, respectively). The use of a chest tube was considered in case the patient became distressed during the flight. Regular oxygen

E-mail address: blau@medconteam.com (M.B. Blau).

saturation measurements were planned for the flight. Using a chest tube in case of respiratory distress was considered superior to the use of a pneumo cath system. Because the patient was accompanied by an experienced surgeon who was able to insert a chest tube at any time during the flight, a diversion would only be necessary if major complications occurred (eg, through complications during the affixation of a thoracic tube installed in case of respiratory distress during flight).⁶ The patient was taken by air ambulance from Oruro to La Paz. Commercial flights were used to transport the patient from La Paz to Lima, from Lima to Madrid, and from Madrid to Frankfurt. She was admitted to the Department of Oral and Maxillofacial Surgery at the University Hospital Frankfurt, Frankfurt, Germany. During the repatriation, the patient was absolutely stable, and there were no hypotension, tachycardia, complaints about dyspnea, or oxygen desaturation. Upon arrival at the University Hospital Frankfurt, newer X-rays were performed, showing an improved condition of the preexisting right-sided pneumothorax.

Discussion

This case report emphasizes the difficulty of coping with misjudgment in foreign hospitals and appropriately preparing a patient for repatriation. It is an example that shows that under well-considered circumstances, a guideline can be violated. It also underlines the merits of flexible case management by the repatriation team, who had to reach a decision regarding a situation that per se contraindicates a flight. Flying with a pneumothorax has its limitations because the trapped air in the pneumonic hall can expand by 30% and can lead to respiratory insufficiency and shortness of breath during flight. However, none of these complications occurred in this patient during the long flight to Frankfurt. The radiologic examination after repatriation in Frankfurt showed a significantly improved pneumothorax of the right lung, which was treated with a second thorax drain. Measurements of the pneumothorax of the patient before and after repatriation revealed a 34.83% improvement in the X-rays in Frankfurt compared with the X-rays in Bolivia at discharge. This is clearly in accordance with the well-known amount of gas volume reduction (Boyle-Marionette law) because of the higher air pressure inside the airplane and in the hospital in Frankfurt, which is located at 212 m above sea level, compared with the hospital in Bolivia.^{1–3} According to Boyle's law, the theoretic reduction of intrathoracic gas was



Figure 1. A serious bus accident in Bolivia in which the patient was involved.

calculated as 35% for the hospital in Frankfurt (988.0 hectopascals) and 15% inside the airplane (751.6 hectopascals).

The staging of the pneumothorax is based on determining the size of a pneumothorax by means of the “light index.” For this purpose, the lung's collapse at an anteroposterior chest radiograph is judged in inspiration. As a prerequisite, it is assumed that the volume of the lung and hemithorax is proportionate to the diameter cubed. The distance between the contracted lung to the chest wall and the diameter of the bony hemithorax is measured. The light index corresponds to the size of the pneumothorax percentage of collapsed lung in relation to the hemithorax⁷ as follows: % pneumothorax = $100 - 100 \cdot (\text{Ø} / \text{ØH})^3$, where ØL = the diameter of the lung and ØH = the diameter of the hemithorax.

In the recommendations for the treatment of a pneumothorax, the British Thoracic Surgery Society in 2003 made the following classification: a small pneumothorax is present when the distance of the lung tissue to the chest wall is less than 2 cm, and a large pneumothorax is present if this distance is more than 2 cm. According to this, the patient's pneumothorax in this case can be classified as large.

Altitude exposure and air travel influence the volume of any air in cavities (Boyle's law)³ so that a pneumothorax or closed lung bulla will expand and may cause respiratory distress. Currently available recommendations and guidelines (eg, Aerospace Medical Association) propose to delay air travel for 1 to 3 weeks after thoracic surgery and 1 week after resolution of the pneumothorax.⁷ However, both Aerospace Medical Association guidelines and thoracic surgeons' recommendations for postoperative air travel require further examination.⁸ Although some guidelines provide that a pneumothorax is an absolute contraindication for boarding,⁹ several

studies reported on uneventful and safe air travel in patients with a small persisting pneumothorax or with those only noted in the CT scan.² One review article showed that poor agreement exists not only in these various guidelines but also among medical practitioners.⁵

In addition, several studies report safe air travel in patients with a chronic pneumothorax.³ Furthermore, in a case report, exacerbation of preexisting pneumomediastinum after commercial air travel was reported.¹⁰ In another study, 65 patients with a postbiopsy pneumothorax underwent air travel within 4 days of the final postbiopsy chest radiograph.¹¹ Worsening of existing respiratory symptoms or the development of new symptoms during or after the flight was reported in 14 of 183 patients with a pneumothorax (8%) in this study. The only adverse in-flight event reported in 1 study⁶ investigating patients with a postoperative pneumothorax was a case of thoracic pain during ascent. In interstitial lung diseases with a high prevalence of spontaneous pneumothoraces, there is a relatively low risk of a pneumothorax after air travel. Regarding patients with lymphangioleiomyomatosis, the presence of a pneumothorax associated with air travel was concluded to be related to the high incidence of pneumothoraces and not to travel itself.¹² Therefore, further studies are needed to investigate the real risk for air travel in patients with a pneumothorax and especially for a small and chronic persistent pneumothorax.

Emphysema bullae occur in emphysema under the rarefaction of the lung parenchyma. Extensive bullae displace healthy lung tissue and impair lung function. The bursting of an emphysema bulla on the outside of the lung can cause a pneumothorax. Although air travel in such cases has been frequently advised against, a review of the available literature shows that this concern is ultimately unfounded.

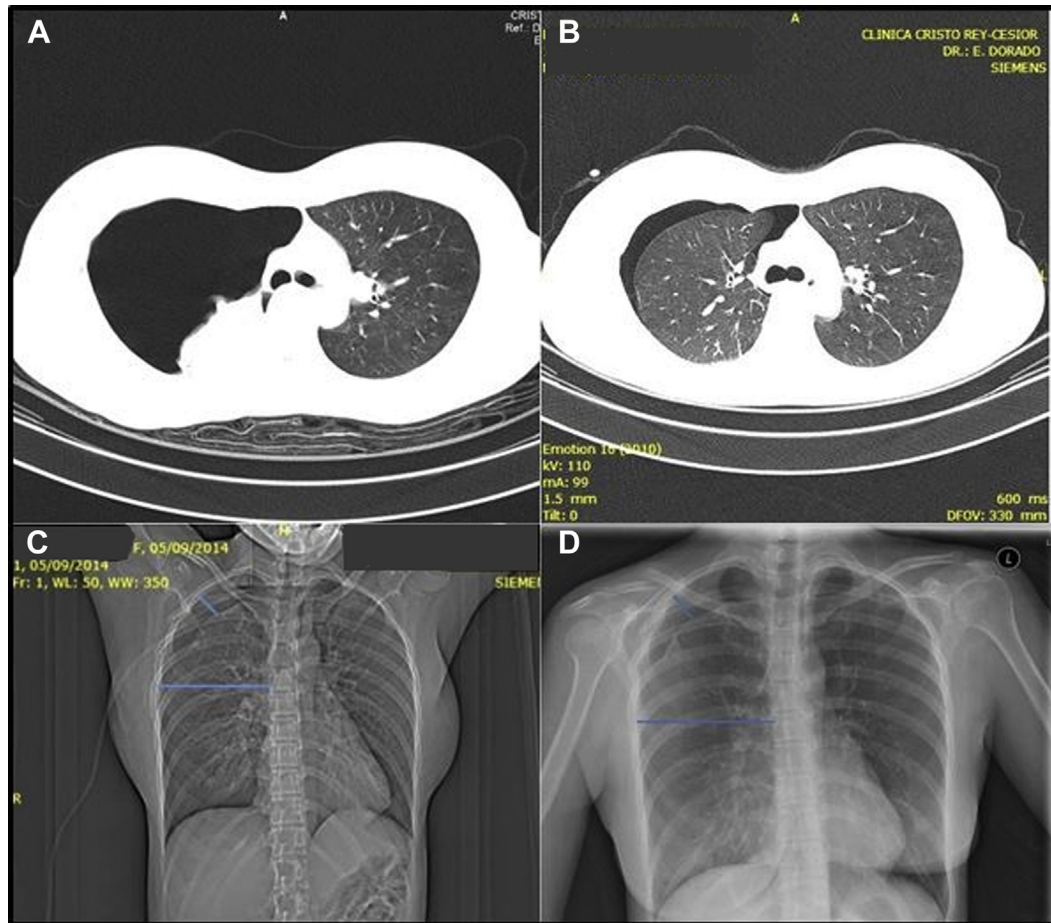


Figure 2. (A) A CT scan showing a complete right-sided pneumothorax on the admission day. (B) A CT scan showing a medium-sized persisting pneumothorax after removal of the chest drain 6 days later. X-rays in (D) Frankfurt showing an improvement to the prefinding in (C) Bolivia. The blue lines constitute the amount of pneumothorax in relation to the diameter of the hemithorax.

After promotion to a simulated altitude of up to 5,500 m with a rapid ascent rate, no radiologic evidence of augmentation of bullae or new pneumothorax were found in patients with chronic obstructive pulmonary disease and bullae. There was no indication in these patients of air trapping in this height of deterioration of lung function. One reason for this low risk seems to be that the bullae appear to have a connection to the bronchial system.

In our case, despite the existing pneumothorax, which the medical doctor could detect on his own in the actual CT scan at the time he picked up the patient in Oruro, the doctor decided to repatriate her without a newer thorax drain because the mandible fracture had to be urgently treated by surgery, preferably and desirably in Germany. The physician did not insert a chest tube in Bolivia because an external doctor is not allowed to do this in a foreign hospital. The decision was also made in light of the fact that a flight with a cabin pressure corresponding to 2,450 m upon

sea level would even lower the intrathoracic pressure of the patient because Oruro is located at 3,710 m and La Paz Airport, which could have been reached by air, is located 4,061 m above sea level. Hence, the repatriation flight was thought to deliver improved conditions for the patient in this case. During the several flights on the way to Germany, the condition of the patient was stable. The X-rays on arrival in Germany showed an improved result (Fig. 2), closely corresponding to the theoretic gas expansion under changed air pressure conditions. Finally, in this case with a persisting large pneumothorax, escorted air travel could safely be conducted without thorax drainage because the repatriation was well prepared and the changes in external pressure during the transportation and its influence on the persistent pneumothorax were evaluated in advance. Therefore, in addition to existing guidelines, the changes in external pressure during air travel have to be considered. It is important that an experienced surgeon

accompanies the patient for any possible occurring complications. Because of the altitude of the hospital in Oruro, this repatriation case is of a unique nature and therefore not reflective of the typical situation.

Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <http://dx.doi.org/10.1016/j.amj.2017.05.004>.

References

- Nicholson TT, Sznajder JI. Fitness to fly in patients with lung disease. *Ann Am Thorac Soc.* 2014;11:1614–1622.
- Sacco F, Calero KR. Safety of early air travel after treatment of traumatic pneumothorax. *Int J Circumpolar Health.* 2014;73:1–3.
- Hu X, Cowl CT, Baqir M, Ryu JH. Air travel and pneumothorax. *Chest.* 2014;145:688–694.
- Bunch A, Duchateau FX, Verner L, Truwit J, O'Connor R, Brady W. Commercial air travel after pneumothorax: a review of the literature. *Air Med J.* 2013;32:268–274.
- Duchateau FX, Legrand JM, Verner L, Brady WJ. Commercial aircraft repatriation of patients with pneumothorax. *Air Med J.* 2013;32:200–202.

6. Weinlich M, Nieuwkamp N, Stueben U, Marzi I, Walcher F. Telemedical assistance for in-flight emergencies on intercontinental commercial aircraft. *J Telemed Telecare*. 2009;15:409–413.
7. Salazar AJ, Aguirre DA, Ocampo J, Camacho JC, Diaz XA. Evaluation of three pneumothorax size quantification methods on digitized chest X-ray films using medical-grade grayscale and consumer-grade color displays. *J Digit Imaging*. 2014;27:280–286.
8. Aerospace Medical Association, Medical Guidelines Task Force. Medical Guidelines for Airline Travel. *Aviat Space Environ Med*. 2003;74(5 Suppl):A1–A19.
9. Chen CW, Perng WC, Li MH, Yan HC, Wu CP. Hemorrhage from an enlarged emphysematous bulla during commercial air travel. *Aviat Space Environ Med*. 2006;77:1275–1277.
10. Szymanski TJ, Jaklitsch MT, Jacobson F, Mullen GJ, Ferrigno M. Expansion of postoperative pneumothorax and pneumomediastinum: determining when it is safe to fly. *Aviat Space Environ Med*. 2010;81:423–426.
11. Tam A, Singh P, Ensor JE, et al. Air travel after biopsy-related pneumothorax: is it safe to fly? *J Vasc Interv Radiol*. 2011;22:595–602.
12. Taveira-DaSilva AM, Burstein D, Hathaway OM, et al. Pneumothorax after air travel in lymphangioliomyomatosis, idiopathic pulmonary fibrosis, and sarcoidosis. *Chest*. 2009;136:665–670.