Fachorgan des Sanitätsdienstes der Bundeswehr 62. Jahrgang - Heft 6 - 1. Juni 2018

Wehrmedizinische Monatsschrift

Herausgegeben durch den Inspekteur des Sanitätsdienstes der Bundeswehr
Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V.

25 JAHRE
1993-2018

Sanitätsdienst
Wir. Dienen. Deutschland.

Deutsche Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V., Bereichsgruppe SÜD

49. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Wehrmedizin & Wehrpharmazie e. V.

25. - 27. Oktober 2018, Würzburg

MARITIM Hotel, CONGRESS CENTRUM

Der Sanitätsdienst der Bundeswehr in unserer Gesellschaft

- Facetten besonderer Verantwortung -

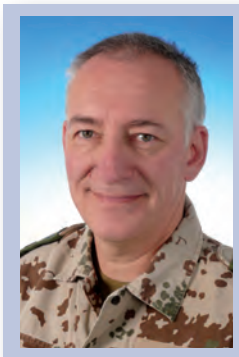
TAGUNGSPRÄSIDENT
Oberstarzt a. D. Johann Foyse

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG
Oberstarzt Prof. Dr. Ralf Vollmuth

Anmeldung wissenschaftlicher Vorträge und Poster bis zum 30. Juni 2018:

Jahreskongress2018@dgwmp.de
Tel.: 089 / 784407

Weitere Informationen / Anmeldung zum Kongress: **www.dgwmp.de**



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

vor 25 Jahren entstand aus einer Idee, die ganz maßgeblich von Oberstarzt Prof. Dr. Heinz Gerngroß (†2005) entwickelt worden war, der Arbeitskreis chirurgisch tätiger Sanitätsoffiziere – ARCHIS. Nicht zuletzt das ab Mai 1992 in Kambodscha bei der Versorgung der Patienten im German Field Hospital in Phnom Penh von ihnen Erlebte warf bei den Gründern von ARCHIS elementare Fragen auf. Im Kern stand die Frage, ob die im Sanitätsdienst angewandten Methoden, Verfahren und Fähigkeiten auf chirurgischem Gebiet den Anforderungen der medizinischen Versorgung im Auslandseinsatz genügen – eine Frage, die letztlich kontinuierlich zu stellen ist.

Die Idee „ARCHIS“ entwickelte sich zu einem Expertenforum der Einsatzmedizin bei der Vermittlung von Erkenntnissen zu Techniken, Verfahren, Algorithmen und Berufsbildern. Auch wenn die chirurgische Versorgung im Einsatz bei ARCHIS im Mittelpunkt steht – Einsatzchirurgie weist eine sehr große Heterogenität auf und erfordert ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit. Folgerichtig wurde deshalb ARCHIS im Jahre 1998 als Arbeitskreis Einsatzmedizin in die Deutsche Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V. (DGWMP) aufgenommen. Das Acronym „ARCHIS“ blieb erhalten – gleichsam als „Markenzeichen“, aber besonders auch als Verpflichtung gegenüber seinen Gründern.

Einsatzmedizin als umfassendes Fachgebiet schließt – ausgehend von der Notfallversorgung im Einsatzland – den qualifizierten Patiententransport, z. B. auf dem Luftweg, die spezialisierte und hochspezialisierte medizinische Versorgung in den Bundeswehrkrankenhäusern und nicht zuletzt die Rehabilitation im Einsatz Verwundeter, Verletzter und Erkrankter in den Regionalen Sanitätseinrichtungen sowie Instituten mit ein.

Wenn es um die Gesundheit unserer Soldatinnen und Soldaten geht, dürfen wir uns nicht mit Mittelmaß abfinden. Die Behandlung einsatzbedingter Verletzungen, die wir in dieser Form in der zivilen Medizin nicht oder nur höchst selten sehen, macht dabei den Rückgriff z. B. auf Leitlinien der großen Fachgesellschaften oft nur eingeschränkt möglich. Hier ist ARCHIS auch Motor für die fachliche Weiterentwicklung und zugleich Mahner zur ständigen kritischen Überprüfung des eigenen Handelns. Und ARCHIS steht dafür, den akademischen Nachwuchs von Beginn an in diese Prozesse einzubeziehen – durch Aus- und Weiterbildung sowie Mentoring bei wissenschaftlicher Arbeit.

Diese Ausgabe der Wehrmedizinischen Monatsschrift vermittelt mit einem Originalbeitrag zur Therapie penetrierender Thoraxverletzungen von RICHARDSEN et al. sowie Fachbeiträgen zur extracorporalen Membranoxygenierung (ECMO) von GULBINS et al. und zur Behandlung von Schussverletzungen der Extremitäten, den VON LÜBKEN et al. vor kurzem schon einmal als zertifizierte Weiterbildung im Magazin „Der Chirurg“ veröffentlicht hatten, einen kleinen Eindruck aus der Einsatzmedizin. Der Bericht sowie eine Auswahl von Kurzbeiträgen zu Postern und Vorträgen von der 25. ARCHIS-Tagung in diesem Heft sollen Sie dabei auch zur Teilnahme an der 26. Tagung in Ulm im nächsten Jahr animieren.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen

Ihr

Oberstarzt Dr. André Lieber
Sprecher AK Einsatzmedizin „ARCHIS“ der DGWMP

Inhaltsverzeichnis

ISSN 0043 - 2156

Heft 6/62. Jahrgang Juni 2018

Editorial

Lieber A 177

Originalarbeit

Richardsen I, Schwab R, Willms A, Schreyer C, Schaaf S, Güsgen C

Fallserie penetrierender Thoraxverletzungen an einem überregionalen Traumazentrum – Vorstellung eines Algorithmus zur minimal invasiven Therapie bei hämodynamisch stabilen Patienten 178
Case series of penetrating thoracic injuries at a national trauma centre – presentation of an algorithm for minimally invasive treatment in hemodynamic stable patients

Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie

Gulbins H, Johann M

ECMO in der Einsatzmedizin – nützliches Hilfsmittel oder aufwändiges High-Tech Tool? 186

Unfallchirurgie, Orthopädie

von Lübken F, Achatz G, Friemert F, Mauser M, Franke A, Kollig E, Bieler D

Update zu Schussverletzungen der Extremitäten 191
Update on Gunshot Wounds to Extremities

Tagungen und Kongresse

199

25. Jahrestagung ARCHIS

Tagungsbericht 199
Posterpreis 202
Abstracts ausgewählter Vorträge und Poster 205

Buchbesprechung

219

Mitteilungen der DGWMP e. V.

220

Titelbild:
25 Jahre ARCHIS - Erfahrungen aus dem Einsatz tragen zur Weiterentwicklung der Einsatzmedizin bei

Bilder von links nach rechts:
- **Kambodscha:** UN-Friedensmission UNTAC von Mai 1992 bis November 1993 // Deutscher UN-Soldat mit Patientinnen in Phom Penh (Fotograf: Detmar Modes, 28.07.1993)
- **Somalia:** U.N-Friedensmission UNOSOM II von März 1993 bis März 1995 // Deutscher Sanitätsstabsoffizier in Belet Uen auf einem Fahrzeug (Fotograf: unbekannt/ Archiv Bild PIZ SanDstBw)
- **Indonesien:** Sanitätseinsatzverband Banda Aceh - Tsunami 12/2004 // Straßenszene in Banda Aceh am General Hospital mit Fahrzeugen des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (Fotograf: Hans Jeitner, 18.01.2005)
- **Afghanistan:** ISAF von Dezember 2001 bis Dezember 2014 // Oberstarzt Prof. Dr. Gerngroß bei OP im Rettungszentrum Kunduz (Fotograf: unbekannt, Foto aus 2004)

(Gestaltung: Stabsfeldwebel Patrick Grüterich, PIZSanDstBw)

Originalarbeit

Aus der Klinik für Allgemein, -Viszeral- und Thoraxchirurgie[1] (Klinischer Direktor: Oberstarzt Prof. Dr. R. Schwab) und der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Wiederherstellungs- und Handchirurgie, Verbrennungsmedizin[2] (Klinischer Direktor: Oberstarzt Priv.-Doz. Dr. E. Kollig) des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz (Kommandeur und Ärztlicher Direktor: Generalarzt Dr. N. Weller)

Fallserie penetrierender Thoraxverletzungen an einem überregionalen Traumazentrum – Vorstellung eines Algorithmus zur minimal invasiven Therapie bei hämodynamisch stabilen Patienten

Case series of penetrating thoracic injuries at a national trauma centre – presentation of an algorithm for minimally invasive treatment in hemodynamic stable patients

Ines Richardsen[1], Robert Schwab[1], Arnulf Willms[1], Christof Schreyer[1], Sebastian Schaaf[1], Dan Bieler[2], Christoph Güsgen[1]

Zusammenfassung

Einleitung: Die videoassistierte Thorakoskopie (VATS) hat sich als minimalinvasives Verfahren in der Thoraxchirurgie etabliert. Ihre Rolle bei der Versorgung des penetrierenden Thoraxtraumas ist dagegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Deutschland nach wie vor nicht exakt definiert. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Terrorbedrohung in Europa, den hierfür typischen Verletzungsmustern und einer damit verbundenen Zunahme von penetrierenden Thoraxtraumen gilt es, den Stellenwert der VATS hierbei einzuschätzen.

Material und Methoden: Ätiologie, Diagnostik und durchgeführte Therapie bei zwischen 2012 und 2016 in einem überregionalen Traumazentrum behandelten Patienten wurden datenbankgestützt erfasst und ausgewertet. Die Therapiekonzepte des stumpfen sowie des penetrierenden Thoraxtraumas wurden gegenübergestellt. Nach einer daran anschließenden Literaturrecherche wurde ein klinikinterner Algorithmus implementiert, um mögliche Indikationen sowie Kontraindikationen für eine VATS beim penetrierenden Thoraxtrauma zu identifizieren.

Ergebnisse: Im Zeitraum zwischen 2012 und 2016 wurden insgesamt 340 Thoraxtraumen behandelt. 19 Patienten (6 %) erlitten hierbei ein penetrierendes Thoraxtrauma. Vier Patienten wurden ausschließlich mit Drainage(n) versorgt, sechs erhielten eine VATS, und zwei eine primäre Laparoskopie. Die häufigste Indikation für die Thorakoskopie war der retinierte Hämatothorax, gefolgt von der Lungenparenchymverletzung mit persistierender Blutung. Im Gegensatz zum stumpfen Thoraxtrauma, welches in der Mehrzahl der Fälle konservativ oder mittels Thoraxdrainage therapiert wurde, erfolgte beim penetrierenden Thoraxtrauma häufiger eine invasive Therapie. Die mediane Hospitalisationsdauer betrug hierbei 15 Tage (6 - 37 Tage). Der mittlere ISS war 17 (16 - 25) und die intra- und postoperative Morbidität betrug 8 %. Eine intra- oder postoperative Mortalität bestand nicht.

Diskussion/Folgerungen: Die frühe VATS kann bei hämodynamisch stabilen Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma eine Alternative zur konventionellen Thorakotomie sein. Sie kann zur Diagnostik von diaphragmalen Verletzungen oder – als sekundäre VATS – bei Auftreten von Komplikationen (persistierender Hämatothorax oder Empyem/infizierte Pleura) angewandt werden. Bei hämodynamischer Instabilität bleibt die konventionelle Thorakotomie nach wie vor die Standardtherapie.

Studien mit größeren Fallzahlen sind notwendig, um diese Ergebnisse nebst der Praktikabilität des hier vorgestellten Algorithmus zu festigen.

Schlüsselwörter: Penetrierende Thoraxverletzungen, Thorakoskopie, Thoraxtrauma, VATS, Messerstichverletzung

Summary

Introduction: Video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) as minimal invasive approach has become standard practice in thoracic surgery. However, its role in the management of penetrating thoracic trauma has not been precisely defined at present. Considering the increasing threat of terrorism attacks in Europe, the injury patterns typically caused by these attacks and the resulting increase in penetrating thoracic injuries, it is important to evaluate the role of VATS for its treatment.

Material and methods: Etiology, diagnostic procedures and applied treatment of thoracic trauma patients treated at a national trauma center between 2012 and 2016 were evaluated. Treatment concepts for blunt and penetrating thoracic trauma were compared. An additionally literature review supported the implementation of an internal algorithm and the identification of possible contraindications for VATS in penetrating thoracic trauma management.

Results: Between 2012 and 2016 a total of 340 patients with thoracic trauma were treated. Of those, 19 patients (6 %) suffered from penetrating thoracic trauma. In 4 of these 19 cases chest tube insertion was the only type of therapy, in 6 cases VATS was applied and 2 patients underwent primary laparoscopy. The most common reason for thoracoscopic surgery

was persistent hemothorax despite drainage, followed by continuous bleeding from lung parenchyma. Unlike blunt thoracic trauma, which in most cases was treated conservatively or by chest tube insertion, penetrating thoracic trauma was usually treated invasively. Mean duration of hospital stay was 15 days (6 - 37 days). The mean ISS (injury severity score) was 17 (16 - 25) and the intraoperative and postoperative morbidity rate was 8 %. There were no cases of intraoperative or postoperative mortality.

Discussion/consequences: Early application of VATS can be an alternative method for managing penetrating thoracic trauma in hemodynamically stable patients. Furthermore, it may support diagnostic of diaphragmic injuries or – for second VATS- therapy in case of complications (persistent hemothorax or empyema). In hemodynamically instable patients thoracotomy still remains the therapeutical standard. Studies with a larger number of cases are needed to support these results along with the practicability of the algorithm introduced in this paper.

Keywords: penetrating thoracic injury, thoracoscopy, thoracic trauma, chest trauma, VATS, stab wound

Einleitung

Grundsätzlich wird das Thoraxtrauma als eine Verletzung des Brustkorbs, seiner Organe und/oder angrenzender Strukturen durch stumpfe oder penetrierende Gewalteinwirkung von außen definiert [56]. Das Thoraxtrauma ist für 10 - 25 % der traumaassoziierten Todesfälle verantwortlich und ist – nach Schädel-Hirn- und Extremitätenverletzungen – die dritthäufigste Traumafolge bei schweren Verkehrsunfällen [30, 32]. Penetrierende Verletzungen sind dabei nach wie vor im westlichen Europa selten und für lediglich 5 % der Thoraxtraumata ursächlich. Dazu zählen in 1,8 % der Fälle Stichverletzungen, 0,6 % sind Schussverletzungen und 2,6 % sind anderen Entitäten zuzuordnen. Stichverletzungen kommen vor allem bei Gewaltverbrechen (69,1 %), gefolgt von Unfällen (16,4 %) und Suizidversuchen (14,5 %) vor [10].

Vor dem Hintergrund der Terroranschläge der letzten Jahre, z. B. in Brüssel, Paris, München, Istanbul, Nizza, Berlin, London und Manchester sowie dem damit auch in Europa gestiegenen Risiko für penetrierende Thoraxverletzungen ist das Wissen des jeweilig behandelnden Teams um die optimale Behandlungsmethode für den betroffenen Patienten von vitaler Bedeutung.

In der deutschen S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung“ wird die Thorakotomie bei einem initialen Blutverlust von >1 500 ml aus der neu angelegten Thoraxdrainage oder bei einem fortwährenden Blutverlust von >250 ml/h über mehr als vier Stunden sowie bei hämodynamischer Instabilität empfohlen. Bei penetrierenden Thoraxverletzungen – falls diese ursächlich für eine hämodynamische Instabilität des Patienten sind – wird zur sofortigen explorativen Thorakotomie geraten. Ein minimal invasiver Ansatz, insbesondere bei hämodynamisch stabilem bzw. stabilisiertem penetrierenden Thoraxtrauma, findet in der Leitlinie in Deutschland bis dato keine Erwähnung [46]. Die Indikation zur minimalinvasiven Therapie sowie der jeweiligen patienten- und falladaptierten Vorgehensweise sind Gegenstand der aktuellen Diskussion [32]. Von besonderer Bedeutung ist hierbei ein strukturiertes Vorgehen, um das klinische Ergebnis bei Patienten mit Thoraxtrauma zu verbessern [37]. Hierfür haben sich Algorithmen bewährt [35].

Bei Aufnahme eines Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma in den Schockraum kann – bei hämodynamischer Stabilität – nach Anlegen einer Thoraxdrainage eine weiterführende Diagnostik mittels CT erfolgen, um weitere Verletzungen zu identifizieren. So wird die Entscheidung über den operativen Interventionsbedarf bei hämodynamisch stabilen Patienten zügig möglich. Bei hämodynamischer Instabilität hat die sofortige operative Therapie Vorrang vor einer ausführlichen Diagnostik [21].

Ziel dieser Arbeit ist es, auf der Basis des eigenen Patientenkollektivs einen Algorithmus vorzustellen, der die videoassistierte Thorakoskopie (VATS) in die Therapie penetrierender Thoraxtraumen integriert. Zudem sollen anhand einer ausführlichen Literaturrecherche Kriterien empfohlen werden, die eine minimal invasive Versorgung ermöglichen oder verhindern.

Material und Methoden

Patienten[1]

Als untersuchtes Kollektiv wurden datenbankgestützt (mittels Krankenhausinformationssystem Nexus) alle Thoraxverletzungen ausgewählt, die zwischen dem 1. Januar 2012 und dem 31. Dezember 2016 in der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie des Bundeswehrzentralkrankenhauses (BwZKrhs) Koblenz als überregionalem Traumazentrum behandelt wurden. Ausgeschlossen wurden alle Patienten, die vor Abschluss der Therapie in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden. Es wurde zwischen stumpfen und penetrierenden Thoraxtraumen unterschieden und die jeweilige Therapiemethode differenziert betrachtet.

Die Patientendaten wurden hinsichtlich der

- Beatmungsstunden,
- Notwendigkeit zur Gabe von Katecholaminen und Blutprodukten,
- Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation,
- Dauer ihres Gesamtaufenthaltes sowie
- Komplikationsrate

evaluiert. Die Einteilung von Komplikationen im Verlauf erfolgte gemäß der Clavien-Dindo-Klassifikation [14]. Zudem wurde der Zeitpunkt der Operation/Thoraxdrainagenanlage in Stunden nach dem Eintreffen in der Notaufnahme evaluiert.

Nach einer anschließenden Literaturrecherche wurde ein klinikinterner Algorithmus implementiert, um Kriterien, die für oder gegen eine minimalinvasive Therapie beim penetrierenden Thoraxtrauma sprechen, zu identifizieren.

Statistik

Die demographischen Daten und klinischen Informationen wurden retrospektiv anhand der Patientenakten/KIS erfasst. Diese wurden mittels IBM SPSS Statistics© 20 (SPSS, Chicago, IL, USA) deskriptiv statistisch ausgewertet.

[1] Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die Verwendung der weiblichen Form Patientin verzichtet und beide Geschlechter unter dem Begriff Patient subsummiert.

Review

Um nachhaltige Aussagen über Indikationen und Kontraindikationen für die VATS beim penetrierenden Thoraxtrauma machen zu können, wurde eine Literaturrecherche in der MEDLINE-Datenbank (Pubmed) mit den folgenden Suchbegriffen (MESH-Headings) durchgeführt*: "(Thoracic trauma OR penetrating OR penetrating thoracic OR penetrating chest injury OR penetrating thoracic injury OR chest trauma OR penetrating thoracoabdominal trauma OR diaphragmatic injury OR diaphragmatic rupture OR stab wound OR gun shot wound) AND (VATS OR algorithm OR thoracoscopy)"*.

Die Literaturrecherche erfolgte über Publikationen aus dem als relevant erachteten Zeitraum vom 1. Januar 1985 bis zum 1. Dezember 2017; über diesen Zeitraum wurden 2748 Publikationen zum Thema angezeigt. Davon wurden 161 Abstracts als relevant eingeschlossen und von diesen 76 Volltexte hinsichtlich der untersuchten Parameter analysiert. Eingeschlossen wurden Studien, die Kollektive mit Thoraxtraumen erfasst beziehungsweise untersucht haben, unabhängig von Therapiedauer oder -verfahren, zu allen Indikationen der VATS sowie jedes Evidenzlevels und Designs.

Ergebnisse

Thoraxtraumen 2012 - 2016 im BwZKrhs Koblenz

Vom 1. Januar 2012 bis 31. Dezember 2016 wurden insgesamt 340 Patienten mit einem Thoraxtrauma im BwZKrhs Koblenz behandelt. Davon hatten 321 (94,4 %) eine stumpfe und 19 (5,6 %) eine penetrierende thorakale Verletzung erlitten (siehe Abbildung 1). Bei der Ätiologie der penetrierenden Thoraxtraumen handelte es sich um neun Messerstichverletzungen (unter anderem mit Verletzung des Diaphragmas sowie der A. thoracica interna), zwei iatrogene Lungenverletzungen (durch Thoraxdrainagenanlagen) und einen Hydrauliköldurchschuss (siehe Abbildung 3). Bei den übrigen sieben Patienten mit penetrierendem Trauma lagen iatrogene Verletzungen mit isoliertem Pneumothorax vor, die bei den weiteren Betrachtungen zum vorgestellten Algorithmus keine Berücksichtigung fanden, um aufgrund des geringfügigen Verletzungsmechanismus keinen Bias zu produzieren.

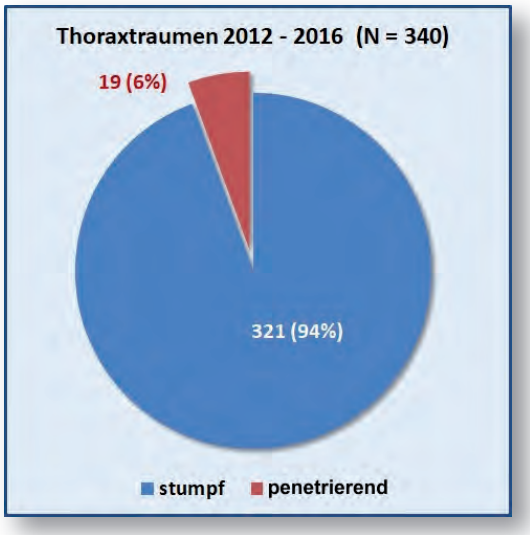


Abb. 1: Im BwZKrhs Koblenz im Zeitraum 2012 - 2016 behandelte Thoraxverletzungen

In Bezug auf die durchgeführte Therapie zeigte sich, dass die stumpfen Thoraxtraumen überwiegend konservativ mit Analgesie und Atemtherapie (211; 65,7 %) sowie Anlage einer Thoraxdrainage (94; 29,3 %) versorgt wurden (siehe Abbildung 2).

Die penetrierenden Thoraxverletzungen wurden bei sechs Patienten (50 %) thorakoskopisch, bei zwei Patienten (17 %) laparoskopisch (aufgrund mutmaßlicher thorakoabdominaler Kombinationsverletzungen) behandelt; vier Patienten (33 %) wurden mit alleiniger Thoraxdrainagenanlage ohne weitere notwendige operative Therapie versorgt (siehe Abbildung 4). Alle Patienten erhielten postoperativ eine Thoraxdrainage. Eine Thorakotomie war bei keinem Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma notwendig. Neun von zwölf Patienten waren männlich, das mittlere Alter lag bei 45 Jahren.

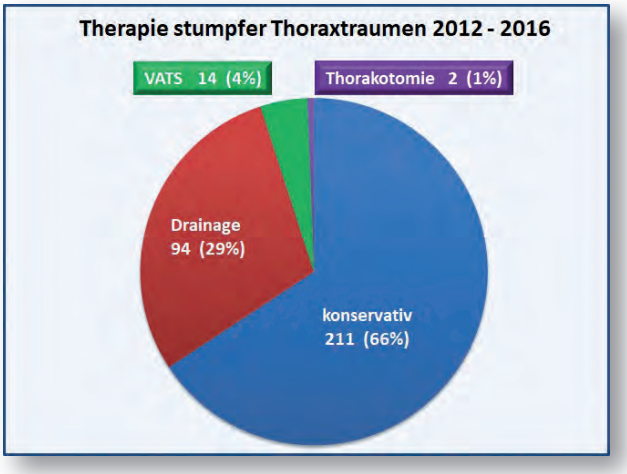


Abb. 2.: Therapieformen der im BwZKrhs Koblenz von 2012 - 2016 behandelten stumpfen Thoraxverletzungen

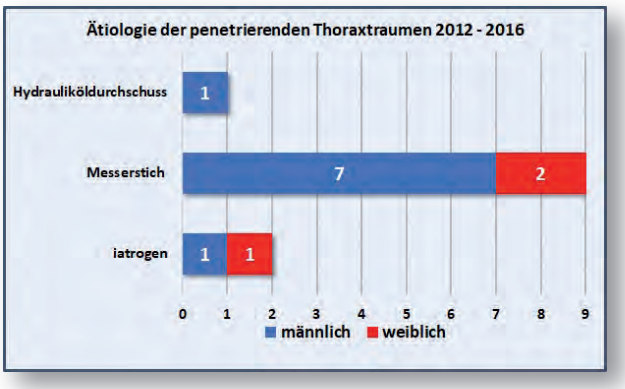


Abb. 3: Ätiologie der von 2012 bis 2016 behandelten penetrierenden Thoraxtraumen, weitere 7 penetrierende isolierte iatrogene Verletzungen (Pneumothorax ohne Komplikationen bei Z.n. ZVK-Anlage und Thoraxdrainagenanlage) wurden zur Vermeidung eines Bias nicht herangezogen.

Drei von zwölf Patienten wurden innerhalb der ersten bis 72. Stunde thorakoskopisch versorgt, weitere drei verzögert (nach 400 - 648 Stunden), da die Blutung mit mehr als 300 ml/h persistierte und sich der Hämatothorax mit Thoraxdrainage(n) nicht vollständig drainieren ließ. Die Blutungsquelle ließ sich bei der Hälfte der Patienten eruieren, dabei wurden zwei Interkostalartierenblutungen, 3 Blutungen unmittelbar aus verletztem Lungenparenchym und eine Blutung aus dem unteren Nie-

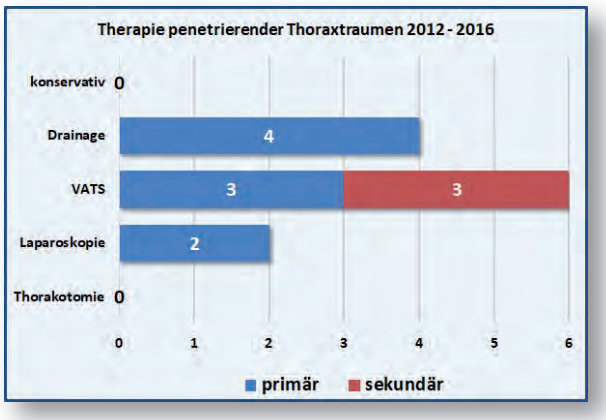


Abb. 4: Übersicht der Therapie penetrierender Thoraxtraumen 2012 - 2016

renpol detektiert. Weitere vier Patienten wurden mittels Thoraxdrainage therapiert und zwei Patienten erhielten eine diagnostische Laparoskopie (aufgrund einer mutmaßlichen thorakoabdominalen Kombinationsverletzung) (siehe Tabelle 1).

Die primär versorgten Patienten erhielten (bis auf eine Patientin, die nach 72 Stunden eine VATS aufgrund eines progredienten Hämatothorax erhielt) innerhalb von 1 - 3 Stunden ihre Operation. Die durchschnittliche Beatmungsdauer betrug 18 (1 - 120) Stunden.

Zwei Patienten waren katecholaminpflichtig und drei benötigten Blutprodukte (siehe Tabelle 2). Die mediane Hospitalisationsdauer betrug 15 Tage (6 - 37 Tage), wovon die Patienten durchschnittlich fünf Tage (0 - 30 Tage) intensivmedizinisch betreut wurden. Der mittlere ISS war 17 (Mittelwert, Streuung: 16 - 25). Es bestand keine intra- oder postoperative Mortalität. Komplikationen bestanden lediglich bei einem Patienten (8 %), diese wurden mit 3b nach Clavien-Dindo klassifiziert.

Diskussion

Die Indikation zur minimal invasiven Therapie beim hämodynamisch stabilen penetrierenden Thoraxtrauma ist in der vergangenen Dekade vielfach diskutiert worden. Ihre Einführung und die seitdem gestiegene Expertise für die VATS machen diese zu einer attraktiven Alternative im Management von hämodynamisch stabilen Patienten mit Thoraxtrauma. Auf breiter Front hat sich die VATS zur primären Versorgung bei thorakaler Verletzung allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht durchgesetzt. Ein möglicher Grund ist dabei die erforderliche thoraxchirurgische Expertise, die nicht in allen Kliniken flächendeckend zur Verfügung steht [55]; ein anderer Grund sind potentielle Mehrkosten und ein höherer operativer Zeitaufwand. Zahlreiche Publikationen haben die Indikationen, die Umsetzbarkeit und die Sicherheit der VATS diskutiert und im elektiven Setting gute Resultate demonstriert [1, 4, 27, 29, 45, 51].

Geschichte und Ätiologie

Die ersten Thoraxtraumen wurden bereits in Ägypten im 16. Jahrhundert vor Christus erwähnt. Diese wurden auf Papyrusrollen aufgemalt und damals als nicht mit dem Leben vereinbare Verletzungen angesehen [13]. Etwa ab der Mitte des 20. Jahrhunderts gewann das Thoraxtrauma insbesondere in der Militärchirurgie an Bedeutung. Noch im 1. Weltkrieg waren thorakale Verletzungen für 37 % und im 2. Weltkrieg für 34 % der Todesfälle auf dem Schlachtfeld verantwortlich [7]. Die Mortalität bei thorakalen Verletzungen ist seitdem erheblich gesunken und lag im Vietnam-Krieg beispielsweise nur noch bei 3 % [23].

Heutzutage spielen im zivilen Gesundheitswesen bei stumpfen Thoraxtraumen Verkehrsunfälle eine zunehmende Rolle, wohingegen im militärischen Umfeld auch die penetrierenden Thoraxtraumen ein wesentlicher Faktor sind [51]. Durch die offensichtlich aktuell gestiegene terroristische Bedrohung in

Tab. 1: Übersicht der behandelten Patienten mit Angabe von Geschlecht, Alter, Verletzungsursache und Therapie

Patient Nr.	Alter Jahre	Geschlecht	Ursache	Verletzung	Therapie	Blutungsquelle lokalisiert?	Zeit bis OP nach Eintreffen in Stunden
1	22	männlich	Messerstiche	Diaphragma/Nierenunterpol	primär Laparoskopie	Nierenunterpol	1
2	46	männlich	Messerstiche	Hämatopneumothorax	sekundär VATS	Nein	648
3	45	weiblich	Messerstich	a. thoracica interna	primär VATS	A. thoracica interna	1
4	23	männlich	iatrogen	Lungensegment 5 links	sekundär VATS	Parenchym linker Lungenmittellappen	400
5	17	männlich	Hydrauliköl-durchschuss	Linker Lungenoberlappen	primär VATS	Parenchym linker Lungenoberlappen	3
6	73	männlich	Messerstich	Hämotopneumothorax	Drainage	Nein	2
7	62	männlich	Messerstich	Pleura	Drainage	Nein	1
8	36	männlich	Messerstich	Hämatopneumothorax	Drainage	Nein	1
9	18	männlich	Messerstich	Hämatopneumothorax	sekundär VATS	Parenchym linker Lungenunterlappen	600
10	58	männlich	Messerstich	Pneumothorax	Drainage	Nein	1
11	82	weiblich	iatrogen	Hämatopneumothorax	Primär VATS	Interkostalarterie	72
12	59	weiblich	Messerstich	Hämatopneumothorax	Primär Laparoskopie	Nein	1

Tab. 2: Übersicht Intensivparameter

Patient Nr.	Beatmungsstunden	Katecholamine	Blutprodukte	Aufenthaltsdauer Tage	Intensivstation Tage	Komplikationen nach Clavien-Dindo	ISS
1	15	nein	keine	6	4	keine	17
2	3	nein	1 g Tranexamsäure	12	2	keine	16
3	10	ja	8 Ery-Konzentrat 8 Fresh Frozen Plasma 4 g Fibrinogen 1 g Tranexamsäure 24 ug Desmopressin	20	1	keine	25
4	120	nein	keine	18	10	keine	16
5	8	nein	keine	10	6	keine	16
6	28	ja	1 Ery-Konzentrat	12	6	keine	18
7	2	nein	keine	10	1	keine	16
8	1	nein	keine	8	0	keine	16
9	20	nein	keine	25	2	keine	16
10	10	nein	keine	6	3	keine	16
11	2	nein	Keine	37	30	Grad: 3b chirurgische. Intervention mit Vollnarkose (Hämatomausräumung Thoraxwand)	16
12	2	keine	keine	12	1	keine	16

Europa [12] besteht vor allem für den Umgang mit dem penetrierenden Thoraxtrauma der unbedingte Bedarf nach Leitlinienempfehlungen und der kursadaptierten Ausbildung [22]. Bis dato gibt es in der aktuellen S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung“ keine spezifischen Empfehlungen zum Management des hämodynamisch stabilen penetrierenden Thoraxtraumas; insbesondere auf die Rolle der VATS wird nicht eingegangen [46].

Epidemiologie

Junge Männer erleiden signifikant häufiger ein Thoraxtrauma als Frauen. 86 % - 95 % aller Patienten mit Thoraxtrauma sind männlich, bei einem Durchschnittsalter von 23 - 32 Jahren. Die intrahospitale Mortalitätsrate liegt bei hämodynamisch stabilen Patienten mit Thoraxtrauma bei 0,4 %, bei hämodynamisch instabilen bei 24 %. Bezogen auf die Verletzungsentität ist die Mortalitätsrate bei stumpfen Verletzungen mit 6,8 % bedeutend höher als mit 2,9 % bei den penetrierenden Verletzungen [42, 49]. Im Verletzungsspektrum der Thoraxverletzungen finden sich nach DOLL et al. in 61 % der Fälle Lungenverletzungen und in 39 % der Fälle thorakale Gefäßverletzungen. Von den 145 Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma, die in die Studie eingeschlossen wurden, hatten 39 (26,9 %) ein kardiales Trauma, fünf (3,4 %) ösophageale Verletzungen und 24 (16,6 %) eine thorakoabdominale Kombinationsverletzung [17].

Frühe VATS

Es herrscht nach wie vor Uneinigkeit unter Experten, ob die VATS beim hämodynamisch stabilen Patienten mit Thoraxtrauma, wie vielfach postuliert, eine sichere Alternative zur Thorakotomie darstellt. YU et al. bestätigen den Nutzen der VATS beim Thoraxtrauma mit intrathorakal verbliebenen Fremdkörpern [53]. Ausschlusskriterium für eine VATS ist eine Verletzung der sogenannten „deadly box“, also eine Verletzung des Herzens beziehungsweise der herznahen Gefäße, die aber in aller Regel auch mit einer hämodynamischen Instabilität einhergehen [7, 23].

Die VATS wird bei spezifischen Indikationen eingesetzt. Zu diesen zählen dabei für eine frühe VATS:

1. Evaluation und Management des Diaphragmas bei thorakoabdominalen Verletzungen [5, 19, 20, 28, 34] sowie
2. Diagnose und Management von persistierenden Blutungen in hämodynamisch stabilen Patienten [4, 35, 45, 49].

Ob die frühe VATS beim penetrierenden Thoraxtrauma standardmäßig angewandt werden sollte, um Verletzungen nicht zu übersehen, wird ebenfalls aktuell diskutiert [4, 42]. Ihr Nutzen für den Nachweis von symptomatischen und asymptomatischen diaphragmalen Verletzungen wurde von FREEMAN et al. nachgewiesen, die diaphragmale Verletzungen in 35 % aller Patienten mit Thoraxtrauma anhand einer VATS diagnostizierten [19]. Statistisch signifikant nachgewiesen wurde bisher, dass bei frühzeitiger VATS die Dauer des Krankenhaus- und Intensivaufenthaltes verkürzt [4] und die Komplikationsrate durch die frühzeitige Evakuierung eines Hämatothorax gesenkt werden, was so insgesamt Kosten einspart [31]. Im direkten Vergleich mit der konventionellen Thorakotomie ist bei der VATS die postoperative Komplikationsrate reduziert, die Operationszeit verkürzt, die Anzahl der Tage mit Thoraxdrainagenanlage gesenkt und das Blutungsrisiko niedriger [24, 26, 42, 52].

Die frühzeitige VATS ist ein effektives Behandlungskonzept zur Verbesserung des perioperativen Outcomes bei hämodynamisch stabilen Patienten mit Thoraxtrauma [52]. Zudem sind die Patienten, bei denen eine VATS (im Vergleich zu einer Thorakotomie) durchgeführt wurde, insgesamt zufriedener mit ihrem Gesundheitsstatus und ihren chirurgischen Narben und haben ein besseres Langzeit-Outcome gegenüber den Patienten mit Thorakotomie (VATS vs. Thorakotomie: 81 % vs. 60 % Rückkehr zum normalen Lebensstil) [8].

Sekundäre VATS

Der Nutzen der sekundären VATS ist mittlerweile vielfach belegt worden. Zu den Indikationen, die eine sekundäre VATS nach Thoraxtrauma rechtfertigen, gehören:

1. persistierender Hämatothorax [3, 11, 14, 20, 25, 28, 35, 41, 45, 46, 48, 50]
2. persistierender Pneumothorax [4, 20] und
3. Management der infizierten Pleura [4, 39] sowie Empyem [11, 48, 50, 54].

Die Indikationen und Kontraindikation der VATS sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Indikationen und Kontraindikationen der VATS

Indikationen	Kontraindikationen
Hämodynamische Stabilität + nicht vollständig drainierter Hämatothorax	Hämodynamische Instabilität
Sekundär entstandener, nicht mehr vollständig drainierbarer Hämatothorax (sekundäre VATS)	(Patienten mit chemischer Pleurodese/Dekortikation und Z.n. Pleurektomie oder partieller parietaler Pleurektomie -> relative Kontraindikation)
Posttraumatisches Pleuraempyem (sekundäre VATS)	Fehlende Möglichkeit der einseitigen Lungenbeatmung sowie Seitenlagerung
Persistierender Pneumothorax/ Fistel (sekundäre VATS)	Tracheobronchiale Verletzungen
Diagnostik der Zwerchfell-perforation	Transmediastinale Schuss-verletzungen
Evaluierung von pulmonalen Verletzungen	Traumatische Ösophagus-/ Aortenruptur
	Hämodynamisch relevante Herzbeuteltamponade

Thorakoabdominale Kombinations-verletzungen

Thorakoabdominale Kombinationsverletzungen zeigen bei den meist kreislaufinstabilen eine hohe Mortalität von über 40%. Die Gefahr der unerkannten Zwerchfellverletzung liegt in einem Inkarzerationsrisiko der Viszera (vor allem linksseitig), was wiederum eine Mortalität bis zu 25% auch Jahre nach der Verletzung nach sich ziehen kann. Hier kann im Rahmen einer VATS bei einem kreislaufstabilen Patienten eine Zwerchfellverletzung nicht nur ausgeschlossen oder visualisiert werden, sondern auch die Zwerchfellnaht erfolgen. Sollte die Thoraxhöhle sichtbar durch Intestinalinhalt kontaminiert sein, kann nach Zwerchfellverschluss eine ausgiebige Spülbehandlung vor Einlage der Thoaxdrainagen erfolgen. Hieran wird sich eine Behandlung der Bauchverletzung anschließen.

MORRISON et al. konnten nachweisen, dass bei Stichverletzungen in Höhe der Mamillen oder kaudal davon in 70% der Fälle eine Zweihöhlenverletzung vorliegt, was mit einem Anstieg der Mortalität auf 30% assoziiert war [38]. Weitere Studien weisen eine um das Vier- bis Fünffache erhöhte Mortalität bei Präsenz von assoziierten abdominalen Verletzungen nach [20, 23, 40, 44].

Die Besonderheit bei thorakoabdominalen Kombinationsverletzungen liegt darin, dass entschieden werden muss, in welcher Körperhöhle mit der Versorgung begonnen werden soll. Dieses muss je nach Fall und Dringlichkeit individuell entschieden werden [5, 6, 9, 18, 35]. Als Faustregel ist die Einlage beidseitiger Thoraxdrainagen und eine Laparotomie die häufigste richtige Herangehensweise. Der Operateur darf jedoch darauf gefasst sein, dass er unter Umständen sofort vom Abdomen in den Thorax wechseln muss, falls sich im Abdomen keine überzeugende Blutungsquelle darstellen lässt oder die Blutungen aus dem Thorax diejenigen im Abdomen übertreffen.

Therapie

In der Literatur wird die Thoraxdrainagenanlage in 75 - 85% als die einzig notwendige therapeutische Intervention bei thorakalen Verletzungen beschrieben, eine weitere therapeutische Maßnahme ist nicht erforderlich [33, 49, 51]. Eine operative Intervention ist beim penetrierenden Thoraxtrauma in 15 - 30% erforderlich [1, 33, 36]. Bei hämodynamisch stabilen Patienten mit Thoraxtrauma werden 75 - 81% mittels VATS und 19 - 25% mittels konventioneller Thorakotomie therapiert [27, 42]. Eine Konversion von VATS auf konventionelle Thorakotomie benötigen 0 - 31% der Patienten [8, 27, 32, 42, 43].

Bezug auf die eigene Untersuchung

In der von uns durchgeführten Untersuchung konnte anhand der Fallserie ein klinikinterner Algorithmus aufgestellt werden, der für die VATS eine klare Position vorsieht. Von den zwölf Patienten konnten vor Anwendung des Algorithmus sechs mittels VATS, vier mittels Thoraxdrainagenanlage und zwei mittels Laparoskopie therapiert werden. Die Intensivaufenthaltsdauer und die Komplikationsrate waren niedrig.

Auch bei Patienten mit Thoraxtrauma und einem ISS >16 war eine VATS komplikationsarm durchführbar. Somit kann für das eigene Patientengut festgestellt werden, dass die VATS bei Diagnostik und Therapie penetrierender Thoraxtraumen bei hämodynamischer Stabilität eine sichere und effektive Therapiemethode ist. Zudem ist sie als sekundäre Therapie bei Komplikationen, wie dem persistierenden Hämatothorax, als Alternative zur konventionellen Thorakotomie geeignet.

Eine weitere wichtige Indikation, die sich anhand des eigenen Patientengutes bestätigen ließ, ist der Nachweis von diaphragmalen Verletzungen durch die VATS/Laparoskopie bei kombinierten thorakoabdominalen Verletzungen.

Insbesondere in Notfallsituationen eignet sich ein Algorithmus, neben den etablierten Vorgehensweisen nach ATLS und DSTC (ATLS), um schnellstmöglich die optimale Therapie für den Patienten einzuleiten [2]. Dennoch müssen die Kontraindikationen (siehe Tabelle 3) beachtet werden. Dazu zählen die hämodynamische Instabilität, tracheobronchiale Verletzungen, transmediastinale Schussverletzungen, traumatische Ösophagus-/ Aortenrupturen, hämodynamisch relevante Herzbeuteltamponaden sowie die fehlende Möglichkeit der einseitigen Lungenbeatmung [15, 16, 47].

Algorithmus

Auf der Grundlage des eigenen Patientenkollektivs wurde im Rahmen dieser Studie der in Abbildung 5 dargestellte Algorithmus implementiert. Nach diesem erhalten alle Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma initial eine Thoraxdrainage. Anschließend werden sie – abhängig von der hämodynamischen Stabilität bzw. Instabilität – in zwei Gruppen eingeteilt.

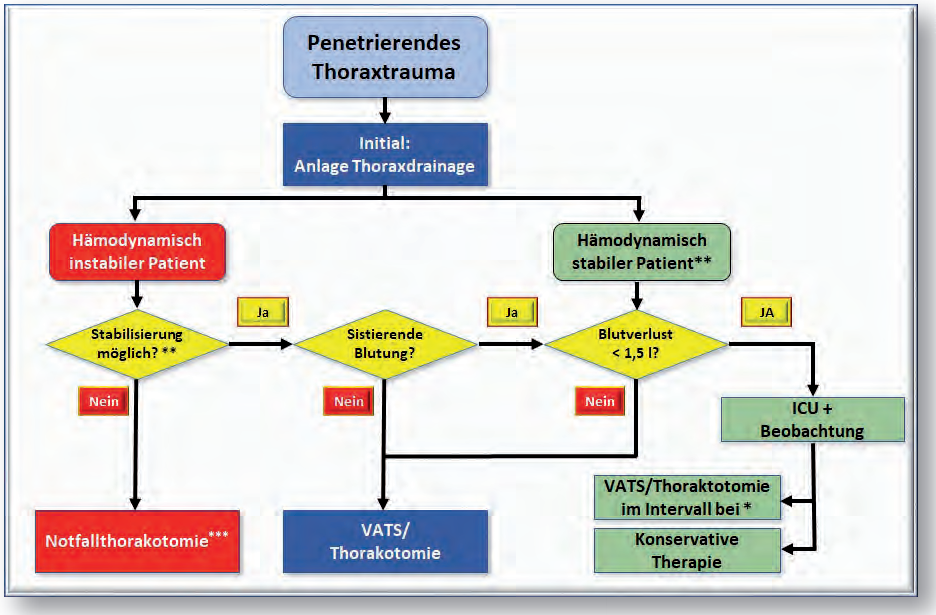


Abb. 5: Therapiealgorithmus penetrierendes Thoraxtrauma
*Posttraumatisches Pleuraempyem, nicht drainierbarer Hämatothorax, Diagnose und Management von bestehenden Blutungen, persistierender Pneumothorax, Fistel, Evaluierung von diaphragmalen/pulmonalen Verletzungen
**Beim hämodynamisch stabilen oder stabilisierten Patienten mit perforierter Thoraxverletzung kann eine Kontrastmittel-Computertomographie (KM-CT) des Thorax erfolgen [21].
***bei einer kritischen Blutung, bei der durch die Zeit des Transports in den OP eine Exsanguination erwartet wird, sollte im Schockraum die Notfallthorakotomie durchgeführt werden.

Bei hämodynamischer Stabilität ist die Quantität des Blutverlustes der entscheidende Parameter. Liegt dieser initial unter 1 500 ml (einige Kliniken beginnen hier bereits bei 1 200 ml; der Abstand zum Traumazeitpunkt ist zu beachten), wird der Patient engmaschig überwacht und erhält bei anhaltendem Blutverlust (mehr als 250 ml/h über vier Stunden) oder bei persistierendem Hämatothorax nach sieben bis zehn Tagen eine VATS. Bei einem Blutverlust über 1 500 ml wird bei hämodynamischer Stabilität bzw. Stabilisierbarkeit ebenfalls eine VATS durchgeführt.

Bei hämodynamischer Instabilität bzw. fehlender Stabilisierbarkeit in den ersten vier Stunden erfolgt eine verzögerte konventionelle Notfallthorakotomie.

Limitierung und Ausblick

Aufgrund der geringen Fallzahl in der eigenen Untersuchung sind prospektive Studien mit größeren Fallzahlen erforderlich, um die erzielten Ergebnisse sowie Praktikabilität und Plausibilität des Algorithmus zu validieren. Eine weitere Limitierung ist die betrachtete Verletzungsentität, denn es wurden lediglich Messerstichverletzungen sowie iatrogene Verletzungen (ausgenommen wurden iatrogene Verletzungen mit isoliertem Pneumothorax) betrachtet (mit der einen Ausnahme „Hydrauliköldurchschuss“). In einer weiterführenden prospektiven Studie sollten auch Schussverletzungen sowie penetrierende Verletzungen anderer Genese, beispielsweise aus der Agrarwirtschaft, berücksichtigt werden.

Fazit

Insgesamt lässt sich subsummieren, dass bei der Indikation zur operativen Therapie beim Thoraxtrauma zwischen hämodynamisch stabilen und hämodynamisch instabilen Patienten unterschieden werden muss. Bei hämodynamisch stabilen Patienten mit penetrierenden Thoraxtrauma kann die frühe VATS eine sichere und effektive Alternative zur konventionellen Thorakotomie, zur Zwerchfelldiagnostik und -therapie und zur Therapie von persistierenden Blutungen sein. Bei beidseitigen Verletzungen kann sie – beidseits durchgeführt – das Ausmaß der Verletzung bei o. g. Indikationen darstellen. Bei hämodynamischer Instabilität ist die konventionelle Thorakotomie nach wie vor die Standardtherapie.

Sowohl personelle als auch strukturelle Voraussetzungen zur Behandlung penetrierender Thoraxtraumen müssen erfüllt sein, um nach dem implementierten Algorithmus vorzugehen; diese sind den Traumazentren vorbehalten. Zu den personellen Voraussetzungen zählen ein erfahrenes und eingespieltes Organisationsteam, sowie eine kompetente operative Nachsorge [8, 18, 28, 35]. Wenn die entsprechenden Voraussetzungen nicht gegeben sind, ist das Vorgehen nach dem implementierten Algorithmus nicht empfehlenswert.

Kernaussagen

- Das Thoraxtrauma ist für 10 - 25 % der traumaassoziierten Todesfälle in Deutschland verantwortlich.
- Bei hämodynamisch stabilen Patienten mit penetrierenden Thoraxtrauma kann die frühe VATS eine Alternative zur konventionellen Thorakotomie bei verschiedenen Indikationen sein.
- Die VATS kann zudem bei der Diagnose von diaphragmalen Verletzungen und als sekundäre Therapieoption bei Auftreten von Komplikationen eine Alternative sein
- Bei hämodynamisch instabilen Patienten bleibt die konventionelle Thorakatomie die Standardtherapie.

Literatur

1. Abolhoda A, Livingston DH, Donahoo JS, Allen K: Diagnostic and therapeutic video assisted thoracic surgery (VATS) following chest trauma. Eur Cardiothorac Surg 1997; 12(3): 356 - 360.
2. Advanced Trauma Life Support (ATLS) Committee on Trauma. Chicago, American College of Surgeons, 1993.
3. Ahmad T, Ahmed SW, Soomro NH, Sheikh KA: Thoracoscopic evacuation of retained post-traumatic hemothorax. J Coll Physicians Surg Pak 2013; 23(3): 234 - 236.
4. Ahmed N, Jones D: Video-assisted thoracic surgery: state of the art in trauma care. Injury 2004; 35(5): 479 - 489.
5. Baumer F, Gay B, Markert U, Imhof M, et al.: Problems and incidence of abdominoperineal impalement injuries. Unfallchirurg 1990; 93(5): 212 - 215.
6. Becker HP, Willms, Schwab R: Laparoscopy for abdominal trauma. Chirurg 2006; 77(11): 1007 - 1013.
7. Beebe: Battle casualities. Thomas-Verlag, Springfield 1952; 114 - 116.

8. Ben-Nun A, Orlovsky M, Best LA: Video-assisted thoracoscopic surgery in the treatment of chest trauma: long term benefit. Ann Thorac Surg 2007; 83(2): 383 - 387.
9. Berg RJ, Karamanos E, Inaba K, et al.: The persistent diagnostic challenge of thoracoabdominal stab wounds. J Trauma Acute Care Surg 2014; 76(2): 418 - 423.
10. Bieler D, Franke AF, Hentsch S, et al.: Gunshot and stab wounds in Germany--epidemiology and outcome: analysis from the TraumaRegister DGU®. Unfallchirurg 2014; 117(11): 995 - 1004.
11. Billeter AT, Druen D, Franklin GA, et al.: Video-assisted thoracoscopy as an important tool for trauma surgeons: a systematic review. Langenbecks Arch Surg 2013; 398(4): 515 - 523.
12. Boddaert G, Mordant P, Le Pimpec-Barthes F et al.: Surgical management of penetrating thoracic injuries during the Paris attacks on 13 November 2015. Eur J Cardiothorac Surg 2017; 51(6): 1195 - 1202.
13. Breasted JH: The Edwin Smith surgical papyrus. Univ Chicago Press 1939.
14. Brusov P, Kuritsyn AN, Urazovsky NY, Tariverdiev ML, et al.: Operative videothoracoscopy in the surgical treatment of penetrating firearms wounds of the chest. Mil Med 1998; 163(9): 603 - 607.
15. Cetindag IB, Neideen T, Hazelrigg SR: Video-assisted thoracic surgical applications in thoracic trauma. Thorac Surg Clin 2007; 17(1): 73 - 79.
16. Clarke DL, Quazi MA, Reddy K, Thomson SR: Emergency operation for penetrating thoracic trauma in a metropolitan surgical service in South Africa. J Thorac Cardiovasc Surg 2011; 142(3): 563 - 8.
17. Doll D, Eichler M, Vassiliu P, et al.: Penetrating thoracic trauma patients with gross physiological derangement: a responsibility for the general surgeon in the absence of the trauma or cardiothoracic surgeon? World J Surg 2017; 41: 170 - 175.
18. Eder F, Meyer F, Huth C, Halloul Z, Lippert H, et al.:Penetrating abdomino-thoracic injuries: report of four impressive, spectacular and representative cases as well as their challenging surgical management. Pol Przegl Chir 2011; 83(3): 117 - 122.
19. Freeman RK, Al-Dossari G, Hutcheson KA, et al.: Indications for using video-assisted thoracoscopic surgery to diagnose diaphragmatic injuries after penetrating chest trauma. Ann Thorac Surg 2001; 72(2): 342 - 347.
20. Goodman M, Lewis J, Guitron J, et al.: Video-assisted thoracoscopic surgery for acute thoracic trauma. J Emerg Trauma Shock 2013; 6(2): 106 - 109.
21. Greberski K, Bugajski P, Rzymski S, et al.: Penetrating thoracic injuries – treatment of two patients after suicide attempts. Kardiochir Torakochirurgia Pol 2015; 12(1): 62 - 64.
22. Güsgen C, Franke A, Hentsch S, Kollig E, Schwab R, et al.: Terrorist attack trauma- an individual entity of polytrauma: A 10-year update. Chirurg 2017; 88(10): 821 - 829.
23. Ivey KM, White CE, Wallum TE, et al.: Thoracic injuries in US combat casualties: a 10-year review of Operation Enduring Freedom and Iraqi Freedom. J.Trauma Acute.Care Surg. 2012; 73(6 Suppl 5): 514 - 519.
24. Jin J, Song B, Lei YC, Leng XF, et al.: Video-assisted thoracoscopic surgery for penetrating thoracic trauma. Chin J traumatol 2015; 18(1): 39 - 40.
25. Kong VY, Oosthuizen GV, Clarke DL, et al.: Selective conservatism in the management of thoracic trauma remains appropriate in the 21st century. Ann R Coll Surg Engl 2015; 97(3): 224 - 228.
26. Landreneau RJ, Mack MJ, Hazelrigg SR, et al.: Prevalence of chronic pain after pulmonary resection by thoracotomy or video-assisted thoracic surgery. J Thorac Cardiovasc Surg 1994; 107(4): 1079 - 1085; discussion 1085 - 1086.
27. Lang-Lazdunski L, Mouroux J, Pons F, et al.: Role of videothoracoscopy in chest trauma. Ann Thorac Surg 1997; 63(2): 327 - 333.
28. Lieber A, Pons F, Düsel W, et al.: The value of thoracoscopy in thorax trauma. Chirurg 2006; 77(11): 1014 - 1021.
29. Liu DW, Liu HP, Lin PJ, Chang CH: Video-assisted thoracic surgery in treatment of chest trauma. J Trauma 1997; 42(4):670 - 674.
30. LoCicero J 3rd, Mattox KL: Epidemiology of chest trauma. Surg Clin North Am 1989; 69(1): 15 - 19.
31. MacLeod JB, Ustin JS Kim JT, et al.: The tpidemiology of traumatic hemothorax in a level I trauma center: case for early video-assisted thoracoscopic turgery. Eur J Trauma Emerg Surg 2010; 36(3): 240 - 246.
32. Manlulu AV, Lee TW, Thung KH, Wong R, Yim AP: Current indications and results of VATS in the evaluation and management of hemodynamically stable thoracic injuries. Eur J Cardiothorac Surg 2004; 25(6): 1048 - 1053.
33. Mattox KL; Wall MJ Jr.: Newer diagnostic measures and emergency management. Chest Surg Clin N Am 1997; 7(2): 213 - 226.
34. Mihos P, Potaris K, Gakidis J, et al.: Traumatic rupture of the diaphragm: experience with 65 patients. Injury 2003; 34(3): 169 - 172.
35. Milanchi S, Makey I, McKenna R, Margulies, DR: Video-assisted thoracoscopic surgery in the management of penetrating and blunt thoracic trauma. J Minim Access Surg 2009; 5(3): 63 - 66.
36. Moloney JT, Fowler SJ, Chang W: Anesthetic management of thoracic trauma. Curr Opin Anaesthesiol 2008; 21(1): 41 - 46.
37. Moore EE, Knudson MM, Burlew, CC et al.: Defining the limits of resuscitative emergency department thoracotomy: a contemporary Western Trauma Association perspective. J.Trauma. 2011; 70(2): 334 - 339.
38. Morrison JJ, Midwinter MJ, Jansen JO: Ballistic thoracoabdominal injury: analysis of recent military experience in afghanistan. World J.Surg. 2011; 35(6): 1396 - 1401.
39. Navsaria PH, Vogel RJ., Nicol AJ: Thoracoscopic evacuation of retained posttraumatic hemothorax. Ann Thorac Surg 2004; 78(1): 282 - 286.
40. Onat S, Ulku R, Avci A, Ates G, Ozcelik C: Urgent thoracotomy for penetrating chest trauma: analysis of 158 patients of a single center. Injury 2011; 42(9):900 - 904.
41. Oosthuizen GV, Clarke DL, Laing GL, et al.: Introducing video-assisted thoracoscopy for trauma into a South African township hospital. World J Surg 2013; 37(7): 1652 - 1655.
42. Paci M, Ferrari G, Annessi V, et al.: The role of diagnostic VATS in penetrating thoracic injuries. World J Emerg Surg 2006; 1: 30.
43. Pons F, Lang-Lazdunski L, de Kerangal X, et al.: The role of videothoracoscopy in management of precordial thoracic penetrating injuries. Eur J Cardiothorac Surg 2002; 22(1): 7 - 12.
44. Poon H, Morrison JJ, Apodaca AN, Khan MA, Garner JP: The UK military experience of thoracic injury in the wars in Iraq and Afghanistan. Injury 2013; 44(9): 1165 - 1170.
45. Reddy VS: Minimally invasive techniques in thoracic trauma. Semin Thorac Cardiovasc Surg 2008; 20(1): 72 - 77.
46. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung, aktueller Stand 07/2016.
47. Seamon MJ, Kim PK, Stawicki SP, et al.: Pancreatic injury in damage control laparotomies: Is pancreatic resection safe during the initial laparotomy? Injury 2009; 40(1): 61 - 65.
48. Smith JW, Franklin GA, Harbrecht BG, Richardson JD: Early VATS for blunt chest trauma: a management technique unterutilized by acute care sourgeons. J Trauma 2011; 71(1): 102 - 107.
49. Somcharit L, Keorochana K, Muangman P, et al.: Thoracic trauma at Siriraj Hospital 1997 - 2006. J Med Assoc Thai 2010; 93(1): 73 - 76.
50. Villavicencio RT, Aucar JA, Wall MJ Jr.:Analysis of thoracoscopy in trauma. Surg Endosc 1999; 13(1): 3 - 9.
51. Wall MJ, Huh J, Mattox KL: Thoracotomy. Management of specific injuries 2004; 493 - 503.
52. Wu N, Wu L, Qiu C, et al.: A comparison of video-assisted thoracoscopic surgery with open thoracotomy for the management of

chest trauma: a systematic review and meta-analysis. World J Surg 2015, 39(4): 940 - 952.
53. Yu PSY, Chan HHM, Lau RW, et al.: Penetrating thoracic injury with retained foreign body: can video-assisted thoracic surgery take up the leading role in acute management? J Thorac Dis 2016; 8(8): 2247 - 2251.
54. Zahid I, Nagendran M, Routledge T, Scarci M: Comparison of video-assisted thoracoscopic surgery and open surgery in the management of primary empyema. Curr Opin Pulm Med 2011; 17(4): 255 - 259.
55. Zardo P, Busk H, Piatek S, et al.: Der Patient mit Thoraxtrauma: chirurgische Versorgung. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2017; 52(6): 436 - 445.
56. Zardo P, Busk H, Piatek S, et al.: Der Patient mit Thoraxtrauma: chirurgische Versorgung. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2017; 52: 436 - 445.

Interessenkonflikt/Ethische Richtlinien
Die Autoren geben an, dass kein Interessenskonflikt besteht.
Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Manuskriptdaten:
Eingereicht: 02. Januar 2018
Nach Revision angenommen: 02. März 2018

Zitierweise:
Richardsen I, Schwab R, Willms A, Schreyer C, Schaaf S, Bieler D, Güsgen C: Fallserie penetrierender Thoraxverletzungen an einem überregionalen Traumazentrum – Vorstellung eines Algorithmus zur minimal invasiven Therapie bei hämodynamisch stabilen Patienten. Wehrmedizinische Monatsschrift 2018; 62(6): 178 - 186.

Citation:
Richardsen I, Schwab R, Willms A, Schreyer C, Schaaf S, Bieler D, Güsgen C: Case series of penetrating thoracic injuries at a national trauma centre – presentation of an algorithm for minimally invasive treatment in hemodynamic stable patients. Wehrmedizinische Monatsschrift 2018; 62(6): 178 - 186.

Für die Verfasser:
Oberfeldarzt Dr. Arnulf G. Willms
Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz
Klinik für Allgemein-/Viszeral- und Thoraxchirurgie
Rübenacherstr. 170, 56072 Koblenz
E-Mail: arnulfwillms@bundeswehr.org

Der Beitrag wird im Internet unter www.wehrmed.de veröffentlicht.

Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie (Leitender Arzt: Oberstarzt M. Johann) des Bundeswehrkrankenhauses Hamburg (Kommandeur und Ärztlicher Direktor: Generalarzt Dr. J. Hoitz)

ECMO in der Einsatzmedizin – nützliches Hilfsmittel oder aufwändiges High-Tech Tool?

Helmut Gulbins, Matthias Johann

Zusammenfassung

Die extracorporale Membranoxygenierung (ECMO) ist in den letzten Jahrzehnten bei der Versorgung kardiopulmonaler Erkrankungen zum festen Bestandteil der Intensivmedizin geworden. Die zunehmende Sicherheit der Systeme, die mittlerweile auch als portable Einheiten – dann als ECLS (Extracorporeal Life Support) - zur Verfügung stehen, hat deren Anwendungsgebiet auch in die Kardiologie sowie für die Versorgung bei kardiopulmonaler Reanimation ausgeweitet. Erste Erfahrungen mit militärischem Einsatz der Systeme stammen von den US-amerikanischen und britischen Streitkräften aus dem letzten Irak-Krieg.

Bei der ECMO handelt es sich um eine Art Herz-Lungen-Maschine, die ein für Erwachsene ausreichendes Herzzeitvolumen sowie einen kompletten Gasaustausch ermöglicht. Herzstück sind eine Zentrifugalpumpe und ein Oxygenator. Während in der Intensivtherapie auch veno-venöse Systeme Anwendung finden, hat sich insbesondere für den Transport eine venös-arterielle Versorgung in der zivilen Anwendung etabliert, da hierdurch auch die Hämodynamik stabil gewährleistet ist. Die Gerinnungshemmung erfolgt mit Heparin, das Monitoring über die ACT (Activated Clotting Time).

Während ein Einsatz von ECMO-Systemen im Rahmen von Operationen oder intensivmedizinischen Maßnahmen im Einsatzland derzeit aufgrund des Personalbedarfs und des Equipments nicht denkbar ist, wären die Systeme für die Repatriierung im Rahmen des StratAirMedEvac[1] durchaus anwendbar und würden hier den zügigen Transport auch schwer kardiopulmonal eingeschränkter Soldaten und Soldatinnen nach Deutschland mit anschließender intensivmedizinischer Weiterbetreuung ermöglichen.

Stichworte: ECMO, ECLS, Lungenersatz, Kreislaufunterstützung, strategische Evakuierung

Keywords: ECMO, ECLS, pulmonary assist, cardiac assist, strategic evacuation

Einleitung

Die extracorporale Membranoxygenierung (ECMO) wurde ursprünglich in den neunziger Jahren in die Klinik eingeführt, um bei Patienten mit schweren akuten Lungenerkrankungen die Oxygenierung und Decarboxylierung des Körpers zu ermöglichen, wenn dies mit konventionellen Beatmungstechniken nicht mehr erreicht werden konnte. Unter der Therapie kann die Ventilation physiologisch gestaltet werden, wodurch der Stress auf das Lungenparenchym durch die ansonsten invasive und belastende Beatmung mit hohen Drücken und Sauerstoff-Partialdrücken reduziert werden konnte und eine Regeneration er-

[1] StratAirMedEvac = Strategic Aeromedical Evacuation; Langstreckentransport von Verletzten/Erkrankten vom Einsatzland in eine sanitätsdienstliche Versorgungseinrichtung der Role 4, in der Regel ins Heimatland

reicht wurde. In den folgenden Jahren wurde das Anwendungsgebiet zunächst sehr erfolgreich vorwiegend auf die Kinderherzchirurgie ausgedehnt. Hier konnte durch Einsatz als veno-arterielles System nach komplexen kinderherzchirurgischen Korrekturoperationen Oxygenierung und Kreislaufstabilität nach Operation mit der Herz-Lungen-Maschine mit konsekutivem capillary-leak und pulmonalem sowie kardinalem Ödem sichergestellt werden. Hierdurch wurde es den Patienten ermöglicht, sich vom operativen Stress zu erholen; insbesondere die kardiale und pulmonale Funktion zeigten unter dieser Indikation bei erfolgreicher Korrektur des Vitiums sehr gute Regenerationsmöglichkeiten.

In der folgenden Zeit wurden die Einsatzgebiete der ECMO im Bereich der Erwachsenen-Herzchirurgie weiter ausgedehnt, auch wenn die Ergebnisse bei Verwendung bei Post-Kardiotomie-Patienten im Vergleich zu den pädiatrischen Patienten deutlich schlechter ausfallen. In den letzten Jahren sind die Systeme zunehmend verkleinert, standardisiert und mittlerweile auch transportabel geworden, so dass sie nun unter der Bezeichnung ECLS (Extracorporeal Life Support) nach einer Reanimation oder auch zum Transport kardiopulmonal schwer beeinträchtigter und instabiler Patienten in ein entsprechendes Zentrum eingesetzt werden.

Erste Einsatzerfahrungen wurden durch die US-amerikanischen und britischen Streitkräfte im letzten Irak-Krieg gesammelt [1, 2, 4, 6]. Bei der Erstanwendung kam es während der Repatriierung eines Schwerverletzten zu einer pulmonalen Dekompensation, so dass die begleitende Rettungsmedizinerin den Soldaten kaum noch ventilieren konnte. Im Rahmen der dadurch erzwungenen Landung erfolgte dann in Kooperation mit der Universität Regensburg die Versorgung mit einer ECMO; der Patient überlebte.

Technik und Material

Grundsätzlich handelt es sich bei der ECMO oder auch dem prinzipiell baugleichen ECLS-System um eine Art kleiner Herz-Lungen-Maschine. Über großlumige Kanülen erfolgt die Drainage venösen Blutes, das über eine Zentrifugalpumpe durch einen Oxygenator geleitet und anschließend wieder über eine entsprechende Kanüle in den Körper zurückgeleitet wird. Die beiden Hauptunterschiede zur konventionellen Herz-Lungen-Maschine, wie sie im Rahmen kardiochirurgischer Eingriffe eingesetzt wird, sind der Pumpenmechanismus und das Vorliegen eines geschlossenen Systems.

Als Pumpen kommen in ECLS-Systemen grundsätzlich Zentrifugalpumpen zum Einsatz, während bei der konventionellen Herz-Lungen-Maschine Rollerpumpen eingesetzt werden. Der große Vorteil besteht in der deutlich geringeren Traumatisierung insbesondere der korpuskulären Bestandteile des Blutes, wodurch

- die Hämolyse verringert,
- Thrombozyten in geringerem Ausmaß zerstört und aktiviert werden und dadurch auch
- die Komplementaktivierung deutlich vermindert wird.

Nachteilig ist der höhere Preis der Pumpenköpfe sowie die große Empfindlichkeit gegenüber Luftbläschen im System, die sich im Pumpenkopf ansammeln und zum Transportverlust führen. Aus diesem Grund handelt es sich ausschließlich um geschlossene Systeme. Es existiert kein Reservoir und keine Öffnung zur Umwelt, wodurch Lufteintritte verhindert werden. Gleichzeitig existieren aber auch keine Luftfallen, so dass die Systeme bei Inbetriebnahme oder auch bei Komponentenwechseln sorgfältig entlüftet werden müssen.

Der Einsatz kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

- veno-venös oder
- veno-arteriell.

Es kommt daher bei schweren, isoliert pulmonalem Funktionsstörungen, z. B. ARDS, im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung zum Einsatz.

Veno-arterielle Implantation

Hier fungiert die ECMO bzw. das ECLS-System als komplettes kardio-pulmonales Assist-Device. Analog zur veno-venösen Implantation erfolgt die Entnahme des venösen Blutes über eine großlumige Kanüle über die V. femoralis, das decarboxylierte und oxygenierte Blut wird jedoch über eine in die A. femoralis platzierte Kanüle dem Kreislauf wieder zugeführt. Bei Flussraten bis 6 l/min ermöglicht dieses Setting eine Entlastung des Herzens und einen Ersatz der Kreislauffunktion auch bei schwerer kardialer Funktionsstörung, da das gesamte in Ruhe erforderliche Herzzeitvolumen vom Gerät geliefert wird. Die Kreislaufsteuerung erfolgt durch Volumengabe und vorwiegend durch alpha-Sympathomimetika (Noradrenalin).

Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Wiedererwärmung stark unterkühlter Patienten, z. B. nach Eisunfällen. Durch das System wird hierbei ein suffizientes Herzzeitvolumen zur Perfusion der Organe sichergestellt, zusätzlich kann das Blut über einen an den Oxygenator angeschlossenen Wärmeaustauscher angewärmt werden. Hierdurch kann eine schonende Wiedererwärmung eines Patienten ohne die gefürchteten Komplikatio-

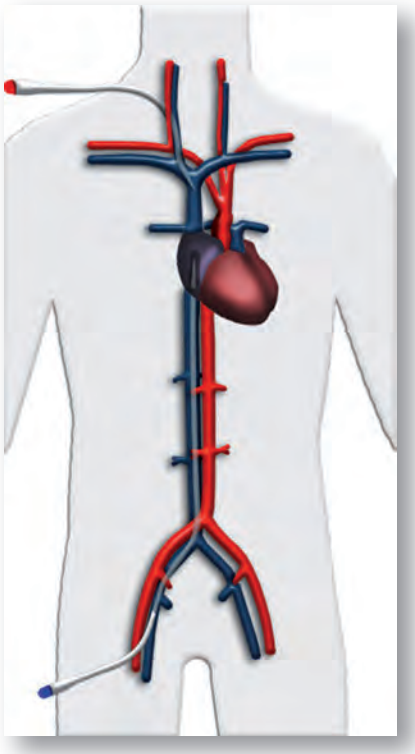


Abb. 1: Veno-venös installierte ECMO: venöse Entnahme über die V. femoralis, Rückführung des oxygenierten Blutes über V. jugularis; essenziell ist hier auch die radiologische Kontrolle der Kanülenenden, um einen „Kurzschluss“ des Blutflusses zu vermeiden.

Abb. 2: Veno-arteriell installierte ECMO: venöse Entnahme über die V. femoralis, Rückführung über die A. femoralis

nen bei reiner Oberflächenerwärmung in etwa zwei Stunden erreicht werden.

Gerinnungsmanagement

Die große Fremdoberfläche insbesondere des Oxygenators führt trotz moderner Coating-Verfahren zu einer Gerinnungsaktivierung, so dass zur Vermeidung von Oxygenator-Thrombosen und Thromboembolien eine suffiziente Gerinnungshemmung, in der Regel mit Heparin, erfolgen muss. Aufgrund der geringeren Traumatisierung des Blutes durch die Zentrifugalpumpe im Vergleich zu den Rollerpumpen, den kürzeren Schlauchlängen und des Fehlens jeden Luftkontaktes ist hier allerdings eine ACT von 180 Sekunden ausreichend; bei einer konventionellen Herz-Lungen-Maschine werden hier Zeiten > 400 Sekunden angestrebt. Bei Implantation erfolgt in der Regel eine Bolusgabe von 5000 IE Heaprin i. v., anschließend wird die Gerinnung durch kontinuierliche Heparingabe über Perfusor eingestellt. Nach Erreichen des Steady State im Zielbereich ist entsprechend der Halbwertszeit eine ACT-Kontrolle alle 30 - 120 Minuten erforderlich, abhängig von der Gesamtsituation und Stabilität des Patienten.

Komplikationen

An erster Stelle sind hier die vaskulären Komplikationen bei der Implantation der Kanülen zu nennen. Diese reichen von lokalen Gefäßverletzungen, wie Perforation oder Abscherung von Seitenästen, bis hin zur retrograden Aortendissektion (etwa 2 - 5 % der Anwendungsfälle), letztere in der Regel mit letalem Ausgang. Allerdings muss hier bei einem potenziellen Einsatz in der militärischen Einsatzmedizin der große Unterschied zum zivilen Bereich, aus dem die Erfahrungen stammen, hervorgehoben werden. Während es sich im zivilen Bereich in der Regel um ältere Patienten mit z. T. erheblichen Comorbiditäten, insbesondere einer häufig vorhandenen Arteriosklerose, handelt, sind verletzte Soldatinnen oder Soldaten in aller Regel jünger und gesund; sie sind nicht „krank“, sondern „beschädigt“, was einen deutlichen Einfluss auf die Inzidenz vaskulärer Komplikationen haben dürfte. So ist es bei jungen Patienten zum Beispiel möglich, auch 17F-Kanülen aus der A. femoralis zu entfernen und die Punktionsstelle der Arterie durch 25-minütige lokale Kompression ohne Residenz zu verschließen (eigene Erfahrung).

Schwierigkeiten mit der Perfusion können manchmal auftreten, wenn die Patientinnen und Patienten hypovoläm sind, da die Systeme für ein ausreichendes Flussvolumen ein gut gefülltes Gefäßsystem benötigen. Hier ist dann eine differenzierte Katecholamin-/Volumentherapie erforderlich. Bei noch erhaltener linksventrikulärer Funktion kann es zu einer Minderoxygenierung des Kopf-/Halsbereiches kommen, wenn nämlich der linke Ventrikel bei schwer eingeschränkter pulmonaler Funktion noch soviel Eigenauswurf produziert, dass das untersättigte Blut aus den Lungenvenen primär in die Kopf-/Halsgefäße ausgeworfen wird, während die über die A. femoralis zuführende ECMO das gesättigte Blut gegen den Auswurf des linken Ventrikels nur bis in die Aorta descendens fördert. Um diese Problematik zu erkennen, ist eine Überwachung der Blutgase über eine Radialarterie erforderlich. Sollte dieses Phänomen detektiert werden, kann durch eine bessere Drainage, z. B. eine zusätzliche venöse Kanüle, die Vorlast des linken Ventrikels und damit dessen Auswurfleistung gesenkt werden. Alternativ besteht auch die Möglichkeit einer zweiten arteriellen Kanüle zur Rückführung oxygenierten Blutes über die A. subclavia.

Die Thrombose des Oxygenators ist ein in der Regel langsam auftretendes Phänomen, das über einen variablen Zeitraum einiger Stunden zum Verschluss des Oxygenators und damit zum Erliegen der Funktion der ECMO/ECLS führt. Es ist durch die Druckverhältnisse im System, die Oxygenierungsleistung sowie auch optisch durch Thrombenbildung im Oxygenator frühzeitig erkennbar und erfordert den Wechsel des Oxygenators. In aller Regel wird hierfür ein neues System gefüllt (Priming). Anschließend wird während eines kurzen Stillstandes das alte Systems von den Kanülen des Patienten diskonnektiert und anschließend das neue angeschlossen; hierfür liegt der Zeitansatz bei unter einer Minute, bis das neue System wieder angefahren wird, so dass selbst bei Patienten, die vollständig vom ECMO/ECLS abhängen, keine Beeinträchtigung zu erwarten ist.

Die übrigen Komplikationen betreffen hauptsächlich den mittelfristigen Verlauf und damit kaum die Einsatzmedizin. Sie beinhalten thromboembolische, vor allem aber septische Verläufe nach mehreren Wochen ECMO-Therapie, die bei fehlender Regeneration der kardialen/pulmonalen Funktionen des/der Behandelten dann im Rahmen der intensivmedizinischen Therapie verlaufsbestimmend werden.

Personelle Voraussetzungen zum Betrieb einer ECLS

In der Regel bestehen Teams, die mit mobilen ECLS-Geräten Patientinnen oder Patienten transportieren, aus drei Personen der Fachrichtungen:

- Rettungsmedizin/Anästhesie,
- Chirurgie (Kardio-/Gefäßchirurgie) und
- Kardiotechnik.

Die Implantation der Kanülen erfolgt in Seldinger-Technik, bei besonderer anatomischer Situation (Adipositas, periphere arte-

rielle Verschlusskrankheit) kann eine chirurgische Freilegung der Leistengefäße nötig sein; gegebenenfalls erfolgt dann die Implantation über eine End-zu-Seit aufgebrachte 8 mm Gefäßprothese, den sogenannten „Schornstein“. Das Management des Kreislaufs und der Ventilation obliegt der Anästhesie bzw. Rettungsmedizin und die Funktionsüberwachung des Systems während des Transportes liegt in den Händen einer eingewiesenen, erfahrenen Pflegekraft; diese gehört im zivilen Bereich in aller Regel zur Kardiotechnik.

Verwendungsmöglichkeiten der ECMO in der Einsatzmedizin

Neben dem Ersatz der pulmonalen Funktion ermöglicht insbesondere die veno-arterielle Implantation auch eine Stabilisierung der Kreislaufsituation. Dadurch wird es möglich, auch komplexere intrathorakale Eingriffe vorzunehmen. Es ergeben sich also folgende theoretische Einsatzmöglichkeiten:

- Ersatz der pulmonalen Funktion [2, 5],
- Transport (kardio-)pulmonal schwer kompromittierter Patienten sowie
- kurzzeitiger perioperativer Einsatz bei schweren thorakalen Verletzungen.

Ersatz der pulmonalen Funktion

Patienten mit schwer beeinträchtigter pulmonaler Funktion profitieren von einem ECMO-Einsatz durch die Sicherstellung der Oxygenierung des Körpers bei gleichzeitiger Vermeidung einer invasiven Beatmung, wodurch die Chance auf eine Erholung der Lungenfunktion erhöht wird. Je nach Ausmaß der Schädigung kommen heute auch weniger invasive Verfahren wie ILA2 oder ILA-active zum Einsatz, bei denen das arteriovenöse Druckgefälle (ILA), ggf. mit geringer Pumpenunterstützung (Rollerpumpen, ILA-active), ausgenutzt werden. Beide Verfahren haben gegenüber der ECMO aber Grenzen im Einsatzspektrum; auch dürfte eine eine derart differenzierte Assist-Therapie voll ausgestatteten Intensivstationen (Role 4) vorbehalten sein, zumal die Kanülierungstechniken und damit zum Teil die vaskulären Komplikationen gleich sind.

Der reine Ersatz der pulmonalen Funktion geht immer einher mit einer längeren intensivmedizinischen Behandlung. Für einen Transport über längere Strecken erscheint eine rein veno-venöse Implantation eher riskant. Aus den zivilen ECLS-Programmen wissen wir, dass oftmals Patienten, die unter der Vorstellung einer rein pulmonalen Problematik für den Transport ins Zentrum zunächst veno-venös versorgt wurden, in einem hohen Prozentsatz (> 40 %) auf dem Transport oder bereits vor dem Verladen auch hämodynamisch instabil werden und dann auf eine veno-arterielle Instrumentierung umgestellt werden muss. Daher wird dieser Ansatz bei für den Transport vorgesehenen Patienten nur noch in Ausnahmefällen angewandt.

Transport

Um auf einem Transport größtmögliche Patientensicherheit zu gewährleisten, erfolgt hier in aller Regel eine veno-arterielle Implantation. Hierdurch kann der Patient vor dem Transport zunächst mit dem System versorgt, anschließend hinsichtlich seiner Kreislaufsituation in einen stabilen Zustand gebracht und dann mit geringem Risiko transportiert werden. Da die ECLS/ECMO-Systeme normalerweise bei gut eingestellter Gerinnungshemmung für eine Woche störungsfrei funktionieren, sind auch entsprechende Langstreckentransporte sicher möglich. Für die Überwachung der Gerinnungshemmung ist ein ACT-Gerät erforderlich. Solche stehen als mobile Geräte zur Verfügung. Die Heparin-Therapie erfolgt über Perfusor, dessen Flussraten entsprechend der ACT eingestellt werden. Abseits von manifesten Koagulopathien bei Sepsis oder disseminierter intravasaler Gerinnung ist hier ein Monitoring in Intervallen von zwei bis vier Stunden ausreichend.

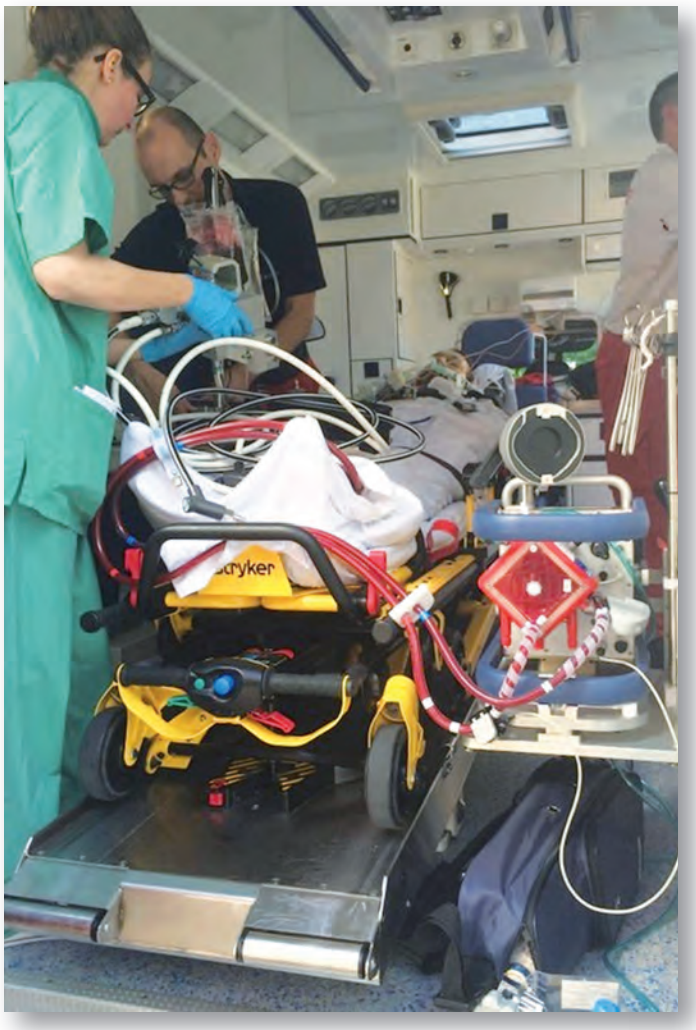


Abb. 3: (Ziviler) ECLS-Transport: Die ECLS-Steuereinheiten sind mittlerweile ähnlich wie ein Transportmonitor dimensioniert und damit leicht transportabel.

Intra-/perioperativer Einsatz

Durch den verbesserten Körperschutz kommen heute Verwundete zur medizinischen Versorgung, die es noch vor wenigen Jahrzehnten nicht einmal bis zu einer DCS-Unit geschafft hätten. Hierbei stehen dann oft schwere thorakale Verletzungen im Vordergrund, deren Versorgung chirurgisch aufwändig ist. Besondere Bedeutung kommt hierbei der hämodynamischen Stabilität und der Oxygenierung zu, da diese Faktoren entscheidend für die weitere Prognose nach chirurgischer Versorgung

[2] ILA = intervetional lung assist; extrakorporales Oxygenierungssystem zur Unterstützung der Lungenfunktion

der thorakalen Verletzungen sind; nach Blutstillung/Versorgung von pulmonalen Verletzungen steht ein drohendes Multiorganversagen bei zu lange bestandener hämodynamischen Instabilität und/oder Hypoxie dann im Vordergrund und wird verlaufsbestimmend. Durch den Einsatz einer ECMO könnten bei schweren thorakalen Verletzungen hämodynamische Stabilität und Oxygenierung sichergestellt werden. Im zivilen Bereich erfolgen praktisch alle Lungentransplantationen, die eine Unterstützung benötigen, heute mit ECMO und nicht mehr mit herkömmlicher Herz-Lungen-Maschine. Auch kardiale Verletzungen sind unter entlastetem deutlich besser und sicherer zu versorgen als bei unter Last stehendem Herzen. Der Einsatz der ECMO wird daher perspektivisch auch im Rahmen der Traumaversorgung an sich zumindest diskutiert [3], da sich das chirurgische Trauma durch den Erhalt der hämodynamischen Stabilität und der Oxygenierung insbesondere bei Polytraumatisierten reduzieren lässt.

Zusammenfassung und Ausblick

Zuallererst muss festgehalten werden, dass ECMO/ECLS keine Therapien im eigentlichen Sinne darstellen sondern Hilfsmittel sind, um die wichtigen kardiopulmonalen Funktionen für einen gewissen Zeitraum (maximal etwa vier Wochen) zu ersetzen und somit Zeit für chirurgische Maßnahmen beziehungsweise die Regeneration zu schaffen. Der Einsatz dieser Verfahren gewinnt für die behandelnden Ärztinnen und Ärzte und die zu Behandelnden also lediglich Zeit für die eigentliche Therapie.

Aufgrund der notwendigen personellen und logistischen Erfordernisse ist eine Anwendung der Verfahren im Einsatz derzeit schwer vorstellbar, da in der Bundeswehr zurzeit die erforderlichen Fähigkeiten nicht in ausreichendem Maß vorgehalten werden. Es ist aber durchaus denkbar, entsprechende Teams aus Rettungsassistenz/Kardiotechnik, Rettungsmedizin und Chirurgie zu schulen, um als ersten Schritt den Einsatz von ECLS/ECMO im Rahmen von Verwundetenlufttransporten (StratAir-MedEvac) zu etablieren. Hier wären Kooperationen der Bundeswehrkrankenhäuser mit zivilen Zentren, die bereits flächendeckend ECLS-Transporte durchführen, zu diskutieren, um das Know-how zu erlangen. Es erscheint nicht sinnvoll, auf zivile Begleitung für derartige Transporte zu setzen, wie dies in den Publikationen der US-Amerikaner zusammen mit der Universität Regensburg noch erfolgte; erstens wäre für solche Einsätze eine gewisse Einsatzerfahrung aller Teammitglieder notwendig, zweitens darf bezweifelt werden, ob sich Personal der zivilen Kardiotechnik/Chirurgie abseits von den publizierten „Pionierflügen“ dazu bereit erklären würden.

Anlaufstelle für solche Transporte wäre dann in jedem Fall das Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz, da dort alle erforderlichen Fachabteilungen sowie das entsprechende Know-how für die weitere intensivmedizinische Betreuung vorhanden sind. Primär wäre dabei die Implantationstechnik und der Umgang mit den erforderlichen Geräten zu schulen, was angesichts der eigentlich standardisierten Technik (Seldinger-Punktion, hämodynamisches Monitoring) realisierbar erscheint.

Ein Einsatz der Technik im Einsatzland bei der Versorgung schwerer thorakalen Verletzungen hingegen wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt als nicht realisierbar beurteilt. Zum Ersten muss davon ausgegangen werden, dass bei einer entsprechenden Gefechtsintensität es zu einem MASCAL-Ereignis kommt, wodurch derart aufwändige Verfahren für Individualpatienten nicht anwendbar sind. Zum Zweiten wäre aber auch die Anwesenheit entsprechend geschulten Personals und des Equipments erforderlich – zwei Voraussetzungen, die vielleicht in der ferneren Zukunft erfüllt werden könnten, in absehbarer Zeit allerdings sicher nicht gegeben sein werden.

Der Einsatz solch invasiver Verfahren setzt naturgemäß eine gute Indikationsstellung voraus. Patienten, die mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ohne ECMO repatriiert werden können, würde sicher niemand mit einem solchen Gerät versorgen wollen. Umgekehrt ist aber die zu erwartende Komplikationsrate bei dem zu therapierenden Patientenkollektiv als gering einzustufen, so dass bei Zweifeln an der kardiopulmonalen Stabilität durch die Versorgung mit einem ECLS die zügige Repatriierung und damit die optimale intensivmedizinische Betreuung gewährleistet werden kann. Der von den US-Streitkräften initial publizierte Fall und die daraus resultierende Kooperation mit der Universität Regensburg haben zur Einrichtung eines festen ECMO-Teams der US-Amerikaner geführt, die angesichts der Möglichkeiten der Systeme auf diese Technik zur Rettung pulmonal schwer kompromittierter Patienten nicht mehr verzichten möchten.

Literatur

1. Allan PF et al.: The introduction of extracorporeal membrane oxygenation to aeromedical evacuation. Mil Med. 2011; 176: 932 - 937.
2. Bein T et al.: Transportable extracorporeal lung support for rescue of severe respiratory failure in combat casualities. J Trauma Acute Care Surg. 2012; 73: 1450 - 1456.
3. Casas F et al.: Performance and reliability of the CPB/ECMO Initiative forward lines casuality management system. ASAIO J. 2005; 51: 681 - 685.
4. Fang R et al.: Closing the „care in the air“ capability gap for severe lung injury: the Landstuhl Acute Lung Rescue Team and extracorporeal lung support. The Journal of Trauma 2011; 71 (1): S91 – S 97.
5. Guirand DM et al.: Venovenous extracorporeal life support improves survival in adult trauma patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multicenter retrospective. J Trauma Acute Care Surg. 2014; 76(5): 1275 - 1281.
6. Klaergaard B et al.: Aero-medical evacuation with interventional lung assist in lung failure patients. Resuscitation 2007; 72: 280 - 285.

Abbildungsnachweis:
Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Björn Sill, Herzzentrum des Universitätsklinikums Eppendorf, Hamburg

Für die Verfasser:
Oberstabsarzt Priv.-Doz. Dr. Helmut Gulbins
Bundeswehrkrankenhaus Hamburg
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Lesserstr. 110, 22049 Hamburg
E-Mail: helmutgulbins@bundeswehr.org

Der Beitrag wird im Internet unter www.wehrmed.de veröffentlicht.

Unfallchirurgie, Orthopädie

Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Rekonstruktive und Septische Chirurgie, Sporttraumatologie[1] (Klinischer Direktor: Oberstarzt Prof. Dr. B. Friemert) des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (Kommandeur und Ärztlicher Direktor: Generalarzt Dr. R. Hoffmann), dem Trauma Directorate des Chris Hani Bragwanath Academic Hospital[2] , Johannesburg, Republic of South Africa, und der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Wiederherstellungs-, Hand- und Plastische Chirurgie, Verbrennungsmedizin[3] (Klinischer Direktor: Oberstarzt Priv.-Doz. Dr. E. Kollig) des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz (Kommandeur und Ärztlicher Direktor: Generalarzt Dr. N. Weller)

Update zu Schussverletzungen der Extremitäten*

Update on Gunshot Wounds to Extremities

Falk von Lübken[1], Gerhard Achatz[1], Benedikt Friemert[1], Martin Mauser[2], Axel Franke[3], Erwin Kollig[3], Dan Bieler[3]
Arbeitsgruppe Einsatz-, Katastrophen- und Taktische Chirurgie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

Zusammenfassung

Schussverletzungen sind durch Amokläufe und Terroranschläge erneut ins Bewusstsein gerückt, obwohl sie per se in Europa selten sind. Gut die Hälfte aller Schussverletzungen betrifft die Extremitäten. Um die Folgen eines Extremitätenbeschusses zu verstehen, ist Basiswissen zur Wundballistik unumgänglich. Die ans Gewebe abgegebene Energie des Projektils bestimmt die Verletzungsschwere. Die Energie ist abhängig von der verwendeten Waffe und der Munition. Unterschieden wird zwischen Niedrigenergie-, z. B. durch Pistolen, und Hochenergieverletzungen, v. a. durch Gewehre. Durch die höhere Energieabgabe an das Gewebe entsteht bei Letzteren neben dem permanenten Wundkanal die temporäre Wundhöhle mit erheblichen Weichteilschäden. Frakturen sind bei Hochenergieverletzungen deutlich ausgeprägter als bei Niedrigenergieverletzungen. Débridement gilt als sinnvolle therapeutische Maßnahme. Frakturen sollten aufgrund der häufigen Kontamination temporär mithilfe eines Fixateur externe versorgt werden.

Schlüsselwörter: Fraktur, Weichgewebeverletzungen, Débridement, Fixateur extern

Summary

Due to recent rampage and terror attacks in Europe, gunshot wounds have become a focus of attention even though they are still rare in Europe. Approximately 50% of gunshot wounds affect the extremities and to understand the sequelae, a basic knowledge of wound ballistics is indispensable. The energy transmitted from the bullet to the tissue is responsible for the severity of the injury and is dependent on the type of weapon and ammunition. A differentiation is made between lowenergy injuries caused, e.g. by pistols and high-energy injuries mostly caused by rifles. The higher energy transfer to the tissue in high-energy injuries, results in a temporary wound cavity in addition to the permanent wound channel with extensive soft tissue damage. High-energy gunshot fractures are also more extensive compared to those of low energy injuries. Debridement seems to be necessary for almost all gunshot wounds. Fractures should be temporarily stabilized with an external fixator due to contamination.

Keywords: gunshot wounds, fracture, soft tissue injuries, debridement, external fixators

* Die Erstveröffentlichung erfolgte unter von Lübken, F., Achatz, G., Friemert, B. et al. Unfallchirurg (2018) 121: 59. https://doi.org/10.1007/s00113-017-0449-4. Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Springer Medizin, Springer International Publishing AG, Cham (CH)

Einleitung

Durch die Terroranschläge in den letzten Jahren u. a. in Paris und Brüssel, aber auch durch Amokläufe wie z. B. 2016 in München sind die Chirurgen in Deutschland wieder für die Entität der Schussverletzungen sensibilisiert. Insgesamt nahmen Schussverletzungen in Europa in den letzten 2 Jahrzenten zu [1, 2, 3, 4]. Diese können neben Terroranschlägen und Amokläufen auch im Rahmen von Unfällen, Selbstmordversuchen und Gewaltverbrechen vorkommen. In den beiden erst genannten Ereignissen werden oft Automatikwaffen verwendet, wie sie auch die Streitkräfte nutzen. Dagegen kommen bei den 3 Letztgenannten vornehmlich Handfeuerwaffen wie Pistolen oder Revolver zum Einsatz.

Ungefähr die Hälfte aller Schussverletzungen betrifft die Extremitäten [5]. Daher kommt diesen Verletzungen hohe Bedeutung zu, wenngleich die isolierte Verletzung der Extremitäten durch Schuss eine begrenzte Mortalität aufweist [6]. Diese Arbeit bietet dem Leser einen aktuellen Überblick über die Wundballistik, die mögliche Diagnostik und die wichtigsten therapeutischen Schritte bei Schussverletzungen der Extremitäten.

Wundballistik

Um eine Schusswunde zu verstehen und diese an sich von den stumpfen und auch penetrierenden Verletzungen des unfallchirurgischen Alltags differenzieren zu können, ist eine Einführung in die Wundballistik unumgänglich.

Die Wundballistik beschreibt die Interaktion zwischen dem Geschoss (hier: Projektil) und dem getroffenen Zielkörper eines Menschen bzw. Tieres. Die Interaktion ist abhängig von den Eigenschaften des Geschosses, im vorliegenden Beitrag also des Projektils, und des Gewebes, auf das das Projektil auf seinem Weg durch den Körper trifft [7, 8].

Einflüsse des Projektils

Beim Projektil kommen v. a. folgende Eigenschaften zum Tragen:

- Masse,
- Geschwindigkeit,
- Beschaffenheit,
- Kaliber, Länge und Schwerpunkt.

Kinetische Energie, Masse und Geschwindigkeit

Da das Verletzungsausmaß von der vom Projektil an den Körper abgegebenen Energie abhängt [1], ergibt sich daraus, dass das Ausmaß der Verletzung bei einem Steckschuss von der kinetischen Energie des Projektils beim Auftreffen auf den Zielkörper und bei einem Durchschuss von der kinetischen Energie beim Auftreffen auf und beim Austritt aus dem Zielkörper abhängt. Die kinetische Energie wiederum ist abhängig von Masse und Geschwindigkeit des Projektils. Das Projektil kann umso mehr seiner kinetischen Energie an den Körper abgeben, desto größer das Interface zwischen Projektil und Gewebe ist. Da nichtverformende Projektile zudem im Verlauf des Schusskanals unkontrolliert gieren bzw. taumeln, ist die Energieabgabe auch größer, je länger das Projektil ist. Hierdurch wird das Projektil über die größere Oberfläche im Verlauf des Schusskanals stärker abgebremst, d. h., es gibt mehr Energie ab.

Projektilbeschaffenheit

Eine Projektilverformung kann die Energieabgabe an den Körper erhöhen. Die Schusswaffenmunition der Streitkräfte muss gemäß Haager Landkriegsordnung [9] eine vollständige Metallummantelung („full metal jacket“) aufweisen, die ihre Verformung und Zerlegung verhindern soll. Dagegen setzen insbesondere Polizeikräfte Munition mit teilummantelten Projektilen ein, bei denen die Projektilspitze von der Ummantelung ausgelassen ist. Diese Projektile neigen zum Aufpilzen im Körper. Hierdurch kann vermehrt Energie an den Körper abgegeben werden. Gleichzeitig ist jedoch die Gefahr eines Durchschusses mit einer Verletzung weiterer Personen geringer als bei vollummantelten Projektilen [4, 10].

In der Fachliteratur werden viele Begriffe genutzt, die die Energie des Projektils und die entsprechende Energieabgabe an den getroffenen Körper beschreiben sollen. Viele sind nicht genau anhand von Grenzwerten definiert und können verwirren. Praktikabel scheint aus Sicht der Autoren die Bezeichnung als Niedrig- und Hochenergiegeschosse. Auch diese sind in der Literatur nicht genau mit Grenzwerten belegt, doch erlaubt diese Unterscheidung eine grobe Zuteilung zu den verantwortlichen Waffenarten und eine Einschätzung des zu erwartenden Ausmaßes der Verletzung.

In der medizinisch-wissenschaftlichen Literatur wird die Unterscheidung ab einer Mündungsgeschwindigkeit von ca. 650 m/s regelmäßig zitiert. Grob vereinfachend kann man festhalten, dass Projektile aus Handfeuerwaffen häufig zu Niedrigenergieverletzungen führen. Insbesondere Projektile aus Langwaffen wie Sturmgewehren bewirken dagegen Hochenergieverletzungen.

Das Projektil stabilisiert sich während des Flugs über sein Drehmoment um die eigene Achse. Daher spielt auch der Abstand des Opfers zur Waffe eine Rolle, und insbesondere Hochenergiewaffen (Langwaffen) können je nach Abstand ganz unterschiedliche Verletzungen hervorrufen.

Beim Durchdringen des Körpers zerdrückt, zerschneidet und zerstört das Projektil das Gewebe und hinterlässt einen sichtbaren, mit zerstörtem Gewebe, Blut(gerinnseln) und Fremdmaterial gefüllten Schusskanal, die sog. permanente Wundhöhle [8, 11].

Die idealisierte Darstellung eines Projektildurchtritts bei Verwendung einer Hochenergiewaffe findet sich in Abbildung 1. Der zunächst enge Schusskanal (1) wird durch ein Gieren des Projektils weiter (2). Zusätzlich zu dieser permanenten Wundhöhle kommt es abhängig von der abgegebenen Energie zu einer temporären Wundhöhle.

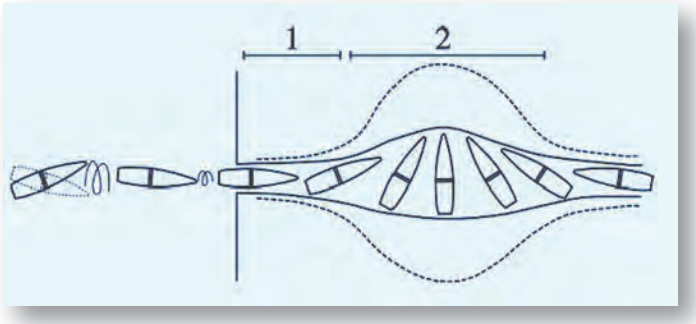


Abb. 1: Idealisierte Darstellung eines Projektildurchtritts bei Verwendung einer Hochenergiewaffe. (Aus Stefanopoulos et al. [12]. Mit freundl. Genehmigung der International Association of Oral and Maxillofacial Surgeons)

Darüber hinaus werden v. a. den Hochenergiegeschossen 2 weitere Effekte auf den Körper zugeschrieben.

- Kavitation,
- Ballistische Druckwelle (auch teilweise als Schockwelle bezeichnet).

Die Kavitationswirkung wird durch eine radiale Beschleunigung des Gewebes um den Schusskanal herum hervorgerufen. Die kinetische Energie des Projektils wird dabei an das Gewebe abgegeben [8, 13]. Dieser Effekt ist vergleichbar mit den Verwirbelungen eines sich bewegenden nicht perfekt stromlinienförmigen Körpers [4]. Die Grenzschicht zwischen Gewebe und Projektil wird getrennt, und es kommt hinter dem Projektil zur Wundkanalexpansion in einer temporären Wundhöhle (Abbildung 1; [14, 15]). Diese fällt innerhalb von Millisekunden wieder zusammen [13]. Diese explosionsartige Expansion der temporären Wundhöhle erzeugt einen Unterdruck, durch den Kleidungs-, Schmutz-, Hautpartikel etc. in die Wundhöhle gezogen werden können. Dies kann zu einer sekundären Kontamination der Schusswunde führen [13].

Bei nichtdeformierenden Projektilen aus Handfeuerwaffen ist dieser Effekt deutlich geringer als bei nichtdeformierenden Projektilen aus Gewehren. Der Grund liegt in der geringeren Energie der Projektile durch eine geringere Geschwindigkeit und Masse, zum anderen aber auch an der geringeren Länge der Projektile, sodass beim Gieren der Projektile eine geringere Kontaktfläche zum getroffenen Gewebe besteht [8]. Deformierende Projektile hingegen vergrößern sich nach dem Eindringen in den Zielkörper umgehend und erhöhen somit die Kontaktfläche zwischen Projektil und getroffenem Gewebe. In der Folge

entsteht nahezu umgehend eine größere Wundhöhle [8, 16]. Durch die pilzartige Verformung stabilisieren sich diese Projektile und erzeugen gerade Schusskanäle, wenn das Geschoss nicht z. B. vom Knochen abgelenkt wird [8].

Einflüsse des Gewebes

Wird durch die Entstehung der temporären Wundhöhle das betroffene Gewebe über seine Elastizität hinaus gedehnt, zerreißt es [4, 11]. Daraus ergibt sich, dass v. a. das Gewebe von Leber und Hirn bei Schussverletzungen deutlich empfindlicher reagiert als z. B. Muskelgewebe, da es eine höhere Dichte aufweist und weniger elastisch ist [17, 18].

Luftgefüllte Organe wie die Lungen erfüllen nicht die notwendigen Bedingungen für die Entstehung einer temporären Wundhöhle, sodass der erzielte Schaden hier deutlich geringer ausfällt [4]. Beim Magen-Darm-Trakt hängt der Schaden von der Art der Füllung ab. Ist der betroffene Abschnitt luftgefüllt, ist der Schaden gering. Ist er mit Flüssigkeit gefüllt, resultiert ein deutlich größerer Schaden [4].

Trifft ein Projektil auf seinen Zielkörper, führt dies zur Kompression des getroffenen Gewebes [4]. Diese Zone der Kompression wandert nun mit hoher Geschwindigkeit vor dem Projektil her durch den Körper, ähnlich der Ausbreitung von Schallwellen durch Wasser [8, 13, 19, 20]. Es kommt zu einem sehr plötzlichen Druckanstieg im Gewebe, sodass bei der Kombination aus Geschwindigkeit und Druckanstieg von einer Schockwelle gesprochen werden kann. Der vermutlich am besten zutreffende Begriff in der Wundballistik für dieses Phänomen ist ballistische Druckwelle [4]. Dennoch wird bei Hochenergieverletzungen aufgrund des Ausbleibens schwerer Weichteilverletzungen durch die ballistische Druckwelle und der gleichzeitig sehr kurzen Dauer deren Bedeutung für die Gesamtverletzung als nicht signifikant bewertet [20, 21].

Bei einer Hochenergieverletzung mit einer Schusswaffe durch Muskelgewebe werden durch die Entstehung der temporären Wundhöhle die sehr zugempfindlichen kleinen Blutgefäße und Kapillaren geschädigt, während die Elastizität des Muskels meist gar nicht überbeansprucht wird [8]. Dies führt dennoch zum Gewebeuntergang zwischen der permanenten hin zur temporären Wundhöhle [4]. In der Literatur herrscht Uneinigkeit, ob dieser Effekt aufgrund der guten Perfusion des Muskelgewebes selbstlimitierend ist [22], oder aber, ob genau dies eine fortschreitende Gewebenekrose auslöst [23].

Beim Auftreffen des Projektils im Rahmen von Niedrigenergieverletzungen auf Knochengewebe entsteht meist eine typische, einfache Fraktur (Abbildung 2). Hochenergieverletzungen des Knochens münden in eine multifragmentäre Situation, bei der ein Großteil der Projektilenergie an den Knochen abgegeben wird. Insbesondere lange Röhrenknochen können, da sie wie eine starre, spröde flüssigkeitsgefüllte Röhre agieren, durch Projektile mit hoher Energie explosionsartig zerstört werden (Abbildung. 3).

Nicht selten wird das Projektil selbst zerlegt, verteilt sich im umgebenden Gewebe und kann weitere Schäden verursachen. Dies gilt auch, wenn insbesondere die militärische Munition als Vollmantelgeschoß beim Durchdringen von Weichteilen nicht zur Zerlegung neigt [4].

Abb. 2: Radiologische Darstellung einer Fraktur der Ulna nach einem Unterarmdurchschuss mit einer Handfeuerwaffe.
Es zeigt sich das typische Bild einer Schussfraktur nach Niedrigenergieverletzung. a seitlicher Strahlengang,
b a. p. Strahlengang

Abb. 3a–c: Typische Trümmersituation nach Auftreffen eines Hochenergieprojektils auf einen langen Röhrenknochen. Die Erstversorgung erfolgte mit einem Fixateur externe. Es zeigt sich eine zunächst ausreichende Versorgung mit einem Unterschenkelgefäß in der Angiographie. (Aus Franke et al. [24])

Ein-, Ausschuss und Schusskanal

Die Ein- und noch viel mehr die Ausschusswunde sind in ihrer Ausprägung sehr variabel und erlauben nur sehr eingeschränkte Rückschlüsse auf das Ausmaß der Verletzung. So kann der Ausschuss als sehr klein imponieren und doch innerhalb des Kör-

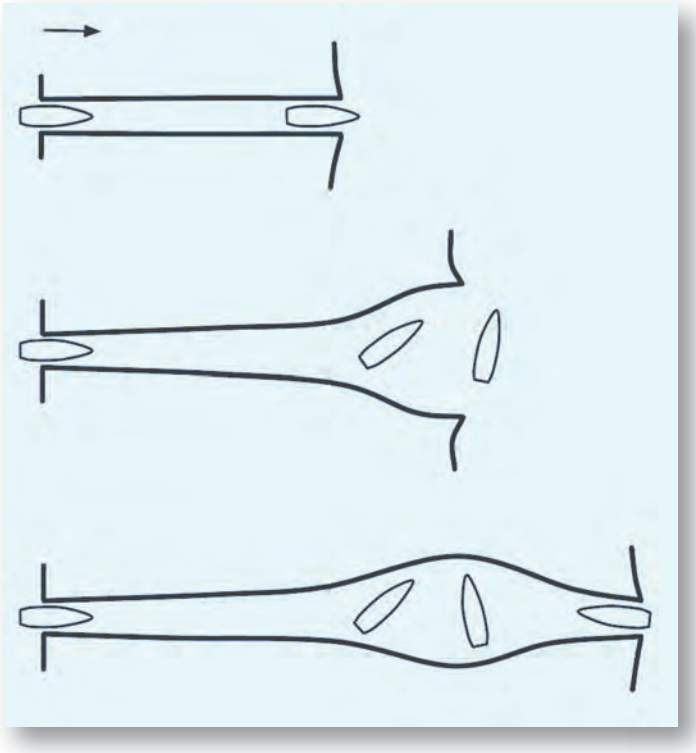


Abb. 4: Darstellung der prinzipiellen Möglichkeiten eines Schusskanals mit Ein- und Ausschuss. (Aus Stefanopoulos et al. [4])

pers durch eine ausgeprägte temporäre Wundhöhle ein enormer Gewebeschaden vorliegen [25, 26].

Für die Entstehung einer größeren permanenten und temporären Wundhöhle muss das Projektil bei hoher Geschwindigkeit und Stabilität auch eine ausreichende Strecke im Körper zurücklegen. Dies erklärt, warum z. B. insbesondere für Schussverletzungen mit der AK47 („Kalaschnikow“) am Oberschenkel des Menschen Durchschüsse beschrieben sind, die nur einen relativ geringen Schaden verursachen [21, 26, 27]. In diesen Fällen ist der Schusskanal durch das Gewebe zu kurz, um Kavitationsphänomene zu erzeugen. Verlässt das Projektil den Körper bei maximaler Ausdehnung der (permanenten und temporären) Wundhöhle, stellt sich die Ausschusswunde riesig da und lässt den Behandler eine riesige Wunde in der Tiefe vermuten (Abbildung 4; [11]).

Diagnose

Das Wissen über die Wundballistik sensibilisiert den Chirurgen für die Hochenergieverletzung und die Notwendigkeit der Wundexploration [3]. Letztendlich zeigt die Erfahrung, dass bei Schusswunden im Positiven und im Negativen immer alles möglich ist und die Prinzipien der Behandlung immer gleich sind.

Klassifikationen der Schussverletzungen

Um die Verletzungen durch Schusswaffen einzuteilen, wurden zahlreiche Klassifikationen entwickelt. Allerdings konnte sich im europäischen klinischen Alltag keine von ihnen durchsetzen [1]. Das mag zum einen daran liegen, dass diese Verletzungen hier relativ selten sind. Zum anderen liegt es auch daran, dass viele Klassifikationen die Kenntnis über den genutzten Waffentyp voraussetzen [1]. Da dies häufig nicht der Fall ist, ergibt sich für den behandelnden Arzt die Aufforderung: „Treat the wound, not the weapon!“ Nicht die verwendete Waffe ist also maßgeblich für die Behandlung eines Patienten mit Schussverletzung, sondern die Wunde an sich [21].

Eine Klassifikation, die die Schusswunde fokussiert und es gleichzeitig auch jedem Behandler ohne komplexe Diagnostik erlaubt, die Wunde einzuteilen, ist die „Red Cross classification of war wounds“ von Coupland (Tabelle 1; [28]). KOBBE et al. [1] teilten resultierende Weichteilschäden und Frakturen nach Extremitätenbeschuss ebenfalls am Kriterium der Niedrigenergie/Hochenergiegeschosse ein und orientierten sich bezüglich der Frakturen an der, in der Unfallchirurgie weit verbreiteten, Gustilo-Anderson-Klassifikation (Tabelle 2; [29]). So können durch Niedrigenergiegeschosse erzeugte Frakturen dem Typ I oder Typ II und durch Hochenergiegeschosse erzeugte Frakturen dem Typ III nach Gustilo-Anderson zugeordnet werden.

Begleitende Gefäß- und Nervenverletzungen

Bei Schussverletzungen der Extremität muss neben der Beurteilung der Wundverhältnisse und der Beteiligung von Knochen insbesondere nach Gefäß- und Nervenverletzungen geschaut werden. Nervenverletzungen haben keine unmittelbare therapeutische Konsequenz; ein neurologisches Defizit muss aber detektiert und dokumentiert werden. Eine kritische Ischämie der betroffenen Extremität muss nach einer Schussverletzung unmittelbar ausgeschlossen werden.

In der Literatur wird die Häufigkeit von Gefäßverletzungen nach Extremitätenbeschuss mit 10 - 16 % angegeben [30]. Die Rate an notwendigen Amputationen nach kombinierten Gefäßund Knochenverletzungen ist deutlich höher als bei isolierten Gefäßverletzungen [31].

Therapie

Die Chance auf einen erfolgreichen Erhalt der verletzten Extremität hängt bei kombinierten Gefäß- und Knochenverletzungen von folgenden Faktoren ab [31]:

- Zeit zwischen dem Eintreten der Verletzung und dem Beginn der operativen Versorgung,
- Schweregrad der arteriellen Verletzung sowie
- Ausprägung der Weichteil- und Knochenverletzung.

Bei lebensbedrohlichen Blutungen durch höhergradige Verletzungen der Gefäße der Extremitäten sollte gemäß der aktuellen S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung“ eine umgehende Blutstillung durch manuelle Kompression, Kompressionsverband oder aber die Anlage eines Tourniquets erfolgen [32]. Sollte ein Tourniquet zum Einsatz kommen, sollte dieses 10 bis 15 cm oberhalb der Verletzung angelegt werden. Im Zweifel wird es nahe dem Körperstamm angelegt.

Lange hat sich das Gerücht gehalten, dass Tourniquets ausschließlich am Oberarm oder am Oberschenkel verwendet werden sollten, da durch das Vorhandensein eines singulären, zentralen Knochens nur hier auch eine sichere Blutstillung durch Kompression möglich wäre. Es ist jedoch mittlerweile nachge-

Tab. 1: „Red Cross classification of war wounds“. (Nach Coupland [28])

Merkmal	Punkte
E: Einschuss	Maximaler Durchmesser (cm)
X: Ausschuss	Maximaler Durchmesser (cm; 0 im Fall eines fehlenden Ausschusses)
C: Kavität	Passen 2 Finger in den Wundkanal? (ja = 1, nein = 0)
F: Fraktur	Keine Fraktur (F = 0) Fraktur ohne signifikante Trümmerzone (F = 1) Fraktur mit signifikanter Trümmerzone (F = 2)
V: vitale Struktur	Viszerale, Zentralnervensystem-oder Gefäßverletzung
	Nein (V = 0)
	Ja (V = 1)
M: Metallfremdkörper	Projektilfragmente im Röntgen
	Keine (M = 0)
	Ein Fragment (M = 1)
	Mehrere Fragmente (M = 2)
Grad I: E + X < 10, C = 0, F = 0 oder 1 (Niedrigenergieverletzung)	
Grad II: E + X < 10, C = 1, F = 2 (Hochenergieverletzung)	
Grad III: E + X ≥ 10, C = 1, F = 2 (massive Wunde)	

Tab. 2: Einteilung des Weichteilschadens. (Nach Gustilo und Anderson [29])

Grad	Charakteristik
I	Hautläsion ≤1 cm
	Nicht verschmutzt
	Durchspießung von innen
	Minimale Muskelkontusion
	Einfache Quer- und kurze Schrägfraktur
II	Hautläsion >1 cm
	Ausgedehnter Weichteilschaden mit Lappenbildung oder Décollement
	Geringe bis mäßige Muskelquetschung
	Einfache Quer- oder kurze Schrägfraktur mit kleiner Trümmerzone
III	Ausgedehnter Weichteilschaden unter Einbeziehung von Haut, Muskulatur und neurovaskulären Strukturen
	Oft Rasanztrauma mit schwerer Gewebsquetschung
IIIA	Ausgedehnter Weichteilschaden mit noch adäquater Knochendeckung
IIIB	Ausgedehnter Weichteilschaden mit Deperiostierung und freiliegendem Knochen
	Massive Kontamination
IIIC	Rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzung

wiesen, dass ein Tourniquet auch am Unterarm bzw. am Unterschenkel bei richtiger Anlage sicher wirkt [33, 34].

Die Häufigkeit von Nervenverletzungen nach Extremitätenbeschuss wird in der Literatur mit bis zu 25 % angegeben [1]. Hier wird empfohlen, zur Bestimmung der genauen Lokalisation der Verletzung die betroffenen sensomotorischen Segmente zu untersuchen [1].

Alle Schussverletzungen sind als obligat kontaminiert zu betrachten [1, 21]. Sie werden auch unter dem Begriff der thermomechanischen Kombinationsverletzung subsumiert und entwickeln sich in Art und Ausmaß über die Zeit. Im englischen Sprachraum werden sie deshalb als „developing-wounds“ bezeichnet.

Antibiotikatherapie und chirurgisches Débridement

Reicht die Wundhöhle an den Knochen heran oder liegt eine Fraktur vor, kommt der initialen kalkulierten antibiotischen Therapie große Bedeutung zu [4]. Umstritten ist, ob ein chirurgisches Débridement im Sinne einer Exzision zwingend notwendig ist. So beschreiben einige Autoren ein Vorgehen, bei dem die Wunden insbesondere von Niedrigenergieverletzungen durch Handfeuerwaffen vorsichtig gespült und irrigiert, oberflächlich desinfiziert und verbunden werden und die Therapie darüber hinaus, abgesehen von einer Blutungskontrolle, nur in einer „Single-shot“ Antibiotikagabe besteht [35], da in einer retrospektiven Studie gezeigt werden konnte, dass die Gabe von Antibiotika über mehrere Tage der Single-Shot-Gabe bei unkomplizierten Schussverletzungen nicht überlegen ist [36]. Im Gegensatz dazu sehen die Autoren und andere die Singleshot-Antibiotikabehandlung bei reinen Weichteilverletzungen als sinnvollen Beitrag im Rahmen der Therapie an, aber niemals als Alternative oder Ersatz des chirurgischen Débridements. Dies gilt insbesondere bei Hochenergieverletzungen [4].

Grundprinzip bei Hochenergieverletzungen sollte eine initial offene Wundbehandlung sein. Eintritts- und Austrittswunde werden bei Vorliegen von Randnekrosen und lokalen Kontusionen ausgeschnitten und abschließend mit einem farblosen, nichthaftenden und nichtfärbenden, antiseptischen Feuchtverband versorgt. So wird sichergestellt, dass beim ersten Verbandwechsel innerhalb von 24 h sekundäre Gewebeuntergänge und nichtadäquate Wundsekretionen erkannt und ggf. mit einem gezielten, konsequenten chirurgischem Débridement therapiert werden. Hierbei müssen zwingend alle sicher avitalen Gewebeanteile entfernt werden. Dies ist aus Sicht der Autoren besser als eine inadäquat indizierte, kalkulierte systemische Antibiotikatherapie.

Unter diesen Prämissen ist bei Niedrigenergieschussverletzungen der Extremitäten ohne neurovaskuläre Begleitverletzungen eine ambulante Therapie durchaus möglich [37]. KOBBE et al. [1] raten zu diesem Vorgehen nur bei ausreichender Erfahrung mit Schussverletzungen, da ein mit dieser Thematik wenig versierter Chirurg aufgrund von kleinen Ein- und Ausschusswunden das tatsächliche Ausmaß des Weichteilschadens leicht unterschätzen kann. Daher wird im Zweifel zu einer operativen Exploration und einem Débridement geraten.

Wie schon ausgeführt, sollten die Ein- und Ausschusswunden exzidiert und der Schusskanal ausgiebig gespült werden [38]. Die chirurgische Therapie im OP beinhaltet insbesondere bei größeren Weichteilverletzungen die vollständige Abtragung von devitalisiertem Gewebe und Nekrosen, um die Folgen insbesondere der bakteriellen Kontamination kontrollieren zu können und somit eine Wundheilung zu erzielen [3, 21, 39]. Es bleibt jedoch unbestritten, dass sich das Ausmaß der Nekrosen

am Anfang der Therapie häufig noch nicht ausreichend darstellt [21, 40], sodass durchaus mehrere Débridements notwendig werden können.

Die chirurgische Behandlung von Schussfrakturen richtet sich zunächst nach dem Verletzungsausmaß der umgebenden Weichteile. Bei Weichteilverletzungen durch Niedrigenergiegeschosse entsprechend den Graden I und II gemäß der Gustilo-Anderson-Klassifikation (. Tab. 2) ist die umgehende definitive Frakturversorgung analog offener Frakturen anderer Genese mit gleichem Weichteilschaden möglich. Grundsätzlich sind sowohl Platten- als auch Nagelosteosynthesen als sichere und effektive Osteosyntheseverfahren bei Schussfrakturen beschrieben [41, 42].

Hingegen ist bei Hochenergieverletzungen eine sofortige definitive Versorgung aus Sicht der Autoren nicht zu empfehlen, wenn diese über die achs- und rotationsgerechte Immobilisation der Fraktur mithilfe eines Fixateur externe hinausgeht. Dies gilt selbst, wenn geringere Weichteilverletzungen entsprechend den Graden I und II nach der Klassifikation von Gustilo und Anderson vorliegen. Allerdings lassen sich in der Literatur hierzu auch andere Empfehlungen finden [1]. Wie bereits erwähnt, stellt sich das Ausmaß der Nekrosen am Behandlungsbeginn noch nicht ausreichend da [21, 40]. Jedoch ist ein späterer Wechsel auf eine Platten- oder Nagelosteosynthese bei gesicherten Wundverhältnissen eher die Regel als die Ausnahme. Dieser ist abhängig von Frakturart und -lokalisation.

Es muss beachtet werden, dass gerade bei Schussverletzungen die sichtbare Verletzung der Haut durch Ein- und Ausschuss trotz massiver Weichteilschäden dazwischen gering und Knochenfragmente deperiostiert sein können.

Stabile Frakturen können bei geringen Weichteilschäden teilweise auch konservativ therapiert werden [1].

Insbesondere bei Schussfrakturen verursacht durch Hochenergieprojektile ist neben ausgeprägten Weichteilverletzungen mit einer massiven Trümmerzone aus avitalen Knochenfragmenten zu rechnen. In diesen Fällen muss ein radikales Débridement sowohl der avitalen Weichteile, aber auch der avitalen Knochenfragmente erfolgen [1]. Aufgrund der hohen Kontaminationsrate durch in den Schusskanal gezogene Kleidungsreste und Fremdkörper mit entsprechend erhöhtem Infektionsrisiko [21, 43], ist die primäre Stabilisierung durch einen Fixateur externe das Mittel der Wahl [1]. Dies gilt insbesondere dann, wenn nicht eindeutig ist, ob um eine Niedrig- oder Hochenergieverletzung vorliegt. Dieses Vorgehen wird durch die Publikation von LONG et al. [44] unterstützt. In dieser Arbeit bezüglich der Schussverletzungen am Femur wurde anhand von klinischen und radiologischen Befunden eine Einteilung in 3 Schweregrade vorgenommen. Während Grad-1-Verletzungen Niedrigenergieverletzungen waren, die allesamt primär mit einem Marknagel versorgt wurden, wiesen Grad-2- und Grad-3-Verletzungen Zeichen einer Hochenergieverletzung auf. Diese Patienten entwickelten im Verlauf in bis zu 50 % der Fälle eine tiefe Wundinfektion, was eindeutig gegen eine primäre osteosynthetische Ausversorgung spricht. Zudem waren bei Verletzungen der Grade 2 und 3 auch wiederholte Débridements notwendig.

Die Weichteilsituation bedingt das operative Vorgehen der Frakturstabilisierung. Eine definitive Frakturversorgung sollte erst erfolgen, wenn die Weichteile sicher gedeckt werden können. Hierzu sind insbesondere bei ausgeprägter Weichteilverletzung auch plastisch-rekonstruktive Weichteildeckungen notwendig. Abhängig vom Ausmaß der knöchernen Verletzung kommen neben den bekannten osteosynthetischen Verfahren der Knochenstabilisierung bei Defekten auch Knochenrekonstruktionstechniken wie die Distraktionsosteogenese und das Masquelet-Verfahren zum Einsatz [45]. Auch wenn hier prinzipiell eine Ausversorgung mithilfe des Fixateur möglich ist, wird in diesen Fällen doch allein aus Akzeptanzgründen des Patienten oft auf eine Platten- oder Nagelosteosynthese gewechselt.

Zusätzliche Gefäßverletzungen

Bei zusätzlichen Gefäßverletzungen ist der Zusammenhang zwischen dem Erhalt der Extremität und der Zeit zwischen Verletzungseintritt und Revaskularisation besonders eindeutig, wenn gleichzeitig ausgeprägte Weichteil- und Knochenverletzungen bestehen [31, 46]. Eine Revaskularisierung ist prinzipiell durch eine direkte Naht, ein autologes Venen-Interponat, aber auch durch ein prothetisches Interponat möglich [1]. Aufgrund der bereits beschriebenen Wundkontamination sollten jedoch Venen-Interponate prothetischen Interponaten bzw. Bypässen vorgezogen werden, da das Infektionsrisiko von avitalem Fremdmaterial deutlich erhöht ist. In einer „Damage-control“-Situation ist temporär auch die Überbrückung von Gefäßverletzungen mit einem Shunt möglich. Sie kommt v. a. in der Zone der Eingefäßversorgung an Oberschenkel und -arm zur Anwendung. An Unterschenkel und -arm reicht eine intakte Arterie vorübergehend für den Erhalt der Extremität aus. Der tastbare periphere Puls bzw. der Nachweis der adäquaten Perfusion in der peripheren Dopplersonographie ist hier das entscheidende Kriterium. In einer großen Multizenterstudie zur temporären Shunt-Anlage im Rahmen der initialen chirurgischen Versorgung bei Gefäßverletzungen machten gerade die Schussverletzungen mit knapp 63 % die größte Patientengruppe aus [47]. Allerdings sollte der Shunt als „Damage-control“-Maßnahme nur wenige Stunden belassen werden, um möglichst gute Ergebnisse zu erzielen [48]. Auch bei Gefäßverletzungen und gleichzeitig bestehender Fraktur ist die primäre Versorgung der Fraktur mithilfe des Fixateur externe das Mittel der Wahl [1]. Bei Infektionsfreiheit, sicheren Wundverhältnissen und sichergestellter Durchblutung ist dann ein Verfahrenswechsel sinnvoll.

Nervenverletzungen

Prinzipiell sind auch bei Schussverletzungen an den Extremitäten verschiedene Arten von Nervenschädigungen denkbar. Bei der Neuropraxie handelt es sich um segmentale Demyelisierung bei erhaltener Kontinuität. Die Axonotmesis weist gegenüber der Neuropraxie zusätzlich eine axonale Läsion auf [49]. Davon streng abzugrenzen ist die Neurotmesis als komplette Nerventransektion [49].

Neurologische Begleitschäden von Schussverletzungen weisen hohe Erholungsraten innerhalb von einigen Monaten auf [50], sodass sich in der Literatur auch Empfehlungen für eine abwartende Haltung finden lassen [1]. Allerdings ist eine Erholung nur bei der Neuropraxie sicher und bei der Axonotmesis denkbar [49], sodass nach Schussereignissen mit neurologischer Begleitverletzung im Rahmen des Débridements die betroffenen Nerven im Wundgebiet exploriert und dargestellt werden sollten. Zeigt sich eine komplette Durchtrennung, ist die Primär-

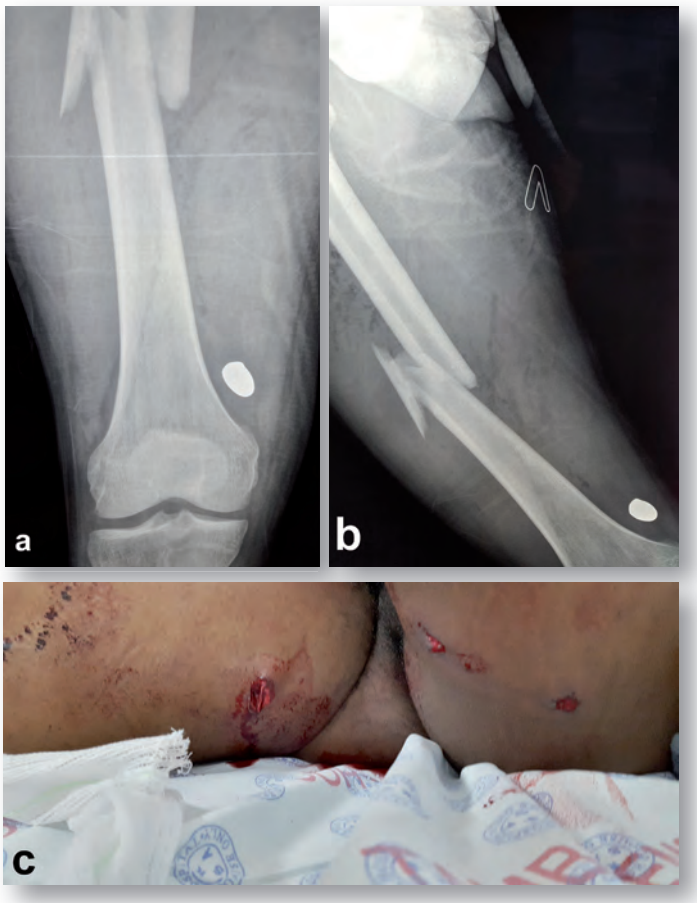


Abb. 5: a, b: Auf den Röntgenaufnahmen dieser Niedrigenergieschussverletzung zeigt sich neben der Schussfraktur des rechten Femurs zudem das noch oberhalb des Kniegelenks befindliche Projektil.
c: Klinisch bestehen ein Ein- und Ausschuss am linken Oberschenkel (rechter Bildrand) mit isolierter und unkomplizierter Weichteilverletzung sowie ein isolierter Einschuss am rechten Oberschenkel medial ohne dazugehörigen Ausschuss. Es wurde nur ein Schuss abgegeben.

versorgung anzustreben. Dies hängt davon ab, ob eine Defektzone besteht. Fehlt diese, ist eine direkte mikrochirurgische Naht (Koaptation) anzustreben. Bei Defekten zwischen 4 und 8 mm ist eine Überbrückung mit einem Conduit (z. B. autologe Vene) und bei Defekten über 8 mm ein Nerven-Interponat (N.suralis) empfohlen [49]. Zeigt sich intraoperativ der Nerv in seiner Kontinuität nicht beschädigt, ist im Verlauf eine Untersuchung mithilfe der Elektroneurographie und Elektromyelographie zur genaueren Differenzierung der Nervenläsion und der sich daraus ableitenden Prognose und Therapie sinnvoll [49].

Steckschussverletzungen

Nach Steckschussverletzungen, insbesondere durch Niedrigenergiegeschosse, stellt sich Frage, ob das Projektil entfernt werden muss (Abbildung 5). Ist das Projektil nicht zu tasten und liegt es im Weichteilgewebe außerhalb von Gelenken, kann es durchaus belassen werden [1]. Bei Projektilen in Gelenken ist die Entfernung anzustreben, da durch sekundäre Schäden bei Bewegung durch Abrieb der Gelenkfläche auftreten können [1]. Zudem ist eine Bleiintoxikation durch in den Gelenken verbliebene Projektile möglich [51, 52].

Fazit für die Praxis

- Schussverletzungen sind nahezu immer kontaminiert.
- Im Zweifel ist immer ein Débridement bei Schussverletzungen indiziert.
- Bei geringen Weichteilschäden und einer Niedrigenergiefraktur ist eine primäre Ausversorgung der Fraktur prinzipiell möglich.
- Bestehen Unklarheiten, ob eine Niedrig- oder eine Hochenergieverletzung am Knochen vorliegt, ist die Anlage eines Fixateur externe ein sicheres Verfahren.
- Eine antibiotische Therapie ist additiv sinnvoll.
- Gefäß- und Nervenverletzungen sind auszuschließen. Im Zweifelsfall sind diese Strukturen zu explorieren.

Literatur

1. Kobbe P, Frink M, Oberbeck R et al. (2008) Treatment strategies for gunshotwoundsoftheextremities.Unfallchirurg 111:247 - 254 (quiz 255)
2. Papadopoulos IN, Kanakaris NK, Danias N et al (2013) A structured autopsy-basedauditof370firearm fatalities: contribution to inform policydecisionsandtheprobability of the injured arriving alive at a hospital and receiving definitive care. AccidAnalPrev50:667 - 677
3. Riddez L (2014) Wounds of warin the civilian sector: principles of treatmentandpitfallstoavoid.EurJ TraumaEmergSurg40:461 - 468
4. StefanopoulosPK,PinialidisDE,Hadjigeorgiou GF et al (2015) Wound ballistics 101: the mechanisms of softtissuewoundingby-bullets.Eur J Trauma Emerg Surg. https://doi. org/10.1007/s00068 - 015 - 0581 - 1
5. Najibi S, Dougherty PJ, Morandi M (2006) Management of gunshot wounds to the joints. Tech Orthop 21:200 - 204
6. Dorlac WC, Debakey ME, HolcombJB et al (2005) Mortality from isolated civilian penetrating extremity injury. JTrauma 59:217 - 222
7. BartlettCS,HelfetDL,HausmanMRet al (2000) Ballistics and gunshot wounds: effects on musculoskeletal tissues. J Am Acad Orthop Surg 8. Kneubuehl BP, Coupland RM,Rothschild MA et al (2008) Wundballistik: Grundlagen und Anwendungen. Springer, Heidelberg, Berlin,NewYork
9. Deutsches Reichsgesetzblatt (1901) S423 - 454 und 478 - 481
10. Von See C, Stuehmer A, GellrichNC et al (2009) Wound ballistics of injuries caused by handguns with different types of projectiles. Mil Med174:757 - 761
11. BreezeJ,SedmanAJ,JamesGRetal(2014) Determining the wounding effects of ballistic projectiles to inform future injury models: a systematic review. J R Army Med Corps160:273 - 278
12. Stefanopoulos PK, Filippakis K,Soupiou OT, Pazarakiotis VC (2014) Wound ballistics of firearm-related injuries—part 1: missile characteristics and mechanisms of soft tissue wounding. Int J Oral Maxillofac Surg 43:1445 - 1458 (# 2014 International Association of Oral andMaxillofacialSurgeons)
13. Hopkinson DA, Marshall TK (1967) Firearm injuries. Br J Surg 54:344 - 353
14. Felsmann MZ, Szarek J, FelsmannM et al (2012) Factors affecting temporary cavity generation during gunshot wound formation in animals-new aspects in the light of flow mechanics: a review. Vet Med 57:569 - 574

15. Liu L, Fan Y, Li W et al (2012) Cavitydynamics and drag force of highspeed penetration of rigid spheres into10wt%gelatin. IntJImpactEng 50:68 - 75
16. Bolliger SA, Thali MJ, BolligerMJ et al (2010) Gunshot energy transfer profile in ballistic gelatine, determined with computed tomography using the total crack length method. Int J Legal Med 124:613 - 616
17. Maiden N (2009) Ballistics reviews: mechanisms of bullet wound trauma. Forensic Sci Med Pathol5:204 - 209
18. Zhang J, Yoganandan N, Pintar FAetal(2007) Experimental model for civilian ballistic brain injury biomechanics quantification. J Biomech 40:2341 - 2346
19. Harvey EN, Mcmillen JH (1947) Anexperimentalstudyofshockwaves resulting from the impact of high velocity missiles on animal tissues. JExpMed 85:321 - 328
20. Tan Y, Zhou S, Jiang H (2002) Biomechanical changes in the head associated with penetrating injuries of the maxilla and mandible: an experimental investigation. J Oral Maxillofac Surg 60:552 - 556 (discussion557 - 558)
21. Fackler ML (1996) Gunshot wound review. Ann Emerg Med 28:194 - 203
22. Fackler ML, Breteau JP, Courbil LJet al (1989) Open wound drainage versus wound excision in treating the modern assault rifle wound. Surgery 105:576 - 584
23. Jussila J, Kjellstrom BT, LeppaniemiA (2005) Ballistic variables and tissue devitalisation in penetrating injury—establishing relationship through meta-analysisofanumber ofpigtests. Injury 36:282 - 292
24. FrankeA, BielerD, WilmsA, HentschS, Johann M, Kollig E (2014) Treatment of gunshot fractures of the lower extremity: part 1: incidence, importance, case numbers, pathophysiology, contamination, principles of emergency and first responder treatment. Unfallchirurg 117(975 - 6):978 - 984
25. Cooper GJ, Ryan JM (1990) Interaction of penetrating missiles with tissues: some common misapprehensions and implications for wound management. Br J Surg 77:606 - 610
26. Giannou C, Baldan M (2010) Warsurgery: working with limited resources in armed conflict and other situations of violence Bd. 1. ICRC,Genf
27. Bluman EM, Ficke JR, Covey DC (2010) War wounds of the foot and ankle: causes, characteristics, and initial management. Foot Ankle Clin 15:1 - 21
28. Coupland RM (1992) The Red Crossclassification of war wounds: the E.X.C.F.V.M.scoringsystem.WorldJSurg 16:910 - 917
29. Gustilo RB, Anderson JT (1976) Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. J Bone Joint SurgAm 58:453 - 458
30. Norman J, Gahtan V, Franz M et al(1995) Occult vascular injuries following gunshot wounds resulting in long bone fractures of the extremities. AmSurg 61:146 - 150
31. Howe HR Jr., Poole GV Jr., HansenKJ et al (1987) Salvage of lower extremities following combined orthopedic and vascular trauma. A predictive salvage index. Am Surg 53:205 - 208
32. Unfallchirurgie (2016) S3-LeitliniePolytrauma-/Schwerverletztenbehandlung. http://www.awmf. org/leitlinien/detail/ll/012 - 019. html. Zugegriffen: 30.05.2017
33. Mcewen JA, Kelly DL, JardanowskiT et al (2002) Tourniquet safety in lowerlegapplications.OrthopNurs 21:55 - 62
34. Swan KG Jr., Wright DS, Barbagiovanni SS et al (2009) Tourniquets revisited.JTrauma 66:672 - 675
35. Brunner RG, Fallon WF Jr. (1990) A prospective, randomized clinical trial of wound debridement versus conservative wound care in soft tissue injury from civilian gunshot wounds. AmSurg 56:104 - 107
36. Nguyen MP, Savakus JC, O'DonnellJA et al (2017) Infection rates and treatment of low-velocity extremity gunshot injuries. J Orthop Trauma. https://doi.org/10.1097/ bot.0000000000000827
37. Dickson K, Watson TS, Haddad C etal (2001) Outpatient management of low-velocity gunshot-induced fractures. Orthopedics 24:951 - 954
38. Deitch EA, Grimes WR (1984) Experience with 112 shotgun wounds oft he extremities. JTrauma 24:600 - 603
39. Clasper JC, Hill PF, Watkins PE (2002) Contamination of ballistic fractures: an in vitro model. Injury 33:157 - 160
40. Li Q, Deng D, Tao J et al (2015) Ultrasonic imaging of gunshot wounds in pig limb. Genet Mol Res 14:4291 - 4302
41. Capo JT, Liporace F, Ng D et al (2009) Bilateral comminuted radial shaft fractures from a single gunshot: fixation with alternative techniques. Am J Orthop (Belle Mead,NJ) 38:194 - 198
42. Tornetta P 3rd, Tiburzi D (1994) Anterograde interlocked nailing of distal femoral fractures after gunshot wounds. J OrthopTrauma 8:220 - 227
43. Weinstein J,Putney E,Egol K (2014) Low velocity gunshot wounds result in significant contamination regardless of ballistic characteristics. Am J Orthop (Belle Mead, NJ) 43: E14–E18
44. Long WT, Chang W, Brien EW (2003) Grading system for gunshot injuries to the femoral diaphysis in civilians. Clin Orthop Relat Res:92 - 100. https://doi.org/10.1097/00003086 - 200303000 - 00010
45. Franke A, Bieler D, Wilms A et al (2014) Treatment of gunshot fractures of the lower extremity: part 2: procedures for secondary reconstruction and treatment results. Unfallchirurg 117:985 - 994
46. Granchi T, Schmittling Z, Vasquez J et al (2000) Prolonged use of intraluminal arterial shunts without systemic anticoagulation. AmJSurg 180:493 - 496(discussion 496 - 497)
47. Inaba K, Aksoy H, Seamon MJ et al (2016) Multicenter evaluation of temporary intravascular shunt use in vascular trauma. J Trauma Acute Care Surg 80:359 - 364 (discussion 364 - 355)
48. Mathew S, Smith BP, CannonJW et al (2017) Temporary arterial shunts in damage control: experience and outcomes. J Trauma Acute Care Surg 82:512 - 517
49. Radtke C, Vogt PM (2014) Nerve injuries and posttraumatic therapy. Unfallchirurg 117:539 - 555 (quiz 556)
50. Fackler ML (1998) Civilian gunshotwounds and ballistics: dispelling the myths. Emerg Med Clin North Am 16:17 - 28
51. Leonard MH (1969) The solution oflead by synovial fluid. Clin Orthop RelatRes 64:255 - 261
52. Tarkin IS, Hatzidakis A, HoxieSC et al (2003) Arthroscopic treatment of gunshot wounds to the shoulder. Arthroscopy 19:85 - 89

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt: F. von Lübken, G. Achatz, B. Friemert, M.Mauser, A. Franke, E. Kollig und D. Bieler geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Bildquelle: Bundeswehrkrankenhaus Ulm (soweit nicht anders angegeben)

Für die Verfasser

Flottillenarzt Dr. Falk von Lübken
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Rekonstruktive und Septische Chirurgie, Sporttraumatologie, Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Oberer Eselsberg 40, 89081 Ulm, Deutschland
E.Mail: falkvonluebken@bundeswehr.org

Tagungen und Kongresse

Tradition und Nachwuchs verpflichtet

25. Jahrestagung ARCHIS vom 31. Januar bis 2. Februar 2018 in Lahnstein

Die diesjährige Jahrestagung des Arbeitskreises Einsatzmedizin der Deutschen Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie (DGWMP) e. V. fand vom 31.Januar bis 2.Februar 2018 im Wyndham Garden Hotel Lahnstein bei Koblenz statt. Mit dieser Tagung wurde zugleich die vor 25 Jahren erfolgte Gründung des ARCHIS, des Arbeitskreises chirurgisch tätiger Sanitätsoffiziere, gefeiert. Auch wenn dieser als eigenständiger Arbeitskreis Einsatzmedizin im Jahre 1998 in die DGWMP aufgenommen wurde – das Akronym ARCHIS blieb erhalten. Die „ARCHIS-Tagung“ ist für viele Expertinnen und Experten aus Chirurgie, Unfallchirurgie, Anästhesie und Nachbardisziplinen zu einem festen Termin im Januar bzw. Februar jeden Jahres geworden.

Unter dem Motto „25 Jahre ARCHIS! Tradition und Nachwuchs verpflichtet“ wurde den mehr als 300 Teilnehmenden in diesem Jahr – begleitet von einer Industrieausstellung – mit einer Vielzahl von Fachvorträgen, Postern und Workshops ein umfangreiches wissenschaftliches Programm präsentiert. Insgesamt waren dem „Call for Abstracts“ aus dem Bundeswehrzentralkrankenhaus (BwZKrhs) Koblenz, der von den Oberstärzten **Prof. Dr. Robert Schwab, Priv.-Doz. Dr. Erwin Kollig, Dr. Christof Schreyer** und **Dr. Achim Hagen** herausgegeben worden war, mehr als 60 Vortragende und „Poster-Presenter“ gefolgt.

Fort- und Weiterbildungsworkshops

Das Programm der ARCHIS-Tagung 2018 startete am 31. Januar mit Workshops für in Weiterbildung befindliche Ärztinnen und Ärzte. Sie befassten sich z. B. mit Themengebieten wie Konzepten zur Einsatz- und Schwerverletztenversorgung, Fixateuranlage sowie Verbrennungsmedizin und boten auch die Möglichkeit zum Laparoskopietraining. Den Teilnehmenden wurde damit bei der 25. ARCHIS-Tagung im Rahmen dieser Workshops die Möglichkeit zur zertifizierten fachlich-praktischen Fort- und Weiterbildung gegeben.

Vortragende und jeweilige Sitzungsleitung konnten bei den wissenschaftlichen Vorträgen auf ein gut besetztes Auditorium blicken.

Training am Laparoskopie-Simulator war ein Schwerpunkt der Workshops. Oberstarzt Dr. Christoph Güsgen (unten rechts, oben dritter von rechts) aus dem BwZKrhs Koblenz unterweist junge Weiterbildungsassistenten an einem Simulationssystem, bei dem Tierorgane mit einer Blutersatzflüssigkeit pulsierend „durchblutet“ werden, um Realitätsnähe zur OP-Situation zu gewährleisten.

Damage Control Surgery (DCS) Contest

Am 31. Januar fand der 5. DCS-Team Contest statt – ein Mannschaftswettbewerb, der mittlerweile schon zur Tradition der ARCHIS-Tagung geworden ist. Die Organisation hatte in diesem Jahr **Oberfeldarzt Joachim Sahm** vom BwZKrhs Koblenz übernommen, der zusammen mit seinem Team einen abwechslungsreichen und fordernden Parcours für die teilnehmenden Mannschaften auf dem Truppenübungsplatz Schmidtenhöhe „gesteckt“ hatte. Jedes BwKrhs stellte ein vierköpfiges Team von Sanitätsstabsoffizieren der Anästhesie und Chirurgie, wobei mindestens ein Teammitglied aus der Anästhesie kommen musste; darüber hinaus konnte ein Ersatzmitglied benannt werden.

Es galt, verschiedene Übungen im Rahmen der Verwundetenversorgung – wie beispielsweise Retten eines Verwundeten aus unwegsamen Gelände, Krankentransport mit dem Bergetuch, Care under Fire, Tactical-Field-Care usw. – durchzuführen. Neben diesen anstrengenden Geländeübungen mussten die Teams ihre Fähigkeiten auf dem Gebiet der DCS bei verschiedenen Verletzungsmustern unter Beweis stellen.

Krankentransport mit dem Bergetuch – eine der physischen Herausforderungen beim 5. DCS-Contest von ARCHIS

Sieger des 5. DCS-Team-Contest bei ARCHIS wurde die Mannschaft des BwKrhs Westerstede. **Generalstabsarzt Dr. Ulrich Baumgärtner**, Kommandeur des Kommandos Sanitätsdienstliche Einsatzunterstützung, und Oberfeldarzt Sahm nahmen vor dem Plenum am 1. Februar die Siegerehrung vor. Oberfeldarzt Sahm stellte dabei heraus, dass das Team des ausrichtenden BwZKrhs Koblenz, um einen fairen Wettbewerb zu garantieren, außerhalb der Wertung angetreten war.

Feierliche Kongresseröffnung

Der Präsident der DGWMP e. V., **Generaloberstabsarzt a. D. Dr. Jürgen Blätzinger,** eröffnete die Tagung. Er begrüßte die Anwesenden auch im Namen des Inspekteurs des Sanitätsdienstes der Bundeswehr, Generaloberstabsarzt Dr. Michael Tempel, der erkrankungsbedingt leider nicht an der ARCHIS-Tagung 2018 teilnehmen konnte.

Dr. Blätzinger ließ im Rahmen seiner Begrüßung die bisherigen Tagungen und deren Entstehen Revue passieren und zollte den „ARCHIS-Gründervätern“ im Namen der DGWMP seinen Respekt für das bisher Erreichte und betonte dabei: *„Den einsatzrelevanten Fächern ist es darüber hinaus zu verdanken, dass der Sanitätsdienst weltweit ein solch hohes Ansehen besitzt.“* Zugleich bedankte er sich auch für die Gründung des Arbeitskreises konservativ tätiger Sanitätsoffiziere (ARKOS), die als Pendant zum ARCHIS das Spektrum einsatzrelevanter Fragen nunmehr vollständig in der DGWMP repräsentiere.

Der Präsident der DGWMP, Generaloberstabsarzt a. D. Dr. Blätzinger, eröffnete die 25. ARCHIS-Tagung.

Generalarzt Dr. Weller betonte bei seinen Grußworten die enorme Weiterentwicklung von ARCHIS in den 25 Jahren seines Bestehens.

Der Kommandeur und Ärztliche Direktor des BwZKrhs Koblenz, **Generalarzt Dr. Norbert Weller,** bezeichnete im Rahmen seiner Grußworte ARCHIS als *„ein wichtiges Element für den Sanitätsdienst, das sich in den letzten 25 Jahren enorm weiterentwickelt hat“*. Für ihn sei die Spannung im Raum für die anstehenden Themen der Vortragssitzungen deutlich spürbar und die Stadt Koblenz als Wissenschaftsstadt und Zentrum des Sanitätsdienstes hervorragend geeignet, um zukünftige Themen für die Bundeswehr und die Chirurgie zu diskutieren.

Oberfeldarzt Priv.-Doz. Dr. Axel Franke, Tagungssekretär der 25. ARCHIS-Tagung, begrüßte die Teilnehmenden beson-

Siegerehrung DCS-Contest: Generalstabsarzt Dr. Baumgärtner (4. von rechts) hat den Pokal an das siegreiche Team des BwKrhs Westerstede übergeben; der Ausrichter, OFArzt Sahm vom BwZKrhs Koblenz, freut sich über das Gelingen des Wettbewerbs (ganz links).

Oberfeldarzt Priv.-Doz. Dr Franke vom BwZKrhs Koblenz, verantwortlicher Sekretär der 25. ARCHIS-Tagung, dankte seinem Organisationsteam und der wissenschaftlichen Kongressleitung für die intensive Vorbereitungsarbeit.

ders herzlich und führte an, dass *„die chirurgisch tätigen Sanitätsoffiziere zu Gast bei der DGWMP und der Führungsebene des Sanitätsdienstes der Bundeswehr sind“*. Einen ganz besonderen Dank richtete er an sein Organisationsteam und die wissenschaftliche Leitung des Kongresses, ohne den diese ARCHIS-Tagung nicht möglich gewesen wäre.

Als besonderes Highlight wurde ein Video von **Oberstarzt Dr. André Lieber**, Sprecher des Arbeitskreises Einsatzmedizin der DGWMP, eingeblendet, der die Teilnehmenden an der ARCHIS-Tagung aus Mali herzlich grüßte; sein aktueller Einsatz bei EUTM Mali zum Tagungszeitpunkt ließ seine aktive Teilnahme nicht zu. Er betonte in seiner Videobotschaft, dass der Auslandseinsatz für ihn ebenso wichtig sei wie die Arbeit im BwKrhs, um an der unmittelbaren Patientenversorgung und der damit einhergehenden Auftragserfüllung erfolgreich mitzuwirken. Die Entwicklung des Konzeptes Einsatzchirurgie sei durch ARCHIS aktiv vorangetrieben worden, was ihn sehr zufrieden stelle. Oberstarzt Dr. Lieber betonte ausdrücklich: *„Eine gut aufgestellte Chirurgie ist für den sanitätsdienstlichen Erfolg im Einsatz maßgeblich!“*

Wissenschaftliches Programm

Das wissenschaftliche Programm bot neben den bundeswehrspezifischen Themen ein breites Spektrum an Vorträgen, die sich schwerpunktmäßig mit der Fehlerkultur und dem Umgang mit Fehlern sowie zukünftigen Entwicklungspotenzialen befassten. Ein besonderes Augenmerk wurde in diesem Jahr auf „Friktionsthemen“ gelegt, die nach jeweils einem Impulsvortrag intensiv diskutiert wurden. In diesem Rahmen behandelte Themen waren u. a. die Soldatenarbeitszeitverordnung, Vereinbarkeit von Familie und Beruf, Einsatzgerechtigkeit, konkurrenzfähige Besoldung und EXIT-Strategien für Chirurgen. In konstituierenden Sitzungen wurden die Hauptthemen, der Zeitplan und das Vorgehen der einzelnen Arbeitsgruppen festgelegt und anschließend im Plenum vorgestellt.

Colonel (MC) Dr. Barbier aus Frankreich berichtete über die Erfahrungen aus der medizinischen Versorgung bei den Terroranschlägen von Paris.

Ein besonderes Highlight der Jubiläumstagung war der Vortrag von **Colonel (MC) Dr. Olivier Barbier,** Service de chirurgie orthopédique am Hôpital d‘instruction des armées Bégin in Saint-Mandé, Frankreich, der über „die Erfahrungen aus der medizinischen Versorgung bei den Terroranschlägen von Paris“ referierte. Chronologisch berichtete er aus Sicht eines Militärchirurgen von den Ereignissen rund um den Terroranschlag in Paris. Sein Appell an das Plenum lautete dabei: *„Be prepared, train, communicate and teach“*.

Posterwettbewerb

Zu dem diesjährigen Posterwettbewerb waren 14 wissenschaftliche Poster zugelassen worden. Die Bewertung fand durch eine wissenschaftliche Jury statt, bei der die Teilnehmenden ihr Poster in einer kurzen Präsentation vorstellten und sich anschließend der Diskussion stellten.

Leutnant (SanOA) Gregor Dethloff war Sieger im Posterwettbewerb.

Beim Festabend am 1. Februar wurden die Preisträger des Wettbewerbs bekanntgegeben und geehrt. Aufgrund der hohen wissenschaftlichen Qualität aller vorgestellten Poster fiel der Jury die Entscheidung nicht leicht. Der 1. Platz in diesem Jahr wurde an **Leutnant (SanOA) Gregor Dethloff** verliehen, der sich am BwKrhs Ulm mit dem Thema *„Der Einfluss militärischer Ausrüstung und Belastung auf das Gang- und Haltungsbild von Soldaten“* befasst hatte. Den 2. Platz belegte **Oberstabsarzt Marcus Stichling** aus dem BwKrhs Berlin, der ein Poster zum Thema *„Bakterielle Besiedlung von Vakuumversiegelungsschwämmen bei der Therapie von akuten und chronischen Weichteil- und Knochenverletzungen-Vorläufige Ergebnisse“* vorgestellt hatte. Dritter wurde **Oberfeldarzt Priv.-Doz. Dr. Marcus Stoetzer**, Oralchirurg am Sanitätsversorgungszentrum Seedorf, der sich mit der Frage *„Erste systematische Untersuchung zur Inzidenz von Kopf-, Hals-, Gesichtsverletzungen bei deutschen Soldaten – Was sagt die PECC?“* auseinandergesetzt hatte.

Fazit

Am Ende konnten Teilnehmende und Organisatoren auf eine gelungene 25. ARCHIS-Tagung zurückblicken, die ihrem Motto „Tradition und Nachwuchs verpflichtet“ in jeder Hinsicht gerecht geworden war. Erwerb neuen Wissens und neuer Fertigkeiten, „Team Enhancement“ beim DCS-Team Contest, Erfahrungsaustausch, Denkanstöße, offene Diskussion auch von „Friktionsthemen“ und Erfolge für den wissenschaftlichen Nachwuchs im Posterwettbewerb – ARCHIS 2018 knüpfte an die Ideen seiner „Gründerväter“ an. Die im Folgenden sowie in den nächsten Ausgaben abgedruckten „Extended Abstracts“ eines Teils der Vorträge und Poster geben die Gelegenheit, einen Eindruck von der Tagung zu gewinnen.

Die 26. ARCHIS-Tagung wird vom BwKrhs Ulm ausgerichtet und findet vom. 23. - 25.01.2019 im Edwin-Scharf-Haus in Neu-Ulm statt.

Bilder: Weidner, Koblenz

Oberstabsarzt Dr. Ines Richardsen
Streitkräfteamt – Fachinformationszentrum
E-Mail: inesrichardsen@bundeswehr.org

Posterwettbewerb

Der Einfluss militärischer Ausrüstung und Belastung auf das Gang- und Haltungsbild von Soldaten

Gregor Dethloff, Patricia Lang, Benedikt Friemert, Hans-Georg Palm

Bundeswehrkrankenhaus Ulm

Einleitung

Der Bewegungsapparat, insbesondere die Wirbelsäule von Soldatinnen und Soldaten, wird durch das in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegene Ausrüstungsgewicht zunehmend beansprucht. Nach einer Studie der US-Army konnte bei einem Kampfverband, der ein Jahr lang in Afghanistan eingesetzt wurde, eine 77 %ige Inzidenz des unteren Rückenschmerzes beobachtet werden. Gleichzeitig ist dies auch der häufigste Grund für eine nicht mit einer Kampfhandlung assoziierte medizinische Repatriierung aus dem Auslandseinsatz [1]. Der Einfluss der in der Bundeswehr verwendeten Ausrüstung auf die Wirbelsäule und die Entstehung von Rückenschmerzen ist noch unklar. Ziel unserer über Sonderforschungsmittel finanzierten Studie ist es daher, mit Hilfe eines modernen Gang- und Haltungsanalyse-Systems u. a. die Haltung der Wirbelsäule unter dem Einfluss militärischer Belastung und Ausrüstung zu untersuchen.

Probanden und Methoden

22 männliche Soldaten des Bundeswehrkrankenhauses (BwKrhs) Ulm wurden vor und nach einem 12 km-Marsch mit dem Diers 4Dmotion Lab® untersucht (Abbildung 1). Zur Auswertung der statischen Daten wurden aufgrund anatomischer und organisatorischer Besonderheiten 3 Probanden ausgeschlossen. Das Ganganalysetool wurde über Sonderforschungsmittel der Bundeswehr (Projekt-ID: 36K3-S-101622) beschafft. Dabei wurden mittels Videorasterstereographie dynamische und statische Messwerte der Wirbelsäule erfasst.

Jeder Proband absolvierte auf jeweils der gleichen Strecke insgesamt 3 Märsche: einen Marsch mit dem Feldanzug in der Grundform und zwei mit einer standardisierten 25 kg schweren

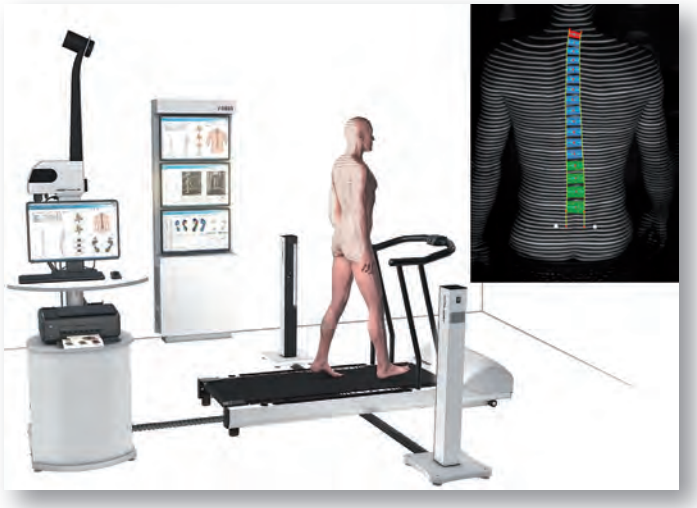


Abb. 1: Aufbau des Messsystems 4Dmotion Lab® mit Bespiel für eine Videorasterstereographie der Wirbelsäule. (Bild: Diers International GmbH, Schlangenbad)

Abb. 2: Bei der Studie von den Probanden getragene Schutzwesten: Typ „Inf. Mod“ (links, mit Beckengurt) und Typ „IDZ BS“ (rechts).

Ausrüstung, davon einer mit der Schutzweste „Typ Infanterie modifiziert“ (= „Inf. Mod.“) und der andere mit der Weste „Typ Infanterist der Zukunft – Basisausstattung“ (= „IDZ BS“) (siehe Abbildung 2). Mit Hilfe einer sogenannten Majoritätsnorm für statische Haltungsparameter konnten die Messwerte bewertet werden. Haltungskennziffern, die oberhalb des 95 %-Perzentil oder unterhalb des 5 %-Perzentil lagen, wurden als klinische Orientierung zur Erkennung der Ursache von Rückenschmerzen genutzt [2]. Zur Objektivierung der Rückenschmerzen wurde den Probanden eine visuelle Analogskala (0 - 10) zur Verfügung gestellt.

Ergebnisse

Das Durchschnittsalter der Probanden betrug 26 Jahre (Range: 21 - 40 Jahre), das Durchschnittskörpergewicht 82,7 kg (Range: 58,7 - 103,9 kg) und der durchschnittliche BMI betrug 24,7 kg/m² (Range: 19,0 - 28,8 kg/m²). Für die 12 km lange Marschstrecke benötigten die Probanden im Mittel 1 Stunde und 57 Minuten (Range: 1:48 – 2:03 h).

Die Inzidenz von Rückenschmerzen zwischen der Gruppe „Inf. Mod“ und „IDZ BS“ stieg von 5 (33,3 %) auf 10 Probanden (55,6 %) an. Die Auswertung anhand der Majoritätsnorm ergab jeweils eine Subgruppe von 13 und 12 Probanden, deren Wirbelsäulenkennziffern unter dem 5 %- bzw. über dem 95 %-Perzentil lagen. Schmerzen wurden innerhalb dieser Subgruppe von 3 Teilnehmern (23,1 %) mit der Weste „Inf. mod.“ und von 6 (50,0 %) mit der Weste „IDZ BS“ angegeben. Als Schmerz-

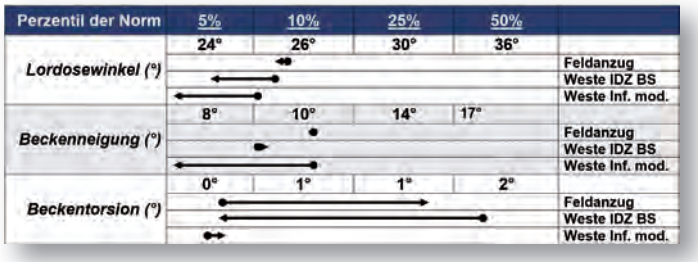


Abb. 3: Auswertung der auffälligen Variablen des Probanden, der den Versuch abbrechen musste, mit Hilfe der Majoritätsnorm für Haltungsparameter rückengesunder Männer; die Pfeile zeigen die Veränderungen auf.

maximum wurde von einem Probanden auf der visuellen Analogskala eine 7 angegeben.

Ein Teilnehmer musste nach einer Marschstrecke von 2 km aufgrund eines akuten Lumbalsyndroms den Marsch (Weste „Inf. mod.“) abbrechen. Seine Messdaten zeigten Abweichungen unter dem 5 %-Perzentil bei den Variablen „Lordosewinkel“, „Beckenneigung“ und „Beckentorsion“ (Abbildung 3).

Diskussion/Fazit

Ziel unserer prospektiven Pilotstudie war es u. a., mit Hilfe eines Gang- und Haltungsanalyse-Systems die Haltung der Wirbelsäule unter dem Einfluss von militärischer Belastung und Ausrüstung zu untersuchen. Wir konnten zeigen, dass die Probanden mit Hilfe der Majoritätsnorm in Subgruppen unterteilt werden konnten, die eine unterschiedliche Inzidenz an Rückenschmerzen aufwiesen. Dies war abhängig von der verwendeten Ausrüstung. Aufgrund der geringeren Inzidenz von Rückenschmerzen beim Tragen der Weste „Inf. Mod“ im Vergleich zur Weste „IDZ BS“ auch in den Subgruppen kann ein positiver Effekt des Hüftgurts beim Modell „Inf. Mod.“ vermutet werden.

Abb. 4: Der Hüftgurt der Weste „Inf. Mod.“ reduziert die Wirbelsäulenbelastung, die Schulter ist frei (Pfeile).

Es sind weitere Studien mit einer größeren Fallzahl zur Verbesserung der Majoritätsnorm, u. a. anhand von konstitutionellen Faktoren, notwendig. Mögliche Einsatzspektren und verschiedene Gruppen von militärischem Personal sollten in nachfolgende Belastungsstudien einbezogen werden.

Literatur

1. Roy TC et al.: Load Worn by Soldiers Predict Episodes of Low Back Pain During Deployment to Afghanistan. SPINE 2013; 38(15): 1310 - 1317.
2. Schröder J et al.: Referenzdaten in der Wirbelsäulenformanalyse. Manuelle Medizin 2011; 49: 161 - 166.
3. Rodirguez-Soto AE et al.: Effect of Load Carriage on Lumbar Spine Kinematics. Spine 2013; 38(13): E783 - 791.

Bilder: BwKrhs Ulm

Leutnant (SanOA) Gregor Dethloff
E-Mail: gregordethloff@gmail.com

Der Beitrag belegte den 1. Platz.

Bakterielle Besiedlung von Vakuumversiegelungsschwämmen in der Therapie von akuten und chronischen Weichteil- und Knochenverletzungen

Marcus Stichling[1], Catharina Scheuermann-Poley[1], Martin Müller[2], Annette Moter[3], Jenny Hoffmann[3], Christian Willy[1]

[1] Bundeswehrkrankenhaus Berlin
[2] Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Kiel, Außenstelle Berlin
[3] Biofilmzentrum des Deutschen Herzzentrum Berlin

Einleitung

In der einsatzchirurgischen Versorgung ist für die temporäre Defektdeckung von schweren Weichgewebe- und Knochendefekten seit 2003 die Vakuumversiegelungstherapie (NPWT, negative pressure wound therapy) fest etabliert. Erste Hinweise lassen vermuten, dass die hierbei verwendeten NPWT-Schwämme ein Erregerreservoir darstellen könnten. Wir untersuchten deshalb die Frage, ob sich unter dem Einsatz herkömmlicher mikrobiologischer und auch molekularer Methoden Bakterien im in der Wunde liegenden Schwamm nachweisen lassen.

Methodik

Untersucht wurden 15 Patienten, die im Zeitraum 2015 - 2018 mit akuten und chronischen kontaminierten und infizierten Weichteil- und Knochenverletzungen im Bundeswehrkrankenhaus Berlin behandelt wurden. Intraoperativ wurde zu zwei definierten Zeitpunkten, vor Einlage des Schwamms (TP1) und beim ersten Schwammwechsel (TP2), die Entnahme von Wund- und Schwammproben vorgenommen. Zum Zeitpunkt TP1 diente dabei eine sterile Schwammprobe als Referenzprobe. Es erfolgte jeweils eine mikrobiologische Routinediagnostik (RMiBi) sowie eine Analyse mittels FISH (Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung) und DNA-Extraktion mit nachfolgender PCR.

Ergebnisse

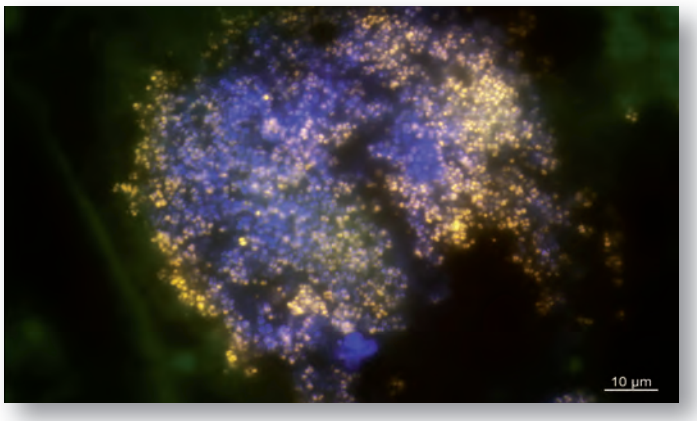
Bei nur 2 von 15 getesteten Schwämmen konnte beim 1. Schwammwechsel keine bakterielle Kontamination nachgewiesen werden. „Neue“, im Wundgrund initial nicht nachweisbare

Kontamination des Polyurethanschwamms beim ersten Schwammwechsel (TP2)

Verfahren	Routinemikrobiologie (n = 14) / FISH/PCR (n = 15)		
Ergebnis Kontamination	positiv	negativ	neue Keime*
Anzahl Schwämme	9 (64 %) / 10 (67 %)	5 (36 %) / 5 (33 %)	2 (14 %) / 1 (7 %)

Vergleich der Diagnostik von Routinemikrobiologie und FISH/PCR				
	RMibi + FISH/PCR -	RMibi - FISH/PCR +	RMibi + FISH/PCR +	RMibi - FISH/PCR -
Anzahl Schwämme	3	3	6	2

* im Vergleich zum Wundgrund vor Schwammanlage



Darstellung von aktiven Bakterien und Biofilm an einem NPWT-Schwamm durch FISH:
- Autofluoreszenz eines Schwammes (grün) zeigt eine Übersicht über das Material.
- Nukleinsäurespezifischer Farbstoff DAPI (blau) zeigt Biofilm.
- Panbakterielle Sonde (gelb-orange) zur Visualisierung von aktiven Bakterien: Zahlreiche aktive Kokken sind sichtbar.

(Bild: Biofilmzentrum des Deutschen Herzzentrum Berlin)

Erreger konnten bei 2 Schwämmen mittels mikrobiologischer Routinediagnostik und bei einem Schwamm in der FISH/PCR detektiert werden. Die RMiBi-Verfahren und die molekularen Verfahren (FISH/PCR, Abbildung) zeigten kein einheitliches Ergebnis. Nur in 4 von 15 Wunden konnte in RMiBi und FISH/PCR eine bakterielle Dekontamination beim 1. Schwammwechsel nachgewiesen werden. Auch der Wundgrund zeigte zwischen den Zeitpunkten TP1 und TP2 unterschiedliche Erreger.

Fazit

Die hier dargestellten Teilergebnisse des Sonderforschungsprojektes des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (Projekt-Nr. 15K4-S-12 1517) zeigen, dass die Polyurethanschwämme während der Vakuumversiegelungstherapie tatsächlich ein Erregerreservoir darstellen können.

In der mikrobiologischen Routinediagnostik stimmten bei 50 % und in der Diagnostik durch FISH / PCR bei 60 % der Wunden die im Schwamm nachgewiesenen Erreger mit denen des Wundgrundes vor der Schwammanlage überein.

Literatur

1. Morykwas et al.: Vacuum-Assisted Closure:A new method for wound control and treatment: Animal studies and basic foundation. Annals of Plastic Surgery 1997; 38(6): 553 - 662, 7A - 9A.
2. Argenta et al.: Vacuum-Assisted Closure: A new method for wound control and treatment: Clinical experience; Annals of Plastic Surgery 1997; 38(6):563 - 577
3. Yusuf, Trampuz et al.: High bacterial load in negative pressure wound therapy (NPWT) foams used in the treatment of chronic wounds. Wound Rep Reg 2013;21:677-681
4. Willy, C (Hrsg.): Die Vakuumtherapie - Grundlagen, Indikationen, Fallbeispiele, praktische Tipps. Ulm: Lindqvist Book Publishing, 2005.

Oberstabsarzt Marcus Stichling
E-Mail: marcusstichling@Bundeswehr.org

Der Beitrag belegte den 2. Platz.

Erste systematische Untersuchung zur Inzidenz von Kopf-, Hals-, Gesichtsverletzungen bei deutschen Soldaten

Marcus Stoetzer[1], Volker Sattler[1], Matthias Stübner[2], Michael Clauss[3], Nils-Claudius Gellrich[4], Constantin von See[5]

[1] Sanitätsversorgungszentrum Seedorf
[2] Sanitätsversorgungszentrum Führungsakademie der Bundeswehr, Hamburg
[3] Sanitätsunterstützungszentrum Wilhelmshaven
[4] Medizinische Hochschule Hannover
[5] Danube Privatuniversität Krems

Einleitung

Vor dem Hintergrund militärischer Auslandseinsätze wurde international ein Anstieg an Verletzungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich bei Soldaten innerhalb der letzten 20 Jahre festgestellt; insgesamt liegen dazu jedoch nur wenige und für die Bundeswehr keine Publikationen vor. Durch das veränderte Aufgabenspektrum der Bundeswehr ergab sich die Teilnahme an einer Vielzahl verschiedener Auslandseinsätze; eine umfassende Untersuchung zu dieser Fragestellung hat bisher nicht stattgefunden. Ziel dieser Untersuchung war die Erhebung und Auswertung der Patienteninformationen von Soldatinnen und Soldaten der Bundeswehr, deren Repatriierung aufgrund einer Verletzung oder Erkrankung aus den größeren Missionen ISAF, KFOR und ATALANTA von 2003 bis 2011 notwendig war.

Material und Methode

Aus der Datenbank der Verwundetenleitstelle (Patient Evacuation Coordination Centre, PECC) wurden 166 relevante Fälle von Verletzungen/Erkrankungen aus dem Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich identifiziert. Aus den dazugehörigen Krankenakten wurden die Medical Reports ausgewertet, um detailliertere Informationen über Verletzungsmuster und Erkrankungen hinsichtlich ihrer Schwere, Lokalisation und Ursachen zu erhalten.

Ergebnisse

75 Patienten erlitten im Zuge von Kampfhandlungen Verletzungen (Battle / Wounded In Action), in 44 Fällen war eine Verletzung ohne Kampfhandlung (Non Battle) Ursache des Ereignisses, insgesamt 47 Soldaten erkrankten (Disease) im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich (Abbildung 1).

Durch Anschläge mit Improvised Explosive Devices (IED) hervorgerufene Verletzungen (60) sowie Erkrankungen (47) des

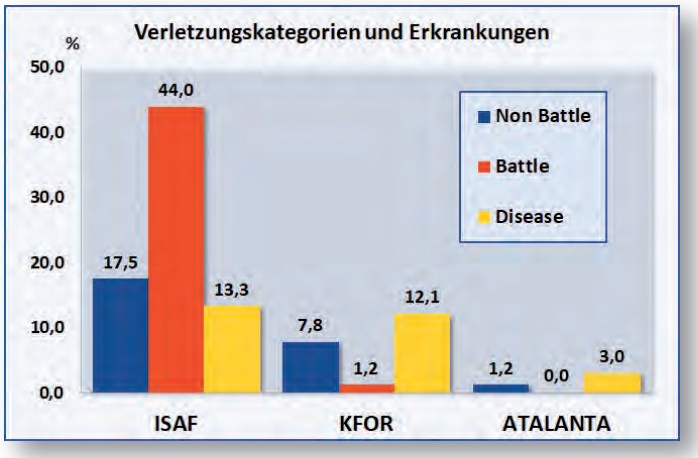


Abb. 1: Verteilung der Verletzungskategorien (Battle, Non-Battle) und Erkrankungen des Hals-, Kopf- und Gesichtsbereiches

Hals-, Kopf- und Gesichtsbereiches waren die häufigsten Ursachen. Unfälle anderer Art (23) und Fahrzeugunfälle (13) folgten. Zudem sind Granatbeschuss (10), Explosionen und Minen (jeweils 4), Schusswunden (3) und weitere Ursachen (2) Gründe für die Repatriierungen (Abbildung 2).

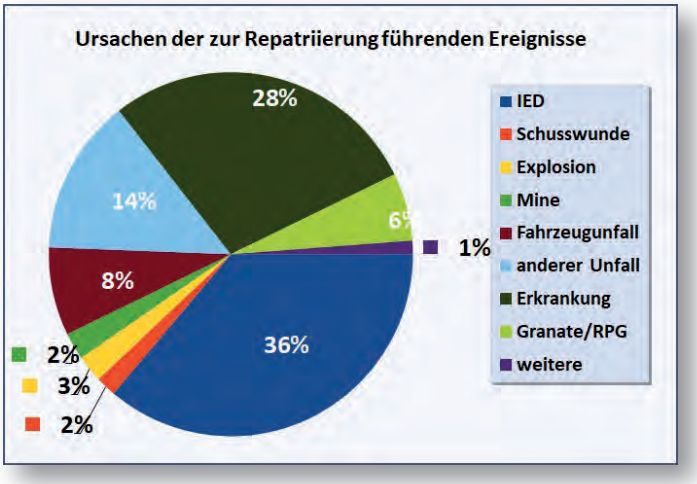


Abb. 2: Ursachen der zur Repatriierung führenden Ereignisse

Am häufigsten traten Verletzungen in der Region Gesicht (60) auf, gefolgt von den Regionen Kopf + Gesicht (28), Kopf (15) und Gesicht + Hals (8).

Schädelhirntraumata (32) sind das am häufigsten vorkommende Verletzungsmuster der Region Kopf. Weiterhin sind offene Wunden (19) und Prellungen (13) häufige Verletzungen, gefolgt von Frakturen (10), Fremdkörpern (6), Verbrennungen (4) (Abbildung 3).

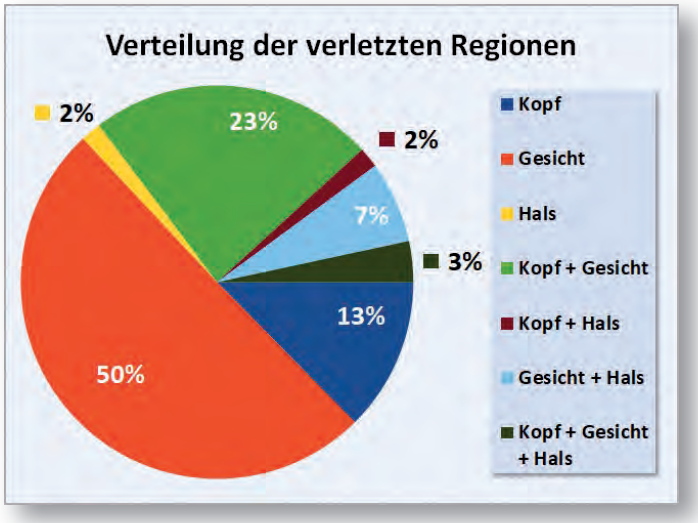


Abb. 3: Verteilung der verletzten Regionen des Hals-, Kopf und Gesichtsbereiches

24 Frakturen der Gesichtsknochen kamen bei Kampfhandlungen der Mission ISAF zustande. Das sind 45,28 % aller Frakturen. 21 Knochenbrüche des Mund, Kiefer- und Gesichtsbereiches entstanden bei Non-Battle-Aktivitäten. Entzündliche Prozesse im Bereich der Kieferknochen während der Mission ISAF machten mit 83,3 % (apikales Geschehen und Abszess) den überwiegenden Anteil an den Erkrankungen der Mundhöhle aus. Verletzungen der Mundhöhle aufgrund von Battle- und Non-Battle Aktivitäten waren jeweils einmal dokumentiert.

Insgesamt vier Patienten zogen sich sechs Frakturen im Gesichtsbereich während der Mission KFOR zu. Alle Frakturen entstanden durch Non-Battle-Aktivitäten. Bei ATALANTA lagen insgesamt drei Verletzungen aus Non-Battle-Aktivitäten sowie fünf Erkrankungen vor. Alle durch Kampfhandlungen verursachten Verletzungen (50) der Region Kopf traten während der Mission ISAF auf.

Diskussion

Als Hauptursache für Verwundungen stellten sich Anschläge durch IEDs während der Mission ISAF heraus. Fahrzeugunfälle sowie Unfälle nicht klassifizierter Art erzeugten die meisten Non-Battle Verletzungen. Schädelhirntraumata, offene Wunden, Fremdkörpereinsprengungen, Frakturen der Gesichtsknochen und Augenverletzungen lagen insgesamt am häufigsten vor.

Auch bei deutschen Soldatinnen und Soldaten zeigen sich vergleichbare Verletzungen wie bei den amerikanischen und britischen Truppenteilen. Die erheblichen Auswirkungen der improvisierten Sprengfallen zeigen sich besonders im Vergleich der Einsätze ISAF zu KFOR.

Die Daten dieser Studie belegen, dass der Bereich Kopf und Gesicht als sehr sensibel für Verwundungen betrachtet werden kann und nach wie vor einer großen Aufmerksamkeit bedarf.

Oberfeldart Priv.-Doz. Dr. Marcus Stoetzer
E-Mail: marcusstoetzer@bundeswehr.org

Der Beitrag belegte den 3. Platz.

Vorträge und Poster

Proximale Femurfrakturen – Inzidenz, Behandlungsalgorithmus und Versorgung am Bundeswehrkrankenhaus Hamburg

Tors-Henrik Lüer, Matthias Johann

Bundeswehrkrankenhaus Hamburg

Einführung

Proximale Femurfrakturen treten vor allem bei Patienten im hohen Lebensalter (> 65 Jahre) auf und erfordern besonders im Hinblick auf die bei diesen oft vorliegende Multimorbidität eine schnelle, definitive und der Frakturmorphologie angepasste operative Versorgung. Die Wahl des Osteosyntheseverfahrens bzw. der Prothesenversorgung hängt dabei maßgeblich von Frakturform und individuellen Patientenaspekten (Vorerkrankungen, Mobilität usw.) ab. Aus diesem Grund hat sich im Bundeswehrkrankenhaus (BwKrhs) Hamburg ein den verschiedenen Patientenaspekten angepasster Behandlungsalgorithmus etabliert, der die Wahl der osteosynthetischen Versorgung bzw. des endoprothetischen Ersatzes erleichtert.

Da eine verzögerte Versorgung der proximalen Femurfrakturen Morbidität und Mortalität der Patienten erhöht, ist ein optima-

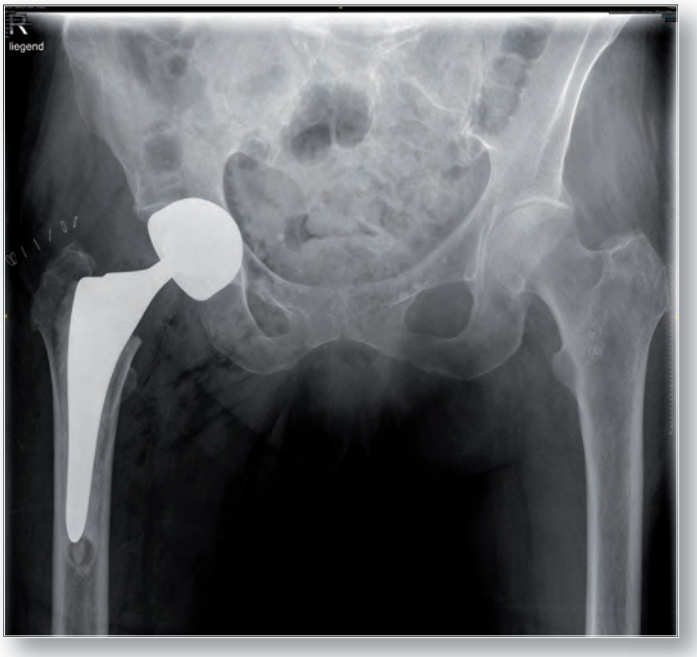


Abb. 1: Totalendoprothese bei Schenkelhalsfraktur

les prä-, peri- und postoperatives Qualitäts- und Komplikationsmanagement essenziell.

Behandlungsalgorithmus

Nach Klassifikation in Frakturen des Schenkelhalses, der Trochanterregion bzw. in periprothetische Frakturen erfolgt die operative Planung anhand des folgenden Behandlungsalgorithmus:

Bei **Frakturen des Schenkelhalses** wird die Garden-Klassifikation und das Patientenalter als maßgebliches Kriterium für die weitere Versorgung genutzt. Patienten unter 65 Jahre werden in der Regel gelenkerhaltend operiert. Die als Garden I klassifizierten Frakturen werden schraubenosteosynthetisch versorgt. Bei Frakturen der Klassifikation Garden II-IV wird in

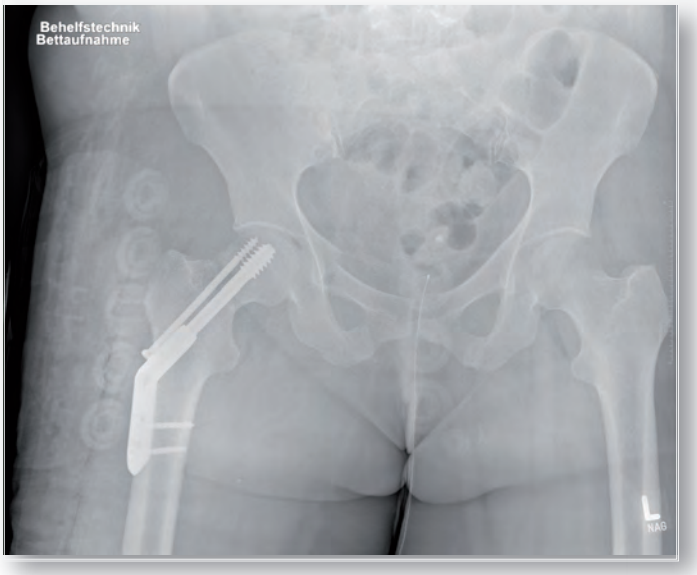


Abb. 2: Versorgung einer Schenkelhalsfraktur Garden II mittels DHS und Antirotationsschraube

der Regel eine dynamische Hüftschraube (DHS) mit Antirotationsschraube verwendet. Bei Patienten in den Lebensjahren zwischen 65 und 75 wird ebenfalls ein gelenkerhaltendes Verfahren bevorzugt, allerdings ist die Versorgung von Patientenaspekten wie des biologischen Alters, des Grades der Aktivität und eventuell vorhandener Begleitpathologien abhängig. Falls ein prothetischer Ersatz erforderlich ist, wird in der Regel die Totalendoprothese (TEP) favorisiert. Patienten über 75 Jahre werden bei Garden-I-Frakturen osteosynthetisch (DHS mit Antirotationsschraube) versorgt. Garden II-IV Frakturen erfordern den Gelenkersatz (Duokopf-Prothese bzw. TEP).

Frakturen der Trochanterregion werden möglichst gelenkerhaltend operiert, falls keine medizinischen Gründe (ausgeprägte Koxarthrose bzw. Kontrakturen usw.) dagegensprechen. Das gewählte Verfahren ist dabei abhängig vom Frakturtyp (DHS, PFN, DCS oder winkelstabile Systeme).

Die Versorgung **periprothetischer Frakturen** ist in erster Linie von der Vancouver-Klassifikation und somit u. a. von der Stabilität der Knochen-Prothesen-Verankerung abhängig.

Zahlen und Komplikationen

Über einen Zeitraum von einem Jahr wurden die im BwKrhs Hamburg operativ versorgten proximalen Femurfrakturen anhand der Frakturmorphologie, der Wahl des Osteosyntheseverfahrens und der aufgetretenen Komplikationen ausgewertet.

Im Jahr 2016 wurden 125 Patienten mit proximalen Femurfrakturen operativ versorgt. Dabei wurde noch in der Notaufnahme anhand der Röntgen- bzw. Schnittbilddiagnostik die genaue Diagnose gestellt und, darauf basierend, die operative Versorgung geplant und innerhalb von 24 - 48 Stunden durchgeführt. Von den 125 Frakturen wurden 69 als Schenkelhalsfrakturen, 51 als Trochanterfrakturen und 5 als periprothetisch klassifiziert. 81,6 % der Patienten waren 75 Jahre oder älter, der Anteil der über 90-Jährigen lag bei 20,8 %.

Bei 73 Patienten erfolgte die Versorgung gelenkerhaltend mittels einer Osteosynthesevorrichtung, 52 Frakturen erforderten den Gelenkersatz.

Sechs Patienten erlitten im Verlauf eine Prothesenluxation (davon 4 innerhalb der ersten 30 Tage); in 7 Fällen kam es zu mechanischen Komplikationen der Osteosynthese (2 Patienten erlitten periimplantäre Frakturen nach erneutem Trauma, in einem Fall trat Frakturabkippung auf und viermal kam es zur Kranialisierung/zum Cutting Out der Klinge bzw. der Schraube). Zwei Patienten erlitten Protheseninfekte (mit der Konsequenz des Prothesenwechsels bzw. Wechsel von Prothesenteilen). Ein Patient erlitt einen neurologisch bestätigten Lagerungsschaden, sieben verstarben postoperativ aufgrund dekompensierter schwerer Grunderkrankungen.

Diskussion

Die oben genannten Ergebnisse wurden mit den Zahlen des Institutes für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) verglichen und anschließend diskutiert; sie sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt:

Vergleich der eigenen Fallzahlen mit den Zahlen des IQTIG

	BwKrhs Hamburg	IQTIG
Fallzahlen	125 (100 %)	60 091 (100 %)
Prothesenluxation	6 (4,8 %)	0,7 - 3,6 %*
Mechanische Komplikationen	5 (4,0 %)	428 (0,71 %)
Prtheseninfekte	2 (1,6 %)	196 (0,33 %)
neurol. Lagerungsschäden	1 (0,8 %)	37 (0,06 %)

* In IQTIG-Ergebnissen finden sich keine Zahlen zu Prothesenluxation bei Frakturprothesen, in weiterer Literatur unterschiedliche Angaben (Cave: diesbezüglich anderes Patientenkollektiv!)

Hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass das IQTIG lediglich die wegen Koxarthrose implantierten Prothesen untersucht hat. In der Literatur finden sich, vor allem hinsichtlich der Prothesenluxationen, unterschiedliche Zahlen. Insgesamt sind sich die Autoren jedoch einig, dass die Rate an Luxationen von bei Frakturen implantierten Prothesen deutlich höher ist als diejenige bei Koxarthrosen.

Fazit

Insgesamt kann anhand der erhobenen Zahlen die Bedeutung der zügigen, leitliniengerechten und definitiven Versorgung proximaler Femurfrakturen unterstrichen werden. Komplikationen sollten zudem immer erfasst und kritisch analysiert werden, um das Outcome für die Patienten zu verbessern.

Bildquelle: BwKrhs Hamburg

Stabsarzt Tors-Henrik Lüer
E-Mail: torshenriklueer@bundeswehr.org

Evaluation des Ausbildungswochenendes „Taktische Verwundetenversorgung“ für Sanitätsoffizieranwärterinnen und Sanitätsoffizieranwärter

Ramon Roßnick, Felix Fellmer, Axel Wessel, Nils Huschitt, Thorsten Hauer T, David A. Back

Bundeswehrkrankenhaus Berlin

Hintergrund

Das Wissen um die Versorgung von Verwundeten in Gefechtslagen ist für Sanitätsoffiziere bei Einsätzen der Bundeswehr von grundlegender Bedeutung. Es erscheint deshalb sinnvoll, bereits Sanitätsoffizieranwärterinnen und Sanitätsoffizieranwärtern (SanOA) im Studium die Möglichkeit zu geben, zusätzlich zu bestehenden dienstlichen Angeboten auch an freiwilligen Ausbildungsmaßnahmen zu diesem Thema teilzunehmen. Ziel der Untersuchung war die Evaluation eines Ausbildungswochenendes „Taktische Verwundetenversorgung“ unter den teilnehmenden SanOA.

Methoden

Vom 10.08. bis zum 13.08.2017 fand im Sanitätsregiment 1 (SanRgt 1) in Weißenfels erstmalig ein Ausbildungswochenende zum Thema „Taktische Verwundetenversorgung“ für SanOA statt. Inhalte waren u. a. Grundlagen Patrouille zu Fuß, Verwundetenversorgung im Gefecht „Care under Fire“), Verhalten bei Bedrohung durch IED und beim Massenanfall an Verwundeten

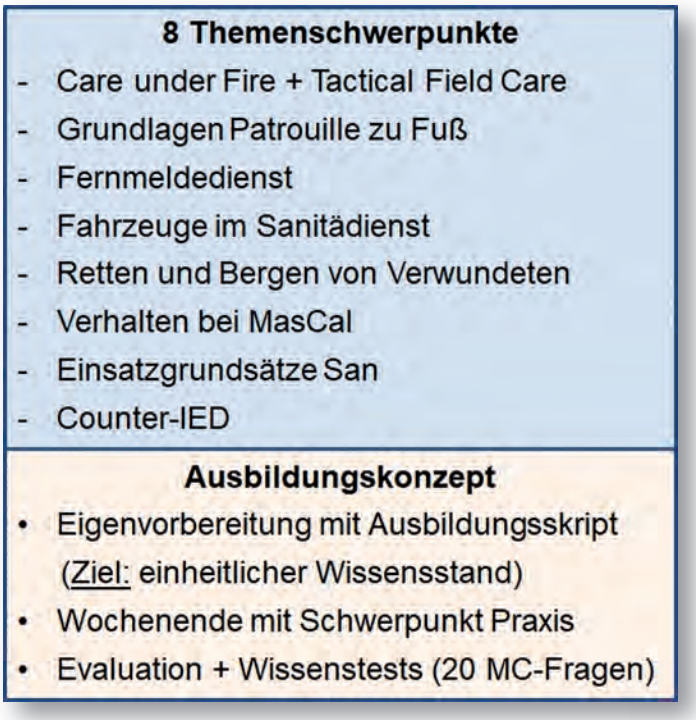


Abb. 1: Themenschwerpunkte und Ausbildungskonzept

(MasCal-Lage). Im Vorfeld wurde den Teilnehmenden ein durch die 1. Kompanie des SanRgt 1 erstelltes Skript zur Vorbereitung zugesendet.

Die Ausbildung erfolgte an 1,5 Tagen im bewährten Format der Stationsausbildung zu unterschiedlichen Schwerpunktthemen, welche dann am Samstagnachmittag in einem Praxistraining in verschiedenen taktischen Szenarien angewendet werden konnten. Vor Bearbeitung des Skripts, zum Beginn und zum Ende des Wochenendes wurden schriftliche Wissenstests durchgeführt (20 Fragen, Multiple-Choice (MC)). Zusätzlich wurden die Teilnehmer um anonyme Evaluationen gebeten (Schulnotenskala), um die Vorbildung und Vorbereitung im Vorfeld, aber auch die Zufriedenheit während des Ausbildungsvorhabens zu erfassen. Die erhobenen Daten wurden statistisch deskriptiv und mittels Student´s t-Test ausgewertet.

Ergebnisse

27 SanOA der Studienrichtung Humanmedizin aus bundesweit neun Studienorten nahmen teil. Mit dem vorher zur Verfügung gestellten Skript zur inhaltlichen Vorbereitung auf das Wochenende wurde von den Teilnehmenden im Durchschnitt 3,6 Stunden gearbeitet.

Die Ausbildungsstationen wurden im Mittel mit 1,73 bewertet. Hauptkritikpunkt war hier die begrenzte Ausbildungszeit (2,42).

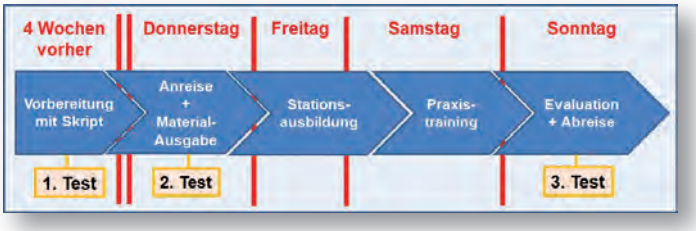


Abb. 2: Zeitlicher Ablauf der Ausbildung

Als Hauptmotivation für die Teilnahme wurden die Vertiefung allgemeinmilitärischer Kenntnisse und das Interesse am Thema „Taktische Verwundetenversorgung“ von jeweils 55 % (n=15) der Teilnehmenden angegeben (Mehrfachantworten waren möglich).

Die Ergebnisse des Wissenstests zeigten einen signifikanten Wissenszuwachs (62 % korrekte Antworten vor Arbeit mit dem Ausbildungsskript gegenüber 76 % unmittelbar zum Beginn des Wochenendes). Ein weiterer Zuwachs im Vergleich zum letzten Wissenstest war am Ende des Wochenendes nicht zu verzeichnen, jedoch zeigte sich hier eine deutliche Steigerung bei der subjektiven Bewertung der Fähigkeiten der Teilnehmenden (insgesamt 3,34 vor dem Wochenende zu 2,25 nach dem Wochenende). Weiterhin wurde die Teilnahme an einem solchen Ausbildungsangebot weiterempfohlen (Note 1,2) und der Wunsch nach weiteren vergleichbaren Weiterbildungsmöglichkeiten geäußert (Note 1,1). Ein Großteil der Teilnehmer war darüber hinaus bereit, sich selbst aktiv in die Planung einzubringen und an der Organisation einer solchen Veranstaltung zu beteiligen (Note 2,0).

Diskussion/Folgerungen

Die erhobenen Daten zeigen eine hohe Motivation von SanOA, an solchen Ausbildungsangeboten teilzunehmen. Es wurde ein signifikanter Zuwachs des individuellen Wissensstandes erreicht.

Das vorgestellte Angebot zur freiwilligen Teilnahme an vergleichbaren Ausbildungsmaßnahmen sollte auch weiterhin gemacht werden. Zusätzlich sollten Möglichkeiten geprüft werden, wie entsprechende Wissensinhalte den SanOA deutschlandweit dauerhaft digital zur Verfügung gestellt werden können.

Eine Wiederholung wird zwar seitens der Teilnehmer ausdrücklich gewünscht, stellt die jeweiligen Betreuungseinheiten aber vor erhebliche organisatorische und personelle Herausforderungen. Hier erscheint eine Unterstützung und Förderung durch vorgesetzte Dienststellen sinnvoll und notwendig. Die Einbindung anderer Dienststellen sowie ziviler Fachgesellschaften (wie bei diesem Ausbildungswochenende des Bundeswehrkrankenhauses Berlin, weiterer Einheiten des SanRgt 1 und der Tactical Rescue & Emergency Medicine Association (TREMA) e. V.) ermöglicht dabei eine Lastenteilung und Ressourcenschonung einzelner Akteure.

Stabsarzt Ramon Roßnick
E-Mail: ramonrossnick@bundeswehr.org

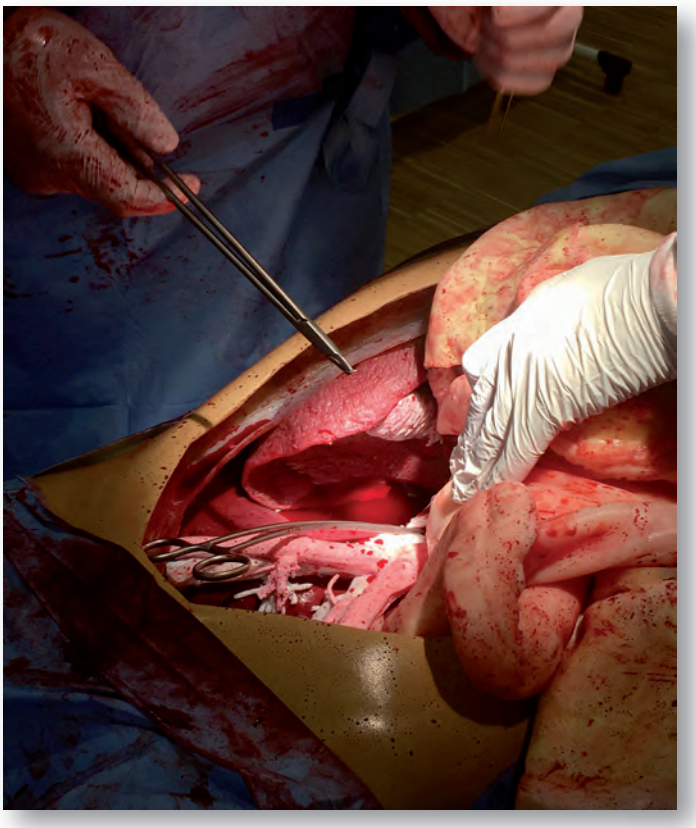


Abb. 1: Praktische Evaluation der Simulationsmodelle durch Instruktoren des Einsatzchirurgie-Kurses.

Abb. 2: Prüfung der Durchführbarkeit und Realitätsnähe notfallchirurgischer Manöver an technischen Simulationsmodellen.

Technische Simulationsmodelle in der notfallchirurgischen Ausbildung – Expertenmeinungen

Katja Schneider, David A. Back, Asja Maaz, Harm Peters, Thorsten Hauer

Bundeswehrkrankenhaus Berlin

Einleitung

Das westliche Gesundheitssystem ist durch eine zunehmende chirurgische Spezialisierung geprägt. Besonders im Kontext militärischer und humanitärer Auslandseinsätze setzt die Konfrontation von Chirurgen mit komplexen Schuss- und Explosi-

onsverletzungen aber ein breites notfallchirurgisches Fähigkeitsspektrum voraus [1, 2]. Aufgrund niedriger Fallzahlen im Inland sind Ausbildungsmöglichkeiten in der klinischen Routine jedoch limitiert und Ausbildungsmethoden, wie Live Tissue Training (LTT), und humane Präparate oft nicht ausreichend verfügbar.

Die Verwendung chirurgischer Simulationsmodelle könnte diese Lücke schließen und chirurgische Simulation um eine weitere Ausbildungsmodalität ergänzen. Das Ziel dieser Arbeit war es, die Anforderungen an solche Modelle aus Fachexpertensicht zu definieren.

Methoden

Es wurde eine halbstrukturierte leitfadenorientierte Fokusgruppendiskussion (FGD) mit 16 Experten durchgeführt, die aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung in der Chirurgie und der chirurgischen Ausbildung gezielt eingeladen worden waren. Der Fokus der FGD lag auf den persönlichen Erfahrungen der Teilnehmenden mit Simulationsmodellen in der chirurgischen Ausbildung sowie den Anforderungen und Erwartungen an effektive chirurgische Simulationsmodelle. Das Transkript einer Tonaufnahme wurde mithilfe einer strukturierten Inhaltsanalyse nach Mayring [3] ausgewertet. Die deduktive Kategorienbildung erfolgte anhand von Leitfragen vor der Analyse mit anschließender Zusammenfassung der Expertenmeinungen.

Ergebnisse

Die Anforderungen an neue hochentwickelte chirurgische Simulationsmodelle leitet sich aus den Eigenschaften der bisher genutzten traditionellen Simulationsmodalitäten ab. Humanpräparate (fresh frozen cadavers) verfügen über die korrekte menschliche Anatomie, sind jedoch nicht perfundiert und zeigen keine physiologische Reaktion auf den chirurgischen Eingriff.

Live Tissue Training (z. B. anästhesierte Schweine) bietet ein realistisches Blutungsverhalten und eine physiologische Reaktion, unterscheidet sich aber in den anatomischen Gegebenheiten vom Menschen. Da es sich bei LTT immer um einen Terminalversuch handelt, wächst der politische Druck zur Einstellung dieses Ausbildungsverfahrens aus ethischen Gründen.

Abb. 3: Anforderungen an Simulationsmodelle für die notfallchirurgische Ausbildung.

Die Ausbildung notfallchirurgischer Manöver am realen Traumapatienten ist aufgrund niedriger Fallzahlen in deutschen Kliniken und der ethischen Priorisierung der Patientensicherheit nur sehr bedingt möglich.

Um die Anforderung an technische Simulationsmodelle zu definieren, müssen sie einer Zielgruppe und deren Trainingszielen zugeordnet werden, die zuvor in einem Ausbildungscurriculum exakt zu definieren sind. Verschiedene Ausbildungsniveaus erfordern ein unterschiedliches Maß an Komplexität; für jedes Trainingsziel muss deshalb die ideale Simulationsmethode identifiziert werden.

Während einfache chirurgische Techniken mit einfachen Simulationsmethoden (technische Skill-Trainer) trainiert werden können, bedarf das Erlernen chirurgischer Manöver auch komplexerer High-Fidelity Modelle, die in Bezug auf anatomische, haptische und physiologische Aspekte dem menschlichen Körper weitgehend gleichen und ein realistisches Blutungsverhalten aufweisen.

Die physiologischen Reaktionen des Modells auf den chirurgischen Eingriff sind auch für die Ausbildung nicht-technischer Fähigkeiten essenziell. Es sollte außerdem in eine Simulationsumgebung eingebettet und durch realitätsnahe Stressoren wie Personal-, Zeit- und Ressourcenmanagement ergänzt werden. Die Auswahl eines geeigneten Modells hat sich am Ausbildungscurriculum zu orientieren und nicht das Curriculum an den verfügbaren Modellen.

Diskussion

In der Literatur sind derzeit hauptsächlich Simulationsmethoden beschrieben, die sich auf grundlegende (z. B. Nahtfertigkeiten), laparoskopische [4] und lokal begrenzte (z. B. otolaryngologische Fertigkeiten) [5] Eingriffe beschränken. Zusätzlich zu den dort aufgeführten Aspekten wurden in der Fokusgruppe Facetten beleuchtet, die die Alleinstellungsmerkmale chirurgischer Simulationsmodell als einen Baustein der notfallchirurgischen Ausbildung beschreiben. Besonders die hierfür notwenige Komplexität, das realistische Blutungsverhalten und die Integration in ein realitätsnahes Simulations-Setting sind essenziell.

Forschungsprojekte in Frankreich [6] und den USA [7] zeigen die Entwicklung perfundierter humaner Körperspender als eine weitere vielversprechende Simulationsmodalität. Eine internationale Kooperation mit aktiv forschenden Arbeitsgruppen sollte angestrebt werden.

Ausblick

Im Anschluss an die FGD wurden die weltweit führenden Simulationsmodelle evaluiert und die geeigneten Modelle ausgewählt, die im März 2018 im Rahmen des Einsatzchirurgie-Kurses der Bundeswehr mit den traditionellen Ausbildungsmethoden (humane Körperspender und LTT) verglichen werden.

Literatur

1. Güsgen C, Achatz G, Palm H-G et al.: Spektrum der Operationen in deutschen Sanitätseinrichtungen in Afghanistan im Jahr 2008. Der Unfallchirurg 2010; 113: 99 - 105.
2. Willy C, Gutcke A, Klein B et al.: The educational program for modern military surgeons. Unfallchirurg 2010; 113: 114 - 121.
3. Mayring P. Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim: Beltz Verlag; 2015.

4. Larsen CR, Soerensen JL, Grantcharov TP et al.: Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial. BMJ 2009; 338: b1802.
5. Wiet GJ, Stredney D, Wan D: Training and simulation in otolaryngology. Otolaryngol Clin North Am 2011; 44: 1333 - 1350, viii-ix.
6. Faure JP, Breque C, Danion J, Delpech PO, Oriot D, Richer JP: SIM Life: a new surgical simulation device using a human perfused cadaver. Surgical and Radiologic Anatomy 2017; 39: 211 - 217.
7. Carey JN, Minneti M, Leland HA, Demetriades D, Talving P. Perfused fresh cadavers: method for application to surgical simulation. Am J Surg 2015; 210: 179 - 287.

Bildquellen: K. Schneider, Berlin

Leutnant (SanOA) Katja Schneider
E-Mail: katja.schneider@charite.de

Surgical Pathology Update – was kann die (militärische) Pathologie der Chirurgie heute und zukünftig bieten?

Konrad Steinestel[1], Adrian Sailer[1], Alexander Ammon[2], Erich Sieber[2]

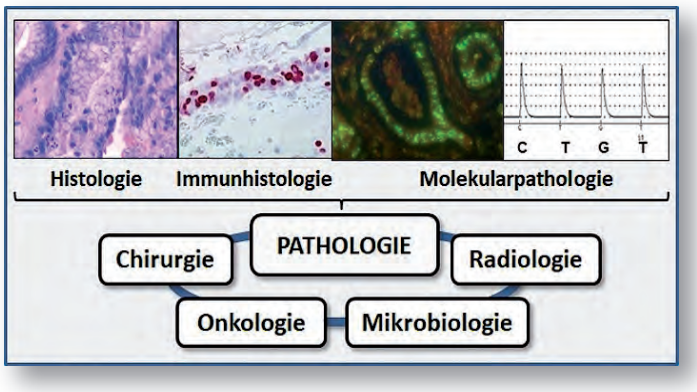
[1] Bundeswehrkrankenhaus Ulm
[2] Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz

Einleitung

Das Fachgebiet Pathologie als diagnostisches Querschnittsfach unterliegt in den letzten Jahren einem tiefgreifenden Wandel. Standen ehemals das Obduktionswesen und die Todesursachenbestimmung im Vordergrund, beschäftigt sich die Pathologie heute vor allem mit der gewebebasierten Diagnostik am lebenden Patienten, häufig vor dem Hintergrund onkologischer Fragestellungen. Dies spiegelt sich auch in der Etablierung von zertifizierten Organkrebszentren in den Bundeswehrkrankenhäusern wider, in denen stets auch die Pathologie vertreten ist. Zudem hielten neue molekularbiologische Methoden Einzug in das Fachgebiet und ermöglichen den gewebebasierten Nachweis prädiktiver und prognostischer Biomarker. Nicht selten sind die so erhobenen histo- und molekularpathologischen Befunde zeitkritisch und entscheidend für das weitere klinische Procedere, weshalb der Pathologie eine zentrale Lotsenfunktion beim interdisziplinären Management von Tumorpatienten zukommt. Eine moderne onkologische Zentrumsmedizin von Tumorerkrankungen (Darm, Prostata, Lunge, Kopf-Hals-Region, Neuroonkologie, Sarkome) ist – auch und gerade in der Bundeswehr – ohne eine effizient arbeitende und auf aktuellen wissenschaftlichen Standards basierende Pathologie nicht denkbar. Nicht zuletzt sind die Institute für Pathologie der Bundeswehr in Zusammenarbeit mit zivilen und militärischen Forschungseinrichtungen an zahlreichen wissenschaftlichen Projekten beteiligt, die über die Ausbildung von Doktoranden sowie regelmäßige Publikationen den Status der Bundeswehrkrankenhäuser als akademische Lehrkrankenhäuser festigen.

Molekulare Diagnostik

Der rasant fortschreitende medizinische Wissensfortschritt macht eine stetige Weiterentwicklung und Anpassung der pathologischen Institute notwendig. Die Institute für Pathologie an den Bundeswehrkrankenhäusern Ulm und Koblenz haben diesen Entwicklungen Rechnung getragen und ein Zukunftskonzept realisiert, welches auch zukünftig eine leistungsfähige und effiziente, leitliniengerechte Diagnostik ermöglicht. So bieten bereits heute beide Institute alle wesentlichen molekulargenetischen Untersuchungsverfahren an, die Patienten für personalisierte Therapieverfahren qualifizieren. Hierzu zählen beispielsweise die *RAS*/*BRAF*-Mutationsanalysen beim kolorektalen Karzinom und beim malignen Melanom sowie der Nachweis des *ALK*-Rearrangements beim Lungenkarzinom. Diese Analysen werden qualitätsgesichert (Teilnahme an Ringversuchen), kosteneffektiv (bundeswehrintern) und zeitsparend angeboten (Labor-„Turnaround-Time“: 5 - 7 Arbeitstage). Die Übersendung von Gewebeproben aus Bundeswehrkrankenhäusern ohne eigene Pathologie zur Durchführung molekularer Diagnostik ist jederzeit möglich.



Pathologie im multidisziplinären Netzwerk (Bilder: BwKrhs Ulm)

Eine Interpretation der Ergebnisse molekularer Diagnostik – insbesondere bei komplexen Sequenzierdaten – kann allerdings auch vor dem Hintergrund der individuellen Eigenschaften verschiedener Gewebearten, dem jeweiligen Erhaltungszustand und der Zusammensetzung der Gewebeprobe nur durch Fachärztinnen und Fachärzte für Pathologie unter Zuarbeit von in der molekularen Diagnostik tätigen Naturwissenschaftlern geleistet werden. Die klinischen Konsequenzen der Resultate müssen zudem in interdisziplinären Tumorboards gemeinsam mit den klinisch behandelnden Ärzten erörtert werden; für Analysen, die die Ressourcen der Bundeswehrkrankenhäuser überschreiten, sind tragfähige Kooperationen mit interdisziplinären Universitätszentren der Spitzenmedizin etabliert („Molekulare Tumorboards“).

Fazit

Aufgrund der beschriebenen (Neu-)Ausrichtung der Institute und Nutzung der bereits in der Bundeswehr vorhandenen Ressourcen kann somit die histopathologische und molekulare Diagnostik als Voraussetzung für personalisierte Tumortherapie nach den aktuellen Leitlinien von den Instituten für Pathologie der Bundeswehr vollumfänglich sichergestellt werden – heute und zukünftig.

Oberstabsarzt Priv.-Doz. Dr. Dr. Konrad Steinestel

E-Mail: konradsteinestel@bundeswehr.or

Fehler in der Notfallmedizin – Art, Entstehung und Vermeidung

Heiko Trentzsch, Marc Lazarovici, Benedikt Sandmeyer, Bert Urban, Stephan Prückner

Institut für Notfallmedizin und Management (INM)), Klinikum der Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität, München

Fehler sind Handlungen oder Unterlassungen, die dazu führen, dass ein gewünschtes Ziel nicht erreicht wird. Ob daraus ein Schaden entsteht, ist irrelevant [1]. Dabei kann entweder die Handlung fehlerhaft sein oder aber die an sich korrekte Handlung zum falschen Ergebnis führen [2].

Eine bekannte Klassifikation der Fehlerentstehung stammt von James Reason [2]. Diese unterteilt „Unsichere Handlungen“ in „Aktive Fehler“ und „Regelverletzungen“. „Aktive Fehler“ werden weiter unterschieden in „Fertigkeitsbasierte Fehler“, „Entscheidungsfehler“ und „Wahrnehmungsfehler“ (Abbildung 1).

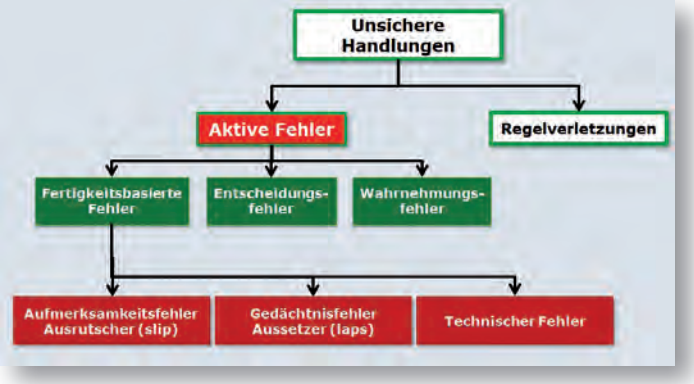


Abb. 1: Klassifikation der Fehlerentstehung nach J.T. Reason [2].

Aktive Fehler

Fertigkeitsbasierte Fehler passieren im Zusammenhang mit lang trainierten Routinetätigkeiten, bei denen Handelnde nicht mehr jeden Schritt akribisch prüfen. Ursachen sind mangelnde Aufmerksamkeit bei der Durchführung (Slip, Ausrutscher), Auslassen von Handlungsschritten, die nicht oder falsch erinnert werden (Laps, Aussetzer) oder die Handlung selbst wird technisch falsch ausgeführt.

Gerade in der Notfallmedizin wird das Handeln von Regeln, z. B. in Form von Notfallalgorithmen oder Leitlinien, bestimmt. Entscheidungsfehler (Mistake, Irrtum, Denkfehler) bei der Anwendung solcher Regeln sind für Handelnde selbst schwer zu erkennen, weil diese überzeugt sind, das Richtige zu tun. Dabei wird die richtige Regel entweder falsch umgesetzt oder gar unterlassen bzw. eine ungeeignete Regel wird richtig, aber in der falschen Situation angewendet. Entscheidungsfehler passieren unter Zeitdruck oder aufgrund mangelnder Erfahrung.

Unsere Wahrnehmung erzeugt kein tatsächliches Abbild der Realität. Im Bestreben, Ordnung ins Chaos zu bringen, werden vermeintlich unwichtige Details ausgeblendet. Darunter kann die situative Aufmerksamkeit erheblich leiden. Selbst ungewöhnliche Dinge, von denen man meint, dass man sie unter normalen Umständen natürlich wahrnehmen würde [3], können selbst Profibeobachtern entgehen [4]. Man spricht von „Blindheit aus Unaufmerksamkeit“. Daraus können Fehleinschätzungen und aktive Fehler resultieren. Handlungsprotokolle, wie z. B. „ABCDE“ im Advanced Trauma Life Support (ATLS®), können helfen, die Aufmerksamkeit bewusst zu lenken, um relevante Details nicht zu übersehen.

Regelverstöße

Im Gegensatz zu aktiven Fehlern werden Regelverstöße absichtlich begangen. In der Regel macht sich die handelnde Person dabei keine Gedanken um mögliche schädliche Konsequenzen. Regelverstöße passieren im sozialen Kontext und fallen daher sofort auf. Meist dienen sie dem erreichen persönlicher Ziele oder erfolgen aus Bequemlichkeit.

Fehler vermeiden – aber wie?

In Kenntnis dieser Ursachen für die Entstehung von Fehlern reicht es aber nicht, zur Fehlervermeidung einfach nur besser aufzupassen oder die Anforderungen an die Fähigkeiten der Einzelnen nach oben zu schrauben. In seinem „Schweizer Käse-Scheiben-Modell“ postuliert Reason [5], dass es latente Bedingungen gibt, die Vorbedingungen für unsichere Handlungen sind (z. B. Erschöpfung, Hunger, Stress) oder die in der Art der Arbeitsplatzorganisation bzw. im Management der Organisation begründet sind (Abbildung 2). Beispiele aus dem klinischen Alltag sind optisch ähnliche Medikamentenampullen, die Anordnung der Geräte im Schockraum oder widersprüchliche Handlungsanweisungen (SOP‘s). Das Modell ist deshalb von Bedeutung, weil es die Basis des Londoner Protokolls [6] liefert, einem standardisierten Instrument zur systematischen Ursachenforschung nach Zwischenfällen (Root Cause Analysis).

Die Art, wie Menschen denken und handeln, macht es unmöglich, Fehler zu 100 % zu verhindern [7]. Von der Vorstellung, dass ein Fehler auf einen allein Schuldigen zurückführbar ist, hat man sich aber getrennt. Oft ist es erst das Zusammenkommen von latenten Bedingungen und unglücklichen Umständen, die eine unsichere Handlung zu einem Fehler machen.

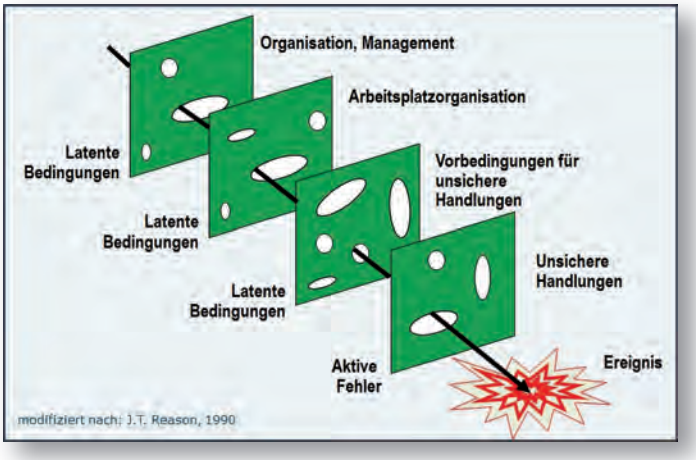


Abb. 2: „Schweizer Käse-Scheiben-Modell“(nach [5])

Lernen aus Fehlern

Um aus Fehlern lernen zu können, **müssen** diese zuerst entdeckt und benannt werden [8], z. B. in Debriefings, interdisziplinären Mortalitäts- und Morbiditätskonferenzen oder mit Hilfe von Critical Incident Reporting-Systemen (CIRS). Am besten lernt man aus Fehlern, wenn man die genauen Umstände untersucht und versteht (Root Cause Analysis: aufdecken von Fehlerketten und latenten Bedingungen).

Aus Fehlern zu lernen, heißt, dafür Sorge zu tragen, dass sich der Fehler nicht wiederholt, wenn man sich eines Tages erneut in derselben Situation wiederfindet. Dies kann nur erreicht werden, wenn die gezogene Lehre in proaktive Handlung (z. B. Korrekturmaßnahmen, Fort- und Weiterbildung, Training) mündet.

Literatur:

1. Aktionsbündnis Patientensicherheit (2007) Glossar. http://www.aps-ev.de/patientensicherheit/glossar/; letzter Zugriff: 8.2.2018
2. Reason J (1995) Understanding adverse events: human factors. Quality in health care 1995; 4: 80 - 89.
3. Simons DJ, Chabris CF: Gorillas in our midst: sustained inattentional blindness for dynamic events. Perception 1999; 28: 1059 - 1074.
4. Drew T, Vo ML, Wolfe JM: The invisible gorilla strikes again: sustained inattentional blindness in expert observers. Psychol Sci 2013; 24: 1848 - 1853.
5. Reason J: Human error: models and management. BMJ (Clinical research ed.) 2000; 320: 768 - 770.
6. Taylor-Adams S, Vincent C, Street P: Systems analysis of clinical incidents: the London protocol. Clinical Risk 2004; 10: 211 - 220.
7. Lazarovici M, Trentzsch H, Prückner S: Human Factors in der Medizin. Notfall Rettungsmed 2016; 19: 509 - 525.
8. Trentzsch H, Imach S, Kohlmann T, Urban B, Lazarovici L, Pruckner S: Fehler in der frühklinischen Schwerverletztenversorgung besser begreifen. Der Unfallchirurg 2015; 118: 675 - 685.

Dr. Heiko Trentzsch
E-Mail: heiko.trentzsch@med.uni-muenchen.de

Kallusdistraktion bei Femur-Kurzstümpfen als Therapieoption in der Versorgung nach traumabedingter Majoramputation

Sebastian Hentsch, Dan Bieler, Andreas Grözinger, Axel Franke, Erwin Kollig

Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz

Einleitung

In Deutschland werden pro Jahr etwa 61 000 Amputationen durchgeführt. Die überwiegende Zahl der Majoramputationen (proximal des Hand- bzw. Sprunggelenkes) sind am Unterschenkel dokumentiert.

In Deutschland ist die Zahl der Majoramputationen seit Jahren rückläufig, demgegenüber steigt die Anzahl der Minoramputationen insbesondere bei Männern an.

Häufigste Amputationsursachen

Folgende Ursachen – aufgeschlüsselt nach Häufigkeit – werden in der Literatur für Amputationen der unteren Extremitäten angegeben:

1. Diabetes mellitus und periphere arterielle Verschlusserkrankung (87 %),
2. schwere Verletzungen (4 %), was einer jährlichen Anzahl von etwa 2 400 traumaassozierten Amputationen deutschlandweit entspricht,
3. nicht extremitätenerhaltend therapierbare Infektionen (2 %),
4. Tumoren (2 %),
5. angeborene Fehlbildungen (0,2 %) sowie,
6. sonstige (5 %).

„Life before limb“

Insbesondere bei komplexen Verletzungen des Bewegungsapparats ist im Rahmen der operativen Indikationsstellung ein Abwägen zwischen ggf. vorhandener Lebensbedrohung, dem im Verlauf langwierigen Versuch des Extremitätenerhalts und der Amputation notwendig („life before limb“).

Diese Entscheidung spielt nicht nur im Kontext der Militärchirurgie eine Rolle. Bei der Behandlung von Terroropfern wie auch bei der Therapie von Hochrasanztraumata steht auch die zivile Unfallchirurgie vor derartigen Fragestellungen.

Die Amputationsverletzungen im militärischen Setting wurden in den Auseinandersetzungen der letzten 20 Jahre insbesondere durch das militärische US-Traumaregister JTTR umfangreich untersucht.

In einer Analyse von Verletzungen bei Angehörigen der US-Streitkräfte in Afghanistan wurde bei 8 056 Verletzten in 70 % der Fälle mit schweren Extremitätenverletzungen die Indikation eines „Casevac“ oder die Unmöglichkeit des „return to duty“ in den ersten 72 Stunden nach Verletzung gefunden. Bei 88 % war eine Explosionsverletzung die Ursache.

7,4 % der Behandlungsfälle führten zu Majoramputationen proximal von Hand und Sprunggelenk (8,3 % im Vietnamkrieg). Die Soldaten wiesen bei höherer Überlebensrate insgesamt schwerere Verletzungsmuster als in vergangenen Kriegen auf.

Nach Angaben des US Ministry of Defence erlitten seit 2001 1 572 Angehörige des US-Militärs traumatische Majoramputationen (davon 486 mehrfach); Hauptverletzungsursachen waren Explosionsverletzungen durch IED.

Neben der vitalen Indikation („life before limb“) müssen bei der Indikationsstellung zur Amputation weitere Faktoren (Energieinput, Alter, Blutverlust usw.) berücksichtigt werden.

Der Mangled Extremity Severity Score (MESS) kann hier eine Unterstützung bei der Entscheidungsfindung bieten. Seine zentrale Aussage ist die Annahme der Sinnhaftigkeit einer Amputation bei einem Punktwert ≥ 7. Bewertungsparameter sind Verletzungsmuster, Ischämiezeit, Kreislaufparameter und Alter des Patienten.

Wesentliche Ziele der Amputation

Mit der Amputation einer Extremität werden mehrere wesentliche Ziele verfolgt:

1. Lebensrettung („life before limb“), insbesondere bei Traumaamputationen, aber auch bei septischen Verläufen,
2. komplette Entfernung der irreversibel zerstörten bzw. nicht rekonstruierbaren Extremitätenanteile und die
3. belastbare Rekonstruktion der verbliebenen Extremitätenanteile und Vorbereitung der rehabilitativen Versorgung.

Problem: kurzer Amputationsstumpf

Ein kurzer Amputationsstumpf am Femur ist in mehrfacher Hinsicht ein Problem. Abnehmende Stumpflänge führt zu einer Steigerung des Energiebedarfs beim Laufen und zu einer immer kleiner werdenden Sitzfläche bei hoher hüftgelenksnaher Amputation. Die Patienten haben Probleme bei der Erlangung eines flüssigen Gangbildes. Die orthopädietechnische Versorgung von Kurzstümpfen und Hüftexartikulationen ist aufwendig.

Folgende Versorgungsoptionen bei Kurzstümpfen sind prinzipiell möglich:

- Klassische konventionelle aufwändige Exoprothesen oder
- alternative Verfahren:
  - Endo-Exoprothesen (300 Fälle insgesamt weltweit seit Ende der 1990er),
  - Aufbauplastik nach Gosheger und
  - Stumpfverlängerung und konventionelle Exoprothese.

Die Stumpfverlängerung mittels Kallusdistraktion weist dabei mehrere Vorteile auf:

- Es sind sehr kurze Stümpfe therapierbar.
- Das Verfahren ist auch bei vorangegangenen Infektionen (z. B. blast injury) möglich. Der Stumpf ist deutlich verlängerbar (limitierender Faktor: Weichteile) und
- es werden keine intramedullären Implantate eingebracht.

Die Kallusdistraktion ist limitiert hinsichtlich der Patientencompliance und verlangt von diesen eine lange Fixateur-Tragedauer.

Fallvorstellung

Ein 36-jähriger Patient wies bei Übernahme ca. 5 Monate nach Explosion einer Rakete bei Kampfhandlungen folgende Verletzungsfolgen auf:

- Traumatische Oberschenkelamputation rechts mit Weichteildefekt,
- Fremdkörper im linken Oberschenkel (Stabilisierungsflügel der Rakete),
- tiefe Beinvenenthrombose links,
- Ablatio testis links bei Unfall sowie
- positive Keimnachweise in Urinkultur und lokalen Abstrichen (*Acinetobacter baumanii*, *Enterococcus faecalis*, high-level-Gentamicin-resistente Enterokokken, Carbapenem-resistente *Klebsiella pneumoniae*)

Es erfolgte die sequentielle Weichgewebs- und Infektsanierung der offenen Defekte mit abschließender Spalthautdeckung. Mit Erreichen eines geschlossenen Weichgewebsmantels im Stumpfbereich (und auf der Gegenseite) wurde ein unilateraler Transportfixateur am Femurstumpf angebracht, die Transportkortikotomie wurde unmittelbar unterhalb des Trochanter minus durchgeführt. Es schloss sich die Verlängerung des Femurs um 8 cm via Kallotasis mit einer Transportgeschwindigkeit von 1 mm Distraktion pro Tag an.

Ausgehend von einer knöchernen Stumpflänge von ca. 15 cm konnte abschließend eine Verlängerung auf ca. 23 cm erreicht werden. Der Transportfixateur wurde für die Reifung des Regenerates hinsichtlich Belastungsstabilität für insgesamt 8 Monate belassen – unter täglicher, peinlich genauer Pflege der Pineintrittsstellen (Faustregel hier: Transportzeit plus 2 x Transportzeit in Tagen). Eine bereits zu Behandlungsbeginn bestehende Myositis ossificans am knöchernen Stumpfende wurde sekundär reseziert, weil sie bei der endgültigen Schaftanpassung der Exoprothese lokale Probleme generierte. Ansonsten waren keine Komplikationen zu verzeichnen, insbesondere keine Pin-tract-Infekte. Bei reizlosen Weichteilverhältnissen konnte vor Entlassung mit der Versorgung durch Liner und Interimsprothese begonnen werden.

Abb. 1: Klinischer und radiologischer Befund bei Aufnahme

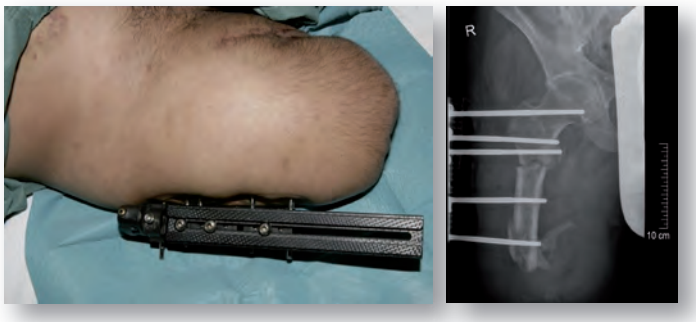


Abb. 2: Osteotomie bei liegendem Limb-Reconstruction-System (LRS) Fixateur nach 3monatiger Weichteiltherapie

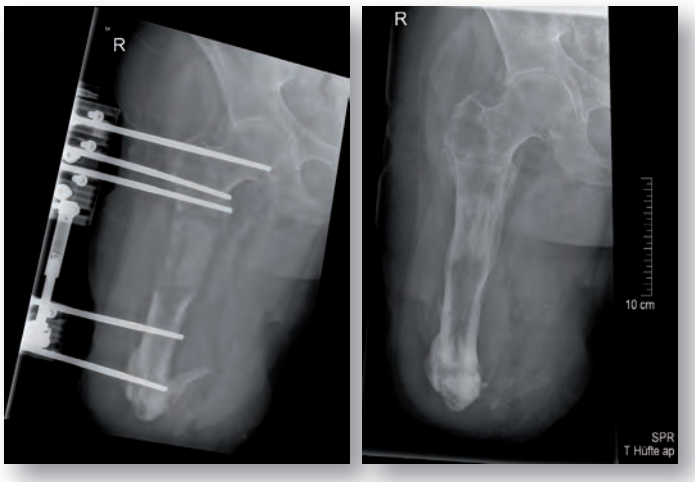


Abb. 3: Links: Röntgenbefund 5 Monate postoperativ; rechts: 14 Monate postoperativ mit zwischenzeitlich erfolgter Revision des Stumpfes

Fazit

Die Versorgung von Amputationskurzstümpfen ist chirurgisch und rehabilitativ herausfordernd. Es sind prinzipiell mehrere rekonstruktive Verfahren möglich. Die von uns praktizierte Kallusdistraktion stellt eine sichere Behandlungsoption dar. Sie ist auch bei komplizierten und kontaminierten Weichteilen anwendbar.

Bilder: BwZKrhs Koblenz

Oberstarzt Dr. Sebastian Hentsch
E-Mail: sebastianhentsch@bundeswehr.org

Interdisziplinäres Management einer massiven, transfusionspflichtigen Blutung aus einem Ileum Conduit bei portaler Hypertension

Christian Löhmann, Christoph Sparwasser, Carsten Hackenbroch, Andreas Martinschek

Bundeswehrkrankenhaus Ulm

Einleitung

Die Harnableitung nach radikaler Zystektomie mittels Ileum Conduit ist die häufigste und in aller Regel komplikationsloseste Form der Harnableitung. Im vorgestellten Fall kam es jedoch aufgrund einer portalen Hypertension zu massiven, transfusionspflichtigen Blutungen aus Varizen im Bereich des Conduits, welche nur im interdisziplinären Zusammenspiel zwischen Urologie, Innerer Medizin und Radiologie sicher und langfristig therapiert werden konnten.

Kasuistik

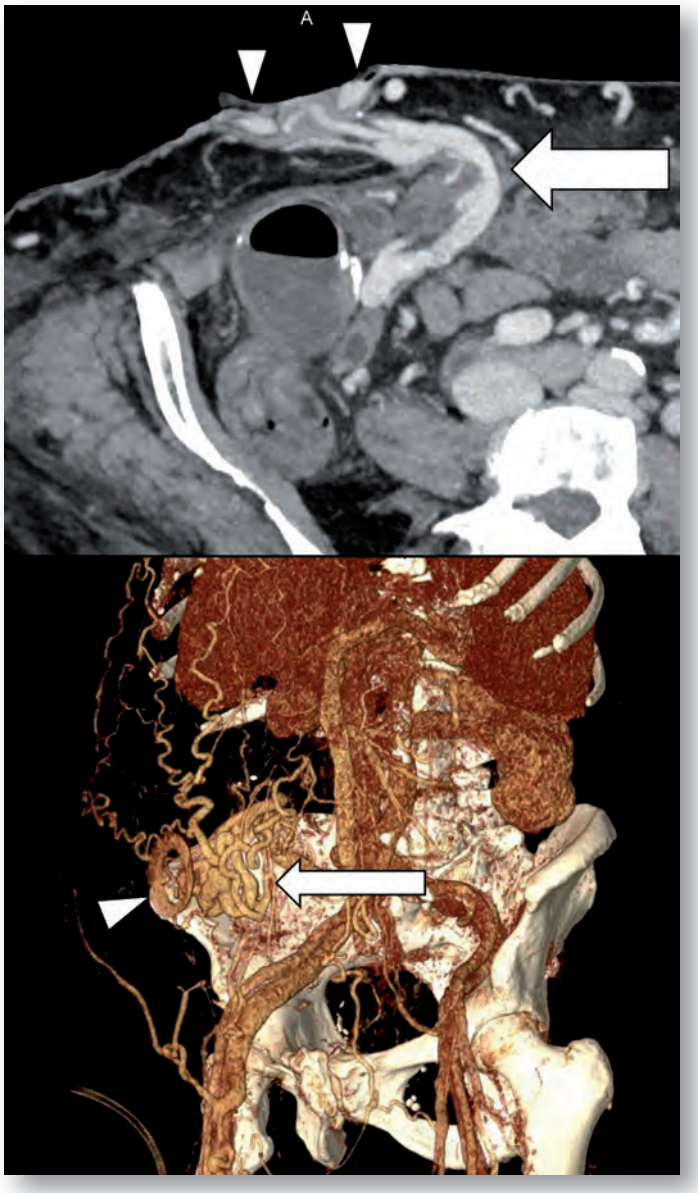
Eine 75-jährige kardiopulmonal instabile Patientin wurde bei hämodynamisch relevanter Blutung aus dem Ileum Conduit durch den Notarzt eingewiesen; präklinisch war eine Gabe von 1500 ml Kristalloiden erfolgt.

Bei Eintreffen der Patientin im Schockraum entleerten sich wiederholt handtellergroße Koagel aus dem Conduit, sodass zunächst ihre klinische Stabilisierung mittels Gabe von Erythrozyten- und Thrombozytenkonzentraten sowie von Prothrombinkomplex, Fibrinogen und Fresh Frozen Plasma zur Optimierung der Gerinnungssituation erfolgte. Nach Stabilisierung erfolgte zur genaueren Diagnostik der Blutungsursache eine Computertomographie mit Kontrastmittel. Hier zeigten sich deutliche Varizen im Bereich des Conduits mit entsprechender Blutung.

Bei der Patientin war eine Leberzirrhose Child B mit portaler Hypertension bei einer kombinierten Genese aus alkoholischer und nichtalkoholischer Steatohepatitis bekannt, welche sowohl für die Ausbildung der Varizen als auch für die kompromittierte Gerinnungssituation verantwortlich war. Aufgrund des CT-Befundes erfolgte zunächst die interdisziplinäre Besprechung zum weiteren Vorgehen (offene operative Revision, radiologisches Coiling oder endoskopische Sklerosierung). Nachdem die Patientin zur Überwachung auf die Intensivstation übernommen worden war, erfolgte am Folgetag die endoskopische Varizensklerosierung durch die Kollegen der Gastroenterologie. Im weiteren Verlauf wurde durch die Kollegen der Radiologie ein transjugulärer portosystemischer Shunt zur langfristigen Prävention erneuter Varizen angelegt. In der weiteren Folge konnte die Patientin beschwerdefrei entlassen werden.

Diskussion

Blutungen aus einem Ileum Conduit sind sehr seltene Komplikationen nach Zystektomien und meist durch eine portale Hypertension aufgrund einer Leberzirrhose bedingt. Eine Literaturrecherche ergab nur 14 weitere Fälle, wohingegen gastrointestinale Blutungen bei diesen Patienten typische Komplikationen darstellen. Nach initialer klinischer Stabilisierung sollte in diesen Fällen die Ursache der Blutung identifiziert werden, da neben Varizen als seltene Blutungsursache auch urologische Tumore im Bereich der harnableitenden Wege als Blutungsursache in Frage kommen. Im Falle von Varizenblutungen können



CT-Schnittbild (oben) sowie 3D-Rekonstruktion (unten) der ausgeprägten abdominellen Varizen (Pfeil) sowie zur Orientierung der auf Hautniveau geklebten Stomaplatte (Dreiecke) (Bildquelle: BwKrhs Ulm).

oberflächliche Blutungen mittels Durchstechung versorgt werden, was jedoch mit einem 66 % Risiko der Verletzung weiterer Blutgefäße verbunden ist. Eine weitere Alternative ist die radiologische Embolisation des blutenden Gefäßes, was jedoch auch nur in knapp 90 % der Fälle erfolgreich ist. Auch ist hierbei das Risiko der Ausbildung von Kollateralen mit erneuter Blutungskomplikation groß.

Die höchste Erfolgsrate mit nahezu 100 % hat die endoskopische Sklerosierung der Varizen, wie sie auch bei Blutungen im oberen Gastrointestinaltrakt durchgeführt wird. Neben diesen symptomatischen Therapiemöglichkeiten verfolgt die Anlage eines transjugulären portosystemischen Shunts, wie in dem geschilderten Fall praktiziert, einen kurativen Ansatz, da hierdurch der Pfortaderdruck reduziert und somit die Ausbildung neuer Varizen verhindert wird.

Fazit

Dieser Fall macht deutlich, dass eine interdisziplinäre Therapieplanung bei massiven Blutungen auch in Zusammenarbeit mit primär nicht chirurgisch tätigen Fachabteilungen, in diesem Fall der Gastroenterologie sowie der Radiologie, zu einer schnellen und sicheren Kontrolle der Blutungssituation führt.

Oberstabsarzt Dr. Christian Löhmann
E-Mail: christianloehmann@bundeswehr.org

iSurgery 3.0
Kompetenzbasierte Weiterbildung mit Hilfe eines Lernmanagementsystems

Lena-Marie Heidelmann, Wilm Rost, Matthias Johann, Chris-Henrik Wulfert

Bundeswehrkrankenhaus Hamburg

Hintergrund

Zum Kernauftrag des Sanitätsdienstes gehört die Ausbildung von Soldatinnen und Soldaten. Da die fachärztliche Kompetenz im Fokus der Facharztprüfung steht, stellt sich die Frage, wie die/der Weiterbildungsberechtigte diese aktuell nur unzureichend definierte ärztliche Kompetenz an den Weiterzubildenden weitergeben kann.

Der Deutsche Ärztetag beschäftigt sich seit 2012 kontinuierlich mit der Reform der Musterweiterbildungsordnung. Für diese wurde folgende Leitfrage gestellt:

„Welche Kompetenzen benötigt ein Arzt um als Facharzt tätig zu sein?“

Die Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA), gemeinnützige Fachgesellschaft zur Förderung der fächerübergreifenden Verbesserung der medizinischen Ausbildung, hat hierzu zwei Positionspapiere veröffentlicht. Dabei stehen thematisch die Planung, Implementierung, Finanzierung und kontinuierliche Verbesserung von Weiterbildungscurricula sowie eine bundesweite Qualitätssicherung im Vordergrund. Weiterbildung soll auf nationaler und europäischer Ebene neu definiert werden.

Bisher ist die Reform noch in der Entwicklung. Genau wie beim medizinischen Fakultätentag wurde das CanMEDS-Framework als Grundlage hierfür gesetzt. Im CanMEDS-Framework, dem weltweit anerkannten Rahmenwerk des Royal College of Physicians and Surgeons of Canada, wurden für den Facharzt sieben Kompetenzdimensionen als ärztliche Rollen definiert. Sie sind jeweils strukturiert in mehrere Schlüsselfähigkeiten.

Um den ärztlichen Rollen gerecht zu werden, müssen im Laufe der Weiterbildung eine Vielzahl unterschiedlicher Meilensteine (wie z. B. die Durchführung operativer Eingriffe) erreicht werden. Die Weiterbildungsbeauftragten werden im Hinblick auf die Reform der Musterweiterbildungsordnung gezwungen, ihr aktuelles Lehrkonzept zu überdenken und zu überarbeiten. Lernziele müssen formuliert werden und die Erreichung dieser überprüft werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es ideal, ein kompetenzbasiertes Weiterbildungscurrciculum auf Basis eines Lernmanagementsystems für die Weiterbildung zum Militärchirurgen zu entwickeln, welches die schon bestehenden Aspekte der militärchirurgischen Aus- und Weiterbildung in sich aufnimmt und miteinander verzahnt, und bei dem es möglich ist, die Individualität der Einzelperson nicht aus dem Blickfeld zu verlieren.

Methodische und technische Umsetzung

Zur curricularen Darstellung der Weiterbildung insbesondere für den Berufsanfänger dient iSurgery. Dieses ist mittlerweile über die Lernplattform ILIAS® des San-Netzes von jedem internetfähigen PC oder Smartphone mit drei Clicks erreichbar (Abbildung 1).

Abb. 1: Mit drei Klicks zum iSurgery im San-Netz

Das Curriculum iSurgery strukturiert die Weiterbildung anhand von Modulen in thematisch sinnvolle Lerneinheiten (Abbildung 2). Diesen Lerneinheiten sind Literatur, Medien und klinische Fallbeispiele ebenso zugeordnet wie das Training klinischer Fertigkeiten und deren strukturierte Überprüfung. iSurgery soll im Sinne der geforderten Kriterien zur modernen Weiterbildung dienen, definierte Lernziele vermitteln, überprüfen und dokumentieren. Durch die Nutzung der virtuellen Bibliothek im San-Netz kann auf aktuelle Fachliteratur zugegriffen werden. Die neue Kategorieeinteilung mit eigenen Kursen vereinfacht die Lernportfolioerstellung. Weitere konzeptionelle Anregungen für den Aufbau lieferten „The Draft CanMEDS 2015 - Physician Competency Framework“ aus Kanada und „The Intercollegiate Surgical Curriculum Programme“ der britischen Kollegen.

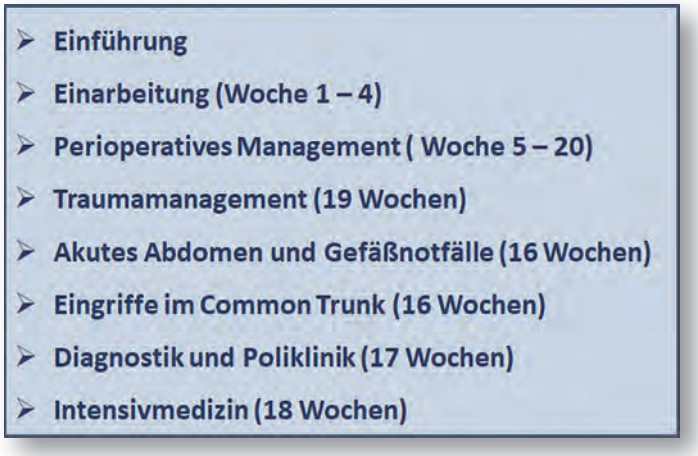


Abb. 2: Lerneinheiten des iSurgery im San-Netz

Ergebnisse

iSurgery besteht derzeit aus 104 Wochenschritten – entsprechend dem 1. klinischen Abschnitt der Weiterbildung des Sanitätsoffiziers – und wurde vorerst für die chirurgische Ausbildung des Common Trunk entwickelt (Abbildung 3). Die Module „Perioperatives Management“ und „Traumamanagement“ entsprechen weitestgehend dem Zielkonzept. Zur Kompetenzvermittlung dienen z. B. Skill-Trainings am Laparoskopie-Trainer. Zur Kompetenzüberprüfung geben Fragen im Lernmodul die Möglichkeit der Selbstkontrolle.

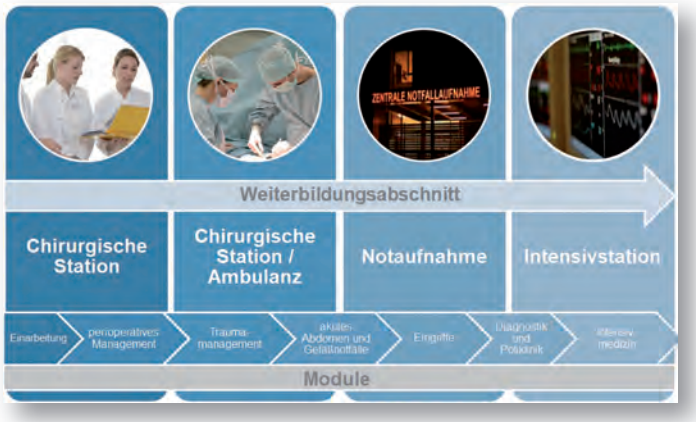


Abb. 3: Aktueller modularer Aufbau von iSurgery (Bilder: BwKrhs Hamburg)

Praktische Fähigkeiten können durch standardisierte Assessments evaluiert werden. Beispiele hierfür sind der “O-Score“ (Ottawa Surgical Competency Operating Room Evaluation) oder das „Zwisch Model“ (benannt nach seinem Entwickler J. Zwischenberger, USA) für die Supervision bei Operationen und sogenannte „DOPS“ (Direct Observation of Procedural Skills) für manuelle Fertigkeiten, wie z. B. die Anlage eines Zentralvenenkatheters. Meilensteine werden so zu anvertraubaren professionellen Tätigkeiten. 360-Grad-Feedbacks dienen der summativen Kompetenzbewertung und Teilnahmen an den Evaluationen der Ärztekammern können als Feedbackinstrumente für die Weiterbildungsstätte genutzt werden. In einem Portfolio kann der Fortschritt des Weiterzubildenden z. B. im Logbuch gemäß Weiterbildungsordnung oder durch Zeugnisse dokumentiert werden.

Schlussfolgerungen

In allen Bundeswehrkrankenhäusern (BwKrhs) erfolgen Qualitätsmanagement (QM) und Controlling. Fort- und Weiterbildung ist ein Kriterium sämtlicher QM-Systeme. Standardisierte Weiterbildungscurricula mit stufenweisem Kompetenzerwerb, strukturierter Überprüfung und Dokumentation dienen der Sicherung der Ausbildungsqualität.

iSurgery verkörpert unsere Vision moderner Weiterbildung und ist in seiner klaren Systematik auf andere Curricula übertragbar. Es ist eine Initiative von Chirurginnen und Chirurgen des BwKrhs Hamburg, deren Credo lautet:

„Weiterbildung ist eine lohnende Investition in unsere gemeinsame Zukunft!“

Oberstabsarzt Dr. Lena Marie Heidelmann

E-Mail: lenaheidelmann@bundeswehr.org

ElbBridging
KIS-basiertes Tool zur klinischen Entscheidungsfindung zur Thromboseprophylaxe und zum perioperativen Umgang mit oralen Antikoagulantien

Chris-Henrik Wulfert, Christian von Schassen, Wilm Rost

Bundeswehrkrankenhaus Hamburg

Hintergrund

Zum Umgang mit Antikoagulantien im perioperativen Setting, sei es in der Primär- und Sekundärprophylaxe der tiefen Beinvenenthrombose und Lungenembolie (VTE) oder in der Prophylaxe der arteriellen Thrombembolie, gibt es diverse nationale und internationale Leitlinien, Empfehlungen und wissenschaftliche Evidenzen. Vielfach konnte gezeigt werden, dass in der Breite der klinischen Versorgung diese wissenschaftlichen Grundlagen zu wenig Berücksichtigung finden. Gründe hierfür werden in der Vielzahl der Präparate, unterschiedlichen Halbwertszeiten, Wirkmechanismen und komplexen Begleiterkrankungen des Patientengutes gesehen. Klinisch standardisierte Behandlungspfade können hier zur Patientensicherheit beitragen, indem die eingegebenen und im Krankenhausinformationssystem (KIS) vorhandenen relevanten Faktoren über einen festgelegten Algorithmus in eine Empfehlung zur Präparatewahl und Dosierung münden. Die S3-Leitlinie „Prophylaxe der venösen Thrombembolie“ fordert darüber hinaus als Qualitätsziel, dass 95 % aller Patientinnen und Patienten ein die Risikoeinschätzung beinhaltendes und dokumentiertes Aufklärungsgespräch erhalten sollen.

Unser Projektziel war die Entwicklung und Implementierung eines auf Nexus-KIS basierten Algorithmus zur klinischen Entscheidungsfindung für die Thromboseprophylaxe und den perioperativen Umgang mit oralen Antikoagulantien.

Projektbeschreibung

In einer empirischen Befragung im Jahre 2015 am Bundeswehrkrankenhaus (BwKrhs) Hamburg wurde der Bedarf zur Optimierung des Entscheidungsprozesses im periprozeduralen Umgang mit Antikoagulantien festgestellt. Wir entwickelten einen Algorithmus zur klinischen Entscheidungsfindung rund um diesen Prozess unter Berücksichtigung der Handlungsfelder

- medikamentöse Thromboseprophylaxe,
- Bridging oraler Antikoagulantien,
- Umgang mit direkten oralen Antikoagulantien sowie
- Umgang mit Thrombozytenaggregationshemmern.

Der Algorithmus wurde als HTML-Seite im Nexus-KIS unter der Bezeichnung „ElbBridging“ implementiert. Nach einer Testphase und Konsentierung über die Fachabteilungen im Hause erfolgte die Freischaltung für alle ärztlichen Nutzer.

Ergebnisse

Die medikamentöse Thromboseprophylaxe orientiert sich an den Empfehlungen der entsprechenden nationalen S3-Leitlinie mit Berechnung des expositionellen und dispositionellen Risikos, wobei die Risikoeinschätzung numerisch in Anlehnung an die Guidelines des American College of Chest Physicians (ACCP) anhand des Caprini-Scores erfolgt (Details siehe https://venousdisease.com/caprini-dvt-risk-assessment/). Es resultiert eine Empfehlung zur medikamentösen Prophylaxe mit

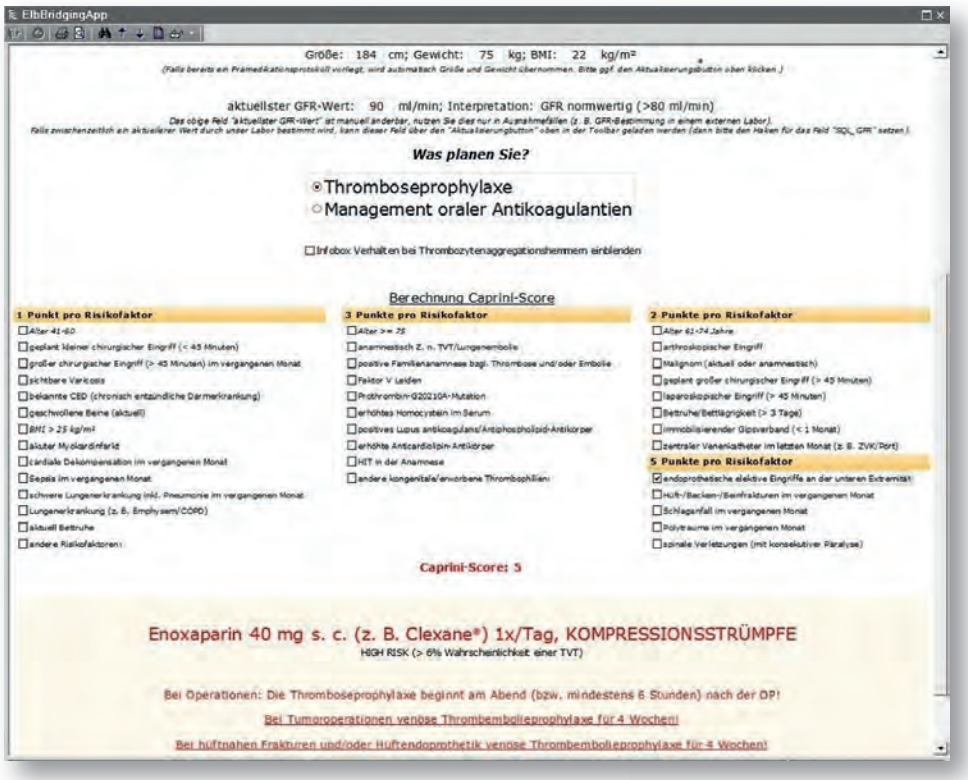


Abb. 1: Beispiel (Screenshot) Nexus-KIS „Thromboseprophylaxe“: Patientenangaben (Größe, Gewicht, GFR) und Auswahl „Was wird geplant“ (oben), Berechnung des Caprini-Score (Mitte) und schließlich die Empfehlung zur Thromboseprophylaxe (dunkelrot im unteren Teil).

der Dosierung des niedermolekularen Heparins Enoxaparin sowie ggf. die verlängerte Prophylaxe bei Eingriffen mit höchstem Thromboserisiko, wie Endoprothetik oder Tumoroperationen, mit einer Dauer von 4 Wochen postoperativ (Abbildung 1).

Das Bridging von Marcumarpatienten erfolgt über eine Risikostratifizierung mit Berücksichtigung des thrombembolischen Risikos der vorliegenden Begleiterkankungen – wie Vorhofflimmern, Herzklappenersatz oder Thrombophilien – sowie dem Blutungsrisiko des Eingriffs gemäß ACCP-Guidelines. Als Ergebnis resultiert ein graphisch veranschaulichtes Schema

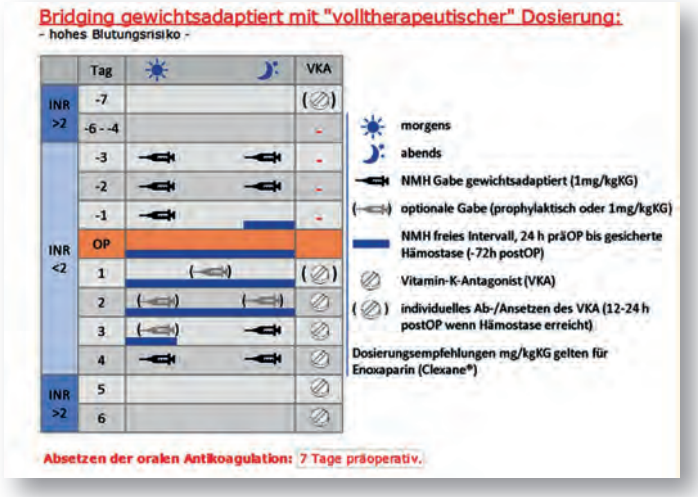


Abb. 2.: Brigding-Dosierungsempfehlung von NMH bei einem Marcumarpatienten (Auszug aus NEXUS-KIS-Screenshot)

zum Bridging mit Dosierungsempfehlung des niedermolokularen Heparjn (NMH), wie es in Abbildung 2 dargestellt ist. Die Nierenfunktion sowie das Gewicht des Patienten werden aus dem KIS importiert und gehen in die Dosisberechnung mit ein.

Berücksichtigung finden ebenfalls die direkten oralen Antikoagulantien in Anlehnung an den Practical Guide der European Heart Rythm Association. Hier wird auf ein Bridging verzichtet und ein graphisch veranschaulichtes Schema nach individueller Risikostratifizierung angeboten. Die perioperative Pause ist gekennzeichnet und richtet sich nach dem jeweiligen Präparat mit Bezug auf die individuelle Nierenfunktion des Patienten.

Patienten nach Stentimplantation mit doppelter Thrombozytenaggregationshemmung erhalten eine Empfehlung bei elektiven Eingriffen gemäß dem Positionspapier der deutschen Gesellschaft für Kardiologie.

Fazit

Die Anwendung ElbBridging innerhalb des Nexus-KIS macht eine rationale, evidenzbasierte Entscheidungsfindung zum Umgang mit Antikoagulantien im perioperativen Setting möglich. Die individuelle Risikostratifizierung dient mit entsprechender Aufklärung der Patientensicherheit und die personenbezogene Speicherung des Formulars erleichtert das Erreichen des durch die Leitlinie definierten Qualitätsziels.

Literatur:

1. S3-Leitlinie Prophylaxe der venösen Thromboembolie (VTE) 2. komplett überarbeitete Auflage, Stand: 15.10.2015
2. Haut ER, Lau BD, Kraenzlin FS, et al.: Improved prophylaxis and decreased rates of preventable harm with the use of a mandatory computerized clinical decision support tool for prophylaxis for venous thromboembolism in trauma. Archives of surgery (Chicago, Ill. 1960) 2012; 147(10): 901 - 917.
3. Heidbuchel H, Verhamme P, Alings M, et al.: Updated European Heart Rhythm Association Practical Guide on the use of non-vitamin K antagonist anticoagulants in patients with non-valvular atrial fibrillation, EP Europace, Volume 17, Issue 10, 1 October 2015, Pages 1467 - 1507,
4. Caprini JA: Thrombosis risk assessment as a guide to quality patient care. Disease-a-month DM 2005; 51(2 - 3): 70 - 78.
5. Guyatt GH, Akl EA, Crowther M, Gutterman DD, Schuünemann HJ: Executive summary: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. Chest 2012; 141(2 Suppl): 7S-47S.
6. Hoffmeister, H. M.; Bode, C.; Darius, H.; Huber, K.; Rybak, K.; Silber, S. (2010): Unterbrechung antithrombotischer Behandlung (Bridging) bei kardialen Erkrankungen. In: Kardiologe 4 (5), S. 365 - 374.

Oberfeldarzt Dr. Chris-Henrik Wulfert

E-Mail: chrishenrikwulfert@bundeswehr.org

Die dorsale perkutane Stabilisierung thorakolumbaler Wirbelkörperfrakturen: Einschätzung der wehrmedizinischen Relevanz

Sven Duda, Heinrich Weßling
Bundeswehrkrankenhaus Westerstede

Hintergrund und Ziel

Etwa 5 % der im Auslandseinsatz verwundeten Soldatinnen und Soldaten weisen Verletzungen der Wirbelsäule auf. Dabei handelt es sich in 92 % der Fälle um Frakturen. Bis zu 84 % der Verletzungen werden bei Kampfhandlungen aller Art und 56 % speziell im Zusammenhang mit Explosionen (insbesondere IEDs) erworben.

Die Versorgung von kampfhandlungsassoziierten Frakturen der Wirbelsäule zählt zu den häufigsten Notfalleingriffen, die von Sanitätsstabsoffizieren (SanStOffz) Neurochirurgie im Auslandseinsatz durchgeführt werden. Frakturen der thorakalen und lumbalen Wirbelsäule kommen dabei etwa doppelt so häufig vor wie solche der Halswirbelsäule.

Die überwiegende Mehrzahl der Frakturen sind axiale Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper. Derzeit erfolgt die Behandlung dieser Verletzungen im Auslandseinsatz durch eine offene Instrumentierung. Ob das weitaus weniger invasive Verfahren der dorsalen perkutanen Instrumentierung für die besonderen Anforderungen des Auslandseinsatzes geeignet ist, sollte durch eine Untersuchung der im Bundeswehrkrankenhaus (BwKrhs) Westerstede mit diesem Verfahren behandelten Patienten evaluiert werden.

Methode

Operations- und Behandlungsdaten von Patienten mit instabilen Frakturen der thorakalen und lumbalen Wirbelsäule wurden über den Zeitraum 01/2014 bis 11/2017 retrospektiv ausgewertet. Patienten, die das 18. Lebensjahr noch nicht vollendet hatten oder deren Fraktur aufgrund einer neoplastischen oder infektiösen Ursache entstanden war, wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Ergebnisse

Im Zeitraum 01/2014 bis 11/2017 wurden insgesamt 37 Patienten mit instabilen Frakturen der LWS (n = 27) und BWS (n = 10) perkutan stabilisiert. Das Patientenalter lag bei 59,6 ± 20,4 Jahren. 11 Patienten hatten Ihre Wirbelsäulenverletzung im Rahmen eines Polytraumas erlitten. In 19 % der Fälle lagen bei Patientenaufnahme neurologische Ausfallerscheinungen vor. Bei 5 % der Patienten war der neurologische Untersuchungsbefund zum Aufnahmezeitpunkt nicht zu erheben.

32 Frakturen vom Typ A und 5 Frakturen vom Typ B nach der AO Spine Frakturklassifkation (AO = Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) wurden operiert. Die Operationszeit betrug 145 ± 73 Minuten bei Operationen mit Dekompression des Spinalkanals und 70 ± 23 Minuten bei Operationen ohne Dekompression.

144/183 Pedikelschrauben verliefen transpedikulär, 22/183 hatten die laterale Begrenzung des Pedikels und 17/183 die mediale Begrenzung des Pedikels minimal überschritten.

Als Komplikationen traten eine erhebliche Schraubenfehllage mit neurologischem Defizit (n = 1) und eine Wundheilungsstörung (n = 1) auf; 1 Pedikelschraube (0,5 %) musste revidiert werden.

Fotodokumentation der Operationstechnik
a: Punktion der Pedikel unter Durchleuchtung
b: Dilatation der Weichteile
c: Vorbereitung des Schraubenkanals mit dem Gewindeschneider
d: Einbringen der Pedikelschraube
e: Einsetzen des Stabs und Verbinden des Schrauben-Stab-Systems
f: Fixieren des Systems mit dem Drehmomentschlüssel.
(Bilder: BwKrhs Westerstede)

Diskussion und Schlussfolgerung

Die Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen ist Teil der Einsatzmedizin. Das Spektrum der zu stabilisierenden Wirbelsäulenverletzungen ist zwischen In- und Ausland vergleichbar. Eine Besonderheit stellen komplexe, tief lumbale Berstungsfrakturen dar, die im Auslandseinsatz aufgrund von Verletzungen durch IED gehäuft auftreten.

Die dorsale perkutane Instrumentierung zur Stabilisierung thorakolumbaler Wirbelsäulenfrakturen ist eine einfache und sichere Operationsmethode. Im Vergleich zu offenen Verfahren sind das Trauma durch den operativen Zugangsweg sowie der perioperative Blutverlust deutlich geringer. Darüberhinaus ist die Operationstechnik vereinfacht, was die Anwendung im multinationalen Umfeld erleichtert. Das Einbringen minimal invasiver Schrauben- und Stangensysteme kann im Bedarfsfall mit einer dekompressiven Laminektomie verbunden werden, wobei inbesondere das muskuläre Operationstrauma – im Vergleich zur offenen dorsalen Instrumentierung – in der Summe weiter deutlich reduziert bleibt.

Ein Instrumentenset zur perkutanen Instrumentierung sollte im Auslandseinsatz daher zur Verfügung stehen und sein Gebrauch regelmäßig Bestandteil der neurotraumatologischen Ausbildung in den BwKrhs sein.

Oberstabsarzt Dr. Sven Duda
E-Mail: svenduda@bundeswehr.org

Buchbesprechung

S. Kluge, A. Markewitz, S. Schwab, C. Putensen, M. Quintel, G.W. Sybrecht (Hrsg.)

DIVI Jahrbuch 2017/2018

1. Auflage, Medizinisch-Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin
Paperback, 165 mm x 240 mm, 562 Seiten (PDF: 18,9 MB)
63 S/W-Abbildungen, 57 Tabellen
ISBN: 978 - 3-95466 - 3212 - 5 (Print), 59,95 €
978 - 3-95466 - 368 - 2 (PDF), 59,99

Die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (DIVI) veröffentlichte auch in diesem Jahr das DIVI-Jahrbuch. Seit der ersten Ausgabe hat sich dieses Werk zu einer Standardpublikation für Updates in der Intensiv- und Notfallmedizin entwickelt. Es werden jeweils aktuelle Top-Themen dieser Fachgebiete bearbeitet und anschaulich dargestellt.

Die Zielgruppe, die das Herausgeberkollegium in erster Linie ansprechen will, umfasst Ärztinnen, Ärzte und Pflegende in der interdisziplinären Intensivmedizin und Notfallmedizin, den intensiv- und notfallmedizinischen Fachdisziplinen (Innere Medizin, Anästhesie, Chirurgie) sowie Führungspersonal im Klinik- und Abteilungsmanagement.

Das DIVI-Jahrbuch 2017/2018 umfasst 546 Seiten und ist in 10 Kapitel gegliedert. Im ersten Kapitel wird vom „Gast-Herausgeber“, Prof. Dr. Uwe Janssens, Chefarzt der Klinik für Innere Medizin und Internistische Intensivmedizin am St.-Antonius-Hospital Eschweiler und „Präsident elect“ der DIVI, das Schwerpunktthema des Jahrbuchs „Ethik“ verantwortet. Wichtige und in der Intensivmedizin zunehmend häufiger diskutierte ethische Fragestellungen werden von namhaften Autoren wissenschaftlich fundiert dargelegt und bieten Handlungsempfehlungen für Problemanalyse und Entscheidungsfindung.

Alle in der Intensivmedizin Tätigen sehen sich täglich mit den in diesem Kapitel vorgestellten Themenkomplexen konfrontiert und nicht selten stellt sich ein Gefühl der „Einsamkeit“ bei der Bewältigung der dabei aufkommenden ethischen Fragen ein. Ist alles therapeutisch Mögliche für die zu Behandelnden wirklich sinnvoll? Darf man alles technisch Machbare auch wirklich machen? Zieht die Patientin / der Patient wirklich einen Nutzen aus den angebotenen Therapieverfahren? Daneben werden auch die juristischen Grundlagen bei der Diskussion ethischer Fragestellungen eingehend dargestellt. Die Leserin / der Leser kann sich in den Kapiteln problemlos wiederfinden und in den Stationsalltag versetzen, da die Themenkomplexe so praxisnah beleuchtet werden.

Eindringlich wird gute Kommunikation als Kernkompetenz für ärztliches Handeln gefordert, um nicht nur das gesamte interprofessionelle Behandlungsteam, sondern auch die Angehörigen unserer Patientinnen und Patienten in die Versorgung mit einzubinden. Ein eigenes Unterkapitel beschäftigt sich folgerichtig mit den Besonderheiten in der Kommunikation mit den Behandelten und deren Angehörigen vor unterschiedlichen weltanschaulichen und kulturellen Hintergründen.

Und wer in der Klinik kennt das nicht? Die Station hat begrenzte „physikalische Bettenressourcen“ und die Übernahmeanfragen häufen sich. Nach welchen Kriterien wird triagiert, welche alternativen Optionen kann man im Bedarfsfall nutzen, wenn keine Betten zur Verfügung stehen. Wie kann die Intensivmedizinerin / der Intensivmediziner vorgehen, um die Kolleginnen und Kollegen sowie die betroffenen Kranken optimal zu unterstützen? Eine zunehmende Verknappung der Ressource Pflegepersonal und die daraus folgende Verknappung an Intensivkapazität wird realistisch dargestellt und bewertet.

Den Besonderheiten und ethischen Belastungssituationen in der neonatologischen Intensivmedizin widmet sich in dem Jahrbuch ein eigenes Kapitel, welches umfassend und verständlich die dabei alltäglich erlebten Dilemmata beleuchtet und mögliche Wege aus selbigen aufzeigt.

Neben dem Schwerpunktthema „Ethik“ wird auch in diesem Jahrbuch die interdisziplinäre Notfall- und Intensivmedizin mit ihren vielfältigen Problemfeldern beleuchtet. Aktuelle Studien und deren Ergebnisinterpretationen finden sich als Wegweiser für die abgeleiteten „Take-Home-Messages“, die in jedem Abschnitt das Wesentliche zusammenfassen und so auch den Lesenden mit knappen Zeitressourcen schnell „auf den Punkt bringen“.

Das DIVI-Jahrbuch besticht durch eine klare Sprache und Fokussierung auf das Wesentliche, ohne inhaltliche Lücken zu hinterlassen. Themenrelevante Studien, die zum Zeitpunkt des Erscheinens des Buches noch nicht abgeschlossen waren, werden explizit genannt und dabei auch Aussagen dazu gemacht, welche Ergebnisse bzw. Antworten auf die studienspezifischen Fragestellungen erwartet werden können.

Fazit

Das DIVI-Jahrbuch 2017/2018 wird dem seitens der DIVI gestellten hohen interdisziplinären Anspruch in jeder Hinsicht gerecht. Das unterstreicht nicht zuletzt ein Blick in das umfangreiche Autorenverzeichnis, vertreten durch das Herausgeberkollegium. Es kann in der Intensiv- und Notfallmedizin Tätigen uneingeschränkt empfohlen werden.

Oberfeldarzt Dr. Stefan Markoff
Bundeswehrkrankenhaus Berlin
E-Mail: stefanmarkoff@bundeswehr.org

Das Buch ist für Bundeswehrangehörige über das Fachinformationszentrum der Bundeswehr (fizdokubw@bundeswehr.org) oder die ortsansässige Fachinformationsstelle ausleihbar.

Mitteilungen der DGWMP e. V.

Die Deutsche Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V. (DGWMP) informiert ihre Mitglieder über die neue

EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)

Sehr geehrte Mitglieder der DGWMP e. V.,

am 25. Mai 2018 trat – nach einer zweijährigen Übergangsfrist – die EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) in Kraft. Ziel der neuen EU-Verordnung ist es, den personenbezogenen Datenschutz weiter zu stärken. Betroffen sind u. a. Vereine, die personenbezogene Daten per Computer verarbeiten. Die Speicherung von Namen, Adressen oder Informationen über Leistungen, die Teilnahme an Wettbewerben, u. a. *Paul-Schürmann-Preis* oder *Heinz-Gerngroß-Förderpreis*, sowie das Datum des Vereinsbeitritts bedürfen beispielsweise **künftig** der Zustimmung des jeweiligen Mitglieds.

Aufnahmeanträge zur künftigen Mitgliedschaft sowie die Ausschreibungskriterien zu den o. a. Wettbewerben wurden entsprechend angepasst.

Mitglieder, die vor dem 25. Mai 2018 der Gesellschaft beigetreten sind, erhalten per Postaussendung eine schriftliche Einverständniserklärung zum Datenschutz. Diese bitten wir zur Kenntnis zu nehmen und unterschrieben der Bundesgeschäftsstelle zukommen zu lassen.

Das Kompendium der DGWMP wird nach der Jahreshauptversammlung (25.10.2018) im IV. Quartal dieses Jahres neu aufgelegt.

Aufgrund der neuen EU-Datenschutzgrundverordnung ist es leider nicht mehr möglich, ein Mitgliederverzeichnis mit den personenbezogenen Daten unserer Mitglieder (wie bisher mit Name, Dienstgrad, Geburtsdatum, Anschrift und Mitgliedsnummer) im Kompendium aufzunehmen. Hierfür bitten wir um Ihr Verständnis.

Die Veröffentlichung der Geburtstage in der Wehrmedizinischen Monatsschrift (WMM) wird ab der Ausgabe 6/2018 – aufgrund der neuen Verordnung – nur bei Vorliegen der Einverständniserklärung erfolgen.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Jürgen Blätzinger
Generaloberstabsarzt a. D.
Präsident der DGWMP

Wehrmedizinische Monatsschrift

Redaktion: Oberstarzt a. D. Dr. med. Peter Mees, Baumweg 14, 53819 Neunkirchen-Seelscheid, Telefon: +49 2247 912057, E-Mail: wmm@p-mees.de

Herausgeber: Kommando des Sanitätsdienstes der Bundeswehr, Presse- und Informationszentrum des Sanitätsdienstes der Bundeswehr im Auftrag des Inspekteurs/der Inspekteurin des Sanitätsdienstes der Bundeswehr, Von-Kuhl-Straße 50, 56070 Koblenz, Telefon: +49 261 896 13210, E-Mail: pizsanitaetsdienst@bundeswehr.org

Wissenschaftliche Beratung: Die Begutachtung von Original- und Übersichtsarbeiten sowie Kasuistiken im Rahmen des Peer-Review-Verfahrens erfolgt durch in dem Fachgebiet des jeweiligen Beitrags wissenschaftlich ausgewiesene Expertinnen und/oder Experten, die – dem Einzelfall entsprechend – in Abstimmung zwischen Redaktion und Herausgeber ausgewählt und beauftragt werden.

Verlag: Beta Verlag & Marketinggesellschaft mbH, Celsiusstraße 43, 53125 Bonn, Telefon 02 28/9 19 37 - 10, Telefax 02 28/9 19 37 - 23, E-Mail: info@beta-publishing.com; Geschäftsleitung: Heike Lange; Objektleitung: Peter Geschwill; Produktionsleitung: Thorsten Menzel. Druckvorstufe: PIC Crossmedia GmbH, Langenfeld. Druck: Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDBw), Zentraldruckerei Köln/Bonn.

Rechtliche Hinweise: Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

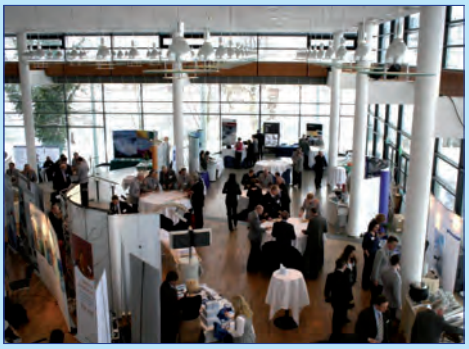
Internet: Autorenhinweise sind unter www.sanitaetsdienst-bundeswehr.de und www.wehrmed.de abrufbar. Die Zeitschrift steht auch als PDF-Datei unter www. sanitaetsdienst-bundeswehr.de zur Verfügung.

Alle namentlich gezeichneten Beiträge – soweit sie nicht ausdrücklich mit einem * gekennzeichnet sind – geben die persönlichen Ansichten der Verfasserin, des Verfassers oder der Verfasser wieder. Sie entsprechen nicht unbedingt den Auffassungen der Redaktion oder des Herausgebers. Manuskriptsendungen an die Redaktion erbeten. Erscheinungsweise mindestens acht mal im Jahr. Die aktuellen Bezugspreise sind zu finden unter: www.beta-publishing.com/publikationen. Für Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V. ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Sanitätsoffiziere der Bundeswehr, die Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V. sind, erhalten die „Wehrmedizinische Monatsschrift“ über ihre Dienststellen.

Deutsche Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V. (DGWMP)
Kongresse & Fortbildungen mit Industrieausstellungen

Kongresskalender

13. - 14.06.2018	CMC - Combat Medical Care Conference, Neu-Ulm
17. - 19.07.2018	4. Fachkolloquium Zahnmedizin, Kloster Banz/Bad Staffelstein
10.10.2018	15. Notfallsymposium, Westerstede
24.10.2018	3. Seminar „Sanitätsdienst - Weiterentwicklung - Beschaffungs-vorhaben“, Würzburg
25. - 27.10.2018	**49. Kongress der DGWMP e. V., Würzburg**
09. - 11.01.2019	Zahnmedizin in der Bundeswehr, Damp
23. - 25.01.2019	26. Jahrestagung ARCHIS, Neu-Ulm
23. - 25.07.2019	5. Fachkolloquium Zahnmedizin, Kloster Banz/Bad Staffelstein
10. - 12.10.2019	**50. Kongress der DGWMP e. V., Leipzig**



Deutsche Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie e. V.

Bundesgeschäftsstelle

Neckarstraße 2a
53175 Bonn

Telefon 0228 632420 Fax 0228 698533 E-Mail: bundesgeschaeftsstelle@dgwmp.de

Nähere Informationen unter: www.dgwmp.de

AB JUNI 2018

DEIN KAMERAD
Selbst- und Kameradenhilfe

Sanitätsdienst
Wir. Dienen. Deutschland.

WILLKOMMEN
NEUGIER.
Komm zum Tag der Bundeswehr.
9.6.2018

FELDKIRCHEN
WWW.TAG-DER-BUNDESWEHR.DE

Gäubodenkaserne,
Mitterharthausen 55,
94351 Feldkirchen, 9 -17 Uhr

TAG DER BUNDESWEHR
Bundeswehr
Wir. Dienen. Deutschland.

Unsere Militärmedizinportale

www.wehrmed.de

HUMANMEDIZIN ZAHNMEDIZIN VETERINÄRMEDIZIN PHARMAZIE FÜHRUNG/ORGANISATION

www.military-medicine.com

DISASTER MEDICINE INFECTIOUS DISEASES DEPLOYMENT TRAUMATOLOGY
PTSD EXPERIENCES NURSE DENTAL

- **Unsere vernetzten Online-Portale für Militärmedizin**
- **Ausgewählte Fachartikel**
- **Kategorisiert, strukturiert, informativ**