

## REBOA als additives Konzept zur Notfallthorakotomie beim Schwerstverletzten – notwendig oder entbehrlich?

Eine Sekundärdatenanalyse aus dem TraumaRegister DGU®

### Zusammenfassung

**Hintergrund:** Nichtkomprimierbare Körperstammblutungen sind weiterhin Ursache der hohen traumaassoziierten Letalität, da diese Patienten meist verbluten bevor sie einer definitiven Therapie zugeführt werden können. Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) erscheint als ein mögliches Verfahren, den Zeitraum bis zur definitiven operativen Blutstillung zu verlängern. Bisher existiert für den deutschsprachigen Raum keine Fallzahlabschätzung potentieller Patienten für dieses Verfahren.

**Material und Methodik:** Es erfolgte die retrospektive Identifikation aller Patienten des TraumaRegister DGU® (TR-DGU) der Jahre 2009–2014, welche potentiell von einer REBOA profitieren könnten. Hierzu zählen im Schockraum versorgte Patienten im traumatisch hämorrhagischen Schock (RRsys  $\leq 90$  mmHg, Puls  $\geq 120$ /min, Katecholamintherapie, Basendefizit  $\leq 9$  mmol/l) mit lebensbedrohlichen Verletzungen des Abdomens, Beckens oder der unteren Extremitäten. Ausgeschlossen wurden Patienten unter kardiopulmonaler Reanimation, relevante Traumata im Mediastinum, der thorakalen Gefäße, sowie alle supraklavikulären Blutungen inklusive höhergradiger SHT. Es erfolgt eine deskriptive Auswertung der potentiellen REBOA-Kandidaten (pot-REBOA) gegenüber dem Vergleichskollektiv des TR-DGU.

**Ergebnisse:** Im Auswertungszeitraum wurden 51.414 erwachsene Patienten primär in ein Traumazentrum des TR-DGU aufge-

## Do we need REBOA as an adjunct to ER thoracotomy in German trauma centres? A secondary data analysis from the TraumaRegister DGU®

M. Kulla<sup>1</sup> · M. Engelhardt<sup>2</sup> · T. Holsträter<sup>1</sup> · D. Bieler<sup>3</sup> · R. Lefering<sup>4</sup> · K. Elias<sup>5</sup>  
und das TraumaRegister DGU<sup>6</sup>

nommen. 548 Patienten erfüllten sämtliche Ein- und Ausschlusskriterien. Pot-REBOA-Patienten sind jünger ( $49 \pm 20$ , vs.  $52 \pm 21$ ), schwerer verletzt (ISS  $43 \pm 13$  vs.  $27 \pm 11$ ) und erleiden etwas seltener ein stumpfes Trauma (93% vs. 96%) als das Gesamtkollektiv. Sowohl die prähospitale Versorgung als auch die frühe innerklinische Behandlung unterscheiden sich signifikant hinsichtlich invasiver Maßnahmen, Katecholamintherapie sowie Flüssigkeits-/Volumen- und Therapie mit Blut- und Blutprodukten. 52% der pot-REBOA-Patienten versterben. Dabei fällt auf, dass Patienten der pot-REBOA-Gruppe in 63% d. F. innerhalb der ersten 6 Stunden nach Klinikaufnahme versterben (Vergleichskollektiv 27%). Überregionale Traumazentren (ÜTZ) behandeln überproportional 80% der pot-REBOA-Patienten, obwohl sie ansonsten nur 62% aller TR-DGU-Patienten versorgen. ÜTZ können mit mindestens einem Patienten pro Jahr rechnen.

**Schlussfolgerung:** Die vorliegende Auswertung aus dem TR-DGU hat eine kleine Gruppe schwerstverletzter, ressourcenintensiver Patienten ausgewertet. Sie stellen potentielle REBOA-Kandidaten dar. Ihre aktuelle Klinikletalität ist mit über 52% sehr hoch. Die Majorität dieser Patienten verstirbt aktuell in der Frühphase (30 Minuten bis 6 h) nach Klinikaufnahme, so dass sich die Frage stellt, ob zusätzliche Optionen zur Blutungskontrolle hier lebensrettend sein könnten. Daher erscheint ein interprofessionelles Training des Personals in überregionalen Traumazentren gerechtfertigt.

<sup>1</sup> Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Zentrum für Notfallmedizin, Bundeswehrkrankenhaus Ulm; RTH-Station „Christoph 22“, Ulm (Direktor: Prof. Dr. Matthias Helm)

<sup>2</sup> Klinik für Gefäßchirurgie und Endovaskuläre Chirurgie, Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Direktor: Dr. Michael Engelhardt)

<sup>3</sup> Klinik für Unfallchirurgie, Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz (Direktor: Priv.-Doz. Dr. Erwin Kollig)

<sup>4</sup> Institut für Forschung in der Operativen Medizin (IFOM), Fakultät für Gesundheit der Universität Witten/Herdecke (Kommissarischer Institutsleiter: Prof. Dr. Rolf Lefering)

<sup>5</sup> Abteilung für Gefäßchirurgie, Bundeswehrkrankenhaus Westerstede/Ammerlandklinik (Direktor: Dr. Peter Ritter)

<sup>6</sup> Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung (Sektion NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)

### Schlüsselwörter

Ballonokklusion – Endovaskuläre Therapie – Schwerstverletztenversorgung – Schock – Behandlungsmethoden – Sekundärdatenanalyse

### Keywords

Balloon Occlusion – Endovascular Procedures – Multiple Trauma – Resuscitation – Retrospective Studies – Shock – Haemorrhagic Procedures – Prevention & Control

## Summary

**Background:** Non-compressible torso haemorrhages remain a major cause of high mortality in severely injured patients. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) is an emerging alternative to resuscitative thoracotomy with aortic clamping to support resuscitation and to gain time for definitive surgical or endovascular bleeding control in abdominal, pelvic and groin injuries. Up to now, no data are available on how often REBOA would be indicated in German trauma centres.

**Material and Methods:** We performed a retrospective analysis based on the data of the TraumaRegister DGU® between 2009 and 2014. We identified the number of patients (ISS  $\geq 16$ ) with severe abdominal, pelvic and lower extremity injuries in whom REBOA may have been utilised. Inclusion criteria were severe shock (blood pressure  $\leq 90$  mmHg, pulse

$\geq 120$ /min, need for catecholamines and base excess  $\leq -9$  mmol/l. Patients with ongoing cardiopulmonary resuscitation, severe thoracic trauma or brain injury were excluded.

**Results:** Out of the basic group of 51,414 severely injured patients, 548 patients would have met the criteria for REBOA. Potential REBOA patients were younger ( $49 \pm 20$  vs.  $52 \pm 21$  years), more severely injured (ISS  $43 \pm 13$  vs.  $27 \pm 11$ ) and had less blunt trauma (93% vs. 71%) than the control group of all trauma patients. Furthermore, they required more resources such as fluids, catecholamines and blood products than the controls. Mortality in the REBOA group was 52%, with 63% dying within the first 6 hours after admission indicating exsanguination from uncontrollable bleeding. Major trauma centres received 80% of the potential REBOA patients, although only 62% of all trauma patients were admitted to these centres.

**Conclusion:** The TraumaRegister DGU® identified a small group of patients theoretically amenable to REBOA. The majority of these severely injured patients are admitted to major trauma centres. In Germany, each major trauma centre may expect 1 potential REBOA patient per year. On the one hand, mortality in this group of patients is high and further data from large registries will have to prove whether REBOA is an alternative to resuscitative thoracotomy. On the other hand, the potential number of REBOA patients justify an interprofessional training of the staff working at level-one trauma centres.

## Einleitung

Bei Schwerverletzen ist die Hämorrhagie verantwortlich für 30–40% der Todesfälle. Blutungen im Bereich der Extremitäten sind in der Regel durch manuelle Kompression, Kompressionsverbände, Hämostyptika und Tourniquets gut zu

beherrschen. Demgegenüber fehlen bis auf die Verwendung des Beckengurts für Blutungen im Bereich des Körperstamms effektive Maßnahmen zur frühzeitigen Blutungskontrolle. Folglich ist die Sterblichkeit der Patienten, die solche Verletzungen erleiden, mit bis zu 40% besonders hoch. Ein Großteil dieser Patienten verstirbt bereits vor Einlieferung in die Klinik [1]. Der temporäre endovaskuläre Verschluss der deszendierenden Aorta durch einen Ballonkatheter (Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta, REBOA) zur raschen und massiven Reduktion des Blutverlustes bei blutenden abdominalen und pelvinen Verletzungen sowie zur Erhöhung der Nachlast für die Perfusion von Herz und Gehirn ist daher in den vergangenen Jahren als mögliches lebensrettendes Verfahren diskutiert und in Publikationen am Tiermodell, in Fallberichten als auch klinischen Arbeiten veröffentlicht worden [2–11]. Die Ergebnisse sind jedoch inkongruent und reichen von einem zu favorisierenden Verfahren [12] bis zu einem schlechteren Outcome für den Patienten [13]. Ursächlich scheint einerseits die heterogene Indikationsstellung, andererseits die international sehr differente Organisation in der prähospitalen und klinischen Schwerstverletztenversorgung. Zusätzlich erfolgte in den letzten Jahren eine technische Weiterentwicklung des Equipments, was zu einem Rückgang der verfahrensbedingten Komplikationen geführt hat [8,11]. In der interdisziplinären S3-Leitlinie Schwerstverletztenversorgung wird die REBOA im Sinne einer Expertenmeinung als Option bei „kreislaufinstabilen Patienten in extremis“ genannt [14]. Im militärischen Umfeld existieren mittlerweile Guidelines und Empfehlungen [15], u.a. weil im Vorfeld Bedarfsanalysen durchgeführt wurden [16–18].

## Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Originalarbeit ist die Erstellung einer Bedarfsanalyse mit Hilfe einer retrospektiven Erfassung potentieller Patienten zur Anwendung der REBOA im nationalen Umfeld.

## Material und Methodik

### Das TraumaRegister DGU®

Das TraumaRegister DGU® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) wurde 1993 gegründet [19]. Ziel dieser multizentrischen Datenbank ist eine pseudonymisierte und standardisierte Dokumentation von Schwerverletzten. Die Daten werden prospektiv in vier aufeinanderfolgenden Phasen gesammelt: A) Präklinische Phase, B) Schockraum und anschließende OP-Phase, C) Intensivstation und D) Entlassung. Die Dokumentation beinhaltet detaillierte Informationen über Demografie, Verletzungsmuster, Komorbiditäten, präklinisches und klinisches Management, intensivmedizinischen Verlauf, wichtige Laborbefunde einschließlich Transfusionsdaten sowie das Outcome. Das Einschlusskriterium ist die Krankenhausaufnahme über den Schockraum mit anschließender Intensiv- oder Intermediate Care Unit-Überwachung, oder Ankunft in der Klinik mit Vitalzeichen und Versterben vor Aufnahme auf die Intensivstation. Prähosital verstorbene Patienten werden im TR-DGU nicht registriert. Die Infrastruktur für Dokumentation, Datenmanagement und Datenanalyse wird von der AUC-Akademie der Unfallchirurgie GmbH, welche der DGU angegliedert ist, bereitgestellt. Die wissenschaftliche Führung liegt bei der Sektion Notfall, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung der DGU (Sektion NIS). Über eine webbasierte Anwendung geben die teilnehmenden Kliniken ihre Daten pseudonymisiert in eine zentrale Datenbank ein. Die Einzelverletzungen der Patienten werden durch die jeweiligen Klinikmitarbeiter nach AIS (Abbreviated Injury Score) verschlüsselt gespeichert. Wissenschaftliche Auswertungen werden nach einem Reviewverfahren der Sektion NIS genehmigt [20]. Die teilnehmenden Kliniken sind primär in Deutschland (90%) lokalisiert. Stand 2017 fließen jährlich ca. 40.000 Fälle von über 600 Kliniken in die Datenbank ein. Die Beteiligung am TraumaRegister DGU® ist freiwillig, für die dem TraumaNetzwerk DGU® zugehörigen Kliniken ist die Eingabe zumindest eines Basisdatensat-

zes zur Qualitätssicherung verpflichtend [19,21].

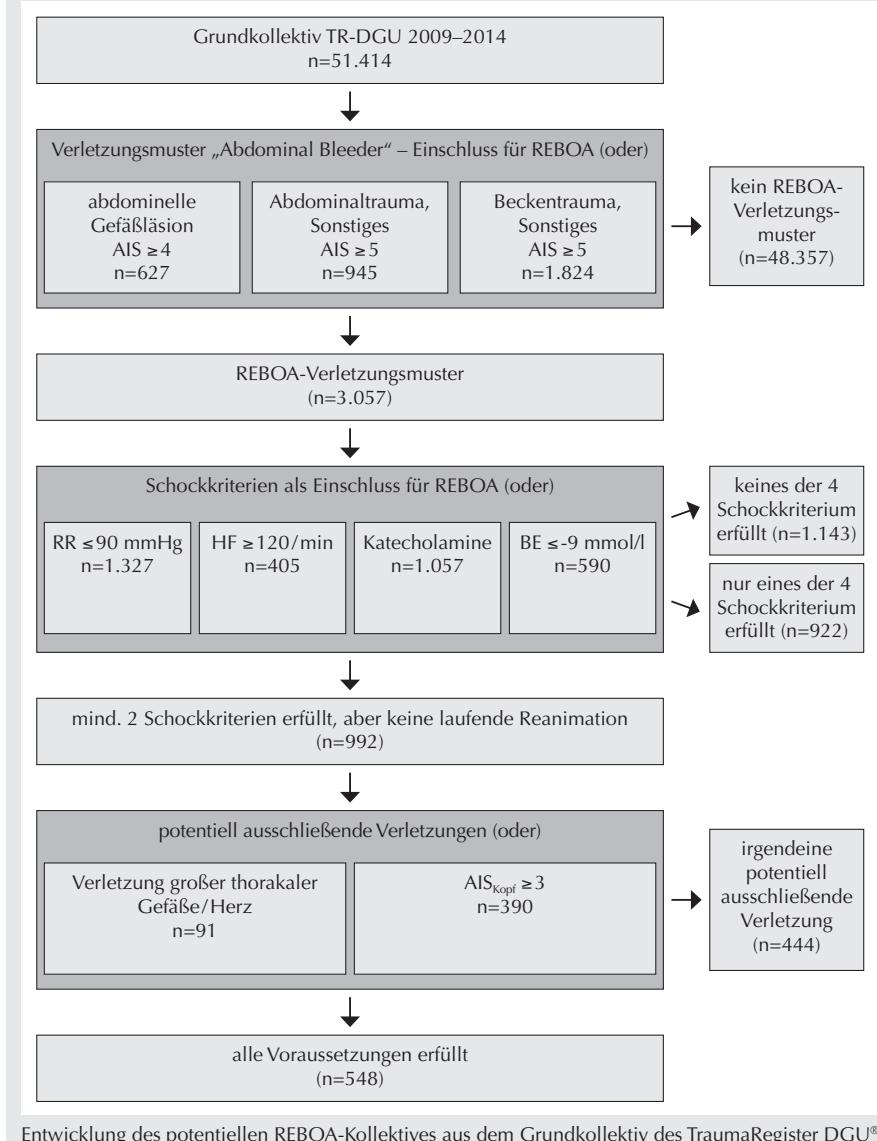
## Patientenkollektive

Das Grundkollektiv (GK) der Untersuchung besteht aus primär aufgenommenen und sekundär zuverlegten Patienten aus deutschen Kliniken der Jahre 2009 bis einschließlich 2014. Die Mindestverletzungsschwere musste mindestens 16 Punkte im Injury Severity Score betragen (ISS  $\geq 16$ ), Kinder und Heranwachsende wurden ausgeschlossen (Alter  $\geq 16$  Jahre). Ebenfalls ausgeschlossen wurden Patienten, deren Blutdruckwerte bei Aufnahme in den Schockraum nicht verfügbar waren, sowie Fälle, die innerhalb von 48 Stunden in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden (Outcome nicht bekannt). Aus diesem Grundkollektiv wurden alle Patienten identifiziert, die eine potentielle Indikation für REBOA (pot-REBOA) hatten. REBOA als durchgeführte Maßnahme wird derzeit im TR-DGU nicht erfasst.

**Kriterien der potentiellen REBOA-Gruppe:** Abbildung 1 zeigt einen Überblick der Ein- und Ausschlusskriterien der potentiellen REBOA-Gruppe (pot-REBOA):

1. Anatomisches Verletzungsmuster:
  - a. schwerste abdominelle Gefäßverletzung (AIS<sub>abdominelle Gefäße</sub>  $\geq 4$ ) oder
  - b. schwerstes sonstiges Abdominaltrauma (AIS<sub>Abdomen</sub>  $\geq 5$ ) oder
  - c. schwerstes Beckentrauma (AIS<sub>Becken</sub>  $\geq 5$ )
2. Patient befindet sich im traumatisch hämorrhagischen Schock (mindestens 2 Kriterien erfüllt), ist bei Aufnahme in den Schockraum jedoch nicht kardiopulmonal reanimationspflichtig.
  - a. systolischer Blutdruck (RR<sub>sys</sub>)  $\leq 90$  mmHg
  - b. Pulsfrequenz  $\geq 120$ /min
  - c. laufende Katecholamintherapie
  - d. Basendefizit (base excess, BE)  $\leq -9$  mmol/l
3. Patient zeigt keine potentiell ausschließende Verletzung.
  - a. thorakale Gefäßverletzung oder Verletzung Herz oder
  - b. schweres SHT (AIS<sub>Schädel</sub>  $\geq 3$ )

Abbildung 1



Entwicklung des potentiellen REBOA-Kollektives aus dem Grundkollektiv des TraumaRegister DGU® (TR-DGU).

## Biometrische Methoden

Es erfolgt eine deskriptive Gegenüberstellung des pot-REBOA-Kollektives mit den übrigen Patienten (Vergleichskollektiv) des Grundkollektives.

Die Verletzungsschwere wird mittels Injury Severity Score (ISS) und New Injury Severity Score (NISS) bestimmt [22]. Die Revised Injury Severity Classification II (RISC II) wird verwendet, um die prognostizierte Überlebenswahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt der Aufnahme zu bestimmen [23].

Die Ergebnisse werden deskriptiv präsentiert. Bei kontinuierlichen Variablen werden Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) angegeben. Bei deutlich schief verteilten Merkmalen wurde zusätzlich der Median (M) mit angegeben. Kontingenztabellen werden verwendet, um Häufigkeitsverteilungen als Prozentwerte darzustellen. Für ausgewählte Merkmale wird ein 95% Konfidenzintervall (95% KI) berechnet. Wegen der enormen Fallzahl wurde auf formale test-statistische Vergleiche verzichtet.

Die Datenanalyse erfolgte mit SPSS (Version 22, IBM Corp., Armonk, NY, United States), die Diagrammgestaltung mittels Excel und PowerPoint 2016 für Mac OS (Microsoft Corp., Redmond, Washington, United States).

## Ethik und Studienregistrierung

Die vorliegende Sekundärdatenanalyse basiert lediglich auf routinemäßig erhobenen Daten und steht in Übereinstimmung mit der Publikationsrichtlinie des TraumaRegister DGU® und ist unter der TR-DGU Projekt ID 2014-008 registriert [20].

## Ergebnisse

Das Grundkollektiv der Studie besteht aus n=51.414 eingeschlossenen Patienten. Unter diesen befanden sich 548 potentiellen REBOA-Patienten (1,1%). Wie in Abbildung 1 dargestellt ergibt sich dieses potentielle REBOA-Kollektiv wie folgt: 3.057 Patienten kommen aufgrund ihres Verletzungsmusters für die Anwendung von REBOA in Betracht, jedoch sind hiervon zum Zeitpunkt der Schockraumaufnahme lediglich n=992 Patienten sicher im traumatisch hämorrhagischen Schock. 91 weitere Patienten haben eine relevante Verletzung von thorakalen Gefäßen, respektive des Herzens/Herzbeutels, so dass hier eine Thorakotomie indiziert wäre. 390 der verbleibenden 992 Patienten weisen ein relevantes begleitendes Schädel-Hirn-Trauma (SHT) auf, so dass 444 Patienten Verletzungen aufweisen, die zum Ausschluss führen. Bei n=548 Patienten bestand die potentielle Indikation, REBOA anzuwenden (pot-REBOA).

Tabelle 1 beschreibt die demografischen Daten, Unfallhergang und die Verletzungsschwere von pot-REBOA als auch dem Vergleichskollektiv. Hier fällt vor allem die höhere Verletzungsschwere im ISS mit 43,2 vs. 26,7, als auch im NISS mit 49,7 vs. 33,2 auf.

Kennzahlen der prähospitalen Versorgung sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Alle im TR-DGU betrachteten invasiven Maßnahmen werden im pot-REBOA-Kollektiv bereits prähospital häufiger durchgeführt als im TR-DGU-Ver-

**Tabelle 1**

Demografische Daten sowie Informationen zum Unfallmechanismus/-hergang als auch die Verletzungsschwere des REBOA-Zielkollektives (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektives (VK). Angabe als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung, respektive prozentualer Anteil am jeweiligen Kollektiv. ISS=Injury Severity Score; NISS=New Injury Severity Score; VU=Verkehrsunfall.

	potenzielles REBOA-Kollektiv (n=548)	TR-DGU-Vergleichskollektiv (n=50.866)
<b>Demografische Daten</b>		
Patientenalter (Jahre)	48,9 $\pm$ 20,1	52,0 $\pm$ 21,0
Geschlecht, männlich (%)	69,7%	71,4%
<b>Unfallmechanismus</b>		
Stumpf	93,1%	96,2%
<b>Unfallhergang</b>		
Verkehrsunfall (alle)	63,5%	52,5%
davon VU Auto	36,1%	44,6%
davon VU Motorrad	29,6%	24,7%
davon VU Fahrrad	9,4%	15,4%
davon VU Fußgänger	18,8%	13,2%
davon VU Sonstige	6,5%	2,2%
Sturz $\geq$ 3 m	22,0%	18,1%
Sturz <3 m	4,3%	20,1%
Schlag	2,0%	2,7%
Schuss	1,7%	0,7%
Stich	3,0%	1,1%
Sonstiges	5,4%	4,8%
<b>Verletzungsschwere*</b>		
ISS	43,2 $\pm$ 12,9	26,7 $\pm$ 1,1
NISS	49,7 $\pm$ 13,4	33,2 $\pm$ 13,7

\*Verletzungsmuster siehe Abb. 2

vs. 5,3 Median: 1 vs. 1), auf Intensivstation (MW: 12,5 vs. 9,7 Median: 5 vs. 5) und stationär im Krankenhaus (MW: 24,0 vs. 21,6 Median 12 vs. 16). Dies gilt im Besonderen, wenn man die jeweiligen Subgruppen der überlebenden Patienten gegenüberstellt (vgl. Tabelle 4).

In dem 5-jährigen Erhebungszeitraum von 2009 bis einschließlich 2014 nahmen etwa 430 Kliniken am TR-DGU teil. Diese verteilten sich auf 89 überregionale Traumazentren (ÜTZ), 177 regionale (RTZ) und 164 lokale Traumazentren (LTZ). Pro Jahr ist mit 110 potentiellen REBOA-Patienten zu rechnen. Vergleicht man die gefundene Aufnahmeverteilung der potentiellen Patienten, so ergibt sich ein potentieller Fall pro Jahr im ÜTZ. In RTZ ist mit 0,1 Patient/Jahr und in LTZ mit lediglich 0,01 Patient/Jahr auszugehen.

**Diskussion**

Erstmals wird für den deutschen Raum untersucht, wie viele Patienten potentiell von einer Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) im Rahmen der Schockraumversorgung Schwerstverletzter profitieren könnten. Die gefundene potentielle Inzidenz liegt bei konservativer Betrachtung bei etwa 1% (548/51.414) und ist mit mind. 1 Fall pro überregionalem Traumazentrum pro Jahr sehr niedrig. Sie liegt somit vergleichbar niedrig wie die einer Notfallthorakotomie. Lötgers et al. geben hierfür im TraumaRegister DGU® eine Inzidenz von 0,56% (72/12.971) an. Einschlusskriterium in dieser Studie aus dem Jahr 2010 war ein ISS  $\geq$ 16 [24]. Dabei muss bedacht werden, dass Lötgers et al. nicht nach dem zugrundeliegenden therapeutischen Ansatz (Ausklemmen der thorakalen Aorta vs. operative Therapie einer thorakalen Verletzung) der Notfallthorakotomie unterscheiden konnten.

Das retrospektiv untersuchte Patientenkollektiv wurde anhand sehr restriktiver Ein- und Ausschlusskriterien entwickelt (Abb. 1). Dass Patienten mit relevanten Verletzungen des Herzens/Herzbeutels oder großer thorakaler Gefäße durch REBOA Schaden nehmen, erscheint pa-

gleichskollektiv. Überregionale Traumazentren sind in 80,1% wesentlich häufiger Zielklinik als bei non-REBOA-Patienten (62,4%). Der Transport der primär versorgten Patienten erfolgt in 35,1% luftgebunden. Trotzdem ist die prähospitale Gesamtrettungszeit mit 66 Minuten mit dem Vergleichskollektiv (65 Minuten) quasi identisch. Tabelle 3 stellt wesentliche Ereignisse der frühen innerklinischen Versorgung im Schockraum und OP zusammen. Alle Patienten der pot-REBOA-Gruppe sind am Ende der Schockraumversorgung intubiert und kontrolliert beatmet. Auffällig ist der mit 30,8% deutlich höhere Anteil an Notoperationen (vgl. 4,3% im Vergleichs-

kollektiv). Dabei ist die Dauer bis zur Not-Operation in beiden Kollektiven mit 38 Minuten identisch.

Abbildung 2 vergleicht das Verletzungsmuster der potentielle REBOA-Gruppe und der Vergleichsgruppe. Von den potentiellen REBOA-Patienten können 48,4% lebend aus dem Krankenhaus entlassen werden, wohingegen 82,7% der Patienten des Grundkollektives überleben. Abbildung 3a gibt die Überlebensrate beider Kollektive zu 6 definierten Zeitpunkten ab Klinikaufnahme wieder. Abbildung 3b fokussiert auf den Sterbezeitpunkt der Verstorbenen.

Patienten der pot-REBOA-Gruppe sind länger intubiert und beatmet (MW: 7,6



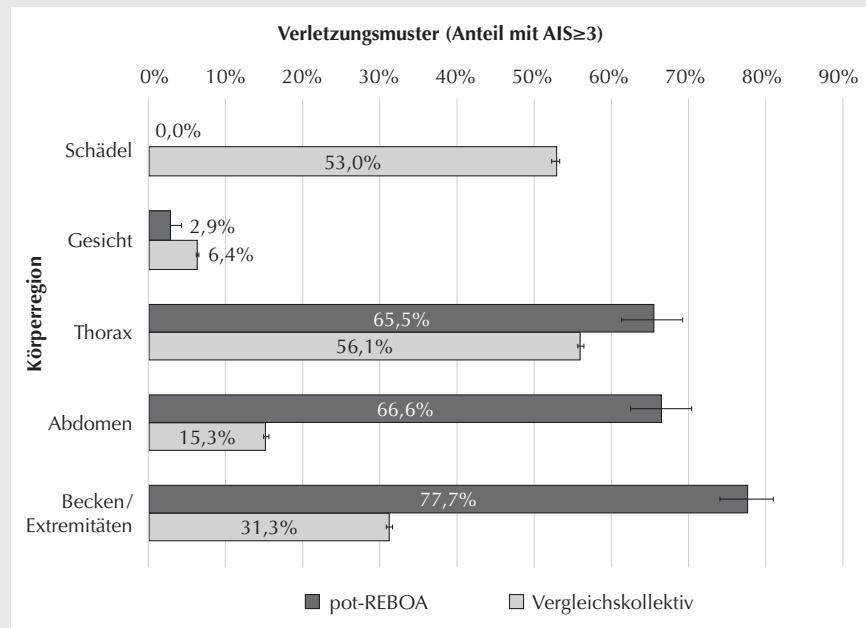
thophysiologisch nachvollziehbar. Da Blutungen im Kopf-Hals-Bereich sowie der oberen Extremität nicht durch REBOA begrenzt werden können, müssen auch hier andere Maßnahmen gewählt werden. Weiterhin wurden Patienten unter laufender Reanimation bei Aufnahme in den Schockraum aus der REBOA-Gruppe ausgeschlossen, da die Autoren hier die Notfallthorakotomie als Standard favorisieren. Nur so lassen sich die thorakale Aorta abklemmen, eine Herzbeuteltamponade als reversible Ursache behandeln und so ist auch eine ggf. notwendige offene Herzdruckmassage möglich [14,25,26]. Diskussionswürdig erscheint der Ausschluss aller Patienten mit einem begleitenden schweren SHT. Hintergrund dieser Maßgabe ist der z.T. massive Blutdruckanstieg durch vollständige REBOA im Tiermodell [27] sowie klinische Fallberichte [28]. Sie werden jedoch von Morrison et al. anhand deren Erfahrungen aus dem Irak als weniger relevant angesehen [17]. Weiterhin profitieren gerade Patienten mit SHT von einem normwertigen Blutdruck [29], da nur dann eine ausreichende Perfusion des Hirnparenchyms zu erwarten ist. Möglicherweise kann diese Problematik durch aktuelle Entwicklungen wie „partial REBOA“ [30], bei der die Okklusion der Aorta nicht vollständig durchgeführt wird, erweitert werden. Weiterhin wurden mehrere Kennzeichen verwendet, um Patienten im ansonsten therapierefraktären traumatisch hämorrhagischen Schock, daher „in extremis“ befindliche, zu identifizieren [14]. Verdeutlicht wird dies durch den hohen Verbrauch an Erythrozytenkonzentraten/Plasmapräparaten im Schockraum bis zum Ende der ersten operativen Versorgung. So wurden durchschnittlich von 9,9 (Median 6) respektive 7,1 (Median 4) Einheiten pro potentiellem REBOA-Patienten transfundiert. Die Notwendigkeit der definitiven Blutungskontrolle wird durch REBOA nicht abgeändert, aber durch einen schnelleren Blutungsstopp könnte eine entsprechend geringere Notwendigkeit an Blut/Blutprodukten resultieren.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, würde sich bei weniger restriktiven Einschluss-

**Tabelle 2**

Prähospitale Versorgung des REBOA-Zielkollektives (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektiv (VK). Angabe als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung, respektive prozentualer Anteil am jeweiligen Kollektiv. **CPR** = mechanische, kardiopulmonale Reanimation; **RTH** = arztbesetzter Rettungshubschrauber; **SR** = Schockraum.

	potentielles REBOA-Kollektiv (n=548)	TR-DGU-Vergleichskollektiv (n=50.866)
<b>prähospitale Therapie der primär versorgten Patienten</b>		
Anteil primär versorger Patienten	n=497 (91%)	n=44.846 (88%)
Intubation prähospital	72,2%	40,4%
Thoraxdrainage prähospital	13,1%	5,0%
Infusionsmenge prähospital	1.482 $\pm$ 1.081 ml	908 $\pm$ 717 ml
Katecholamintherapie prähospital	38,2%	11,8%
CPR prähospital	19,5%	4,3%
<b>Zielklinik</b>		
Überregionales Traumazentrum	80,1%	62,4%
Regionales Traumazentrum	17,9%	32,1%
Lokales Traumazentrum	2,0%	5,5%
<b>weitere Angaben</b>		
Rettungsmittel RTH	35,1%	27,8%
prähospitale Gesamtrettungszeit (Unfall bis Aufnahme SR)	66 $\pm$ 29 min	65 $\pm$ 28 min

**Abbildung 2**

Anteil lebensbedrohlich verletzter Körperregionen (AIS $\geq 3$ ) im Kollektiv der potentiellen REBOA-Patienten (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektives (VK).

**Tabelle 3**

Initiale Versorgung des REBOA-Zielkollektives (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektiv (VK) im Schockraum. Angabe als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung, respektive prozentualer Anteil am jeweiligen Kollektiv.

**BE** = Basendefizit; **CPR** = mechanische, kardiopulmonale Reanimation; **EK** = Erythrozytenkonzentrate; **FFP** = Plasmapräparat; **ITS** = Intensivtherapiestation; **Puls** = Pulsfrequenz; **OP** = chirurgischer Eingriff, Operation; **SR** = Schockraum.

	REBOA-Zielkollektiv (n=548)	TR-DGU-Vergleichskollektiv (n=50.866)
kardiozirkulatorische Situation im SR		
RR <sub>sys</sub> initial (mmHg)	70 $\pm$ 34	125 $\pm$ 33
mind. 2 Schockkriterien (%)	100%	8,8%
Puls (/min)	98 $\pm$ 40	88 $\pm$ 22
BE (mmol/l)	-11,1 $\pm$ 8,2	-2,6 $\pm$ 4,9
Initialbehandlung im SR		
Intubation im SR	34,4%	18,7%
Thoraxdrainage im SR	33,7%	16,9%
Infusionsvolumen im SR	3.135 $\pm$ 3.456 ml	1.327 $\pm$ 1.575 ml
Katecholamintherapie im SR	87,8%	25,4%
CPR jemals	33,7%	6,2%
Therapieentscheidung im SR		
Not-OP (Abbruch)	30,8%	4,3%
Früh-OP	55,2%	39,4%
ITS	11,2%	51,5%
Sonstiges	2,7%	4,9%
Versorgungszeiten im SR		
alle	56 $\pm$ 42 min	62 $\pm$ 40 min
bei Not-OP (Abbruch)	38 $\pm$ 30 min	38 $\pm$ 30 min
bei Früh-OP	61 $\pm$ 35 min	62 $\pm$ 38 min
bei ITS	88 $\pm$ 65 min	64 $\pm$ 41 min
bei Sonstiges	44 $\pm$ 33 min	52 $\pm$ 38 min
Blut und Blutprodukte		
EK (Einheiten)	9,9 $\pm$ 12,4	1,0 $\pm$ 3,7
FFP (Einheiten)	7,1 $\pm$ 10,0	0,7 $\pm$ 3,1

kriterien das potentielle REBOA-Kollektiv deutlich vergrößern, nahezu vierfachen. Andererseits zeigen die potentiellen REBOA-Patienten in 66% der Fälle trotz Ausschluss von Mediastinalverletzungen, Verletzungen des Herzens sowie große Gefäße des Brustraumes ein schweres Thoraxtrauma. Ob eine solche Differenzierung anhand klinischer und anamnestischer Daten bereits während des primary Survey, dem Zeitpunkt der Therapieentscheidung, ge-

macht werden kann, muss kritisch gesehen werden.

Nichtsdestotrotz weist das gefundene Patientenkollektiv wesentliche Charakteristika eines in der Exsanguination befindlichen Patienten auf. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass die Patientengruppe eine erhebliche Frühletalität aufweist. 62,6% der Patienten der pot-REBOA-Gruppe versterben innerhalb der ersten 6 Stunden nach Klinikaufnahme.

Dabei ist der relative Anteil der Patienten, die innerhalb der ersten 30 Minuten, zwischen 30 und 60 Minuten und im Zeitraum 1 bis 6 Stunden nach Klinikaufnahme versterben, jeweils doppelt so hoch wie im Vergleichskollektiv der Auswertung (Abb. 3b). Gelingt die Blutstillung im Schockraum/im OP, sinkt die Klinikletalität rapide sogar unter die Werte des Grundkollektives ab.

Anhand des Trauma Audit and Research Network (TARN) ermittelten Barnard et al. 2014 die potentielle Inzidenz von REBOA für England und Wales. Dabei findet die Arbeitsgruppe bei weniger restriktiven Einschlusskriterien 0,3 Patienten/Traumazentrum/Jahr und in Major Trauma Center (MTS) 3,8 Patienten/MTS/Jahr. Zusätzlich konnten Barnard et al. zeigen, dass es eine regionale Häufung in 10 MTS mit bis zu 7,9 Patienten/MTS/Jahr geben könnte [16]. Morrison et al. untersuchten 1.317 schwerstverletzte Soldaten mit einem mittleren ISS von 40 und einer Mortalität von 43,2% [17]. Bei dieser Studie konnten alle, daher auch prähospital verstorbene Patienten, eingeschlossen werden. In 244 Fällen (18,5%) wäre retrospektiv anhand des Verletzungsmusters REBOA indiziert gewesen. Einschränkend muss angemerkt werden, dass bereits 79 Patienten ohne Lebenszeichen aufgefunden wurden und lediglich 165 überhaupt in eine medizinische Versorgungseinrichtung transportiert wurden. Von diesen konnten 99 unter Reanimation oder mit Lebenszeichen der klinischen Behandlung zugeführt werden. Eine der Schlussfolgerungen der Autoren ist, dass REBOA ggf. bereits prähospital angewendet werden muss, um den verblutenden Patienten Zeit bis zur chirurgischen Blutstillung zu verschaffen [17].

International und national existieren mehrere Schulungskonzepte [31–35] und Guidelines zur Anwendung von REBOA [36,15], welche z. T. verpflichtend in das Curriculum der Ausbildung zum „Emergency Physician“ integriert sind [33]. Die Frage, wer zur Indikationsstellung und Durchführung geeignet ist, wird international z. T. kontrovers diskutiert,

kann und soll mit den Daten der vorliegenden Originalarbeit jedoch nicht beantwortet werden. Einheitlich wird bei allen Planungen und Fallberichten, egal

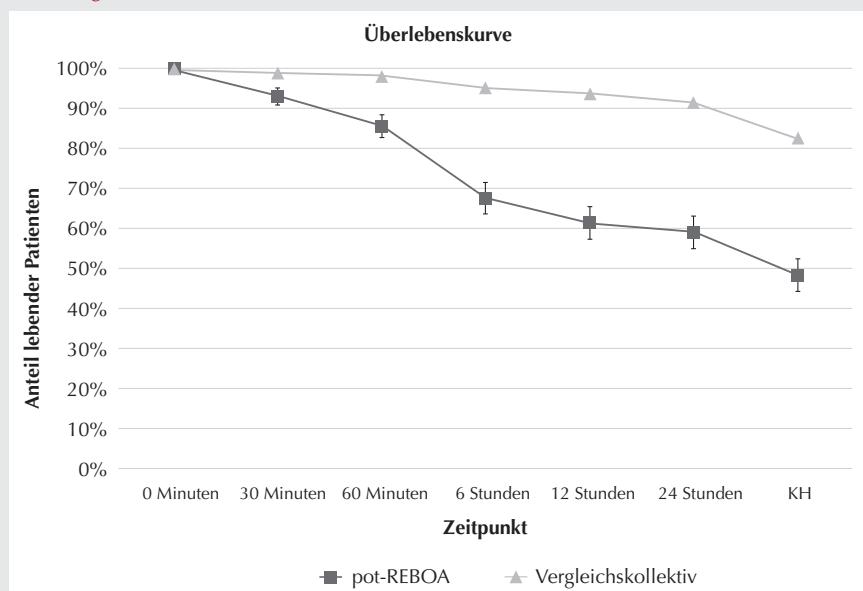
ob es sich um prähospitale Anwendung, im militärischen Umfeld oder klinische Anwendung im Schockraum, OP oder auf der Intensivstation handelt, beschrie-

ben, dass REBOA immer Teamarbeit ist [37,36, 38–41,31,11].

Hervorzuhebende Stärke der Arbeit ist die nahezu vollständige Erfassung aller Schwerstverletzten, die über den Schockraum in die Klinik aufgenommen werden. Im Rahmen der Zertifizierung sind alle Traumazentren Deutschlands verpflichtet, zumindest den Basisdatensatz des TR-DGU vollständig, vollständig und richtig zu erheben [42]. Somit ist nur von einem geringen Teil unerkannter potentieller REBOA-Patienten auszugehen. Weiterhin konnte das TR-DGU mit den Jahresberichten regelmäßig zeigen, dass sowohl Datenvollständigkeit als auch Datenvollständigkeit hoch sind.

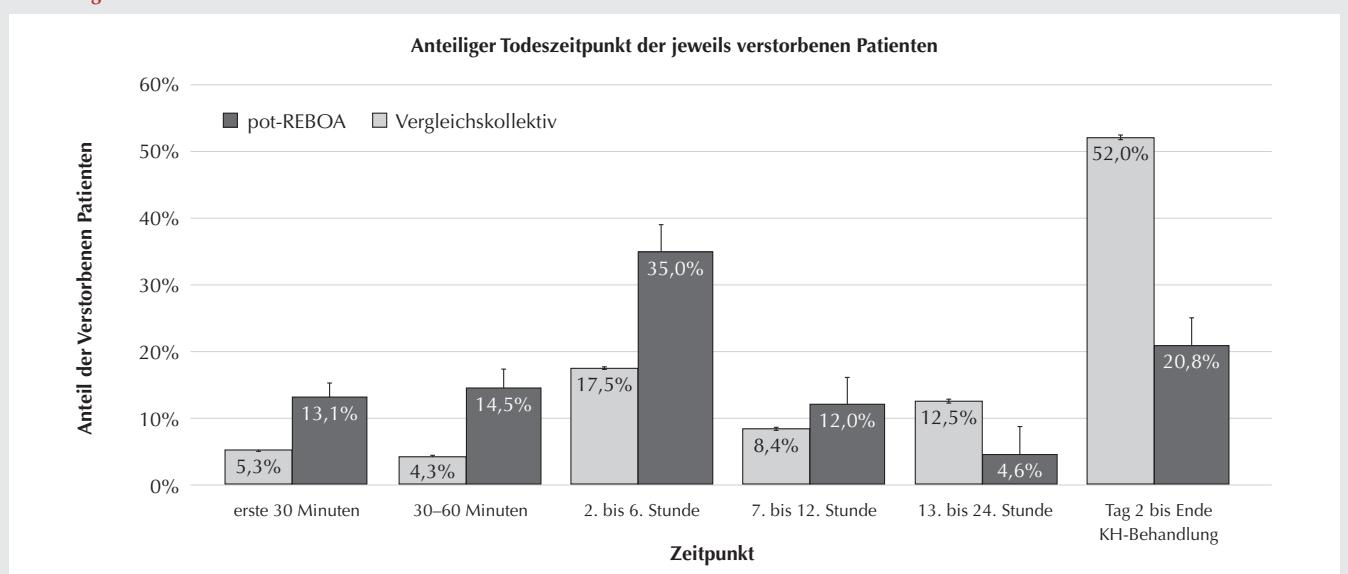
Andererseits muss kritisch betont werden, dass die Ergebnisse dieser Auswertung nicht auf das prähospitale Umfeld übertragen werden dürfen. Präklinisch verstorbene Patienten sind nicht im TR-DGU enthalten. Existierende Fallberichte deuten darauf hin, dass auch in diesen Situationen REBOA z. T. erfolgreich praktiziert wird [40]. Auch macht die vorliegende Untersuchung keinen Unterschied zwischen den möglichen Anwendungsindikationen für REBOA in

Abbildung 3a



Überlebenskurve des potentiellen REBOA-Kollektives (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektives (VK) der über den Schockraum des Krankenhauses aufgenommenen Patienten zu 6 definierten Zeitpunkten. Angabe des prozentualen Anteils sowie des 95%-Konfidenzintervalls.  
KH = Zeitpunkt der Krankenhausentlassung.

Abbildung 3b



Todeszeitpunkt der verstorbenen Patienten des potentiellen REBOA-Kollektives (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektives (VK) der über den Schockraum des Krankenhauses aufgenommenen Patienten zu 6 definierten Zeitpunkten. Angabe des prozentualen Anteils sowie des 95%-Konfidenzintervalls.  
KH = Zeitpunkt der Krankenhausentlassung.

der ZONE I der Aorta (distal Abgang A. subclavia sinistra bis Abgang Truncus coeliacus) und ZONE III (distal A. renalis bis Aortenbifurkation) [9]. Beide Verfahren werden mit dem selben Material vorgenommen. Auch unterscheiden sich die benötigten Ressourcen kaum. Unterschiede ergeben sich primär in der Indikation (vermutete Blutungsquelle abdominal  $\Rightarrow$  Indikation REBOA ZONE I, ansonsten REBOA ZONE III erwägen) [9].

Da es sich bei der Datenanalyse um eine Sekundärdatenauswertung eines bestehenden Registers handelt, welches REBOA als Intervention nicht per se erfasst, ist es unmöglich, real durchgeführte Fälle zu untersuchen. Hier sind japanische wie nordamerikanische REBOA-Register im Vorteil. Sie erlauben u.a. eine Outcomeanalyse, respektive eine Gegenüberstellung von REBOA als potentiell weniger invasive Variante der Aortenokklusion gegenüber dem Standardvorgehen mittels Notfallthorakotomie zum temporären Aortenclamping [8,43].

## Zusammenfassung

**In überregionalen Traumazentren ist mit mindestens einem Patienten pro Jahr zu rechnen, bei dem die Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) indiziert erscheint. Dabei handelt es sich um ein ressourcen- und zeitaufwendiges Patientenkollektiv, das derzeit überproportional häufig innerhalb der ersten 6 Stunden nach Klinikaufnahme verstirbt. Parallel zu der zu erwartenden Weiterentwicklung des Verfahrens sollte ein evidenzbasierter Indikationskatalog erarbeitet werden. Inwieweit sich REBOA von bereits existierenden Methoden wie dem offenen Aortenclamping im Rahmen einer Notfallthorakotomie als vorteilhaft erweist, lässt sich für die in Deutschland bestehenden Organisationsstrukturen aktuell nicht beantworten. Trotzdem erscheint eine REBOA-Schulung für Schockraumteams in überregionalen Traumazentren bereits jetzt indiziert.**

**Tabelle 4**

Weiterer Verlauf des REBOA-Zielkollektives (pot-REBOA) sowie des Vergleichskollektives (VK) nach Aufnahme auf Intensivstation. Angabe als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung, respektive prozentualer Anteil am jeweiligen Kollektiv.

**ITS** = Intensivtherapiestation; **KH** = Krankenhaus; **RISC II** = Revised Injury Severity Classification; **SMR** = Standardisierte Mortalitätsrate).

	potenzielles REBOA-Zielkollektiv (n=548)	TR-DGU-Vergleichskollektiv (n=50.866)
<b>Intensivstation</b>		
Tage intubiert/beatmet (alle)	7,6 $\pm$ 14,3	5,3 $\pm$ 9,8
Tage intubiert/beatmet (Überlebende)	11,9 $\pm$ 13,5	5,4 $\pm$ 10,0
ITS-Tage (alle)	12,5 $\pm$ 18,5	9,7 $\pm$ 12,7
ITS-Tage (Überlebende)	21,7 $\pm$ 18,1	10,6 $\pm$ 13,0
KH-Tage (alle)	24,0 $\pm$ 30,9	21,6 $\pm$ 21,5
KH-Tage (Überlebende)	43,9 $\pm$ 30,3	24,6 $\pm$ 21,8
<b>Outcome</b>		
Klinikletalität	52,3%	17,6%
RISC II-Prognose	51,0%	17,4%
SMR (Klinikletalität vs. RISC II-Prognose)	1,025	1,012

## Interessenkonflikt

**Martin Kulla** berichtet seitens der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) Reise- und Beherbergungskosten sowie die finanzielle Unterstützung einer Open-Access-Publikation; seitens des Bundesministeriums der Verteidigung (Förderkennzeichen SoFo 34K3-17 1515 (DigiPen)) Forschungsgelder zur Entwicklung eines medizinischen Einsatzregisters für die Bundeswehr; seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 01KX1319A (AKTIN)) als Antragsteller ohne finanzielle oder anderweitige Unterstützung/Leistung; seitens des Bundesministeriums der Verteidigung – Förderkennzeichen SoFo 37K3-S-20 1618 (HappiER): Patientenzufriedenheit in der Notaufnahme.

**Rolf Lefering** berichtet eine Beziehung zwischen der AUC GmbH als Träger des TraumaRegister DGU® und dem IFOM der Universität Witten / Herdecke. Diese Beziehung beinhaltet statistische Unterstützung bei Analysen aus dem TraumaRegister DGU®.

**Michael Engelhardt, Thorsten Holsträter, Dan Bieler und Elias Kristoffer** geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Kisat M, Morrison JJ, Hashmi ZG, Efron DT, Rasmussen TE, Haider AH: Epidemiology and outcomes of non-compressible torso hemorrhage. *J Surg Res* 2013;184(1):414–421. DOI:10.1016/j.jss.2013.05.099
2. Brenner ML, Moore LJ, DuBose JJ, Tyson GH, McNutt MK, Albarado RP, et al: A clinical series of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for hemorrhage control and resuscitation. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75(3):506–511. DOI:10.1097/TA.0b013e31829e5416
3. Morrison JJ, Percival TJ, Markov NP, Villamaria C, Scott DJ, Saches KA, et al: Aortic balloon occlusion is effective in controlling pelvic hemorrhage. *J Surg Res* 2012;177(2):341–347. DOI:10.1016/j.jss.2012.04.035
4. Avaro JP, Mardelle V, Roch A, Gil C, de Biasi C, Oliver M, et al: Forty-minute endovascular aortic occlusion increases survival in an experimental model of uncontrolled hemorrhagic shock caused by abdominal trauma. *J Trauma* 2011;71(3):720–725; discussion 5–6. DOI:10.1097/TA.0b013e318221a94a
5. Long KN, Houston Rt, Watson JD, Morrison JJ, Rasmussen TE, Propper BW, et al: Functional outcome after resuscitative endovascular balloon occlusion

- of the aorta of the proximal and distal thoracic aorta in a swine model of controlled hemorrhage. *Ann Vasc Surg* 2015;29(1):114–121. DOI:10.1016/j.avsg.2014.10.004
- Morrison JJ, Ross JD, Houston Rt, Watson JD, Sokol KK, Rasmussen TE: Use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in a highly lethal model of noncompressible torso hemorrhage. *Shock* 2014;41(2):130–137. DOI:10.1097/SHK.0000000000000085
  - Williams TK, Neff LP, Johnson MA, Ferencz SA, Davidson AJ, Russo RM, et al: Extending resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: Endovascular variable aortic control in a lethal model of hemorrhagic shock. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;81(2):294–301. DOI:10.1097/TA.0000000000001075
  - DuBose JJ, Scalea TM, Brenner M, Skiada D, Inaba K, Cannon J, et al: The AAST prospective Aortic Occlusion for Resuscitation in Trauma and Acute Care Surgery (AORTA) registry: Data on contemporary utilization and outcomes of aortic occlusion and resuscitative balloon occlusion of the aorta (REBOA). *J Trauma Acute Care Surg* 2016;81(3):409–419. DOI:10.1097/TA.0000000000001079.
  - Stannard A, Eliason JL, Rasmussen TE: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) as an adjunct for hemorrhagic shock. *J Trauma* 2011;71(6):1869–1872. DOI:10.1097/TA.0b013e31823fe90c
  - Kunitatsu K, Ueda K, Iwasaki Y, Yamazoe S, Yonemitsu T, Kawazoe Y, et al: Outcomes of abdominal trauma patients with hemorrhagic shock requiring emergency laparotomy: efficacy of intra-aortic balloon occlusion. *Acute Med Surg* 2016;3(4):345–50. DOI:10.1002/ams.2.212
  - Knapp J, Bernhard M, Haltmeier T, Bieler D, Hossfeld B, Kulla M: REBOA (Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta) – eine Option für nicht komprimierbare Körperstammlutungen? *Der Anästhesist* 2018;https://DOI.org/10.1007/s00101-018-0418-5(online first)
  - Moore LJ, Martin CD, Harvin JA, Wade CE, Holcomb JB: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for control of noncompressible truncal hemorrhage in the abdomen and pelvis. *Am J Surg* 2016;212(6):1222–1230. DOI:10.1016/j.amjsurg.2016.09.027
  - Inoue J, Shiraishi A, Yoshiyuki A, Haruta K, Matsui H, Otomo Y: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta might be dangerous in patients with severe torso trauma: A propensity score analysis. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;80(4):559–566; discussion 66–7. DOI:10.1097/TA.0000000000000968
  - Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie und Gefäßmedizin, Deutsche Gesellschaft für Handchirurgie, Deutsche Gesellschaft für HNO-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie, Deutsche Gesellschaft Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin et al: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. AWMF-Register Nr. 012/019. AWMF; 2016:1–446
  - Joint Trauma system Clinical practice Guideline (JTS CPG) – Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) for Hemorrhagic Shock (CPG ID: 38) 2017
  - Barnard EB, Morrison JJ, Madureira RM, Lendrum R, Fragozo-Iniguez M, Edwards A, et al: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA): a population based gap analysis of trauma patients in England and Wales. *Emerg Med J* 2015;32(12):926–932. DOI:10.1136/emermed-2015-205217
  - Morrison JJ, Ross JD, Rasmussen TE, Midwinter MJ, Jansen JO: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: a gap analysis of severely injured UK combat casualties. *Shock* 2014;41(5):388–393. DOI:10.1097/SHK.0000000000000136
  - Joseph B, Ibraheem K, Haider AA, Kulvatunyou N, Tang A, O'Keeffe T, et al: Identifying potential utility of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: An autopsy study. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;81(5 Suppl 2 Proceedings of the 2015 Military Health System Research Symposium):S128–S132. DOI:10.1097/TA.0000000000001104
  - TraumaRegister DGU: 20 years TraumaRegister DGU®: development, aims and structure. *Injury* 2014;45 Suppl 3:S6–S13. DOI:10.1016/j.injury.2014.08.011
  - Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung der DGU: Publikationsrichtlinie TraumaRegister DGU 2016. [http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user\\_upload/trauma](http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/trauma) register-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU\_-\_Publikationsrichtlinie.pdf. (Zugriffsdatum: 16.11.2017)
  - Ruchholtz S, Lefering R, Lewan U, Debus F, Mand C, Siebert H, et al: Implementation of a nationwide trauma network for the care of severely injured patients. *J Trauma Acute Care Surg* 2014;76(6):1456–1461. DOI:10.1097/TA.0000000000000245
  - Kulla M, Fischer S, Helm M, Lampl L: How to assess the severity of the multi-system trauma in the emergency-room – a critical review. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2005;40(12):726–736. DOI:10.1055/s-2005-870247
  - Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B: Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care* 2014;18(5):476. DOI:10.1186/s13054-014-0476-2
  - Lötgers T, Lefering R, Schneppendahl J, Alldinger I, Witte I, Windolf J, et al: Abbruch der Schockraumdiagnostik und Notfalloperation beim Polytrauma – Inzidenz und klinische Relevanz. *Unfallchirurg* 2010;113(10):832–838. DOI:10.1007/00113-010-1772-1Online
  - Truhlar A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GE, Alfonzo A, Bierens JJ, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2015;95:148–201. DOI:10.1016/j.resuscitation.2015.07.017
  - Ondruschka B, Baier C, Dressler J, Hoch A, Bernhard M, Kleber C, et al: Additional emergency medical measures in trauma-associated cardiac arrest. *Anaesthetist* 2017;66(12):924–935. DOI:10.1007/s00101-017-0383-4
  - Johnson MA, Davidson AJ, Russo RM, Ferencz SE, Gotlib O, Rasmussen TE, et al: Small changes, big effects: The hemodynamics of partial and complete aortic occlusion to inform next generation resuscitation techniques and technologies. *J Trauma Acute Care Surg* 2017;82(6):1106–1111. DOI:10.1097/TA.0000000000001446
  - Uchino H, Tamura N, Echigoya R, Ikegami T, Fukuoka T: „REBOA“ – Is it Really Safe? A Case with Massive Intracranial Hemorrhage Possibly due to Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA). *Am J Case Rep* 2016;17:810–813
  - Spaite DW, Hu C, Bobrow BJ, Chikani V, Sherrill D, Barnhart B, et al: Mortality

- and Prehospital Blood Pressure in Patients With Major Traumatic Brain Injury: Implications for the Hypotension Threshold. *JAMA Surg* 2016. DOI:10.1001/jamasurg.2016.4686
30. Johnson MA, Williams TK, Ferencz SE, Davidson AJ, Russo RM, O'Brien WT Sr, et al: The Effect of REBOA, Partial Aortic Occlusion and Aggressive Blood Transfusion on Traumatic Brain Injury in a Swine Polytrauma Model. *J Trauma Acute Care Surg* 2017. DOI:10.1097/TA.0000000000001518
31. Brenner M, Hoehn M, Stein DM, Rasmussen TE, Scalea TM: Central pressurized cadaver model (CPCM) for resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) training and device testing. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;78(1):197–200. DOI:10.1097/TA.0000000000000484
32. Villamaria CY, Eliason JL, Napolitano LM, Stansfield RB, Spencer JR, Rasmussen TE: Endovascular Skills for Trauma and Resuscitative Surgery (ESTARS) course: Curriculum development, content validation, and program assessment. *J Trauma Acute Care Surg* 2014;76(4):929–936
33. Society for Diagnostic and Interventional Radiology in Emergency Critical Care and Trauma. Diagnostic and Interventional Radiology in Emergency, Critical Care, and Trauma (DIRECT) 2015. <http://direct.kenkyuukai.jp/about/> (Zugriffsdatum: 07.03.2017)
34. Lendrum RA, Perkins ZB, Davies GE: A training package for zone III resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA). *Scand J Trauma Resus Emerg Med* 2014;22 (Suppl 1):18
35. Schneider N, Küßner T, Weilbacher F, Göring M, Mohr S, Rudolph M et al: Invasive Notfalltechniken advanced – REBOA, Perikardiozentese und Clamshell-Thorakotomie Notfall + Rettungsmedizin 2017 (zur Publikation eingereicht: 11.01.2018)
36. Sadek S, Lockey DJ, Lendrum RA, Perkins Z, Price J, Davies GE: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in the pre-hospital setting: An additional resuscitation option for uncontrolled catastrophic haemorrhage. *Resuscitation* 2016;107:135–138. DOI:10.1016/j.resuscitation.2016.06.029
37. Foerster CR, Turgulov A: Prehospital endovascular occlusion of the aorta is now a technically feasible strategy for improving haemodynamics in CPR. *Resuscitation* 2015;93:E25–E. DOI:10.1016/j.resuscitation.2015.05.018
38. Chaudery M, Clark J, Wilson MH, Bew D, Yang GZ, Darzi A: Traumatic intra-abdominal hemorrhage control: has current technology tipped the balance toward a role for prehospital intervention? *J Trauma Acute Care Surg* 2015;78(1):153–163. DOI:10.1097/TA.0000000000000472
39. Perkins ZB, Lendrum R, Brohi K: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: promise, practice, and progress? *Curr Opin Crit Care* 2016;22:563–571. DOI:0.1097/MCC.000000000000367
40. Reva VA, Horer TM, Makhnovskiy AI, Sokhranov MV, Samokhvalov IM, DuBose JJ: Field and en route resuscitative endovascular occlusion of the aorta: A feasible military reality? *J Trauma Acute Care Surg* 2017;83 (1 Suppl 1): S170–S6. DOI:10.1097/TA.0000000000001476
41. Brenner M, Hoehn M, Teeter W, Stein D, Scalea T: Trading scalpels for sheaths: Catheter-based treatment of vascular injury can be effectively performed by acute care surgeons trained in endovascular techniques. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;80(5):783–786. doi:10.1097/TA.0000000000001006
42. Debus F, Lefering R, Frink M, Kuhne CA, Mand C, Bucking B, et al: Numbers of Severely Injured Patients in Germany. A Retrospective Analysis From the DGU (German Society for Trauma Surgery) Trauma Registry. *Dtsch Arztebl Int* 2015;112(49):823–829. DOI:10.3238/arztebl.2015.0823
43. Abe T, Uchida M, Nagata I, Saitoh D, Tamiya N: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta versus aortic cross clamping among patients with critical trauma: a nationwide cohort study in Japan. *Crit Care* 2016;20(1):400. DOI:10.1186/s13054-016-1577-x.

### Korrespondenz- adresse

Priv.-Doz.  
**Dr. Martin Kulla,**  
**DESA**



Klinik für Anästhesiologie,  
Intensivmedizin, Notfallmedizin  
und Schmerztherapie  
Bundeswehrkrankenhaus Ulm  
Oberer Eselsberg 40  
89081 Ulm, Deutschland  
Tel.: 0731 1710 32625  
E-Mail: martin.kulla@uni-ulm.de  
Orcid-ID: 0000-0001-7454-0876