

Unfallchirurg 2018 · 121:839–849
<https://doi.org/10.1007/s00113-018-0516-5>
 Online publiziert: 5. Juni 2018
 © Der/die Autor(en) 2018

Redaktion

W. Mutschler, München
 H. Polzer, München
 B. Ockert, München



Janosch Dahmen^{1,2,3} · Marko Brade^{1,2} · Christian Gerach¹ · Martin Glombitza¹ · Jan Schmitz¹ · Simon Zeitter¹ · Eva Steinhausen^{1,3}

¹ BG Klinikum Duisburg, Duisburg, Deutschland

² Luftrettungszentrum CHRISTOPH 9, Duisburg, Deutschland

³ Fakultät für Gesundheit, Universität Witten/Herdecke, Witten, Deutschland

Erfolgreiche präklinische Notfallthorakotomie nach stumpfem Thoraxtrauma

Fallbericht mit Darstellung gewonnener Erkenntnisse

Die präklinische Notfallthorakotomie nach Trauma wird weiterhin kontrovers diskutiert. Die Prognose von Patienten mit traumatischen, intrathorakalen Verletzungen und Thorakotomie variiert je nach Unfallmechanismus, Verletzungsmuster, Behandlungszeitpunkt und Behandlungstechnik stark. In den Leitlinien wird die Überlebensrate nach Notfallthorakotomie für alle Patienten mit ca. 15 %, für Patienten mit einer penetrierenden Thoraxverletzung mit ca. 35 % beziffert. Demgegenüber wird bei Notfallthorakotomien nach stumpfem Trauma von schlechten Überlebensraten von 2 % berichtet.

Der vorliegende Fallbericht und Literaturüberblick fokussiert sich auf die präklinische und frühe innerklinische Versorgung eines schwer verletzten Patienten mit Perikardtamponade und präklinischer Thorakotomie. Er orientiert sich hierzu an den Empfehlungen der „case report guidelines“ [8] und den Empfehlungen zur Erstellung systematischer Literatur-Reviews [14]. Die grafischen Darstellungen und inhaltliche Aufarbeitung orientieren sich an entsprechenden anschaulichen Falldarstellungen von Kulla et al. [12]. Alle Zeitangaben/Zeitpunkte (ZP) beziehen sich auf den mutmaßlichen Unfallzeitpunkt. Sie entstammen unterschiedlichen Protokollen, Leitstel-

lenrechnern und persönlichen Aufzeichnungen und sind teilweise mit Unschärfe assoziiert. Soweit nicht anders vermerkt, erfolgt die Angabe in Minuten. Der detaillierte Verlauf findet sich in **Tab. 1**.

Anamnese

Im Dezember 2015 verunfallte der Fahrer eines Kleinwagens ohne Fremdeinwirkung mit hoher Geschwindigkeit auf einer entlegenen Landstraße (ZP 0). Durch den Zusammenstoß mit einem Alleebaum wurde das Fahrzeug vollkommen zerstört und der Patient im Fahrzeug eingeklemmt. Beim Eintreffen der ersten Rettungskräfte (ZP +15) am Unfallort wurde der Patient bewusstlos (GCS 3) in dem Pkw-Wrack vorgefunden.

Befund

Der Zugang zum Patienten (23 Jahre, ca. 185 cm, ca. 80 kg, ASA I) war bei Eintreffen der ersten Rettungsdienstkräfte (ZP +15) nur eingeschränkt möglich, da sich der Kopf des Patienten im Fußraum des Fahrzeugs befand und der Rumpf des Patienten unter dem Motorblock und weiteren Wrackteilen des Pkw begraben war. Beide unteren Extremitäten waren offensichtlich offen mehretagenfrakturiert (**Abb. 1**). Nachdem eine erste Rettungsöffnung geschaffen war, zeigte sich der Patient mit intakter Atmung (Frequenz 30/min), einem schwach-

tastbarem, tachykardem Karotispuls und weiten Pupillen ohne Lichtreaktion bei weiterhin einem GCS 3 (ZP +35). Im ersten Schritt erfolgte die sofortige O₂-Gabe via Maske (15 l O₂/min Flow). Die Einlage eines Guedel-Tubus oder gar eine Intubation/Beatmung konnte bei sehr unzureichendem Patientenzugang nicht durchgeführt werden. Es erfolgte zeitgleich zur O₂-Gabe die Anlage eines großlumigen Zugangs (14 G). Hierüber wurden dem Patienten 25 mg Ketamin S verabreicht sowie eine gewärmte, kolloidale Infusion (Hydroxyethylstärke, HES 130/0,4) und 1000 mg Tranexamsäure.

Nach erfolgreicher Befreiung des Patienten (ZP +55) zeigten sich folgende Werte: RR 80/45 mm Hg, HF 155/min, S_pO₂ 85 %, AF 35/min, GCS 3, Pupillen weiter beidseits weit und ohne Lichtreaktion. Es erfolgte der Anschluss eines vorbereiteten Noradrenalinperfusors mit einer Dosierung von zunächst 1 mg/h. Bei starken Blutungen aus den unteren Extremitäten erfolgten zudem beidseits die Anlagen von Tourniquets im Bereich der Oberschenkel.

Die „rapid sequence induction“ (RSI) erfolgte nun (ZP +60) mittels 300 mg Ketamin, 5 mg Midazolam und 80 mg Succinylcholin. Nach erfolgreicher First-Pass-Intubation (8,0 ID mm) konnten zunächst ein maximales etCO₂ von 25 mm Hg und ein S_pO₂-Anstieg auf 92 % gemessen werden. Hämodynamisch zeigte sich der Patient allerdings



Abb. 1 ◀ Fahrzeugwrack unmittelbar nach technischer Sofortrettung des Patienten. Das Dach wurde hier bereits abgetrennt und der Motorblock mit einer hydraulischen Stütze angehoben

auch nach RSI gleichbleibend schlecht (RR 90/50 mm Hg, HF 145/min). In der erneuten Auskultation wurden rechts ein vesikuläres Atemgeräusch und links ein weitestgehend aufgehobenes Atemgeräusch festgestellt. Auffallend zeigte sich inspektorisch und palpatorisch bei dem schlanken Patienten ein ausgeprägter Herzspitzenstoß.

Bei anhaltender Schocksymptomatik erfolgte zunächst die beidseitige Nadeldekompression (ZP +65). Anschließend erfolgte links die ergänzende Anlage einer Thoraxdrainage (28 CH) in Bülausposition nach ventral-apikal. Ein „Zischen“ oder die Entleerung relevanter Blutmengen konnte dabei nicht beobachtet werden. Die hämodynamische Instabilität persistierte (ZP +70).

In der durchgeführten Reevaluation (ZP +75) zeigte sich die Atemwegssicherung weiter ohne Auffälligkeiten. Hinsichtlich der Beatmung zeigten sich nun regelgerechte Atemgeräusche beidseits und kein Hinweis auf einen vermehrten Atemwegswiderstand. Neben fortbestehender Sinustachykardie mit Frequenzen zwischen 130/min und 160/min fielen nun ein nicht mehr messbarer Blutdruck und ein auf 20 mm Hg abfallender etCO₂-Wert auf. Des Weiteren zeigten sich unter der Zervikalstütze deutlich gestaute Halsvenen; der initial sichtbare Herzspitzenstoß war nicht mehr sichtbar. Bei elektrophysiologisch im EKG abgebildeter Sinustachykardie musste zu diesem Zeitpunkt von einer pulslosen elektrischen Aktivität (PEA) ausgegangen werden.

Ohne weitere Verzögerung wurde die Entscheidung zur anterolateralen linksseitigen Notfallthorakotomie (▣ **Abb. 2**) bei V.a. Herzbeutelamponade gestellt (ZP +80).

Die Eröffnung des Thorax dauerte weniger als 2 min (ZP +82). Zur Schnittführung wurde im 4. ICR die Punktionsstelle der Thoraxdrainage als Hautschnitt bis zum Sternum ventral und nach lateral-dorsal erweitert. Das Aufhalten des linksseitigen Thorax durch einen Helfer gelang auch aufgrund der Rippenserienfraktur und einhergehenden Instabilität erstaunlich gut. Es zeigte sich bereits direkt nach Eröffnung ein prallgefüllter, jedoch unverletzter Herzbeutel mit lediglich bradykarder und ausgesprochen adynamischer Pumpbewegung des Herzens (ZP +83).

Es folgte nunmehr die Perikarderöffnung im Bereich der Herzspitze. Mittels Pinzette wurde hierzu das Perikard apexnah „zeltförmig“ angehoben und mittels Schere eine Drainageinzision geschaffen. Zunächst wurde dieser Schritt aber offensichtlich nicht ausreichend großzügig durchgeführt, sodass sich zunächst noch kein Blut oder Koagel aus dem Hämato-perikard entleerten. Bei anhaltender Pumpfunktionseinschränkung wurde nun umgehend eine offene Herzmassage (<30 s) durchgeführt, dabei entleerte sich nunmehr plötzlich reichlich teilweise koaguliertes Blut (ZP +84). Ohne weitere Maßnahmen stellte sich anschließend sofort ein kräftiger Herzschlag („return of spontaneous circulation“, ROSC) mit einer HF von 140/min und einem nun umgehend messbaren Blutdruck von

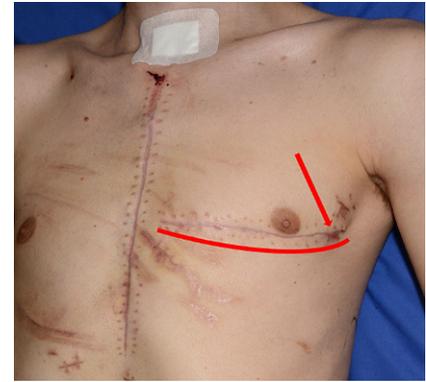


Abb. 2 ▲ Rumpf des Patienten vor Entlassung. Rote Linien präklinische Zugangswege der Thoraxdrainage und Notfallthorakotomie

130/60 mm Hg ein (ZP +85). Auf weitere interventionelle Maßnahmen am Perikard wurde vor dem Hintergrund der suffizienten Kreislaufrekomensation zu diesem Zeitpunkt verzichtet.

In der durchgeführten abschließenden Reevaluation zeigten sich kompensierte bzw. adäquat adressierte A- bis E-Probleme ohne weiteren sofortigen Interventionsbedarf. Nach Abdeckung des weiterhin offenen Thorax mittels Pflasterverband wurde mit dem sofortigen luftgebundenen Transport in das nächstgelegene (ca. 50 km), überregionale Traumazentrum (ÜTZ) begonnen (ZP +100). Der detaillierte Verlauf der Versorgung findet sich in ▣ **Abb. 3**.

Verlauf

Bei Eintreffen im Schockraum des ÜTZ (ZP +125) zeigte der Patient folgende Befunde im „primary survey“ (▣ **Tab. 1**):

- A: gesicherter Atemweg, HWS mittels Stiftnack suffizient immobilisiert;
- B: vesikuläre AG beidseits, Thorax rechts instabil, links anterolateral eröffnet, Thoraxdrainage links einliegend. AF 14, S_pO₂ 99 %, etCO₂ 35 mm Hg;
- C: Bauch weich, Beckengurt suffizient korrekt anliegend, Tourniquets im Bereich beider Oberschenkel effektiv anliegend; HF 123/min RR 120/65;
- D: GCS 3, Pupillen beidseits weit und ohne Lichtreaktion;
- E: Körpertemperatur 34 Grad, Begleitverletzungen: ▣ **Tab. 1**;

Unfallchirurg 2018 · 121:839–849 <https://doi.org/10.1007/s00113-018-0516-5>
 © Der/die Autor(en) 2018

J. Dahmen · M. Brade · C. Gerach · M. Glombitza · J. Schmitz · S. Zeitter · E. Steinhausen

Erfolgreiche präklinische Notfallthorakotomie nach stumpfem Thoraxtrauma. Fallbericht mit Darstellung gewonnener Erkenntnisse

Zusammenfassung

Hintergrund. Die „European Resuscitation Council“ (ERC)-Guideline zur Durchführung der Reanimation bei Patienten mit traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand empfiehlt die sofortige Therapie aller reversiblen Ursachen, notfalls sogar prioritär vor der kontinuierlichen Herzdruckmassage. Im Falle einer Perikardtamponade soll zur Therapie auch eine Notfallthorakotomie in Erwägung gezogen werden.

Ziel. Die Autoren berichten von einem polytraumatisierten 23-jährigen Patienten, der nach einem stumpfen Thoraxtrauma einen beobachteten Herz-Kreislauf-Stillstand erlitten hatte und präklinisch Notfallthorakotomiert wurde. Die gewonnenen Erkenntnisse der

internen und externen Qualitätszirkel zu diesem Fall sollen dargelegt werden.

Ergebnisse. Nach knapp 60 min technischer Rettung erfolgte die Notfallmedizinische Erstversorgung mit Intubation, Thoraxdekompression und umfassenden Blutstillungsmaßnahmen. Bei weiterhin progredientem Kreislaufversagen und dem Verdacht einer Perikardtamponade wurde eine präklinische Notfallthorakotomie durchgeführt. Nach „return of spontaneous circulation“ (ROSC) erfolgte der luftgebundene Transport in das nächstgelegene überregionale Traumazentrum zur „damage control surgery“. Der Patient konnte 59 Tage nach Trauma aus der stationären Behandlung entlassen werden. Heute, 2 Jahre nach dem

Unfall, lebt der Patient ohne neurologische und kardiopulmonale Einschränkungen. Atemwegssicherung, Thoraxentlastung, einschließlich der Notfallthorakotomie, und Therapie mit Volumen und Blutprodukten waren wesentliche Faktoren zur Erlangung eines ROSC. Advanced Trauma Life Support® als gemeinsame Sprache sowie strukturelle Voraussetzungen ermöglichten diese Maßnahmen.

Schlüsselwörter

Advanced trauma life support · Advanced cardiac life support · Präklinischer Herz-Kreislaufstillstand · Perikardtamponade · Luftrettung

Successful prehospital emergency thoracotomy after blunt thoracic trauma. Case report and lessons learned

Abstract

Background. The European Resuscitation Council guidelines for resuscitation in patients with traumatic cardiac arrest recommend the immediate treatment of all reversible causes, if necessary even prior to continuous chest compression. In the case of cardiac tamponade immediate emergency thoracotomy should also be considered.

Objective. The authors report the case of a 23-year-old male patient with multiple injuries including blunt thoracic trauma, which caused a witnessed cardiac arrest. He successfully underwent prehospital emergency resuscitative thoracotomy. The lessons learned from this case on internal and

external quality measures are discussed in detail.

Results. After 60 min of technical rescue, extensive trauma life support including intubation, chest decompression and bleeding control was carried out. The cardiovascular insufficiency progressively deteriorated and under the suspicion of a cardiac tamponade a prehospital emergency thoracotomy was carried out. After successful resuscitative thoracotomy and return of spontaneous circulation (ROSC) the patient was airlifted to the next level 1 trauma center for damage control surgery (DCS). The patient could be discharged 59 days after the accident and

now 2 years later is living a normal life without neurological or cardiopulmonary limitations. Airway management, chest decompression including resuscitative thoracotomy, fluid resuscitation and blood products were the key components to ensure that the patient achieved ROSC. Advanced Trauma Life Support® as well as structural prerequisites made these measures and good results for the patient possible.

Keywords

Advanced trauma life support care · Advanced cardiac life support · Out-of-hospital cardiac arrest · Cardiac tamponade · Air ambulances

- „adjuncts“: eFAST geringe Mengen freier Flüssigkeit in Douglas-Raum und „Morrison pouch“, Perikard: V. a. neuerliche Perikardtamponade;
- Point-of-care-Diagnostik: Hb 4,8 g/dl, BE-6 mmol/l, Lactat 4,5 mmol/l, pH 7,25, Quick-Wert: 37 %.

Im Schockraum erfolgte die sofortige Aktivierung des klinikeigenen Schockboxalgorithmus (ZP +130).

Mit Rücksicht auf den vorübergehend kompensierten Zustand des Patienten erfolgte die Entscheidung zur Durchführung einer CT-Traumaspirale vor den anstehenden Notoperationen. Im Rahmen der Schockraumdiagnostik und CT-Traumaspirale zeigten sich die in **Tab. 1** dargestellten Verletzungen. Während der laufenden CT-Diagnostik kam es zu einem neuerlichen Kreislaufeinbruch (ZP +150). Es erfolgte deshalb die sofortige Zuverlegung in den OP. Mit Beginn der

Operation (ZP +165) kam es schließlich erneut zum Kreislaufstillstand.

Es wurde ERC-Leitlinien-kongruent durch das interdisziplinäre Team aus Unfall- und Thoraxchirurgie sowie Anästhesie die Entscheidung zum sofortigen Beheben einer potenziell reversiblen Ursache – in diesem Fall die vermutete neuerliche Perikardtamponade – gefällt. Es erfolgte eine longitudinale Sternotomie. Die präklinisch geschaffene Eröffnung des Perikards zeigte sich durch ein großes Koagel verlegt und der Herzbeu-

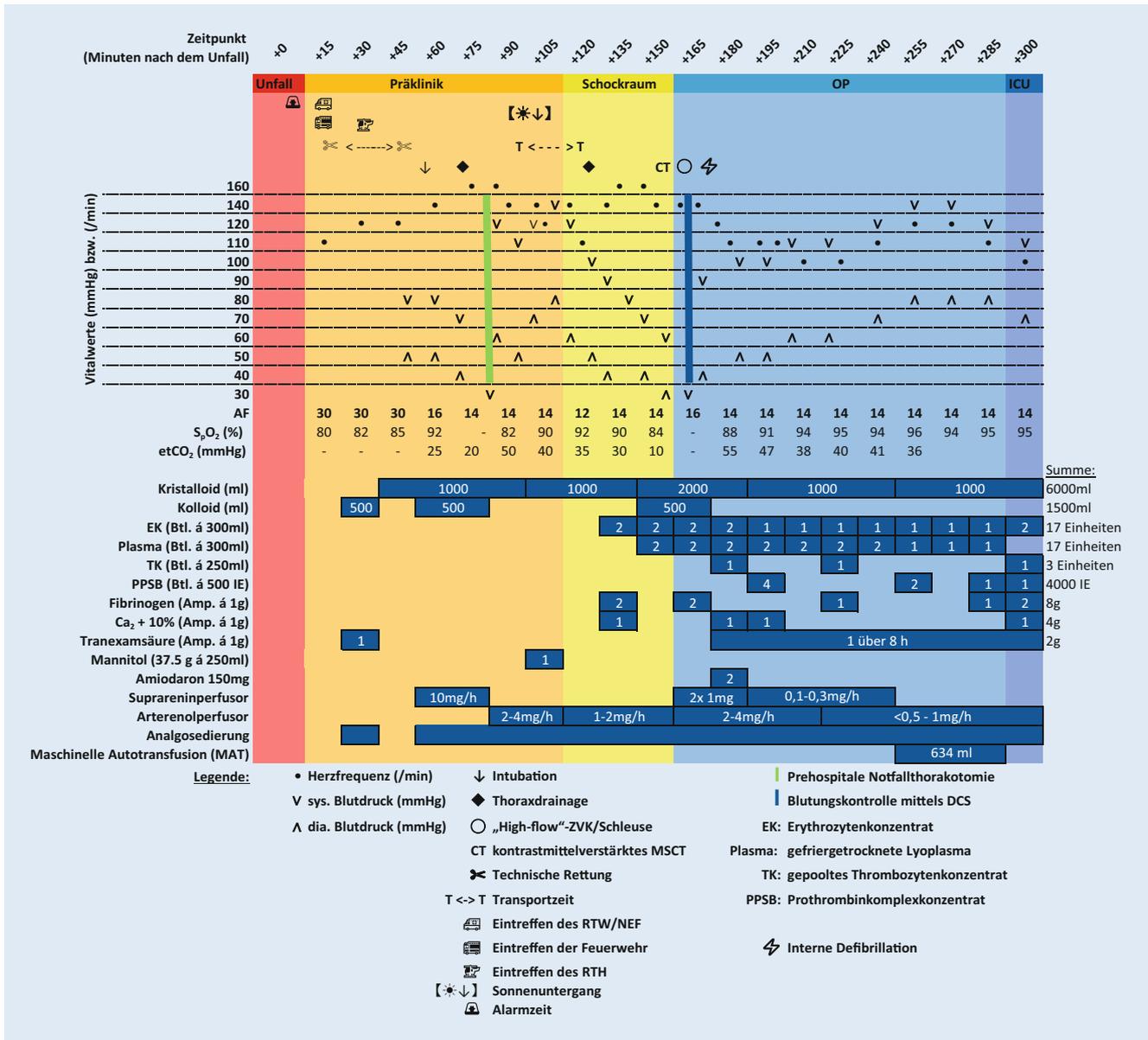


Abb. 3 ▲ Rekonstruktion des Verlaufs von Vitalwerten, invasiven Maßnahmen sowie applizierten Medikamenten und Volumenersatz mittels Blut und Blutprodukten

tel retamponiert. Nach nun vollständiger Eröffnung des Perikards zeigte sich als pathoanatomische Ursache eine kleine, venöse herzbasisnahe Blutung am Übergang von Vena interventricularis anterior und V. cardiaca magna, die durchstochen und übernäht werden konnte. Nach neuerlicher, offener Herzmassage kam es zunächst zu einem Kammerflimmern (ZP +170), welches nach 2-maliger, elektrischer, interner Defibrillation und Gabe von 300mg Amiodaron in einen Sinusrhythmus und einhergehenden, erneuten ROSC konvertiert werden konnte

(ZP +175). Bei rekompensierten Kreislaufverhältnissen erfolgte schließlich der Verschluss des Thorax (ZP +200).

Ergänzend zu der operativen Versorgung im Bereich des Thorax erfolgten zeitgleich als Damage-control-Strategie die Anlagen mehrerer Fixateure externe. Wie in Abb. 3 dargestellt, erfolgten parallel das Transfusionsmanagement mittels Point-of-care-BGA nach dem klinikinternen Massentransfusionsprotokoll sowie das Gerinnungsmanagement nach Point-of-care-Thrombelastographie (ROTEM). Postoperativ (ZP +300)

wurde der Patient auf die Intensivstation verlegt.

Nach 13 Beatmungstagen, 27 Tagen Intensivstation und 29 Operationen konnte der Patient 59 Tage nach Trauma aus der akut stationären Behandlung entlassen werden. Im Rahmen des akutstationären Aufenthalts traten mutmaßlich als Folge der Verletzung und präklinischen Notfallthorakotomie noch mehrfach Herzrhythmusstörungen auf, die teilweise selbstlimitierend waren, aber auch 2-mal elektrisch kardiovertiert werden mussten. Weitere

Tab. 1 Arbeitsdiagnosen

Arbeitsdiagnosen des Patienten nach Abschluss der Schockraumversorgung als Zusammenschau von klinischen Befunden, Bildgebung sowie Ergebnissen des klinischen Labors/der Point-of-care-Diagnostik (Verletzungsschwere: ISS 55, RISC II 94,8)		
Bereich	Körperregion	Arbeitsdiagnosen
Airway	–	Tubuslage und Zervikalstütze adäquat
Breathing	Thorax	Schweres Thoraxtrauma mit Herzbeutelamponade sowie Zustand nach Thorakotomie und Spannungspneumothorax li., Pneumothorax rechts, Rippenserienfraktur li. 2. bis 9. Rippe und re. 2. bis 5. Rippe, Skapulafrakturen bds.
Circulation	Thorax	Herzbeutelamponade sowie Zustand nach Thorakotomie
	Abdomen	Leberlazeration und Milzlazeration
	Becken	Instabile Beckenfraktur mit Sitzbein-/Schambeinfraktur re., Acetabulumtrümmerfraktur re., transforaminale Os-sacrum-Fraktur der Massa lateralis li. und intrapelvines Hämatom re.
	Femur/Tibia	Offene Femurschaftfraktur li. Offene Kniegelenkluxation re. Offene Tibiaschaftfraktur re.
Disability	Kopf	SHT II° mit li. frontaler Kontusionsblutung
Exposure	Temperatur	34 °C Körperkerntemperatur
	Gesicht	Mittelgesichtsverletzung mit Orbitaboden-Blow-out-Fraktur li., Orbitawandfraktur re., Nasenbeinfraktur und multiplen Riss-/Quetschwunden bds.
	Extremitäten	OSG-Luxationsfraktur re. mit Fersenfraktur und ausgedehnte Schnittverletzungen li. Handgelenk

ISS „Injury severity score“, RISC „Revised injury severity classification score“

Komplikationen, insbesondere Infektionen von Lungen, Mediastinum und Herz, wurden nicht beobachtet.

Knapp 2 Jahre nach Trauma befindet sich der Patient ohne neurologische oder kardiologische Einschränkungen in einer beruflichen Umschulungsmaßnahme. Seit der Entlassung aus der akutstationären Behandlung waren keine weiteren Interventionen am Herzen erforderlich. Die regelmäßigen kardiologischen Verlaufskontrollen ergaben bis heute eine altersentsprechende Normalfunktion ohne Einschränkungen oder neuerliche Herzrhythmusstörungen.

Diskussion

Präklinische Notfallthorakotomien werden nach wie vor kontrovers diskutiert. Die Prognose von Patienten mit traumatischen intrathorakalen Verletzungen und präklinischer Thorakotomie variiert je nach Unfallmechanismus, Verletzungsmuster, Behandlungszeitpunkt und Behandlungstechnik stark [4, 17, 29].

Das Team der London Air Ambulance konnte eindrücklich den Bedarf und die Vorteile der präklinischen Notfallthorakotomie zeigen [7]. Für Deutschland wurden entsprechende Anhaltspunkte eines möglichen Bedarfs durch die rechtsmedizinische Arbeit der Kollegen Buschmann et al. aus Berlin herausgearbeitet. Sie konnten zeigen, dass allein in Berlin innerhalb eines Jahres 4 Patienten mit einer traumatischen Perikardtamponade möglicherweise durch eine präklinische Notfallthorakotomie hätten gerettet werden können. Hochgerechnet auf die Gesamtbevölkerung in Deutschland entspreche dies bei allen statistischen Ungenauigkeiten und regionalen Unterschieden mehr als 80 potenziell geretteten Menschenleben pro Jahr [6, 9]. In einer Folgeuntersuchung konnten Ondruschka et al. zusammen mit selbigen Autoren für die Jahre 2011–2017 in den Städten Leipzig und Chemnitz im Verhältnis zur Einwohnerzahl sogar eine noch höhere Inzidenz von traumatischen Perikardtamponaden und infolge traumatischen Kreislauf-

stillständen mit konsekutiver Indikation einer prähospitalen Notfallthorakotomie aufzeigen [20]. Bemerkenswert ist dabei, dass seitens der Autoren als Indikation für eine Notfallthorakotomie ausschließlich Perikardtamponaden in Erwägung gezogen wurden. Andere Ursachen (ausgedehnte intrathorakale Verletzungen oder massive intraabdominelle bzw. Beckenblutungen) für traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstand, die im Rahmen einer Damage-control-Eskalationsstrategie durchaus auch durch eine Notfallthorakotomie (inklusive z. B. intrathorakaler Aortenkompression oder Hilus-Twist) adressiert werden könnten, wurden nicht berücksichtigt. In beiden Arbeiten weisen die Autoren zurecht darauf hin, dass trotz entsprechender Empfehlung in den Leitlinien die Durchführung einer prähospitalen Notfallthorakotomie noch nicht flächendeckend in Deutschland etabliert ist und noch keine Standardtherapie darstellt. Auch angesichts von Defiziten bei der Umsetzung anderer, weniger invasiver notfallmedizinischer Maßnahmen (z. B. Anlage einer Thoraxdrainage, Blutstillungsmaßnahmen) mit teils höherer Inzidenz resümieren die Autoren, dass die flächendeckende Implementierung zunächst hinter anderen Schulungen/ Maßnahmen zurückgestellt werden sollte [6, 9].

In der dargestellten Kasuistik wird über einen schwerstverletzten Patienten berichtet, der präklinisch nach stumpfem Trauma einen beobachteten Herz-Kreislauf-Stillstand erleidet. Wie von Kulla et al. [12] berichtet, führen derartige präklinische Szenarien bisher insbesondere bei vermutetem schwerem Schädel-Hirn-Trauma (SHT) häufig zum frühzeitigen Abbruch oder zum Unterlassen weiterer therapeutischer Maßnahmen. In Ermangelung präklinischer Behandlungsmöglichkeiten des SHT während der Reanimation und aufgrund des Umstands, dass SHT und Verbluten die führenden Todesursachen nach stumpfen Unfallmechanismen darstellen, kommt vor dem Hintergrund des hervorragenden Outcome im vorliegenden und in vergleichbaren Fällen der neuerlichen kritischen Bewertung bisheriger prä-

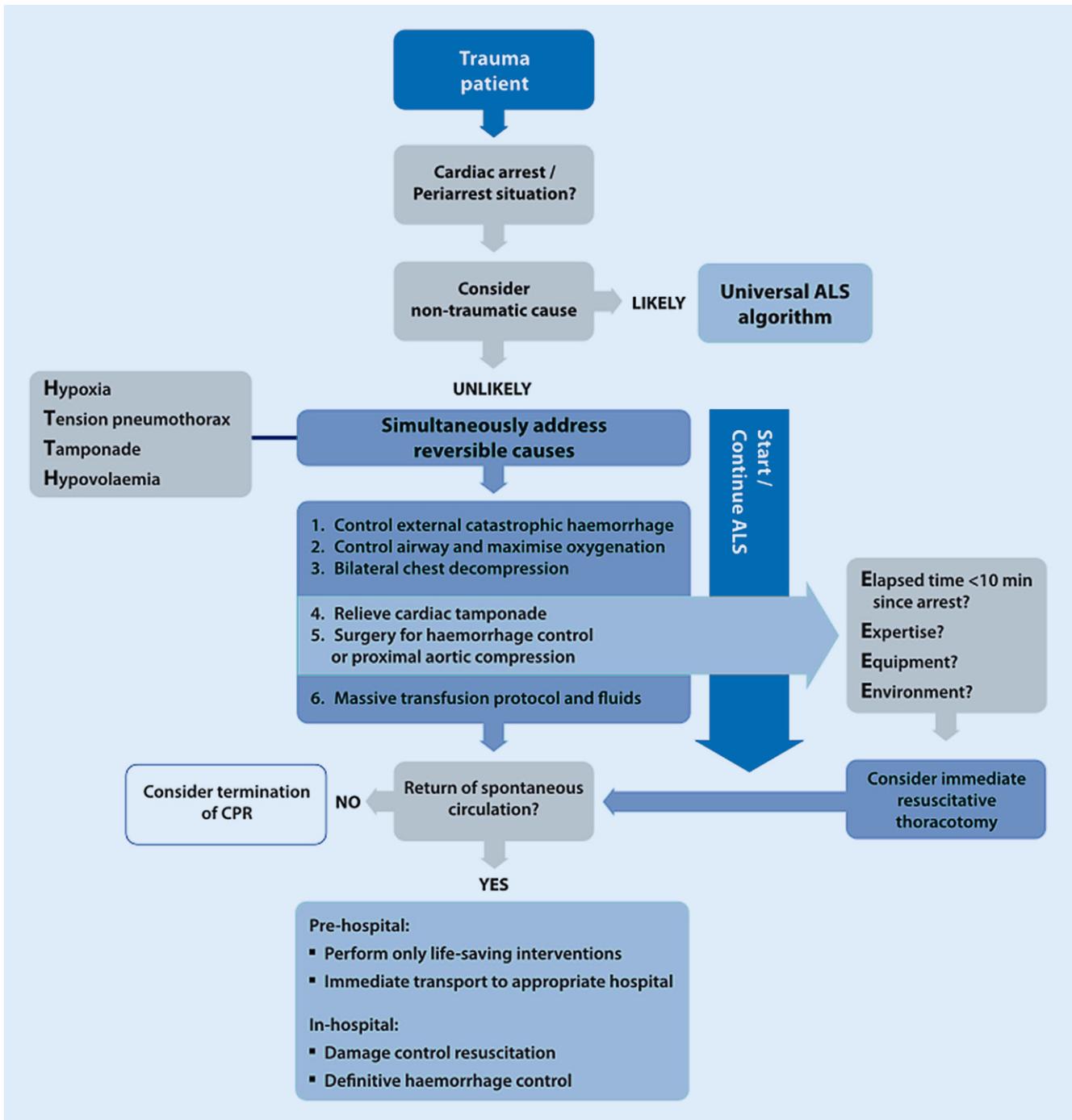


Abb. 4 ▲ European Resuscitation Council Guidelines 2015 – Algorithmus für die Reanimation bei traumatischen Kreislaufstillständen. (Aus Truhlář et al. [29], Copyright European Resuscitation Council – <http://www.erc.edu/> – 2018_NGL_010)

klinischer Behandlungsstrategien eine gewachsene Bedeutung zu [2, 3, 19, 28].

Notfallmedizinische Maßnahmen nach Trauma

Im Zentrum der präklinischen Erstversorgung polytraumatisierter Patienten

stehen entlang des ABCDE-Konzepts die von der Sektion Notfallmedizin, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie im „trauma care bundle“ erarbeiteten Maßnahmen [18]. Dazu zählen insbesondere: Sicherstellen eines freien Atemwegs, klinische Unter-

suchung des Thorax und Sicherstellung der Atemfunktion, Blutungskontrolle und Anlage geeigneter Gefäßzugänge, Erfassung von Bewusstseinslage, Motorik und Sensibilität, Ruhigstellung der Wirbelsäule und verletzter Extremitäten sowie die Versorgung von Wunden und Sicherstellung des Wärmeerhalts.

Tab. 2 Diskutierte kritische Ereignisse („critical events“) während der initialen Versorgungsphase in PK, SR und OP sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse

Bereich	„Critical event“	Ort			Folge	Gewonnene Erkenntnis
		PK	SR	OP		
Airway	Narkoseinleitung mit 300 mg Ketamin + 5 mg Midazolam	x	-	-	Keine	Auch wenn hier kein Effekt der Narkosedosierung auf die Hämodynamik des moribunden Pat. beobachtet werden konnte, sollte in ähnlichen Fällen insbesondere die Dosierung von Midazolam kritisch geprüft werden
Breathing	Einseitige Anlage einer Thoraxdrainage li. und nicht Thorakotomien bds. trotz anhaltender Instabilität	x	-	-	Zeitverzögerung durch Thoraxdrainagen, statt nur Thorakotomien. Zusätzlich verbleibt Unsicherheit, weil zwar VAG re. aber weiter instabil und nur eine Seite sicher entlastet	ERC-Leitlinie: Bei traumatischer Reanimation sofortige Therapie aller potenziell reversiblen Ursachen (Spannungspneumothorax + „lethal six“; Atemwegsverlegung, offener Pneumothorax, massiver Hämatothorax, Perikardtamponade, instabiler Thorax). Nach ERC-Leitlinie sollten deshalb bei traumatischer Reanimation zunächst <i>Thorakotomien bds.</i> vor ggf. Thoraxdrainagen im weiteren Verlauf nach ROSC angelegt werden
	Perikardtamponade erst verzögert als Ursache für anhaltende Instabilität festgestellt	x	x	-	Zeitverzögerung, da erst nach Ausschluss aller anderen Ursachen Perikardtamponade durch PEA identifiziert wurde	Die rechtzeitige Identifikation reversibler Ursachen (möglichst vor Kreislaufstillstand) ist der entscheidende Faktor für den Erfolg. Deshalb kommt der eFAST-Sonographie auch in der Präklinik eine große Bedeutung zu. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass durch Koagelbildung der eFAST-Befund falsch-negativ sein kann. Nach Kreislaufstillstand sollte eine eFAST-Untersuchung die Therapie/Thorakotomie nicht verzögern und ggf. auch ohne eFAST durchgeführt werden; eFAST wird derzeit auf dem RTH umgesetzt

Ergänzend zu diesen Maßnahmen fordert die Leitlinie zur Reanimation des European Resuscitation Council (ERC) von 2015 im Fall eines traumatischen Kreislaufstillstands die sofortige Therapie aller reversiblen Ursachen. Gemäß Leitlinie sollte die Durchführung der üblichen Herzdruckmassage die Beseitigung reversibler Ursachen nicht verzögern (Abb. 4; [29]). Zu den reversiblen Ursachen des Traumas zählen:

1. Hypoxie,
2. Spannungspneumothorax,
3. Perikardtamponade,
4. Hypovolämie.

Obwohl die Behandlung von Hypoxie und Spannungspneumothorax in der Präklinik in Deutschland flächendeckend Gegenstand der notfallmedizinischen Aus- und Weiterbildung ist, gibt es immer wieder Berichte klinischer und rechtsmedizinischer Auswertungen zu vermeidbaren Todesfällen nach Trauma aufgrund unzureichend durchgeführter oder unterlassener Maßnahmen wie einer adäquaten Atemwegssicherung oder der Anlage von Thoraxdrainagen bzw. Thorakostomien [10]. Auch die spezifische Behandlung der Hypovolämie beim schwerstverletzten Patienten u. a. im Sinne der permissiven Hypotonie dürfte u. a. aufgrund mangelnder Bedeutung in der Ausbildung und eingeschränkter Therapieoptionen in der Präklinik nur teilweise umgesetzt sein [6]. Ein gravierendes Defizit bei der Implementierung der empfohlenen Maßnahmen der ERC-Reanimationsleitlinie in Deutschland findet sich in Bezug auf die Therapie der Herzbeuteltamponade. Hier fehlt es bisher v. a. an Edukation und Equipment, um die zeitkritische Maßnahme einer Notfallthorakotomie in <10 min nach traumatischem Kreislaufstillstand, bei gegebener Indikation, anlog zum Algorithmus in Abb. 4 durchführen zu können [9, 30, 31]. Bemerkenswerterweise wird im Unterschied zur dargestellten englischsprachigen Originalversion des ERC-Algorithmus in der deutschen Übersetzung der Leitlinie an selbiger Stelle nur von „Perikardpunktion/-drainage“ gesprochen, obwohl im Text der Leitlinie ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass eine Perikard-

Tab. 2 (Fortsetzung)

Bereich	„Critical event“	Ort		Folge	Gewonnene Erkenntnis
		PK	SR		
Circulation	Kein kontinuierliches Monitoring von HF, RR, AF während der technischen Rettung	x	-	-	Wegen schlechtem Patientenzugang bei technischer Rettung sowie zentralisiertem Minimalkreislauf war ein kontinuierliches Monitoring nicht möglich
	Anterolaterale Thorakotomie statt „Clamshell“-Thorakotomie	x	-	-	Schlechtere Sichtverhältnisse, erschwerter Zugang zum Perikard und Wegfall der zeitgleichen Adressierung potenziell reversibler Ursachen. Hier rechtsthorakal Pneumothorax
	Präklinisch kein vollständiges Freilegen des Perikards	-	x	x	Retamponade + Herzstillstand, da Koagel die präklinisch geschaffene Öffnung im Perikard verlegten
	Keine präklinische Gabe von Blutkonserven/Plasma/Fibrinogen	x	-	-	Ausgeprägter präklinischer Blutverlust ohne Kompensationsmöglichkeit trotz maximal-invasiven Maßnahmen
	CT-Traumaspirale trotz Kreislaufinstabilität	-	x	-	Unklar
	Ort der innerklinischen Notfallthorakotomie bzw. Sternotomie	-	x	x	Keine
	Gabe von Amiodaron beim traumatischen Kreislaufstillstand	-	-	x	Keine

Tab. 2 (Fortsetzung)

Bereich	„Critical event“	Ort			Folge	Gewonnene Erkenntnis
		PK	SR	OP		
Disability	Präklinische Gabe von Mannitol	x	-	-	Unklar	Bei weiten, lichtstarrten Pupillen erfolgte auf dem Weg ins Krankenhaus die Gabe von Mannitol zur Hirndrucksenkung. Unter anderem wegen unerwünschten Wirkungen sollten eine strenge Indikationsstellung erfolgen und bei seitengleich lichtstarrten Pupillen C-Probleme unabhängig vom Hirndruck differenzialdiagnostisch in Erwägung gezogen werden. Seitengleiche Pupillen ohne LR haben keinen verlässlichen prognostischen Wert
	Erschwerte Detektion gestauter Halsvenen durch Zervikalstütze	x	-	-	Keine	Zervikalstützen beim Trauma haben sich bewährt. Zurzeit gibt es intensive Debatten zum Einsatz beim SHT. Anliegende Zervikalstützen sollten regelmäßig Kontrollen gestauter Halsvenen (z. B. bei Spannungspneumothorax + Herzbeuteltamponade) nicht verhindern
Exposure	Eingeschränktes Wärmemanagement	x	x	-	Verstärkter Effekt der Hypothermie	Die Wärmedecke (Ready-Heat™, Fa. TechTrade LLC, Jersey City, NJ, USA), ein Thermo-Bergesack (RockSnake™, Fa. RockSnake GmbH & Co KG, Stuck, Österreich) und i.v.-Wärmesystem (Belmont® buddy lite™ AC, Fa. Belmont Instrument Cooperation, Billerica, MA, USA) für Blut + Infusionen werden implementiert
	Keine präklinische Antibiose	x	-	-	Keine	Frühstmöglicher Einsatz von Antibiotika bei offenen Frakturen/Verletzungen, operativen Maßnahmen und Sepsis. Deshalb Einführung von Antibiotikakits für die Präklinik

RTH Hubschrauber, Pat. Patient, PK Präklinik, SR Schockraum, OP Operationssaal, VAG vesikuläre Atemgeräusche, PEA pulslose elektrische Aktivität, eFAST Extended Focused Assessment With Sonography for Trauma

punktion weniger aussichtsreich als eine Notfallthorakotomie ist [13, 29, 30]. Hinsichtlich der präklinischen Entlastung einer Perikardtamponade als potenziell reversibler Ursache eines traumatischen Kreislaufstillstands besteht, wie zuletzt bereits in weiteren Fallberichten festgestellt, dringender Handlungsbedarf in Deutschland [21, 22, 24].

Positive Erkenntnisse

Für den präklinischen Teil der Versorgung war die Schulung des beteiligten Personals von entscheidender Bedeutung. Der vorliegende Fall und vergleichbare Fälle haben gezeigt, dass präklinische Notfallthorakotomien auch unter den spezifischen Bedingungen der präklinischen Notfallmedizin im deutschsprachigen Raum erfolgreich durchführbar sind [21, 25]. Puchwein et al. und König et al. haben gezeigt, dass notfallmedizinische Teams zur Durchführung von Notfallthorakotomien auch dann geschult werden können, wenn diese nicht über eine umfangreiche chirurgische Ausbildung verfügen [11, 22]. Deutsche Kursformate wie der PERT-Kurs in Düsseldorf, der MAXIN-Kurs in Berlin, der INTECH Advanced in Heidelberg oder der DSTC-Kurs in Homburg könnten dabei helfen, notfallchirurgische Skills praxisnah zu vermitteln und auch auf interdisziplinär besetzten Notarztrettungsmitteln in der Präklinik in Deutschland zu etablieren. Bei der Etablierung derartiger notfallmedizinischer Interventionen ist die Bedeutung von teambezogenen „crew resource management (CRM) trainings“ hervorzuheben. Rall et al. konnten hier die enorme Bedeutung insbesondere vor dem Hintergrund ansteigender Komplexität und Invasivität der Aufgaben für die Notfallmedizin zeigen [23].

Nicht nur vor dem Hintergrund der hohen Invasivität neuer, in den Leitlinien empfohlener, notfallmedizinischer Maßnahmen wie der Notfallthorakotomie kommt dem präklinischen Einsatz von Erythrozyten- und Plasmakonzentraten eine gewachsene Bedeutung zu [32]. In den Niederlanden und England sowie einigen skandinavischen Ländern ist die präklinische Transfusion von Blut-

produkten, insbesondere in Verbindung mit dem Einsatz von Luftrettung, längst etablierter Teil der präklinischen Traumaversorgung [16]. Im deutschsprachigen Raum arbeiten zurzeit erste Luftrettungszentren an einer Adaptation entsprechender präklinischer Transfusionskonzepte. So werden am Standort des an der vorliegenden Kasuistik beteiligten Luftrettungszentrums, u. a. vor dem Hintergrund der hier geschilderten Erkenntnisse, zukünftig jeweils zwei 0, Rh-negative-Erythrozytenkonzentrate sowie gefriergetrocknete Lyoplasmen und Fibrinogen in der Präklinik mitgeführt. Alle 24 h werden die Erythrozytenkonzentrate ausgetauscht, um der allgemeinen Verwendung im beteiligten Klinikum dann weiter zur Verfügung zu stehen.

Auch für die Frühphase des innerklinischen Managements im ÜTZ erwies sich eine intensive Vorbereitung (80 min von Voralarmierung bis Eintreffen), insbesondere beim Zusammenziehen notwendigen Personals und Equipments, als „spielentscheidend“. Ohne die notwendige Infrastruktur wie z. B. das Vorhalten von fertig gepackten Transfusionseinheiten (EK, PK, Fibrinogen, PPSB, TXA) in der Schockbox des Schockraums oder vorbereitete „ready to use sets“ für Thoraxdrainagen und zentrale Zugänge wäre nach Ansicht aller Beteiligten kein erneuter ROSC in der Klinik möglich gewesen.

Analog zu dem von Kulla et al. geschilderten Fall [12] kam besonders den standardisierten Arbeitsabläufen der Luftrettung-Crew und dem übernehmenden Team im ÜTZ eine wesentliche Bedeutung zu. Die ATLS®/ETC bzw. PHTLS® als gemeinsame Sprache des gesamten Teams, die Ausbildung in Damage control surgery (DCS) sowie die gemeinsame tägliche Routinearbeit ermöglichten ein zielstrebiges Vorgehen ohne Kommunikationsschwierigkeiten [1, 15].

„Lessons learned“

Während der gesamten Phase der Versorgung traten – zumindest retrospektiv betrachtet – diskussionswürdige Ereignisse auf. So ist beispielweise zu konstatieren, dass trotz des temporären Therapieerfolgs der präklinischen Thorakotomie,

in Ermangelung einer bereits vollständigen Perikarderöffnung, die Gefahr einer neuerlichen Perikardtamponade wie im vorliegenden Fall gegeben war und in zukünftig ähnlich gelagerten Fällen immer eine vollständige Perikarderöffnung erfolgen sollte. Kulla und Kleber et al. berichten in mehreren Kasuistiken und einer Übersichtsarbeit von bis zu 73 % vermeidbaren Fehlern, die bei 15 % der Patienten zum Tod geführt hätten [5, 10, 12]. Auch wenn der Ausgang des vorliegenden Falls ermutigend auf alle beteiligten Akteure gewirkt hat, wurde es zum Anlass genommen, um im Rahmen des regionalen Traumanetzwerks, der ÜTZ-internen QM-Konferenzen und den prä- und innerklinischen notfallmedizinischen Fortbildungen kritisch auf erforderliche Verbesserungen einzugehen. In der **Tab. 2** sind die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst.

Fazit für die Praxis

In Übereinstimmung mit der AWMF-S3-Litlinie zur Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung und der ERC Guidelines von 2015 zur Durchführung der Reanimation bei Patienten mit traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand sowie in Übereinstimmung mit neueren Untersuchungen zum Outcome solcherlei Reanimationsszenarien zeigt auch der vorliegende Fall, dass bei beobachtetem Herz-Kreislauf-Stillstand eine Reanimation auch nach stumpfem Trauma grundsätzlich indiziert ist und selbst in extremis mit gutem Ergebnis ausgehen kann.

Für eine erfolgreiche Reanimation bei beobachtetem Kreislaufstillstand nach Trauma gilt:

1. **sofortiger Beginn einer effektiven Reanimation nach ERC-Algorithmus** (Abb. 4);
2. **Ziel der Reanimation ist die sofortige Therapie aller reversiblen Ursachen. Die Therapie der reversiblen Ursachen ist dabei sogar prioritär vor der kontinuierlichen Thoraxkompression;**
3. **zur Therapie der reversiblen Ursachen zählen auch invasive Maßnahmen wie Blutungskontrolle, Thorakostomien oder auch Notfallthorakotomie;**

4. **die präklinische Notfallthorakotomie ist bei beobachtetem Herz-Kreislauf-Stillstand, der <10 min bei stumpfen und <15 min bei penetrierenden Verletzungen aufgetreten ist, indiziert und mit gutem Ergebnis am besten als Clamshell-Thorakotomie durchführbar;**
5. **die Durchführung einer (präklinischen) Notfallthorakotomie erfordert gutes Training (z. B. <https://www.notfallmedizin.de/notfallthorakotomie/>, <http://maxin.berlin/>, INTECH Advanced Universität Heidelberg oder www.dstc-kurs.de);, das richtige Equipment (stabile Schere, Pinzette, Nadelhalter, Skalpell ggf. Thoraxsperrer, ggf. Gigli-Säge), eine enge Abstimmung und Vorbereitung von präklinischer/klinischer Polytraumaversorgung (Simulationstrainings) und ein ausführliches Debriefing aller Beteiligten (u. a. CRM) sowie auch entsprechendes medizinisches Qualitätsmanagement (Qualitätszirkel der TraumaNetzwerk DGU®).**

Korrespondenzadresse



Dr. J. Dahmen
Fakultät für Gesundheit,
Universität Witten/Herdecke
Alfred-Herrhausen-Straße 50,
58455 Witten, Deutschland
janosch.dahmen@uni-wh.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J. Dahmen, M. Brade, C. Gerach, M. Glombitza, J. Schmitz, S. Zeitter und E. Steinhausen geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patienten zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

Verwendete Literatur

1. Anonymous (2014) Simulation in trauma education: beyond ATLS. *Injury* 45:817–818. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.01.010>
2. Bansal V, Fortlage D, Lee JG et al (2009) Hemorrhage is more prevalent than brain injury in early trauma deaths: the golden six hours. *Eur J Trauma Emerg Surg* 35:26–30. <https://doi.org/10.1007/s00068-008-8080-2>
3. Bossaert LL, Perkins GD, Askitopoulou H et al (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: section 11. The ethics of resuscitation and end-of-life decisions. *Resuscitation* 95:302–311. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.033>
4. Burlew CC, Moore EE, Moore FA et al (2012) Western Trauma Association critical decisions in trauma: resuscitative thoracotomy. *J Trauma Acute Care Surg* 73:1359–1363. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318270d2df>
5. Buschmann CT, Kleber C (2014) Traumatic cardiopulmonary resuscitation following roll over trauma. *Notfall Rettungsmed* 17:427–431. <https://doi.org/10.1007/s10049-014-1891-2>
6. Buschmann C, Tsokos M, Kleber C (2015) Preventable death after trauma. *Notfall Rettungsmed* 18:316–324. <https://doi.org/10.1007/s10049-015-0007-y>
7. Davies GE, Lockey DJ (2011) Thirteen survivors of prehospital thoracotomy for penetrating trauma: a prehospital physician-performed resuscitation procedure that can yield good results. *J Trauma* 70:E75–8. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181f6f72f>
8. Gagnier JJ, Riley D, Altman DG et al (2013) The CARE guidelines: consensus-based clinical case reporting guideline development. *Dtsch Arztebl Int* 110:603–608. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0603>
9. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M et al (2013) Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: need to change prehospital management strategies and trauma management education. *World J Surg* 37:1154–1161. <https://doi.org/10.1007/s00268-013-1964-2>
10. Kleber C, Giesecke MT, Lindner T et al (2014) Requirement for a structured algorithm in cardiac arrest following major trauma: epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin. *Resuscitation* 85:405–410. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.11.009>
11. König T, Perkins Z, Davies GE (2013) Training non-surgeons to perform resuscitative thoracotomy. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21:A2. <https://doi.org/10.1186/1757-7241-21-S1-A2>
12. Kulla M, Meiners S, Lampl L et al (2014) Prolonged cardiopulmonary resuscitation after severe blunt trauma with excellent outcome. *Notfall Rettungsmed* 17:607–612. <https://doi.org/10.1007/s10049-014-1935-7>
13. Lee C, Revell M, Porter K et al (2007) The prehospital management of chest injuries: a consensus statement. Faculty of Pre-hospital Care, Royal College of Surgeons of Edinburgh. *Emerg Med J* 24(3):220–224. <https://doi.org/10.1136/emj.2006.043687>
14. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J et al (2009) The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 339:b2700. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
15. Luedi MM, Wölfl CC, Wieferich K et al (2016) Teaching Advanced Trauma Life Support (ATLS): a nationwide retrospective analysis of 8202 lessons taught in Germany. *J Surg Educ* 0:161–166. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2016.06.010>
16. Lyon RM, de Saumarez E, McWhirter E et al (2017) Pre-hospital transfusion of packed red blood cells in 147 patients from a UK helicopter emergency medical service. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 25:12. <https://doi.org/10.1186/s13049-017-0356-2>
17. Matsumoto H, Mashiko K, Hara Y et al (2009) Role of resuscitative emergency field thoracotomy in the Japanese helicopter emergency medical service system. *Resuscitation* 80:1270–1274. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.08.010>
18. Matthes G, Trentzsch H, Wolf CG et al (2015) Essential measures for prehospital treatment of severely injured patients: the trauma care bundle. *Unfallchirurg* 118:652–656. <https://doi.org/10.1007/s00113-015-0042-7>
19. Mollberg NM, Wise SR, Berman K et al (2011) The consequences of noncompliance with guidelines for withholding or terminating resuscitation in traumatic cardiac arrest patients. *J Trauma* 71:997–1002. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182318269>
20. Ondruschka B, Baier C, Dreßler J et al (2017) Additive notärztliche Maßnahmen beim traumaassoziierten Herz-Kreislauf-Stillstand. *Anaesthesist*:1–12. <https://doi.org/10.1007/s00101-017-0383-4>
21. Puchwein P, Prenner G, Fell B et al (2013) Successful preclinical thoracotomy in a 17-year-old man. *Unfallchirurg* 117:849–852. <https://doi.org/10.1007/s00113-013-2484-0>
22. Puchwein P, Sommerauer F, Clement HG et al (2015) Clamshell thoracotomy and open heart massage—a potential life-saving procedure can be taught to emergency physicians: an educational cadaveric pilot study. *Injury* 46:1738–1742. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.05.045>
23. Rall M, Koppenberg J, Hellmann L, Henninger M (2014) Crew Resource Management (CRM) und Human Factors. In: Moecke H, Marung H, Oppermann S (Hrsg) *Praxishandbuch Qualitäts- und Risikomanagement im Rettungsdienst*, S 1–10
24. Rudolph M, Schneider NRE, Popp E (2017) Clamshell thoracotomy after thoracic knife wounds. *Unfallchirurg* 120:344–349. <https://doi.org/10.1007/s00113-016-0287-9>
25. Schneider NE, Popp E (2017) Clamshell-Thorakotomie nach thorakalen Messerstichen. *Unfallchirurg*:1–6. <https://doi.org/10.1007/s00113-016-0287-9>
26. Seamon MJ, Shiroff AM, Franco M et al (2009) Emergency department thoracotomy for penetrating injuries of the heart and great vessels: an appraisal of 283 consecutive cases from two urban trauma centers. *J Trauma* 67:1250–1257. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181c3fef9> (discussion 1257–8)
27. Simms ER, Flaris AN, Franchino X et al (2013) Bilateral anterior thoracotomy (clamshell incision) is the ideal emergency thoracotomy incision: an anatomic study. *World J Surg* 37:1277–1285. <https://doi.org/10.1007/s00268-013-1961-5>
28. Soreide K, Kruger AJ, Vardal AL et al (2007) Epidemiology and contemporary patterns of trauma deaths: changing place, similar pace, older face. *World J Surg* 31:2092–2103. <https://doi.org/10.1007/s00268-007-9226-9>
29. Truhlar A, Deakin CD, Soar J et al (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 95:148–201. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.017>
30. Truhlar A, Deakin CD, Soar J et al (2015) Cardiac arrest in special circumstances. *Notfall Rettungsmed* 18:833–903. <https://doi.org/10.1007/s10049-015-0096-7>
31. Wilson MH, Habig K, Wright C et al (2015) Pre-hospital emergency medicine. *Lancet* 386:2526–2534. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00985-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00985-X)
32. Zielinski MD, Stubbs JR, Berns KS et al (2017) Prehospital blood transfusion programs. *J Trauma Acute Care Surg* 82:70–S78. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001427>
33. Boddaert G, Hornez E, De Lesquen H et al (2017) Resuscitation thoracotomy. *J Visc Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jvisurg.2017.07.003>
34. Bouillon B, Flohe S, Ruchholtz S, Stürmer KM (2016) AWMF S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerer Verletzten-Behandlung, S 1–446
35. Evans CCD, Petersen A, Meier EN et al (2016) Prehospital traumatic cardiac arrest: Management and outcomes from the resuscitation outcomes consortium epistry-trauma and PROPHET registries. *J Trauma Acute Care Surg* 81:285–293. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001070>
36. Fung L, Boet S, Bould MD et al (2015) Impact of crisis resource management simulation-based training for interprofessional and interdisciplinary teams: a systematic review. *J Interprof Care* 29:433–444. <https://doi.org/10.3109/13561820.2015.1017555>
37. Rall M, van Gessel E, Staender S (2011) Education, teaching & training in patient safety. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 25:251–262. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2011.02.013>
38. Wise D, Davies G, Coats T et al (2005) Emergency thoracotomy: “how to do it”. *Emerg Med J* 22:22–24. <https://doi.org/10.1136/emj.2003.012963>
39. Zwingmann J, Lefering R, Feucht M et al (2016) Outcome and predictors for successful resuscitation in the emergency room of adult patients in traumatic cardiorespiratory arrest. *Crit Care* 20:282. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1463-6>

Weiterführende Literatur