

## ECMO als Baustein im Behandlungsalgorithmus des schweren thorakalen Traumas

### Zusammenfassung

Die veno-venöse ECMO (Extrakorporale Membranoxygenierung) ist geeignet, beim akuten Lungenversagen den Gasaustausch sicherzustellen, wenn eine konventionelle Beatmungstherapie dazu nicht mehr in der Lage ist oder eine weitere mechanische Schädigung der Lunge durch die Beatmung droht. Für das durch Infekt oder Aspiration verursachte Lungenversagen ist die ECMO eine zwischenzeitlich anerkannte Therapie. In dieser kleinen Fallserie soll darauf hingewiesen werden, dass die ECMO auch beim Thoraxtrauma eine therapeutische Option darstellt, die einen sinnvollen Platz im Behandlungsalgorithmus verdient.

### Summary

Veno-venous ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation) has proved its effectiveness in establishing adequate oxygenation and decarboxylation during respiratory failure and in the prevention of mechanical damage due to ventilation treatment. As ECMO is a widely accepted method for the treatment of respiratory failure caused by infection or aspiration or pulmonary infection, this series of three cases shows that ECMO is also a suitable option in the clinical treatment of thoracic trauma.

### Kasuistiken

#### Case Reports

### ECMO as a treatment algorithm component of severe thoracic trauma

U. Schwarz<sup>1</sup> · N. Speichermann<sup>1</sup> · S. Veit<sup>2</sup> · G. Geldner<sup>1</sup>

#### Allgemeines

Der Einsatz der veno-venösen ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation) stellt eine therapeutische Maßnahme dar, die im Wesentlichen zwei Ziele hat. Das erste Ziel ist das Vermeiden einer Hypoxämie bei Versagen konservativer Maßnahmen (Respirator- und Lagerungstherapie). Das zweite Ziel ist, dass trotz der drohenden lebensbedrohlichen Hypoxämie das Prinzip der lungenprotektiven Beatmung nicht aufgegeben werden muss und ein verhängnisvoller Circulus vitiosus durchbrochen werden kann.

Aus den letzten Dekaden liegen zur ECMO drei große kontrollierte Studien vor mit fehlendem Erfolg in den beiden älteren Untersuchungen und einem nachweisbar signifikanten Effekt in der jüngsten Untersuchung [10-12].

Die führende Erkrankung in diesen Studien war mehrheitlich das pulmonale Versagen, ausgelöst durch einen Infekt. Daneben finden sich in der Literatur Darstellungen, die zum Teil sehr spezielle und im klinischen Alltag wenig vorkommende Einsatzmöglichkeiten beschreiben [9]. Wenn auch hier „nur“ in Einzelfallbeschreibungen dargestellt, postulieren wir, dass bei der Behandlung der traumatisierten Lunge ein Einsatzbereich für die ECMO besteht, der in den Behandlungsalgorithmen noch seinen Platz sucht.

Nachfolgend wird daher in einer kleinen Fallserie der erfolgreiche Einsatz der ECMO beschrieben, um traumatisch bedingte lebensbedrohliche Funktionsstörungen der Lunge zu behandeln.

<sup>1</sup> Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Klinikum Ludwigsburg (Direktor: Prof. Dr. G. Geldner)

<sup>2</sup> Abteilung für Thoraxchirurgie, RBK Klinik Schillerhöhe (Direktor: Prof. Dr. G. Friedel)

#### Schlüsselwörter

ECMO – Thoraxtrauma – Behandlungsalgorithmus

#### Keywords

ECMO – Thoracic Trauma – Treatment Algorithm

## Fallbericht 1

Ein 46-jähriger Motorradfahrer verlor bei einem Stau die Kontrolle über sein Motorrad und fuhr auf den stehenden Verkehr auf.

Bei Eintreffen des Notarztes war der Patient wach, orientiert, ohne periphere neurologische Ausfälle und klagte über starke Schmerzen im Thoraxbereich. Bei zunehmender respiratorischer Insuffizienz erfolgte die gezielte Sicherung der Atemwege und der Oxygenierung durch Intubation und Beatmung.

Das bei der Aufnahme durchgeführte Polytrauma-CT zeigte eine Rippenserienfraktur 3-9 links mit dorsalen Dislokationen, ein Hautemphysem links, einen Pneumothorax links und eine Claviculafraktur links. Das CCT war ohne pathologischen Befund. Im Abdominal- und Retroperitonealraum lagen keine relevanten Verletzungen vor. Nach Anlage einer Bülaustraining auf der linken Seite erfolgte die Übernahme auf die interdisziplinäre Intensivstation.

Das EKG war unauffällig, das Troponin blieb negativ. Das Hautemphysem verhinderte eine Darstellung des Herzens in der transthorakalen Echokardiographie.

Die Bülaustraining fistelte geringfügig, in der Bronchoskopie ergaben sich aber keine Hinweise auf eine Verletzung der Atemwege. Die linke untere Thoraxapertur tastete sich „weich“. Bereits in der unmittelbaren Aufnahmephase zeigten sich massive Sättigungseinbrüche. Diese wurden durch Husten ausgelöst oder traten bei streng rechtsseitiger Lagerung auf. Kippbar waren diese Episoden nur durch Vertiefung der Analgosedierung, zusätzliche Relaxierung und Blähmanöver. In „guten“ Phasen war die Oxygenierung adäquat, die Decarboxylierung jedoch weiter beeinträchtigt.

Zur Re-Evaluation erfolgte die Wiederholung der CT-Diagnostik. Anschließend wurde ein pECLA-System installiert. Bei der nunmehr abzusehenden langwierigen Beatmung erfolgte auch eine frühzeitige plastische Tracheotomie.

Es wurden folgende, sehr aufwendige Maßnahmen zur Sicherung des Gasaustausches durchgeführt: Die pECLA

wurde mit maximalem Sauerstoff-Fluss betrieben und die Beatmung mit PEEP 20 und FiO<sub>2</sub> 1,0 sehr invasiv gestaltet. Trotz der wiederholten Bronchoskopien zur Entfernung obstruierender Sekrete in Verbindung mit der Lagerungstherapie im Rota-Rest-Bett kam es nicht zur Verbesserung des Gasaustausches. Um die Infektlage zu beherrschen wurde die Antibiotikatherapie zu einem Carbapenem hin eskaliert.

Weiterhin bestand das Problem, dass bei nachlassender Relaxierung eine Beatmung des Patienten erschwert bis unmöglich war. Bei dauerhafter Relaxierung wurde zur Messung der Narkosetiefe ein BIS-Monitoring installiert.

Sieben Tage nach Klinikaufnahme wurde die einliegende pECLA durch eine venovenöse ECMO ersetzt. Die Lagerungstherapie im Rota-Rest-Bett wurde beendet und stattdessen wurden gezielte 135°-Bauchlagerungen durchgeführt.

Nach einer Woche ECMO-Therapie waren erste Deeskalationen möglich. Die Relaxierung konnte beendet und somit auch die Analgosedierung deutlich reduziert werden. Es war eine Spontanisierung der Beatmung möglich. Das ECMO-System konnte schließlich nach 16 Tagen entfernt werden.

Nach einer weiteren Woche waren bereits Phasen der Spontanatmung an der künstlichen Nase möglich, der Patient konnte an die Bettkante mobilisiert werden.

Zusammenfassend lag ein schwerstes isoliertes Thoraxtrauma mit linksseitiger Instabilität und konsekutivem Lungenversagen vor. Letztlich gelang die Kompenstation der vital bedrohlichen Störung mittels ECMO, supportiver Lagerungstherapie und kalkulierter Antibiotikatherapie der komplizierenden Infektpoproblematik, nachdem die konservative Respiratortherapie auch in Verbindung mit pECLA einen ausreichenden Gasaustausch nicht sicherstellen konnte.

## Fallbericht 2

Der 19-jährige Radfahrer fuhr alkoholisiert bergab und prallte gegen eine Mauer. Fremdanamnestisch bestand eine mehrminütige Bewusstlosigkeit. Bei Eintreffen des Notarztes war der Patient wieder wach und ansprechbar, aber sehr agitiert und kreislaufinstabil. Die Beine konnten nicht bewegt werden. Weiterhin instabil wurde er zügig in die Klinik transportiert.

Die Notfalldiagnostik ergab ein Polytrauma, vor allem mit Beteiligung des Thorax, des Abdomens und der Wirbelsäule (Tab. 1).

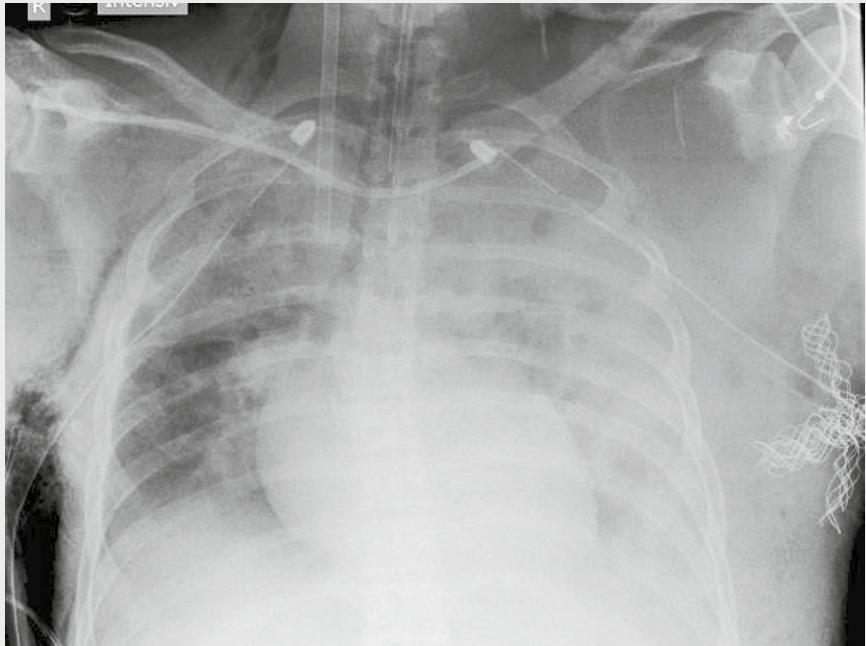
**Tabelle 1**

Verletzungsmuster zu Fallbericht 2.

Thorax
Spannungs-Hämato-Pneumothorax links
Einriss im linken Unterlappen
Pneumothorax rechts
Lungenkontusion beidseits
Einzelne Rippenfrakturen beidseits
Abdomen
Milzruptur
Nierenabriss links
Wirbelsäule
Translationsverletzung BWK 6/7
LWK-3-Bogenfraktur rechts
LWK-5-Schrägfraktur mit Beteiligung der Bogenwurzel rechts

Im Schockraum wurden beide Thoraxhöhlen notfallmäßig mittels Bülaustrainingen entlastet, da die zunehmende „Spannungssituation“ zu einer schweren Kreislaufdepression geführt hatte. Erwartungsgemäß ergab die erste ROTEM-Analyse eine schwer eingeschränkte Blutgerinnung mit initialer Afibrinogenämie, die entsprechend behandelt wurde. Zudem erhielt der Patient Tranexamsäure.

Unter Massentransfusion wurde notfallmäßig eine Splenektomie durchgeführt. Die linke Niere, deren Gefäße abgerissen waren, wurde ebenfalls entfernt. Die weit retrahierten Nierengefäße konnten nicht sicher ausgeschaltet werden, weshalb

**Abbildung 1**

Röntgen nach ECMO-Anlage vor Osteosynthese der BWS (Fallbericht 2).

die Nierenloge links zunächst mit Bauchtüchern „gepackt“ wurde.

Die geplante osteosynthetische Versorgung der thorakalen Wirbelsäule ließ sich in dieser OP-Sitzung leider nicht realisieren. Nach Verbringen des Patienten in die Bauchlage war eine adäquate Ventilation nicht mehr möglich, so dass die Lagerung sofort wieder aufgehoben werden musste.

Der Patient wurde also zunächst auf die interdisziplinäre Intensivstation übernommen. Auch dort war unter maximalem Beatmungsaufwand (BIPAP,  $\text{FiO}_2$  1,0, PEEP 18, PIP 34, I:E 1:1) nur ein grenzwertiger Gasaustausch zu erreichen. Um eine Deeskalation der kritischen Beatmungssituation zu erzwingen und eine zeitnahe operative Versorgung der hochgradig instabilen BWS zu ermöglichen, fiel die Entscheidung zur Installation einer veno-venösen ECMO (Abb. 1). So konnte letztlich die notwendige langstreckige dorsale Spondylodese unter hohem Volumeneinsatz durchgeführt werden (Abb. 2). In den folgenden drei Wochen war der klinische Verlauf durch das schwere Lungenversagen bei ausgedehnten Lungenkontusionen und begleitender In-

fektproblematik geprägt. Im Intervall erfolgte die Anlage eines Tracheostomas in dilatativer Technik. In einer Phase

reduzierter Analgosedierung zeigte sich neben der Paraplegie eine Parese des linken Armes, verursacht durch eine Läsion des Plexus brachialis. Die ECMO-Therapie konnte 21 Tage nach dem Trauma definitiv beendet werden.

In der Folge gelang die Entwöhnung vom Respirator relativ zügig. Erheblich schwieriger gestaltete sich die Überwindung des medikamentös induzierten Psychosyndroms.

In der Endphase der Behandlung erfolgte die problemlose ventrale Stabilisierung der BWK-Fraktur. Nach etwas über fünf Wochen konnte der Patient zur Weiterbehandlung in eine entsprechende Reha-Klinik verlegt werden. Es erfolgte die Impfung mit Pneumovax, Menjugate und ACT HiB.

Zusammenfassend lag in diesem Fall im Rahmen des Polytraumas eine schwerste Thoraxverletzung vor. Durch den frühen Einsatz der ECMO wurde die Versorgung der Wirbelsäulenfraktur überhaupt erst ermöglicht. In der Folge konnte eine lungenprotektive Beatmung weitere Schäden der kontusionierten Lungen verhindern.

**Abbildung 2**

Operativer Eingriff durch ECMO ermöglicht (Fallbericht 2).

### Fallbericht 3

Ein 30-jähriger Mann kollidierte als angeschallter PKW-Fahrer mit einem LKW und wurde eingeklemmt.

Er wurde vom zuerst eintreffenden Notarzt intubiert und anschließend vom Rettungshubschrauber übernommen. Bei instabilem Kreislauf und klinischem Verdacht auf ein Thoraxtrauma erhielt der Patient beidseits Entlastungspunktionen in Monaldi-Position. Vor allem rechts entwich reichlich Luft. Bei weiter anhaltender Kreislaufinstabilität erfolgte der zügige Transport in unsere Klinik.

Bei Ankunft im Schockraum lag die Sauerstoffsättigung unter invasiver Beatmung mit  $\text{FiO}_2$  1,0 bei 85%. Beide Thoraxhöhlen wurden umgehend mit Bülau-drainagen versorgt. Rechts entleerte sich massiv Blut und anhaltend Luft, so dass eine Bronchoskopie durchgeführt wurde, bei der sich eine Verletzung des rechtsseitigen Bronchialsystems zeigte. Der Tubus wurde im Anschluss im linken Hauptbronchus platziert.

Aus einem mitgeführten Notfallausweis ging hervor, dass bei dem Patienten eine Hämophilie A vorlag, die jedoch im Alltag nicht substitutionspflichtig war. Die anschließende Notfalldiagnostik zeigte bds. Lungenkontusionen, konnte aber auch kein genaues Bild der pulmonalen Verletzungen geben. Nach Anlage eines Doppel-lumentubus erfolgte eine explorative Thorakotomie rechts, in deren Verlauf die rechte Lunge komplett entfernt werden musste. Am Präparat zeigten sich dann ein Abriss des rechten Mittellappenbronchus sowie multiple Einblutungen und Einrisse vor allem im rechten Unterlappen. Der rechte Oberarm wurde in dieser OP-Sitzung mit einem Fixateur externe versorgt. Die allgemeine Behandlung der Blutgerinnung wurde durch Faktor-VIII-Gaben ergänzt.

Nach der postoperativen Übernahme auf die Intensivstation ließ sich unter invasiven Beatmungsparametern nur eine grenzwertige Oxygenierung erreichen. Daneben bestand eine respiratorische Azidose. Um die verbliebene kontusio-nierte linke Lunge und den frisch operier-ten Bronchusstumpf rechts zu schonen,

**Tabelle 2**

Blutgasanalysen und Beatmungsparameter zu Fallbericht 3.

	Aufnahme auf ITS	Nach ECMO-Anlage
<b>pCO<sub>2</sub> (mmHG)</b>	74,6	48,8
<b>pO<sub>2</sub> (mmHG)</b>	58,9	180,5
<b>pH</b>	7,225	7,419
<b>BE (mmol/l)</b>	-9,4	-5,6
<b>Hb (g/dl)</b>	10,2	10,2
<b>SaO<sub>2</sub> (%)</b>	89,2%	98,9
<hr/>		
<b>Beatmungsmodus</b>	BIPAP	BIPAP
<b>Atemfrequenz (min<sup>-1</sup>)</b>	25	6
<b>PIP / PEEP</b>	32 / 18	18 / 15
<b>I:E</b>	1:1	1:1,5
<b>FiO<sub>2</sub></b>	1,0	0,6

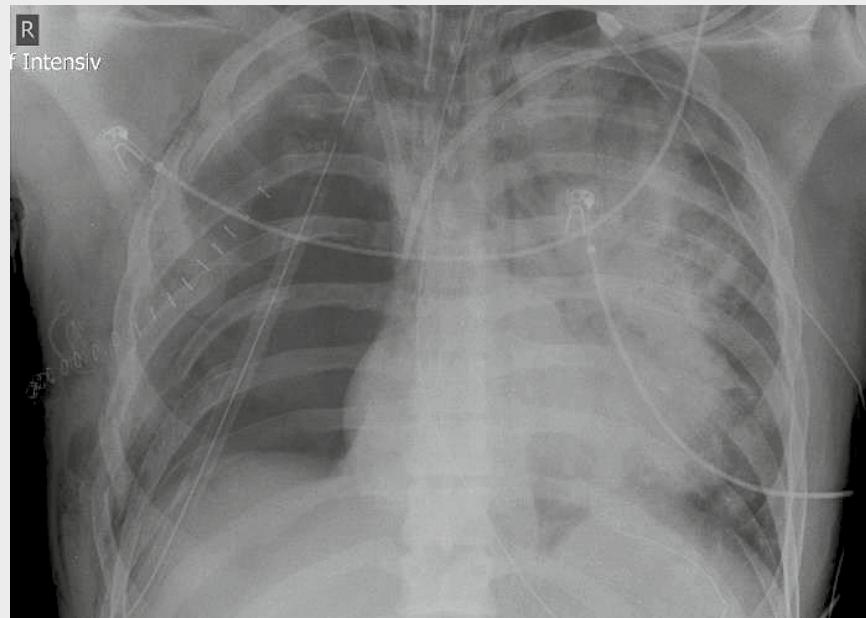
wurde auf eine weitere „Verschärfung“ der Beatmungsparameter und auf Lagerungsmaßnahmen verzichtet [2,3]. In Erwartung einer weiteren Verschlechterung des Gasaustauschs wurde eine veno-venöse ECMO installiert (Tab. 2, Abb. 3).

Komplizierend trat durch Einbluten in die rechte Thoraxhöhle eine Spannungssituation mit Kreislaufdepression auf, die eine medikamentöse und mechanische

Reanimation notwendig machte. Nach Aktualisierung der Bildgebung erfolgte die Rethorakotomie. Als ursächlich wurden Blutungsquellen im Bereich der frakturierten 6. und 7. Rippe dargestellt und versorgt.

Begleitende Infektlagen wurden mit wechselnden kalkulierten antibiotischen/ antimykotischen Kombinationen behandelt.

**Abbildung 3**



Zst. nach Pneumektomie rechts, ARDS links 6 Stunden nach Aufnahme (Fallbericht 3).

Im weiteren Verlauf erfolgte die Anlage eines Tracheostomas in dilatativer Technik. Die Spontanisierung am Respirator gelang problemlos, und die ECMO-Therapie konnte nach 18 Tagen beendet werden. Die anschließende Entwöhnung vom Respirator nahm allerdings drei Wochen in Anspruch.

Nach der definitiven Versorgung der Oberarmfraktur mit einem Verriegelungs-nagel konnte die Trachealkanüle wieder entfernt und der Patient ins Heimatkrankenhaus verlegt werden.

## Diskussion

Betrachtet man Publikationen über den Einsatz der veno-venösen ECMO, so liegt der Schwerpunkt eindeutig auf der Behandlung von Lungenversagen, ausgelöst durch Infektionen oder Aspirationen.

Die Darstellung in Kasuistiken zeigt das Potenzial der Methode auf, lebensbedrohliche Situationen zu beherrschen. So hat die ECMO in unserer Klinik zum Beispiel beim akuten Thoraxsyndrom bei der Sichelzellanämie [7] oder bei einer perakuten Dekompensation eines Churg-Strauss-Syndroms (eigener, nicht publizierter Fallbericht) das Überleben ermöglicht. Letztlich wurde die ECMO aber bei diesen Einzelfällen aus der Notfallsituation heraus in die Behandlungsabläufe eingebbracht.

Beim Blick auf traumainduziertes Lungenversagen finden sich deutlich mehr Fallberichte, und es besteht auch eine höhere Ereigniswahrscheinlichkeit des Problems [1,6,8].

Mit der Darstellung dieser Fallserie soll der Trend verstärkt werden, die ECMO als sinnvollen Baustein im Behandlungsalgorithmus des schweren thorakalen Traumas zu erkennen und zu implementieren. Anhand dieser drei erfreulich verlaufenen Fälle konnte gezeigt werden, dass das Therapieprinzip ECMO jeweils der entscheidende Ansatz war, um den klinischen Erfolg zu erzielen. Alle drei Fälle gingen gut mit dem Grundprinzip auf, Hypoxie zu verhindern und weitere irreversible Lungenschäden zu vermeiden.

Die Gefahr von Blutungskomplikationen durch die ECMO muss natürlich bedacht

werden. Eine Antikoagulation ist durch Verbesserung der Materialien (u.a. heparinbeschichtete Schlauchsysteme) zumindest in den ersten Tagen der ECMO-Therapie nicht notwendig. Dennoch ist durch die dauerhafte Aktivierung der Gerinnung mit einem Verlust an Gerinnungsfaktoren zu rechnen, der seinerseits zu Blutungskomplikationen führen kann [4].

In den vorgestellten Fällen blieb letztlich keine Zeit, die konservativen Beatmungs- und Lagerungsstrategien durchzuführen, um die ECMO zu umgehen [2,3].

Auch waren die hier vorgestellten Fälle – kritisch betrachtet – nicht mit einem Schädel-Hirn-Trauma assoziiert. Der Einsatz der ECMO ist jedoch auch bei dieser Problemstellung möglich [5] und wäre auch in den vorgestellten Fällen kein Ausschlusskriterium gewesen.

Die Durchführung größerer chirurgischer Eingriffe konnte gleichfalls realisiert werden. Im zweiten Fallbericht wurden die Eingriffe in der „Damage-Control-Phase“ erzwungen; im dritten Fallbericht wurde eine Re-Thorakotomie unter ECMO durchgeführt. Möglicherweise wäre in diesem Fall die Installation der ECMO vor der Pneumektomie der traumatisierten Lunge eine Erleichterung für den Ablauf gewesen.

Als **Fazit** für unsere Klinik bleibt die Erfahrung, dass unter ECMO-Therapie gefürchtete Blutungskomplikationen beim polytraumatisierten Patienten beherrschbar sind und dass auch größere chirurgische Eingriffe durchgeführt werden können. Daher ist inzwischen die ECMO als Baustein in der Therapie des thorakalen Traumas fest verankert.

## Literatur

- Ried M et al: Extracorporeal lung support in trauma patients with severe chest injury and acute lung failure: a 10-year institutional experience. Crit Care 2013;20(3):17
- Töpfer L et al: Lungenersatzverfahren – Welche Therapie für welchen Patienten? Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2012;47:626-33
- Brederlau J et al: Lungenersatzverfahren – Wenn Beatmung alleine nicht mehr reicht: Extrakorporale Lungenassistenzverfahren Anästhesiol Intensivmed

Notfallmed Schmerzther 2012;47:636-43

- Küstermann J, et al: Lungenersatzverfahren – Einsatz und Management extrakorporaler Lungenersatzverfahren. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2012;47:646-53
- Muellenbach RM et al: Extrakorporale Membranoxygenierung und schweres Schädel-Hirn-Trauma. Anaesthesist 2011;60:647-52
- Halon-Watras J: Traumatic Pneumonectomy: A Viable Option for Patients in Extremis. Am Surg 2011;77:493-97
- Hoffmann M, et al: Life-threatening acute chest syndrome with hemolytic crisis in sickle cell disease. Treatment using a venovenous extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). Dtsch Med Wochenschr 2011;136(43):2192-5
- Arlt M, et al: Extracorporeal membrane oxygenation in severe trauma patients with bleeding shock. Resuscitation 2010;81:804-809
- K. Hackner et al: Geplante extrakorporeale Lungenunterstützung – Verhinderung einer Atemwegskatastrophe. Anaesthesist 2010;59(11):1008-12
- Peek GJ, et al: Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. Lancet 2009;374:1351-63
- Morris AH, et al: Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO<sub>2</sub> removal for adult respiratory distress syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1994;149:295-305
- Zapol WM, et al: Extracorporeal Membrane Oxygenation in Severe Acute Respiratory Failure. JAMA 1979;242(20):2193-96.

## Korrespondenzadresse

**Dr. med.  
Udo Schwarz**



Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie  
Klinikum Ludwigsburg  
Posilipostraße 4  
71640 Ludwigsburg, Deutschland  
E-Mail: udo.schwarz@online.de