A. Strauß, H. Reul †, U. Steinseifer, T. Schmitz-Rode

Lehrstuhl für Angewandte Medizintechnik des Universitätsklinikums der RWTH Aachen (Dir.: Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. T. Schmitz-Rode)

Entwicklung eines mobilen Membranoxygenationssystems (HEXMO) zur schonenden Therapie des akuten, schweren Lungenversagens (ARDS)

Motivation und Ziel

Das akute, schwere Lungenversagen (ARDS) tritt sehr häufig bei Verbrennungen, Rauchvergiftungen, Beinahe-Ertrinken oder Verkehrsunfällen auf. Aber auch Lungenentzündungen oder chronisches Asthma können dieses lebensbedrohliche Krankheitsbild verursachen. Die Mortalität der Betroffenen liegt zwischen 40 und 60 % [1]. Für viele Patienten ist die Behandlung mittels extrakorporaler Membranoxygenation (ECMO) oftmals die letzte Hilfe [2].

Am Lehrstuhl für Angewandte Medizintechnik der RWTH Aachen wird aus diesem Grund ein hochintegrierter extrakorporaler Membranoxygenator (HEXMO) entwickelt, der durch die Integration einer Rotationsblutpumpe [3] eine besonders kompakte Bauweise aufweist [4] und für den mobilen Notfalleinsatz konzipiert ist. Eine Anwendung der ECMO wäre somit nicht nur als „ultima ratio“, sondern, rechtzeitig eingesetzt, als schonende alternative Beatmungsform zur aggressiven Überdruckbeatmung denkbar.

Schlüsselwörter

ARDS, mobil, ECMO, integriert, Rotationsblutpumpe, HEXMO, kompakt

Abstract

Near-drowning, burnings, trauma and pneumonia can cause acute respiratory distress syndrome (ARDS), a disease characterized by impaired gas exchange. Its mortality rate is in the range of 40 to 60%. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) might be able to reduce ventilation-induced lung injury but implies substantial risks of hemolysis, thrombosis and bleeding complications. Moreover, ECMO is very complex and cost-intensive. Our aim is the development of a compact, miniaturized oxygenation system with reduced blood contact surface and low priming volume for safe, sure and mobile ECMO application.

The main feature of HEXMO is the integration of a miniaturized blood pump in the center of the system, which enables a very compact design without heat exchanger and thus low priming volume. In-vitro experiments with porcine blood have been carried out to determine hydraulic properties, blood damage, oxygen transfer and carbon dioxide elimination of the HEXMO system.

HEXMO presents a manageable and economical oxygenation system that can show the way to mobile ECMO application. The compact design enables safe, reliable, and convenient handling, especially in critical situations. Future activities will be related to in-vivo experiments and further design improvements.

Key Words

ARDS, mobile, ECMO, integrated, rotary blood pump, HEXMO, compact

Konstruktion und Design

Im Inneren des Oxygenators befindet sich zur Förderung des Blutes eine Rotationsblutpumpe, die durch einen Schnellverschluss auch in kritischen Situationen rasch ein- und ausgewechselt werden kann und wiederverwertbar ist, eine Konnektierung mittels Schläuchen entfällt (Abb. 1). Diese Bauweise ermöglicht eine reduzierte Fremdkontaktoberfläche und ein geringes Füllvolumen. Außerdem kann auf einen Wärmetauscher verzichtet werden, da die durch den Pumpenmotor generierte Wärme durch Konvektion die Wärmeabgabe des Oxygenators an die Umgebung kompensiert [4, 5]. So beträgt das gesamte Füllvolumen eines kompletten Systems mit 0,9 m^2 Membranoberfläche nur ca. 125 ml (inkl. Kanülen). Ein kleineres, für Säuglinge geeignetes System mit 0,2 m^2 Stoffaustauschoberfläche benötigt ein Füllvolumen von nur ca. 40 ml.

Im HEXMO werden Blut- und Gasstrom im doppelten Gegenstrom geführt, um den Stoffaustausch – insbesondere den Abtransport des CO_2 – zu steigern. Die end-

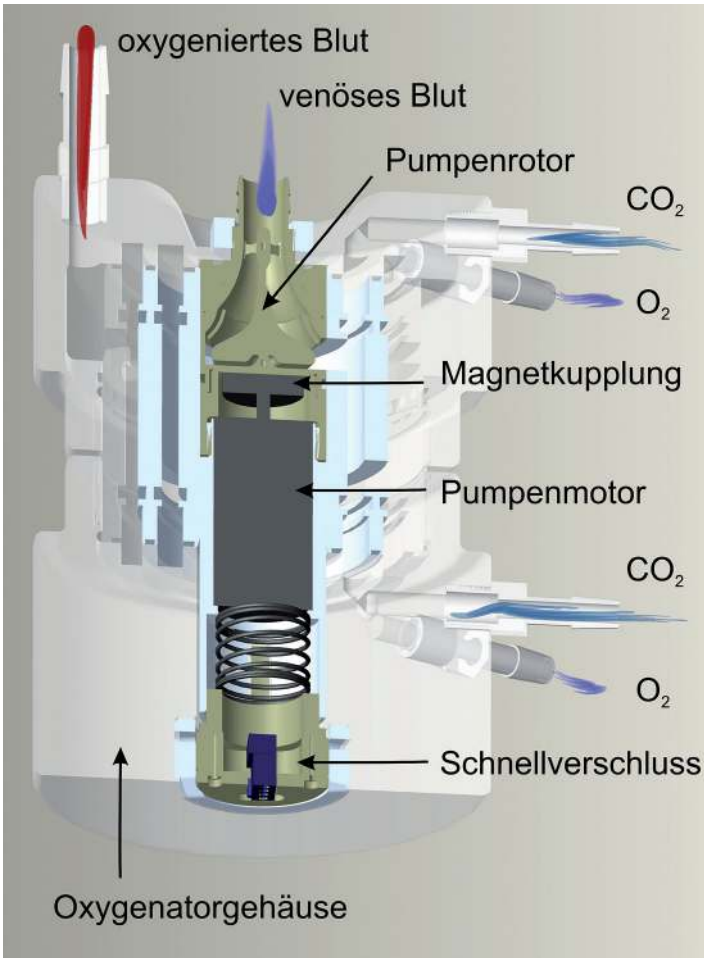

Abb. 1: Funktionsprinzip

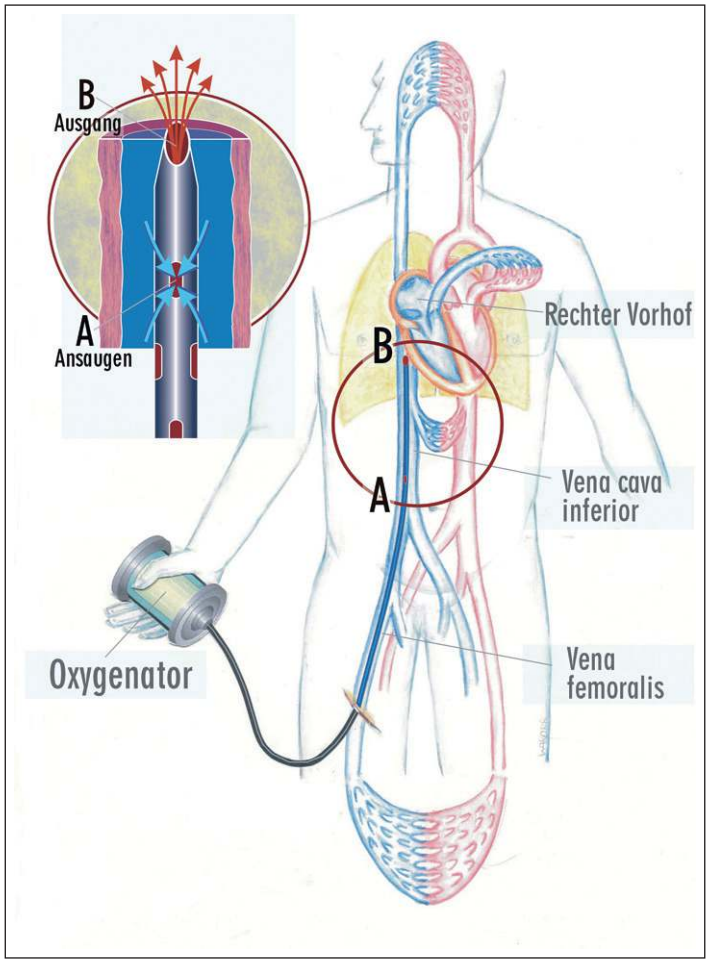

Abb. 2: Kanülierung

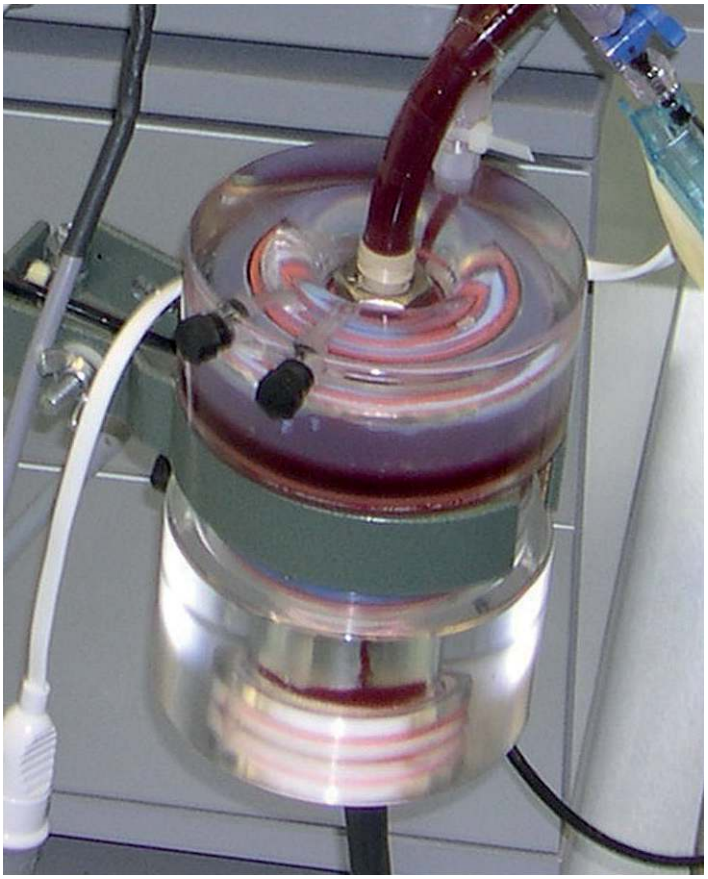

Abb. 3: Labormuster

stirnigen Verklebungen der Labormuster sind so ausgeführt, dass die dort auftretenden Totwassergebiete, die das Verweilzeitverhalten negativ beeinflussen und eine Thrombozytenanlagerung begünstigen, vermieden werden können. Es ist vorgesehen, das System minimal-invasiv durch Punktion einer Doppellumenkanüle via Vena femoralis in die Vena cava mit dem Patienten zu konnektieren (Abb. 2).

Methoden und Ergebnisse

Das HEXMO-System wird zur Zeit in vitro mit Schweineblut auf Funktionalität, Oxygenierungsleistung bzw. CO_2-Elimination und Blutschädigung getestet (Abb. 3). Neben der Betriebspunktcharakteristik des Oxygenators sind der Grad der Schädigung der roten Blutkörperchen – die sog. Hämolyse – und die Untersuchung auf Thrombenablagerungen wichtige Kriterien für die Langzeittauglichkeit des Systems. Aufgrund der bisher positiven Ergebnisse [5] sind erste Tierversuche noch für dieses Jahr geplant.

Zusammenfassung

HEXMO ist ein kompaktes Membranoxygenationssystem, das den Weg zu schonenden, mobilen und günstigen ECMO-Anwendungen weisen kann. Es ist direkt am Unfallort zu applizieren und durch sein geringes Füllvolumen gerade für Kinder besonders gut geeignet.

LITERATUR

[1] Bernard GR, Artigas A et al: The American-European Consensus Conference on ARDS. Am J Crit Car Med 1994; March 149 (3 Pts 1): 818–824

[2] Kopp R, Henzler D, Dembinski R, Kuhlen R: Extracorporeal membrane oxygenation by acute respiratory distress syndrome. Anaesthesist 2004; 53: 168–174

[3] Reul H, Akdis M: Blood Pumps for Circulatory Support. Perfusion 2000; 15: 295–311

[4] Cattaneo G, Strauß A, Reul H: Compact intra- and extracorporeal oxygenators developments. Perfusion 2004; 19: 251–255

[5] Strauß A, Cattaneo G, Arens J, Reul H, Steinseifer U, Schmitz-Rode T: Development of a Highly Integrated Extracorporeal Membrane Oxygenator with Rotary Blood Pump – Concept and Functionality. Biomedizinische Technik 2005; Vol. 50, Suppl. Vol. 1, Part 2: 867–868

Anmerkung der Redaktion

Das HEXMO-Team – A. Strauß, H. Kouba, A. Großer und Ph. Mayer – (www.hexmo.com), wurde für seine Geschäftsidee zur Vermarktung der Technologie beim Aachener Businessplanwettbewerb AC-Quadrat mit dem 2. Preis prämiert. Bei der mehrtägigen Veranstaltung „Prepare! The Entrepreneurs' Academy", die von der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit der WHU Vallendar ausgerichtet und von der Stiftung Industrieforschung gefördert wurde, ist das Team mit dem 1. Preis ausgelobt worden.

http://www.gruenderregion.de/presse/pm2006/5.htm
http://www.aachen.de/DE/wirtschaft_technologie/aktuell/ac_quadrat_praemierung_2006.html
http://www-zhv.rwth-aachen.de/zentral/dez3_pm2006_gruender.htm

Dipl.-Ing. Andreas Strauß
Lehrstuhl für Angewandte Medizintechnik
des Universitätsklinikums der RWTH Aachen
- Kardiovaskuläre Technik -
Pauwelsstraße 20
52074 Aachen
E-Mail: strauss@hia.rwth-aachen.de
Web: www.ame.hia.rwth-aachen.de