

## 推薦の辞

ECMO (extra corporeal membrane oxygenation) のバイブルであり “Red Book” として知られている ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care (4th Edition) が、日本の ECMO プロジェクトのメンバーにより翻訳が進められ、1冊の本としてここに出版される運びとなりました。

心肺停止や循環不全に対して ECMO を用いる蘇生は ECPR と呼ばれ、世界のなかでも日本で最も多く行われており、PCPS (VA ECMO) という名称も使われています。一方、呼吸不全で用いる VV ECMO に関しては施設によっては経験が少なく、2009 年に発生した H1N1 インフルエンザ流行に伴う呼吸不全では日本の ECMO による救命率は低く、その現実が浮きぼりにされました。

最近、海外や日本の進んだ施設では、ECMO 治療を受けている患者がリハビリテーションを受ける、家族とトランプをして楽しむ、新聞を読むなど、これまでには考えられなかったような治療の進歩が起きています。

海外では “lung dialysis”, “pulmonary dialysis” などの用語が使用されており、まるで腎不全に対する血液透析を行うスタンスで ECMO 治療が行われ始めています。今後、日本でも大きく飛躍する領域と考えられます。

しかしながら、ECMO 治療は医師ならば誰でも行えるというものではなく、安易に行えば、ECMO という治療そのもののリスクは決して低くありません。その解決のために十分な知識と経験は必須です。この翻訳書は、世界の ECMO に関する研究と臨床での理論と実践、具体的な管理法や技術、その裏づけとなる理論を解説するものです。

本書は、ECMO に関する歴史、生理学、活動する団体の紹介から始まり、ECMO の回路構成、カニューレション、モニタリング、抗凝固と出血、鎮痛、鎮静、体温管理などの管理方法について記載されています。そして、ECMO の適応疾患、病態に限らず、携帯人工肺、移植医療にも言及し、ECMO の応用編も加わって、幅広い観点から書かれた大作となっています。ECMO 診療にかかわる医師のみならず、看護師、臨床工学技士、理学療法士、薬剤師等々、医療関係者にとって必須の教科書といえるでしょう。

日々、重症患者の救命に勤しむ医療者のプロジェクトチームにより成しえた翻訳本です。尽力された訳者の方々の労をねぎらうとともに、本書が大いに関係者の役に立ち、ひいては、わが国の循環不全・呼吸不全などの救命率の向上につながることを信じております。

2015 年 1 月 15 日

一般社団法人日本呼吸療法医学会理事長 川前 金幸  
一般社団法人日本集中治療医学会理事長 氏家 良人

## 監訳の序

このたび、ELSO (Extracorporeal Life Support Organization) が出版している ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care (4th Edition), 通称 “Red Book” の日本語翻訳本を出版するに至った。なぜ Red book と呼ばれているかという点、原書の表紙が赤いからである。世界的な通称として定着しているこの本の日本語訳を手がけられたことは、わが国の ECMO 療法にとって意義のあることと思う。

2009 年、新型インフルエンザ (H1N1) のパンデミックにより世界は大混乱に陥った。このとき、多くの重症呼吸不全患者が ECMO により救命されたことが判明し、呼吸不全に対する ECMO 治療について私自身も再考させられた。そこで、われわれは新型インフルエンザに対するわが国での ECMO 治療成績を調査した。結果は非常に残念なもので、生存率は欧米諸国のわずか半分であった。理由は管理方法、器材など多岐にわたっており、これを改善させるためには積極的な行動が必要と感じた。それを実行するために、日本呼吸療法医学会・日本集中治療医学会による ECMO プロジェクト (委員長: 竹田晋浩, 担当理事: 落合亮一, 坂本哲也) がスタートした。

ECMO プロジェクトは多くの活動を行っているが、経験の少ない呼吸不全に対する ECMO 治療を改善させるためには、基本的な事項を学ぶことは必須であり、またそれは各自が行わなくてはならない。この Red Book は ECMO を学ぶためには最適な教科書である。しかし、多くの医療関係者がストレスなく読むには、どうしても英文原著ではなく翻訳本が必要であった。

そこで、このたび ECMO プロジェクトが中心となり、Red Book の翻訳を行うこととなった。多くの医療関係者の協力のもと翻訳が進められ、一冊の本としてここに出版できることになり、大変うれしく思っている。なお、図表は日本語の表現が難しい部分が多々あり、また原文のほうが理解しやすい箇所もあったので、あえて翻訳していない。また索引がないので、略語表を充実させた。

本書が、わが国での ECMO の治療成績改善に貢献することを期待している。

2015 年 1 月 15 日

ECMO プロジェクト委員長 (日本呼吸療法医学会・日本集中治療医学会)

日本呼吸療法医学会副理事長

日本医科大学付属病院外科系集中治療科特任教授

竹田 晋浩

## 日本語版発行にあたって

2009～2010年の新型インフルエンザの世界的流行に際して、重症呼吸不全の治療成績を一躍高めたのは、ECMOの導入であった。このため、2012年に行われたARDSのコンセンサス会議（いわゆるベルリン定義）においても、最重症型ARDSの治療方針にECMOが明記されるに至った。しかし、こうした先進的な治療は、地道な努力の積み重ねによるもので、その結果として国際的な組織であるELSOが1989年に形づくられた。

2014年10月現在、ELSOに登録されているECMOセンターは全世界では約1,000施設にのぼり、新生児呼吸不全センターが160施設、小児呼吸不全センターが195施設、成人呼吸不全センターが187施設、循環器センターが253施設、ECPRセンターが202施設登録されている。

2012年の7月、メルボルンで行われていた体外循環学会で、Asia-Pacific ELSOという地方会の創設について議論されたが、わが国からは、ECMOプロジェクトの竹田、市場、清水、そして落合が会議に参加した。この会議にはオーストラリア、ニュージーランド、シンガポールに加えて、日本、韓国、台湾、香港などのアジアの一部の代表が参加し、満場一致で地方会の創設が認められた。

そして、第1回のAsia-Pacific ELSO (APELSO) 学術総会が2013年10月に北京で開催され、多くの参加者が集まり成功裏に終了した。2年ごとに開催されるAPELSOは、2015年に京都で第2回大会が開催される予定である（日本呼吸療法医学会との併設で、落合が会長を担当）。今後、わが国におけるECMO治療の拡大に大いなる弾みがつくことを期待している。

ELSOが標準的なテキストとして“Red Book”を刊行して以来、世界中でECMOに関するバイブルとして用いられているが、チーム医療として多職種の参加が必須のECMO治療において、誰もが読むことのできる日本語版テキストが待望されていた。そこで、全国の有志がボランティアでRed Book翻訳を行い、本書を発行できるようになったのである。本稿をもって、全国の有志の皆様に厚くお礼を申し上げる次第である。

なお、本書は、厚生労働科学研究費（落合亮一：H26-循環器等実用化-一般-016）により発行した。全国でECMO治療に日夜、励んでおられる皆様の一助となれば幸いである。

2015年1月15日

ECMOプロジェクト担当理事（日本呼吸療法医学会）  
東邦大学医学部麻酔科学講座教授 落合 亮一

## 献辞

この“レッドブック”第4版を、  
ビリー・ルー・ショート医師と  
P・パール・オールルーケ医師に  
捧げる。



ビリーとパールは、30年もの間、新生児・小児医療におけるリーダーであり、ECMOの開拓者（今や象徴ともなっている）であり、ライフサポート・コミュニティにとっての親愛なる友人です。そして2人は、互いの親友でもあります。彼女たちは、1984年に Children's Hospital National Medical Center (CNMC) (国立こども医療センター)で ECMO conference を立ち上げましたが、これは現在継続している ECMO conference のなかで最も古いもので、何十年にもわたって参加者を魅了してきました。当時、新生児医が ECMO に対して懐疑的であったにもかかわらず、彼女たちは臨床研究を行い、懐疑的な興味の対象にすぎなかった新生児 ECMO を標準的な治療手段に確立させ、その過程で何千人もの子供の命を救ったのです。

ビリー・ルー・ショート (Billie Lou Short) は、自身のほとんどの職歴をワシントン DC の CNMC で過ごしました。現在は、CNMC とジョージ・ワシントン大学医学部で新生児科の部長をしています。彼女は同僚とともに 1984 年に CNMC で ECMO プログラムを立ち上げました。このプログラムは、何十年もの間、新生児 ECMO の臨床、教育および研究における最前線にありました。ビリーはまた、新生児 ECMO 患者の脳損傷と脳機能に関する研究のパイオニアです。ペニー・グラス (Penny Glass) とともに、ECMO 患者のフォローアップ研究を何十年間にもわたって着実にを行い、それを報告してきました。

P・パール・オールルーケ (P. Pearl O'Rourke) は、Children's Hospital Boston (ボストン小児病院) で 1986 年に ECMO プログラムを立ち上げました。彼女は、新生児重症呼吸不全で 2 回目の ECMO の前向き無作為化比較試験を行い、最初の試験の結果を裏づけました。パールは小児集中治療医であり、1988 年、ボストンから Seattle Children's Hospital (シアトルこども病院) に異動し、そこでも ECMO プログラムを立ち上げました。また、エドワード・ケネディ上院議員のアシスタントとして、政府のヘルスケア政策の専門家を 1 年間務めました。現在は、ボストンの Partners HealthCare [Massachusetts General Hospital (マサチューセッツ総合病院), Brigham and Women's Hospital (ブリガム・アンド・ウィメンズ病院), Children's Hospital Boston (ボストン小児病院)] において、コンプライアンスと臨床研究の責任者です。



われわれ編集者と ELSO 運営委員会は、小児科学、集中治療医学、そして何千人もの患者に多くのもをもたらし、素晴らしい臨床家かつ研究者として、この2人を誇りに思います。

ビリーとパール、ありがとう！

## 第4版への序

1995年に、ECMO “Red Book” の第1版が発行されて以来、本書はECMO治療についての標準的な教科書であり続けた。同時に、最終版が2005年に発行されて以降、生命維持の長期化について多くの進歩がなされてきた。安全性を高め、簡素化し、ECMO治療を改善した新しい機器が使用可能となったため、私たちはこの新しい時代をECMO IIと呼んでいる。ECMO IIの時代には、訓練を積んだICU看護師が治療を行えるため、小さなコア・チームが複数のICUで、多くの患者を同時に治療することが可能となった。機器、技術的問題、チームトレーニング、経済的問題についての章を設けることができたのも、ECMO IIという時代を反映したものである。

ELSOは2007年に、患者管理のガイドラインを初めて発行したが、本書は最新のガイドラインをもとに書かれている。2009年に生じたH1N1インフルエンザの世界的流行時に、重症患者の管理にECMO治療が成功を取めた。成人の集中治療医のなかで、ECMOに対する興味が再燃し、成人の呼吸不全に対するECMO治療が急速に広がった。ECMO患者を起床させることから、抜管し、歩行すら可能となった。それは、最初、肺移植患者で可能となったが、最近ではARDS患者でも可能である。この第4版は、これらすべての変化を反映し、開発途上の最先端技術も特集している。

過去のRed Bookと同様、学術的協力の精神で、すべての図、表、あるいは文章でさえも、出版許可なしに科学論文に引用してもかまわない（出典を明記することが条件）。この教科書を書くために、自身の時間と知恵を共有したECMO社会のエキスパートたちに、私たちは、心より感謝を申し上げる。

Gail Annich (ゲイル・アニッチ)

Graeme MacLaren (グラエム・マクラレン)

---

## 執筆者一覽

Patrick F. Allan MD  
Lieutenant Colonel, US Air Force  
Department of Pulmonary, Critical Care, and  
Sleep Medicine  
Wright-Patterson Medical Center  
Wright-Patterson Air Force Base, OH

Christopher S.D. Almond MD MPH  
Associate in Cardiology  
Heart Failure and Transplant Services  
Boston Children's Hospital  
Assistant Professor of Pediatrics  
Harvard Medical School, Boston, MA

Gail Annich MD MS FRCP(C)  
Associate Professor Pediatric Critical Care  
Medical Director of PICU  
Director of Pediatric ECMO  
Director of Pediatric CPR/RRT  
C.S. Mott Children's Hospital  
University of Michigan  
Ann Arbor, MI

Matthias Arlt MD  
Head of Cardiothoracic Anesthesia  
Department of Anesthesia  
University Hospital Regensburg  
Airmedical Service Regensburg  
Regensburg, Germany

Robert H. Bartlett MD  
Professor of Surgery, Emeritus  
University of Michigan  
Ann Arbor, MI

John Beca FCICM FRACP  
Clinical Director, PICU  
Starship Children's Hospital  
Director of ECMO  
Starship Children's Hospital and Auckland City  
Hospital  
Auckland, New Zealand

Desmond Bohn MB FRCPC  
Department of Critical Care Medicine  
The Hospital for Sick Children  
Toronto, Canada

Susan L. Bratton MD MPH  
Professor of Pediatrics  
University of Utah Division of Pediatric Critical  
Care Medicine  
Primary Children's Medical  
Center Salt Lake City, Utah

Patrick D. Brophy MD  
Associate Professor  
Director Division of Pediatric Nephrology,  
Dialysis and Transplantation  
University of Iowa  
University of Iowa Children's Hospital  
Iowa City, IA

Kate L. Brown MPH MRCPCH  
Consultant Cardiac Intensive Care  
Great Ormond Street Hospital for Children NHS  
Trust  
Honorary Senior Lecturer Institute of Child  
Health University of London  
London, United Kingdom

Holger Buchholz MD  
Clinical Assistant Professor Division of Cardiac  
Surgery  
Director Pediatric Artificial Heart Program  
Adult Artificial Heart Program  
Pediatric Heart Failure Program  
University of Alberta, Stollery Children's  
Hospital and Mazankowski Alberta Heart  
Institute  
Edmonton, Alberta, Canada

Warwick Butt FRACP FCICM  
Director ICU  
Royal Childrens Hospital  
Associate Professor Department of Paediatrics  
University of Melbourne  
Melbourne, Australia

Jeremy W. Cannon MD, SM, FACS  
Director, Adult ECLS Program  
Lieutenant Colonel, US Air Force  
San Antonio Military Medical Center  
San Antonio, TX

Robin Chapman RN  
Corporate Quality  
University of Michigan Health System

John Chuo MD  
Assistant Professor of Pediatrics  
Perelman School of Medicine,  
University of Pennsylvania  
Neonatal Quality Informatics Officer  
Children's Hospital of Philadelphia  
Philadelphia, PA

**Steven A. Conrad MD PhD FCCM**  
Medical Director, Extracorporeal Life Support  
Program  
Professor of Medicine, Pediatrics, and  
Emergency Medicine  
Louisiana State University Health Sciences  
Center  
Shreveport, LA

**David S. Cooper MD MPH**  
Associate Director, Cardiovascular Intensive  
Care Unit  
Director, Cardiac ECLS Program  
Cincinnati Children's Hospital Medical Center  
Assistant Professor of Pediatrics  
University of Cincinnati College of Medicine  
Cincinnati, Ohio, United States

**Timothy T. Cornell MD**  
Assistant Professor  
Division of Pediatric Critical Care  
Department of Pediatrics and Communicable  
Diseases  
University of Michigan  
Ann Arbor, MI

**Marcelo Cypel MD MSc**  
Assistant Professor of Surgery  
University of Toronto  
Division of Thoracic Surgery  
Toronto General Hospital  
University Health Network

**Heidi J. Dalton MD FCCM**  
Chief, Critical Care Medicine  
Professor of Child Health  
University of Arizona College of Medicine/Phoenix  
Phoenix Children's Hospital  
Phoenix, AZ

**Björn Frenckner MD PhD**  
Professor of Pediatric Surgery  
Astrid Lindgren Children's Hospital  
Karolinska Institutet  
Stockholm, Sweden

**Gail M. Faulkner RGN RSCN**  
ECMO Co-ordinator  
University Hospitals of Leicester NHS Trust  
Glenfield Hospital  
Leicester, United Kingdom

**Richard Firmin MBBS FRCS**  
Glenfield Hospital  
University of Leicester  
Leicester, United Kingdom

**Geoffrey M. Fleming MD FAAP**  
Medical Director Pediatric ECMO  
Assistant Professor of Pediatrics  
Division of Pediatric Critical Care  
Vanderbilt University School of Medicine  
Nashville, Tennessee

**James D. Fortenberry MD FCCM FAAP**  
Pediatrician In Chief  
Children's Healthcare of Atlanta  
Professor of Pediatrics  
Division of Pediatric Critical Care Medicine  
Emory University School of Medicine  
Atlanta, Georgia

**Edward B. Goldman JD**  
Associate Professor of Obstetrics and  
Gynecology  
Director of the Program in Sexual Rights and  
Reproductive Justice  
University of Michigan

**Jonathan Haft MD**  
Medical Director, Extracorporeal Life Support  
Program  
Assistant Professor of Cardiac Surgery and  
Anesthesia  
University of Michigan Health System  
Ann Arbor, MI

**William E. Harris CCP FPP**  
Chief Perfusionist  
Ochsner Medical System  
New Orleans, Louisiana

**Chris Harvey MBBS FRCS**  
Glenfield Hospital  
Leicester, United Kingdom

**Michael H. Hines MD FACS**  
Professor of Pediatric Surgery, Cardiovascular  
University of Texas Medical School at Houston  
ECMO Director, Children's Memorial Hermann  
Hospital and Memorial Hermann Hospital  
Houston, Texas

**Jennifer C. Hirsch MD MS**  
Assistant Professor of Surgery and Pediatrics  
Surgical Director, Pediatric Cardiothoracic  
Intensive Care Unit  
Mott Children's Hospital  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan

**Ronald B. Hirschl MD**  
Arnold G. Coran Professor  
Head, Section of Pediatric Surgery  
C.S. Mott Children's Hospital



University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan

**Jeffrey P. Jacobs MD FACS FACC FCCP**  
Cardiovascular and Thoracic Surgeon  
Surgical Director of Heart Transplantation and  
Extracorporeal Life Support Programs  
All Children's Hospital  
The Congenital Heart Institute of Florida  
(CHIF)  
Clinical Professor  
Department of Surgery  
University of South Florida (USF)  
Saint Petersburg and Tampa, Florida

**Shaf Keshavjee MD MSc FRCS FACS**  
Surgeon-in-Chief, James Wallace McCutcheon  
Chair in Surgery  
Director, Toronto Lung Transplant Program  
Professor, Division of Thoracic Surgery and  
Institute of Biomaterials and Biomedical  
Engineering  
University of Toronto  
Toronto, Canada

**Tracy K. Koogler MD**  
Associate Professor of Pediatrics  
Assistant Director of the MacLean Center for  
Clinical Medical Ethics  
University of Chicago

**Kevin P. Lally MD MS**  
Professor and Chairman  
Department of Pediatric Surgery  
The University of Texas-Houston Medical School  
Houston, Texas

**John D. Lantos MD**  
Professor of Pediatrics, University of Missouri  
Kansas City  
Director, Children's Mercy Hospital Bioethics  
Center  
Kansas City, MO

**Scott Lawson MS CCP**  
Chief Perfusionist, Director of Circulatory  
Support  
Heart Institute  
The Children's Hospital  
Denver, Colorado

**Laurance Lequier MD FRCPC**  
Director, ECLS Program  
Stollery Children's Hospital  
Associate Clinical Professor of Pediatrics  
University of Alberta  
Edmonton, Alberta Canada

**Philip H. Letourneau MD**  
Surgical Research Fellow  
Department of Surgery  
The University of Texas-Houston Medical School  
Houston, Texas

**William R. Lynch MS MD**  
Associate Professor  
Director of ECLS/ECMO  
Department of Cardiothoracic Surgery  
University of Iowa  
Iowa City, Iowa

**Graeme MacLaren MBBS FCICM FCCM**  
Director, Cardiothoracic Intensive Care  
Assistant Professor of Surgery and Paediatrics  
National University Health System  
Singapore

**M Patricia Massicotte MD Msc FRCPC MHSc**  
Director, Vascular Patency and Thrombosis  
Program  
Stollery Children's Hospital  
Professor of Pediatrics  
University of Alberta  
Edmonton, Alberta Canada

**Inger Mossberg RN**  
Department of ECMO  
Astrid Lindgren Children's Hospital  
Karolinska Institutet  
Stockholm, Sweden

**Mark T. Ogino MD**  
Chair, ELSO Logistics and Education Committee  
Associate Professor of Clinical Pediatrics  
Perelman School of Medicine, University of  
Pennsylvania  
Children's Hospital of Philadelphia Newborn  
Care  
Medical Director of Neonatology, Chester County  
Hospital  
Philadelphia, PA

**Erik C. Osborn MD**  
Director, Adult ECLS Program  
Lieutenant Colonel, US Army  
Division of Pulmonary/Critical Care  
Tripler Army Medical Center  
Honolulu, HI

**Kenneth "Palle" Palmer MD**  
Department of ECMO  
Astrid Lindgren Children's Hospital  
Karolinska Institutet  
Stockholm, Sweden

Giles J. Peek MD FRCS CTh FFICM  
Director of Paediatric & Adult ECMO  
Glenfield Hospital  
Leicester, United Kingdom

Alois Philipp  
Head Bioengineer  
Department of Cardiothoracic Surgery  
University Hospital Regensburg  
Regensburg, Germany

Thomas Pranikoff MD FACS  
Director, ECLS Program  
Wake Forest Baptist Medical Center  
Associate Professor of Surgery and Pediatrics  
Wake Forest School of Medicine  
Winston Salem, NC

Jeffrey D. Punch MD  
Jeremiah and Claire Turcotte Professor of  
Transplantation Surgery  
Chief, Section of Transplantation  
Department of Surgery  
University of Michigan  
Ann Arbor, MI

Alvaro Rojas-Pena MD  
Research Investigator – ECMO laboratory  
coordinator  
Department of Surgery – Section of Transplantation  
University of Michigan  
Ann Arbor, MI

Peter T. Rycus MPH  
Extracorporeal Life Support Organization  
University of Michigan  
Ann Arbor, MI

Joshua W. Salvin MD MPH  
Instructor in Pediatrics  
Harvard Medical School Assistant in Cardiology  
Cardiac Intensive Care Unit Children's Hospital  
Boston  
Boston, MA

Billie Lou Short MD  
Chief, Division of Neonatology  
Executive Director ECMO Program  
Children's National Medical Center  
Professor of Pediatrics  
The George Washington University School of  
Medicine  
Washington, DC

Jeffrey B. Sussman MD MBA FCCM  
Medical Director ECLS  
Miami Children's Hospital  
Miami, Florida

Denise M. Suttner MD  
University of California at San Diego  
Rady Children's Hospital  
Clinical Professor of Pediatrics  
San Diego, CA

Ravi R. Thiagarajan MBBS, MPH  
Senior Associate in Cardiology  
Cardiac Intensive Care Unit, Children's Hospital  
Boston  
Associate Professor of Pediatrics  
Harvard Medical School  
Boston, MA

John M. Toomasian MS CCP  
Extracorporeal Life Support Laboratory  
University of Michigan Medical School  
Ann Arbor, Michigan

Melissa M. Tyree MD  
Director, Neonatal/Pediatric ECLS Program  
Lieutenant Colonel, US Air Force  
Division of Neonatology  
Tripler Army Medical Center and  
Hanuola ECMO Program, Kapiolani Medical  
Center for Women and Children  
Honolulu, HI

Christina J. VanderPluym MD  
Fellow, Heart Transplant/VADs  
Children's Hospital Boston  
Boston, MA

Shayan Vyas MD  
Fellow Critical Care Medicine  
Miami Children's Hospital  
Miami, Florida

Jay M. Wilson MD  
Senior Associate in Surgery &  
Director of Surgical Critical Care & ECMO  
Childrens Hospital Boston  
Associate Professor of Surgery Harvard Medical  
School  
Boston, MA

Vamsi V. Yarlagadda MD  
Instructor in Pediatrics, Harvard Medical School  
Assistant in Cardiology, Cardiac Intensive Care  
Unit  
Children's Hospital Boston  
Boston, MA

Joseph B. Zwischenberger MD  
Surgeon-In-Chief, UKHealthCare  
Johnston-Wright Professor and Chairman  
Department of Surgery  
University of Kentucky

## 翻訳者一覧 (五十音順)

### 監修

市場晋吾	岡山大学病院高度救命救急センター
落合亮一	東邦大学医療センター大森病院麻酔科
竹田晋浩	日本医科大学付属病院外科系集中治療科

### 監訳

市場晋吾	岡山大学病院高度救命救急センター
織田成人	千葉大学大学院医学研究院救急集中治療医学
落合亮一	東邦大学医療センター大森病院麻酔科
久志本成樹	東北大学病院高度救命救急センター
小谷 透	東京女子医科大学麻酔科・中央集中治療部
清水直樹	東京都立小児総合医療センター救命・集中治療部
竹田晋浩	日本医科大学付属病院外科系集中治療科
西田 修	藤田保健衛生大学医学部麻酔・侵襲制御医学講座、同病院集中治療部
橋本 悟	京都府立医科大学附属病院集中治療部

### 翻訳

青景聡之	カロリンスカ大学病院 ECMO センター/ 日本医科大学付属病院外科系集中治療科	井上 彰	神戸市立医療センター中央市民病院 救命救急センター
赤澤賢一郎	湘南藤沢徳洲会病院呼吸器内科	井上一也	高松赤十字病院医療機器管理課
赤松伸朗	大阪市立総合医療センター中央臨床工学部	今井一徳	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
秋山 類	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部	今井 寛	三重大学医学部附属病院救命救急センター
浅香葉子	神戸市立医療センター中央市民病院 麻酔科・集中治療部	今泉 均	札幌医科大学医学部集中治療医学 (現 東京医科大学麻酔科学分野・集中治療部)
安達朋宏	武蔵野赤十字病院救命救急センター	岩崎 寛	神戸市立医療センター中央市民病院 救命救急センター
渥美生弘	神戸市立医療センター中央市民病院 救命救急センター	岩下義明	三重大学医学部附属病院救命救急センター
穴井博文	大分大学医学部臨床工学講座	岩永 航	仁愛会浦添総合病院救命救急センター
有元秀樹	大阪市立総合医療センター救命救急センター	内田千草	日本医科大学付属病院 ME 部
安野 誠	群馬県立心臓血管センター臨床工学課	江口智洋	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
飯田淳義	岡山大学病院高度救命救急センター	遠藤智之	東北大学病院高度救命救急センター
池山貴也	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部	大石沙織	日本医科大学付属病院 ME 部
石井圭亮	大分大学医学部附属病院高度救命救急センター	大村 拓	東北大学病院高度救命救急センター
石倉宏恭	福岡大学医学部救命救急医学講座	岡田 広	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
磯部英輔	国立成育医療研究センター病院 ME センター	岡原重幸	広島大学病院臨床工学部門
市場晋吾	岡山大学病院高度救命救急センター	小倉崇以	前橋赤十字病院高度救命救急センター 集中治療科・救急科
伊藤英史	純真学園大学保健医療学部医療工学科	織田成人	千葉大学大学院医学研究院救急集中治療医学

落合亮一	東邦大学医療センター大森病院麻酔科	菅原浩樹	京都府立医科大学附属病院医療機器管理部
垣花泰之	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座	鈴木健一	日本医科大学付属病院 ME 部
数馬 聡	札幌医科大学医学部集中治療医学	鈴木秀典	済生会横浜市東部病院臨床工学部
片岡 惇	東京ベイ・浦安市川医療センター集中治療科	鈴木裕之	前橋赤十字病院高度救命救急センター 集中治療科・救急科
方山真朱	東京女子医科大学麻酔科・中央集中治療部	瀬尾龍太郎	神戸市立医療センター中央市民病院 麻酔科・集中治療部
加藤大貴	湘南藤沢徳洲会病院呼吸器内科	高氏修平	市立札幌病院救命救急センター
金沢貴保	静岡県立こども病院小児集中治療科	高田 裕	近畿大学医学部附属病院臨床工学部
川崎達也	静岡県立こども病院小児集中治療科	高野稔明	静岡県立こども病院小児集中治療科
川前金幸	山形大学医学部麻酔科学講座	高橋科那子	札幌医科大学医学部集中治療医学
黄川田弥生	日本医科大学付属病院 ME 部	高橋泰仁	札幌医科大学附属病院臨床工学部
岸本万寿実	札幌医科大学附属病院臨床工学部	竹内宗之	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科
京極 都	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科	竹田晋浩	日本医科大学付属病院外科系集中治療科
久木田一朗	琉球大学大学院医学研究科救急医学講座	橘 一也	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科
久志本成樹	東北大学病院高度救命救急センター	田中博之	国立病院機構京都医療センター救命救急科
黒澤慶子	大分大学医学部附属病院高度救命救急センター	田邊三思	大分大学医学部附属病院高度救命救急センター
黒田泰弘	香川大学医学部附属病院救命救急センター	谷口淳一郎	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
小泉 沢	静岡県立こども病院循環器集中治療科	千原伸也	札幌医科大学附属病院臨床工学部
後藤孝治	大分大学医学部麻酔科学講座	塚原紘平	岡山大学病院高度救命救急センター
後藤 武	弘前大学医学部附属病院医療技術部 臨床工学・技術部門	津田雅世	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科
小林克也	日本医科大学付属病院外科系集中治療科	堤 善充	社会医療法人雪の聖母会聖マリア病院 臨床工学室
小林忠宏	山形大学医学部麻酔科学講座	角田卓哉	群馬県立心臓血管センター臨床工学課
小林 匡	静岡県立こども病院小児集中治療科	寺田晋作	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
小谷 透	東京女子医科大学麻酔科・中央集中治療部	土井房恵	国立成育医療研究センター病院 ME センター
近藤 豊	琉球大学大学院医学研究科 救急医学講座	豊田幸樹年	済生会横浜市東部病院救命救急センター
齊藤 修	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部	中井紀裕	近畿大学医学部附属病院臨床工学部
斎藤智誉	市立札幌病院救命救急センター	長井勇樹	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
桜澤 忍	前橋赤十字病院高度救命救急センター 集中治療科・救急科	中尾慎一	近畿大学医学部麻酔科学講座
佐藤啓太	さいたま赤十字病院救命救急センター・ 救急医学科	中川 聡	国立成育医療研究センター集中治療科 (ICU)
佐藤哲哉	東北大学病院高度救命救急センター	中田孝明	千葉大学大学院医学研究院救急集中治療医学
重光胤明	大阪市立総合医療センター救命救急センター	中根正樹	山形大学医学部附属病院高度集中治療センター
志馬伸朗	国立病院機構京都医療センター救命救急科	中野皓太	札幌医科大学附属病院臨床工学部
島田朋和	札幌医科大学附属病院臨床工学部	中村健太郎	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
清水敬樹	東京都立多摩総合医療センター 救命救急センター	中山祐子	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
清水直樹	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部	那須道高	仁愛会浦添総合病院救命救急センター
清水義之	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科	新津麻子	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
下村泰代	藤田保健衛生大学医学部 麻酔・侵襲制御医学講座	新津健裕	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
菅原康介	札幌医科大学附属病院臨床工学部		

新美太祐	藤田保健衛生大学医学部麻酔・侵襲制御医学講座，同病院集中治療部	光家 努	高松赤十字病院医療機器管理課
二木貴弘	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座	南 茂	東京女子医科大学病院臨床工学部
西田 修	藤田保健衛生大学医学部麻酔・侵襲制御医学講座，同病院集中治療部	南野初香	静岡県立こども病院小児集中治療科
西村和修	高松赤十字病院心臓血管外科	宮 卓也	静岡県立こども病院小児集中治療科
庭山ゆう子	日本医科大学付属病院 ME 部	宮崎 大	前橋赤十字病院高度救命救急センター 集中治療科・救急科
野坂宣之	岡山大学病院小児科	宮下徳久	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
橋場英二	弘前大学医学部附属病院集中治療部	宮原瑤子	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
橋本 悟	京都府立医科大学附属病院集中治療部	宮本聡史	広島大学病院臨床工学部門
長谷川 豊	群馬県立心臓血管センター集中治療部	宮本昇太郎	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
林 久美子	岡山大学病院医療技術部・臨床工学部門	村井 映	福岡大学病院救命救急センター
原澤明史	前橋赤十字病院高度救命救急センター 集中治療科・救急科	文 一恵	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科
原田浩輝	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座	元野憲作	静岡県立こども病院循環器集中治療科
半田麻有佳	済生会横浜市東部病院臨床工学部	本村 誠	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
日比野 真	湘南藤沢徳洲会病院呼吸器内科	森 勇人	神戸市立医療センター中央市民病院 救命救急センター
一二三 亨	香川大学医学部附属病院救命救急センター	森嶋俊介	日本医科大学付属病院 ME 部
平山敬浩	岡山大学病院高度救命救急センター	森實雅司	済生会横浜市東部病院臨床工学部
Eric Fortin	聖マリア看護大学	八木克史	京都府立医科大学附属病院医療機器管理部
福田幾夫	弘前大学大学院医学研究科 胸部心臓血管外科学講座	安田智嗣	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
藤塚健次	前橋赤十字病院高度救命救急センター 集中治療科・救急科	安田英人	武蔵野赤十字病院救命救急センター/ 亀田総合病院集中治療科
古別府裕明	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座	安永 弘	社会医療法人雪の聖母会聖マリア病院 心臓血管外科
別府政則	高松赤十字病院医療機器管理課	柳元孝介	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
堀口 佑	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科	山内英雄	岡山大学病院高度救命救急センター
本多俊治	大分大学医学部付属病院医療技術部 臨床工学・歯科部門	山口桂司	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座
前田 恒	群馬県立心臓血管センター臨床工学課	山下千鶴	藤田保健衛生大学医学部麻酔・侵襲制御医学講座，同病院集中治療部
前澤翔太	東北大学病院高度救命救急センター	山下智範	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科
前山博輝	公立豊岡病院但馬救命救急センター	山田奨人	札幌医科大学附属病院臨床工学部
牧瀬 博	市立札幌病院救命救急センター	山中泰弘	近畿大学医学部附属病院臨床工学部
増井亜紗実	三重大学医学部附属病院救命救急センター	行光昌宏	三重大学医学部附属病院臨床工学部
升田好樹	札幌医科大学医学部集中治療医学	湯本哲也	岡山大学病院高度救命救急センター
政所祐太郎	鹿児島大学医学部救急・集中治療医学講座	吉田浩輔	国立病院機構京都医療センター救命救急科
三浦慎也	静岡県立こども病院小児集中治療科	脇田亜由美	仁愛会浦添総合病院 ME 科
水口壮一	大阪府立母子保健総合医療センター集中治療科	渡邊伊知郎	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部
水城直人	東京都立小児総合医療センター 救命・集中治療部		
溝口貴之	大分大学医学部付属病院医療技術部 臨床工学・歯科部門		

# 目次

## 第 I 部 ECLS——総論

<b>1 体外循環補助法の歴史と発展</b> .....	1
伝記的な黎明期：人々 .....	1
ECMO の伝播 .....	4
忍耐：成人 ECMO の経験 .....	6
<b>2 ECLS の生理学</b> .....	9
ECLS の生理学 .....	9
正常な生理学 .....	9
ポンプ .....	16
ECLS におけるガス交換 .....	19
ECLS マネジメントにおける生理学 .....	22
ECLS 中の患者管理 .....	23
ウィーニングとカニューレ抜去 .....	25
<b>3 心不全：基本原理と生理学</b> .....	27
はじめに .....	27
心拍出量の決定因子 .....	27
代償性および非代償性心不全 .....	29
ECMO 下での心機能 .....	29
まとめ .....	31
<b>4 小児の急性低酸素性呼吸不全</b> .....	33
はじめに .....	33
急性肺傷害における病態生理 .....	33
ARDS 管理における陽圧換気と PEEP の進歩 .....	34
人工呼吸器関連肺傷害：実験的原因モデルと予防 .....	35
肺酸素毒性 .....	36
急性肺傷害の疫学とマーカー .....	37
肺保護換気戦略の発展 .....	38
急性呼吸不全に対する肺保護換気戦略のアルゴリズム .....	41
換気戦略 .....	41
酸素化戦略 .....	41
ARDS の代替的な呼吸管理戦略 .....	42
高頻度換気法 .....	43
高頻度振動換気法 (HFOV) .....	44
腹臥位換気 .....	46
陽圧換気の補助 .....	47
一酸化窒素吸入療法 (iNO) .....	48
非侵襲的人工呼吸 .....	49

ARDS に対する肺外治療	49
急性低酸素性呼吸不全 (AHRF)——重症度評価に基づいた治療アルゴリズムと ECMO の適応	50
まとめ	51
<b>5 ECLS 中の血液と生体材料表面との相互作用</b>	59
はじめに	59
正常な止血	60
ECLS の開始：凝固経路の活性化と炎症反応	62
ECLS 中の凝固系の活性化	65
<b>6 ELSO の症例登録</b>	69
はじめに	69
歴史	69
データ集積と報告	71
実施	72
登録データのサマリー	72
まとめ	82

## 第 II 部 一般的管理と成果

<b>7 第 II～V 部への序文</b>	85
第 II 部：一般的管理と成果	85
第 III 部：特定の患者の管理と成果	85
第 IV 部：ECLS の他の使用法	85
第 V 部：ECLS の物流管理と合法性	85
<b>8 回路</b>	87
はじめに	87
一般的な回路構成	88
回路構成の選択基準	90
回路構成	91
ポンプの種類	92
人工肺	96
各社人工肺製品	99
回路管理	101
精巧な回路デザイン：シンプルで一体化したシステム	104
まとめ：回路	106
<b>9 ECLS の血管アクセス</b>	109
はじめに	109
原則	109
新生児 ECLS でのカニューレ挿入	114
小児 ECLS でのカニューレ挿入	118
成人 ECLS でのカニューレ挿入	118
経胸壁のカニューレーション	120

カニューレシオンの合併症	120
<b>10 ECLS 中の血流とガス交換の管理</b>	<b>123</b>
回路部品の選択基準	123
ECLS 中の管理	123
ベンチレータ管理	124
<b>11 ECLS 中の抗凝固と出血</b>	<b>129</b>
抗凝固	129
臨床的影響	135
結論	137
<b>12 ECLS 中の鎮痛, 鎮静, 筋弛緩薬, 体温調節</b>	<b>141</b>
鎮痛と鎮静	141
薬理学と ECLS	141
鎮静と鎮痛の適応	142
鎮痛薬	142
鎮静	143
神経筋遮断薬 (筋弛緩薬)	146
せん妄	147
体温管理	147
<b>13 ECMO 中の腎機能と腎補助療法</b>	<b>155</b>
腎機能	155
腎保護	157
アウトカム (予後)	160
結論	162
<b>14 感染と ECMO</b>	<b>167</b>
疫学	167
微生物学的特性	168
予防的抗菌治療	168
ECMO 中の感染の診断	168
サーベイランス	169
治療	170
感染を考慮した回路管理	170
考察	170
<b>15 ECMO 中の処置</b>	<b>173</b>
処置に関するガイドライン	173
ECMO 中の処置についてのコメント	173
特殊処置	174
<b>16 ウィーニング, トライアル, そして無益の判断</b>	<b>177</b>
新生児患者のウィーニング	177
ECMO 中止トライアル	180
無益	181



### 第Ⅲ部 特定の患者の管理と成果

<b>17</b>	<b>新生児の呼吸 ECLS</b>	183
	はじめに	183
	対象疾患	183
	患者選択基準	184
	禁忌	186
	新生児 ECMO のモード	188
	ECMO の詳細	191
	ECLS 中の管理	192
	外科的処置	196
	合併症	197
<b>18</b>	<b>先天性横隔膜ヘルニアと ECMO</b>	205
	はじめに	205
	診断	205
	管理	206
	ECMO	208
	まとめ	212
<b>19</b>	<b>小児呼吸不全 ECMO</b>	217
	導入基準	217
	患者群	218
	特殊な患者群に対する ECLS 適応	222
	敗血症における ECLS	224
	禁忌	226
	小児の ECLS 回路	226
	患者管理	230
	合併症	233
	ウィーニングとカニューレ抜去	233
	アウトカム（転帰）とフォローアップ	235
	ECLS の終了	235
	まとめ	236
<b>20</b>	<b>小児の体外式循環補助</b>	239
	はじめに	239
	技術的側面	239
	適応とアウトカム（転帰）	241
	機能的単心室循環患者の ECMO	245
	アウトカムと死の危険因子	246
	結論	247
<b>21</b>	<b>成人呼吸不全に対する ECMO</b>	251
	はじめに	251
	エビデンス	251

適応基準	252
搬送	254
カニューレション	255
回路の規格	255
治療プロトコール	255
ECMO スペシャリストと看護ケア	258
結果	258
結論	260
<b>22 成人における心臓補助</b>	<b>261</b>
はじめに	261
一時的機械循環補助装置	262
ウィーニング	266
結果	266
まとめ	266
<b>23 体外循環式心肺蘇生 (ECPR)</b>	<b>269</b>
定義	269
患者選択	269
技術的問題点	272
アウトカム	274
展望	274

#### 第 IV 部 ECLS の他の使用法

<b>24 小児における補助人工心臓</b>	<b>277</b>
はじめに	277
VAD の種類	278
小児の心移植へのブリッジとしての ECMO	280
移植へのブリッジ目的の初期装置としての ECMO と VAD の比較	281
ECMO から VAD への移行	282
単心室症例に対する VAD の使用	283
VAD 使用時の抗凝固療法	284
結論	287
<b>25 血漿交換療法</b>	<b>291</b>
はじめに	291
歴史的背景	291
生理学	292
アフエシス施行方法	293
プラズマフェシスの適応	297
ECMO 患者のアフエシス	297
アフエシス治療における特有の体液変化	299
アフエシス患者のケア	299
合併症	301

<b>26</b>	<b>携帯型人工肺</b>	<b>305</b>
	はじめに	305
	人工肺開発の歴史	305
	人工肺のデザインと仕様	305
	携帯型人工肺の応用	308
<b>27</b>	<b>体外循環補助下臓器提供</b>	<b>313</b>
	はじめに	313
	心臓死後ドナー (DCD) からの臓器採取のための迅速摘出法 (従来法)	313
	ECS 補助下 DCD 法	314
	マーストリヒト III 型 DCD における ECS	315
	従来の臓器摘出と比較した ECS 下 DCD	316
	ECS 補助下 DCD から移植された臓器のアウトカム (成績)	316
	マーストリヒト I 型, II 型 DCD に対する ECS	317
	脳死ドナーに対する ECS 補助	318
	実験段階の経験	318
	将来の方向性	319
	結論	320
<b>28</b>	<b>敗血症と ECMO</b>	<b>323</b>
	はじめに	323
	適応	324
	禁忌	324
	カニキュレーション	325
	ECMO の管理	328
	アウトカム (転帰)	330
	結論	331
<b>29</b>	<b>肺移植前後における ECLS</b>	<b>335</b>
	要約	335
	はじめに	335
	肺移植前の ECLS	336
	ECLS のモード—機器構成	336
	高二酸化炭素血症性呼吸不全	336
	低酸素性呼吸不全	338
	低酸素性呼吸不全と循環不全	338
	肺高血圧と右心不全	339
	患者管理	340
	アウトカム (転帰)	340
	周術期における ECLS	341
	肺移植後の ECLS	342
	結論	343

<b>30</b>	<b>ECMO 患者に対する心臓カテーテル挿入手技</b>	347
	はじめに	347
	ECMO による左心減圧	348
	高リスク心臓カテーテル手技を補助するための ECMO	350
	まとめ	351
<b>31</b>	<b>ECLS の将来</b>	353

## 第 V 部 ECLS のロジスティックスと合法性

<b>32</b>	<b>集約化とトリアージ</b>	355
	ECMO センターの条件	355
	集約化の利点	355
	症例数とアウトカム（転帰）の関係	355
	集約化システム	357
	推奨	357
	ECMO 適応患者のトリアージ	358
<b>33</b>	<b>ECMO 患者の搬送：要旨から適応まで</b>	365
	はじめに	365
	病院間 ECMO 搬送の歴史	365
	施設間搬送の支援	368
	高度が膜のガス交換に及ぼす影響	376
	搬送中の緊急事態に対する認識と対応	376
	軍の ECMO 搬送と戦闘負傷者治療の教訓から	377
	病院間搬送の結果	380
	病院内での搬送	381
	結論	386
<b>34</b>	<b>ECMO の運用とトレーニングにかかわる諸問題、および質の維持</b>	389
	はじめに	389
	必須の病院サポートの構成要素	389
	ECMO チーム構成	391
	教育のプロセス	393
	標準的コンピテンシーの維持	399
	まとめ	403
<b>35</b>	<b>ECLS の経済</b>	405
	はじめに	405
	コスト	407
	請求と償還	411
	ECMO による目に見えない費用と利益	413
	治療を行う価値はあるのか	414
<b>36</b>	<b>ECLS における規制と法的見解</b>	417
	はじめに	417