

Kết quả điều trị oxy hóa qua màng ngoài cơ thể (ECMO) ở bệnh nhân sau phẫu thuật tim mở tại Bệnh viện Nhi Trung ương

*Lê Thị Thu Thảo⁺, Cao Việt Tùng, Đặng Văn Thức**

TÓM TẮT:

Mục tiêu: ECMO (Extra-Corporeal Membrane Oxygenation - oxy hóa qua màng ngoài cơ thể) là một kỹ thuật hỗ trợ tạm thời chức năng tim và phổi bởi một hệ thống tim phổi nhân tạo để giải quyết các vấn đề suy hô hấp và suy tuần hoàn nặng sau phẫu thuật tim bẩm sinh không đáp ứng với các phương pháp điều trị khác. Mục tiêu của nghiên cứu này là để đánh giá kết quả điều trị ECMO sau phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh tại bệnh viện Nhi Trung Ương.

Đối tượng và phương pháp: Phương pháp nghiên cứu mô tả, cắt ngang trên 63 bệnh nhân được hỗ trợ điều trị bằng kỹ thuật ECMO sau phẫu thuật tim mở đáp ứng tiêu chuẩn chọn bệnh nhân trong thời gian từ ngày 1 tháng 1 năm 2017 đến 30 tháng 8 năm 2023 tại khoa Điều trị tích cực Ngoại Tim mạch, Trung tâm tim mạch, Bệnh viện Nhi Trung ương.

Kết quả: Trong thời gian nghiên cứu có 63 bệnh nhân phù hợp tiêu chuẩn lựa chọn được đưa vào nghiên cứu. Tuổi phẫu thuật trung vị 1,6 tháng (IQR, 0,6-5,4 tháng), 88,9% bệnh nhân là trẻ nhỏ hơn 12 tháng tuổi; cân nặng trung vị khi phẫu thuật là 3,6 kg (IQR, 3-5,6 kg). Tỷ lệ cai thành công ECMO là 55,6%. Có 27 bệnh nhân (42,9%) sống khi ra viện hoặc sau 30 ngày hỗ trợ ECMO. Thời gian chạy ECMO trung bình là 5,8 (IQR, 3,7-10,6) ngày, thời gian nằm viện trung bình là 31 (IQR, 21-50) ngày, thời gian nằm hồi sức trung bình là 19 (IQR, 13-29) ngày. Các biến chứng cơ học trong quá trình hỗ trợ ECMO bao gồm chảy máu canuyn và cục máu đông. Tồn

thương thận cấp, tăng men gan, rối loạn đông máu là các biến chứng liên quan đến người bệnh hay gặp nhất trong quá trình chạy ECMO.

Kết luận: Nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận tỉ lệ cai ECMO và tỉ lệ sống ở trẻ em sau phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh gần tương đương các đơn vị khác với tỉ lệ lần lượt là 55,6% và 42,9%.

Từ khóa: ECMO, oxy hóa qua màng ngoài cơ thể, phẫu thuật tim mở, tuần hoàn ngoài cơ thể.

OUTCOMES OF EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION

TREATMENT POST OPEN CONGENITAL HEART SURGERY

ABSTRACT

Objective: ECMO (Extra-Corporeal Membrane Oxygenation) is a technique that temporarily supports heart and lung function by a cardiopulmonary bypass system to treat patients who have failed to respond to the conventional treatments for cardiac or respiratory after congenital heart surgery. The objective of this study is to evaluate the outcomes of ECMO treatment post congenital heart surgery at the National Children's Hospital.

Subjects and methods: Descriptive, cross-sectional research method on 63 ECMO patients post open heart surgery from January 1, 2017 until August 30, 2023 at the Department of Surgical

Bệnh viện Nhi Trung Ương

*Tác giả chính: Lê Thị Thu Thảo,

*Tác giả liên hệ: Đặng Văn Thức,

Email: drthuchhp80@gmail.com Tel: 0915456447

Ngày gửi bài: 26/02/2024 Ngày chấp nhận đăng: 18/03/2024

Cardiovascular Intensive Care, Cardiovascular Center, National Children's Hospital.

Results: Of 63 patients analyzed, the median age of the study group was 1.6 months, 88,9% of patients were children younger than 12 months old; median weight is 3.6 kg. The success rate of ECMO weaning was 55,6%. Overall survival of the cohort was 42,9%. The mean ECMO duration was 5,8 (IQR, 3,7-10,6) days, the mean hospital stay was 31 (IQR, 21-50) days, the mean ICU stay was 19 (IQR, 13-29) days. Mechanical complications during ECMO support include cannula bleeding and circuit

thrombus. Acute kidney injury, hypertransaminase, and DIC (disseminated intravascular coagulation) are the most common patient-related complications during ECMO.

Conclusion: ECMO is a viable rescue strategy for cardiac surgery patients with ECMO weaning rate and survival rate were 55,6% and 42,9%, respectively, nearly equivalent to other heart centers.

Key words: EMCO, extracorporeal membrane oxygenation, open cardiac surgery, cardiopulmonary bypass.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

ECMO (Extra-Corporeal Membrane Oxygenation - oxy hóa qua màng ngoài cơ thể) là một kỹ thuật hỗ trợ tạm thời chức năng tim và phổi bởi một hệ thống tim phổi nhân tạo. Tổ chức hỗ trợ sự sống ngoài cơ thể (ELSO) đã thu thập dữ liệu đăng ký từ những năm 1980 và chỉ ra rằng ECMO được sử dụng để hỗ trợ tim mạch ở trên 55000 trẻ sơ sinh và trẻ nhỏ ¹. Trẻ được hỗ trợ ECMO sau phẫu thuật tim với mục đích chính là đảm bảo cung lượng tim để cho tim được nghỉ ngơi và có thời gian phục hồi sau quá trình phẫu thuật, hay còn gọi là giai đoạn “bác cầu để hồi phục” ^{2,3}. Việc chỉ định và thời điểm chỉ định ECMO cho nhóm bệnh nhân này là khác nhau phụ thuộc vào mỗi trung tâm với kinh nghiệm, khả năng đánh giá, kiểm soát bệnh nhân sau phẫu thuật. Các chỉ định thường gặp là: không cai được máy tuần hoàn ngoài cơ thể, suy tuần hoàn dù đã tối ưu các phương pháp điều trị khác, bệnh nhân ngừng tuần hoàn sau phẫu thuật tim, tăng áp lực động mạch phổi không kiểm soát được, tổn thương phổi nặng... Bệnh viện Nhi Trung ương là một trong những đơn vị đầu ngành trong cả nước lĩnh vực phẫu thuật điều trị bệnh lý tim bẩm

sinh cho trẻ em với gần 1000 ca tim bẩm sinh được phẫu thuật tim mở mỗi năm. Kết quả điều trị bệnh nhân sau phẫu thuật đã có sự tiến bộ theo từng năm tuy nhiên vẫn còn những bệnh nhân suy chức năng tuần hoàn, suy hô hấp nặng không đáp ứng với điều trị cần hỗ trợ ECMO sau phẫu thuật.

Tuy nhiên, hiện chưa có công trình nghiên cứu cụ thể đánh giá về kết quả điều trị hỗ trợ ECMO sau phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh tại Bệnh viện Nhi Trung ương. Xuất phát từ những vấn đề đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu với mục tiêu đánh giá kết quả điều trị hỗ trợ ECMO ở bệnh nhân sau phẫu thuật tim mở tại Bệnh viện Nhi Trung Ương giai đoạn 2017 – 2023 để từ đó có định hướng xây dựng chiến lược góp phần hoàn thiện phác đồ hỗ trợ điều trị ECMO sau phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu: Bệnh nhân sau phẫu thuật tim mở được hỗ trợ điều trị bằng kỹ thuật ECMO tại Bệnh viện Nhi Trung Ương trong thời gian từ ngày 1 tháng 1 năm 2017 đến 30 tháng 8 năm 2023.

2.2. Phương pháp nghiên cứu:

Thiết kế nghiên cứu: nghiên cứu mô tả cắt ngang.

Phương pháp chọn mẫu: cỡ mẫu toàn bộ, phương pháp chọn mẫu thuận tiện (lấy toàn bộ số bệnh nhân phẫu thuật tim mở được hỗ trợ điều trị bằng kỹ thuật ECMO).

Phương tiện, vật liệu nghiên cứu: Hệ thống tuần hoàn ngoài cơ thể centrifugal pump của hãng Maquet Đức và các hệ thống trang thiết bị của phòng hồi sức tích cực.

Biến số, chỉ số nghiên cứu:

- Tiêu chuẩn cai ECMO thành công: Cai ECMO thành công hay thất bại, cai thành công là khi bệnh nhân ngừng hỗ trợ ECMO tình trạng huyết động và hô hấp ổn định ít nhất 24 giờ.

- Tiêu chuẩn sống: Sống sau ra viện hoặc sống sau 30 ngày kể từ ngày rút ECMO nếu đang nằm viện.

- Biến chứng cơ học của điều trị hỗ trợ ECMO: tắc canuyn, cục máu đông, khí trong tuần hoàn ECMO, suy chức năng bơm, vỡ hệ thống dây.

- Biến chứng liên quan đến người bệnh: chảy máu, tổn thương thận cấp, biến chứng thần kinh, biến chứng nhiễm trùng, rối loạn đông máu, tổn thương gan, tan máu.

2.3. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Tất cả đối tượng nghiên cứu được thu thập dữ liệu bằng bệnh án nghiên cứu. Hồi cứu các dữ liệu trong hồ sơ bệnh án. Số liệu được nhập trên phần mềm REDCAP, xử lý số liệu bằng phần mềm SPSS 25.0.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu của chúng tôi gồm 63 bệnh nhân được hỗ trợ điều trị ECMO phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh cho kết quả như sau:

3.1. Một số đặc điểm chung của đối tượng nghiên cứu

Bảng 1: Một số đặc điểm của đối tượng nghiên cứu

Yếu tố		n (%)	Trung vị (IQR)	Min	Max
Tuổi (tháng)	≤ 1 tháng	25(39,7)			
	1-12 tháng	31(49,2)			
	≥ 12 tháng	7(11,1)			
	Tổng	63(100)	1,6(0,6-5,4)	0,03	142
Cân nặng (kg)	≤ 5 kg	46(73)			
	> 5 kg	17(27)			
	Tổng	63(100)	3,6(3-5,6)	2	35
Thang điểm RACHS-1	≤ III	55,5			
	≥ IV	44,5			
Thời gian THNCT (phút)			133(102-213)	45	559
Thời gian kẹp động mạch chủ (phút)			85(63-116)	0	361
Thời gian từ phẫu thuật đến vào ECMO (ngày)			3,5(1,58-8,5)	0,13	33,4

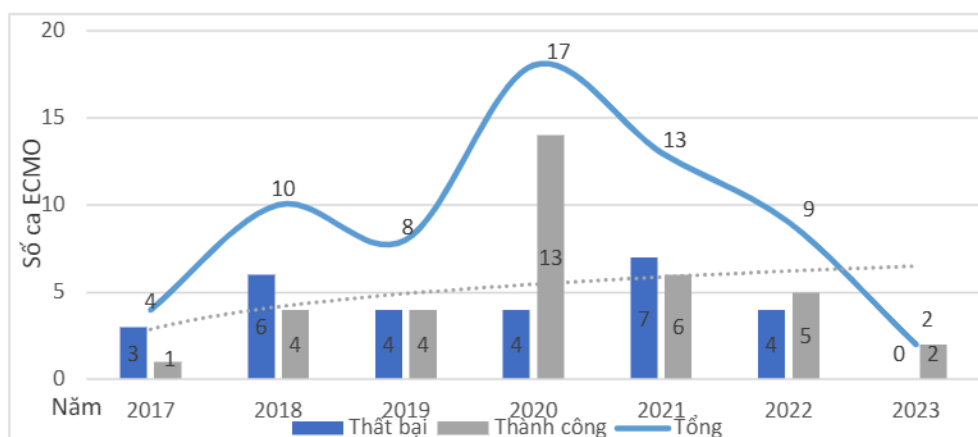
Nhận xét: Phần lớn bệnh nhân trong nghiên cứu có tuổi phẫu thuật nhỏ hơn 12 tháng tuổi chiếm tỉ lệ 88,9%. Tuổi trung vị thời điểm phẫu thuật là 1,6 tháng. Nhóm bệnh nhân có cân nặng nhỏ hơn 5kg chiếm đa số với 73%. Cân nặng trung vị là 3,6 kg.

Bảng 2: Bệnh lý tim bẩm sinh của nhóm nghiên cứu

<i>Loại tim bẩm sinh</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
Thân chung động mạch	11	17,5
Tứ chứng Fallot, Fallot ±Teo phổi	9	14,2
Teo phổi, hẹp phổi	9	14,2
Hẹp eo, thiếu sản quai, gián đoạn quai động mạch chủ	8	12,7
Chuyển gốc động mạch	6	9,6
Thiếu sản thất trái	3	4,8
Khác	17	27
Tổng	63	100

Nhận xét: Chủ yếu bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu là nhóm bệnh lý tim bẩm sinh phức tạp: đứng đầu là Thân chung động mạch với 11 bệnh nhân chiếm tỷ lệ 17,5%, tiếp theo là tứ chứng Fallot có 10 bệnh nhân và các bệnh lý teo phổi, hẹp phổi chiếm 14,2%.

3.2. Kết quả điều trị hỗ trợ ECMO ở bệnh nhân sau phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh



Biểu đồ 1 : Tỷ lệ cai ECMO thành công qua từng năm của nhóm nghiên cứu

Nhận xét: Số ca ECMO được thực hiện nhiều nhất là năm 2020 với 17 bệnh nhân chiếm 27% và tỉ lệ cai ECMO thành công cao nhất là vào năm 2023 với tỉ lệ 100%, sau đó là năm 2020 với 72,2%

Bảng 3: Sự thay đổi một số đặc điểm trước và sau khi hỗ trợ ECMO

Đặc điểm	Trước ECMO	1 ngày sau ECMO	p
Mạch (ck/p)	146(131-154)	127±17,7	<0,0001
Huyết áp trung bình (mmHg)	35(26-45)	59±15	<0,0001
VIS max	50(26-77)	5(2-11,3)	0,001
Lactat	8,2(5,2-15)	2,6(1,8-4)	0,04
Lượng nước tiểu (ml/kg/h)	0,6(0-2,8)	2,1(0,6-4,9)	<0,0001

Nhận xét: Các bệnh nhân trước khi được chỉ định ECMO đều ở trong tình trạng rất nặng với tình huyết động không ổn định, chỉ số vận mạch liều rất cao, lactat tăng và hầu như vô niệu. Ngay sau ECMO tình trạng của bệnh nhân được cải thiện rõ rệt, đạt các đích điều trị. Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa tình trạng của bệnh nhân trước và sau được hỗ trợ ECMO.

Bảng 4 : Kết quả điều trị ECMO của nhóm nghiên cứu

Đặc điểm	Kết quả (n=63)
Thời gian hỗ trợ ECMO (ngày)	5,8(3,7-10,6)
Thời gian nằm hồi sức (ngày)	19 (13-29)
Thời gian nằm viện (ngày)	31 (21-50)
Thời gian thở máy (ngày)	16(11-23)
Tỉ lệ cai ECMO thành công (n,%)	35 (55,6%)
Tỉ lệ BN sống khi ra viện hoặc sau 30 ngày ECMO (n,%)	27 (42,9%)

Nhận xét: Tỉ lệ cai thành công ECMO trong nghiên cứu là 55,6%. Có 27 bệnh nhân (42,9%) sống khi ra viện hoặc sau 30 ngày hỗ trợ EMCO.

Bảng 5 : Biến chứng trong quá trình hỗ trợ ECMO

Biến chứng	Tỉ lệ (n,%)
Biến chứng cơ học	
Chảy máu chân canuyn	14 (22,2%)
Cục máu đông (trong quả phổi, hệ thống dây dẫn)	9 (14,3%)
Tắc quả phổi	6 (9,52%)
Tắc canuyn	1 (1,6%)
Khí trong hệ thống ECMO	1 (1,6%)

Biến chứng liên quan đến bệnh nhân

Tổn thương thận cấp	45 (71,4%)
Tăng men gan	34 (54%)
Rối loạn đông máu nội quản rải rác (DIC)	27 (42,9%)
Nhiễm trùng bệnh viện	17 (27%)
Chảy máu phổi	11 (17,5%)
Biến chứng thần kinh	9 (14,3%)
Tăng Bilirubin	6 (9,5%)
Xuất huyết tiêu hóa	6(9,5%)

Nhận xét: Tổn thương thận cấp, tăng men gan và DIC là các biến chứng hay gặp nhất trong quá trình chạy ECMO trong nhóm nghiên cứu với tỉ lệ lần lượt là 71,4%, 54% và 42,9%.

IV. BÀN LUẬN

Nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận 63 bệnh nhân sau phẫu thuật tim mở cần sự hỗ trợ điều trị kỹ thuật ECMO, sự phân bố nhóm tuổi của bệnh nhân trong nghiên cứu của chúng tôi chủ yếu là nhóm trẻ dưới 1 tuổi chiếm 88,9 % trong đó sơ sinh 39,7% sự phân bố này tương tự như các nghiên cứu trên thế giới được ELSO báo cáo trước đây ⁴. Phần lớn trẻ có cân nặng thấp dưới 5 kg chiếm tỉ lệ 73%, đặc biệt trường hợp có cân nặng thấp nhất là 2 kg, điều này phù hợp với xu thế phẫu thuật sớm và triệt để ngay cả thời kỳ sơ sinh, cân nặng rất thấp trên thế giới ⁵. Chủ yếu bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu là nhóm bệnh lý tim bẩm sinh phức tạp, đứng đầu là thân chung động mạch với 11 bệnh nhân chiếm tỷ lệ 17,5%, tứ chứng Fallot có hoặc không kèm teo phổi, hẹp phổi với tỷ lệ 14,2%. Đa số trẻ nằm trong nhóm có thang điểm nguy cơ phẫu thuật tim mạch RACHS-1 là III và IV chiếm 39/63 (61,9%). Nghiên cứu của Khorsandi trên 66 bệnh nhân được hỗ trợ ECMO sau phẫu thuật tim bẩm sinh cũng cho

kết quả phần lớn bệnh nhân là trẻ dưới 6 tháng và có RACHS-1 III và IV với tỉ lệ 69,7% ⁶.

Phẫu thuật tim mở với tuần hoàn ngoài cơ thể và kẹp động mạch chủ trong quá trình phẫu thuật có thể gây tổn thương cơ tim đặc biệt là tổn thương tái tưới máu và đáp ứng viêm hệ thống ⁷. Hầu hết trẻ trong nghiên cứu được hỗ trợ ECMO thuộc nhóm tim bẩm sinh phức tạp, tuổi nhỏ, cân nặng thấp do đó có thể làm kéo dài thời gian kẹp động mạch chủ, thời gian tuần hoàn ngoài cơ thể, thời gian phẫu thuật. Trong nghiên cứu của chúng tôi thời gian tuần hoàn ngoài cơ thể có trung vị 133 phút, thời gian kẹp động mạch chủ 85 phút. Những chỉ số này đều có sự phù hợp với mức độ bệnh, mức độ can thiệp phẫu thuật. Các chỉ số này trong nghiên cứu của chúng tôi cũng tương tự như một số nghiên cứu của các trung tâm khác trên thế giới ⁵⁻⁸.

Hiệu quả của điều trị hỗ trợ ECMO trên bệnh nhân sau phẫu thuật tim bẩm sinh

ECMO là phương pháp điều trị cứu cánh cho những bệnh nhân nặng sau phẫu thuật tim mở

không đáp ứng với các phương pháp điều trị nội khoa khác, kỹ thuật này đã được thực hiện tại nhiều trung tâm tim mạch lớn trên thế giới. Bệnh viện Nhi Trung Ương cũng là một trong những bệnh viện đầu tiên tại Việt Nam áp dụng thành công kỹ thuật này với thời gian điều trị ECMO trung vị ở bệnh nhân sau phẫu thuật tim mở là 5,8 ngày. Thời gian hỗ trợ ECMO tương đương với thời gian ECMO trung vị 6 là ngày tác giả Ghez³.

Trước khi bắt đầu ECMO, tất cả bệnh nhân đều ở trong tình trạng rất nặng với tình huyết động không ổn định, chỉ số vận mạch liều rất cao, lactat tăng và hầu như vô niệu. Sau khi được hỗ trợ điều trị ECMO tình trạng của bệnh nhân được dần cải thiện đáng kể, đạt các đích điều trị, điều này cho thấy hiệu quả rõ rệt của ECMO, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa tình trạng của bệnh nhân trước và sau được hỗ trợ ECMO.

Tỉ lệ cai thành công ECMO trong nghiên cứu của chúng tôi là 55,6%, và tỉ lệ bệnh nhân sống khi ra viện là 42,9%. Tỉ lệ này cũng tương tự như các trung tâm khác trên thế giới, theo phân tích gộp của tác giả Yuhao Wu, tỉ lệ tử vong là 56,8%⁹, tỉ lệ này tại Scotland của tác giả Khorsandi là 56%⁶. Nhờ sự hoàn thiện dần về kỹ thuật và kinh nghiệm điều trị ECMO, tỉ lệ cai ECMO tại trung tâm của chúng tôi cũng có sự cải thiện qua từng năm, cụ thể tỉ lệ cai thành công năm 2016 là 25%, năm 2020 là 72,2% và đặc biệt là 100% vào năm 2023.

Mặc dù đã có những tiến bộ đáng kể trong thực hiện kỹ thuật và quản lý ECMO trong thập kỷ qua, tiên lượng của bệnh nhân cần hỗ trợ điều trị bằng kỹ thuật ECMO vẫn còn khó khăn. Các nguyên nhân tử vong ở nhóm bệnh nhân nặng này rất đa dạng, từ suy tuần hoàn không hồi phục, suy đa cơ quan gan, thận, thần kinh, rối loạn đông máu, nhiễm trùng huyết, sốc nhiễm trùng.

Khi khảo sát các biến chứng khi hỗ trợ ECMO, chúng tôi nhận thấy tổn thương thận cấp 71,4%, tăng men gan 54%, rối loạn đông máu 42,9% là các biến chứng hay gặp nhất liên quan đến bệnh nhân trong quá trình chạy ECMO. Tỷ lệ các biến chứng trong nghiên cứu của chúng tôi cũng tương tự nghiên cứu của tác giả Wirapatra⁴. Các biến chứng này còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố bao gồm tình trạng bệnh nặng của bệnh nhân, quá trình chạy máy bypass trong phẫu thuật, tình trạng nhiễm trùng,... các biến chứng này dần cải thiện trong quá trình chạy ECMO do tình trạng huyết động được hỗ trợ. Các biến chứng cơ học liên quan đến hệ thống ECMO bao gồm chảy máu chân canuyn (22,2%) và cục máu đông (14,3%). Tỉ lệ này thấp hơn so với nghiên cứu tổng quan của tác giả Yuhao Wu⁹ là 47,1%. Chảy máu là biến chứng thường gặp trong quá trình chạy máy ECMO do tình trạng bệnh nhân rất nặng có thể kèm theo rối loạn đông máu, đồng thời bệnh nhân cần phải sử dụng các chất chống đông kèm theo rối loạn chức năng của tiểu cầu nên nguy cơ chảy máu càng cao. Tại trung tâm của chúng tôi, nhờ sự tiến bộ và hoàn thiện dần về kinh nghiệm trong quản lý chăm sóc, điều trị của kỹ thuật ECMO, các bệnh nhân đều được theo dõi, kiểm soát chặt chẽ các yếu tố đông máu hàng ngày và điều chỉnh thuốc chống đông, truyền chế phẩm máu phù hợp theo phác đồ phù hợp. Do đó, tỉ lệ chảy máu và các biến chứng cơ học liên quan đến ECMO ngày càng giảm dần.

V. KẾT LUẬN

Nghiên cứu 63 bệnh nhân được hỗ trợ điều trị EMCO sau phẫu thuật tim mở tại bệnh viện Nhi Trung Ương ghi nhận tỉ lệ cai ECMO thành công 55,6%. Tỉ lệ sống ở trẻ em sau phẫu thuật tim mở tim bẩm sinh 42,9%. Tình trạng huyết

động, chỉ số VIS, bài niệu cải thiện rõ rệt sau khi được hỗ trợ ECMO. Tồn thương thận cấp, tăng men gan, rối loạn đông máu là các biến chứng hay gặp nhất trong quá trình chạy ECMO.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. R. Burke and D. M. McMullan, "Extracorporeal Life Support for Pediatric Heart Failure," *Frontiers in Pediatrics*, vol. 4, 2016, Accessed: Apr. 04, 2023.
- [2] G. Baslaim, J. Bashore, F. Al-Malki, and A. Jamjoom, "Can the outcome of pediatric extracorporeal membrane oxygenation after cardiac surgery be predicted?," *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, vol. 12, no. 1, pp. 21–27, Feb. 2006.
- [3] O. Ghez, H. Feier, F. Ughetto, A. Fraisse, B. Kreitmann, and D. Metras, "Postoperative extracorporeal life support in pediatric cardiac surgery: recent results," *ASAIO J*, vol. 51, no. 5, pp. 513–516, Sep. 2005
- [4] "Frontiers | Clinical Characteristics and Outcomes of Children With Extracorporeal Membrane Oxygenation in a Developing Country: An 11-Year Single-Center Experience." Accessed: Apr. 04, 2023.
- [5] F. Sperotto, P. Cogo, A. Amigoni, A. Pettenazzo, R. R. Thiagarajan, and A. Polito, "Extracorporeal Membrane Oxygenation Support for Failure to Wean From Cardiopulmonary Bypass After Pediatric Cardiac Surgery: Analysis of Extracorporeal Life Support Organization Registry Data," *Critical Care Explorations*, vol. 2, no. 9, p. e0183, Sep. 2020
- [6] M. Khorsandi et al., "Extracorporeal membrane oxygenation in pediatric cardiac surgery: A retrospective review of trends and outcomes in Scotland," *Annals of Pediatric Cardiology*, vol. 11, no. 1, p. 3, Apr. 2018
- [7] S. De Hert and A. Moerman, "Myocardial injury and protection related to cardiopulmonary bypass," *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, vol. 29, no. 2, pp. 137–149, Jun. 2015
- [8] H. Itoh, S. Ichiba, Y. Ujike, S. Kasahara, S. Arai, and S. Sano, "Extracorporeal membrane oxygenation following pediatric cardiac surgery: development and outcomes from a single-center experience," *Perfusion*, vol. 27, no. 3, pp. 225–229, May 2012
- [9] Y. Wu, T. Zhao, Y. Li, S. Wu, C. Wu, and G. Wei, "Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation After Congenital Heart Disease Repair: A Systematic Review and Meta-Analysis," *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, vol. 7, 2020.

