

原 著 高度医療機器装着患者の広域搬送

坂脇 英志* 佐藤 昌太* 坂脇 園子*
武山 佳洋* 文屋 尚史** 葛西 毅彦**

Key words : ECMO Car — helicopter — Medical Wings

要 旨

北海道は広大であり複数の3次医療圏を有するが、高度な集中治療が行える医療機関は札幌圏に偏在している。地域での診療能力を超えた場合、札幌圏への搬送が検討されるが、ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) など、取り外せない大型の高度医療機器を装着している患者の移送手段は限られていた。しかし2022年に北海道初のECMO Carが導入され選択肢が広がり、実際にECMO Carによる転院搬送を依頼した経験から、当院から札幌圏への搬送手段について考察し報告する。

はじめに

市立函館病院は道南圏唯一の救命救急センターを有し、人口約40万人をカバーする。当院を基地病院とした道南ドクターヘリが2015年に就航し、道南全域からより迅速に重症患者が当院へ集約されるようになった。

当院のある函館市から札幌市までは直線距離にして約150km、高速道路を使用した道のりにして約300kmある。当院で治療困難と考えられる重症患者は、初期治療のち札幌圏へ搬送することが検討される。これまでは搬送方法としてヘリコプターや固定翼機が使用されてきたが一長一短がある。ヘリコプターは天候不順に弱く、また診療スペースが狭いため大型の医療機器を搭載しにくい。固定翼機は診療スペースは広いが、迅速性にかけて、また飛行場まで移送しなければならず乗せ替えのリスクを有する。救急車はある程度の診療スペースを有し天候不順に強いが、函館市消防本部の体制として市外への搬送は行わないことになっている。

2019年に始まる新型コロナウイルス感染症 (以下COVID-19) の流行により、重症呼吸不全患者が増加しECMOの需要が高まった。地方では管理に難渋するケースがあり札幌圏への搬送が検討されたが、その感染力の強さから航空機搬送は敬遠されてきた。そのためECMO装着患者の札幌圏への搬送は現実的には不可能であった。

近年高度医療機器装着患者の搬送手段としてECMO

Carが注目されており、北海道では札幌医科大学附属病院で2022年2月にECMO Carの運用が開始された¹⁾。2023年3月時点では北海道唯一のECMO Carであり、重症患者の広域搬送に活躍している。搬送の際には同院高度救命救急センターから訓練を受けた医師・看護師・臨床工学技士からなるECMOチーム (以下単にECMOチーム) が派遣される。当院からもこれまで3名の搬送を依頼した経験があり、症例を紹介する。

症 例

[症例①]

2022年秋、60歳代女性。COVID-19罹患中に胸痛あり急性冠症候群が疑われ前医から当院へ紹介搬送となった。呼吸不全の状態にあり、気管挿管後に冠動脈造影検査を行ったが狭窄所見なく、心機能低下を認め大動脈内バルーンパンピング挿入のうえ循環器内科入院となった。COVID-19に関連した心筋炎が疑われ、V-A ECMO導入も予想されたため第2病日ECMO Carを要請した。同日夕方にECMOチーム来院し診察を受け、搬送にはECMO導入は不要との判断を得た。

第3病日ECMO Carで転院搬送となった。搬送人員は医師3名、看護師1名、臨床工学技士1名、所要時間は4時間05分であった。

[症例②]

2022年冬、70歳代男性。呼吸苦を主訴に当院へ救急搬送された。新型コロナウイルスPCR検査は陰性であり、細菌性肺炎、急性心不全の診断で非侵襲的陽圧換気を施行のうえ循環器内科へ入院となった。第2病日に呼吸不全の増悪を認め気管挿管施行、CTで急性呼吸窮迫症候群の所見を認めたため同日救命救急センターへ転科と

*市立函館病院 救急科

**札幌医科大学医学部救急医学講座高度救命救急センター
〒041-8680 函館市港町1-10-1 坂脇 英志
受付日：2023年5月8日 受理日：2023年6月20日

なった。

転科後は人工呼吸管理，持続筋弛緩療法，腹臥位療法を行ったが呼吸不全は増悪し，第3病日早朝にV-V ECMO 導入とした。当センターの人的不足のため管理体制として不十分と判断し，ECMO Car を要請した。同日夕方にはECMO チーム到着しベッドサイドで診察を受け経過を共有した。

第4病日ECMO Carで転院搬送となった。搬送人員は医師1名，看護師1名，臨床工学技士1名，所要時間は4時間12分であった。

[症例③]

2023年冬，10歳代男性。入院4日前に発熱を主訴に近医受診し，SARS-COV-2 PCR 陰性確認され解熱薬処方されていた。症状持続するため入院2日前に前医受診し，溶連菌感染症の診断を受け内服抗菌薬治療が開始されたが，嘔吐を繰り返し全身痛で動けなくなったため深夜帯に当院受診した。来院時すでにショック状態にあり，四肢・体幹に発赤・紫斑を認め，劇症型溶連菌感染症が疑われICUへ入院，気管挿管のうえ人工呼吸開始，腎不全も併発しており持続腎代替療法（Continuous Renal Replacement Therapy，以下CRRT）開始とした。

敗血症性ショックの状態にありノルアドレナリンで血圧維持できたが，筋崩壊からと考えられるカリウム高値が持続した。若年の重症軟部組織感染症であり，当院での治療継続は困難と判断しECMO Car を要請した。透析液流量4000mL/hでもカリウム8.6mEq/Lと制御できず循環破綻し，ECMO チーム到着を待たずに夕方V-A ECMO を導入した。その後ECMO チームが来院しミーティングを行い，V-A ECMO，high flow CRRT，人工呼吸器は外せない状態であり，全てを稼働させたまま翌日の転院搬送を決定した。降雪が強く高速道路が封鎖され一般車両通行禁止であったが，NEXCO 東日本の協力により除雪完了区域の通行を許可された。

第2病日ECMO Carで転院搬送となった。搬送人員は医師2名（うち当院から1名），看護師なし，臨床工学技士1名，所要時間は4時間28分であった。

考 察

ECMO Car が導入されたことにより道南圏から札幌への搬送手段の選択肢が増えた。頻用される協力機関・搬送手段について考察する。

①北海道防災航空室

現時点で札幌への転院搬送で最も頻度の高い協力機関である。第一選択として消防防災ヘリコプターが使用され24時間の運航が可能であるが，天候に左右されることも多い。札幌の丘珠空港に駐機しており，救急救命士が

搭乗し函館まで患者を迎えに来る。当院は屋上ヘリポートを有し，エンジンを止めることなく患者搭乗を行い出発する。大型の医療機器にも対応できるが，搭載できる医療機器には制限がある。搬送時間は約1時間であり，機体は往復するため，搬送依頼を行ってから完了するまで5時間ほど要する。消防防災ヘリコプターが使用できない場合には北海道警察，札幌市，自衛隊への協力が依頼される。

電磁干渉の観点からECMO を作動させながらの転院搬送は行っていない。

2022年4月に北海道警察との共同運航²⁾が開始されてからは，COVID-19患者の搬送も行われている。

②ドクターヘリ

2015年に北海道内3機目となる道南ドクターヘリが就航し，当院を基地病院として活動を行っている。運航範囲は基本的に道南圏に限られるが，症例の重篤度・緊急度が高く，特に搬送の迅速性が求められる場合にのみ，特例として使用される。搬送時間は約40分と現在利用可能な搬送手段の中では最速である。やはり機体は狭く大型の医療機器を搭載することはできない。

2023年3月の時点ではCOVID-19患者の搬送は行われていないが，2023年5月の5類引き下げに伴い搬送開始が検討される。

③メディカルウイング

北海道航空医療ネットワーク研究会が運営する2017年から開始された事業であり，Web ページによると「地域の医療機関では提供できない高度・専門的医療を必要とする患者を固定翼機を活用し，医師による継続した医学的管理の下，高度・専門医療機関へ計画的に搬送」することが可能とされている³⁾。専用の医療優先固定翼機を有し，複数の医療機器を搭載し稼働させながら搬送することが可能である。当院から札幌圏の高次医療機関までは1時間30分から2時間で転院搬送を完了することが可能である³⁾。

統括医療機関である札幌医科大学附属病院へ要請しメディカルディレクターへの患者情報提供をもって運航の可否が決定される。予め固定翼機を搬送元医療機関直近の空港へ駐機させる必要があり，搬送元医療機関の医師の同乗が基本とされる。

病院→救急車→固定翼機→救急車→病院と多数の患者乗せ替えが必要であり，大型の医療機器が多いほど煩雑となり危険性が増す。

2023年3月の時点では，COVID-19を含む感染症患者を搬送することはできない⁴⁾。

④ ECMO Car

2022年2月、全国14台目、北海道初のECMO Carが札幌医科大学附属病院で導入された。同院の高度救命救急センターは北海道唯一のELSO (Extracorporeal Life Support Organization) 登録施設となっており¹⁾、ECMO集約化施設とする取り組みが行われている。表1・表2に挙げたような患者¹⁾を対象に相談を受け付けており、必要であれば高度な訓練を受けたECMOチームが派遣される。直接診察のうえ、主治医とECMO導入の必要性、転院の可否などが討議される。ECMO導入のうえでの転院が必要と判断された場合には、派遣されたECMOチームによるECMO導入が行われECMO Carで搬送される。同院以外への転院搬送も可能である。

車両にはテールゲートリフターが搭載されているため、他の搬送手段に比べ患者の搬入・搬出が比較的安全に行える。

COVID-19の搬送にも対応している。

搬送時間は4時間から4時間30分であり、今回検討し

表1 ECMOチームへの相談基準

1. 重症低酸素血症 (PF<150)
2. 持続する高CO₂血症 (pCO₂≥80mmHg, またはpCO₂<80mmHgであっても循環動態が不安定)
3. 高い人工呼吸器設定 (FiO₂≥0.6, PEEP≥10)が48時間以上持続する低酸素血症, または単調増悪する場合
4. 重症 air leak 症候群
5. 自施設では治療の継続が困難である
6. 既にECMO導入したが管理に難渋している場合
7. その他, 相談が必要とされる場合

表2 高度医療機器使用患者の転院適応

1. 人工呼吸器などの高度な医療機器を使用中の患者の転院搬送。
2. 通常の搬送手段では医療機器の電源を確保できない。
3. 悪天候のため、ドクターヘリ、消防防災ヘリ、メディカルウイングが使用できない。



図1 ECMO Car 内部写真

た中で最長である。

当院にはECMO導入・管理の訓練を受けたスタッフが在籍するが、年間6000件を超す救急患者対応を行いながら入院患者診療まで行うのには限界がある。長期稼働が予想されるV-V ECMOの場合、余裕を持って安全に管理できるのは1台までである。

著者が調べ得た限りでは、過去10年間当院からECMO装着患者の転院搬送は行われていなかった。ECMO Carが運用開始してから2例のECMO装着患者を安全に搬送することができた。また複数台の高度医療機器を稼働させながら搬送することもできた。これまでの経験から、ECMO装着患者にとってECMO Carは第一選択の

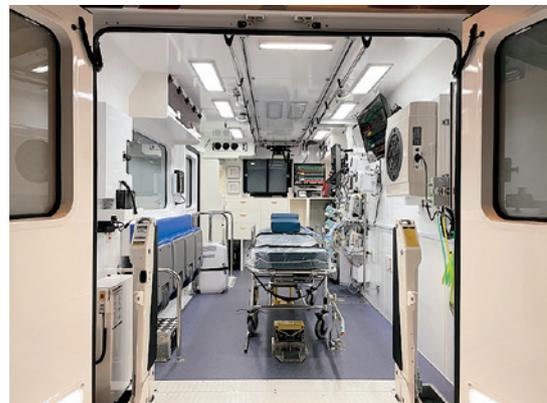


図2 ECMO Car 後方からの写真

**札幌医大
ECMO Car 出動!**

ECMO
MOBILE EMERGENCY ROOM

tri-Heart
EXPERIENCE

ECMO
SAPORO
MED UNIV.

ECMO
EMERGENCY CENTER

ご相談
代表番号
011-611-2111
(内線 37170)

- 重症呼吸不全
- 人工呼吸器 / ECMO / IMPELLA® 使用中の転院搬送

高度救命救急センターへご相談ください

札幌医科大学附属病院 高度救命救急センター

図3 ECMO Car ポスター

搬送手段となりうる。反対に、ECMO 装着患者以外は消防防災ヘリコプターやメディカルウイングを第一選択として検討する必要がある。例外としては、数日間荒天が見込まれ一両日中に広域搬送が必要な場合にはECMO Car が選択されうる。

当院は道南圏全域から重症患者を集約する責務があるが、患者・医療資源のバランスが崩れ、救命に問題が生じた場合には札幌圏への転院を考慮しなければならない。ECMO チームとの連携を密にし安全に広域搬送ができるタイミングを逸しないことが肝要である。

ま と め

高度医療機器を複数稼働させている患者、もしくはECMO 装着患者の広域搬送は、ECMO Car による搬送が最も安全に遂行することができる。

文 献

- 1) 札幌医科大学医学部救急医学講座高度救命救急センター 重症呼吸不全・ECMO [Internet]. 2023(cited 2023 May 8). Available from : <https://web.sapmed.ac.jp/tccm/ecmo.html>
- 2) 北海道防災航空室 防災航空室のあゆみ [Internet]. 2023 (cited 2023 May 8). Available from : <https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/bsb/bk/117423.html>
- 3) 北海道患者搬送固定翼機 (メディカルウイング) 運行事業について [Internet]. 2023 (cited 2023 May 8). Available from : https://www.pref.hokkaido.lg.jp/hf/cis/Medical_Wing/top.html
- 4) 北海道航空医療ネットワーク研究会 [Internet]. 2023 (cited 2023 May 8). Available from : <http://www.hokkaido.med.or.jp/hamn/index.html>

Wide-area transportation of patients with advanced medical equipment

Eiji SAKAWAKI*, Shota SATO*, Sonoko SAKAWAKI*,
Yoshihiro TAKEYAMA*, Naofumi BUNYA**, Takehiko KASAI**

Key words : ECMO Car — helicopter — Medical Wings

Abstract

Although Hokkaido is a large island with several tertiary medical regions, medical facilities capable of providing advanced intensive care are unevenly distributed in the Sapporo area. When treatment capacity in a region is exceeded, transport to the Sapporo area is considered, but transport options for patients with large, non-removable advanced medical equipment, such as extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), are limited. However, the introduction of the first ECMO car of Hokkaido in 2022 has expanded such options. Based on our experience with transferring patients by ECMO car, here we report and discuss on transportation options from our hospital to the Sapporo area.

* Department of Emergency Medicine, Hakodate Municipal Hospital

** Sapporo Medical University, Department of Emergency Medicine/Advanced Critical Care and Emergency Center