

北岡 豊永¹⁾ 長田 耕治¹⁾ 東山 翔¹⁾
長田 浩彰¹⁾ 大住 真²⁾ 福田 靖³⁾

- 1) 徳島赤十字病院 医療技術部 臨床工学技術課
- 2) 徳島赤十字病院 救急課
- 3) 徳島赤十字病院 救急科

要 旨

近年、我が国の重症心不全患者に対する心臓移植や補助人工心臓導入の症例増加により、当院においても適応症例を再検討するに至っている。

そのためECMO, IABP, Impella[®]導入後に補助人工心臓の装着および心臓移植実施施設への病院間搬送を必要とするが、従来のドクターカーでの陸路搬送では長距離、長時間に伴う装置の電源容量確保や管理上必要な検査がおこなえないなどの問題があった。そこで、陸路搬送の問題を解消し、より迅速で安全な搬送を可能とする消防防災ヘリを用いた転院搬送について検討した。

徳島県消防防災航空隊の協力のもと、蘇生人形にECMO, IABP, 人工呼吸器を装着し、その他、必要資機材を実際に使用したヘリ実機への搬入、搬出訓練をおこなった。次に模擬患者を用いてヘリ内への短時間収容、搬出の可否や搬送中に搭乗可能な医療関係者の人数、重量、スペース、電源容量、搬送時の問題点などを検証するために実機飛行でのシミュレーションを実施した。その2ヶ月後、重症心不全患者が実際に発生しECMO, IABP装着下にて国立循環器病研究センターへのヘリ搬送をおこなった。

実患者のヘリ搬送では訓練時と比べ搬入搬出時間において短時間の結果が得られたが、安全な搬送またはトラブル時の対応の為には、定期的な訓練が必要であると考えられた。

今後、マニュアル整備やチェックリスト作成および病院間連携を密にすることで搬送技術の向上を目指し、院内や搬送先、航空隊とも協力し合い、今後も安全の確保と維持に取り組んでいく必要がある。

キーワード：ECMO, 補助循環, 航空搬送, 補助人工心臓, 搬送時間

はじめに

我が国において2010年7月に改正臓器移植法が施行されて以降、心臓移植症例および移植登録患者数は増加し続けている¹⁾。また2011年4月から植込み型補助人工心臓の保険償還に伴い国内での補助人工心臓の使用症例数も比例して増加している中²⁾、当院においてはこれまでに重症心筋炎やAMI後の心原性ショックにECMOを適応し、その導入数も年々増加傾向にある(図1)。

しかし、ECMO管理期間が長期になるほど感染の

リスクや多臓器不全の併発等により離脱率、生存率ともに低下する傾向が確認されている。さらに重症心不全においてVA-ECMOは後負荷を増大させ、病態によって心不全の回復に悪影響を及ぼすこともあり、肺うっ血が改善しない場合や循環の安定が得られない場合は、速やかに心室アンローディング可能な体外設置型VADに移行すべきである^{3)・4)}とされている。当院はVADや心臓移植の実施施設ではないためECMO, IABP, IMPELLA[®]装着下でのBridge to Transplant またはBridge to Deviceを目的とした病院間搬送が必要で、従来はドクターカーによる

陸路搬送（図2）をおこなっていたが、振動や揺れに伴う車内スペースの不十分さや、長時間におよぶ移動のために、各生命維持装置本体と生体モニター、シリンジポンプなどの電源容量確保が困難なこと、血液ガス分析や活性化全血凝固時間（Activated Clotting Time: ACT）などの体外循環管理に必要な

検査が搬送中おこなえないなどの問題が数多くあった⁵⁾。

よって、これら陸路搬送で生じていた様々な問題を解消し、より迅速で安全な搬送を可能とする消防防災ヘリを用いた転院搬送について検討した。

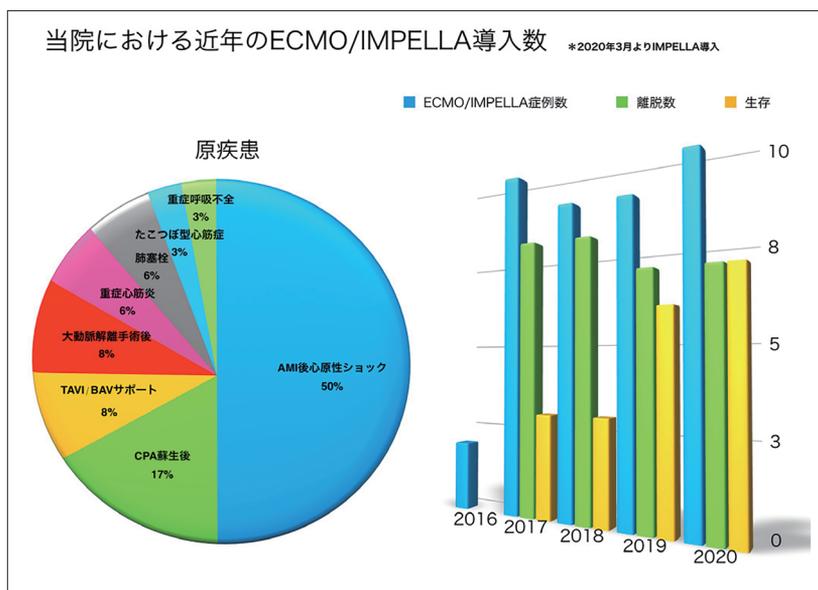


図1 徳島赤十字病院における近年のECMO/IMPELLA® 導入数の推移

航空搬送と車載搬送

関西圏の施設に搬送した場合

	防災ヘリ	ドクターカー
搬送時間	約40分	2時間30分
重量	500kg	—
スペース	制限あり	制限あり
天候、時刻	制限あり	制限なし
電源	1000VA	300VA
搬送時人数 (患者1名除く)	6名	5名

図2 航空搬送と車載搬送のちがい

2. 方 法

2019年3月8日に徳島県消防防災航空隊協力のもと、ヘリ格納庫(図a)にて蘇生人形にECMO, IABP, 人工呼吸器を装着し, その他必要医療資機材を用いて実機への搬入, 搬出訓練をおこなった。実際に使用するヘリコプター機は川崎式 BK117 C-2型(図3)で, パイロットと整備士, 消防隊員を除いた搬送人員は3名(200kg)とし, 医療機材の総重量を83kgとした場合17kgの追加予備を設定した。燃料は通常400kg搭載しているが, 実搬送の際は燃料等で可能積載重量を調整することとなった。以上を

踏まえたうえで機内のスペースや電気容量からその際, 必要な人員, 搭乗可能な医療関係者の人数, 電源容量を確認した。さらに搬送時の問題点などを整理し, 機内へ短時間で安全に収容, 搬出できるかの可否を検証した(図b)。

2019年10月9日ECMO患者の安全なヘリ搬送を実証する目的で, 国立循環器病研究センター, 徳島県消防防災航空隊と合同で実機を飛行させて搬送訓練をおこなった。患者想定は徳島赤十字病院に入院した心不全患者が劇症型心筋炎の診断となり模擬ECMO, IABPの補助循環を開始したが心機能の回復兆候なく, 補助人工心臓の適応となり, 国立循環器病研究セ

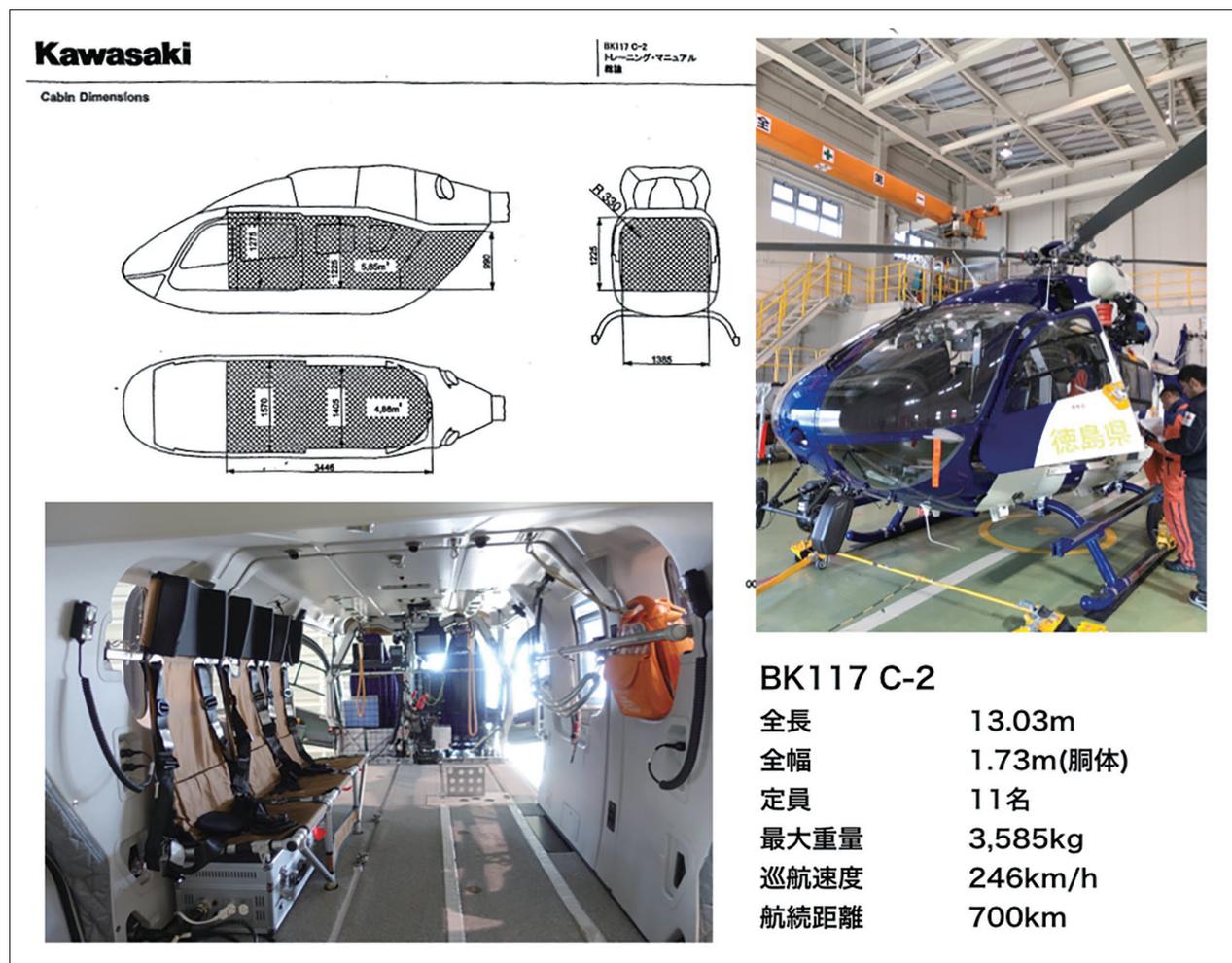


図3 消防防災ヘリコプター 概要

ンターへの転院搬送目的にて徳島県消防防災ヘリコプターを用いて空路でおこなうこととした(図c)。

2020年1月9日、拡張型心筋症で入院された62歳男性が補助人工心臓または心臓移植の適応であると診断され当院にてECMO, IABPを装着後、国立循環器病研究センターへ航空転院搬送する運びとなった。搬送に際して事前に救急科医師、循環器科医師、救命ICU看護師、ER事務職員、臨床工学技士、

転院先医師とミーティングをおこない搬送計画を立てた。

翌10日8時50分よりAライン留置後に挿管、人工呼吸器管理下でアンギオ室にてECMO, IABP装着し一旦ICU帰室し待機、航空隊とヘリ着陸時間を調整し11時15分に屋上ヘリポートより消防防災ヘリにて出発した。



図a ヘリ格納庫にて 積み込みの様子



図b ヘリ格納庫にて 積み込みの様子



図c 実機を用いた搬送訓練時の模擬患者ECMO模擬回路やモニター類を実際に装着



図d 格納庫にてヘリ搬入後の様子

3. 結果

ヘリ格納庫訓練において搬入時間は6分30秒程度、搬出時間は3分30秒程度であった。ヘリに搭乗できる最大人数は医師1名、臨床工学技士1名、患者1名、航空隊隊員4名の計7名とした。搭載最大重量は人員以外で500kg以内のため医療機材の寸法や

重量、消費電力、バッテリー時間を事前にリスト化（図4, 5, 6）しておき、機内スペースと照らし合わせて作成したレイアウト（図7）も含めヘリ内での使用に問題ないことが確認できた（図d）。しかし、医療機器本体等の設置位置の確定や固定に時間を要した点などは問題点としてあげられた。

実機を用いた患者搬送訓練では防災ヘリがエンジ

ECMO装置 メラ遠心血液ポンプシステム						
重要度 (%)	機材名	外形寸法	質量	電氣的定格	バッテリー	使用環境
100%	MERA PCPS 遠心ポンプドライバユニット	250(W)x357(H)x316(D)	8.1kg	定格電圧AC100V 50/60Hz 電源入力250VA	連続運転時間：1時間以上 (新品バッテリーで2.4時間充電後 4000rpm 4L/min時)	周囲温度15~30°C 相対湿度30~75% 気圧700~1060hpa
100%	モーターユニット		3kg			
50%	システム架台	374(W)x899(H)x597(D)	90kg	定格電圧AC100V 50/60Hz 電源入力1200VA	連続運転時間：1時間以上 (新品バッテリーで2.4時間充電後 4000rpm 4L/min時)	周囲温度15~30°C 相対湿度30~75% 気圧700~1060hpa
100%	非常用手回し器		7.0kg			
100%	回路		3.5kg			生食500ml x 2込み
100%	携帯用酸素ポンプ	525(H)	2.6kg			

図4 ECMO関連 資機材リスト

IABP装置 MAQUET CARDIOSAVE						
重要度 (%)	機材名	外形寸法	質量	電氣的定格	バッテリー	使用環境
50%	病院用構成（ポンプ本体、カート、モニター、バッテリー、ヘリウムポンプ）	1340(H)x686(D)x559(W)	51.8kg	180VA~420VA AC100~240V 50/60Hz	60分（最低） ~90分（標準）	操作温度10°C~40°C 操作湿度15%~85% 操作高度-381m~3658m 795mmHg~483mmHg 1060hpa~644hpa
100%	搬送用構成（ポンプ本体、モニター、バッテリー、ヘリウムポンプ）	572(H)x40(D)x330(W)	24.1kg 実測25kg	180VA~420VA AC100~240V 50/60Hz	60分（最低） ~90分（標準）	操作温度10°C~40°C 操作湿度15%~85% 操作高度-381m~3658m 795mmHg~483mmHg 1060hpa~644hpa
100%	ポンプ本体		17.7kg			
50%	カート		27.7kg			
100%	モニター		3.6kg			
100%	予備内部バッテリー		1.4kg		最大駆動1.5時間	
100%	ヘリウムポンプ		1.1kg			

図5 IABP関連 資機材リスト

ン停止できないため、燃料の関係上、屋上ヘリポートでの駐機時間に10分程度の制限がある。よって事前の入念なシミュレーションによる計画的かつ迅速な機内への搬入が必要であった。実際、防災ヘリが着陸して患者搬入が終了し離陸するまで14分を要した(図8)。搬送中においては機内スペースに問題はなく事前に把握していたレイアウト通りに配置する

ことができた。

懸念されていた体温の低下や気圧の影響、電源トラブルなどは特になかった。機内からの患者搬出に関しては、ヘリ着陸から4分で搬出を開始し、搬出を終えるまでに要した時間は3分、ヘリポート着陸からICU入室まで計8分で終わることができた。搬入での問題点については、まずエレベーターや屋上

その他資機材						
重要度 (%)	機材名	外形寸法	質量	電氣的定格	バッテリー	使用環境
100%	ベットサイドモニタ BSM1700	147(W)x194(H)x94(D)	1.6kg	80VA AC100V 50/60Hz	約5時間	
100%	シリンジポンプ TE-331S	322(W)x114(H)x115(D)	1.8kg	16VA AC100V 50/60Hz	約3時間	周囲温度5-40°C 相対湿度20-90%
100%	酸素ボンベ3.4L(500L)	10(W)x650(H)	6kg			満充填 (14.7MPa)
50%	マニュアル チェックリスト					
50%	記録用紙					
100%	バラパック	220(W)x92(H)x162(D)	3.1kg	3Vリチウム電池		
100%	チューブランプ 5本					
					*酸素ボンベ残量計算	
					圧力指示値(Mpa) x ボンベ容量(3.4L) x 安全係数(0.8) x 10	満充填で2L/min使用すると 約200分

図6 その他 資機材リスト

ヘリ内配置図

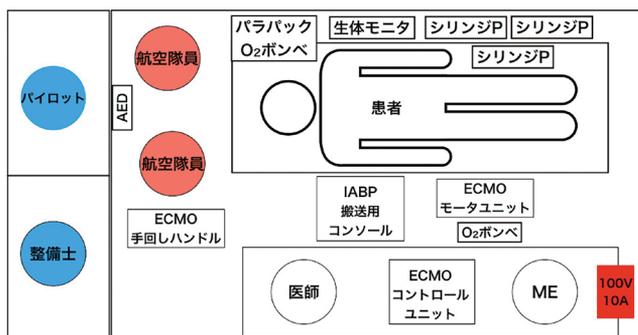


図7 ヘリ機内レイアウト

	着陸～ 搬入	搬入	着陸～ 離陸	着陸～ 搬出	搬出	移動時間	ICU発着時間
陸路搬送		15分			不明 (記録なし)	2時間30分	3時間
ヘリ搬送 訓練1		6分30秒			3分30秒		
ヘリ搬送 訓練2	5分	7分	14分	4分	3分	43分	1時間34分
ヘリ実搬送	5分	2分	12分	4分	2分	40分	1時間14分

図8 各訓練時間と実搬送時間

待機室のスペースが狭いため、患者（図d）をベッドから移動用ストレッチャーに乗せ替え、さらにヘリ到着後に機体用のストレッチャーに乗せ替えなければならないため、ECMOやIABP、輸液薬剤ライン、人工呼吸器など装置本体も含め、回路、チューブ類の取り回しに注意が必要で、乗せ替えをシンプルに素早くできるように工夫が必要であった。機内への搬入ではエンジン音、ローター回転音により肉声での会話が困難でスタッフ間でのコミュニケーションが取りづらく、さらにヘリ機内への搬入口である機体キャビン後方のシェルドアと地上に段差があるため、積み込みと乗機に難渋し、IABPのラインが外れるトラブルがあった上、アラーム音も聞こえないため搬送中の装置のトラブルには細心の注意が必要であることがわかった。

重症心筋症患者の実搬送では、訓練の教訓と他職種による事前打ち合わせを元に、ICU搬出からヘリ離陸まで12分、病院ICU間では1時間14分（飛行時間40分）であった。訓練時の病院ICU間は1時間34分（飛行時間43分）であったため、今回の実搬送では飛行時間を除いて17分短縮できたことになる（図8）。また、陸路搬送の問題であった電源容量の点において、ECMO装置の電源はヘリ機内のACコンバータを使用し、IABP（Cardio Save）、シリンジポンプ（3台；ヘパリン2.5ml/h、ドブタミン9ml/h、ミタゾラム3ml/h）、人工呼吸器（パラパック）は内部バッテリーで運転し、搬送中の電源トラブルはなかった。気圧低下によるECMO回路内のAir発生はなくIABPの動作にも問題はなかった。また呼吸状態や点滴ライン、患者バイタルにも変化はなかった。ECMOに供給する酸素ガスについては、訓練時

使用した酸素ボンベよりも小型の携帯型酸素ボンベを使用することで移動時の負担軽減と機内スペースの確保に有効であった。搬送中には酸素残量の計算式をもとにボンベ残圧から人工肺への吹送可能残時間をチェックしていたがICU到着後でも残圧不足はなかった。血液ガス、ACTなどの検査は搬送直前にICUで測定し、経過報告も踏まえてECMOやIABPの使用状態、管理に関するデータを搬送先の臨床工学技士と共有するためにA4サイズ1枚の搬送用シートを作成した（図9）。これを用いることによりスムーズな情報伝達が可能であった。

徳島赤十字病院
PCPS/ECMO記録

主治医: 循環器内科 Dr. 氏名: ID:

日付: 2020年1月10日 ICU: 1 症例番号: PAGE of BD 0

術前診断: 拡張型心筋症 病歴: CRT-D植込み (medtronic)

術式: ECMOへり搬送 アレルギー: なし

術前検査: CK, CK-MB, BUN, Cre, Alb, eGFR, Ht, %
pPT, sec

患者データ: 身長 166 CM 体重 67 KG 体表面積 1.746 M2 性別 M x F 年齢 62 血液型 O+

スタッフ: PCPS/ECMO担当 support 担当医 看護師 麻酔医

物品: 形式 シリアル番号 物品 形式 大きさ
人工肺: メラエクスラン 190220 送血管: PDK-A-18 18F
PCPS/ECMO回路: NP DPS ロング 脱血管: PDK-V-22 22F
IABP/バルーン: 脱血管
PCPS/ECMO装置: HAS-CP 形式 シリアル番号/ID番号 120096
送血ポンプ
冷温水槽
IABP装置: CARDIOSAVE 形式 シリアル番号/ID番号 CH2378320-6
人工呼吸器
CBP 装置
非常用手回し器

CI換算表 (DuBois) * BSA = 体重0.425 X 身長0.725 X 0.007184

CI	CO(L/min)	ml/kg/min	Ht(cm)	Wt(kg)	BSA(m ²)
1.8	3.14	46.91	166		
2	3.49	52.12			
2.2	3.84	57.33			
2.4	4.19	62.54		67	
2.6	4.54	67.75			
2.8	4.89	72.96			
3	5.24	78.18			1.75

開始直前/直後チェックリスト

- 遠心ポンプヘッドの装着 (汚れてないか)
- 送血側チューブのクランプ
- プライミングラインの閉鎖
- 清潔側三方活栓の閉鎖
- 清潔側クランプの解除
- 清潔側回路空気の有無
- 動脈サンプリングポートの閉鎖
- ガス供給ライン接続と酸素吹送
- ガスオートフラッシュのON/OFF
- 抗凝固テストおよび報告確認
- 流量計低流量アラームのセット (視力一歩の70%程度)
- 回路の折れ曲がり確認
- 電源コードの接続確認
- 温度プローブの装着および人工肺加熱器のON

まとめ

体外循環開始時間	IABP開始時間	IN Volume/day	出血量/day	EF	回路内血栓	持続ヘパリン量
1/10 9:49 ~ 開始	1/10 10:00 ~ 開始			20%	なし	500U/h
ECMO流量	回転数	O ₂ 流量	O ₂ 濃度	SvO ₂	IABP比	IABPトリガー
3.2L/min	2300rpm	2.0L/min	70%	70%	1:01	心電図

図9 ECMO搬送用記録シート

体外循環表や各種データ、チェックリストをA4サイズにまとめている

4. 考 察

ECMOやIMPELLA[®]は生命維持装置として中断、停止できない人工臓器であり、装着患者の搬送には従来の陸路搬送から抱える多くの問題点やリスクがあった。当院でも以前ドクターカーでのECMO搬送を実施した際、転院先到着前にIABPのバッテリー切れを起こし装置が停止するトラブルが発生している⁵⁾。海外におけるECMO装着患者の病院間搬送中の有害事象を調査した報告⁶⁾では514回の搬送のうち163(31.7%)のケースで、合計206項目の有害事象が発生したと報告されている。さらに単一施設における908例にも及ぶ病院間ECMO搬送の報告⁷⁾ではうち2例の搬送中死亡が報告されている。これらの報告ではECMO搬送のリスクが細分化され航空搬送、輸送時間、輸送距離は輸送中の有害リスクの増加と関連していたとされている。今回、われわれが実搬送に向けて事前に搬送シミュレーションをおこなったこ

とで各関係機関や職種間でのコミュニケーションをベースに役割分担の把握や搬送手順、準備物品リストを含めた搬送計画の詳細を共有し活用できた。さらに実搬送当日のクロノロジー(図10)を検証しても、救急部調整員を中心に臨床現場の状況と航空隊の動きが正確に合わさり緻密な時間軸で連携されていた。こうして搬送時間の短縮(図8)につながり結果的に有害リスクを減らし患者の転帰に有益な影響をもたらすことができたと考えている。

今後の課題として、病院と搬送先、消防と連携し海外でのECMO搬送報告やELSO transportガイドライン⁸⁾を参考に運用マニュアルを作成し、搬送技術の向上と維持、そして安全でさらに時間短縮されたECMO搬送をおこなわなければならない。それには定期的な訓練や専用架台(バックボードツリー)のようなECMOの航空搬送に特化したシステム開発が必要である⁹⁾。そして何より搬送中の遠心ポンプ停止や人工肺の酸素化異常といった患者の生命に直

徳島県防災ヘリによる徳島赤十字病院から国立循環器病研究センターへの転院搬送			
2020年1月10日(金)			
経時記録			
日付	時刻	発	受 内容
1月9日	17:15		関係者による事前打ち合わせ
	18:00	大住	連絡係(防航:藤本/日赤:大住)、予定時刻、搬出までの流れを確認
1月10日	8:00	防航 藤本	天候、無線周波数(統制波)を確認。「搭載資機材が前回と同じ機種・数量か」「電源は必要か」「酸素は日持ち込み・防災は予備でよいか」確認あり
	8:10	大住	「ECMOとIABPは訓練と同機種」「シリジポンプ3台(訓練は2台)」「医療機器はバッテリー使用だが念のため3口コンセント準備を」「酸素は防航は予備として準備を」と回答した
	8:37		(D C要請あり大住離院)
	8:47	防航 藤本	松島課長 状況確認、10:30頃に離陸・到着の確認電話を行うよう依頼
	9:12	坂田看護師長 松島課長	迎え車両への搭載物品確認実施(国循岩崎医師の荷物)
	9:15	田中運転手	迎え車両病院出発
	9:20	北岡ME	松島課長 挿管完了~ECMO装着開始の報告、10時ごろ状況報告を行う予定とした
	9:23		(D C帰院)
	10:00	北岡ME	大住 ECMO・IABP装着完了。CVルート確保などにあと10数分要する予定、と報告あり
	10:05	大住	国循CCU 現状報告。迎え車両と運転手は訓練時と同じ(レジスハイユース/田中運転手)であること、国循着陸予定時刻は防航~大住、大住~国循とすることを連絡
	10:09	北岡ME	大住 10:15頃ICU入室予定である、と報告あり。ICU入室時に再度連絡することとした
	10:30	大住	ICU入室するも患者入室なし
	10:30	大住	防航 藤本 予定より遅れていることを報告
	10:45	田中運転手	松島課長 淡路SA到着報告
	10:45	北岡ME	大住 カテ室搬出、これよりICUへ向かうと報告
	10:49		患者ICU入室
	10:55	北岡ME 宮野看護師	大住 患者ICU搬出までの所要時間を20分と設定。防災ヘリHP着陸を30分後の11:25とするよう決定
	10:55	大住	防航 藤本 11:25に防災ヘリが屋上HPに着陸するよう依頼
	11:00	大住	警備員 ヘリ着陸時刻連絡、屋上庭園封鎖依頼
	11:04	松島課長	井織事務副部長 事務部へ現状報告
	11:05	大住	国循CCU 11:25防災ヘリ着陸予定、離陸後再度連絡する旨伝えた
	11:15	大住	屋上HPにて待機。宮野看護師の事前指示により壁の吸引機を外す
	11:20		患者ICU退出~屋上HPへ
	11:22		患者屋上HP搬入
	11:30	防災ヘリ	大住 統制波3にて無線交信あり。屋上HPの風向・風速、EVホールに患者待機中の旨伝えた
	11:34		防災ヘリ屋上HP着陸
	11:35		防災ヘリストレッチャーEVホール搬入、防航水口副隊長より搬入までの流れ確認、注意事項伝達
	11:39		患者EVホール搬出
	11:41		患者ストレッチャーのヘリ搬入完了(後部ハッチ閉)
	11:46		防災ヘリ屋上HP離陸
	11:46	大住	国循CCU 11:46屋上HP離陸したこと、着陸予定10分前に再度連絡することを伝達
	12:15	防航 藤本	大住 防災ヘリ国循着陸予定が12:25であると連絡あり
	12:15	大住	国循CCU 12:25国循HPに着陸予定であることを連絡
	12:28		防災ヘリ国循HP着陸
	13:14	北岡ME 田中運転手	迎え車両国循出発
	13:39	防航	松島課長 防災ヘリ松茂到着報告

図10 実搬送時のクロノロジー

結する危機的な状況におけるリスクを検証細分化し (図11)¹⁰⁾, いかなる場合も対応できる体制と環境を整えなければならないと考えている。

5. 結 語

消防防災ヘリを用いたECMO患者搬送は陸路搬送に比べ短時間かつ安全で効率的な搬送方法であるが、搬送先と消防防災航空隊、病院内での多職種による情報共有を含めた連携と定期的な訓練が必要である。今後も迅速で安全な搬送システムを構築するためマニュアルの整備やチェックリスト作成を含めた環境整備をおこなうとともに、搬送技術の向上と維持に努めていきたい。

6. 利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反なし。

7. 文 献

- 1) 福嶋教偉, 小野稔, 斎木佳克, 他: 日本における心臓移植報告 (2019年). 移植 2019; 54: 97-104
- 2) 日本胸部外科学会: Statistical Report [Internet]. [http://www.jpats.org/uploads/uploads/files/J-MACS Statistical Report \(2010年6月-2020年6月\).pdf](http://www.jpats.org/uploads/uploads/files/J-MACS%20Statistical%20Report%20(2010年6月-2020年6月).pdf) [accessed 2020-10-13]
- 3) 志賀卓弥, 齋藤浩二: 補助人工心臓の現状と今後の展開. 日集中医誌 2020; 27: 177-83
- 4) 安部隆三, 渡邊倫子, 松宮護郎, 他: ECMO 離脱困難な心原性ショック・重症心不全症例に対する治療戦略. 日臨麻会誌 2019; 39: 142-7
- 5) 前田晋作, 高松誉明, 西内聡士, 他: PCPS装着中に他院への患者搬送を行った経験. 徳島赤十字病医誌 2018; 23: 74-9
- 6) Ericsson A, Frenckner B, Broman LM: Ad-

TABLE 3 | Complications during 452 ECMO transports from a single center between 2010 and 2015 (26).

Immediate threat	n	High risk	n	Variable risk	n
Clotting of ECMO circuit	2	Loss of tidal volume	44	Airport logistics/delay	4
Inadequate ECMO (VV to VA)	2	Bleedings	12	Wrong ambulance/delay	3
System/pump change	2	Circulatory instability	7	Ambulance utility malfunction	3
Oxygenator clot	2	Broken ventilator circuit	2	Ambulance traffic accident	2
Cannula clot	1	Reload in ambient temp	2	ECMO system forgotten	1
IV line/air into circuit	1	Broken sweep gas supply	1	ECMO pump head forgotten	1
		Power supply roller pump	1		
		Recirculation (VV ECMO)	1		
Sum	10		70		14
Fraction of total (n = 452)	2.2%		15%		3.1%

図11 ECMO搬送時の有害リスクが細分化されている

文献10 (L. Mikael Broman, Björn Frenckner: Transportation of Critically Ill Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation. 2016 Jun 13; 4: 63 TABLE 3) より引用

verse Events during inter-hospital transports on extracorporeal membrane oxygenation. Prehosp Emerg Care 2017 ; 21 : 448-55

- 7) Fletcher-Sandersjö A, Frenckner B, Broman M: A Single-Center Experience of 900 Interhospital Transports on Extracorporeal Membrane Oxygenation. Ann Thorax Surg 2019 ; 107 : 119-27
- 8) Extracorporeal Life Support Organization : ELSO Guidelines Patient Care Practice Guidelines General Guidelines for all Cases Guidelines for ECMO Transport Last updated: May 2015 [internet] .
[https://www.else.org/Portals/0/Files/ELSO GUIDELINES FOR ECMO TRANSPORT_May2015.pdf](https://www.else.org/Portals/0/Files/ELSO_GUIDELINES_FOR_ECMO_TRANSPORT_May2015.pdf) [accessed 2020-10-13]
- 9) Lucchini A, De Felippis C, Elli S, et al: Mobile ECMO team for inter-hospital transportation of patients with ARDS: a retrospective case series. Heart Lung Vessel 2014 ; 6 : 262-73
- 10) Broman LM, Frenckner B: Transportation of Critically Ill Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation. Front Pediatr 2016 ; 4 : 63

Feasibility of transporting patients with attached extra corporeal membrane oxygenation system using firefighting disaster-prevention helicopters

Atsunori KITAOKA¹⁾, Koji NAGATA¹⁾, Sho Higashiyama¹⁾
Hiroaki NAGATA¹⁾, Makoto Osumi²⁾, Yasushi Fukuta³⁾

1) Division of Clinical Engineering Technology, Tokushima Red Cross Hospital

2) Department of Emergency, Tokushima Red Cross Hospital

3) Division of Emergency, Tokushima Red Cross Hospital

Purpose: In the recent years, the number of cases of heart transplantation and placement of ventricular assist device for patients with severe heart failure in Japan has increased. We re-examined the cases that presented with indications for the abovementioned procedures at our hospital.

After the introduction of ECMO, IABP, and Impella[®], it is necessary to attach a ventricular assist device and transport the patient with the device to a heart transplantation facility. However, the proper inspection necessary for management could not be performed. Therefore, we examined the transfer of patients between hospitals using a firefighting disaster-prevention helicopter, which solved the problem of land transportation and enabled faster and safer transportation.

With the cooperation of the Tokushima Prefectural Fire and Disaster Prevention Air Corps, the ECMO, IABP, and artificial respirators were attached to the Resusci Anne; the other necessary materials and equipment were used for loading and unloading training. Next, a simulation flight was undertaken using a simulated patient to verify the following: feasibility of the short-term accommodation in a helicopter; the ability to transport the equipment; the number of medical personnel who could board during actual patient transportation; evaluation of weight, space, power capacity; assess the problems that could occur during transportation, etc. Two months later, a real patient with severe heart failure was transported by the helicopter to the National Cardiovascular Research Center with ECMO and IABP attached.

During the actual patient transportation, the loading and unloading could be performed within a shorter time than that taken during the simulation training; however, it was judged that regular training was necessary for safe transportation or response in case of complications.

In the future, we aim to improve transportation technology by preparing manuals, creating checklists, and closely coordinating between hospitals. Moreover, continued efforts are necessary to ensure and maintain safety by close coordination between hospitals, transportation destinations, and the aviation corps.

Key words: ECMO, Ventricular assist device, Air transplantation, Transport time

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 26 : 164-174, 2021
