

前田 晋作
今村佳代子

高松 誉明
長田 耕治

西内 聡士
窪前 圭太

小島 洋幸
東山 翔

北岡 豊永
長田 浩彰

徳島赤十字病院 臨床工学技術課

要 旨

当院では年間数例の PCPS 導入症例がある。本症例は30代男性，胸痛にて受診し入院となった。翌日急激に心機能低下し PCPS，IABP 導入。劇症型心筋炎と診断された。その後も心機能の改善が見られず，導入3日後補助人工心臓装着のため他院への転医が決定した。本来なら短時間の搬送が可能なドクターヘリの使用が望ましいが，転医先がヘリポートを有さないことからドクターカーを選択。長時間搬送となる為，各医療機器の電源確保が必要となった。人工呼吸器は電源不要の機種，PCPS は車載インバーターの使用，IABP はバッテリー駆動とすることで，2時間30分をかけて患者搬送は無事終了した。しかし，IABP のバッテリー駆動時間に十分な安全マージンをとることが出来ていなかった他，随行人員確保や連携面，搬送中 PCPS 管理上必要な検査を行えなかったことなどの問題が残り，今後の安全な患者搬送のための対策が必要と考える。

キーワード：安全な患者搬送，医療機器の電源確保，補助循環装置

はじめに

急性冠症候群や急性心不全，心臓手術後などで自己の心肺機能が著しく低下している患者に対する心肺補助手段として，経皮的な心肺補助（percutaneous cardiopulmonary support；以下 PCPS）を用いた治療が必要となる場合がある。当院においても年間数例の PCPS 導入症例があるが，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¹⁾。PCPS 管理が長期になると考えられる症例に対する，次段階の治療としては補助人工心臓（Ventricular Assist Device；以下 VAD）の導入があげられる²⁾が，当院が VAD 実施施設となっていないこともあり実際に導入した症例はなかった。

今回，PCPS 装着にて治療中の劇症型心筋炎患者に対する VAD 装着のために大阪府内の病院に転医することとなり，ドクターカーにて搬送を行った症例を経験した。当院において PCPS 装着中の患者を他院へ搬送するのは初めてであり，実施方法と今後の課題について検討した。

症 例

【症例】

33歳，男性。

【現病歴】

生来健康であったが胸痛を訴え当院を受診，冠動脈造影で急性心筋梗塞を除外，急性心筋炎の診断で救命センターに入院となった。

【入院後経過】入院翌日急激に心機能の低下と完全房室ブロックが出現した。気管内挿管後，緊急で PCPS と大動脈内バルーンパンピング（Intra Aortic Balloon Pumping；以下 IABP），一時ペーシング，持続的血液透析濾過法を導入し治療したが，その後も心機能の改善が認められなかった。そのため PCPS 導入3日目に VAD 装着のため大阪府内の病院への搬送が決定した。

【搬送方法】

今回の搬送先は当院から直線距離で約124kmの距離があり，ドクターヘリによる搬送が第一選択と考えられた。しかし，搬送先の病院がヘリポートを有さないことから，病院周辺のヘリポートにて救急車とドッキングし患者を乗せ換える必要があった。患者の乗せ

換えは、装着している各医療機器のチューブ類が脱落の危険性があると考え、長時間の搬送となってしまうが乗せ換えのないドクターカーによる Door to Door の搬送を選択した。

長時間搬送の場合、各医療機器の十分な電源確保が必要となる。ドクターカーには車載インバータを装備しており300VA (100V/3 A) の電力を供給できるが、消費電力の大きいPCPS と IABP 両方の電源を供給するには十分ではなかった。そのため、生命維持により重要な PCPS の電源を車載インバータより供給することとし、IABP は本体内部バッテリーによって駆動させた。万一バッテリーが切れた時に備えて交流無停電電源装置 (Uninterruptible Power Supply ; 以下

UPS) を車内に用意した。電力の節約のため、高カロリー輸液と輸血は輸液ポンプを使用せず行った。プロポフォール、フェンタニル、ヘパリン注入のためシリンジポンプを3台使用したが、車載インバータから電源を供給したのはプロポフォールに使用した1台のみとし、残り2台はバッテリー駆動とした。表1に今回使用した医療機器とその電源についてまとめる。

ドクターカー車内は狭く、PCPS や IABP を積載することを想定した構造ではないため、配置にも工夫が必要であった。PCPS はモーターユニットとコントローラーが一体ではなく有線接続されているため、患者足元左側に設置された点滴台に PCPS モーターユニット (図1-a)、患者足元右側の床に PCPS コン

表 1 搬送時使用医療機器

医療機器	消費電力	電源供給
IABP MAQUET CARDIOSAVE	180VA	本体内部バッテリー (最大駆動1.5時間×2個) UPS
PCPS TERUMO CAPIOX SP-101	160VA	車載インバータ
人工呼吸器 Smiths medical パラパック	酸素ガス駆動	電源必要なし
ベッドサイドモニタ 日本光電 BSM-3000 Life Scope VS	100VA	車載インバータ
シリンジポンプ (3台使用) TERUMO TE-331S	16VA	本体内部バッテリー (2台) 車載インバータ (1台)

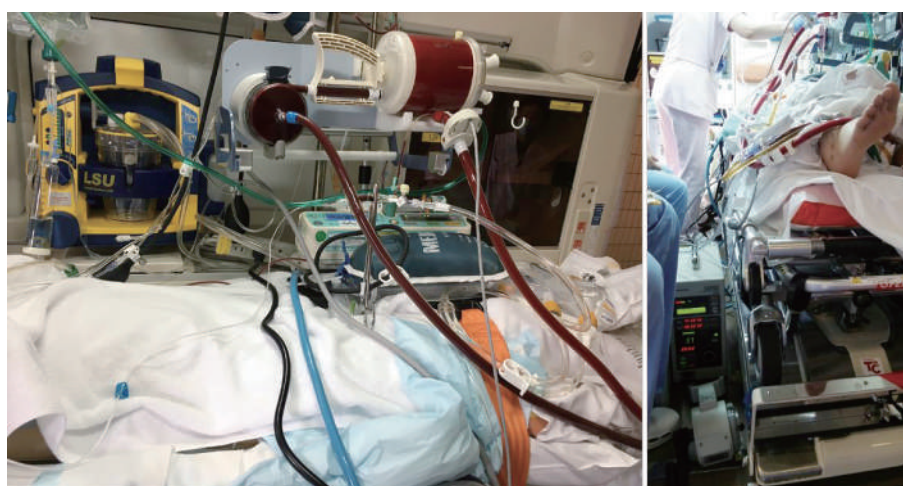


図1-a

図1-b

図 1 ドクターカー車内 PCPS 配置

トローラー（図1-b）を配置した。IABPは本体をカートにドッキングさせた院内仕様モードと、本体ユニットとモニターのみを取り外した搬送モードの切り替えが可能のため、搬送モードとして患者右側座席（図2-a）に配置した。ただ、搬送モードでは外部電源との接続ができないため、UPSとの接続のためにカー

とも車内スライドドア入口部スペース（図2-b）に配置し、必要時にはドッキングできるようにした。人工呼吸器、ベッドサイドモニタはドクターカーに装備されていたものを使用した。シリンジポンプのうち1台は点滴台に、2台は座席上に配置した（図3）。また、PCPSは患者生命維持に不可欠なため、機器の不



図 2-a



図 2-b

図 2 ドクターカー車内 IABP 配置

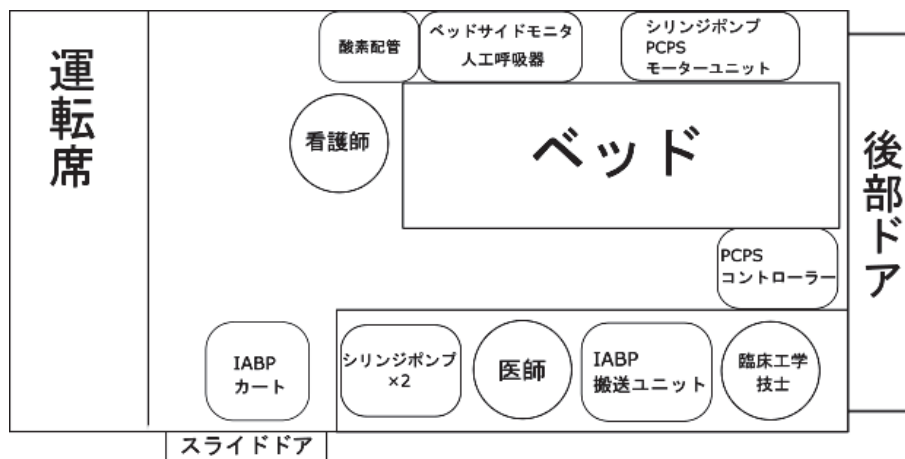


図 3 ドクターカー車内配置図

具合に対応できるよう手回しハンドルを用意した。

搬送時の人員は運転手、運転助手、医師、看護師、臨床工学技士各1名の合計5名とした。

所要時間は、転医決定からドクターカー出発までが2時間15分、その後転医先病院到着までが2時間30分であった。搬送中に、IABPとインバータに接続していないシリンジポンプがバッテリー切れとなった。IABPは、バッテリー残量がなくなりかけた時点でUPSと接続し車内では駆動することが可能であったが、到着後患者を降車させる際にUPSを外さざるを得ず、その間アシスト出来なかった。シリンジポンプはバッテリーが切れてからは医師による手押し注入にて対応した。到着後、転医先のPCPS装置、IABP装置に回路を乗せ換え、その後VAD装着術が行われた。

考 察

PCPS装着患者の他院への搬送は当院では前例がなく、その時点で考えられる方法で対応したため、問題点も多かった。以下に具体的な問題点を挙げ改善方法を検討した。

【搬送手段】

搬送手段としてはドクターヘリ、防災ヘリもしくはドクターカー、モバイルICUのいずれかとなる。表2に各搬送手段の特徴をまとめる。

これらの特徴から、適切な搬送手段を選択することが重要となる。

今回はドクターカーを選択したが、車体が受ける路面からの振動や揺れによる医療機器への影響も考慮する必要がある³⁾。医療機器は振動によって不具合が起

きてしまう可能性も考えられたが、我々が実際に施行しえた対策はPCPSの手回しハンドルの携帯のみであった。IABPの心電図トリガーには振動の影響はなかった。また、随行した臨床工学技士はIABP、PCPSが揺れによって倒れないよう常に支えている必要があり、搬送中の各種記録などを行うことが困難であった。振動や揺れの対策のためには車内にPCPSやIABP専用の設置設備があるのが望ましいが、現状のドクターカー・モバイルICUをこれ以上改造することは困難であるため、解決策の検討が必要である。

ヘリで搬送する場合、搬送時間は大幅に短縮される。今回の搬送は陸路で2時間30分要したが、ヘリが使用できれば約30分で搬送することが可能となりバッテリーに関する問題は解決できる。ドクターヘリは機内スペースの関係でPCPSとIABPの両方を積載することはできないが、防災ヘリならば可能である。ヘリを使用する場合の問題としては、ヘリポートが必要であることのほか、大気圧の変化によるIABPの動作への影響があげられる。今回使用したMAQET社CARDIOSAVEは取扱説明書によると高度3,658m(644hPa)までの動作保証がされているが、高度は機種ごとに違うため注意が必要である。

また、臨床工学技士はヘリに関する知識は十分とは言えないため、ヘリ搬送のシミュレーションを充分積んでおく必要がある⁴⁾。

【電源確保】

搬送中、IABPのアシストが短時間ではあるが止まってしまった。原因はバッテリー残量がほぼ底をついた時点でUPSに接続し、UPSを外した際に起きたため、UPSの電力を優先的に使用しバッテリー残量を必要最小限温存することで回避できたと考えられる。シリンジポンプにおいても、予備機を用意してお

表2 各搬送手段の特徴

ドクターヘリ及び防災ヘリ	ドクターカー及びモバイルICU
・搬送時間が短い ・ヘリポートが必要 ・積載重量、機内スペースに制限あり ・天候、時刻により使用不可となる場合あり ・IABPに制限の生じる可能性あり (大気圧の変化に対応できる機種)	・搬送時間が長い (医療機器の電源確保が必要) ・車内スペースに制限あり ・原則天候に左右されない ・路面からの振動あり

くことでバッテリー切れに対応できる。

各機器の必要電力、バッテリーでの駆動時間、UPS等の予備電源供給装置能力を把握し、搬送時間に対して十分な電源を確保しておくことが重要である^{5),6)}。今後同様の搬送に備えるために、PCPSとIABPの両方に電源供給を行える大容量の電力供給が可能なインバータを導入するか、IABPの予備バッテリーの購入を検討する必要がある。

【PCPS管理】

血液ガス分析や活性化全血凝固時間（Activated Clotting Time：以下ACT）の測定などの通常行っているPCPS管理は、携帯型の測定装置がなかったため搬送中に行うことが出来なかった。そのため循環・酸素化状態の把握はベッドサイドモニタによる血圧とSpO₂、目視判断のみで、抗凝固療法は搬送前からの持続ヘパリン投与量を継続するのみになった。より安全な患者搬送を行なうためには血液ガスやACT測定のための携帯型測定装置の導入が必要である。

【随行人員】

搬送には臨床経験豊富で各医療機器に精通し、トラブルにも対応できる臨床工学技士が随行した。今回と同様の重症症例の場合、搬送途中で急変する可能性が存在する。しかし、院内全ての臨床工学技士が同様の能力を有しているとは言い難い。緊急時に対応できる臨床工学技士の増やすため、トラブルに対処するシミュレーションやトレーニングの実施が必要である。

【多職種連携】

患者にはPCPSやIABPなど多くのチューブ類が接続されていた。そのためベッドの移動やドクターカー乗降時などにそれらが脱落しないよう慎重に行う必要がある。多職種間の連携が重要となる。出発時のドクターカーへの乗り込みの際に、患者を移動させる運転手と補助循環装置を移動させる臨床工学技士の間の息が上手く合わず、チューブ類の脱落の危険を感じた場面があった。こういった危険性を減らすため、ドクターカー運転手等の普段補助循環装置に関わる機会のない職種を含めたシミュレーションや補助循環装置についての知識共有を進めていく必要がある⁷⁾。

【病院間連携】

PCPSやIABPなどの補助循環装置には多くのメーカー・機種が存在するため、使用回路やカニューレサイズ、装着部位等も含め受け入れ病院の臨床工学技士に前もって伝える必要がある⁸⁾。しかし今回の搬送では、到着前に転医先病院の臨床工学技士と直接連絡を取ることが出来なかった。転医先病院が受け入れ経験が豊富であったため大きな問題もなく引き渡すことが可能であったが、今後は到着までに連絡をとり、必要な情報を提供できるようなネットワークを築く必要がある。また、補助循環の状態を要約する補助循環情報提供書が作成できれば、臨床工学技士同士の情報提供に役立てたり医師の診療情報提供書に添付したりすることが可能となる。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反なし。

結 語

今回の経験から、心機能の改善が不良なPCPS管理中の患者に対し、より早期にVADの装着を考慮する機会が増えると考えられる。本経験を生かしてマニュアルやチェックリストの作成、トレーニングの実施等を行い、より安全な搬送方法の確立を目指していきたい。

文 献

- 1) 濱靖仁, 辻野輝美, 長田耕治, 他：当院での急性心筋梗塞に対する経皮的心肺補助の現状と今後の課題。徳島赤十字病医誌 2013; 18: 107-11
- 2) 西村隆：植込型補助人工心臓時代における体外式補助人工心臓の役割。人工臓器 2012; 41: 86-9
- 3) 宮本将人, 長田浩彰, 高松誉明, 他：ドクターズカー車載の医療機器管理の現状。徳島赤十字病医誌 2009; 14: 134-9
- 4) 林真紀, 大津裕子, 大友礼子, 他：IABP装着患者の搬送から得た教訓。日本航空医療会誌 2014; 15: 35-9
- 5) 伊藤一貴, 長尾強志, 坪井宏樹, 他：救急車によ

- る重症患者搬送時における電源容量の問題点. 心臓 2009; 41: 1094-101
- 6) 吉田磨, 木村隆彦: LVAD 装着患者を他院に搬送した1例. 日臨救急医学会誌 2002; 5: 193
- 7) 中村夏樹, 田中秀憲, 古賀久士, 他: IABP, PCPS を装着した心臓移植適応拡張型心筋症患者の高次医療機関への搬送経験. 日臨救急医学会誌 2002; 5: 193
- 8) 三木直美, 大田哲也, 森啓一郎, 他: PCPS 導入し院外搬送をした2症例. 体外循環技 2013; 40: 85-6
- 7) 中村夏樹, 田中秀憲, 古賀久士, 他: IABP, PCPS を装着した心臓移植適応拡張型心筋症患者の高次

An experience of transportation of a patient with percutaneous cardiopulmonary support

Shinsaku MAEDA, Takaaki TAKAMATSU, Satoshi NISHIUCHI, Hiroyuki KOJIMA, Atsunori KITAOKA, Kayoko IMAMURA, Koji NAGATA, Keita KUBOMAE, Sho HIGASHIYAMA, Hiroaki NAGATA

Division of Clinical Engineering Technology, Tokushima Red Cross Hospital

In our hospital, several patients use percutaneous cardiopulmonary support (PCPS) annually. A male patient in his 30s complained of chest pain, and was hospitalized at our hospital. The next day, cardiac function of this patient suddenly decreased. Therefore, we used PCPS and intra-aortic balloon pumping (IABP). He was eventually diagnosed with fulminant myocarditis and no improvement in cardiac function was observed. We decided to transport him to another hospital 3 days after the initiation of PCPS and IABP in order to use a ventricular assist device. In these situations, it is desirable to use a helicopter, which can transport patients in a short time; however, we decided to use a vehicle, because there was no heliport at the other hospital. As it takes a long time to transport using a vehicle, we needed to secure the power supplies of various medical equipment during transportation. We were finally able to transport him safely to the hospital in 2 hours and 30 minutes, using a ventilator that did not require a power supply, a vehicle-mounted inverter system for power of the PCPS, and a battery-powered IABP. However, we had some problems. We did not have a sufficient safety margin for battery run time of the IABP. Additionally, there were some problems with securing personnel and collaboration. Further, we could not conduct the necessary inspections to manage PCPS during transportation. This study revealed that various countermeasures are necessary for safe patient transportation.

Key words: safe patient transportation, power supply for medical equipment, assisted circulation device

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 23: 74-79, 2018
