

# 特集 ■ 心原性ショック診療：エビデンスに基づく最適化への挑戦

## T-MCSデバイスの選択とその未来：ECLSとDanGer試験の教訓

稲森 大治 INAMORI, Taiji, 鶴木 崇 UNOKI, Takashi  
済生会熊本病院 循環器内科

はじめに 心原性ショック cardiogenic shock (CS) はさまざまな疾患を背景に発症するが、なかでも急性冠症候群 acute coronary syndrome (ACS) を原因とする ACS-CS が全体の 80% を占める<sup>1)</sup>。血行再建技術やデバイスの進歩にもかかわらず、ACS-CS の 30 日生存率は 50% 台にとどまり、過去 20 年間で大きな改善はみられていない<sup>2)</sup>。ACS-CS では、冠血流や末梢臓灌流の低下により炎症性サイトカインが誘発され、血圧低下やうっ血による低酸素血症がさらなる酸素需給障害をまねく<sup>3)</sup>。そのため、再灌流療法や薬物療法に加え、適切なタイミングでの機械的補助循環 mechanical circulatory support (MCS) の導入による全身灌流の改善および左室徐負荷 (LV unloading) が重要である。

本稿では、各 MCS デバイスに関する大規模臨床試験データを概説し、実臨床への応用をふまえたうえで、済生会熊本病院 (以下、当院) の ACS-CS 症例を提示し、適切な MCS 介入の重要性を論じる。また、依然としてエビデンスが十分ではない SCAI (Society for Cardiovascular Angiography and Intervention) ショック分類 E (心停止またはそれに近い状態) に対する MCS の有用性についても考察する。

キーワード  
機械的補助循環 (MCS)  
IABP  
IMPELLA  
VA ECMO  
ECPELLA

### 各経皮的補助循環の特徴

現在、本邦で経皮的使用が可能な MCS デバイスには、大動脈内バルーンポンピング intra aortic balloon pumping (IABP)、体外式膜型人工肺 [veno arterial (VA) ECMO]、および 2017 年より一部施設で使用可能となった補助循環用ポンプカテーテル (IMPELLA<sup>®</sup>) がある (図 1)。本稿では、それぞれの特性、作動機序、血行動態への影響、さらには心臓仕事量に及ぼす影響について概説する。

### IABP

IABP は心周期に同期したバルーンの収縮・拡張により、収縮期圧の低下 systolic unloading および拡張期圧の上昇 diastolic augmentation をもたらし、1 回拍出量の増加や冠灌流圧の上昇に寄与する。しかし、ACS-CS を対象と

した無作為化比較試験 (RCT) (後述) ではその有効性は示されず<sup>4)</sup>、現在では本邦を含む各国のガイドラインにおいて、IABP のルーチン使用はおおむね class III に位置づけられている。ただし、ACS 以外を原因とする CS が 40% を占める患者群を対象とした後向き検討<sup>5)</sup>では、IABP は SCAI ショック分類 E に至らない症例において院内死亡率の低下と関連していた。さらに、IABP はカニューレサイズが小さく、抗凝固療法に関しても厳格な規定もないことから、出血や血管合併症の発生が懸念される症例や大動脈機械弁患者など、IMPELLA の使用が適さない症例に対する選択肢となり得る。

### IMPELLA

IMPELLA は軸流ポンプを用いた順行性の左室補助デバイスであり、左室内からの脱血および大動脈内への送血により、LV unloading







図2 ECPELLA 患者の MCS 流量変化による大動脈圧および LVP の変化

LVP は、(COMET™ II (Boston Scientific 社))を左室内に留置して測定。ECMO 流量 5.0L/min と IMPELLA P1 の組み合わせでは partial support であり、拡張期 LVP は 40mmHg 程度と高値である。その後、ECMO 流量はそのまま IMPELLA を P2 に上昇させると、収縮期 LVP は 30mmHg、拡張期 LVP は 12mmHg まで低下し、さらに IMPELLA を P4 に上昇させると、最終的に LVP は 0mmHg 近くまで低下 (total unloading)。(文献 11 より一部改訂)

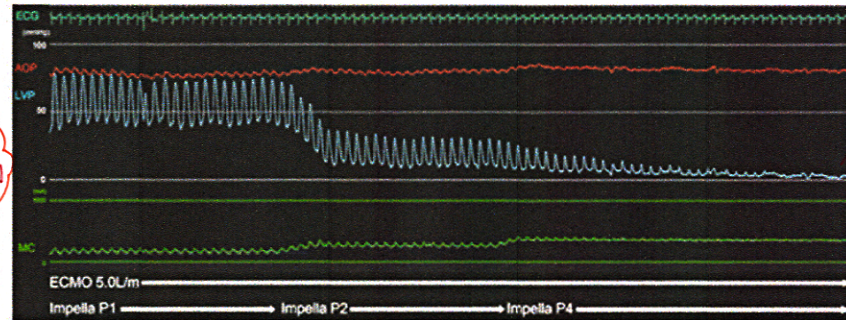
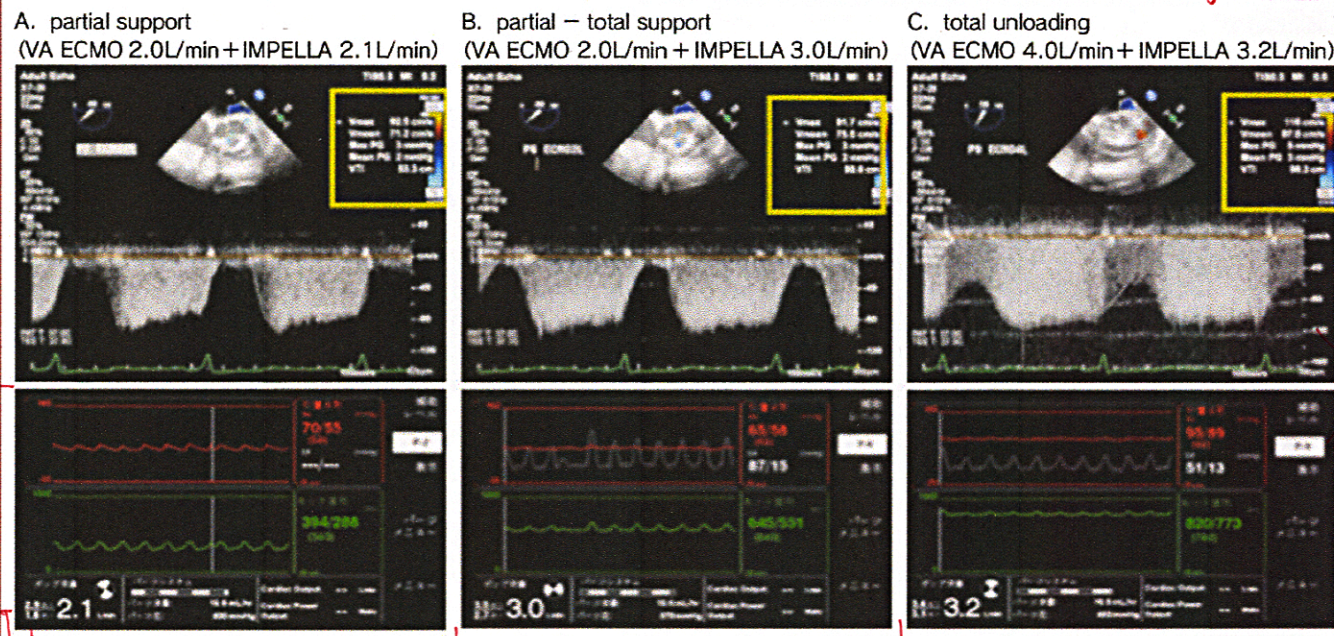


図3 経食道エコーによる ECPELLA 患者の MCS 流量変化に伴う左前下行枝血流速度の変化

A, B: LAD 血流は拡張期にのみ出現しており、partial support 下では IMPELLA 流量を上昇させても大きな変化は認められない。  
C: 推定 LVP が AOP を大きく下回る total support の状態では  $V_{max}$  が増加し、収縮期にも冠灌流が出現。  
LAD 血流は全心周期を通じて連続性を示し、VTI は大幅に増加した。  
(文献 14 より一部改訂)



意な変化は認められなかった (図 3-A, B)。しかし、VA ECMO の補助流量を増加させ total support の状態とした場合には、LAD 血流が全心周期にわたって持続し、 $V_{max}$  および VTI は著明に増加した (図 3-C)。これらの結果は、ECPELLA による total support が、心筋酸素消費量の低下に加えて酸素供給の増加にも寄与する可能性を示唆している。

### ACS-CSにおける MCS の RCT の知見

表 1 に、これまでに実施された各 MCS に関する RCT の概要を示す。対象疾患はいずれも ACS-CS であり、その他の疾患を背景とする CS 全体には必ずしも外挿できない点に留意が必要である。

13a B太 B101  
色ベタ (以下同)

T-MCS デバイスの選択とその未来: ECLS と DanGer 試験の教訓

表 1 急性冠症候群に伴う心原性ショックに対する各種機械的循環補助の RCT

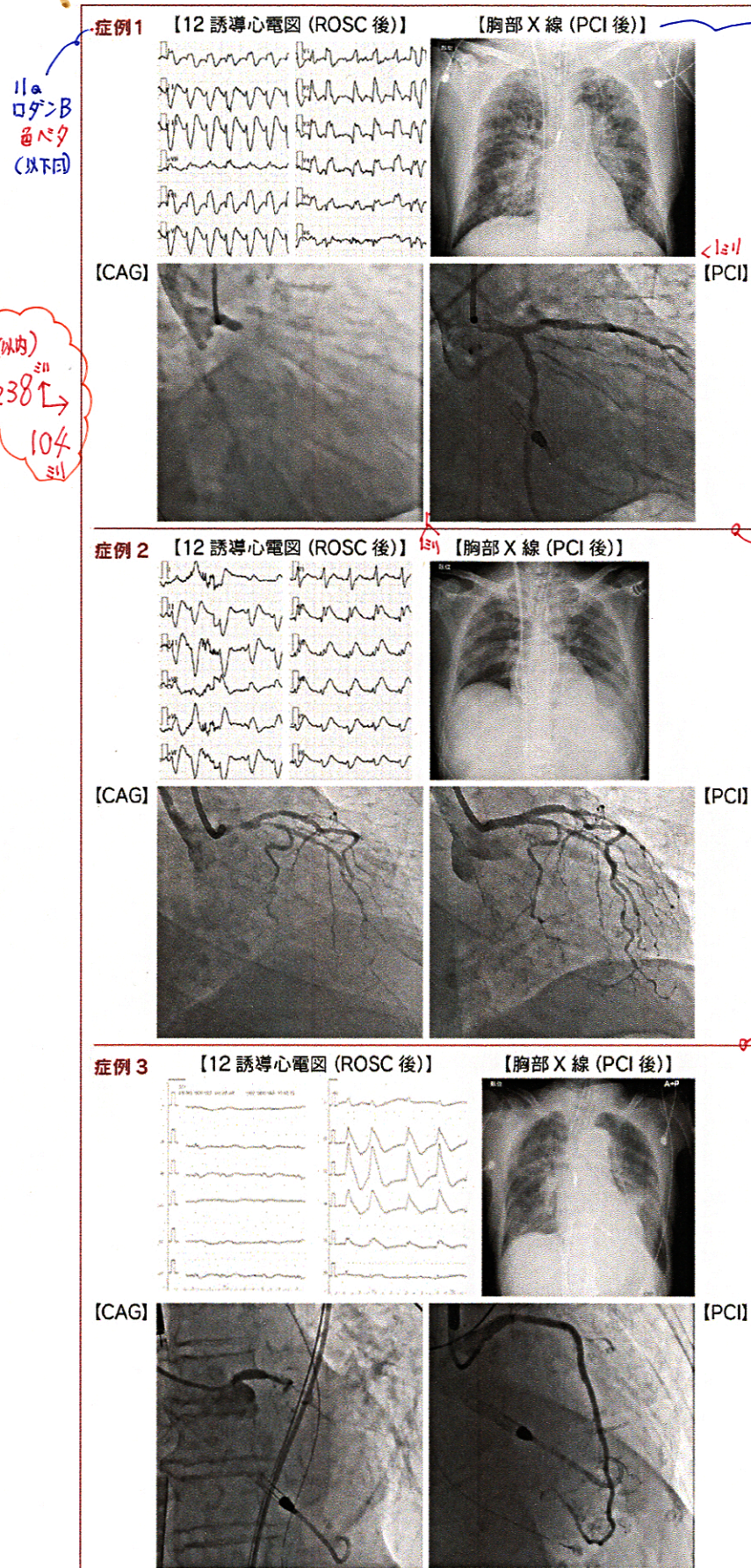
	IABP-SHOCK II (2009 ~ 2012) <sup>14)</sup>	ECLS-SHOCK (2019 ~ 2022) <sup>15)</sup>	DanGer Shock (2013 ~ 2023) <sup>16)</sup>
対象	AMI-CS (600 例)	AMI-CS (420 例)	STEMI-CS (360 例)
組入基準	SBP < 90mmHg が 30 分以上持続または SBP ≥ 90mmHg にカテコールアミンを要する 臨床的肺うつ血 組織低灌流 (以下の 1 つ以上) [意識障害・冷汗または皮膚湿潤・乏尿 (≤ 30mL/hr)・乳酸 ≥ 2.0mmol/L]	SBP < 90mmHg が 30 分以上持続または SBP > 90mmHg にカテコールアミンを要する 乳酸値 ≥ 3mmol/L 組織低灌流 (以下の 1 つ以上) [意識障害・冷汗または皮膚湿潤・乏尿 (≤ 30mL/hr)]	SBP < 100mmHg または血管収縮薬を要する 乳酸値 ≥ 2.5mmol/L LVEF < 45%
除外基準	30 分以上の心肺蘇生 ROSC が得られない 瞳孔散大を伴う昏睡 機械的合併症 ショック発症から 12 時間以上経過 重篤な下肢動脈疾患 AR (3 ~ 4) 90 歳以上 など	45 分以上の心肺蘇生 機械的合併症 ショック発症から 12 時間以上経過 重篤な下肢動脈疾患 80 歳以上 など	* 心肺蘇生の施行そのものは除外基準にならない 院外心停止後の持続的な昏睡 (GCS < 8) 機械的合併症 ショック発症から 24 時間以上経過 重篤な下肢動脈疾患 重症 AR・AS など 重症右心不全 年齢に関しては明記なし、大動脈弁位機械弁や左室内血栓など
介入	IABP	VA ECMO	IMPELLA CP
比較	通常治療群	通常治療群	通常治療群
主要評価項目	30 日死亡	30 日死亡	180 日死亡
結果	有意差なし 39.7% vs. 41.3%	有意差なし 47.8% vs. 49.0%	有意に低下 45.8% vs. 58.5%
副次評価項目	大出血 (3.3% vs. 4.4%) 下肢虚血 (4.3% vs. 3.4%) 敗血症 (15.7% vs. 20.5%) 脳卒中 (0.7% vs. 1.7%) は有意差なし	出血 (23.4% vs. 9.6%) 血管合併症 (11.0% vs. 3.8%) は有意に増加 脳卒中 (3.8% vs. 2.9%) は有意差なし	重篤な出血・下肢虚血・溶血・デバイス不全・AR 増悪の複合 (24.0% vs. 6.2%) は有意に増加
患者背景			
SCAI 分類	na	SCAI C : 49.8% vs. 53.4% SCAI D : 18.2% vs. 8.7% SCAI E : 32.1% vs. 38.0%	SCAI C : 55.9% vs. 55.1% SCAI D : 28.5% vs. 28.4% SCAI E : 15.6% vs. 16.5%
無作為化前の心肺蘇生	42.2% vs. 47.8%	77.5% vs. 77.9%	21.8% vs. 18.8%
MCS タイミング	PCI 前 : 13.4%	PCI 前 : 21.0% PCI 中 : 26.0%	PCI 前 : 84.8% (PCI 前に無作為化した症例において)
3 枝病変	52.0% vs. 52.6%	30.0% vs. 42.0%	31.3% vs. 36.9%
LAD 病変	45.1% vs. 41.3% PCI : 95.3% vs. 96.3% immediate PCI of non-culprit : 29.9% vs. 27.1%	46.8% vs. 48.5% PCI : 95.7% vs. 97.5% immediate PCI of non-culprit : 24.6% vs. 21.0%	46% vs. 60% PCI : 95.5% vs. 97.7% PCI of non-culprit : 46.5% vs. 42.6%
その他	RRT : 20.6% vs. 15.7%	順行性下肢送血 : 95.3% 送血管サイズ : 17 (15 ~ 18) Fr ECMO 中の LV unloading : 5.8% (IABP 2 例, IMPELLA 9 例) 対照群の VA ECMO : 12.5%, その他 MCS : 15.4%	RRT : 41.9% vs. 26.7% DTBT : 58min vs. 45min ECMO 追加 : 11.7% vs. 18.8%

AR : 大動脈弁閉鎖不全症, AS : 大動脈弁狭窄症, CPR : 胸骨圧迫, DTBT : door to balloon time, GCS : Glasgow Coma Scale, LVEF : 左室駆出率, ROSC : 自己心拍再開, RRT : 腎代替療法, SBP : 収縮期血圧

文献 14 ~ 16 より作成



図4 重症LMT-STEMI3症例の心電図、胸部X線、冠動脈造影および最終造影所見  
(文献18より一部改変)



### IABP-SHOCK II 試験

IABP-SHOCK II 試験は、AMI-CS 患者 600 例を対象に、IABP 併用群と通常治療群における 30 日全死亡率を比較した試験であるが、IABP の有効性は確認されなかった<sup>4)</sup>。ただし、対象患者の約 40% が院外または院内心停止後であり、瞳孔散大を伴う昏睡患者などは除外されているものの、低酸素脳症や多臓器不全といった CS 以外の要因が予後に影響を与えた可能性がある点には留意すべきである。

### ECLS-SHOCK 試験

ECLS-SHOCK 試験は、ACS-CS 患者 420 例を対象に、VA ECMO 併用群と通常治療群における 30 日全死亡率を比較した試験であるが、VA ECMO の有効性は確認されなかった<sup>15)</sup>。VA ECMO 群のうち 8.1% はプロトコルに反して VA ECMO が留置されておらず、また 53% の患者で PCI 後に VA ECMO が留置されていた。これらの背景から、VA ECMO が不要と判断された症例が一定数含まれていた可能性がある。さらに、通常治療群の 12.5% ではクロスオーバーにより VA ECMO が導入されており、それを除いた 87.5% は VA ECMO を使用せずに経過を見ることができた患者群とも解釈できる。加えて、VA ECMO 群における LV unloading デバイスの併用は 6% にとどまり、ドブタミンの使用率が高かった。可能な限り LV unloading デバイスを併用しカテコールアミンの使用を抑えるようなプロトコルであれば、異なる結果が得られた可能性も否定できない。

### DanGer-SHOCK 試験

DanGer-SHOCK 試験は、STEMI-CS 患者 360 例を対象に、IMPELLA CP 併用群と通常治療群における 180 日全死亡率を比較した試験である<sup>16)</sup>。その結果、IMPELLA CP 群では 180 日全死亡率が有意に低値であっ

た。さらに、生存曲線解析では 60 日以降も両群間の差が拡大しており、LV unloading による梗塞サイズの抑制が急性期以後の予後改善に寄与した可能性が示唆された。本試験では、低酸素脳症が疑われる症例や右心不全を合併する症例が除外されており、こうした適格基準に基づく患者選択が IMPELLA の効果を最大限に引き出した要因の 1 つと考えられる。ただし、症例の登録に時間を要したため、比較的中長期にわたる試験となっている。また、実臨床において本試験の適格基準を満たす患者は、全 CS 症例の 5%、STEMI-CS 症例の 32% にとどまるとの報告もある<sup>17)</sup>。

### 症例から学ぶ MCS 導入のタイミングと 総補助流量

ここでは、当院で経験した重症 STEMI-CS の 3 症例をもとに、MCS 導入時のポイントについて解説する (図 4)<sup>18)</sup>。

#### 症例 1 12a ロダンB (以下同)

60 歳代の男性。胸痛と呼吸困難を訴え当院に搬送された。来院時、高血圧と頻脈を伴い、低酸素血症、起座呼吸、不穏状態を呈していたため緊急気管挿管を施行した。直後に無脈性電気活動 (PEA) となり、1 サイクルの心肺蘇生 (CPR) で自己心拍再開を得た。心電図にて STEMI と診断され、冠動脈造影 (CAG) で左主幹部 (LMT) の完全閉塞を認めた。この時点で CS を併発しており、IMPELLA CP を留置したうえで、LMT-LAD に対する PCI を施行した。IMPELLA 留置後もショックは遷延し、大量のカテコールアミンが投与された。PCI 後には著明な肺うっ血および高度の乳酸アシドーシスを認めたため、VA ECMO が追加挿入された。peak CPK (クレアチンフォスホキナーゼ) は 20200 IU/L と高度な心筋障害を呈し、ECPELLA からの離脱は困難であった。このため、day 9 に IMPELLA CP から IMPELLA 5.0 ヘエスカレーションし、day 11 に VA ECMO を離脱したが IMPELLA 5.0 の離脱が困難であった。day 31 に非閉塞性腸管虚血を発症し、永眠となった。

#### 症例 2

50 歳代の男性。胸痛と呼吸困難を主訴に当院に救急搬送された直後、心室細動 (VF) を発症し、VA ECMO による体外循環式心肺蘇生 (E-CPR) が実施された。CAG では LMT に 99% 狭窄を認め、VA ECMO 補助下に PCI を施行した。PCI 後に IABP が追加留置されたが、血行動態維持には高容量のカテコールアミンを要し、心エコーにて大動脈弁の開放が認められなかったため IABP から IMPELLA 2.5 にエスカレーションし ECPELLA とした。peak CPK は 15978 IU/L と高度な心筋障害を呈し、ECPELLA からの離脱は困難であった。day 8 に IMPELLA 2.5 から IMPELLA 5.0 ヘエスカレーションされたものの心機能は回復せず、day 10 に移植施設に転院し、体外式左室補助装置の植え込みを受けた。

#### 症例 3

80 歳代後半の女性。胸痛を主訴に近医を受診し、STEMI と診断された。当院搬送途中に VF を発症し、CPR を受けながら搬送された。救急外来での波形は PEA であり、高齢ではあったが E-CPR の方針とした。血管造影室に入室後、まず VA ECMO を挿入し、続いて IMPELLA CP を追加して ECPELLA としたうえで CAG を施行した。LMT に 99% 狭窄を認め、同部位に対して PCI を施行した。E-CPR 施行直後から ECPELLA による十分な流量確保および total unloading が達成され、peak CPK は 1690 IU/L と心筋障害は軽微であり、高齢かつ院外心停止の症例であったものの最終的に独歩退院となった。

表 2 に 3 症例の時間経過、MCS 導入のタイミング・総補助流量、心筋障害の程度および転帰を示す。いずれも心停止を伴う LMT 病変による重症 STEMI-CS 症例であり、最終的にはいずれも ECPELLA 管理に至ったが、その経過と転帰は症例ごとに異なっていた。

症例 1 では IMPELLA CP サポート下に迅速な再灌流が得られたものの、体表面積が 2.01m<sup>2</sup> と大きく、IMPELLA 単独では体表面積当たりの補助流量 (MCS flow index)



表2 重症 LMT-STEMI 3 症例の時間経過、MCS 導入のタイミング・総補助流量、心筋障害の程度および転帰

	症例 1	症例 2	症例 3
心停止から自己心拍再開 (min)	3	20	31
来院から再灌流 (min)	48	45	54
発症から再灌流 (min)	88	80	171
来院から VA ECMO 開始 (min)	> 240	38	28
来院から IMPELLA 開始 (min)	40	>900	46
PCI 中の MCS support	IMPELLA CP	VA ECMO	ECPELLA
PCI 中の total MCS flow index (L/min/m <sup>2</sup> )	1.76	1.63	3.04
PCI 後の MCS support	ECPELLA	ECPELLA	ECPELLA
PCI 後の total MCS flow index (L/min/m <sup>2</sup> )	3.3	2.3	3.3
peak CPK (IU/L)	20200	15978	1690
ICU 入室時 LVEF (%)	10	15	20
ICU 退室時 LVEF (%)	24	25	39
転帰	死亡	LVAD 転院	退院

LVEF：左室駆出率  
文献 18 より一部改変

が 1.76L/min/m<sup>2</sup> と不十分であった。このため大量のカテコールアミン投与を要し、臓器不全の進行も認め、梗塞領域も広範となった。

症例 2 では E-CPR 後、VA ECMO 補助下に PCI が施行されたが、PCI 中の MCS flow index は 1.63L/min/m<sup>2</sup> と不十分で、大量のカテコールアミン投与下でも大動脈弁の開放が認められなかったため、IMPELLA CP が追加留置された。本症例では PCI 前後での VA ECMO による左室後負荷および心筋酸素消費の増大、補助流量不足により梗塞領域が拡大した可能性がある。

一方で症例 3 は、高齢かつ約 30 分の院外心停止を伴う重症例であったが、再灌流前から ECPELLA による total unloading を実施し、total MCS flow index (ECMO と IMPELLA 流量の総和) も 3.04L/min/m<sup>2</sup> と十分に確保されていた。これにより、梗塞範囲の抑制および良好な転帰に寄与した可能性が示唆される。

図 5 に各症例における再灌流前のモニター波形と、それに基づき推定される LVP と pressure-volume (PV) loop を示す。赤色で示した PV 面積 (PVA) は心筋酸素消費量と

関連する指標である。症例 3 では ECPELLA により total unloading が達成され、PVA の著明な減少、すなわち心筋仕事量の大幅な低下が認められた。

### 重症 ACS-CS に対する ECPELLA の可能性

当院において VA ECMO の導入を要した重症 ACS-CS (SCAI ショック分類 E) の患者を対象に、ECPELLA 群 (44 例) と VA ECMO + IABP 群 (46 例) の 2 群間比較を行った<sup>19)</sup>。その結果、ECPELLA 群は VA ECMO + IABP 群と比較して、有意に高い短期および中期生存率を示した (図 6-A, B)。また、ECPELLA 群では急性期における total MCS flow index が有意に高く (図 6-C)、カテコールアミンの投与量が有意に少ない一方で、血管拡張薬および心保護薬の投与割合は有意に高かった (図 6-D, E, F)。さらに、ECPELLA 群の約半数以上が再灌流前に IMPELLA による LV unloading を受けており、心筋障害の指標である peak CK-MB は、同群において有意に低値であった (図 6-G)。本研究は後向きコホート研究であり、選択バイアスや経時的な

図 5 各症例における再灌流前のモニター波形、およびそれに基づき推定された LVP と pressure-volume loop

- A: IMPELLA support, 脈圧あり, partial support  
B: VA ECMO support, 脈圧は消失し大動脈弁閉鎖  
C: ECPELLA support + 心室細動, 脈圧は消失し total support  
D: PV 面積 (PVA) の減少は軽度, 左室拡張末期圧はやや低下  
E: 大動脈弁閉鎖により自己拍出なし, PVA は増加し, 左室拡張末期圧は著明に増加  
D: PVA は著明に減少  
(文献 18 より一部改変)

図中 ネーム

・基本 11a ロダン M  
・太くするネーム  
11a ロダン DB  
(以下印)

図版は 0.12 秒毎  
色バタを囲む  
(以下印)

(以内) 155 ↑  
179 (以内)

PCI 技術の進歩の影響を完全に排除することは困難である。しかしながら、重症 ACS-CS においては、ECPELLA による再灌流前からの LV unloading に加え、十分な補助流量を早期に確保し、カテコールアミンの使用を最小限に抑えつつ、心筋保護薬を早期から導入するといった治療戦略の違いが、予後改善に寄与している可能性が示唆された。

### おわりに

CS への対応には、各専門領域が連携したハートチームの構築が不可欠である。そのため、MCS の適応判断や補助流量の調節を含む循環管理、ならびに気道・呼吸管理などの全身管理は集中治療医が主導し、一方でインター



54> 色80%  
 図6 VA ECMOを要したACS-CSのECPELLAとVA ECMO+IABPの比較

- A: 30日全死亡に対する生存曲線  
 B: 1年全死亡に対する生存曲線  
 C: 急性期の体表面積当たりの総補助流量 (total MCS flow index) の比較  
 D: 急性期の血管作動薬・強心薬スコア (Vasoactive-Inotropic Score: VIS)  
 E: 急性期の血管拡張薬投与率  
 F: 急性期の心保護薬 (レニン・アンジオテンシン系阻害薬 (RAS-I),  $\beta$  遮断薬, ミネラルコルチコイド受容体拮抗薬 (MRA) 処方割合)  
 G: peak CK-MB 値  
 (文献 19 より一部改変)

色80%

(以内) 208<sup>31</sup>  
 150<sup>31</sup>  
 (前後)

40%以内  
 ペンション医はMCSの迅速な導入とPCI手技に専念する体制が理想的である。当院では、重症CSに対して初期段階から集中治療医が積極的に介入し、MCSの適応判断、管理から経皮的抜去に至るまで一貫して対応している。RCTの実施が困難でエビデンスの限られる重症CS患者においては、個々の病態や経時的な状態変化を的確に把握し、機を逸することなく最適なMCS戦略を講じることが、予後改善に直結する重要なアプローチであると考えられる。

#### 文献 色ベタ

1. Kapur NK, Thayer KL, Zweck E. Cardiogenic shock in the setting of acute myocardial infarction. Methodist DeBakey Cardiovasc J 2020; 16: 16-21. PMID: 32280413  
 2. Samsky MD, Morrow DA, Proudfoot AG, et al. Cardiogenic shock after acute myocardial infarction: a review. JAMA 2021; 326: 1840-50. PMID: 34751704  
 3. Hochman JS. Cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: expanding the paradigm. Circulation 2003; 107: 2998-3002. PMID: 12821585  
 4. Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. N Engl J Med 2012; 367: 1287-96. PMID: 22920912  
 5. Jentzer JC, van Diepen S, Henry TD, et al. Influence of intra-aortic balloon pump on mortality as a function of cardiogenic shock severity. Catheter Cardiovasc Interv 2022; 99: 293-304. PMID: 34047486  
 6. Ong SB, Samangouei P, Kalkhoran SB, et al. The mitochondrial permeability transition pore and its role in myocardial ischemia reperfusion injury. J Mol Cell Cardiol 2015; 78: 23-34. PMID: 25446182  
 7. Iannaccone M, Franchin L, Hanson ID, et al. Timing of impella placement in PCI for acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: an updated meta-analysis. Int J Cardiol 2022; 362: 47-54. PMID: 35533755  
 8. Saku K, Kakino T, Arimura T, et al. Left ventricular mechanical unloading by total support of impella in myocardial infarction reduces infarct size, preserves left ventricular function, and prevents subsequent heart failure in dogs. Circ Heart Fail 2018; 11: e004397. PMID: 29739745  
 9. Rao P, Khalpey Z, Smith R, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock and cardiac arrest. Circ Heart Fail 2018; 11: e004905. PMID: 30354364  
 10. Bělohávek J, Mlček M, Huplych M, et al. Coronary versus carotid blood flow and coronary perfusion pressure in a pig model of prolonged cardiac arrest treated by different modes of venoarterial ECMO and intraaortic balloon counterpulsation. Crit Care 2012; 16: R50. PMID: 22424292  
 11. Unoki T, Saku K, Kametani M, et al. Impella motor current amplitude reflects the degree of left ventricular unloading under ECPELLA support. Int Heart J 2022; 63: 1187-93. PMID: 36450558  
 12. Yoshitani H, Akasaka T, Kaji S, et al. Effects of intra-aortic balloon counterpulsation on coronary pressure in patients with stenotic coronary arteries. Am Heart J 2007; 154: 725-31. PMID: 17893000  
 13. Alqarqaz M, Basir M, Alaswad K, et al. Effects of impella on coronary perfusion in patients with critical coronary artery stenosis. Circ Cardiovasc Interv 2018; 11: e005870. PMID: 29643128  
 14. Kametani M, Yamada M, Horibata Y, et al. Increased and continuous coronary arterial flow was induced by LV uncoupling condition using combined treatment of a microaxial heart pump and venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. Physiol Rep 2021; 9: e15084. PMID: 34676674  
 15. Thiele H, Zeymer U, Akin I, et al. Extracorporeal life support in infarct-related cardiogenic shock. N Engl J Med 2023; 389: 1286-97. PMID: 37634145  
 16. Møller JE, Engstrøm T, Jensen LO, et al. Microaxial flow pump or standard care in infarct-related cardiogenic shock. N Engl J Med 2024; 390: 1382-93. PMID: 38587239  
 17. O'Brien CG, Brusca SB, Barnett CF, et al. Using selection criteria from the DanGer Shock Trial in a contemporary cohort with cardiogenic shock. J Am Coll Cardiol 2024; 84: 2490-3. PMID: 39387763  
 18. Unoki T, Saku K, Kametani M, et al. Three cases of LMT-STEMI with cardiogenic shock under ECPELLA support with different levels of left ventricular unloading. J Coron Artery Dis 2023; 29: 43-8.  
 19. Unoki T, Nakayama T, Saku K, et al. Impact of ECPELLA support on 1-year outcomes and myocardial damage in patients with acute myocardial infarction and refractory cardiogenic shock: a single-center retrospective observational study. J Cardiol 2024 Dec 16. [Epub ahead of print] PMID: 39689743