

# 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

## LVAD導入の現実と課題：橋渡し治療から destination therapyまで



15a 新ゴM 羽田 佑 HADA, Tasuku 聖路加国際病院 救急科・救命救急センター

はじめに 重症心不全治療において、機械的補助循環デバイス mechanical circulatory support (MCS) のアップグレードの重要性が注目されている。MCS には、大動脈バルーンポンピング intra-aortic balloon pumping (IABP)、体外式膜型人工肺 extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)、補助人工心臓 left ventricular assist device (LVAD) があるが、特に IMPELLA® の登場により左室アンローディングの重要性が認識されるようになり、心機能障害の程度や循環動態に応じて適切な MCS を選択し、サポートが不十分であれば、時期を逸さずにさらなる MCS のアップグレードを考慮することが求められるようになった。これは、本邦のガイドラインでも強調されている<sup>1,2)</sup>。さらに、植込型 LVAD の改良によってその適応が広がり、心臓移植までの橋渡し [bridge to transplantation (BTT)] としてだけでなく、2021 年からは心臓移植の適応のない患者にも使用 [destination therapy (DT)] できるようになった。このことにより、心原性ショックでは、より出口戦略を見据えた MCS のアップグレード治療を選択することが求められている。

本稿では、まず本邦で使用できる LVAD の種類について概説する。その後、心原性ショックに対して MCS のアップグレードを行い、BTT や DT での植込型 LVAD 治療へと移行した症例を元に、そのタイミングやポイントについて概説する。

### LVAD とは？

LVAD とは、左室から血液を脱血し、ポンプで流量を生み出したのち、上行大動脈に送血を行うことで、左室のアンローディングとともに心拍出補助を行うデバイスである。その様式は大きく分けて3つあり、①経皮的 LVAD (IMPELLA)、②体外設置型 LVAD、③植込型 LVAD に分けられる (表1)。経皮的 LVAD である IMPELLA は、末梢からの挿入アプローチを行えるという点が他のデバイスと大きく異なる。

まず、3つの LVAD の特徴について概説する。

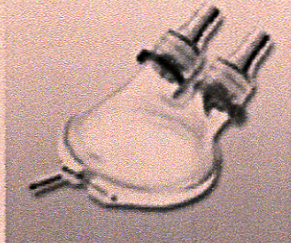
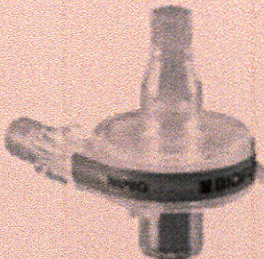
### 経皮的 LVAD (IMPELLA)

IMPELLA とは、小型軸流ポンプを内蔵したカテーテルと制御装置からなる経皮的 LVAD である。現状、本邦で使用可能なのは、IMPELLA CP と IMPELLA 5.5 である。CP は大腿動脈穿刺による挿入が可能なのに対して、5.5 は人工血管を介した外科処置が必要となる。近年、30 日使用も可能となったため、心臓移植への bridge to decision (BTD) や bridge to recovery (BTR) 目的での使用が本邦でも増えてきた。特に、心筋炎など急性期を乗り切れば回復の見込みがある疾患では、よい適応となり得る<sup>3)</sup>。

キーワード  
機械的補助循環デバイス (MCS)  
左室補助人工心臓 (LVAD)  
bridge to transplantation (BTT)  
destination therapy (DT)  
植込型 LVAD



表1 LVADの種類

	経皮的 LVAD	体外設置型 LVAD		植込型 LVAD
LVAD の種類	 IMPELLA	 NIPRO-Toyobo	 BIOFLOAT-NCVC	 HeartMate3™
特徴		拍動流ポンプ： 血液室と空気室からなる血液ポンプを採用。駆動装置より送気される空気によって拍動流を制御	定常流ポンプ： 小型の動圧浮上非接触型遠心ポンプを採用	軸流ポンプ： HeartMate3, Jarvik2000 遠心ポンプ： HeartMate3, HVAD™, EVAHEART®, DuraHeart®
最大流量	IMPELLA CP : 3.7L/min IMPELLA 5.5 : 5.5L/min	7L/min	10L/min	10L/min
使用期限	30 日	30 日	30 日	期限なし

IMPELLAは、心原性ショックを合併したST上昇型心筋梗塞患者の死亡率を減少させることが最近報告されている<sup>4)</sup>。また、強力な左室アンローディングと心筋酸素消費量減少による心筋保護作用を有し、末梢から挿入されたveno arterial (VA) ECMOで問題となる左室への後負荷増強を補うことができる<sup>5)</sup>。両者を併用したECPELLAについても、ECMO単独管理に比べて合併症が多くなる一方で、転帰を改善させ得ることが報告されつつある<sup>6~8)</sup>。

一方でIMPELLAにもいくつかの問題点がある。流量補助は体外設置型LVADに比べれば劣る点、大動脈弁狭窄があると挿入できない点、長期使用により大動脈弁逆流を生じる点、血栓のリスクといった点が挙げられる。

### 体外設置型 LVAD

体外設置型LVADとは、開胸により心尖部に脱血カニューレを挿入し、体外でポンプを回し、上行大動脈に送血カニューレを介して送血するものをいう。体外設置型LVADのポンプには、拍動流VADと定常流VADとがあり、成人には主に、拍動流VADとして

ニプロVAD(東洋紡補助人工心臓)(ニプロ社)が、定常流VADとしてBIOFLOAT-NCVC(ニプロ社)が本邦では使用可能であった<sup>9~11)</sup>。しかしニプロVADについては、2024年に本邦での新規の製造販売終了が決定した。そのため、ここでは今後主流となるBIOFLOAT-NCVCについて述べることにする。

BIOFLOAT-NCVCは、2021年9月から本邦で使用可能となった定常流VADである。非常に軽量な小型の動圧浮上非接触型遠心ポンプを採用しており、最大流量補助は10L/minまで可能で、さらに体外設置型VADでこれまで問題となってきた血栓リスクも大幅に減少している<sup>12)</sup>。使用期限も30日間に延長したため、従来の遠心ポンプよりよりも長期の使用が可能である。

IMPELLAから体外設置型LVADへ移行する際には、補助流量の観点以外に右心不全合併の有無の評価が必要である<sup>13)</sup>。特に、重症心筋炎や心停止蘇生後などの両心不全の場合には、LVAD単独では循環を維持できない場合が多く、右心補助デバイスを追加する必要がある。その際は、右室補助人工心臓(RVAD)デバイスを併用する、あるいは、

central VA ECMO (左室と右心房脱血→上行大動脈送血) といった循環回路を考慮する<sup>14~16)</sup>。

### 植込型 LVAD

植込型LVADは、血液ポンプ自体を体内に植え込み、腹部から体外へ出るドライブラインという電源供給ケーブル、ポンプを制御するコントローラー、電源バッテリーとで構成される。患者は、電源バッテリーを日々交換しながら日常生活を送ることで社会復帰が可能である。ただし、機械を自身で取り扱うため自己管理能力が求められ、また緊急時対応が必要な場合にはケアギバーやサポーターによる対応を必要とし、家族や同僚の緊急時対応習得が必要になる。近年、核家族化や未婚者の増加、少子化などの影響により、ケアギバーの確保や負担が植込型LVAD治療において大きな障壁となっていた。しかし、BTTとDTともに、植込型LVAD患者家族のケアギバーとしての付き添い条件は2024年より緩和され、必須は退院後6か月で統一された。

植込型LVADのポンプには、軸流ポンプと遠心ポンプがあるが、現在本邦で広く使用されているHeartMate3(アボット社、米国)は遠心ポンプである(後述するDTではHeartMate3のみが本邦で保険償還されている)。植込型LVADの治療成績は、次世代モデル開発・改良により年々向上しており、直近で行われたMOMENTUM 3 trialによると、浮動型遠心ポンプを採用したHeartMate3の2年生存率は79%と非常に良好で、脳血管イベントやポンプ不全による再手術イベントのない2年生存率は、従来の軸流ポンプのLVADに比較して有意に向上した(浮動型遠心ポンプLVAD vs. 軸流ポンプLVAD, 74% vs. 61%,  $p<0.001$ )<sup>17~20)</sup>。この治療成績の向上が、本邦でのDT治療開始の後押しにもなったとされる。直接比較ではないものの、LVAD治療成績の経年的変化を見ると、その治療成績は心臓移植に匹敵するレベルにまで

図1 LVAD導入の現実と課題：橋渡し治療からdestination therapyまで

図1 重症心不全治療の要諦  
OMM：至適薬物管理  
(文献21より許可を得て転載)

図中 ネム  
・基本 1/2 ロダンM  
・太くするネム  
1/2 ロダンDB  
(以下同)

図版は 0.12リットル  
色ベタで囲む  
(以下同)

(以上) 90 → 104

達しつつあることがわかる。近年の心不全治療において、ゲームチェンジャーの役割を果たしているデバイスと言えるだろう(図1)<sup>21)</sup>。

### 実際の症例

症例1 20歳の男性。X日より発熱が継続し、X+4日にA病院に救急搬送。ショックバイタルで心筋逸脱酵素上昇ならびに心電図で広範のST上昇を認め、急性心筋炎が疑われ、B病院に紹介搬送。B病院にて施行した右心カテーテル検査では、心係数1.9L/min/m<sup>2</sup>と低心拍出の状態であり、右室心筋生検ではリンパ球主体の炎症細胞浸潤を認めた。IABP→IMPELLA+VA ECMO (ECPELLA) 管理を行うも、X+6日に心室細動を契機に循環不全・臓器障害が進行したため、さらなる治療目的にC病院に転院。来院時血液検査では肝腎機能障害著明、心電図ではほぼ自己波形なし、ECPELLA管理下での心エコーでは左室駆出率(LVEF) 5%、ほぼ全周性に壁運動低下あり、大動脈弁開放なし。



図2 SCAI Shock Stage C, Dにおける対応

5H> 色80%  
 \*1 色80%  
 \*2 色80%  
 (日本循環器学会 / 日本心臓血管外科学会 / 日本心臓病学会 / 日本心血管インターベンション治療学会, 2023 年 JCS/JSCVS / JCC/CVIT ガイドラインフォーカスアップデート版 PCPS/ECMO/ 循環補助 用心内留置型ポンプカテーテルの適応・操作, [https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2023/03/JCS2023\\_nishimura.pdf](https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2023/03/JCS2023_nishimura.pdf), 2025 年 5 月閲覧)

(以内) 色80%  
 100% → 160%

表2 INTERMACS profile

INTERMACS profile	人工心臓装置
1 critical cardiogenic shock "crash and burn" 重度の心原性ショック	数時間内
2 progressive decline despite inotropic support "sliding on inotropes" 進行性の衰弱	数日, 1 週間内
3 stable but inotrope-dependent "dependent stability" 安定した強心薬依存	数週間内
4 resting symptoms "frequent flyer" 安静時症状	数週間~1, 2 か月内
5 exertion intolerant "house-bound" 運動不耐容	数週間~数か月内
6 exertion limited "walking wounded" 軽労作可能状態	数か月内
7 advanced NYHA III "placeholder" 安定状態	100m 程度の歩行は倦怠感なく可能であり, また最近 6 か月以内に心不全入院がない状態

NYHA: New York Heart Association Classification  
 文献 28 より作成

図3 SCAI Shock Stage Eにおける対応

5H> 色80%  
 \*1 色80%  
 \*2 色80%  
 (日本循環器学会 / 日本心臓血管外科学会 / 日本心臓病学会 / 日本心血管インターベンション治療学会, 2023 年 JCS/JSCVS / JCC/CVIT ガイドラインフォーカスアップデート版 PCPS/ECMO/ 循環補助 用心内留置型ポンプカテーテルの適応・操作, [https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2023/03/JCS2023\\_nishimura.pdf](https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2023/03/JCS2023_nishimura.pdf), 2025 年 5 月閲覧)

(以内) 色80%  
 95% → 160%

13a ローンDB (以下同)

ポイント: ECPella 管理でも進行する循環  
 色80%ノ障害を伴う心原性ショック患者に  
 ← 5w → 対して, その後の心臓移植や LVAD  
 (以下同) を見据えた治療を行えるか?

## 心原性ショックの治療選択肢

心原性ショックの現代的治療では, ほとんどが  
 内科的治療抵抗性で MCS を必要とする<sup>22~24)</sup>。  
 しかしながら, MCS を導入してもなお心原  
 性ショックの生存率は低く, この克服はいま  
 だ大きな課題である<sup>25~27)</sup>。

心原性ショックを含む重症心不全患者に対  
 する治療を考えるうえで, INTERMACS  
 profile は重要である (表 2)<sup>28)</sup>。日本循環器  
 学会のガイドラインでは, 米国心血管インタ  
 ーベンション治療学会 (SCAI) の心原性シ  
 ョックの重症度分類 (SCAI shock 分類) に  
 準じて, 適切な MCS を選択することを推奨

している (図 2, 3)<sup>2)</sup>。この過程で MCS か  
 らの離脱が困難と判断された場合は, その後  
 の治療戦略として, さらに MCS のアップ  
 グレードを検討する必要がある (bridge to  
 bridge (BTB))。特に末梢挿入型 MCS でも  
 循環動態が維持できない場合は, 開胸による  
 セントラルカニューレションを用いた外科的  
 MCS [体外設置型 LVAD, 体外設置型両室補  
 助人工心臓 (BiVAD), central VA ECMO]  
 へのアップグレードを考慮する必要があるが,  
 この時点で緩和ケアも選択肢となり得るため,  
 患者本人や家族の希望を必ず考慮する。現行  
 の基準では, 心原性ショックの場合に直接の  
 植込型 LVAD は選択できない (profile 1 へ  
 の直接の植込型 LVAD は profile 2 以上より  
 も予後が悪いことが示されている<sup>29)</sup>) ため,  
 MCS アップグレードにより profile 2 以上の  
 MCS 依存状態へ移行できた場合は, BTT ま



たはDTでの植込型LVADへの移行の選択肢が開ける。患者状態や条件に応じて、どちらの適応があるかを判断していく。

**症例1** のつづき 12a @ 80% + 28 30% (以下同) (以下同)  
C病院にて、ECPELLAからcentral VA ECMOへMCSをアップグレードし、ステロイドパルス療法を行った。その後、肺うっ血の改善とともに、右心から左心への循環維持ができるようになり、第8病日にBIVAD管理へとMCSシステムを変更した。心筋生検フォローし炎症細胞浸潤が残存していたため、2回目のステロイドパルス療法を実施。その後第20病日にRVAD離脱し、LVAD単独管理へ移行できた。しかし、その後の心筋生検フォローでは心筋線維化著明で、LVEFも30%程度までの改善に留まり、LVAD離脱試験を複数回行うも離脱困難の判断となった (INTERMACS profile 2)。

### bridge to transplant (BTT)の選択肢

我が国の心臓移植治療の成績は非常に良好で、10年生存率は89.6%である<sup>30)</sup>。そのため、重症心不全患者において、まずは心臓移植の適応があるかを最初に判断する必要がある<sup>31)</sup>。

心臓移植の適応がない場合には、後述するDT目的での植込型LVADが選択可能である。日本における心臓移植の選択基準では、65歳以上の者は対象外となり、BTT目的での植込型LVADは自ずと適応外となる。また、心臓移植の除外条件として、「肝臓・腎臓の不可逆的機能障害 (肝硬変、維持透析中)」「活動性感染症」「肺高血圧 (血管拡張薬使用下でも肺血管抵抗が6 Wood単位以上)」「薬物依存 (禁酒・禁煙の宣言必須)」「悪性腫瘍 (ただし、完全寛解後5年以上経過している症例や、地域がん診療連携拠点病院基準以上の医療機関のキャンサーボードにおいて、5年無再発生存率が95%以上と判断された症例は移植適応あり)」が挙げられている。

肝臓・腎臓機能障害については、急性期での判断は困難であるが、心拍出量低下に起因

する臓器障害であれば、VAD治療や心臓移植により心拍出量が改善し、臓器機能回復が期待できる場合は移植が検討される (INTERMACS profile 2以上)。また、即座に心臓移植の判断ができない場合は、DT目的のLVAD植込みを先行して検討し、その後臓器機能が改善すればBTTに移行する選択肢も出てきたため、判断に迷う場合は、すみやかに植込型LVAD実施施設への転院を考慮する。

### 症例1 (つづき)

INTERMACS profile 2のMCS依存状態であり、第49病日に心臓移植登録、第54病日に植込型VAD装着をBTTとして行った。

このように、心筋炎患者でも心筋障害が高度のためにその後の心機能の改善が見込めない症例も多く存在する。したがって、心原性ショックに対して自施設で行えるMCSアップグレードでも循環動態や末梢循環不全が改善されない場合は、さらなるMCSのアップグレードを行うことで、その後の植込型LVAD治療への移行を検討できる場合がある。そのため、出口戦略を見越して、心臓移植施設やVAD実施施設と綿密な連携をはかり、適切なタイミングで転院してその後の治療につなげることが重要である。

### 症例2

65歳の男性。胸痛でD病院に救急搬送、ST上昇型心筋梗塞+心原性ショックで緊急カテテル検査を行い、左冠動脈主幹部の100%完全閉塞で、IABP下に経皮的冠動脈インターベンションを実施。術後心エコーではLVEF 35%であった。第5病日、ドブタミン使用下に一度IABPを離脱するも血圧低値が継続し、急性腎障害も発症、第9病日に無尿となり、持続的血液濾過透析 (CHDF) 依存となった。感染も併発し、抗菌薬加療と強心薬加療を行うも臓器障害改善は得られなかった。

第35病日、ドブタミン5γ+ミルリノン0.25γ+ノルアドレナリン0.15γでも血圧が維持できず、IABP再挿入のうえC病院に転院。IMPELLA 5.5へMCSをアップグ

レードした。その後、肺うっ血改善、末梢臓器障害改善により人工呼吸器とCHDFを一度離脱し、強心薬も減量、ミルリノン0.125γ使用下に、第57病日にIMPELLAを離脱。その後、心筋保護薬強化を試みるも低血圧と著明な肺高血圧が遷延し導入に難渋、安静時にも残存する肺高血圧が継続し、日常動作困難な強心薬依存状態となった。65歳のため、心臓移植は適応なし。

**ポイント：**強心薬依存状態となった患者に対して、その後のLVADを見据えた治療を行えるか？

### destination therapy (DT)の選択肢

DTは、本来心臓移植を要する重症心不全状態でありながら、心臓移植の適応とならない場合、あるいは心臓移植の適応とその時点では判断できない場合に検討できる。本邦での適応は、NYHA III-IVのINTERMACS profile 2-4の心不全である<sup>32)</sup> (表3)。さらに、患者本人の治療への理解力や認知機能、家族のサポート体制などを確認する必要がある。これは、抜管し、本人が会話できるレベルにまで患者状態を回復させる必要があることを意味する。家族のケアギバーとしての要件は、退院後6か月でよいとされ、先述のBTTと差はなくなった。

適応を考えるうえで、HeartMate risk score (HMRS)がある<sup>33)</sup> (HMRS = (0.0274 × 年齢) - (0.723 × アルブミン) + (0.74 × クレアチニン) + (1.136 × PT-INR \* 1) + (0.807 × 0 または 1) \* 2)。この値は90日生存と相関するため、適応判断に際して参考とする。その他、「重症感染症」「30日以内に発症した肺動脈塞栓症」「右心不全」「修復不可能な中等度以上の大動脈弁閉鎖不全症」「維持透析」「肝硬変」「低用量ステロイド以外の免疫抑制剤投与中あるいは抗癌剤投与中」などは適応とならない。これらは心臓以外の要素で予後不良、あるいはLVADのみでは管理困難、

つまりLVADではその後の生命予後が確約されない状態を想定している。

### 症例2 (つづき、振り返り)

年齢65歳であり心臓移植の適応はないため、BTTでの植込型LVADの適応はなし。INTERMACS profile 3に対して、DTでの植込型LVADの適応を検討。J-HMRS<sup>34)</sup>がlow risk、禁忌となる合併症なし、認知症なし、治療に関する理解は良好であることを確認し、第69病日にDTとし、植込型LVADとした。

冠動脈主幹部病変や3枝病変といった重症急性心筋梗塞による心原性ショックでMCSや強心薬依存状態となる症例は珍しくないが、これらの患者が離脱困難となった場合にLVAD治療の選択肢が広がってきている。特に、年齢でBTTとしての植込型LVADを選択できなかった患者にもDTとしての治療選択肢が広がってきているため、出口戦略を見越してその後の治療につなげる視点が重要である。

### 我が国のLVAD治療の現状と今後

補助人工心臓治療関連学会協議会 (VAD協議会) の報告「J-MACS Statistical Report」<sup>34)</sup>によると、2024年12月末時点で新規の植込型LVAD装着患者の総数は1667例 (BTTが1498例 (90%)、DTが169例 (10%)) であった。DTでのLVAD植込は2021年5月から開始となった経緯もあり、今後さらなる増加が見込まれる。実際、日本よりも早くDTでのLVAD治療が始まった海外では、10年間のうちにBTT患者よりもDT患者の割合が多くなっている<sup>35)</sup>。3年生存率についてもBTTで88%、DTで86% (p=0.095) と、本邦のLVAD治療は良好な成績を示している<sup>34)</sup>。この成績は、海外の植込型LVAD治療の成績よりも良好であり、適切な患者選択と本邦のきめ細かい術後管理・外来管理、さらには良好な患者アドヒアランスが維持され

9.5a ロダシB (以下同)  
\*1 PT-INR: プロトロンビン時間国際標準比

\*2 2年間のLVAD手術経験症例数が3例以上の場合は経験指数0。

\*3 J-HMRS: Japan Heart-Mate risk score

脚注  
9.5a  
ロダシM  
→ 29  
12w 迄







40  
と  
以内

- Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes 2023 ; 9 : 358-66. PMID : 36370449
8. Ahmad S, Ahsan MJ, Ikram S, et al. Impella versus extracorporeal membranous oxygenation (ECMO) for cardiogenic shock : a systematic review and meta-analysis. Curr Probl Cardiol 2023 ; 48 : 1014-27. PMID : 36174742
  9. Takano H, Nakatani T, Taenaka Y, et al. Treatment of acute profound heart failure by ventricular assist device. Jpn Circ J 1992 ; 56 : 100-10. PMID : 1538571
  10. Fukushima N, Tatsumi E, Seguchi O, et al. Assessment of safety and effectiveness of the extracorporeal continuous-flow ventricular assist device (BR16010) use as a bridge-to-decision therapy for severe heart failure or refractory cardiogenic shock : study protocol for single-arm non-randomized, uncontrolled, and investigator-initiated clinical trial. Cardiovasc Drugs Ther 2018 ; 32 : 373-9. PMID : 29948739
  11. Seguchi O, Fujita T, Kitahata N, et al. A novel extracorporeal continuous-flow ventricular assist system for patients with advanced heart failure—initial clinical experience. Circ J 2020 ; 84 : 1090-6. PMID : 32461539
  12. Tsukiya T, Mizuno T, Takewa Y, et al. Preclinical study of a novel hydrodynamically levitated centrifugal pump for long-term cardiopulmonary support : in vivo performance during percutaneous cardiopulmonary support. J Artif Organs 2015 ; 18 : 300-6. PMID : 25975380
  13. Grant C Jr, Richards JB, Frakes M, et al. ECMO and right ventricular failure : review of the literature. J Intensive Care Med 2021 ; 36 : 352-60. PMID : 31964208
  14. Tadokoro N, Koyamoto T, Tonai K, et al. The outcomes of a standardized protocol for extracorporeal mechanical circulatory support selection—left ventricular challenge protocol. J Artif Organs 2024 ; 27 : 358-67. PMID : 38190085
  15. Fukushima S, Tadokoro N, Koga A, et al. Central conversion from peripheral extracorporeal life support for patients with refractory congestive heart failure. J Artif Organs 2020 ; 23 : 214-24. PMID : 32076901
  16. Tadokoro N, Fukushima S, Minami K, et al. Efficacy of central extracorporeal life support for patients with fulminant myocarditis and cardiogenic shock. Eur J Cardiothorac Surg 2021 ; 60 : 1184-92. PMID : 34172987
  17. Mehra MR, Naka Y, Uriel N, et al. A fully magnetically levitated circulatory pump for advanced heart failure. N Engl J Med 2017 ; 376 : 440-50. PMID : 27959709
  18. Mehra MR, Goldstein DJ, Uriel N, et al. Two-year outcomes with a magnetically levitated cardiac pump in heart failure. N Engl J Med 2018 ; 378 : 1386-95. PMID : 29526139
  19. Mehra MR, Uriel N, Naka Y, et al. A fully magnetically levitated left ventricular assist device—final report. N Engl J Med 2019 ; 380 : 1618-27. PMID : 30883052
  20. Mehra MR, Cleveland JC Jr, Uriel N, et al. Primary results of long-term outcomes in the MOMENTUM 3 pivotal trial and continued access protocol study phase : a study of 2200 HeartMate 3 left ventricular assist device implants. Eur J Heart Fail 2021 ; 23 : 1392-400. PMID : 33932272
  21. Tedford RJ, Leacche M, Lorts A, et al. Durable mechanical circulatory support : JACC scientific statement. J Am Coll Cardiol 2023 ; 82 : 1464-81. PMID : 37758441
  22. Chioncel O, Parissis J, Mebazaa A, et al. Epidemiology, pathophysiology and contemporary management of cardiogenic shock—a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. Eur J Heart Fail 2020 ; 22 : 1315-41. PMID : 32469155
  23. Thiele H, Ohman EM, de Waha-Thiele S, et al. Management of cardiogenic shock complicating myocardial infarction : an update 2019. Eur Heart J 2019 ; 40 : 2671-83. PMID : 31274157
  24. Mebazaa A, Combes A, van Diepen S, et al. Management of cardiogenic shock complicating myocardial infarction. Intensive Care Med 2018 ; 44 : 760-73. PMID : 29767322
  25. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J 2021 ; 42 : 3599-726. PMID : 34447992
  26. Becher PM, Schrage B, Sinning CR, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiopulmonary support. Circulation 2018 ; 138 : 2298-300. PMID : 30571518
  27. Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, et al. Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock : a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med 2016 ; 42 : 1922-34. PMID : 27647331
  28. Stevenson LW, Pagani FD, Young JB, et al. INTERMACS profiles of advanced heart failure : the current picture. J Heart Lung Transplant 2009 ; 28 : 535-41. PMID : 19481012
  29. Molina EJ, Shah P, Kiernan MS, et al. The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2020 annual report. Ann Thorac Surg 2021 ; 111 : 778-92. PMID : 33465365
  30. Fukushima N, Ono M, Saiki Y, et al. Registry report on heart transplantation in Japan (June 2016). Circ J 2017 ; 81 : 298-303. PMID : 28070058
  31. 日本循環器学会 / 日本心不全学会 / 日本小児循環器学会合同ガイドライン . 2025 年改訂版 心臓移植に関するガイドライン . 2025. < [https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2025/03/JCS2025\\_Saiki.pdf](https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2025/03/JCS2025_Saiki.pdf) > Accessed May 2, 2025.
  32. Kinugawa K, Sakata Y, Ono M, et al. Consensus report on destination therapy in Japan—from the DT committee of the council for clinical use of ventricular assist device related academic societies. Circ J 2021 ; 85 : 1906-17. PMID : 34433758
  33. Cowger J, Sundareswaran K, Rogers JG, et al. Predicting survival in patients receiving continuous flow left ventricular assist devices : the HeartMate II risk score. J Am Coll Cardiol 2013 ; 61 : 313-21. PMID : 23265328
  34. 補助人工心臓治療関連学会協議会 . Statistical Report. < <https://j-vad.jp/jmacs-report/> > Accessed May 7, 2025.
  35. Shah P, Yuzefpolskaya M, Hickey GW, et al. Twelfth interagency registry for mechanically assisted circulatory support report : readmissions after left ventricular assist device. Ann Thorac Surg 2022 ; 113 : 722-37. PMID : 35007505
  36. Baumwöl J. "I need help"—a mnemonic to aid timely referral in advanced heart failure. J Heart Lung Transplant 2017 ; 36 : 593-4. PMID : 28258792

12)

利益相反 (COI) : なし ~ 13a とラギ/明報 (w3)