

特集 ■ PCAS 2024

初療における心停止診療
限られた時間でいかにICU診療につなげるか大橋 孝太郎 NORISUE, Yasuhiro, 松岡 由典 MATSUOKA, Yoshinori
神戸市立医療センター中央市民病院 救命救急センター・救急部

はじめに 色60% + スミ20%。

来院時における心肺蘇生～蘇生後初期の管理では、心肺蘇生の原因・鑑別、検査、蘇生を同時並行で行うことが求められる。また、単一の診療科で心肺蘇生や蘇生後管理が完結することはまれであるため、適切なタイミングで他科へのコンサルトを行い、円滑にチーム診療を進める必要がある。緊急性が高く混沌とした心肺蘇生の現場では、経験豊富な救急医や集中治療医であっても、多科・多職種が連携した蘇生チームを統率することは容易ではない。

本稿では、来院時の心肺蘇生～蘇生後管理の流れを俯瞰的に理解することを目的に、以下3つのテーマに分け、実践的な evidence や experience を中心に記述する。

第一に、来院時の心肺蘇生に焦点を当て、心停止の原因・検査・治療について詳述する。次いで、「循環器内科との協働」の観点から、自己心拍再開 return of spontaneous circulation (ROSC) 後における体外循環の適応、その後の冠動脈造影 coronary angiography (CAG) や経皮的冠動脈インターベンション percutaneous coronary intervention (PCI) の適応について述べる。各施設における循環器内科へのコンサルトのタイミングや要件などを考える際に、本稿がその一助となるよう工夫している。なお、体外循環式心肺蘇生法 extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) に関しては、誌面の都合上割愛する。最後に、病院到着前・病院内における機械的胸骨圧迫装置のエビデンスと本邦における実状を紹介する。

心停止の原因と鑑別

心肺蘇生における検査は一般的に、心電図、採血検査、画像検査（超音波、胸部X線、CT）、薬物スクリーニング検査*1などで構成される。これらを組み合わせ、AHA*2で提唱されている5H5T（表1）に則ったアプローチを行う。以下に、特に重要と考えられる検査について詳述する。

心電図と（高感度）トロポニン

心電図は、非心停止時と同様に、ROSC後の急性冠症候群を評価するうえで重要な役割を果たす。しかしながらROSC後の心電図は、急性冠動脈閉塞に対して感度・特異度ともに低いことが知られている。例えば、高カリウム血症や代謝性アシドーシスといった代謝異常²⁾、あるいはくも膜下出血などの頭蓋内疾

患によりST上昇をきたし得る。さらに、心肺蘇生中の低還流の程度とECGによる偽陽性の割合には関連性があると報告されている²⁾。実際、ST上昇を認めていても、その診断精度には限界があり、感度42～88%、特異度84～95%、陽性的中率76～96%、陰性的中率42～84%にとどまっている^{3, 4)}。これらの診断精度はROSC後に心電図を評価したタイミングとも関係しており、偽陽性は、ROSCしてから数分以内であれば18.5%、8～33分であれば7.6%、33分以上経過していれば5.8%に認められたと報告されている⁵⁾。

高感度トロポニンも非心停止時であれば急性冠動脈閉塞に対して非常に高い診断精度をもつが、心肺蘇生時には、胸骨圧迫や電氣的除細動の影響⁶⁾、また心停止に伴う二次性の心筋虚血の影響を、非心筋梗塞であっても上昇し得る⁷⁾。トロポニンの診断精度に関する

キーワード
心停止の原因・鑑別
初期治療
蘇生後管理
機械的CPR

9.5a ログ>B
(以下同)

*1 一般的な薬物スクリーニング検査は、日本中毒学会が推奨する15項目¹⁾を参考にしたい。

*2 米国心臓協会

流用

9.5a ログ>B
(以下同)
13H
12w誌

色80%
1/a ログ>DB
14H (以下同)
色20%
+スミ15%
1/a ログ>M
16H (以下同)
(以下) 72%
140%

原因 (5H)	採血	X線	超音波	CT	その他
Hypovolemia	○		○	△ (出血源)	
Hypoxia	○			○	
Hydrogen ion	○				
Hypo/Hyperkalemia	○				
Hypothermia					深部温、病歴
Hypoglycemia	○				
原因 (5H)	採血	X線	超音波	CT	その他
Tension pneumothorax		○	△	○	
Tamponade, cardiac			○	○	(外傷などの) 病歴
Toxins	△ (血中濃度)				迅速尿中薬物検査
Thrombosis, pulmonary	△ (Dダイマー)		△	○	
Thrombosis, coronary	△ (トロポニン)				(ROSCしたなら) 心電図

色50%+スミ20%
1/a ログ>DB (以下同)
文字・白スミ (以下同)
表中ケイ 指定外
0.25% ケイ・白スミ
(以下同)
色20%
1/a ログ>M
16H (以下同)

報告はいくつかあるが、トロポニン単独を心肺蘇生後の心筋梗塞の診断に用いるのは難しいのが実状である⁸⁾。例えば Voicu ら¹¹⁾の報告では、カットオフ値を2.5ng/mLとしたときの感度は93%、特異度64%、陰性的中率94%という結果であった。

ROSC後の急性冠症候群の診断については、心電図、トロポニン単独、あるいは両方の組み合わせでも十分な精度とは言えない^{9~11)}。そのため、これらの検査結果に加え、心停止前の病歴、ROSC後の血行動態や不整脈の出現などを総合的に判断していくことが初療医には求められる。

超音波検査

心停止時の超音波検査〔point-of-care ultrasound (POCUS)〕に関するエビデンスは、非心停止時と比べまだまだ少ない¹²⁾。いくつかのプロトコルのうち、Gardner ら¹³⁾による CASA exam が実臨床に即している。CASA exam では、パルスチェックで CPR (胸骨圧迫) が中断されるタイミングで心臓超音波検査を行うというサイクルになっている。心臓超音波検査は、①心タンポナーデの評価、②右室負荷所見、③ cardiac activity (左室の壁運動) の順に評価 (図1) し、各評価は10秒以内に行うとされている。胸骨圧迫と並行して、肺超音波検査および FAST (focused assessment with sonography for

trauma) を行う。また、CPR の中断は CASA プロトコルを導入後に減少したとの報告¹⁴⁾もあり、規定のプロトコルのもとであれば、心肺蘇生中の超音波検査は標準的な心肺蘇生と並行して施行可能であると考えられる。

さらに、蘇生可能かの判断において、cardiac activity (何らかの心収縮が見られること) の存在は重要な指標の1つである。Gaspari ら¹⁵⁾による REASON 試験は、心静止・無脈性電気活動の院外心停止患者を対象とした前向き多施設観察研究である。cardiac activity は “any visible movement of the myocardium” と定義されている。cardiac activity を認めることは ROSC や生存退院と関連していた一方で、cardiac activity を認めない場合、生存退院できたのは0.6%にすぎなかったと報告されている。しかし、いくつかの系統的レビュー^{16~18)}では、cardiac activity がいないことを蘇生行為終了の単独の指標としてはならないと結論づけている。cardiac activity がいないと予後不良であることは確かだが、そのみで蘇生中止を判断するのは避けるべきである。

CT 検査

CT 検査が診断や治療戦略を決定するうえで非常に有益であることに疑う余地はない。しかし、ERC³⁾/ESICM⁴⁾ 共同のガイドライン¹⁹⁾における CT 検査の位置づけは、我々

の臨床感覚とはやや異なるかもしれない。
本ガイドラインでは、心停止前の症状や徴候から神経原性や呼吸原性の心停止が疑われる場合に、積極的に CT 検査 (頭部 CT や肺動脈造影 CT) を考慮することが推奨されている。しかしながら実臨床では、神経原性や呼吸原性以外の原因が CT 検査で判明する症例や、事前にそれらの診断が疑えなかった症例を経験した臨床医も少なくないであろう。実際に、筆者の記憶に残る症例として、病歴や身体所見では外傷をまったく疑えなかったが、頸椎 CT (矢状断) で診断がついた頸髄損傷による心停止症例がある。心肺蘇生における CT 検査の有用性についてもいくつかの文献で報告されている²⁰⁾。これらをふまえると、諸外国と比べ CT 検査へのアクセスが非常によい本邦では、心肺蘇生戦略のなかに CT 検査を積極的に組み込むべきだと考える (メモ1)。

初期治療と蘇生後管理

ERC と ESICM は、2021 年に蘇生後ケアに関する集中治療ガイドラインを改定しており、非常によくまとまっている¹⁹⁾。ガイドラインでは ICU 入室前のポイントとして、① ROSC 後の迅速な蘇生後ケアの開始、②心停止の原因検索が提唱されている (図2)。

迅速な蘇生後ケアの開始においては、気道・呼吸・循環の管理と、引き続きの体温管理療法が重要となる。全身管理の詳細は一般的な集中治療管理目標と同等であるが、その詳細や体温管理療法については他稿を参照されたい。

心停止の原因検索によって原因が特定できた場合には、原因疾患に対する根本的治療を行うことになるが、なかでも特に重要なのが心筋虚血による心原性心停止である。ここではその治療戦略を中心に、「循環器内科との協働」の観点から記述していく。

図1 CASA exam 色80%.

*ただし、これらは胸骨圧迫中に剣状突起下から評価してもよい。
(文献12より作成)

図中 ネーム
・基本 1/a ログ>M
・太くするネーム
1/a ログ>DB
(以下同)

図版は、0.12% ケイ
色ベタで風屯
(以下同)

(以下) 110%
104%

メモ1 ハイブリッド ER システム 色80%+スミ15%
スミ60%・文字白スミ 13a ログ>B
15a ログ>DB (以下同)
0.12% ケイ・スミ60%
スミ15%
1/a ログ>M
17H (以下同)

心肺蘇生に CT 検査を取り入れた最たる戦略が、ハイブリッド ER システム (以下、HERS) であろう。HERS とは、受け入れから治療まで、患者を移動させることなくすべてを初療室で行うことをコンセプトとした日本発の新しいシステムである。これにより、蘇生・CT 撮影・血管内治療・手術までを初療室で完遂することが可能となる。2011年に世界で初めて大阪急性期・総合医療センターで導入され、2024年6月現在、全国約30施設に導入されている。

HERS は外傷²¹⁾をはじめとしたさ

まざまな領域で注目を浴びているが、体外循環式心肺蘇生法 extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) の導入も大きなトピックの1つである。HERS を活用した ECPR の強みとして、HERS の導入により ECPR や PCI までの時間を短縮²²⁾ できるだけでなく、ECPR 導入前に頭蓋内出血や大動脈解離といった予後不良とされる患者群のスクリーニングが可能となる点が挙げられる。HERS に対する期待は大きい、まだ十分なエビデンスが集まっていない領域であり、今後のさらなる検討が期待される。

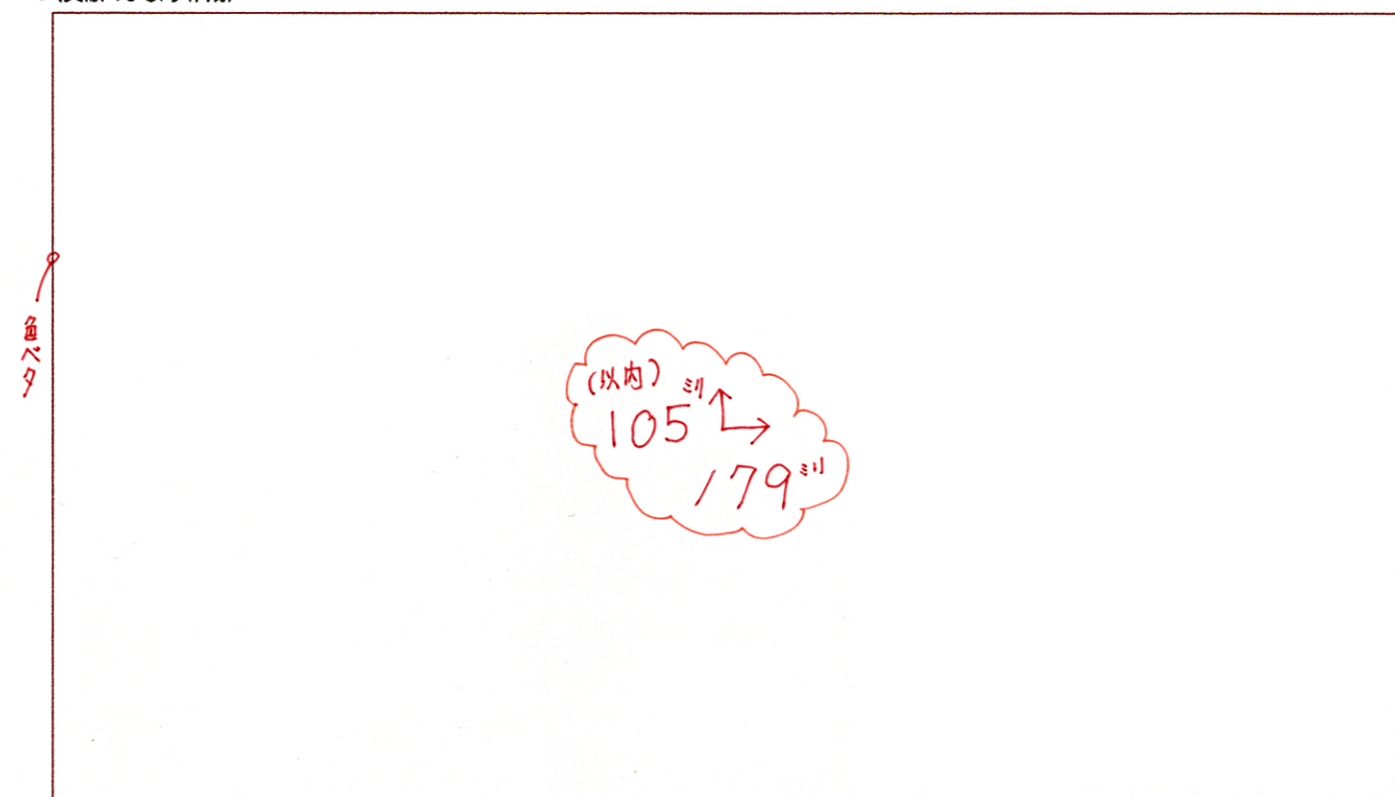
ROSC 後、いつ循環器内科医へコンサルトすべきか?

心停止患者の予後を少しでも改善するためには、循環器内科医との連携が必要不可欠である。そのためには、救急医・集中治療医・循

*3 欧州蘇生会議
*4 欧州集中治療医学会

■ 図2 蘇生後ケアのフローチャート

ERC/ESICMの発表している蘇生後ケアに関するICU入室までのフローチャート。CT撮影に関しては、頭部や肺野のみでなく、体幹部を含めて行うことが多いのではないだろうか。CTまでのアクセスが良い本邦では、全身のCTを撮影することで原因究明につながる可能性があると考えている。
CTPA: CT肺血管造影
(文献19より作成)



循環器内科医のあいだで、いつ、どのタイミングで循環器内科へコンサルトすべきかを施設ごと事前に決めておくことが重要であろう。

ROSC前であれば、主なトピックは難治性心停止症例に対するECPRである。ECPRの適応やエビデンスなどの詳細はIntensivist誌「循環器集中治療 (Critical Care Cardiology)」特集²³⁾を参照していただきたい。一方、ROSC後であれば、急性冠動脈症候群に対するCAG/PCI、心原性ショックに対する機械的循環補助mechanical circulatory support (MCS)が注目を集めている。以下に、これらについて記述する。

ROSC後のコンサルト: CAG/PCIの適応

2021年のERC/ESICMのガイドライン²⁴⁾では、以下のように推奨されている。

- 心電図上ST上昇があり、心原性が疑われるROSC後患者に緊急CAG/PCIを行うべき

き (should be performed)。

- 心電図上ST上昇はないが、急性冠動脈閉塞が強く疑われる場合 (例えば、血行動態不安定±電気的不安定) には緊急CAG/PCIを考慮すべき (should be considered)。

AHAのガイドラインや日本蘇生協議会もほぼ同様の推奨であるが、特にAHAのガイドラインにはROSC後の意識状態にかかわらず緊急CAG/PCIを行うことは合理的である (クラス2a, レベルC-LD) と記載されている。日本のガイドラインでは、ROSC後に心電図で急性冠症候群を示唆する所見として、ST上昇と新規左脚ブロックが併記されている。

- ROSC後の心電図でST上昇なし (以下同)

とが示唆されている。すなわち、予後不良で侵襲的介入の適応がないと判断された患者群では、保存的な治療が選択されており、緊急CAG/PCIに有利な結果となった可能性がある。実際、興味深いことに、CAGのみでPCIを施行されていない患者群でも、緊急CAG/PCI群のほうが予後良好であった観察研究²⁷⁾が存在する。さらに、ここ数年に実施された6つの無作為化比較試験 (RCT) では、いずれも緊急のCAG/RCTに否定的な報告が続いている (表2)^{28~33)}。これらのRCTを対象とした系統的レビューでも、種々のアウトカムにおいて有意差を認めなかったと結論づけている²⁵⁾。以上から、我々はESCのガイドラインの「ST上昇がなく血行動態が安定している院外心停止症例では、緊急ではなく待機的CAGが考慮される」という推奨を支持している (メモ2)。

ROSC後のコンサルト: 心原性ショックとMCS

2024年のAHAによる声明²⁵⁾では、ROSC後の侵襲的な治療として、CAG/PCIのほか心原性ショックにおけるMCSについて言及されている。また、ESC/ESICMの蘇生後ケアにおけるガイドライン¹⁰⁾にも、輸液、強心薬、昇圧薬による治療を行っても心原性ショックが遷延する場合にはMCSを考慮すべきと記載されている。いずれのガイドラインも、推奨度についての具体的な記載はない。

- MCSに対するエビデンス

これまでも心筋梗塞に起因する心原性ショックを対象としたRCTはいくつか報告されているが、まだまだ発展途上である。IMPRESS in Severe Shock trial³⁴⁾ではIMEPLLAがIABPに対して血行動態のパラメータを改善する可能性を示唆しており、最近ではDan-Ger Shock (IMEPLLA vs. 内科的治療)³⁵⁾においてIMEPLLAが有意に患者生存割合を

メモ2 血行動態不安定・電気的不安定とは

蘇生後の患者群において、血行動態が安定しているかの判断はしばしば難しい。多くの患者は血圧を維持するために昇圧薬を要しているからである。その指標として、RCTの包含基準・除外基準を参考にすることが有用かもしれない。例えばCOACT研究²⁹⁾では、①内科的治療にもかかわらず30分以上低血圧 (収縮期血圧<100mmHg) が持続、②難治性心室性不整脈、③心電図異常 (新規左脚ブロック、後壁梗塞によるV1~3のST低下) を除外

基準としている。これらの基準は、十分な情報を提供しているとは言えないが、臨床的な感覚とは合致しているように思われる。また、内科的治療の範囲も明示されていないことが多いが、個人的な感覚では、心停止後においてノルアドレナリン0.2μg、ドブタミン3~5μg程度で血圧を維持できるのであれば、「内科的治療に反応した」と判断してよいと考えている。

改善することが示された。しかしながら、それ以外のIABP-SHOCK II (IABP vs. 内科的治療)³⁶⁾、ECMO-CS (VA ECMO vs. 内科的治療 (必要時にMCS追加))³⁷⁾では、ことごとくMCSの優位性を示すことはできなかった。この領域でのRCTに共通する限界は、①症例数不足、②心原性ショックの原疾患・重症度のばらつき、③MCSの習熟度や治療戦略等の施設間格差が大きいことなどであろう。

また、観察研究はMCSに対して否定的な報告が多く、主要アウトカム (死亡割合など) は同等〜悪化、合併症は増加している^{38~41)}。これらの解釈で重要な点は、観察研究でよく用いられている傾向スコアマッチングが適応交絡indication bias (例: 重症な症例ではIMEPLLAが優先され、合併症のリスクが高い) には十分に対応できないということである。実際に、Almarzooqら⁴¹⁾は論文内で観察研究における交絡やバイアスの影響の問題点について論じている。

以上のように、積極的にMCSの導入を支持するエビデンスがないのが現状であり、臨床現場における慎重な適応判断と治療戦略の構築が何よりも重要である。また、これらのエビデンスは非心停止症例も含めた心筋梗塞による心原性ショックにおける知見であることには注意を要する。 (メモ3)

表2 ST上昇を認めない場合のCAG/PCI施行のタイミングに関する研究

	研究デザイン	PICO	研究期間	サンプルサイズ	ショック適応症例の割合 (%)	主な結果	研究の特徴
COACT試験 ²⁸⁾	オランダの多施設 RCT	P: OHCA 蘇生後で非 ST 上昇の昏睡患者、初期波形がショック適応 I: 即時 CAG (2 時間以内) C: 待機的 CAG (神経学的所見の回復後) (経過中に*1を満たせば緊急 CAG を行う) O: 90 日時点における生存	2015 ~ 2018	538	100%	90 日生存に有意差なし [即時 CAG 群 176/273 例 (64.5%) vs. 待機的 CAG 群 178/265 例 (67.2%), オッズ比 0.89, 95% CI 0.62 ~ 1.27]	・対象は初期波形がショック適応な症例に限定、心原性ショック症例は除外 ・一部のサブグループ解析において、年齢 (70 歳をカットオフ)、冠動脈疾患の既往に異質性が示唆された ・①冠動脈病変は 60% 以上に認めたが急性血栓性閉塞を認めた患者は 5% にすぎなかったこと、さらに②神経学的な合併症による死亡が多かったことが結果に影響を与えているかもしれない
DISCO試験 ²⁹⁾ (pilot study)	スウェーデン、オランダ、デンマークの多施設 RCT	P: OHCA 蘇生後で非 ST 上昇の昏睡患者 I: 即時 CAG C: 待機的 CAG (心停止後 3 日以降に予定) (経過中に*1を満たせば緊急 CAG を行う) O: 右記の研究の特徴を参照	2015 ~ 2017	279	NA	NA	・pilot study のため主要アウトカムは評価していない (本試験での主要アウトカムは 30 日時点における生存) ・無作為化が実行可能であること、安全性に問題がないことが示された ・現在本試験が進行中 (2024 年 12 月に終了予定)
PEARL試験 ³⁰⁾	米国を中心とした国際的 多施設 RCT	P: OHCA 蘇生後で非 ST 上昇の昏睡患者 I: 即時 CAG C: 待機的 CAG (病院到着後 6 時間以降) O: 有効性と安全性の複合評価項目 (右記研究の特徴を参照)	2015 ~ 2018	99	76%	主要アウトカムに有意差なし [即時 CAG 群 27/49 例 (55.1%) vs. 待機的 CAG 群 23/50 例 (46.0%), p = 0.64]	・研究は途中で中止 (pilot study) ・サンプルサイズの限界を考慮して複合アウトカムを採用。複合アウトカムとして、有効性は退院時神経学的予後良好 (CPC 1, 2)、入院後 24 時間以内に wall motion score が 16、左室駆出率が 50% 以上、また有害事象は心臓蘇生やカテーテル手技などに伴う合併症を定義している
TOMAHAWK試験 ³¹⁾	ドイツ、デンマークの多施設 RCT	P: OHCA 蘇生後で非 ST 上昇の昏睡患者、初期波形は問わない I: 即時 CAG C: 待機的 CAG (心停止後 24 時間以降) (経過中に*2を満たせば緊急 CAG を行う) O: 30 日時点における全死亡	2016 ~ 2019	530	55%	30 日全死亡には有意差なし [即時 CAG 群 143/265 例 (54.0%) vs. 待機的 CAG 群 122/265 例 (46.0%), HR 1.28, 95% CI 1.00 ~ 1.63]	・心原性ショックは除外 ・①冠動脈責任病変があった症例は 40% 程度であったこと、さらに②対象患者の神経学的予後が不良であったことが結果に影響を与えているかもしれない ・サブグループ解析では有意な異質性はなし
EMERGE試験 ³²⁾	フランスの多施設 RCT	P: OHCA 蘇生後で非 ST 上昇の昏睡患者 I: 即時 CAG C: 待機的 CAG (入院後 48 ~ 96 時間に予定) (経過中に*3を満たせば緊急 CAG を行う) O: 180 日時点における神経学的予後良好 (CPC 1, 2)	2017 ~ 2020	279	32%	180 日時点における神経学的予後良好に有意差なし [即時 CAG 群 47/141 例 (34.1%) vs. 待機的 CAG 群 42/138 例 (30.7%), HR 0.87, 95% CI 0.65 ~ 1.15]	・予定していたサンプルサイズまで到達していない ・ショック非適応の症例が多い ・心原性ショック症例を 40% 程度含んでいる (にもかかわらず有意差を認めなかった)
COUPE試験 ³³⁾	スペインの多施設 RCT	P: OHCA 蘇生後で非 ST 上昇の昏睡患者 I: 即時 CAG (2 時間以内) C: 待機的 CAG (神経学的所見の回復後) (経過中に*4を満たせば緊急 CAG を行う) O: 退院時における神経学的予後良好 (CPC 1, 2)	2016 ~ 2020	66	82%	退院時における神経学的予後良好には有意差なし [即時 CAG 群 19/32 例 (59.4%) vs. 待機的 CAG 群 18/34 例 (52.9%), HR 1.29, 95% CI 0.60 ~ 2.73]	・サンプルサイズ不足 ・即時 CAG 群において急性腎障害の割合が高かった ・冠動脈責任病変の割合が低かった (約 26%)

*1 心原性ショック、致死性不整脈、虚血の再発
*2 心臓障害が明らかである場合 (心停止後 6 時間以降の採血にて、トロポニン値が正常上限の 70 倍以上・クレアチンキナーゼが正常上限の 10 倍以上)、難治性不整脈、心原性ショック、新規の ST 上昇の出現
*3 新規 ST 上昇または左胸ブロック、心原性ショック、難治性不整脈、心臓超音波検査による新規の壁運動異常
*4 心原性ショック、難治性不整脈

CAG: 心臓カテーテル検査, CI: 信頼区間, CKD: 慢性腎臓病, CPC: Cerebral Performance Category, HR: ハザード比, OHCA: 院外心停止

文献 28 ~ 33 より作成

メモ3 うちではこうやっています

蘇 ECPR 症例 全体 (医師、看護師、臨床工学技士、神戸市立医療センター中央市民病院 (以下、当院) の ECPR 導入基準は、基本的には SAVE-J study に則って判断している (表 3)。標準的な心肺蘇生および蘇生のリーダーは救急医が担当し、循環器内科医は VA ECMO 導入と CAG/PCI に専念する。ECPR は蘇生のアルゴリズムが複雑で、多職種連携が重要となるため、定期的なシミュレーショントレーニングが有用とされている。当院では年に 3 回、院内

本邦で利用可能な機器と機械的 CPR のエビデンス

本邦で利用可能な機器

2024 年 6 月現在において、本邦で利用可能な機械的胸骨圧迫装置の一部を表 4 に示す。LUCAS[®] や AutoPulse[®] などがよく使用されている⁴²⁾ が、ここでは初の国産機械的胸骨圧迫装置である Clover3000[®] (コーケンメディカル) について言及したい。

Clover3000 は日本人の救命に特化してお

り、小柄な日本人の体型に合わせた設計となっている。さらには、機器が小型・軽量化されており、90° まで傾斜させても駆動できることから、日本独特の狭い住宅、マンションなどの階段やエレベータ内などでも中断の少ない蘇生行為が継続できる。胸骨圧迫と人工呼吸がオールインワンのシステムとなっており、酸素配管に接続し機械換気を行うことができる点も特徴である。

機械的 CPR のエビデンス

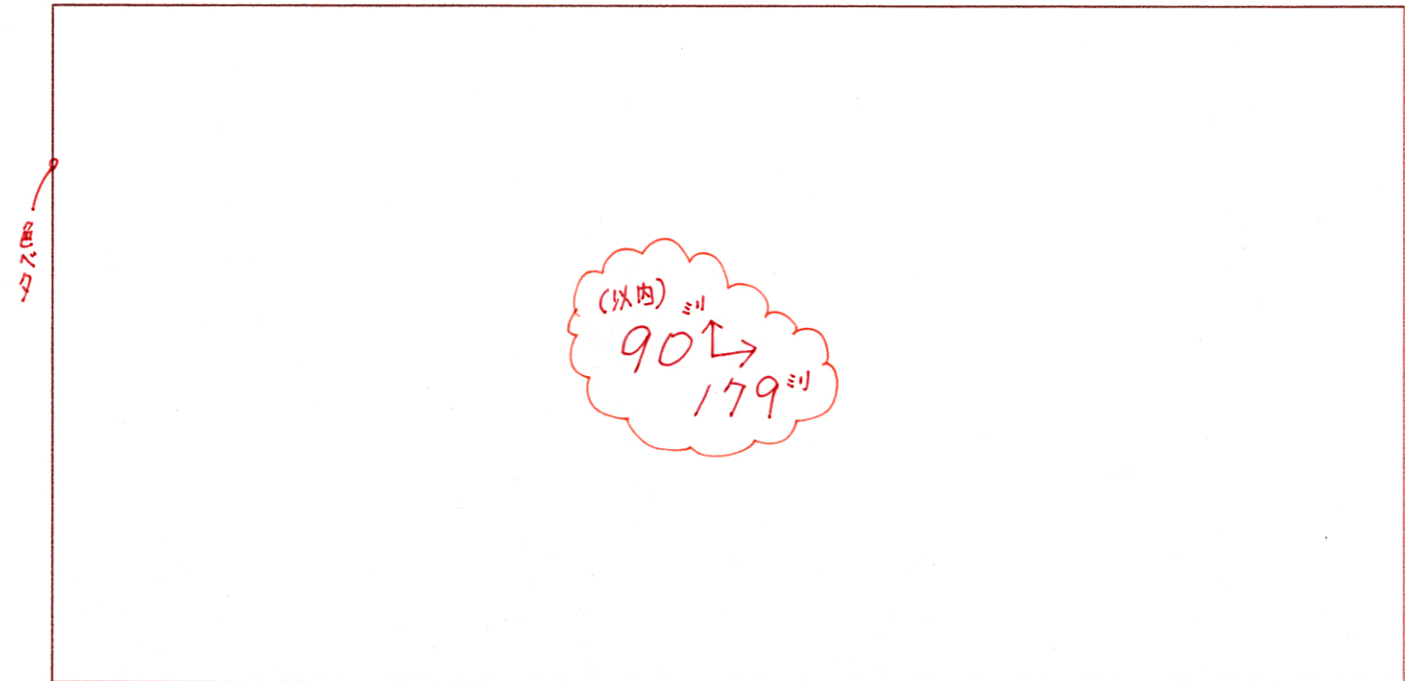
機械的胸骨圧迫装置にはいくつかのメリット

表3 当院における ECPR 導入基準

・75 歳未満
・目撃あり、バイスタンダーあり
・初期波形: VF/pulseless VT
・発症から搬入まで 45 分以内が目安 (発症から PCPS 導入まで 60 分以内が原則)
上記をすべて満たす症例は基本的に絶対的適応 (末期癌患者や DNAR (do not attempt resuscitation) 症例などは除外)。ただし、上記を満たさない症例でも症例に応じて ECPR が適応となることはある。

が提唱されている。マンパワー削減の観点や、中断のない胸骨圧迫が可能などである。理論上は機械的な胸骨圧迫は有用であるように思われるが、そのエビデンスはどうなっている

80%
図3 当院における心停止患者に対する初療での対応
院内 ECPR の適応は明確には定まっていないが、(VF/pulseless VT の症例を中心に) 症例に応じて救急科から循環器内科へコンサルトしている。
低体温症・中毒の症例は、体外循環の適応について、救急科の判断で循環器内科へコンサルトしている。
ACLS: 二次救命処置, STE: ST 上昇



のであろうか。

機械的胸骨圧迫に関連する代表的な研究を

表5⁴³⁻⁴⁵⁾に示す。残念ながら、いずれの

RCTでも機械的胸骨圧迫の用手的胸骨圧迫

に対する優位性は示されていない。最近の

RCTであるPARAMEDIC試験⁴⁵⁾では、機

表4
本邦で利用可能な
機械的胸骨圧迫装置

	LUCAS シリーズ (写真は LUCAS 3)	AutoPulse	Clover3000	コーパルス cpr	RMU シリーズ cardiolife ARM
特徴	・使用実績が豊富 ・キャリングバッグがあり現場への運搬が容易 ・X線透過性素材	・ライフバンドによる胸骨圧迫(ベルトによる胸部全体への均一な圧迫) ・日本でもよく使用されている	・初の国産の機械的胸骨圧迫機器 ・小柄な日本人の体型に合わせた設計 ・日本の狭い家屋や建物に有利 ・X線透過性でX線撮影装置の邪魔にならない	・全方向からのアクセスが可能 ・アームを取り付けるボードが複数種類あり、用途に応じて選択が可能	・2024年1月に日本で承認 ・29% (%下)
販売	日本ストライカー	旭化成ゾールメディカル	コーケンメディカル	栄和産業	日本光電
製造元	フィジオコントロール(米国)	旭化成ゾールメディカル	コーケンメディカル	GS Elektromedizinische(ドイツ)	日本光電 デフィブテック(米国)

LUCAS シリーズ: <https://www.lucas-cpr.com/jp/> (Accessed Sep. 20, 2024) より引用
AutoPulse: https://www.ak-zoll.com/medical/auto_pulse/ (Accessed Sep. 20, 2024) より引用
Clover3000: <https://www.kohkenmed.co.jp/products/kom330/> (Accessed Sep. 20, 2024) より引用
コーパルス cpr: <https://www.cme.co.jp/product/410.html> (Accessed Sep. 20, 2024) より引用
RMU シリーズ: <https://medical.nihonkohden.co.jp/iryo/products/emergency/01/rmu-n2000.html> (Accessed Sep. 20, 2024) より引用

表5 機械的胸骨圧迫に関する代表的な研究

	研究デザイン	PICO	研究期間	サンプル サイズ	主な結果と研究の特徴
LINC 試験 ⁴³⁾	スウェーデン、イギリス、オランダの多施設 RCT	P: 非外傷性 OHCA I: 機械的胸骨圧迫 (LUCAS/LUCAS 2) C: 用手的胸骨圧迫 O: 4 時間後における生存	2008 ~ 2013	2589	・主要アウトカムに有意差なし (機械的 CPR 群 307/1300 例 (23.6%) vs. 用手的 CPR 群 305/1289 例 (23.7%), リスク差 - 0.05%, 95% CI -3.3 ~ 3.2) ・副次評価項目である 6 か月時点における神経学的予後良好 (CPC 1, 2) にも有意差は認めなかった
CIRC 試験 ⁴⁴⁾	米国、オランダ、オーストリアの多施設 RCT	P: 心原性が疑われる OHCA I: 機械的胸骨圧迫 (AutoPulse) C: 用手的胸骨圧迫 O: 退院時における生存	2009 ~ 2011	4231	・主要アウトカムに有意差なし (機械的 CPR 群 196/2099 例 (9.4%) vs. 用手的 CPR 群 233/2132 例 (11.0%), 調整 OR 1.06, 95% CI 0.83 ~ 1.37) ・事前に規定した基準によると同等性が示された
PARAMEDIC 試験 ⁴⁵⁾	英国のクラスター RCT	P: 非外傷性 OHCA I: 機械的胸骨圧迫 (LUCAS 2) C: 用手的胸骨圧迫 O: 30 日時点における生存	2010 ~ 2013	4471	・主要アウトカムに有意差なし (機械的 CPR 群 104/1652 例 (6%) vs. 用手的 CPR 群 193/2819 例 (7%), 調整 OR 0.86, 95% CI 0.64 ~ 1.15) ・介入群での LUCAS 2 の使用割合は 6 割にとどまっている ・副次評価項目 (病院到着までの ROSC, 3 か月、12 か月時点における生存) には有意差を認めなかった ・3 か月時点における神経学的予後良好 (CPC 1, 2) の割合は機械的 CPR 群で低かった

いずれの試験においても機械的胸骨圧迫における有害事象は少なからず報告されており、気道出血、気胸、胸部打撲、肝臓損傷などであったが、重篤な合併症はなかったとしている。
CPC: Cerebral Performance Category, OHCA: 院外心停止, OR: オッズ比
文献 43 ~ 45 より作成

機械的 CPR 群 (LUCAS 2*) と用手的 CPR 群を比較したところ、30 日後の生存割合に改善を認めなかったと報告している。しかしながら本試験では、機械的 CPR 群に割り振られた患者のうち、実際に LUCAS 2 が使用された割合は約 60% 程度にとどまっており、その解釈には注意が必要である。さらに、救急隊には事前のトレーニングがなく、年間の使用回数が 1 ~ 2 回であることにも留意が必要であろう。デバイスに関する研究には、「慣れ」の要素 (ラーニングカーブ) が関与し得る。今後、機械的胸骨圧迫装置が普及することになれば、異なった結果が報告されるかもしれない。

エビデンスをふまえた 機械的胸骨圧迫の有用性

以上のように、機械的胸骨圧迫装置の導入の是非については結論が出ていないというのが

実状である。実際、筆者らが所属する地域では、救急隊への機械的胸骨圧迫装置の配備は限定されている。しかし院内に目を向けると、CAG/PCI や ECPR など、人的資源を必要とし、複雑化した心肺蘇生戦略においては、機械的胸骨圧迫装置は有用であるかもしれない。救急初療室での機械的 CPR についても否定的な報告⁴²⁾があるが、その使用をマニュアルで決め使用する状況を限定すれば、効果は期待できるかもしれない⁴⁶⁾。

おわりに

来院時から救急外来での心肺蘇生や蘇生後ケアを中心に、現状の evidence や我々の experience を記述してきた。エビデンスをただ紹介するだけでなく、読者自身が実臨床においてエビデンスを活用できるよう、その背景についても説明を加え、さらに経験を共

有することを念頭に執筆した。本稿が、さまざまなセッティングの救急・集中治療部門に従事する医療従事者にとって、現状のエビデンスを消化し、目の前の患者に適用する際の一助となれば幸いである。

文献 12a 見出し MB 31 20H
10a 13H
11H
12H
13H
14H
15H
16H
17H
18H
19H
20H
21H
22H
23H
24H
25H
26H
27H
28H
29H
30H
31H
32H
33H
34H
35H
36H
37H
38H
39H
40H
41H
42H
43H
44H
45H
46H
47H
48H
49H
50H
51H
52H
53H
54H
55H
56H
57H
58H
59H
60H
61H
62H
63H
64H
65H
66H
67H
68H
69H
70H
71H
72H
73H
74H
75H
76H
77H
78H
79H
80H
81H
82H
83H
84H
85H
86H
87H
88H
89H
90H
91H
92H
93H
94H
95H
96H
97H
98H
99H
100H
101H
102H
103H
104H
105H
106H
107H
108H
109H
110H
111H
112H
113H
114H
115H
116H
117H
118H
119H
120H
121H
122H
123H
124H
125H
126H
127H
128H
129H
130H
131H
132H
133H
134H
135H
136H
137H
138H
139H
140H
141H
142H
143H
144H
145H
146H
147H
148H
149H
150H
151H
152H
153H
154H
155H
156H
157H
158H
159H
160H
161H
162H
163H
164H
165H
166H
167H
168H
169H
170H
171H
172H
173H
174H
175H
176H
177H
178H
179H
180H
181H
182H
183H
184H
185H
186H
187H
188H
189H
190H
191H
192H
193H
194H
195H
196H
197H
198H
199H
200H

1. 日本中毒学会・資料：分析委員会より。< <http://jsct-web.umin.jp/shiryoku/archive2/> > Accessed Sep. 22, 2024.
2. Kyuhyun W, Asinger RW, Marriott HJ. ST-segment elevation in conditions other than acute myocardial infarction. N Engl J Med 2003 ; 349 : 2128-35. PMID : 14645641
3. Dumas F, Cariou A, Manzo-Silberman S, et al. Immediate percutaneous coronary intervention is associated with better survival after out-of-hospital cardiac arrest : insights from the PROCAT (Parisian Region Out of hospital Cardiac Arrest) registry. Circ Cardiovasc Interv 2010 ; 3 : 200-7. PMID : 20484098
4. Sideris G, Voicu S, Dillinger JG, et al. Value of post-resuscitation electrocardiogram in the diagnosis of acute myocardial infarction in out-of-hospital cardiac arrest patients. Resuscitation 2011 ; 82 : 1148-53. PMID : 21632166
5. Baldi E, Schnaubelt S, Caputo ML, et al. Association of timing of electrocardiogram acquisition after return of spontaneous circulation with coronary angiography findings in patients with out-of-hospital cardiac arrest. JAMA Netw Open 2021 ; 4 : e2032875. PMID : 33427885
6. Grubb NR, Fox KA, Cawood P. Resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest : implications for cardiac enzyme estimation. Resuscitation 1996 ; 33 : 35-41. PMID : 8959771
7. Lin CC, Chiu TF, Fang JY, et al. The influence of cardiopulmonary resuscitation without defibrillation on serum levels of cardiac enzymes : a time course study of out-of-hospital cardiac arrest survivors. Resuscitation 2006 ; 68 : 343-9. PMID : 16378673
8. Agusala V, Khera R, Cheeran D, et al. Diagnostic and prognostic utility of cardiac troponin in post-cardiac arrest care. Resuscitation 2019 ; 141 : 69-72. PMID : 31201884
9. Zanuttini D, Armellini I, Nucifora G, et al. Predictive value of electrocardiogram in diagnosing acute coronary artery lesions among patients with out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2013 ; 84 : 1250-4. PMID : 23643780
10. Dumas F, Manzo-Silberman S, Fichet J, et al. Can early cardiac troponin I measurement help to predict recent coronary occlusion in out-of-hospital cardiac arrest survivors? Crit Care Med 2012 ; 40 : 1777-84. PMID : 22488008
11. Voicu S, Sideris G, Deye N, et al. Role of cardiac troponin in the diagnosis of acute myocardial infarction in comatose patients resuscitated from out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2012 ; 83 : 452-8. PMID : 22037386
12. Magon F, Longhitano Y, Savioli G, et al. Point-of-care ultrasound (POCUS) in adult cardiac arrest : clinical review. Diagnostics (Basel) 2024 ; 14 :

434. PMID : 38396471
CPAにおけるPOCUSのレビュー 12a 見出し MB 31 20H
13. Gardner KF, Clattenburg EJ, Wroe P, et al. The cardiac arrest sonographic assessment (CASA) exam—a standardized approach to the use of ultrasound in PEA. Am J Emerg Med 2018 ; 36 : 729-31. PMID : 28851499
CASA プロトコル 12a 見出し MB 31 20H
14. Clattenburg EJ, Wroe PC, Gardner K, et al. Implementation of the cardiac arrest sonographic assessment (CASA) protocol for patients with cardiac arrest is associated with shorter CPR pulse checks. Resuscitation 2018 ; 131 : 69-73. PMID : 30071262
15. Gaspari R, Weekes A, Adhikari S, et al. Emergency department point-of-care ultrasound in out-of-hospital and in-ED cardiac arrest. Resuscitation 2016 ; 109 : 33-9. PMID : 27693280
16. Tsou PY, Kurbedin J, Chen YS, et al. Accuracy of point-of-care focused echocardiography in predicting outcome of resuscitation in cardiac arrest patients : a systematic review and meta-analysis. Resuscitation 2017 ; 114 : 92-9. PMID : 28263791
17. Lalande E, Burwash-Brennan T, Burns K, et al. Is point-of-care ultrasound a reliable predictor of outcome during atraumatic, non-shockable cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis from the SHoC Investigators. Resuscitation 2019 ; 139 : 159-66. PMID : 30974189
18. Albaroudi O, Albaroudi B, Haddad M, et al. Can absence of cardiac activity on point-of-care echocardiography predict death in out-of-hospital cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis. Ultrasound J 2024 ; 16 : 10. PMID : 38376658
19. Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021 : post-resuscitation care. Intensive Care Med 2021 ; 47 : 369-421. PMID : 33765189
ERC/ESICMによる蘇生後ケアに関するガイドライン 12a 見出し MB 31 20H
20. Viniol S, Thomas RP, König AM, et al. Early whole-body CT for treatment guidance in patients with return of spontaneous circulation after cardiac arrest. Emerg Radiol 2020 ; 27 : 23-9. PMID : 31468207
21. Kinoshita T, Yamakawa K, Matsuda H, et al. The survival benefit of a novel trauma workflow that includes immediate whole-body computed tomography, surgery, and interventional radiology, all in one trauma resuscitation room : a retrospective historical control study. Ann Surg 2019 ; 269 : 370-6. PMID : 28953551
22. Mitsuhashi C, Umemura Y, Yamakawa K, et al. Impact of the hybrid emergency department on resuscitation strategies and outcomes in ventricular fibrillation. Am J Emerg Med 2023 ; 73 : 20-6. PMID : 37573663
23. 香坂 俊, 林 淑朗 責任編集. INTENSIVIST 2021 ; 13.
24. Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021 : post-resuscitation care. Resuscitation. 2021 ; 161 : 220-69. PMID : 33773827
25. Tamis-Holland JE, Menon V, Johnson NJ, et al. Cardiac catheterization laboratory management of the comatose adult patient with an out-of-hospital

- cardiac arrest : a scientific statement from the American Heart Association. Circulation 2024 ; 149 : e274-95. PMID : 38112086
26. Garcia S, Drexel T, Bekwelem W, et al. Early access to the cardiac catheterization laboratory for patients resuscitated from cardiac arrest due to a shockable rhythm : the Minnesota resuscitation consortium twin cities unified protocol. J Am Heart Assoc 2016 ; 5 : e002670. PMID : 26744380
27. Hollenbeck RD, McPherson JA, Mooney MR, et al. Early cardiac catheterization is associated with improved survival in comatose survivors of cardiac arrest without STEMI. Resuscitation 2014 ; 85 : 88-95. PMID : 23927955
28. Lemkes JS, Janssens GN, van der Hoeven NW, et al. Coronary angiography after cardiac arrest without ST-segment elevation. N Engl J Med 2019 ; 380 : 1397-407. PMID : 30883057
COACT 試験 12a 見出し MB 31 20H
29. Elfwen L, Lagedal R, Nordberg P, et al. Direct or subacute coronary angiography in out-of-hospital cardiac arrest (DISCO) —An initial pilot-study of a randomized clinical trial. Resuscitation 2019 ; 139 : 253-61. PMID : 31028826
DISCO 試験 12a 見出し MB 31 20H
30. Kern KB, Radsel P, Jentzer JC, et al. Randomized pilot clinical trial of early coronary angiography versus no early coronary angiography after cardiac arrest without ST-segment elevation : the PEARL study. Circulation 2020 ; 142 : 2002-12. PMID : 32985249
PEARL 試験 12a 見出し MB 31 20H
31. Desch S, Freund A, Akin I, et al. Angiography after out-of-hospital cardiac arrest without ST-segment elevation. N Engl J Med 2021 ; 385 : 2544-53. PMID : 34459570
TOMAHAWK 試験 12a 見出し MB 31 20H
32. Hauw-Berlemont C, Lamhaut L, Diehl JL, et al. Emergency vs delayed coronary angiogram in survivors of out-of-hospital cardiac arrest : results of the randomized, multicenter EMERGE trial. JAMA Cardiol 2022 ; 7 : 700-7. PMID : 35675081
EMERGE 試験 12a 見出し MB 31 20H
33. Viana-Tejedor A, Andrea-Riba R, Scardino C, et al. Coronary angiography in patients without ST-segment elevation following out-of-hospital cardiac arrest. COUPE clinical trial. Rev Esp Cardiol (Engl Ed) 2023 ; 76 : 94-102. PMID : 35750580
COUPE 試験 12a 見出し MB 31 20H
34. Ouweneel DM, Eriksen E, Sjaun KD, et al. Percutaneous mechanical circulatory support versus intra-aortic balloon pump in cardiogenic shock after acute myocardial infarction. J Am Coll Cardiol 2017 ; 69 : 278-87. PMID : 27810347
35. 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
36. 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
37. Ostadal P, Rokytka R, Karasek J, et al. Extracorporeal

- real membrane oxygenation in the therapy of cardiogenic shock : results of the ECMO-CS randomized clinical trial. Circulation 2023 ; 147 : 454-64. PMID : 36335478
38. Dhruva SS, Ross JS, Mortazavi BJ, et al. Association of use of an intravascular microaxial left ventricular assist device vs intra-aortic balloon pump with in-hospital mortality and major bleeding among patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. JAMA 2020 ; 323 : 734-45. PMID : 32040163
39. Schrage B, Ibrahim K, Loehn T, et al. Impella Support for Acute Myocardial Infarction Complicated by Cardiogenic Shock. Circulation 2019 ; 139 : 1249-58. PMID : 30586755
40. Lansky AJ, Tirziu D, Moses JW, et al. Impella versus intra-aortic balloon pump for high-risk PCI : a propensity-adjusted large-scale claims dataset analysis. Am J Cardiol 2022 ; 185 : 29-36. PMID : 36210212
41. Almarzooq ZI, Song Y, Dahabreh IJ, et al. Comparative effectiveness of percutaneous microaxial left ventricular assist device vs intra-aortic balloon pump or no mechanical circulatory support in patients with cardiogenic shock. JAMA Cardiol 2023 ; 8 : 744-54. PMID : 37342056
42. Hayashida K, Tagami T, Fukuda T, et al. Mechanical cardiopulmonary resuscitation and hospital survival among adult patients with nontraumatic out-of-hospital cardiac arrest attending the emergency department : a prospective, multicenter, observational study in Japan (SOS-KANTO [survey of survivors after out-of-hospital cardiac arrest in Kanto area] 2012 study). J Am Heart Assoc 2017 ; 6 : e007420. PMID : 29089341
43. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D, et al. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest : the LINC randomized trial. JAMA 2014 ; 311 : 53-61. PMID : 24240611
LINC 試験 12a 見出し MB 31 20H
44. Wik L, Olsen JA, Persse D, et al. Manual vs integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. Resuscitation 2014 ; 85 : 741-8. PMID : 24642406
CIRC 試験 12a 見出し MB 31 20H
45. Perkins GD, Lall R, Quinn T, et al. Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC) : a pragmatic, cluster randomised controlled trial. Lancet 2015 ; 385 : 947-55. PMID : 25467566
PARAMEDIC 試験 12a 見出し MB 31 20H
46. Takayama W, Endo A, Morishita K, et al. Manual chest compression versus automated chest compression device during day-time and night-time resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest : a retrospective historical control study. J Pers Med 2023 ; 13 : 1202. PMID : 37623453

12a

利益相反 (COI) :

13a 12a 見出し MB 31 20H