

## 特集

心肺蘇生ガイドライン：ILCOR2010年にむけて  
—ACLS 抵抗性院外心停止症例に対する PCPS について—

鹿野 恒\*

## はじめに

経皮的心肺補助 (PCPS: percutaneous cardiopulmonary support) は、本来、重症心不全(急性心筋梗塞、心筋症、劇症型心筋炎など)、開心術後の低拍出症候群、大血管手術(胸部下行大動脈瘤、胸腹部大動脈瘤)による補助循環や重症呼吸不全などの病態に用いられていたが、近年心停止症例への適用が急増してきている<sup>1)</sup>。特に本邦では1988年より院外心停止症例に対するPCPSの臨床応用が開始されたが、心肺脳蘇生医療におけるPCPSの位置づけは2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendationsにおいてもクラス未確定であり、低体温や薬物による心停止症例等での使用が示唆されているのみである<sup>2)</sup>。

しかし、PCPSの最大の特徴は、ACLS抵抗性の心停止症例に対して最後の心肺脳蘇生法であること、さらにはPCPSを開始することにより脳循環回復と同時に脳低温療法を迅速に導入できることである。脳低温療法は蘇生後患者の神経学的予後を改善するとされ<sup>3,4)</sup>、AHAガイドライン2005でもクラスIIaに位置づけられている<sup>5)</sup>。しかし、これはあくまで自己心拍再開後(蘇生後)のケアとしての位置づけであり、我々が行っているPCPSによる心肺脳蘇生においては、必ずしも自己心拍の再開は必要とせず、心停止状態が継続したとしても脳低温療法により脳蘇生を開始することができる点が大きな違いである。さらに、従来の脳低温療法では心拍再開後に水冷式ブランケットなどを

用いて、数時間後に深部体温が34°C程度に達するが、PCPSを用いた場合には人工肺の熱交換により20~30分程度で血液温は34°Cに達することが可能である。このことがより効果的な脳蘇生を実現している可能性がある。

本稿ではACLS抵抗性院外心停止症例に対するPCPS(E-CPR)について解説する。なお、PCPSの名称は本邦では一般的であるが、諸外国ではECPR(extracorporeal cardiopulmonary resuscitation)、CPB(cardiopulmonary bypass)、PCPB(percutaneous cardiopulmonary bypass)、ECLS(extracorporeal life support)、ECMO(extracorporeal membrane oxygenation)などの名称で用いられている。ここでは、本邦で最も親しまれているPCPSの名称で統一させていただいた。また、PCPSのシステムや管理についてはパイプ的な著書「新版 経皮的な心肺補助法PCPSの最前線(松田 暉監修)」を参考にさせていただければ幸いである<sup>1)</sup>。

## 心肺脳蘇生の概念

現在の心肺脳蘇生法の原則は自己心拍再開(ROSC: return of spontaneous circulation)にある。当たり前のように聞こえるかもしれないが、要は救急外来で心臓が動き出せば蘇生できるが、心臓が動かなければそれは患者の死を意味する。

ACLSプロバイダーマニュアルでも「脳蘇生はACLSの一番重要な目標」としているものの、「救急心血管治療(ECC)を行う者は、患者の自己心拍が再開したときに、その目標に向かっての第一歩を踏み出すことになる<sup>6)</sup>と記述しており、あくまで脳蘇生の前提を心拍再開に求めている(図1)。さらに「AHA心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドライン2005」(以下、ガイドライン2005)で

\*市立札幌病院救命救急センター

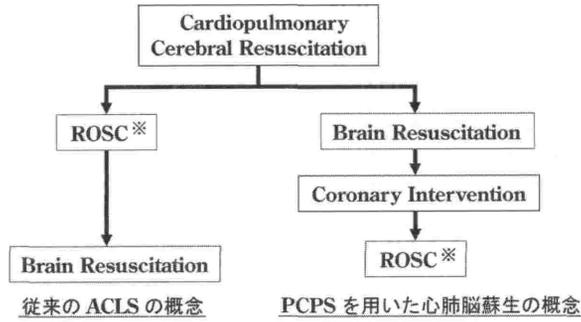


図1 ACLS と PCPS を用いた心肺脳蘇生法

ROSC※ : return of spontaneous circulation.

は「CPR を継続しながら搬送された患者のうち生存退院したのは 1%未満であり、特殊な状況(低体温など)でなければ、非外傷性および鈍的外傷性院外心停止については、現場での ACLS ケアで傷病者を蘇生させることができないならば、救急部におけるケアでも蘇生は無理であろう」と記載している。このように、現時点では院外心原性心停止患者に対して現場で蘇生できなければ、CPR を継続しながら病院救急部に搬送し、心肺脳蘇生術を継続する有用性は指摘されていない。しかし、果たして心拍再開が得られないからといって脳蘇生まで救急外来で諦めていいのであろうか。

例えば、LMT (left main trunk) 閉塞による重症心筋梗塞によって心停止となった場合に、心臓マッサージを行いながら薬物投与および電気的除細動を行うが、冠動脈再開なくして心拍再開する症例は限られる。このような場合には PCPS を迅速に導入し、まず低灌流および低酸素に最も弱い臓器である脳を保護した上で、有効な冠動脈治療 (PCI: percutaneous coronary intervention) を行い心拍再開させることにより、患者を社会復帰させることができる。つまり、通常の ACLS により心拍再開の得られない患者に対して迅速に PCPS を導入し、まず脳蘇生を最優先し、その後適切な PCI などにより心蘇生(心拍再開)を行うことが可能となるのである(図1)。

### 心肺脳蘇生法としての PCPS の歴史

心肺脳蘇生の臨床において人工心肺が用いられるようになったのは、1983年に Philips ら<sup>8)</sup>が経皮的に挿入可能な thin wall cannula と遠心ポンプを組み合わせた回路を開発し臨床応用したことに始ま

る。その後、Safar ら<sup>9,10)</sup>が動物実験によりその有用性を確認し、本邦では 1988年に札幌医科大学の伊藤、金子ら<sup>11)</sup>により臨床応用が始まり、市立札幌病院でも 1991年より院外心停止症例に対して PCPS の導入を開始した。

当初は気泡型人工肺とローラーポンプ、回路は開心術用回路を流用したものであり即応性にかけていたため、救急外来に事前に充填して準備する stand-by 方式が採られていたが、その後、気泡型人工肺は小型の膜型肺、ローラーポンプを遠心ポンプに切り替え、さらに経皮的穿針 (Seldinger 法) により挿入可能な thin wall cannula の開発が進み、小型化・即応性に優れたシステムとなった(図2)。しかし、本邦でも比較的 PCPS の導入の早かった札幌医科大学や市立札幌病院においても、1999年までは PCPS 導入症例も年に数件程度であり、社会復帰症例は限られていた<sup>12)</sup>。著者は両施設に在籍した経験から PCPS 導入時間に問題があると考え、札幌市で以前から行われていたドクターカーシステムと PCPS による心肺脳蘇生法をコラボレーションした「pre-hospital PCPS order システム」<sup>13)</sup>を確立した。その結果、PCPS 導入時間を大幅に短縮することが可能となり、多くの社会復帰症例を経験し良好な成績を収めるに至った。そして、この蘇生学分野で「PCPS による心肺脳蘇生」が新たな第一歩を踏み出したと考えている。

### 院外心停止症例に対する PCPS の適応

院外心停止症例に対する PCPS の適応については、いまだ定まった適応基準はなくそれぞれの施設で決められているのが現状である(表1)。市立札幌病院の PCPS の適応基準を図3に示すが、他施

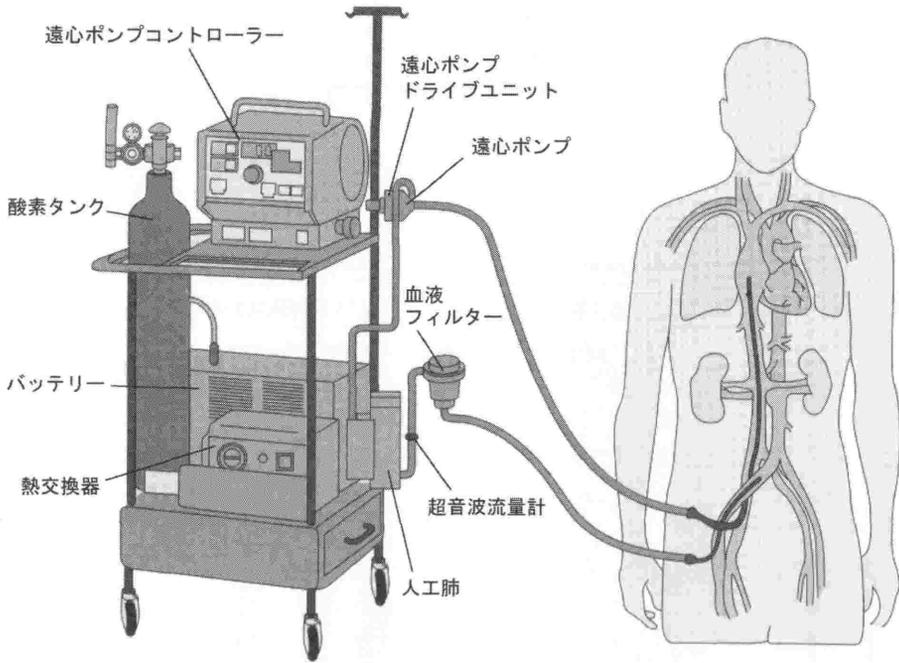


図2 PCPS システム  
(文献1)より引用・改変)

表1 院外心停止症例に対する PCPS の適応基準 (他施設)

札幌医科大学 救急集中治療部

1. 従来の一次および二次救命処置に反応しない院内心停止
2. 従来の一次および二次救命処置に反応しない院外心停止で以下の4基準を満たすもの
  - ① 目撃のある心停止
  - ② 明らかな一次性頭蓋内疾患を除く非外傷性疾患
  - ③ 発症前のADLが良好な症例
  - ④ 20分以上の二次救命処置でも心拍の再開を認めない症例

横浜市立大学 救命救急センター

- ① 来院時心肺停止, EMD, 難治性VFの場合
- ② 年齢60歳未満
- ③ 内因性疾患, 出血のコントロール可能な外因性疾患による心肺停止
- ④ 心肺蘇生術開始30分以内に心拍再開がないもの
- ⑤ 心肺蘇生術開始15分以上持続する心室細動

除外項目

- ① 心停止から救急隊の蘇生術開始まで15分以上経過していると考えられる大動脈破裂, Hypovolemic shock, 頭蓋内出血, コントロール不能な出血性疾患
- ② その他リーダーが不適当と認めたもの

日本大学医学部 救急医学

- ① 心停止状態の患者
- ② 目撃者がいる
- ③ 心肺停止から15分以内にCPCRが開始された or 初回心電図が心室細動
- ④ Suspected 心臓突然死

(文献1)より引用・改変)

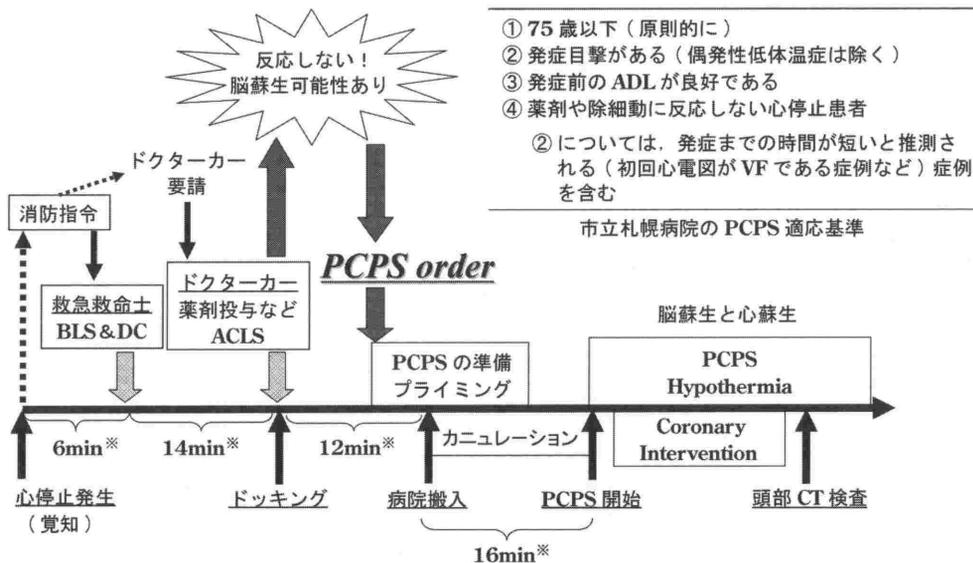


図3 Pre-hospital PCPS order システム  
 ※それぞれの平均時間。

設の基準と比較して簡便なのが特徴である。特に除外基準として頭蓋内出血性病変を除外する施設が多いが、そのためには頭部 CT 検査等を行う必要があり、当施設ではより早期の脳循環回復を目標としているため PCPS 導入前に頭蓋内病変の検索を行っていない。また、偶発性低体温症<sup>14-17)</sup>や薬物中毒<sup>18)</sup>による心停止症例については国内外で多くの報告が見られており PCPS の良い適応と考えられる。

市立札幌病院における心肺脳蘇生のプロトコール

市立札幌病院では 1991 年より積極的に心肺脳蘇生のために PCPS を導入しているが、図3に院外心停止症例に対する PCPS 適応基準と「pre-hospital PCPS order システム」を導入した治療戦略<sup>13)</sup>をまとめた。院外心停止患者が発生し 119 番通報があると、直近の救急隊が出動するとともに市立札幌病院にドクターカー要請が行われる。ドクターカーは現場に到着するかあるいは患者搬送救急隊とドッキングし、出動医師による ACLS を含む医療行為を開始する。しかし、処置を継続しても心拍再開が得られず、この時点で脳蘇生の可能性があるかと判断した場合には、直ちに市立札幌病院に PCPS order を行い、連絡を受けた病院内では救急医または臨床工学技士が直ちに PCPS 回路のプライミングおよびカニューレーションの準備を開始す

脳低温療法単独症例



PCPS(経皮的心肺補助)導入症例

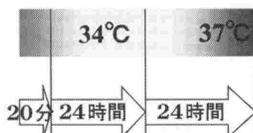


図4 市立札幌病院における脳低温療法プロトコール

る。その間も継続して出動医師と病院間において連絡を取り合い、病院到着時に心拍再開していなければ、搬入と同時にカニューレーションを開始し PCPS が迅速に導入される。「pre-hospital PCPS order システム」を導入してからの PCPS 導入時間は平均 16 分であり、PCPS が開始され安定した循環が確保された後に、救急外来でそのまま人工肺に水冷式冷却装置(通常脳低温療法で用いられている)を接続し、冷却開始 20~30 分程度で血液温 34°C の脳低温療法が開始される。当施設における脳低温療法のプロトコールを図4にまとめたが、脳低温療法単独の場合は、冷却完了後 48 時間 34°C を維持し 48 時間で復温しており、PCPS を導入した場合には、24 時間 34°C を維持し 24 時間で

表2心停止症例に対する PCPS の成績

Author	Publication	Call	Cases (CA)	CA/CS	OH/IH	CA Survival
Mgarbane B	2007	ECLS	17	CA	OH/IH	17.6%
Chen JS	2006	ECLS	36	CA	IH	33.3%
Sung K	2006	PCPS	22	CA	IH	40.9%
Masseti M	2005	ECLS	40	CA	OH/IH	20.0%
Chen YS	2003	ECMO	57	CA	IH	31.5%
Schwarz B	2003	CPB	46 (21)	CA/CS	IH	14.3%
Younger JG	1999	ECPR	25	CA	OH/IH	33.3%
Martin GB	1998	CPB	10	CA	OH/IH	0%
Wittenmyer BL	1997	CPS	104 (70)	CA/CS	IH	24.2%
Willms DC	1997	ECLS	81 (68)	CA/CS	IH	25.0%
Kurusz M	2002	PCPS	777 (407)	CA/CS etc	OH/IH	21.6%
Hill JG	1992	CPS	187 (125)	CA/CS etc	OH/IH	13.6%
Nagao K	2000	ECPR	36	CA	OH	25.0%
Nara S	2006	PCPS	156	CA	OH	21.2%
Kano H	2008	PCPS	185	CA	OH	38.9%

CA: cardiac arrest, CS: cardiac shock, OH: out-of-hospital arrest, IH: in-hospital arrest

復温している。

### 国内外の心停止症例に対する PCPS の成績

近年報告されている心停止症例に対する PCPS の成績を表2にまとめた<sup>18-30)</sup>。Hillら<sup>29)</sup>は17施設のregistryを行い、心停止症例に対する PCPS 導入125例の生存率は13.6%(全体では21.4%)と報告し、Kuruszら<sup>28)</sup>の過去13報告のまとめでは、心停止407症例中30日以上生存は88例(21.6%)であった。他の報告からも PCPS からの離脱率は15~67%、生存率は14~40%であったが、海外の報告は院内外の心停止を明確に区別しておらず、カテーテル検査室やICU、病棟内などの院内心停止症例が多く含まれている。

その点、本邦では早期より院外心停止症例に対して積極的に PCPS を導入しており、長尾らは2000年に院外心原性心停止36例に PCPS を導入し9例(25%)が生存したと報告し<sup>30)</sup>、奈良らも156例の院外心停止症例に PCPS を導入し生存率は21.2%であったと報告している<sup>12)</sup>。後述するが、当施設では今までに185例の院外心停止症例に PCPS を導入しているが、PCPS 離脱率は51.4%、生存率は38.9%であった。

このように心停止症例に対して PCPS を用いる場合には、目撃状況や導入時間などの問題から、院外心停止と院内心停止を明確に分けなければ議論できないと思われるが、海外の報告では Emergent application として「院外心停止」「院内心停

止」「心原性ショック」を含めて報告している。しかしながら、本邦の院外心停止に対する PCPS の報告は、院内心停止よりも条件が悪いにも拘らず、離脱率や生存率は海外の院内心停止の症例に匹敵しており、この蘇生学のなかで世界の中を一步リードしていると思われる。

また、海外では PCPS を離脱できない症例については VAD (ventricular assist device) の装着および心臓移植が積極的に行われており、PCPS を離脱できなくても生存者が存在する。逆に本邦では心臓移植数が極めて少ないため、全ての生存者は PCPS を離脱した症例であり、今後本邦においても PCPS 離脱不能症例に対する VAD 装着や心臓移植が期待される。

### 市立札幌病院における全 PCPS の臨床成績

市立札幌病院救命救急センターでは1991年より院外心停止や心原性ショックの患者に対して PCPS の導入を行っている。2008年1月までに PCPS を導入した症例は217例であり、そのうち院外心停止症例は185例であり、その原因疾患および予後についてまとめた(図5)。原因疾患は虚血性心疾患76例と最も多く、非虚血性心疾患(心筋症、心筋炎、特発性不整脈等)67例、偶発性低体温症21例、急性大動脈解離11例の順に多かった。先にも述べたが、当院では PCPS 導入前に頭蓋内疾患の検索を行っていないが、実際には脳血管障害症例はクモ膜下出血2例、脳出血1例の3例(1.6%)のみで

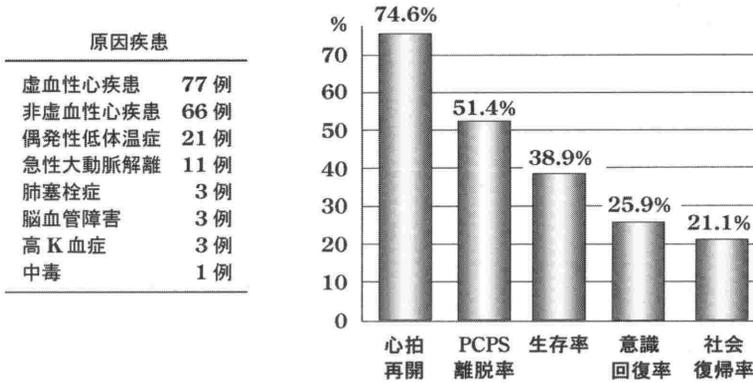


図5 PCPS 導入症例の原因疾患と予後

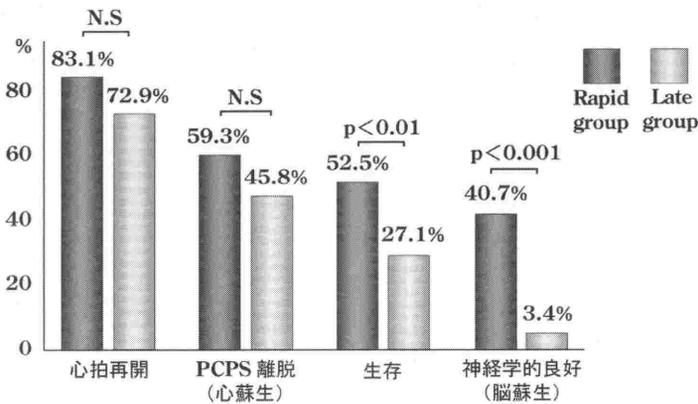


図6 院外心原性心停止症例に対する PCPS 導入時間と予後

あった。また、全 185 例の予後は、心拍再開 138 例 (74.6%)、PCPS 離脱 95 例 (51.4%)、生存 72 例 (38.9%)、意識回復 48 例 (25.9%)、社会復帰 39 例 (21.1%)であった。

院外心原性心停止に対する PCPS 導入の時間的検討

当施設では PCPS 導入にあたっては、心停止から PCPS 導入までの時間が最重要と考え、迅速な導入を目指している。「pre-hospital PCPS order システム」が導入された 2000 年以降において、院外心停止の病因を心原性 (虚血性心疾患および非虚血性心疾患) に限定し PCPS 導入までの時間による予後について検討した。2000 年 1 月より 2008 年 1 月までに 118 例の院外心原性心停止症例に対して PCPS を導入したが、これらを中心から 60 分以内に PCPS を導入した群 (Rapid group: 59 例) と 60 分以降に導入した群 (Late group: 59 例) に分類した。

各群での病因は Rapid group で虚血性心疾患が 29 例、非虚血性心疾患 30 例、Late group で虚血性心疾患が 30 例、非虚血性心疾患 29 例であり、病因による差はなかった。自己心拍再開率、PCPS 離脱率、生存率、神経学的良好率について検討し、神経学的予後については、Pittsburg の Cerebral Performance Category の 1 と 2 を神経学的良好とした。両群において自己心拍再開率は 83.1% vs 72.9% (Rapid group vs Late group)、PCPS 離脱率は 59.3% vs 45.8%、生存率は 52.5% vs 27.1%、神経学的良好率は 40.7% vs 3.4% であり、特に生存率および神経学的良好率は Rapid group において有意に高かった (図6)。以上の結果から、脳蘇生すなわち良好な神経学的回復を得るためには、より迅速な PCPS 導入が必要と考えられる。

院外心停止症例に対する PCPS の代表的症例 (表3)

40 歳代の冠動脈バイパス手術の既往のある患者

表3 院外心肺停止患者に対する PCPS の代表的症例

16時37分(0分)	119番通報あり同時にドクターカー出動
16時43分(6分)	救急隊が到着し CPR を開始
16時47分(10分)	DC 施行するも VF 解除不能
16時48分(11分)	ドクターカー到着. 薬剤投与および DCにて VF 解除できず
17時02分(25分)	市立札幌病院へ PCPS order
17時12分(35分)	救命救急センターに搬入
17時19分(42分)	PCPS および人工肺 Cooling による脳低温療法を開始
17時30分(53分)	冠動脈造影検査および冠動脈形成術
17時45分(68分)	深部体温が 34°C に到達
19時00分(143分)	ICU 入室. 心エコー検査でも駆出率(EF)は 5%未満
16時間後	心拍再開(頸動脈が触知可能), 駆出率(EF) 15%
40時間後	PCPS 離脱

が作事中に急に倒れ、16時37分に119番通報あり同時にドクターカー出動。16時43分(覚知から6分:以下“覚知から”省略)に救急隊が到着し CPR を開始するとともに VF を認めたため、16時47分(10分)に除細動を行うも解除できなかった。16時48分(11分)にドクターカーが到着し、薬剤投与および計6回の除細動を行うも VF を解除できず、17時2分(25分)市立札幌病院に PCPS order を行い、病院内で PCPS の準備を開始した。その後も ACLS を継続するも心拍再開得られず、心電図は VF のまま 17時12分(35分)救命救急センターに搬入された。直ちにカニューレーションを開始し大腿動脈に 16Fr, 大腿静脈に 18Fr のカテーテルを挿入し、17時19分(覚知から42分、搬入から7分)に PCPS (3.5L/min, 4000rpm) および人工肺 Cooling による脳低温療法を開始した。PCPS の循環を確認した後に除細動を行い、1回で VF は解除された。しかし、心エコー検査でも心収縮を認めず PEA のまま 17時30分(53分)に冠動脈造影検査を開始し、バイパスの1本が99%狭窄であったためステントを留置した。また同時に開始している脳低温療法についても、17時45分(68分)には深部体温が 34°C となった。その後も PEA の状態が持続しており 19時に ICU に入室したが、その時点での心エコー検査でも駆出率(EF)は 5%未満であった。しかし徐々に心収縮が認められ、翌日 12時に駆出率が 15%程度になった段階ではじめて頸動脈が触知可能となり、つまり心停止から約 20時間後に心拍再開を得た。そして、さらに 24時間後に PCPS を離脱することができ、リハビリテーションの後に神経学的後遺症なく退院した。

## 最後に

現在の心肺脳蘇生においては、「脳蘇生は ACLS の一番重要な目標である」としているものの、その前提はあくまで心蘇生(心拍再開)である。ACLS に抵抗性を示す院外心停止症例であっても脳蘇生の可能性があれば、“いかに早く脳循環を再開する”目的で PCPS を導入するかが脳蘇生の成否を分ける。代表症例に挙げたように、たとえ救急外来や ICU 入室後に心蘇生に成功しなくても、患者は意識を回復し社会復帰することができる。決して心蘇生(心拍再開)ができないからと言って脳蘇生が不可能なわけではない。国際的にみても本邦はこの「心肺脳蘇生に対する PCPS」を積極的に行っている地域であり、2006年の AHA (American Heart Association) の Clinical Resuscitation Studies の Cardiopulmonary and Critical Care のセッションにおいて、“Emergency Cardiopulmonary Bypass in the Treatment of Patients with Out-of-Hospital Cardiac Arrest”(日本大学の長尾ら)、“Efficacy of Emergency Percutaneous Cardiopulmonary Support in Patients with Out-of-Hospital Cardiac Arrest by Acute Myocardial Infarction”(横浜市立大学の田原ら)、そして“Rapid Induction of Percutaneous Cardiopulmonary Bypass Significantly Improved Neurological Function in Patients with Out-of-Hospital Cardiogenic Cardiopulmonary Arrest refractory to Advanced Cardiovascular Life Support”(市立札幌病院の鹿野ら)の報告が3題並んだときはまさに壮観であった。今後、蘇生学のなかでこの「心肺脳蘇生に対する PCPS」を報告・発表を重ね、本邦発の evidence を世界に発信していきたいと考えている。

## 文 献

- 1) 新版 経皮的心肺補助法 PCPS の最前線. 松田 暉監修, 東京: 秀潤社; 2004.
- 2) International Liaison Committee on Resuscitation: 2005 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. Part 4: Advanced life support. *Resuscitation* 2005; 67: 213-47.
- 3) The hypothermia after cardiac arrest study group: Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2002; 346: 549-56.
- 4) Bernard SA, Gray TW, Buist MD, et al: Treatment of comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N Engl J Med* 2002; 346: 557-63.
- 5) 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2005; 112: IV-6-211.
- 6) 岡田和夫, 青木重徳, 金 弘 監修: ACLS プロバイダーマニュアル, 東京: パイオメディス; 2003. p.49-51.
- 7) 日本蘇生協議会 監修: AHA 心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドライン, 東京: 中山書店; 2006. p.79-80.
- 8) Philips SJ, Ballentine B, Slonine D, et al: Percutaneous initiation of cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1983; 36: 223-5.
- 9) Pretto E, Safar P, Saito R, et al: Cardiopulmonary bypass after prolonged cardiac arrest in dogs. *Ann Emerg Med* 1987; 16: 611-9.
- 10) Levine R, Gorayeb M, Safar P, et al: Cardiopulmonary bypass after cardiac arrest and prolonged close-chest CPR in dogs. *Ann Emerg Med* 1987; 16: 620-7.
- 11) 伊藤 靖, 金子正光, 氏家良人ら: 心肺脳蘇生における Cardiopulmonary bypass の応用. *日救急医学会誌* 1990; 1: 25-33.
- 12) 奈良 理, 浅井康文: 心肺脳蘇生法としての PCPS—当施設 18 年の歩み—. *日救急医学会誌* 2006; 17: 783-92.
- 13) 鹿野 恒, 牧瀬 博, 松原 泉ら: 心原性院外心肺停止患者に対する“pre-hospital PCPS order”システムを導入した治療戦略. *日救急医学会誌* 2003; 14: 771-6.
- 14) Silfvast T, Pettilä V: Outcome from severe accidental hypothermia in Southern Finland—a 10-year review. *Resuscitation* 2003; 59: 285-90.
- 15) Schewe JC, Heister U, Fischer M, et al: Accidental urban hypothermia. Severe hypothermia of 20.7 degrees C. *Anaesthesist* 2005; 54: 1005-11.
- 16) Wollenek G, Honarwar N, Golej J, et al: Cold water submersion and cardiac arrest in treatment of severe hypothermia with cardiopulmonary bypass. *Resuscitation* 2002; 52: 255-63.
- 17) Ruttman E, Weissenbacher A, Ulmer H, et al: Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiopulmonary arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 134: 594-600.
- 18) Megarbane B, Leprince P, Deye N, et al: Emergency feasibility in medical intensive care unit of extracorporeal life support for refractory cardiac arrest. *Intensive Care Med* 2007; 33: 758-64.
- 19) Chen JS, Ko WJ, Yu HY, et al: Analysis of the outcome for patients experiencing myocardial infarction and cardiopulmonary resuscitation refractory to conventional therapies necessitating extracorporeal life support rescue. *Crit Care Med* 2006; 34: 950-7.
- 20) Sung K, Lee YT, Park PW, et al: Improved survival after cardiac arrest using emergent autoprimer percutaneous cardiopulmonary support. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 651-6.
- 21) Massetti M, Tasle M, Le Page O, et al: Back from irreversibility: extracorporeal life support for prolonged cardiac arrest. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 178-83.
- 22) Chen YS, Chao A, Yu Hy, et al: Analysis and results of prolonged resuscitation in cardiac arrest patients rescued by extracorporeal membrane oxygenation. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 197-203.
- 23) Schwarz B, Mair P, Margreiter J, et al: Experience with percutaneous venoarterial cardiopulmonary bypass for emergency circulation support. *Crit Care Med* 2003; 31: 758-64.
- 24) Younger JG, Schreiner RJ, Swaniker F, et al: Extracorporeal resuscitation of cardiac arrest. *Acad Emerg Med* 1999; 6: 700-7.
- 25) Martin GB, Rivers EP, Paradis NA, et al: Emergency department cardiopulmonary bypass in the treatment of human cardiac arrest. *CHEST* 1998; 113: 743-51.
- 26) Wittenmyer BL, Pomerants BJ, Duff SB, et al: Single hospital experience with emergency cardiopulmonary bypass using the portable CPS (Bard) system. *J Extra Corpor Technol* 1997; 29: 73-7.
- 27) Willms DC, Atkins PJ, Dembitsky WP, et al: Analysis of clinical trends in program of emergent ECLS for cardiovascular collapse. *ASAIO J* 1997; 43: 65-8.
- 28) Kurusz M, Zwischenberger JB. Percutaneous cardiopulmonary bypass for cardiac emergencies. *Perfusion* 2002; 17: 269-77.
- 29) Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, et al: Emergent application of cardiopulmonary support: a multiinstitutional experience. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 699-704.
- 30) Nagao K, Hayashi N, Kanmatsuse K, et al: Cardiopulmonary cerebral resuscitation using emergency cardiopulmonary bypass, coronary reperfusion therapy and mild hypothermia in patients with cardiac arrest outside the hospital. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 776-83.