

心肺脳蘇生法としての経皮的心肺補助

奈良 理, 森 和久, 長谷 守, 栗本義彦, 浅井康文

札幌医科大学医学部救急集中治療部 (主任 浅井康文 教授)

Percutaneous Cardiopulmonary Support System (PCPS) for the Resuscitation of Out-of-Hospital Cardiopulmonary Arrest Patients

Satoshi NARA, Kazuhisa MORI, Mamoru HASE, Yoshihiko KURIMOTO, Yasufumi ASAI

Department of Traumatology and Critical Care Medicine, Sapporo Medical University School of Medicine

(Chief. Prof. Yasufumi Asai)

ABSTRACT

Limits regarding the effectiveness of closed-chest compression as a cardiopulmonary cerebral resuscitation technique have been pointed out, and the use of cardiopulmonary bypass apparatus has been gaining attention as an alternative to this technique. However, the clinical application of these machines in first-aid was not realized until the advancement of certain medical technologies, such as extracorporeal membrane oxygenator, centrifugal pumps, and percutaneous-insertion-enabled cannula of the current percutaneous cardiopulmonary support system. There have been many recent reports of the clinical application of PCPS in cardiac arrest patients. The reports showed very good results. For example, in 1983, Phillips and joint researchers reported that from among five cardiac arrest patients they had saved the lives of three using PCPS. From 1989, Safer and joint researchers began clinical studies of PCPS. In 1992, they reported that, from among 187 cardiac arrest patients they had saved the lives of 40 (21%).

In our hospital, PCPS as a resuscitation technique has been applied in out-of-hospital cardiac arrest patients since 1988. We applied PCPS in 156 cases up to March 2005 and, as a result, saved 34 lives (21.2%) and acquired 16 intact survival cases (10.2%). In 1999, we began to attach importance to the idea of comprehensive lifesaving medical services, including PCPS for out-of-hospital cardiac arrest patients. That is, we tried to improve pre-hospital medical procedures, established a radical treatment system for cardiogenic diseases, and introduced post-resuscitation brain hypothermia therapy. As a result, the PCPS introduction time was remarkably shortened and the lifesaving rate was increased.

PCPS as a cardiopulmonary cerebral resuscitation technique has several problems: there is no established standard for PCPS and no definitive evaluation of the technique. However, it cannot be negligible that, since 1999, among the cardiac arrest cases in which ordinary advanced life support was not available, at least 10% were acquired as intact survival cases. As a crucial next step, we will establish a standard for PCPS and examine its prospective usage by examining past cases. It is said that PCPS is a high-cost treatment; however, as a counterbalance, we should consider that other lifesaving costs are included in the cost of out-of-hospital cardiac arrest treatment.

(Accepted May 11, 2007)

Key words: Percutaneous Cardiopulmonary Support System (PCPS), Cardiopulmonary Cerebral Resuscitation (CPCR), Brain Hypothermia Therapy, Out-of-Hospital Cardiopulmonary Arrest Pre-Hospital Care

1 はじめに

高次医療機関の緊急処置室において経皮的心肺補助法 (percutaneous cardiopulmonary support : PCPS) は、決して珍しい医療機器ではなくなり、医療工学の進歩に伴い

改良され緊急時に対応可能となった。その結果として救急集中治療領域で日常的に施行されている血液浄化法と同様に簡便かつ安全に違和感なく施行されるようになった。救急領域における PCPS の使用を大別すると、重症心原性ショックや冠状動脈血行再建術の補助循環に代表される循環

器領域の使用と、通常の心肺蘇生法に反応しない心肺停止症例に対する蘇生法としての使用に分けられる。

当教室では1988年から心肺脳蘇生法にPCPSを応用し約18年が経過した。その間にPCPSシステムそのものや救急医療体制に大きな変遷がみられた。本論文では当教室のライフワークともいえる心肺脳蘇生法としてのPCPSに関する経験とその治療成績、今後の展望について述べる。

2 心肺脳蘇生法としてPCPSが応用されてきた背景

心肺蘇生法としての胸骨圧迫心マッサージ（現在では胸骨圧迫, chest compression）は、蘇生中の脳血流が十分に得られないことから、特に脳蘇生の観点からその効果に限界があることが指摘された^{1, 2)}。そして、Saferらによって人工心肺による蘇生法の有用性が動物実験で確かめられ^{3, 4)}、新たな心肺脳蘇生法として人工心肺の可能性が注目された⁵⁾。人工心肺装置を用いた蘇生法そのものは1976年Mattoxら⁶⁾が最初とされるが、即応性に欠け、膜型人工肺、経皮的挿入可能な送脱血カニューレ、遠心ポンプなどの医療工学の発達を待たなければ心肺停止症例への本格的な応用には至らなかった。1983年にPhillipsら⁷⁾が経皮的挿入可能なthin wall cannulaと遠心ポンプを組み合わせた閉鎖回路による人工心肺装置を考案、蘇生目的に臨床応用し5例中3例を救命したことによって、初めて蘇生法として実用的なものとなった。

本邦においては、院外心肺停止症例の大部分が搬送されるのは救命救急センターであり、その原因疾患は外因性、内因性を含め様々で、発症から平均約6分で救急隊が到着し、救急隊員による救命処置が開始され、20分程度で搬入されていた。各救命救急センターでは積極的な治療が行われていたが、通常二次救命処置では心蘇生されない症例があり、たとえ心蘇生されても神経学的な後遺障害を残し社会復帰率は約1%程度であった⁸⁾。そこで当教室では院外心肺停止症例を対象とした人工心肺を用いた心肺脳蘇生法の基礎的および臨床的研究を開始した⁹⁻¹¹⁾。しかし、当時はまだ経皮的挿入可能なthin wall cannulaはコマーシャルベースでは得られず、その後の医療工学の発達により、PCPSとして普及していった¹²⁾。米国においては1989年に国際蘇生研究センター（International resuscitation research center, IRRIC）のSaferらのグループによって臨床研究が開始され¹³⁾、1992年には17施設におけるregistryが米国で行われ、生存率は187例中40例（21%）と極めて良好な結果が報告された¹⁴⁾。

このような背景をもとに院外心肺停止症例の心肺脳蘇生法としてPCPSが応用されてきたが、現在でも適応基準は各施設様々であり、また評価も定まっていない。Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care International Consensus on Scienceでもクラス未確定との評価で特定の条件下（適

応症例や施行医療機関）での使用が示唆され、2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendationsにおいても同様に、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¹⁵⁾。

3 当教室における心肺脳蘇生法としてPCPSに関する取り組み

(1) PCPSの臨床応用とシステムの変遷¹⁶⁾

当施設では伊藤らを中心として1988年から院外心肺停止症例の蘇生法として人工心肺装置を応用し始めた。この当時の人工心肺装置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システムで即応性に欠けるものであった。そこで人工心肺装置の事前充填を行い処置室に準備しておくstand-by方式とすることで、院外心肺停止症例への応用を可能とした。また、通常蘇生処置も自動式心マッサージ器を導入するなどして少ない医療スタッフを有効に活用し、通常二次救命処置と並行して鼠径部切開で送脱血カニューレを挿入して体外循環を開始することとした。その後、医療工学の発達とともに、経皮的挿入可能なカニューレを導入し、人工肺を小型の膜型肺に、ポンプを遠心ポンプに切り替え、即応性を考えてオールインワン形式のオリジナル回路を作り上げた。これらのPCPSシステムは、①回路の小型・単純化とオールインワン形式、②装置全体の小型化と駆動源の内蔵、③救急現場での安全使用をコンセプトにその時代の医療工学の進歩を取り込み、現在のシステムとなった（Fig. 1）。熱交換器は温度管理を必要とする種々の病態を想定し必須と考えた。しかし、熱交換器付人工肺ではオートプライミングが不能なため、当教室の回路では迅速なプライミングのためプライミングポートを2本にし、輸液のソフトバックを一時的なりザーバーにしてプライミングを行い、急速輸液などで遠心ポンプに気泡が混入するのを防ぐ目的で小型のバブルトラップファイ

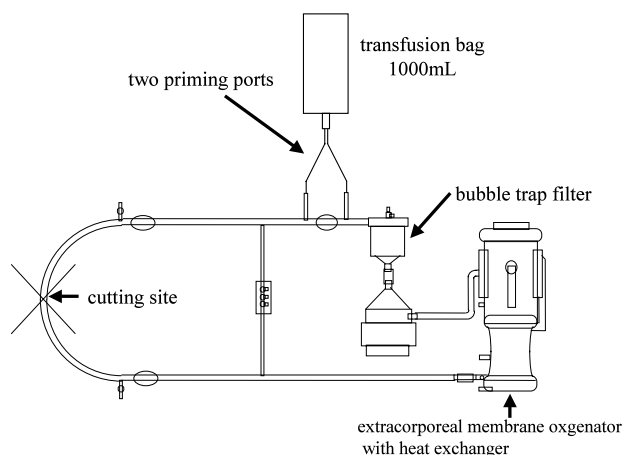


Fig.1 The present PCPS apparatus in our hospital. The present PCPS apparatus in our hospital

ルターを脱血側に設け安全性を高めている。

(2) PCPS による蘇生と脳低温療法

蘇生後の神経学的予後の改善に関して、脳低温療法が期待されているが^{17, 18)}。当施設でも林ら¹⁹⁾の方法を参考に1999年以降の蘇生成功症例に対して積極的に脳低温療法を併用している。また、最近では postresuscitation syndrome といわれる²⁰⁾蘇生後の各臓器および凝固線溶系などの変動を示す病態概念を意識しつつ、脳低温療法を併用し、PCPSの離脱時期、IABPの併用等を実施している。PCPSによる蘇生と脳低温療法に関する基礎的研究に関しても当施設の森らが中心となり、PCPSによる脳低温療法の導入とその効果等について報告している^{21, 22)}。PCPSと脳低温療法に関する臨床的な知見としてNagao²³⁾らは心臓に起因する心停止症例または重症心原性ショック症例においてPCPSと冠再灌流療法、その後の脳低温療法を組み合わせた治療法を積極的に試み、高い完全社会復帰率を得たと報告している。当施設における最近の成績分析からは、脳低温療法を行っても神経学的に良好な予後が期待できる循環虚脱許容時間は45分程度であり²⁴⁾、早期に循環を再開させることが最も重要であることを再確認している。

4 PCPSを用いた蘇生法の適応基準と治療成績

(1) 適応基準

当教室では院外心停止症例に対して以下のような適応基準で蘇生法としてのPCPSを導入してきた。①目撃者のある心停止、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、④20分以上の二次救命処置でも心拍の再開を認めない症例。

この適応基準の要点は、発症目撃で蘇生の可能性を判断し、二次救命処置の限界時間を20分としたことである。20分という時間設定はくも膜下出血等の頭蓋内出血病変と大動脈解離等を否定する時間と考え、ドクターカーなどで二次救命処置が行われている場合も含み、適応を迅速に判断することを目標とした。他施設の適応基準も院外心肺停止症例を対象とした部分では、通常の二次救命処置に反応しない症例のうち、時間経過から蘇生の可能性の低い症例、そして体外循環に不可欠な抗凝固療法によって起こる出血による合併症の危険性を除外する内容が基本となっている^{13, 25, 26)}。

心停止から一次救命処置開始までの時間に関しては、IRRCでは6分間と規定している。我々は発症目撃のある心停止を適応としていることから、救急隊への覚知から到着までの時間(札幌市の場合、平均約6分)がこれにあたる。この限界時間は基礎的ならびに臨床的経験から長くても15分間ぐらいいまでであり、一次および二次救命処置継続時間を含めPCPS開始までの限界時間としては、45-60分程度と考えている²⁴⁾。但し、偶発性低体温症による心停止は例外として扱っている。年齢に関してはRogoveらの救命される症例の神経学的予後に年齢差はないとの報告²⁷⁾か

ら単純に年齢の制限を設けるよりは、発症前の日常生活活動(activities of daily living, ADL)を重視している。

(2) 治療成績

1988年-2005年3月までにPCPSを施行した院外心肺停止症例は156例であり、これらの概要をTable 1に示す。また、PCPSを組み込んだ包括的救命医療を意識し始めた1999年とその体制がほぼ安定した2003年で3期に分けた詳細をTable 2に示す。全156例中自己心拍再開を認めた症例は101例で、救命症例34例(21.2%)の神経学的予後は重度意識障害15例、中等度意識障害3例、社会復帰症例16例(10.2%)であった。原因疾患の内訳は心原性疾患が大部分を占めるが、くも膜下出血や消化管出血など明らかに適応外であった症例も含まれている。一般的に発

Table 1 Clinical characteristic and outcome of patients with introducing PCPS. (156 cases, 1988-2005.3)

〈Age/Sex〉	
Age:	5-78y (50.0 ± 16.3)
Sex:	male/female:125/31
〈Diagnosis〉	
AMI (including suspected cases)	70 (44.9%)
Arrhythmia・cardiomyopathy	19 (12.2%)
Acute Myocarditis	7 (4.5%)
Pulmonary embolism	4 (3.0%)
Hyperkalemia	1 (0.6%)
Acute aortic dissection	17 (10.1%)
Malignant tumor	2 (1.3%)
Asthma	2 (1.3%)
Accidental hypothermia	20 (12.8%)
Near drowning	1 (0.6%)
Electrical injury	2 (1.3%)
SAH	7 (4.5%)
Digestive tract hemorrhage	3 (1.9%)
Valsalva aneurysm rupture	1 (0.6%)
〈Outcome〉	
ROSC	101 (64.7%)
Survive	34 (21.2%)
SD, VS	15
MD	3
GR	16 (10.2%)

ROSC: return of spontaneous circulation

GR: good recovery, MD: moderate disability, SD: severe disability

VS: vegetative state

Table 2 Clinical characteristic and outcome of patients with introducing PCPS.: The comparison of three periods.

	1988-1999.3 n=50	1999.4-2003.3 n=47	2003.4-2005.3 n=59
Age (yr)	16-78 (46.7±15.4)	5-77 (53.8± 15.0)	7-85 (53.8± 15.0)
Sex (M/F)	42/8	36/11	46/13
arrest-ADM. (min.)	28.1±14.6 (n=43)	30.9±17.4 (n=40)	37.7±14.7 (n=56)
ADM-PCPS (min.)	50.6±21.9	27.8±14.1	21.8±11.4
ECG			
Asystole	22 (44%)	13 (27.6%)	22 (37.3%)
VF/Pulseless VT	27 (54%)	24 (51.1%)	24 (25.4%)
PEA	1 (2%)	10 (21.3%)	22 (37.3%)
ROSC	34 (68%)	33 (70.2%)	36 (61.0%)
Survive	6 (12%)	12 (25.6%)	16 (27.1%)
GR	2 (4%)	7 (14.5%)	7 (11.9%)

Data is expressed as mean ± SD.

ADM: admission, ROSC: return of spontaneous circulation

GR: good recovery

症早期のくも膜下出血による心肺停止症例は通常の二次救命処置で自己心拍再開が得られるのが普通であるが、我々の症例では虚血性心疾患の既往があり、PCPS 適応と判断された。悪性腫瘍の症例は心筋内に腫瘍が浸潤し不整脈を起こしたと考えられた症例であるが、若年者の突然発症例で救急搬入現場での少ない情報で完全に除外するのは困難であった。このように明らかに適応外と考えられた症例が 5.7% (悪性腫瘍 2 例, くも膜下出血 7 例, 消化管出血 3

例), 急性大動脈解離を含めた場合は 15.8% であったことに関して、適応外疾患に対する PCPS の試行率が高いか低いかは判断しかねるところで議論の余地がある。

3 期に分けた詳細な検討では、1999 年以降に治療成績の向上がみられる。注目すべき点として搬入から PCPS 導入までの時間の明らかな短縮と心原性心肺停止症例の救命例の増加が挙げられる (Table 2, Table 3). PCPS は強力な蘇生法であるがこれのみでは最終的な予後の改善は得られず、原疾患が心原性の場合には積極的な冠血流再建術の施行、蘇生後脳症に対する脳低温療法の併用が必須である。更に蘇生手段として PCPS が有用であっても導入までに長時間経過しては、絶対的な脳の虚血ダメージが大きく期待された効果は望めない。それを改善するためには、病院前救護から始まる PCPS を組み込んだ包括的救命医療体制の構築が必要となる。このことに関して札幌市では札幌方式と呼ばれるドクターカーシステムが重要な位置を占めている、このシステムは消防指令室もしくは現着救急隊の要請により、医師が救急車のピックアップにより搬送の途上で先発の救急隊とドッキングする方法である。このことによって医師による治療が早期に開始されるばかりではなく、その治療効果や傷病者情報が収容医療機関に搬入前に伝えられ、PCPS の適応に関して救急車内の二次救命処置の治療効果から判断することが可能である²⁸⁾。このシステムが構築されたことによって搬入後直ちに PCPS を導入することが可能となった。本邦における院外心停止症例の生存退院率は平成 13 年の救命効果検証委員会で 11.4% と報告されている²⁹⁾ が、通常の二次救命処置が無効であった症例に PCPS を導入することによって、1999 年以降は 10% 以上の社会復帰症例が得られている事実は無視できない数字であり、心肺脳蘇生法としての PCPS の有用性と可

Table 3 Clinical characteristic and outcome of 28 survival cases (1999.4-2005.3)

Age: 26-69yr (52.4±12.7)
Heart disease: 22/28 (78.6%)
AMI: 15
Cardiomyopathy: 3
Arrhythmia: 3
Valsalva aneurysm rupture: 1
Arrest-PCPS (min.): 51.4±13.7
ADM-PCPS (min.): 22.0±13.1
ECG and Outcome
Asystole: 4 (GR: 0, MD: 1, SD: 1, VS: 4)
VF/Pulseless VT: 13 (GR: 8, MD: 1, SD: 1, VS: 3)
PEA: 5 (GR: 1, MD: 0, SD: 1, VS: 3)

Data is expressed as mean ± SD.

ADM: admission, GR: good recovery, MD: moderate disability,

SD: severe disability, VS: vegetative state

能性を示していると考えられる。

5 PCPS による蘇生法の今後の課題

(1) 新しい適応基準

PCPS が院外心肺停止症例の二次救命処置として、受け入れられるためには他施設共同研究による RCT が本邦で実施されることが望ましいが、現実的には困難であると思われる。我々は 1988 年以來適応基準をほとんど変更せず施行してきたが、1999 年以降成績を検討して、若干の修正を加えて運用している。その要点は明らかな発症目撃と心停止のモニター心電図所見を重要視することである。院外心肺停止症例の発症目撃ありという病院前からの情報は、意外に不正確なことが多く、室内で倒れる物音やうめき声が聞こえたなど、発症からの時間経過は短いと推察されるが、実際には発症を目撃していない症例を少なからず含んでいる。そこで厳密な意味での発症目撃を搬入前に繰り返し確認するようにしている。そして、発症目撃が明らかでない場合には、病院前から当施設搬入までの心電図波形を重視し、発症から早期であっても偶発性低体温症や薬物服用といった特殊な状況を除き搬入まで心静止 (asystole) であった症例は適応外としている。心電図波形に注目することは、特に心原性疾患では重要と考えており、最終的には VF/Pulseless VT 症例を絶対的適応、PEA 症例は更に条件を負荷し相対的適応とするような適応基準を模索している。年齢に関しては、発症前の ADL を重要視することには変わらないが、現在までの経験 (全 156 症例) で 70 歳以上に救命例が得られていないことから再検討を考慮している。このような適応基準の決定に関しては、いわゆる EBM に基づくものではなくあくまで当教室の経験に基づくものである。今後は少しでもエビデンスレベルを高めるために少なくとも前向きな検討を実施し、修正していくことが望ましいと考えている。

(2) PCPS のコストと今後の改良点

PCPS を用いた蘇生法のコストは、初日約 702,900 円 (保健点数: 経皮的な心肺補助法; 111,100 円/初日, PCPS 公定価格: 心肺キット; 467,600 円/セット, 経皮挿入カニューレキット; 62,100 円/本×2) であり高コストであることは否定できない。しかし、院外心肺停止症例に対しては、一般市民に対する CPR の啓蒙、自動体外式除細動器 (AED) の設置、救急救命士の養成を含めた病院前救護活動、社会復帰率数%の症例群に対して医療機関において行われる救命医療などさまざまなコストがすでに費やされている。この現状を考慮した場合に蘇生に使用される PCPS のコストの上乗せが本当に高コストにあたるかどうかは疑問である。更に通常の蘇生法が無効であった症例に対して、数十万円の治療の追加で日常生活に復帰することが可能となった現実は無視できるものではないと考えられる。

今後の医療工学の技術の発達により、より即応性と安全性の高い PCPS システムが開発されることが期待されるが、

我々救急医が望む蘇生用の PCPS システムは人工肺、熱交換器、遠心ポンプが一体化された小型のオールインワン形式のシステムで、カニューレーションさえすれば使えるようにすでにプライミングされたものが望ましい。そして、安価で低コストであればこの強力な蘇生法の適応で悩むことはなく、広く普及すると考えている。

6 おわりに

当教室が取り組んできた心肺脳蘇生法としての PCPS に関して、約 18 年におよぶ長期間の治療成績を述べた。心肺停止症例に対する治療体制の構築や成績に関しては現時点でも一定の評価を受けている。今後も PCPS を当教室のライフワークと位置づけ、それを引き継いでいく救急医療を主業とする救急医の養成が我々の責務であると考えている。

参考文献

1. Taffet GE, Teasdale TA, Luchi RJ. In-hospital cardiopulmonary resuscitation. JAMA 1988; 260: 2069-2072.
2. Bedell SE, Delbanco TL, Cook EF, Epstein FH. Survival after cardiopulmonary resuscitation in the hospital. N Engl J Med 1983; 309: 569-576.
3. Pretto E, Safer P, Saito R, Stezoski W, Kelsey S. Cardiopulmonary bypass after prolonged cardiac arrest in dog. Ann Emerg Med 1987; 16: 611-619.
4. Levine R Safer P, Abramson N, Stezoski W, Kelsey S. Cardiopulmonary bypass after cardiac arrest and prolonged closed-chest CPR in dogs. Ann Emerg Med 1987; 16: 620-627.
5. Safer P. Cerebral resuscitation after cardiac arrest: A review. Circulation 1986; 74(Supp 4): 138-153.
6. Mattox KL, Beall AC. Resuscitation of the moribund patient using portable cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 1976; 22: 436-442.
7. Phillips SJ, Ballentine BB, Slonine D, Hall J, Vandelaar J, Kongtaworn C, Zeff RH, Skinner JR, Reckmo K, Gray D. Percutaneous initiation of cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 1983; 36: 223-225.
8. 小濱啓次 (主任研究者). DOA に関する調査研究. 東京. 厚生行政科学研究 1990.
9. 金子正光, 氏家良人, 伊藤靖. 搬入時心肺停止 (DOA) に対する人工心肺スタンバイ方式の可能性. 医学のあゆみ 1990; 154: 172-175.
10. 伊藤靖, 金子正光, 氏家良人, 今泉均, 吉田正志, 坂野昌司, 浅井康文. 心肺脳蘇生における cardiopulmonary bypass の応用. 日本救急医学会雑誌 1990; 1: 25-33.
11. 伊藤靖. 心肺脳蘇生における Cardiopulmonary Bypass の有用性に関する研究. 札幌医学雑誌 1991; 60: 253-267.
12. 宮本裕治, 松田暉, 南野隆三. 本邦における経皮的な心肺補助法の使用状況. ICU と CCU 1994; 18: 939-943.
13. Tisherman SA, Safer P, Abramson NS, Marrone G, Kormos R, Stein K, Peitzman A, Paris P. Feasibility of emergency cardiopulmonary bypass for resuscitation

- from CPR-resistant cardiac arrest-A preliminary report. *Ann Emerg Med* 1991; 20: 491.
14. Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, Gallagher MW, Manart F, Moore CA, Seifert PE, Askari P, Banchieri C. Emergent application of cardiopulmonary support: A multiinstitutional experience. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 699-704.
 15. 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: 213-247.
 16. 伊藤靖, 浅井康文. 心肺蘇生. 松田暉 監修. 新版 (2 版). 経皮的心的補助法. 東京: 秀潤社; 2004. p63-75.
 17. Bernard SA, Gray TW, Buist MD, Jones BM, Silvester W, Gutteridge G, Smith K. Treatment of comatose survivors of out-of hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N Engl J Med* 2002; 346: 557-563.
 18. The Hypothermia after Cardiac Arrest Study Group. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2002; 346: 549-556.
 19. 脳低温管理法の実際. 林成之著. 脳低温療法. 東京: 総合医学社. 1995. p.29-65.
 20. Cerchiari EL, Ferrante M: Postresuscitation syndrome. In: Paradis NA, Halperin HR, Nowak RM, eds. *Cardiac Arrest: The Science and Practice of Resuscitation Medicine*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1996. p.937-848.
 21. Mori K, Saito J, Kurata Y, Takeyama Y, Itoh Y, Kaneko M, Asai Y, Renzi FP, Dickson EW. Rapid development of brain hypothermia using femoral-carotid bypass. *Acad Emerg Med* 2001; 8: 303-308.
 22. Mori K, Itoh Y, Saito J, Takeyama Y, Kurata Y, Kaneko M, Asai Y, Torigoe T, Dickson EW. Post-resuscitative hypothermic bypass reduces ischemic brain injury in swine. *Acad Emerg Med* 2001; 8: 937-945.
 23. Nagao K, Hayashi, Kanmatsuse K, Arima K, Ohtsuki J, Kikushima K, Watanabe I. 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: 776-783.
 24. 長谷守, 土橋和文, 栗本義彦, 奈良理, 伊藤靖, 島本和明, 浅井康文. 心原性心停止の治療成績—経皮的心的補助を用いた積極的治療の適応と効果—. *日本救急医学会雑誌* 2003; 14: 340-347.
 25. 中尾正行, 木村一雄, 小菅雅美, 持田泰行, 清水智明, 根本愼豊治, 坂本哲, 杉山貢. Near DOA を呈した心原性ショック症例に対する緊急経皮人工心肺 (PCPS) の使用経験. *救命救急医療研究会雑誌* 1994; 8: 5-8.
 26. 長尾建, 林成之, 上松瀬勝男. PCPS と脳低温療法を駆使した心肺停止後の脳蘇生法. *集中治療* 1998; 11: 59-66.
 27. Rogove HJ, Safer P, Sutton-Tyrell K, Abramson NS. Old age does not negate good cerebral outcome after cardiopulmonary resuscitation: Analyses from the brain resuscitation clinical trials. *Crit Care Med* 1995; 23: 18-25.
 28. 鹿野恒, 牧瀬博, 松原泉, 伊藤靖, 奈良理, 浅井康文, 佐藤勝彦. 心原性院外心肺停止症例に対する “pre-hospital PCPS order” システムを導入した治療戦略. *日本救急医学会雑誌* 2003; 14: 771-776.
 29. 救命効果検証委員会報告書. 財団法人 救急振興財団. 平成 13 年 3 月.

別刷請求先: 奈良 理

〒060-8543 札幌市中央区南1条西16丁目
 札幌医科大学医学部救急集中治療部
 TEL : 011-611-2111 (内線 3711)
 FAX : 011-611-4963
 E-mail : naras@sapmed.ac.jp