

## 心肺蘇生法の歴史と今後の展望

菱谷 隆

埼玉県立小児医療センター循環器科

## Key words:

cardiopulmonary resuscitation, International Liaison Committee on Resuscitation, basic life support, pediatric advanced life support, Consensus 2005

## History and Future Prospects of Cardiopulmonary Resuscitation

Takashi Hishitani

Department of Cardiology, Saitama Children's Medical Center, Saitama, Japan

A Great amount of evidence has been accumulated since the original forms of cardiopulmonary resuscitation was established in the mid-20th century. International guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) are currently issued every 5 years. Future tasks proposed by committee of pediatric resuscitation are as follows: (1) accurate makers of cardiopulmonary arrest, (2) better resuscitation protocols, (3) an ideal compression-ventilation ratio, (4) assessment of the quality of CPR, (5) better fixation methods for tracheal tubes, (6) clinical data for automated external defibrillator (AED), (7) clinical data for laryngeal mask use, (8) merits and demerits of oxygen use during CPR, (9) clinical data for antiarrhythmic drugs and inotropic agents, (10) therapeutic hypothermia, (11) better methods for identification of myocardial injury after cardiopulmonary arrest, (12) usage of anti-fibrotic agents and anticoagulant agents during CPR, (13) new methods for the assessment of tissue perfusion, and (14) markers of the prognosis after cardiopulmonary arrest. These categories, in addition to the indication of the usage of sodium bicarbonate are future tasks. International Congress of International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) was held in March 2009 for the first time in Japan. In Consensus 2010, the generalization and universalization of CPR methods will be advanced, and the new methods of CPR derived from previous worldwide evidence will be proposed. It is time for Japan to play a role as a member of ILCOR.

## 要 旨

20世紀半ばに心肺蘇生法(cardiopulmonary resuscitation : CPR)の原型が形成されてから、膨大なエビデンスの積み重ねを経て、現在5年ごとに国際蘇生法連絡委員会(International Liaison Committee on Resuscitation : ILCOR)の専門家会議で心肺蘇生法の国際ガイドラインが発表されている。2005年にILCOR小児委員会が示した今後の課題は、(1)良い心停止の指標、(2)良い蘇生手順、(3)理想的な圧迫・換気比(compression-ventilation ratio : CV ratio)、(4)CPRの品質評価、(5)気管チューブの固定法、(6)自動体外式除細動器(automated external defibrillator : AED)の臨床データ、(7)ラリングアルマスクの使用データ、(8)酸素投与の利点と危険性、(9)抗不整脈と昇圧剤の使用データ、(10)人為的低体温療法、(11)心肺停止後の心機能傷害の同定と治療、(12)心停止中の線溶薬と抗凝固薬の使用、(13)組織還流の新しい評価法、(14)心停止後の転帰予測のための指標、である。これらの課題と炭酸水素ナトリウムの使用適応について最近の報告も含めて解説した。2009年3月にILCORの国際会議が日本で初めて開催された。2010年ガイドラインでは、蘇生法の一般化、普遍化を進めるとともに、さらにエビデンスの高いCPRが提唱されると思われる。日本もその一員として役割を果たすべき時がきている。

平成21年4月22日受付  
平成21年9月4日受理

別刷請求先：〒339-8551 さいたま市岩槻区大字馬込2100  
埼玉県立小児医療センター循環器科 菱谷 隆

## 心肺蘇生法の歴史

### 1. Mouth-to-mouth法

呼吸が停止した人に対するmouth-to-mouthによる息の吹き込みは、旧約聖書に以下の記載がある。「預言者エリシャは息をしていない子供の上に伏して、自分の口を子供の口に…重ねてかかみこむと…子供は7回くしゃみをして目を開いた」<sup>1-3)</sup>

ルネサンス以降、心肺停止の動物肺を人工的に膨らませることで蘇生できることは解剖学者の間で知られていた<sup>4)</sup>。そして人の蘇生法に関する著述としては1743年に外科医が報告したものがあつた。窒息のため心肺停止となった炭坑労働者に息を吹き込むことで蘇生に成功しており、これがmouth-to-mouthによる最初の蘇生成功例であろう<sup>4)</sup>。19世紀半ばの全身麻酔法の発展とともにmouth-to-mouth法がそれまで一般化していた用手式人工呼吸法に優ることが示され<sup>2, 5, 6)</sup>、ここにmouth-to-mouth法の優位が確立し、現在に至っている。

### 2. 心臓マッサージ

心臓をポンプとする考え方は、17世紀前半にHarveyにより提唱された<sup>7)</sup>。しかし心臓に直接力を加えるという発想がなく、静脈を切開して血液を流すことにより動脈の循環を改善させようと考えたり、身体を擦ったり引っ張ったりして刺激を与えるといった方法が行われていた<sup>4)</sup>。

18世紀後半に発展した全身麻酔の合併症として心停止が起これ、開胸下に用手式心臓マッサージが実施されるようになった<sup>3)</sup>。そして1960年、現在の心肺蘇生法(cardiopulmonary resuscitation : CPR)の原型がJohns Hopkins大学のKouwenhovenとSafarによって形作られることになる。Kouwenhovenは動物実験ならびに心室細動の患者において、非開胸式心臓マッサージの有効性を示し、1分間に60回の胸骨圧迫と16回の換気を推奨した<sup>8)</sup>。その後Safarは気道確保(airway)、mouth-to-mouth法(breathing)、胸骨圧迫(circulation)を組み合わせCPRのABCを導いた<sup>9)</sup>。これにより2人はCPRの分野で歴史的な業績を残した。

1974年、エビデンスの集大成として米国心臓協会(American Heart Association : AHA)から出されたCPRのガイドラインでは、1分間に60回の速さで圧迫・換気比(compression-ventilation ratio : CV ratio)は15対2(一人法)、5対1(二人法)とされた。その後6年ごとにガイドラインの更新がなされ、2000年の国際ガイドラインで推奨される胸骨圧迫の速さは、1分間に100

回の速さとされ、CV ratioは成人では15対2、小児では5対1とされた。しかし人工呼吸を行う際、胸骨圧迫を中断してしまう時間が長くなり、蘇生率を下げている可能性が示され、その後の2005年の国際ガイドラインでは連続した胸骨圧迫の重要性が特に強調された。数学的モデルの結果<sup>10, 11)</sup>を検討し、さらに市民救助者が心肺蘇生をするにあたり、疲労が少なく簡単で分かりやすいことが求められ、年齢を問わず(新生児を除く)CV ratioは30対2が採用され、医療関係者が小児に対して二人法で蘇生を行う時のみ15対2とされた。

### 3. 電氣的除細動と自動体外式除細動器の登場

電氣的除細動は、初期には開胸した状態で行われていた<sup>12, 13)</sup>が、やがて体外から行われるようになり、動物実験に続いて1956年には人間で成功した<sup>14)</sup>。その後、除細動の方法(パッド大きさ、位置、エネルギー量など)についての検討がなされた<sup>15)</sup>。また動物実験において心停止から2分以内の除細動が必要であること<sup>15)</sup>、さらに胸骨圧迫により循環が維持され、心停止後時間が経過した場合でも除細動が可能であることが示された<sup>8, 15)</sup>。その後除細動器の小型化、軽量化が進められ、1979年以降の自動体外式除細動器(automated external defibrillator : AED)の臨床研究で有用性が認められたため、1990年、米国やオーストラリアの空港と航空機、およびカジノにAEDが設置された。これにより経験が蓄積され、非医療者による早期除細動が大きな役割を果たすことが認められ、2000年の国際ガイドラインにより、日本を含め世界各国でAEDによる除細動が一次救命処置として位置づけられた<sup>16)</sup>。現在、減衰器付きの小児用パッドの使用により1歳以上8歳未満の小児にもAEDが使用可能となった。

### 4. CPRの国際ガイドライン作成と日本の動き

1974年CPRのガイドラインがAHAから出され、全世界に大きな衝撃を与え、以後のCPRに大きな影響を与えた<sup>17, 18)</sup>(Fig. 1)。その後の国際ガイドライン作成までの流れをTable 1に示す。

一方、日本では第二次世界大戦後には米国医学が日本の中心となった<sup>19)</sup>が、蘇生法に関する日本国内の研究はまだ少なく、現場で活用できる蘇生法の基準がなかった<sup>20, 21)</sup>。日本における救急蘇生法のガイドライン「救急蘇生法の指針」の作成および国際蘇生法連絡委員会(International Liaison Committee on Resuscitation : ILCOR)加盟までの流れをTable 2に示す。2001年および2006年に、コンセンサスに基づき日本版ガイドライン(救急蘇生法の指針)が日本救急医療財団により作成



Fig. 1 The pictures showing A-B-C steps (A: airway, B: breathing, C: circulation) of cardiopulmonary resuscitation (CPR).  
 Reproduced with permission from JAMA 1974; 227: 835  
 © 1974 American Medical Association. All right reserved.

Table 1 心肺蘇生法の国際ガイドライン作成への動き

1974年	心肺蘇生法のガイドラインが米国心臓協会(American Heart Association : AHA) から出され、全世界に大きな影響を与える その後AHAは1980, 1986, 1992年に心肺蘇生法ガイドラインを改訂
1989年	ヨーロッパ蘇生協議会(European Resuscitation Council : ERC)が発足 <sup>18)</sup>
1990年	AHAとERCによる会議 <sup>18)</sup> カナダ心臓・脳卒中財団(Heart and Stroke Foundation of Canada : HSFC)とオーストラリア蘇生会議(Australian Resuscitation Council : ARC) [現オーストラリア・ニュージーランド蘇生協議会(ARC & New Zealand Resuscitation Council : NZRC)]の加入 <sup>18)</sup>
1992年	南アフリカ蘇生協議会(Resuscitation Councils of Southern Africa : RCSA)とラテンアメリカ蘇生会議(Council of Latin America for Resuscitation : CLAR) [現インターアメリカ心臓財団(InterAmerican Heart Foundation : IAHF)]の加入 <sup>18)</sup> 。42カ国が集まり国際蘇生法連絡委員会(International Liaison Committee on Resuscitation : ILCOR)創立に向けた会議を開催 同年イギリスで正式にILCORが設立
2000年	2005年には世界規模のガイドラインを作成 <sup>17)</sup>

Table 2 日本国内の心肺蘇生法とILCORへの加盟

1979年	1974年の米国心臓協会 (American Heart Association : AHA) ガイドラインの影響を受け、日本救急医学会が中心となり「救急蘇生法の指針」を作成 <sup>20)</sup>
1990年	日本での心肺停止患者の完全社会復帰率(1%)が、欧米諸国に比べて極めて低い ため、病院前救護体制の見直しの機運が高まる <sup>22-24)</sup>
1991年	救急救命士が誕生、日本救急医療研究財団が発足 <sup>25)</sup>
1993年	一般市民のための「救急蘇生法の指針」の出版 <sup>22)</sup> が契機となり、団体や組織間で異なる方法で実施していた心肺蘇生法の国内標準化の推進 しかし社会全体に蘇生の機運は広がらず、市民レベルでのby-stander CPRの施行率は低い状態 <sup>22)</sup>
1997年	日本の国際蘇生法連絡委員会 (International Liaison Committee on Resuscitation : ILCOR)加盟に向けた動きが活発化
2000年	日本蘇生協議会 (Japan Resuscitation Council : JRC) を設置
2005年	JRCが中心となりアジア蘇生協議会 (Resuscitation Council of Asia : RCA) を組織
2006年	RCAはILCORへの正式加盟
2009年	ILCOR会議を初めて日本で開催

される。特に2006年の指針はガイドライン策定小委員会が設置され、統一された国内指針が作成された<sup>25)</sup>。

2006年からAHAの国際トレーニング組織 (International Training Organization : ITO)として日本ACLS協会以外に日本蘇生協議会 (Japan Resuscitation Council : JRC)、日本循環器学会が公認され、各地で一次救命処置 (basic life support : BLS) および成人の二次救命処置 (advanced cardiovascular life support : ACLS) の講習会が活発に行われるようになった。一方、小児領域では日本小児集中治療研究会 (Japanese Society of Pediatric Intensive and Critical Care : JSPICC) が2002年アジアで初の小児二次救命処置 (pediatric advanced life support : PALS) の国際トレーニング組織 (PALS-ITO) として認可され、その後日本ACLS協会も加わり日本各地でPALSの講習会が開催されるようになった。

### 今後の展望

このように、日本でもようやくBLS、ACLS、PALSの重要性が認識され、日本でのエビデンスを積み重ねていく環境が整ってきたといえる。2005年ILCOR小児委員会では、小児蘇生領域で今後検討を要する課題(1~14)が挙げられており、世界のCPRの研究の流れはこれに沿ったものとなっている。これらの課題について、最近の報告を加えて解説した。

(1) 救護者(一般市民)やヘルスケアプロバイダーが信頼しうる、感度・特異性ととも高い心停止の指標についてこれまで検討されてきた。現場からは市民救助者が脈拍によって心停止を決定するのは難しいことが

報告されている。脈拍が存在している場合に市民救助者が脈拍を認める能力が55%、また脈拍が存在しない場合に市民救助者が脈拍なしと正しく判断する能力は90%であり、10%は脈拍ありと錯覚してしまう<sup>26)</sup>。したがって10人に1人の割合で脈拍がないのに脈があると錯覚して心肺蘇生が遅れてしまうことになる。また医療関係者であっても脈拍チェックに時間がかかり正確な判断が難しいことがある<sup>27, 28)</sup>。したがってほかに良い心停止の指標が見つからない限り、現段階では10秒以内に脈拍を確実に触知できなければ心停止と考えて胸骨圧迫を開始することが推奨されている。

(2) 病態や年齢によって、いずれの蘇生手順が有効であるかが、現場で蘇生手順を選択するうえで重要である。心肺停止の原因が成人では心室細動が多く、現在のガイドラインでは救護者一人で行う成人の蘇生手順は、一刻も早く除細動することが優先されるため、心肺蘇生開始前に救急車に連絡をし、AEDを取りに行く (phone first)。これに対して、小児では窒息に起因する心停止が多いため、心肺蘇生を2分間行った後に救急車に連絡しAEDを取りに行く (phone fast)。しかし成人でも窒息から心停止となり得るし、小児でも心室細動を起こしている可能性もある。ガイドラインでは成人の場合でも中毒、外傷、溺水の場合はまず心肺蘇生を先に行うこと、一方小児の場合も救助者の目の前で卒倒した場合には成人と同じようにまず救急車を呼び、AEDを探しに行くことが推奨されている。今後いろいろな状況で起こる心停止の病態を分類し、一般市民にも分かる形で蘇生手順に反映できれば蘇生成成功率

が改善される可能性がある<sup>29)</sup>。

(3) CPR中のCV ratioの理想的な割合については、数学モデルから算出した理想的な数値に基づき、疲労の問題と一般市民が混乱せずに実施できるように、2005年ガイドラインでは年齢に関係なく30対2が採用された。今後これは臨床の場で検証が必要であるが、2007年AHAの学会では米国7都市のデータによれば新ガイドラインで蘇生された群は退院率が高いと報告されている<sup>30)</sup>。また最近、一般市民のBLSで「換気」は必要か否かが検討されている。2005年ガイドラインではCV ratioは30対2とされたが、古くから一般市民にとってCPR中のmouth-to-mouthを行うのをためらう傾向がある。最近、プタを使ったby-stander CPRの方法の比較検討(換気による胸骨圧迫の中断を16秒としてシミュレーション)<sup>31, 32)</sup>と院外心停止の後方視的観察的研究<sup>33)</sup>の結果、換気を行うことなく胸骨圧迫を連続した方が、15対2や30対2で行うより神経学的予後が優れていることが示された。今後前方視的に両者の比較検討が必要である<sup>34)</sup>が、一般市民のBLSの教育内容を早急に変更する必要性も出てきている<sup>35, 36)</sup>。ただ一般市民のBLSから「換気」をなくしてしまうことに異論を唱える専門家もあり今後さらに検討する必要がある。

(4) CPRの品質をいかにモニターして適正化するかについては、院外心停止患者に対するBLS(2000年ガイドラインに沿う)の質の評価を救急隊員などに密着して現場で実施した報告がある。その結果、胸骨圧迫の程度(加速度計使用)と換気(胸腔内インピーダンス計使用)を測定して評価したところ、全体の時間の50%近くでBLSが中断されていた(15~20%はAED解析や通電のため)<sup>37)</sup>。2005年ガイドラインではこの点の反省に立ってCPRの質の向上が強調された。

米国では医療施設評価認証機関(Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations : JCAHO)が病院の蘇生対応能力の基準を改定して、蘇生方針、蘇生手技、蘇生過程、蘇生プロトコル、蘇生器具の評価、職員の訓練、転帰の調査などの項目を含むものとしたほか、AHAは院内心停止登録調査(National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation : NRCPR)を設立し病院の蘇生成績を記録して分析し、蘇生プログラムの改善を目指している<sup>38)</sup>。その結果、米国内で検討した最近の報告では、市民レベルでの蘇生訓練の浸透と救急隊の素早い行動が備わった地域での救命率が40%近くとなっている<sup>39)</sup>。日本でもこの分野における現状の把握とCPRの質評価と分析手段の確立を急ぎ、技術の向上を目指す必要性から2005年より日本全国の院外心停止のレジストリーが開始され、データ分析が行われてい

る<sup>40)</sup>。また小児においても、国内小児蘇生のレジストリー構築と多施設共同研究体制の必要性が提言されている<sup>41)</sup>。

(5) 気管チューブの固定の最良の方法は以前からの課題である。病院前搬送において偶発的な気管チューブの位置異常が高率に認められることが示されており<sup>29)</sup>、挿管チューブの片側気管支挿入や事故抜管となる危険性があるからである。今後気管チューブの確実な固定法の検討が必要である。

(6) AEDの安全性と効果に関する臨床データについて、成人の院外心停止におけるAEDの有用性と安全性が明らかになるとともに<sup>42, 43)</sup>、小児での検討がなされてきた。心室細動は今まで小児の心停止の原因としてみられてきたが、数々の検討により小児の心停止の10%前後は心室細動または無脈性心室頻拍が原因であることが明らかとなり<sup>44)</sup>、早急な除細動が救命に繋がることを示された<sup>45)</sup>。小児におけるAEDの不整脈解析の精度は特異度99~100%(shockをかけてはいけない場合にshockを行わない)、感度(shockをかけるべき場合にshockをかける)は心室細動に対しては96~100%、速い心室頻拍に対しては56~95%、最近の報告では95%であり、十分安全で有用と思われた<sup>46-48)</sup>。一方、小児のエネルギー値については、1970年代の動物実験<sup>49)</sup>および小児における後方視的検討に基づき<sup>50)</sup>、現在便宜上2~4J/kgとされているが、理想的なエネルギー値は不明である<sup>51)</sup>。また二相性波形を用いた動物実験では高エネルギーの使用でも明らかな心筋傷害は認められず<sup>52, 53)</sup>、また実際に高エネルギー(8~9J/kg)の除細動を行った乳幼児例でも明らかな心筋傷害は認められなかった<sup>54, 55)</sup>。現在は1歳以上の小児では小児用AEDの使用が認められているが、最近では乳児への使用も容認すべきとの意見もある<sup>56)</sup>。ただ1歳以下の心室細動の頻度は3%以下とまれであること<sup>57)</sup>から不整脈を起こしやすい患者での限定的使用にとどめるべきとの意見<sup>58)</sup>もあり今後検討すべきであろう。

(7) 心停止に際した小児に対するラリングアルマスクの安全性と効果に関する臨床データは十分なものがない。ただ成人と比較して年少児では合併症発生率が高いというデータがある<sup>59)</sup>。現在のところ、気道確保が難しい小児の心停止では熟練者が気管チューブの代わりに使用してもよい<sup>29)</sup>。

(8) CPR中やCPR後における酸素投与の利点と危険性に関して、現時点では一般的に心肺停止で高度の酸素欠乏となっている場合、蘇生の初期には100%酸素が必要と考えられる<sup>60)</sup>。しかし、動物実験によると虚血後の再還流により活性酸素が中心的に作用して組織

を傷害すること<sup>61)</sup>、また100%酸素で蘇生をしてその後すぐに酸素濃度を下げた方が神経学的予後が良好であることが示された<sup>62)</sup>。蘇生時の酸素濃度をどう設定していくのが良いのかは、今後臨床の場で検討が必要である。

(9)心停止中の抗不整脈薬と昇圧剤に関する臨床データに関して、2000年ガイドラインで許容された高用量のエピネフリンは予後をむしろ悪化させるとされ特殊な場合(β遮断剤過量投与、ICUなどですでに昇圧剤を使用している場合など)を除き推奨されなくなった<sup>29)</sup>。成人心停止で使用されるバゾプレッシンを小児で使用可能かどうかについては判断できるデータがないので、今後検討が必要である<sup>29)</sup>。また成人での検討では、除細動抵抗性の心室性不整脈(心室細動、無脈性心室頻拍)で使用されるアミオダロンはリドカインとの比較で生存入院を改善した(生存退院は改善なし)<sup>63)</sup>。小児でも効果が期待できるとわれ、2005年ガイドラインで推奨された。最近の報告では小児蘇生例の40%でアミオダロンが使用された(うち67%でリドカインも併用)<sup>64)</sup>。日本でも小児に対するアミオダロン使用の検討が必要である。

(10)小児の心停止の際の人為的低体温療法の実施については、今後さらにエビデンスが必要である。成人領域では、蘇生後の低体温療法は積極的には行うべきでないとして2000年ガイドラインに記載されていたが、その後心室細動による成人心停止患者に対する低体温療法の効果の報告があり<sup>65) 66)</sup>、2003年ILCORの中間報告では人為的低体温療法を支持し、2005年ガイドラインでは心室細動で院外心停止成人患者では32～34度で12～24時間の冷却を勧めている。非心室細動でも有益である可能性があるがエビデンスがさらに必要である。小児ではまだ検討が必要な段階であり、そのタイミングや方法が確立されておらず<sup>60)</sup>、最近の報告でも臨床の場で低体温療法が実施されるケースは少ない<sup>67)</sup>。しかし今後、心肺脳蘇生の面で有力治療となる可能性がある<sup>60)</sup>。

(11)心肺停止後の心機能障害の同定と治療について、現在は心停止から蘇生された場合、血行動態に基づいて昇圧剤、血管拡張薬を使用しているが、長期的な視野で予後を改善する理想的な治療方法は不明である。呼吸、循環、脳保護すべてを含んだ治療のプロトコルを小児蘇生においても作成することが蘇生実績を上げるために必要である<sup>60)</sup>。

(12)心停止中の線溶薬と抗凝固薬の使用に関しては、全身臓器の微小循環を改善するという報告がある<sup>68)</sup>が、根拠が不十分であり出血リスクもあるため、

現在のところルーチン使用は控え、肺塞栓症や、成人領域の急性冠症候群の場合に限り考慮すべきと考えられている<sup>68) 69)</sup>。

(13)組織還流を評価するための新しい技術については、現在のところ心肺脳蘇生で重要な要素である脳皮質の微小循環の評価方法として、反射光を用いて微小循環を非侵襲的に映像化するOPSイメージング(orthogonal polarization spectral imaging)法がある。光の波長をヘモグロビンの吸収スペクトル内に設定すれば微小循環の血管を可視化できる。たとえば生体内顕微鏡の小さなプローブを、内臓表面や体温計のように舌下に置けば微小循環をモニターすることができる<sup>70)</sup>。この方法を動物実験に用いることにより、心肺蘇生時の微小循環の検討が行われるようになった<sup>71) 72)</sup>。

(14)心停止後の転帰予測のための指標としては、心肺蘇生中の呼気末期CO<sub>2</sub>レベル<sup>73)</sup>、動脈血のbase excess<sup>74)</sup>、また解糖系酵素のneuron-specific enolase(NSE)やS100b蛋白の上昇が、Glasgow coma scale低値とともに心停止後の予後不良の指標と考えられる<sup>60) 75)</sup>。

## 上記以外に重要な項目

### 炭酸水素ナトリウム使用の適応

これは以前から議論されている課題である。2005年ガイドライン作成時もワークシートが準備され討議されたが、エビデンス不十分のため報告されなかった。

現在のところ長時間の心停止で蘇生に反応しない場合に炭酸水素ナトリウムの使用も考慮されるが、一般的な蘇生での使用は推奨されない。心肺停止では肺でのガス交換が不十分なため、炭酸ガスの排泄が遅れ、むしろ細胞へ移行する。このため炭酸水素ナトリウムの使用によって血液はアルカローシスとなるが、心筋などの細胞のアシドーシスは是正されず<sup>76)</sup>、むしろ高炭酸ガス血症による組織アシドーシスを来す危険もある。また成人の院外心停止に対する炭酸水素ナトリウム使用に関する大規模な検討から、ルーチンの使用は効果が期待できず、その使用は長い心停止の場合のみに限られた<sup>77) 78)</sup>。これに反して動物実験では効果も指摘されており<sup>79) 80)</sup>、またstudy designに関する批判はあるが、成人の院外心停止の検討で炭酸水素ナトリウム使用の効果があつたとの報告もある<sup>81)</sup>。今後成人のみならず一般小児、さらには基礎疾患のある例(たとえば先天性心疾患児)での炭酸水素ナトリウム使用の是非に関しても詳細に検討する必要がある。

## 結 語

20世紀半ばにCPRの原型が形成されてから、膨大な

エビデンスの積み重ねを経て、CPRの国際ガイドラインの制定に至った。現在もより良い蘇生法の模索が続いており5年ごとにガイドラインの更新のための専門家会議がILCORにより行われている。2006年に日本もILCORに加盟し、3年後の2009年にILCORの国際会議が大阪で開催された。今後、蘇生領域での日本の貢献が期待される。2005年ILCOR小児委員会を示した今後の課題を中心に取り組んでいくことが必要である。2010年ガイドラインでは、蘇生法の一般化、普遍化を進めるとともに、さらにエビデンスの高いCPRが提唱されると思われる。今後日本でのエビデンスを積み重ね、より良い方法を模索し、日本から発信していく必要がある。

謝辞 本論文のご校閲を賜った君津中央病院救急・集中治療科の清水直樹先生に深謝いたします。

#### 【参考文献】

- 1) 旧約聖書 列王記下4章34-35節
- 2) Safar P, Escarraga LA, Elam JO, et al: A comparison of the mouth-to-mouth and mouth-to-airway methods of artificial respiration with the chest-pressure arm-lift methods. *N Eng J Med* 1958; **258**: 671-677
- 3) 木村重雄: 蘇生の歴史. *愛麻NEWSLETTER* 82-84
- 4) Fothergill J: Observations on a case published in the last volume of the medical essays, &c. of recovering a man dead in appearance by distending the lungs with air. Printed at Edinburgh, *Licent Coll Med Lond. Phil Trans* 43 **1744**: 275-281
- 5) Elam JO, Brown ES, Elder JD Jr: Artificial respiration by month-to-mask method; a study of the respiratory gas exchange of paralyzed patients ventilated by operator's expired air. *N Eng J Med* 1954; **250**: 749-754
- 6) Gordon AS, Frye CW, Gittelson L, et al: Mouth-to-mouth versus manual artificial respiration for children and adults. *J Am Med Assoc* 1958; **167**: 320-328
- 7) 道家達将: からだの認識と医療, 岩波市民大学 人間の歴史を考える. 東京, 岩波書店, 1994, pp84-98
- 8) Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG: Closed-chest cardiac massage. *JAMA* 1960; **173**: 1064-1067
- 9) Acierno LJ, Worrell LT: Peter Safar: father of modern cardiopulmonary resuscitation. *Clin Cardiol* 2007; **30**: 52-54
- 10) Babbs CF, Kern KB: Optimum compression to ventilation ratios in CPR under realistic, practical conditions: a physiological and mathematical analysis. *Resuscitation* 2002; **54**: 147-157
- 11) Babbs CF, Nadkarni V: Optimizing chest compression to rescue ventilation ratios during one-rescuer CPR by professionals and lay persons: children are not just little adults. *Resuscitation* 2004; **61**: 173-181
- 12) Beck CS: Resuscitation for cardiac standstill and ventricular fibrillation occurring during operation. *Am J Surg* 1941; **54**: 273-279
- 13) Beck CS, Pritchard WH, Feil HS: Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock. *J Am Med Assoc* 1947; **135**: 985-986
- 14) Zoll PM, Linenthal AJ, Gibson W, et al: Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric countershock. *N Engl J Med* 1956; **254**: 727-732
- 15) Kouwenhoven WB, Milnor WR, Knickerbocker GG, et al: Closed chest defibrillation of the heart. *Surgery* 1957; **42**: 550-561
- 16) 厚生労働省: 応急手当指導者標準テキスト(追補版). 早期除細動の重要性. pp17-23. 応急手当普及啓発推進検討会報告書(中間報告)2004. 8: [http://www.wds.emis.or.jp/gfiles/INF20040906211506\\_0012200085.pdf](http://www.wds.emis.or.jp/gfiles/INF20040906211506_0012200085.pdf).
- 17) JRC ホームページ: <http://jrc.umin.ac.jp/ilcor.html>
- 18) 生垣 正: 国際蘇生法連絡委員会(ILCOR)の設立と「心肺蘇生法に関するILCOR勧告」について. *LiSA* 2000; **7**: 550-555
- 19) 小川鼎三: 医学の歴史. 東京, 中央公論新社. 1964, p215
- 20) 恩地 裕, 入野忠芳, 鶴飼 恒, ほか: 日本救急医学会編: 救急蘇生法の指針. 東京, 医歯薬出版, 1978
- 21) 織田敏次, 阿部 裕, 中川昌一, ほか: 心肺蘇生法. 循環器領域の緊急処置 内科セミナー CV13. 東京, 永井書店, 1980, pp1-3
- 22) 青野 允: 蘇生法の国際基準を目指して: わが国の現状. *朝日メディカル* 1999; **3**: 70-71
- 23) 大橋教良: 救急医療の原点としてのDOA. *救急医学* 1991; **15**: 249
- 24) 小濱啓次: DOAの現状と今後の課題. *救急医学* 1991; **15**: 250-256
- 25) 日本救急医療財団ホームページ: <http://www.qqzaidan.jp/profile.html>
- 26) American Heart Association: Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 3: adult basic life support. *Circulation* 2000; **102** (8 Suppl): 122-159
- 27) Eberle B, Dick WF, Schneider T, et al: Checking the carotid pulse check: diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation* 1996; **33**: 107-116
- 28) Moule P: Checking the carotid pulse: diagnostic accuracy in students of the healthcare professions. *Resuscitation* 2000; **44**: 195-201
- 29) American Heart Association: 2005 International Consensus Conference on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. Part 6: pediatric basic and advanced life support. *Circulation* 2005; **112** (22 Suppl): III73-III90, 2005 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 11: pediatric basic

- life support: IV156–IV166, Part 12: pediatric advanced life support: *Circulation* 2005; **112** (24 Suppl): IV167–IV187
- 30) Aufderheide TP, Birnbaum M, Lick C, et al: A tale of seven EMS systems: an impedance threshold device and improved CPR techniques double survival rates after out-of-hospital cardiac arrest. Abstract 64 *Circulation* 2007; **116**: II936–II937
  - 31) Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, et al: Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002; **105**: 645–649
  - 32) Ewy GA, Zuercher M, Hilwig RW, et al: Improved neurological outcome with continuous chest compressions compared with 30: 2 compressions-to-ventilations cardiopulmonary resuscitation in a realistic swine model of out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007; **116**: 2525–2530
  - 33) SOS-KANTO study group: Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. *Lancet* 2007; **369**: 920–926
  - 34) Gazmuri R: Chest-compression—only CPR for lay rescuers? *Currents* 2007; **18**: 1–3
  - 35) Ewy GA: Cardiac arrest—guideline changes urgently needed. *Lancet* 2007; **369**: 882–884
  - 36) Sayre MR, Berg RA, Cave DM, et al: Hands-only (compression-only) cardiopulmonary resuscitation: a call to action for bystander response to adults who experience out-of-hospital sudden cardiac arrest: a science advisory for the public from the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee. *Circulation* 2008; **117**: 2162–2167
  - 37) Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al: Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005; **293**: 299–304
  - 38) American Heart Association: 2005 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 3: overview of CPR. *Circulation* 2005; **112** (24 Suppl): IV1–IV203
  - 39) Nichol G, Thomas E, Callaway CW, et al: Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome. *JAMA* 2008; **300**: 1423–1431
  - 40) 心肺機能停止傷病者の救命率等の状況(平成21年 1 月23 日)。消防庁救急企画室: <http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/2101/210122-1houdou.pdf>
  - 41) 日本小児集中治療研究会: 脳蘇生の重要性和小児蘇生レジストリー: [http://www.jspicc.jp/pals/pals02\\_04.html](http://www.jspicc.jp/pals/pals02_04.html)
  - 42) Hallstrom AP, Ornato JP, Weisfeldt M, et al: Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004; **351**: 637–646
  - 43) Sanna T, La Torre G, de Waure C, et al: Cardiopulmonary resuscitation alone vs. cardiopulmonary resuscitation plus automated external defibrillator use by non-healthcare professionals: a meta-analysis on 1583 cases of out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2008; **76**: 226–232
  - 44) Young KD, Seidel JS: Pediatric cardiopulmonary resuscitation: a collective review. *Ann Emerg Med* 1999; **33**: 195–205
  - 45) Mogayzel C, Quan L, Graves JR, et al: Out-of-hospital ventricular fibrillation in children and adolescents: causes and outcomes. *Ann Emerg Med* 1995; **25**: 484–491
  - 46) Cecchin F, Jorgenson DB, Berul CI, et al: Is arrhythmia detection by automatic external defibrillator accurate for children?: sensitivity and specificity of an automatic external defibrillator algorithm in 696 pediatric arrhythmias. *Circulation* 2001; **103**: 2483–2488
  - 47) Atkinson E, Mikysa B, Conway JA, et al: Specificity and sensitivity of automated external defibrillator rhythm analysis in infants and children. *Ann Emerg Med* 2003; **42**: 185–196
  - 48) Atkins DL, Scott WA, Blafox AD, et al: Sensitivity and specificity of an automated external defibrillator algorithm designed for pediatric patients. *Resuscitation* 2008; **76**: 168–174
  - 49) Geddes LA, Tacker WA, Rosborough JP, et al: Electrical dose for ventricular defibrillation of large and small animals using precordial electrodes. *J Clin Invest* 1974; **53**: 310–319
  - 50) Gutgesell HP, Tacker WA, Geddes LA, et al: Energy dose for ventricular defibrillation of children. *Pediatrics* 1976; **58**: 898–901
  - 51) Atkins DL, Kenney MA: Automated external defibrillators: safety and efficacy in children and adolescents. *Pediatr Clin North Am* 2004; **51**: 1443–1462
  - 52) Tang W, Weil MH, Jorgenson D, et al: Fixed-energy biphasic waveform defibrillator in a pediatric model of cardiac arrest and resuscitation. *Crit Care Med* 2002; **30**: 2736–2741
  - 53) Killingsworth CR, Melnick SB, Chapman FW, et al: Defibrillation threshold and cardiac responses using an external biphasic defibrillator with pediatric and adult adhesive patches in pediatric-sized piglets. *Resuscitation* 2002; **55**: 177–185
  - 54) Bar-Cohen Y, Walsh EP, Love BA, et al: First appropriate use of automated external defibrillator in an infant. *Resuscitation* 2005; **67**: 135–137
  - 55) Gurnett CA, Atkins DL: Successful use of a biphasic waveform automated external defibrillator in a high-risk child. *Am J Cardiol* 2000; **86**: 1051–1053
  - 56) Committee on Pediatric Emergency Medicine and Section on Cardiology and Cardiac Surgery: Ventricular fibrillation and the use of automated external defibrillators on children. *Pediatrics* 2007; **120**: 1159–1161
  - 57) Gerein RB, Osmond MH, Stiell IG, et al: What are the etiology and epidemiology of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest in Ontario, Canada? *Acad Emerg Med* 2006; **13**: 653–658
  - 58) Kleinman M: AEDs for infants: clarifying AHA/AAP recommendations. *Currents* 2008; **19**: 1–3
  - 59) Park C, Bahk JH, Ahn WS, et al: The laryngeal mask airway in infants and children. *Can J Anaesth* 2001; **48**: 413–417
  - 60) Hickey RW, Nadkarni V: Future directions in cardiocerebral resuscitation. *Pediatr Clin North Am* 2008; **55**: 1051–1064
  - 61) Idris AH, Roberts LJ 2nd, Caruso L, et al: Oxidant injury oc-



- curs rapidly after cardiac arrest, cardiopulmonary resuscitation, and reperfusion. *Crit Care Med* 2005; **33**: 2043–2048
- 62) Balan IS, Fiskum G, Hazelton J, et al: Oximetry-guided reoxygenation improves neurological outcome after experimental cardiac arrest. *Stroke* 2006; **37**: 3008–3013
- 63) Dorian P, Cass D, Schwartz B, et al: Amiodarone as compared with lidocaine for shock-resistant ventricular fibrillation. *N Engl J Med* 2002; **346**: 884–890
- 64) October TW, Schleiien CL, Berg RA, et al: Increasing amiodarone use in cardiopulmonary resuscitation: an analysis of the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Crit Care Med* 2008; **36**: 126–130
- 65) 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
- 66) 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**: 557–563
- 67) Haque IU, Latour MC, Zaritsky AL: Pediatric critical care community survey of knowledge and attitudes toward therapeutic hypothermia in comatose children after cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2006; **7**: 7–14
- 68) Spöhr F, Wenzel V, Böttiger BW: Thrombolysis and other drugs during cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care* 2008; **14**: 292–298
- 69) わが国の新しい救急蘇生ガイドライン(骨子)(ALS). 心停止時の治療 : <http://www.qqzaidan.jp/qqsousei/>
- 70) Groner W, Winkelmann JW, Harris AG, et al: Orthogonal polarization spectral imaging: a new method for study of the microcirculation. *Nat Med* 1999; **5**: 1209–1212
- 71) Ristagno G, Tang W, Sun S, et al: Cerebral cortical microvascular flow during and following cardiopulmonary resuscitation after short duration of cardiac arrest. *Resuscitation* 2008; **77**: 229–234
- 72) Ristagno G, Tang W, Huang L, et al: Epinephrine reduces cerebral perfusion during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2009; **37**: 1408–1415
- 73) Kolar M, Krizmaric M, Klemen P, et al: Partial pressure of end-tidal carbon dioxide successful predicts cardiopulmonary resuscitation in the field: a prospective observational study. *Crit Care* 2008; **12**: R115
- 74) Takasu A, Sakamoto T, Okada Y: Arterial base excess after CPR: the relationship to CPR duration and the characteristics related to outcome. *Resuscitation* 2007; **73**: 394–399
- 75) Sedaghat F, Notopoulos A: S100 protein family and its application in clinical practice. *Hippokratia* 2008; **12**: 198–204
- 76) Kette F, Weil MH, von Planta M, et al: Buffer agents do not reverse intramyocardial acidosis during cardiac resuscitation. *Circulation* 1990; **81**: 1660–1666
- 77) Dybvik T, Strand T, Steen PA: Buffer therapy during out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1995; **29**: 89–95
- 78) Vukmir RB, Katz L: Sodium bicarbonate improves outcome in prolonged prehospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2006; **24**: 156–161
- 79) Bar-Joseph G, Weinberger T, Castel T, et al: Comparison of sodium bicarbonate, bicarb, and THAM during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Crit Care Med* 1998; **26**: 1397–1408
- 80) Leong EC, Bendall JC, Boyd AC, et al: Sodium bicarbonate improves the chance of resuscitation after 10 minutes of cardiac arrest in dogs. *Resuscitation* 2001; **51**: 309–315
- 81) Bar-Joseph G, Abramson NS, Kelsey SF, et al: Improved resuscitation outcome in emergency medical systems with increased usage of sodium bicarbonate during cardiopulmonary resuscitation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; **49**: 6–15