

第3章

小児の蘇生

PBLS, PALS; Pediatric Basic Life Support, Pediatric Advanced Life Support

■PBLS, PALS 作業部会共同座長 (*編集委員兼務)

- 太田 邦雄* 金沢大学医薬保健研究域小児科准教授
清水 直樹* 東京都立小児総合医療センター救命・集中治療部集中治療科医長

■PBLS, PALS 作業部会委員

- 岩佐 充二 名古屋第二赤十字病院第一小児科部長
岩崎 達雄 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科麻酔・蘇生学分野
牛ノ濱大也 福岡市立こども病院・感染症センター循環器科
金沢 貴保 静岡県立こども病院小児集中治療科
神菌 淳司 北九州市立八幡病院小児救急センター小児科主任部長兼小児救急センター長
黒澤 茶茶 静岡県立こども病院救急総合診療科
黒澤 寛史 静岡県立こども病院小児集中治療科医長
齊藤 修 東京都立小児総合医療センター救命・集中治療部
齊藤 剛克 金沢大学医薬保健研究域小児科助教
佐藤 誠一 新潟市民病院小児科・総合周産期母子医療センター副部長
志馬 伸朗 京都府立医科大学集中治療部講師
新津 健裕 東京都立小児総合医療センター救急・集中治療部
新田 雅彦 大阪医科大学救急医学教室講師
水野圭一郎 福岡市立こども病院・感染症センター麻酔科科長
六車 崇 国立成育医療研究センター集中治療科医長

■編集委員

- 太田 邦雄 金沢大学医薬保健研究域小児科准教授
坂本 哲也 帝京大学医学部救急医学講座教授
清水 直樹 東京都立小児総合医療センター救命・集中治療部集中治療科医長
野々木 宏 国立循環器病研究センター心臓血管内科部門長
畑中 哲生 救急振興財団救急救命九州研修所教授

■共同議長

- 岡田 和夫 日本蘇生協議会会長・アジア蘇生協議会会長
丸川征四郎 医療法人医誠会病院院長

■1 はじめに

1. 小児・乳児の定義

1歳未満を乳児とし、1歳から思春期以前（目安としてはおよそ中学生までを含む）を小児とする。国際的にも生理学的観点からも、小児と成人の区切りは思春期頃とするのが妥当とされているが、出生後から思春期以前を広く小児ということもある。

なお、出生28日以内は新生児とされ、新生児の救急蘇生法が用いられるが、病院前救護や小児集中治療部門においては、生後28日までの新生児の対応についても乳児と同様にしている。

2. 「救命の連鎖」と「bow-tie concept」

小児と成人を包括した「救命の連鎖」は、①心肺停止の予防、②早期認識と通報、③一次救命処置（AEDを含める）、④二次救命処置（心停止後の集中治療を含める）の4つの要素からなる。

これは、小児の救急蘇生法においては2005年版ガイドラインから重視されてきた“bow-tie concept”の概念が、成人も包括して従来以上に重視された結果である。

1) 心肺停止の予防

不慮の事故による傷害の防止から始まり、疾病予防、疾病警告サインの認識による心肺停止予防も含めた概念である。小児・乳児ではことに、不慮の事故による傷害の予防による心肺停止の予防を強調してきた。またここでの予防とは、救急医療体制の整備も包括する。

2) 早期認識と通報

心肺停止の早期認識、救急医療システムへの通報、院内での救急医療チーム（Medical Emergency Team：MET / Critical Care Response Team：CCRT）の始動を含めた概念である。

小児・乳児の心肺停止の原因としては、心停止が一次的な原因になる（心原性心肺停止）ことは少なく、呼吸停止に引き続いて心肺停止となる（呼吸原性心肺停止）ことが多い。いったん心肺停止になった小児・乳児の転帰は不良であるが、呼吸停止だけの状態で発見され、心停止に至る前に治療が開始された場合の救命率は70%以上と報告されている。すなわち、小児・乳児の心肺停止に直結する呼吸障害とショックを早期に気づいて、すみやかに対応することが救命率改善に欠かせない。

■2 小児の死因と心肺停止の予防

わが国における1歳以後の小児の死亡原因第1位は「不慮の事故」である。多くの不慮の事故は予防可能であり、これによる心肺停止を未然に防ぐことは重要である。事故は偶発的で避けられないもの (accident) ではなく、予防可能な傷害 (injury) ととらえ、不慮の事故による傷害の予防 (injury prevention) についての市民啓発が重要である。

1. 自動車事故

6歳未満の自動車同乗中交通事故による死傷者数は、チャイルドシート装着義務化 (平成12年) 以降も全年齢の3倍以上の増加率で推移している。原因として、チャイルドシート装着率が50%未満と低く、装着していても取り付けが不十分であることが指摘されている。

2. 自転車事故

15歳以下の自転車事故による死傷者数は年間約3万人で (平成21年警視庁資料)、減少傾向にあるものの、全交通事故死亡に占める割合は増加している。自転車事故による死亡と関連が深い頭部外傷の重症度がヘルメット装着で著しく軽減することが知られているが、わが国では自転車乗車時のヘルメット着用に対する意識が低い。また、2歳未満の子どもが自転車補助椅子から転落する事故が多いのも、わが国の特徴である。

3. 異物誤飲・誤嚥

小児・乳児の異物誤飲・誤嚥による死亡者の約60%が1歳未満の乳児であり、5歳未満が90%以上を占める。目安としてトイレトペーパーの芯を通過する大きさのものすべてが、小児・乳児の異物誤飲・誤嚥の原因となり得る。乳児健診などの定期的な診察の機会を利用して、子どもの発達段階に応じた予防指導が大切である。

4. 溺 水

わが国では自宅浴槽での溺水が多い。とくに未就学児のいる家庭では、浴槽に残し湯をしない、風呂場に入る扉の高い位置に鍵を装着するなど、さまざまな可能性を想定した予防策が必要である。

5. 火 災

小児・乳児の火災による死亡原因の80%は、自宅火災である。家屋への煙探知機や消火スプリンクラーの設置が、火災による死亡を減らすのに有用とされるが、自宅に残された子どもの火遊びによる出火が後を絶たない。難燃素材の指定や、子どもが使えないライターの開発などが検討されているが、保護者による監督が不可欠という認識が前提である。

■3 呼吸障害とショックの早期認識

小児救急患者の評価のさいには、病名診断から入りがちであり、診断がつかないと治療できないとの誤解が多い。しかし、救急患者の初期治療において病名診断がつかなくとも、以下に述べるような、呼吸循環機能の生理学的把握ならびに小児のバイタルサインに基づく迅速な評価を行えば、これを基に初期治療をただちに開始することが可能となる。最終的には、状態を安定させつつ診断をつける努力をして、さらに高度な治療に結びつけることができる。

1. 呼吸障害

呼吸障害が認められる場合には、その重症度により、呼吸窮迫と呼吸不全の2つのレベルに分類する。

1) 呼吸窮迫

呼吸窮迫は、呻吟、多呼吸、陥没呼吸、鼻翼呼吸など呼吸障害・呼吸努力が認められるものの、酸素化や換気が正常、またはそれに近く保たれている状態と定義される。

2) 呼吸不全

呼吸不全は、呼吸窮迫の状態がさらに進行し、酸素化や換気が正常に保たれない程度まで悪化している状態と定義される。

3) 呼吸障害の初期治療

呼吸窮迫と判断すれば、ただちに酸素投与を開始する。低酸素血症を伴えば、より高濃度な酸素を投与する。低換気状態を伴う場合は、バッグ・マスク換気などにより呼吸を補助する。そのさい、短時間の呼吸補助ですむのか、気管挿管が必要なのかを判断する。

2. ショック

ショックとは、組織灌流障害により組織の代謝需要と比較して酸素と栄養が十分に供給されないことにより、細胞の酸素不足、代謝性アシドーシスなどが進行し、生命維持に危機が迫った急性全身性の病的状態のことである。

意識状態の悪化、頻拍（脈）または徐脈（拍）、脈拍の減弱、血圧低下、毛細血管再充満時間の延長（2秒以上）、四肢冷感、尿量減少などが、循環障害の一般的な徴候としてみられる。

1) 代償性ショック

心室からの1回拍出量が低下していても、心拍数増加による心拍数出量増加や、末梢血管収縮による体血管抵抗上昇などの代償機転により、血圧が各年齢における許容下限値以上に保たれている状態が、代償性ショックと定義される。

2) 低血圧性ショック

代償性ショックの状態からさらに悪化し、生体の代償機転の限界を越え、血圧が各年齢における許容下限値以下の低血圧になってしまった状態が、低血圧性ショックと定義される。

3) ショックの初期治療

ショックの原因にもさまざまあるが、初期治療としては、その原因にかかわらず等張性輸液（生理食塩液やリンゲル液など）10～20ml/kgを急速投与する。低張性輸液は使用しない。迅速な初期評価に続いて再評価し、必要があれば等張性輸液を再投与するが、同時にショックの原因の検索も行う。

また、ショック状態においても、体組織の酸素需要が供給を上回っているため、ただちに酸素投与を行う。

■4 医療システム：MET/CCRTとPICU

1. 救急医療チーム

救急医療チーム（MET/CCRT）や迅速対応チーム（Rapid Response Teams：RRT）は、入院患者の呼吸停止と心停止を予防するのに有効であることが示されている。

1件のメタアナリシス（LOE 3¹）と3件の小児のヒストリカルコントロール研究において、METやRRTを導入することで小児の院内死亡率が低下したことが示された（LOE 3²⁻⁴）。METやCCRTの導入は以下に関係する。

- 1件のヒストリカルコントロール研究（LOE 3⁵）において、心停止ではなく呼吸停止の頻度が低下した。
- 1件のチャートレビューと比較した研究において、予防可能な心肺停止の頻度が低下した（LOE 3⁶）。
- 1件の臨床研究（LOE 3⁴）において、予防可能な心肺停止の頻度が低下した。
- 1件のヒストリカルコントロールを用いた小児のコホート研究（LOE 3³）において、心肺停止の頻度と小児集中治療室（Pediatric Intensive Care Unit：PICU）外死亡率が低下した。

集中治療室以外の病棟において小児の呼吸停止や心停止の発生を防止する目的で、小児MET/RRTの設置が考慮されてよいが、前提としてのPICUの整備が必要となる。

2. 小児集中治療室

すでに海外では、重症小児患者をPICUへ集約化することの有効性が証明されてPICUが整備されているが（LOE 4⁷）、わが国においてはまだ十分に整備されていない。しかし、わが国においても、小児重症患者をPICUに集約することで転帰を改善するという報告がある（J-LOE 4⁸）。

心停止後の管理は訓練されたPICUのチームに委ねるのが理想であり、蘇生に際しては、必

要であれば可及的すみやかに施設間搬送の調整を開始する。搬送チームは、小児集中治療医や小児救急医など、重症小児患者の治療経験が豊富な者で構成されることが望ましい。わが国においては、PICUの拡充が遅れているが、重症小児患者のPICUへの集約と、そのための搬送システムの確立が強く求められている。

■5 小児の一次救命処置 (Pediatric Basic Life Support : PBLs)

1. はじめに

市民救助者が小児に対して心肺蘇生 (Cardio-pulmonary Resuscitation : CPR) を行う場合は成人と共通の一次救命処置 (Basic Life Support : BLS) ガイドラインに従う。ただし、市民のうち小児にかかわることが多い人、すなわち保護者、保育士、幼稚園・小学校・中学校教職員、ライフセーバー、スポーツ指導者などは、小児BLS (Pediatric Basic Life Support : PBLs) ガイドラインを学ぶことを奨励する。医療従事者が小児を救助する場合はPBLsに従う。

ガイドラインでは、ステップの「手順」として一連のスキルを明確に示しているが、救助者が二人以上の場合には各種ステップを同時に行うことが望ましい (例: CPRの開始と救急医療システムへの通報)。この手順をPBLs アルゴリズムに示す。見出しに添えた番号はアルゴリズム内のボックスの番号を示す (なお本章では新生児は扱わない。「新生児の蘇生」を参照のこと)。

2. ガイドラインの変更点

2005年のガイドラインからのPBLsの変更点は下記のとおりである。

- CPRの実施を促すために、成人と同様に CPR は胸骨圧迫から開始する。一方、小児の心肺停止症例においては人工呼吸の有効性が明らかである。したがって、小児の CPR においては、準備ができしだい早急に人工呼吸を開始することを強調した。
- 心停止を判断するための脈拍の確認は信頼性がないことが明らかになった。心停止か否かは、傷病者の反応と正常な呼吸の有無から判断する。
- 自動体外式除細動器 (Automated External Defibrillator : AED) の使用に際し、エネルギー減衰機能付き小児用 AED パッド (小児用パッド) の使用対象を乳児まで拡大した (わが国では薬事未承認)。
- 現場の便宜を図るため、小児用パッドの使用年齢の上限を未就学児 (およそ 6 歳) までとした。

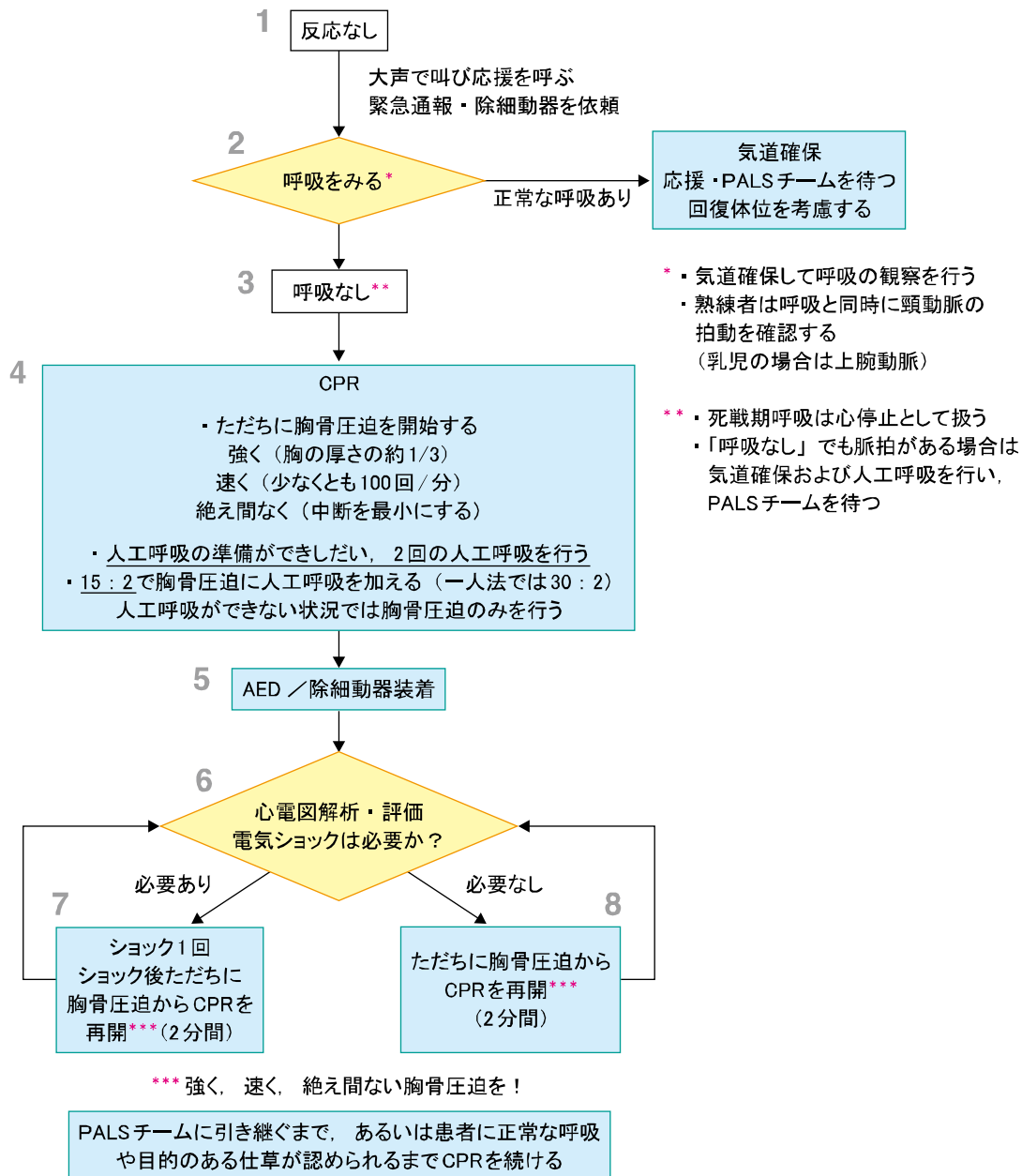


図1 医療従事者・救急隊員および日常的に小児に接する市民における PBLs アルゴリズム

3. PBLs のアルゴリズム

1) 反応の確認と緊急通報 [ボックス1]

周囲の安全を確認する。

肩を軽くたたきながら大声で呼びかけても、何らかの反応や目的をもった仕草が認められなければ、「反応なし」とみなす。乳児の場合には、足底を刺激して顔をしかめたり泣いたりするかで評価してもよい。

反応がなければ、その場で大声で叫び周囲の注意を喚起する。周囲の人に緊急通報（119番通報）とAEDの手配(近くにある場合)を依頼する。119番通報時に通信指令員は通報内容から心停止を疑った時点でただちに救急車の手配を行うことになっている。救助者は通信指令員による傷病者評価とCPRに関するアドバイスに従って落ち着いて行動する。

救助者自身は現場を離れずCPRの手順を開始する。ベッドサイドの院内緊急コールなどのシステムがあればそれを始動し、応援要請と資器材手配を依頼する。

2) 心停止の判断 [ボックス 2、3]

反応がなく、かつ呼吸がない、あるいは異常な呼吸（死戦期呼吸：gaspig）があれば心停止と判断し、ただちにCPRを開始する。呼吸の確認に10秒以上かけないようにする。死戦期呼吸は心停止のサインであり「呼吸なし」と同じ扱いである。

医療従事者や救急隊員などは、反応のない患者にはまず気道確保を行った上で呼吸の観察を行う。ただし、気道確保に手間取って、呼吸の観察がおろそかになったり、CPRの開始が遅れないようにするべきである。また、熟練救助者は患者の呼吸を観察しながら、同時に脈拍の有無を確認する。ただし、脈拍の確認のためにCPRの開始を遅らせてはならない。したがって、CPRに熟練していない救助者は、心停止確認のために脈拍の触知を行わなくてもよい。

傷病者に普段どおりの呼吸を認めるときは、気道確保を行い、応援、救急隊の到着を待つ。この間、傷病者の呼吸状態を継続観察し、呼吸が認められなくなった場合にただちにCPRを開始する。応援を求めるときやむを得ず現場を離れるときには、傷病者を回復体位に保つ。

まれに傷病者に呼吸はないが脈拍を触知できる場合がある。このような場合は気道確保して人工呼吸を行う。脈拍が60回/分未満の場合は徐脈（拍）アルゴリズムに従う。60回/分以上で自発呼吸がないか呼吸が不十分である場合は、自発呼吸が再開するまで1分間に12～20回の回数で人工呼吸を行う（3～5秒に1回）。その後、PALSチームの到着を待つ間、頻回の脈拍確認を行い、心停止となった場合に胸骨圧迫の開始が遅れないようにする。

3) CPR [ボックス 4]

(1) 胸骨圧迫

すべての救助者は、心肺停止の傷病者に胸骨圧迫を実施するべきである。胸骨圧迫部位は胸骨の下半分とする。その目安としては「胸の真ん中」とする。

以下のような質の高い胸骨圧迫を行うことが重要である。

- ・小児・乳児に対する胸骨圧迫の深さは、胸の厚さの約1/3とする。
- ・1分間当たり少なくとも100回のテンポで行う。
- ・胸骨圧迫の中断を最小限にする。

(2) 気道確保と人工呼吸

人工呼吸の準備ができしだい、気道確保して2回の人工呼吸を行う。すぐに人工呼吸ができない場合にはただちに胸骨圧迫を開始し、準備ができしだい、気道確保ののち2回の人工呼吸を行う。

人工呼吸は約1秒かけて行う。送気する量（1回換気量）の目安は傷病者の胸が上がる程度と確認できる程度とする。

気道確保法としては、頭部後屈-あご先挙上法を用いる。訓練を受けた者は必要に応じて下顎挙上法を試みてもよい。頸椎損傷が疑われる傷病者に対応する場合には下顎挙上法を第一選択とする。下顎挙上法で気道確保ができなければ頭部後屈-あご先挙上法を用いる。

小児の心肺停止では呼吸原性である可能性が高いため、できるだけすみやかに気道確保と人工呼吸を開始することが重要である。したがって、院内において心肺停止の危険性がある患者の場合は、ただちに人工呼吸を開始できる準備を整えておくことが望まれる。

(3) 胸骨圧迫と換気の比

2人の救助者がCPRを行う場合は、胸骨圧迫と人工呼吸の比は15:2とする。救助者が1人の場合は、成人と同様に、胸骨圧迫と人工呼吸の比を30:2とする。

気管挿管などの高度な気道確保が行われている場合は、人工呼吸中も中断することなく胸骨圧迫を実施する。人工呼吸の回数は1分間に10回程度とする。

人工呼吸ができない状況では、胸骨圧迫のみのCPRを行うべきである。

4) ECG 解析 [ボックス5、6]

除細動器が到着するまでは、医療従事者であっても脈拍をチェックすることなくCPRを続ける。

AED、あるいはマニュアル除細動器のいずれを使用する場合でも、ECG解析・評価を行う直前まで胸骨圧迫を継続する。AEDでは波形が自動解析されるが、マニュアル除細動器では蘇生を行う者が波形を確認し判断する必要がある。

なお、AEDモードに切り替えられるタイプの除細動器の場合は波形の自動解析が可能であり、蘇生に従事する機会が少ない医療従事者にとっても有用である。

未就学児・乳児に対しては、エネルギー減衰機能付き小児用パッドあるいはAEDを小児用モードに切り替えて用いるべきである。小児用パッドがないなどやむを得ない場合、成人用パッドを代用する。ただし、やむを得ず成人用パッドを使用するさいには、パッド同士が重なり合わないよう注意する。

パッドの貼付部位は、前胸部と側胸部とする。前胸部と背面も容認できる。

5) 電気ショックが必要である場合 [ボックス6→7]

AEDを用いる場合は、音声メッセージに従って電気ショックを行う。

マニュアル除細動器を用いる場合、心室細動/無脈性心室頻拍 (VF/無脈性 VT) であれば、電気ショックを行う。電気ショックを1回実施したら、ただちに胸骨圧迫からCPRを2分間行う。以後2分おきに、モニターの確認と電気ショックを繰り返す。

6) 電気ショックが必要でない場合 [ボックス6→8]

AEDを用いる場合は、音声メッセージに従ってただちにCPRを再開する。

マニュアル除細動器を用いる場合で、心拍再開 (ROSC) の可能性があるQRS波形が認められる場合は脈拍を確認する。脈拍を触知すればROSC後のモニタリングと管理を開始する。無脈性電気活動 (Pulseless Electrical Activity: PEA) や心静止であれば、ただちに胸骨圧迫からCPRを2分間行う。以後2分おきにモニターの確認を繰り返す。

7) 一次救命処置の継続

CPRは、傷病者に十分な循環が回復する、あるいは、救急隊など、ALSを行うことができる救助者に引き継ぐまで続ける。明らかにROSCと判断できる反応（正常な呼吸や目的のある仕草）が出現しない限り、CPRを中断してはならない。

4. 気道異物による窒息

1歳以上の小児の気道異物による窒息では、応援と救急通報依頼を行った後に、背部叩打、腹部突き上げ、胸部突き上げなどを用いて異物除去を試みる。これらの一連の手技は閉塞が解除されるまですばやく反復実施されるべきである。

乳児では、有効な強い咳ができずいまだ反応のある場合には、頭部を下げて、背部叩打と胸部突き上げを行う。

気道異物による窒息により反応がなくなった場合には、ただちにCPRを開始するべきである。市民救助者においては、通常の心停止例への対応と同様に胸骨圧迫からCPRを開始してもよい。熟練者においては、人工呼吸から開始する。なお、意識のない窒息の傷病者では、口腔内に視認できる固形物は指でつまみ出してもよい。

5. CPR

1) 心停止の判断

胸郭、腹部の動きを観察し、呼吸がない場合にはCPRの適応と判断し、CPRを開始するべきである (Class I)。市民救助者が呼吸の有無を確認するときには気道確保を行う必要はない。その代わりに胸と腹部の動きの観察に集中する。ただし、呼吸の確認に10秒以上かけないようにする。

死戦期呼吸は心停止のサインであり「呼吸なし」と同じ扱いである。死戦期呼吸とは、心停止直後にときおり認められる、しゃくりあげるような不規則な呼吸をいう。ただし、小児・乳児では死戦期呼吸がみられることが少ないとされている。

医療従事者や救急隊員などは、反応がない傷病者にはまず気道確保を行った上で呼吸の観察を行う。ただし、気道確保に手間取って、呼吸の観察がおろそかになったり、CPRの開始が遅れないようにするべきである。

市民は心停止確認のために脈拍の触知を行うべきではない (Class III)。医療従事者であってもCPRに熟練していない救助者は同様の対応でよい。一方、熟練救助者は傷病者の呼吸を観察しながら、同時に脈拍の有無を確認してもよい。ただし、脈拍の確認のために迅速なCPRの開始を遅らせてはならない (Class III)。救助者が脈拍の有無に自信がもてないときは呼吸の有無の確認に専念し、呼吸がないと判断した場合にはすみやかにCPRを開始する。

2) 脈の確認と循環のサイン

脈拍チェックのみで心停止を判断するのは信頼性がないと考えられる。そのため、もし傷病者の反応がなく、正常な呼吸をしておらず（呼吸がない、あるいは死戦期呼吸）、生命徴候がないならCPRを始めるべきである。経験のある救助者は呼吸の確認と同時に脈拍を確認する

(小児の場合は頸動脈か大腿動脈、乳児の場合は上腕動脈で確認する) が、10秒以内に脈の触知を確信できない限りCPRを始めるべきである (Class I)。

この根拠として、次のような研究がある。多数の研究 (LOE 5⁹⁻²¹) によれば、市民も医療従事者も健康な成人や乳児に対して10秒以内に脈拍の確認を正確にすることはできない。成人における研究 (LOE 5^{22, 23}) と、2つの非拍動性循環 (non-pulsatile circulation) の小児における盲検化研究 (LOE 3^{24, 25}) では、医療従事者は脈拍の状態を不正確に評価することが多く、その評価にはしばしば10秒以上を要することが示されている。小児の研究では、医療従事者が正確に脈拍触知できたのは80%のみであった。脈拍がないときに14~24%が、脈拍があると誤認し、脈拍があるときは21~36%が脈拍を確認することができなかった。脈拍があるときにそれを確認するための平均時間は約15秒、脈拍がないことを確認するための平均時間は30秒であった。ただし、この脈拍のない患者はECMOサポートを受けていたので、このデータから心停止の状況を推論するにあたっては注意が必要である。すなわち、すべての脈拍のない患者には循環があり、それゆえ毛細血管再充満時間が迅速で皮膚温も温かいという循環のサインがあった。また、評価を受けたすべての患者はCPRを受けておらず、ICUで治療中であった。

3) 胸骨圧迫の実施

傷病者を仰臥位に寝かせて²⁶、救助者は傷病者の胸の横にひざまずく²⁷。

胸骨圧迫の効果を最大限に発揮させるために、可能ならば硬いものの上でCPRを行うことは理にかなっている (Class IIa) (LOE 5²⁸⁻³⁰)。脱気できるマットレスであればCPR中は常に脱気すべきである (Class I) (LOE 5³¹)。CPR中に背板を使用することを支持あるいは否定するためのエビデンスは十分でないが、背板を使用する場合は、救助者は胸骨圧迫の開始の遅れや胸骨圧迫の中断を最小にすべきで、背板を敷くときにカテーテルやチューブが外れないように注意する。ベッド上の胸骨圧迫はしばしば浅くなりすぎることが報告されている (LOE 4³²、LOE 5^{28, 33-35})。CPRを行うために患者をベッドから床に下ろすことの危険性と利点を検討した研究はない。

4) 小児の胸骨圧迫：圧迫部位の決定

小児や成人に対する体外式胸骨圧迫部位について2005 CoSTRの推奨「救助者は傷病者の胸骨の下半分を圧迫するべきである」の変更を支持するようなRCTは報告されていない。したがって、胸骨圧迫部位として「胸骨下半分」を指標とすることは理にかなっている (Class IIa)。

5) 小児の胸骨圧迫：片手・両手での胸骨圧迫

心停止の小児への胸骨圧迫で、片手での胸骨圧迫と両手での胸骨圧迫を比較した研究はない。小児マネキンを用いた無作為クロスオーバー研究 (LOE 5³⁶) によると、医療従事者による両手での胸骨圧迫のほうが、より高い胸骨圧迫圧が発生していた。2件の研究 (LOE 5^{37, 38}) の報告では、医療従事者が小児マネキンに片手と両手とで行った胸骨圧迫を比較したところ、疲労について差はなかった。したがって小児に対して胸骨圧迫を行う場合には、片手か両手の手技のどちらを使用してもよい (Class IIb)。

6) 乳児の胸骨圧迫：二本指圧迫法、胸郭包み込み両母指圧迫法

市民救助者が乳児を救助する場合、医療従事者が1人で救助にあたる場合は、二本指圧迫法で行う (Class I)。胸の真ん中に指を2本当て、胸骨を圧迫する。PBLsを学んだ者が2人以上で救助にあたる場合は、胸郭包み込み両母指圧迫法が推奨される (Class I)。この場合、乳児の胸部に両手を当て、指を広げて胸郭を包み、両母指を胸の真ん中に当てる。救助者が1人であるか、傷病者の胸部に指を回すことができない場合は、胸骨を2本の指で圧迫する。

胸郭包み込み両母指圧迫法では、冠動脈により高い灌流圧がかかり、適切な深度・強度の圧迫が一定して行え³⁹⁻⁴²、またより高い収縮期圧と拡張期圧を発生させることが可能であるため⁴³⁻⁴⁶、二本指による圧迫より好ましい方法である。ただし、胸郭包み込み両母指圧迫法において、両母指で強く胸骨を圧迫しながら、他の指で胸郭を絞るように圧迫し、両方向から圧を加える方法 (squeeze) を支持あるいは否定するためのデータは十分でない。

7) 胸骨圧迫の深さ

3つの質の高い症例集積研究 (LOE 5⁴⁷⁻⁴⁹) の身体測定値によれば、小児において胸の厚さの1/3の胸骨圧迫は、胸腔内臓器に損傷を与えない。新生児の胸部CTに基づく数学的モデル (LOE 5⁵⁰) は、胸の厚さの1/3の深さの圧迫は1/4より効果的で、1/2より安全であることを示している。

質の高い成人での研究 (LOE 5⁵¹) では胸骨圧迫がしばしば不適切であることがわかっており、質の高い小児の研究 (LOE 4⁴⁸) では8歳以上の患者のCPRの間、胸骨圧迫はしばしば浅すぎ、とくに救助者の交代後に浅いことが示されている。小児のシステムティックレビュー (LOE 4⁵²) によれば肋骨骨折は胸骨圧迫とほとんど関連がない。

以上の研究から、2010 CoSTRには「乳児では胸の厚さの少なくとも1/3、あるいは約4cm、小児では胸の厚さの少なくとも1/3、あるいは約5cm圧迫する」との記載がある。しかし、わが国の研究 (J-LOE 4⁵³) では、日本人の1～7歳の小児の胸の厚さの平均は109.2～141.4mmと報告されており、その1/3は36.4～47.1mmとなるため、5cmでは深すぎる。したがって、本ガイドラインでは「胸の厚さの約1/3」を推奨する (Class I)。

8) 胸骨圧迫解除時の除圧

毎回の胸骨圧迫の後で胸壁が完全に元の位置に戻るよう圧迫を解除したほうが有益かもしれない (Class IIa) が、圧迫時には胸骨圧迫が浅くならないよう注意するべきである。

9) 胸骨圧迫のテンポ

すべての救助者は、1分間当たり少なくとも100回のテンポで胸骨圧迫を行うことは理にかなっている (Class IIa)。胸骨圧迫のテンポの推奨される上限についてのエビデンスは十分ではない。ただし、胸骨圧迫を中断せざるを得ない場合も、1分間当たりの胸骨圧迫回数が最大となるようにするべきである (Class I)。

10) 胸骨圧迫の質の確認

複数の救助者がいる場合は、推奨される胸骨圧迫のテンポや圧迫の深さ、人工呼吸回数が適切に維持されるように、救助者や救急隊員が互いに監視することは、CPRの質を高めるために有効かもしれない (Class II a)。また、リアルタイムに胸骨圧迫を感知しフィードバックをする装置をCPR中に使用してもよい (Class II b)。

11) CPR 中の脈拍の確認

明らかにROSCと判断できる反応（正常な呼吸や目的のある仕草）が出現しない限り、CPRを中断してはならない (Class III) し、医療従事者であっても、モニターを利用できない状況下ではROSCと判断できる反応が出現するまでは脈拍をチェックすることなくCPRを続けるべきである (Class I)。ECG上の適切なリズムが確認できるときに限って、脈拍の確認をするのが合理的である (Class II a)。

12) 救助者の交代のタイミング

疲労によって胸骨圧迫の質が低下しないように、1～2分ごとを目安に胸骨圧迫の役割を交代することを考慮する (Class II b)。交代に要する時間は最小にするべきである (Class I)。

13) 気道確保

効果的な人工呼吸のためには気道の確保が必要である (Class I)。反応のない小児に対する気道確保法としては頭部後屈-あご先挙上法が合理的である (Class II a)。訓練を受けた者は脊椎損傷が疑われる場合など必要に応じて下顎挙上法を用いてもよい (Class II b)。下顎挙上法のみで気道確保ができなければ、さらに頭部後屈を加える。なお、下顎引き上げ法は有害となり得るためにその適応決定と実施には注意が必要である。

14) 換気量と換気回数

1回換気量の目安は人工呼吸によって傷病者の胸の上がりを確認できる程度とするのが合理的である (Class II a)。CPR中は、呼吸原性、心原性など心停止の原因を問わず、過換気は避けるべきである (Class III)。小児・乳児においては、CPR中に過換気のを避けるために、年齢相応より少ない分時換気量で換気することは理にかなっている (Class II a)。

15) 感染防護具

院外における感染の危険性はきわめて低いので、感染防護具なしで人工呼吸を実施してもよいが、可能であれば感染防護具の使用を考慮する (Class II b)。ただし、院内・院外を問わず、患者に危険な感染症〔ヒト免疫不全ウイルス (HIV) 感染症、肺結核、B型肝炎、重症急性呼吸器症候群 (SARS)] の疑いがある場合や血液などによる汚染がある場合は、感染防護具を使用すべきである (Class I)。また、医療従事者が業務としてCPRを行う場合は標準予防策を講じるべきである (Class I)。

16) バッグ・バルブ・マスク換気 (医療従事者)

熟練救助者が2人以上でCPRを行う場合はBVMを用いた人工呼吸を行うことは合理的である (Class IIa)。さらに多くの救助者がいればマスクの保持とバッグの送気を分担することが有益かもしれない (Class IIa)。両手でマスクを保持したほうが、顔面との密着をより確実にすることができる (LOE 5^{54, 55})。

院内で、小児・乳児の呼吸停止あるいは心停止の可能性が察知されたならば、ただちに酸素投与とBVMなどを用いた人工呼吸が開始できる準備を整えておくべきである (Class I)。

17) CPR の開始手順

呼吸原性心停止の割合が大きい小児においては、できるだけすみやかに気道確保と人工呼吸を開始することが重要であり、PBLsを用いる可能性がある環境では、ただちに人工呼吸が開始できる準備をしておくことが望ましい。PBLsにおいては、人工呼吸の準備ができしだい、気道確保して2回の人工呼吸を行う。すぐに人工呼吸ができない場合には、ただちに胸骨圧迫を開始し、準備ができしだい気道確保して2回の人工呼吸を行う。その後は一人法では30：2、二人法では15：2の比で胸骨圧迫と人工呼吸を続ける。

成人および小児のCPRにおいて、2回の人工呼吸から始めるよりも30回の胸骨圧迫から始めたほうが、転帰がよいことを示す直接的なエビデンスは、ヒトにおいても動物実験においても無い。

18) 小児と乳児の胸骨圧迫と人工呼吸の比

小児と乳児において最適な胸骨圧迫：人工呼吸比を同定するのに十分なデータはない。マネキンを用いた研究 (LOE 5⁵⁶⁻⁵⁹) では胸骨圧迫：人工呼吸比 15：2と5：1とで望ましい胸骨圧迫数を実現可能かどうかを調べたが、1人の救助者が5：1で施行した場合に1分間当たりの胸骨圧迫回数は十分ではなかった。5件の研究 (LOE 5⁶⁰⁻⁶⁴) ではさまざまなサイズのマネキンを使って胸骨圧迫：人工呼吸比 15：2と30：2を比較したが、30：2のほうが救助者の疲労が少なく、1分間当たりの胸骨圧迫回数が多かった。1件の研究 (LOE 5⁶⁵) では、ある空港で集められたボランティアが一人法 CPRを成人のマネキンに施行したところ、15：2よりも30：2を用いたほうが無灌流の時間“no flow time”が少なかった。

胸骨圧迫：人工呼吸比の推奨が15：2から30：2に変わる前後での消防士による蘇生を比較した臨床観察研究 (LOE 5⁶⁶) では、30：2のほうが1分間当たりの胸骨圧迫数は多かったが、ROSC率は変わらなかった。3件の動物実験 (LOE 5⁶⁷⁻⁶⁹) では、蘇生成功の主要な決定要素である冠灌流圧は、胸骨圧迫が中断されたときに急速に低下した。圧迫を再開後に冠灌流圧が中断前のレベルに戻るまで数回の胸骨圧迫が必要であった。それゆえ、胸骨圧迫をしばしば中断すると冠灌流圧が低く、冠血流量が少ない時間が長くなり、平均冠動脈圧が下がる。

マネキンを用いた研究 (LOE 5^{65, 70, 71}) と成人の院内および院外の研究 (LOE 5^{51, 72, 73}) では、シミュレーションや実際のCPRにおいて、胸骨圧迫が長く中断されていることを示している。3件の成人研究 (LOE 5⁷⁴⁻⁷⁶) によれば、これらの中断がROSC率を減らしている。

5件の動物実験 (LOE 5^{67-69, 77, 78}) では、胸骨圧迫のみのCPRがVFによる心停止の蘇生には十分であった。反対に、2件の動物実験 (LOE 5^{79, 80}) では、換気の頻度を減らすことはVFによる心停止の蘇生の最初の5～10分で有害であった。1件の数学モデル (LOE 5⁸¹) によれば、小

児における胸骨圧迫：人工呼吸比は成人よりも小さく（圧迫に対して、より多くの換気）あるべきであり、体重が少ないほど小さくするべきである。2件のブタの呼吸原性心停止の研究（LOE 5^{82, 83}）では、胸骨圧迫に換気を加えると、圧迫単独と比較して転帰がよかった。すなわち、呼吸原性心停止の蘇生時には、心原性心停止の蘇生時よりも換気が重要である。しかし呼吸原性心停止でさえも、胸骨圧迫によって産み出される低い心拍出量（と、その結果としての低い肺血流量）にみあった適切な換気血流比を維持するには少ない換気でよい。

教育と記憶を容易にするため、救助者が1人の場合は小児にも乳児にも30：2の胸骨圧迫：人工呼吸比が合理的である（Class IIa）。胸骨圧迫を30回行った後、胸骨圧迫の中断が最小になるようにすみやかに有効な換気を2回行う。PBLISを学んだ者が2人でCPRを行う場合は、1人が胸骨圧迫を行い、もう1人が気道確保を行い、15：2の胸骨圧迫：人工呼吸比が理にかなっている（Class IIa）。高度な気道確保器具を挿入した後は、胸骨圧迫を換気のために中断することなく、人工呼吸担当者は、約10回/分の人工呼吸を行い、過剰な換気とならないようにする（Class I）。

(1) 分娩室外の気管挿管されていない新生児

生後1か月以内の新生児に対する最適な胸骨圧迫：人工呼吸比を同定するための十分なデータはない。

1件の動物研究（LOE 5⁶⁷）によると、冠灌流圧は胸骨圧迫の中断により低下する。中断後に、中断前と同等の冠灌流圧を回復するためには数回の胸骨圧迫が必要である。成人に関する臨床研究（LOE 5⁷⁵）と2件の動物実験（LOE 5^{68, 76}）は、胸骨圧迫の中断は、VFによる心停止においてROSCの可能性を下げることを示した。

1人の救助者によるマネキンを用いた研究（LOE 5⁵⁹）では、5：1、10：2あるいは15：2の胸骨圧迫：人工呼吸比よりも3：1のほうがより効果的な換気を達成できた。心血管生理の数学的研究（LOE 5⁸⁴）によると、新生児の血流の速さは、圧迫の速さが毎分120回を超えるときにもっともよい。

限られたデータであるが、心原性心停止で救助者が2人の場合に、15：2の胸骨圧迫：人工呼吸比は3：1よりも効果的かもしれない（Class IIb）。訓練を容易にするため、生後1か月以内の満期産児やそれに近い新生児には、それぞれの環境でもっともよく使われる胸骨圧迫：人工呼吸比と蘇生方法を用いるべきである。

(2) 分娩室外の気管挿管されている新生児

気管挿管された新生児の心停止に対して、3：1の胸骨圧迫：人工呼吸比で人工呼吸を行った場合、人工呼吸のための中断なしで持続的に胸骨圧迫をした場合（非同期のCPR）と比較して転帰がよいかどうか判断するための十分なエビデンスはない。

2件の成人研究（LOE 5^{74, 76}）と2件の動物実験（LOE 5^{67, 77}）によると胸骨圧迫の中断は、成人における蘇生成功の重要な決定因子である冠灌流圧を下げ、ROSCを減らす。呼吸原性心停止の新生児あるいは新生児動物モデルにおいて、同様に胸骨圧迫中断の影響を評価した研究はない。

VFによる心停止の仔豚の研究（LOE 5⁸⁵）では、胸骨圧迫：人工呼吸比 5：1のCPRと比べて、1：1で胸骨圧迫と高気道内圧換気（すなわち圧迫と換気を同時に行う）をした場合、心筋血流量が増加した。別のVFの仔豚の研究（LOE 5⁸⁶）によると、胸骨圧迫：人工呼吸比 5：1のCPRと

比べると、高気道内圧での1:1の胸骨圧迫:人工呼吸比のほうが心拍出量は同等だが、ガス交換は悪かった。

気管挿管されていない呼吸原性心停止の仔豚を胸骨圧迫:人工呼吸比 5:1で蘇生した研究(LOE 5⁸²)では、蘇生の成功には換気が重要であることが示された。気管挿管された呼吸原性心停止の仔豚の研究(LOE 5⁸⁷)によれば、圧迫単独と比較すると、換気を加えることで循環動態を悪くすることなく動脈血CO₂分圧を下げる結果となった。1件のマネキンを用いた研究(LOE 5⁸⁸)では、医療従事者が胸骨圧迫:人工呼吸比 3:1で乳児のCPRを行っても毎分40回の換気ができず、蘇生開始後5分の時点で、推奨される換気の20%にも満たなかった。気管挿管された新生児のCPRにおいて、胸骨圧迫が分時換気量やガス交換、蘇生転帰に及ぼす影響を評価した研究はない。

これらの研究結果と訓練を容易にすることを考慮すると、生後1か月以内の気管挿管された満期産児やそれに近い新生児には、それぞれの環境でもっともよく使われる胸骨圧迫:人工呼吸比と蘇生方法を使うべきである(Class I)。気管挿管されて蘇生を要する新生児で、分娩室、新生児室および新生児特定集中治療室(Neonatal Intensive Care Unit: NICU)以外(プレホスピタル、救急部、PICUなど)、あるいは場所にかかわらず心原性心停止の場合には、乳児のガイドラインに従ってCPRをするべきである(換気のために胸骨圧迫を中断しない)(Class I)。

19) 胸骨圧迫のみの CPR

大規模な小児院外心停止の前向き調査(LOE 2⁸⁹)では、非心原性心停止(呼吸原性心停止)の小児では、胸骨圧迫のみのCPRよりも人工呼吸と胸骨圧迫によるバイスタンダーCPRを受けたほうが、30日後生存率が高く、神経学的転帰も良好であることが示された。一方心原性心停止においては、人工呼吸と胸骨圧迫によるCPRと胸骨圧迫のみのCPRは同等に効果的であり、どちらもバイスタンダーCPRが行われない場合よりよい結果であった。注目すべきことに、同研究では小児院外心停止例の50%以上がバイスタンダーCPRを受けていない。少ない例数の呼吸原性心停止の小児・乳児において、胸骨圧迫のみのCPRはCPRが行われない場合と同様に効果がなかった。

2件の動物実験(LOE 5^{82, 83})で、人工呼吸と胸骨圧迫によるCPRは、CPRなしと比較して生存率および神経学的転帰を改善することが示されている。1件の動物実験(LOE 5⁸⁷)では、呼吸原性心停止において、人工呼吸と胸骨圧迫によるCPRに比べて胸骨圧迫のみのCPRでは血液ガス分析値が悪化するとしている。

1件の動物実験(LOE 5⁸³)では、呼吸原性心停止において、胸骨圧迫のみのCPRは人工呼吸と胸骨圧迫によるCPRほどの効果はないが、CPRなしよりはよいとし、また、6件の成人の臨床観察研究(LOE 5⁹⁰⁻⁹⁵)では、呼吸原性心停止においても胸骨圧迫のみのCPRで蘇生に成功し得るとしている。さらに、10件の動物実験^{67, 77, 78, 96-102}および7件の成人の臨床研究(LOE 5^{90-95, 103})では、心原性と推定される心停止においてバイスタンダーによる胸骨圧迫のみのCPRは、1人の救助者による標準的CPRと同等の効果であった。

成人心停止患者には、医療従事者であっても、胸骨圧迫の中断を最小にできないならば人工呼吸よりも胸骨圧迫を重視したCPRを施行されることが推奨される。しかし、小児・乳児の心停止の多くは呼吸原性であり、このような低酸素により心停止に至った傷病者に最良の蘇生を行うには、すみやかに換気と胸骨圧迫を開始することが要求される。それゆえ、小児心

停止患者には院内でも院外でも人工呼吸と胸骨圧迫によるCPRを施行すべきである (Class I)。ただし市民救助者で人工呼吸を施行できない者は、少なくとも胸骨圧迫のみのCPRを施行すべきである (Class I)。

20) 小児に対する AED

エネルギー減衰機能付き小児用パッドあるいは小児用モードの使用年齢は、これまで1～8歳がめどとされてきたが、今回の2010 CoSTRでは適応年齢が拡大し、乳児にも用いられるようになった。

一方、わが国においては、小学校年齢に区切りがあるため、6～7歳は小児用パッドを、8歳以上は成人用パッドを、と現場の混乱があった。また、小児用パッドを8歳以上に誤用する恐れについての報告もあり、今回のわが国のガイドラインにおいては、使用年齢の区切りを未就学児 (およそ6歳) と規定し、現場の便宜を図ることとした。

このさい、成人用パッドを6～7歳に使用することとなるが、小児用パッドがない場合は、従来からこの年齢層に成人用パッドは用いられてきており、かつ、わが国のこの年齢層の体重から想定する単位ジュール数についても、多くの研究から安全性が担保されている。

21) パッドの貼付位置

小児ではパッドの貼付位置によってROSC率に差がなく¹⁰⁴、また胸郭のインピーダンスが変わるという明確な証拠もない¹⁰⁵⁻¹⁰⁸。成人ではパッドの距離が近すぎたり¹⁰⁹、女性の乳房の上に貼ったりした場合¹¹⁰に胸郭のインピーダンスが増加するとの報告がある。さらに胸郭に対して水平に貼ると胸郭のインピーダンスが減少するとの報告¹¹¹もある。

就学前の幼児に対しては、エネルギー減衰機能付き小児用パッドあるいは小児用モードを用いるべきである (Class I)。小児用パッドがないなどやむを得ない場合、成人用パッドを代用する (Class I)。

乳児や幼児に対してより大きなパドルやパッドの使用を推奨するような明確な根拠はない。

いままでと同様に成人用パッドと同様の位置、あるいは胸部前面と背面に貼付する。やむを得ず成人用パッドを使用するさいには、パッド同士が重なり合わないよう注意する。

22) 乳児に対する AED

乳児においても、院内院外心停止において電氣的除細動が必要なVF/無脈性VTがみられる¹¹²⁻¹¹⁴。また乳児でのAEDの安全性と有効性は示されている¹¹⁵⁻¹¹⁷が、適切なAEDの除細動エネルギー量についてはよくわかっていない。しかし、動物モデルによる間接的なデータ¹¹⁸⁻¹²²によると、幼若な心筋は高エネルギーに耐え得ることが示されている。また、別の動物モデルでは、単相性の体重当たりのエネルギー量¹²³や、二相性の成人のエネルギー量^{124, 125}に比べ、小児用の減衰器を用いた二相性のAEDのほうが有効でかつ害がないことが報告されている。

乳児に対するAEDを用いた院外心停止の症例報告^{126, 127}がいくつかなされている。成人のエネルギー量を用いても心筋の障害は少なく、よい結果^{128, 129}をもたらしている。

1歳未満の乳児の院外発生VF/無脈性VTに対してもAEDを使用できる (Class I)。エネルギー減衰機能付き小児用パッドがないなどやむを得ない場合、成人用パッドを代用する (わが国では薬事未承認)。

乳児に対して除細動を行うさいに使用するデバイスの優先順位は以下のとおりである。手に入れられるデバイスを躊躇なく使用するべきである。

- (1) マニュアル除細動器
- (2) 小児用パッドあるいは小児用モード (AED)
- (3) 成人用パッド (AED)

23) 乳児用パッド・乳児用パドルのサイズ

わが国のマニュアル除細動器で用いられる「小児用 (小人用)」パッドと「小児用」パドルは、本来は体重約10kg、およそ1歳を上限指標としているが、「小児用 (小人用)」という名称ゆえに、現場の混乱をきたしてきた。今回のわが国のガイドラインにおいては、これらを乳児用パッド、乳児用パドルとして記載することとした。

成人ではパッドのサイズを8×8 cm から12×12 cmへ大きくするとショックの成功率が31%から82%へ増加したという¹³⁰。また小児^{105, 131, 132}や成人^{110, 130, 133}、動物モデル^{108, 134, 135}でもパッドのサイズを大きくすることで胸郭のインピーダンスが減少することが示されている。胸郭のインピーダンスが減少することは、胸郭すなわち心筋への電流量の増加を意味する。

24) 乳児に対する気道異物除去

意識のある1歳以上の小児の気道異物による窒息では、応援と救急通報依頼を行った後に (Class IIa)、背部叩打、腹部突き上げ、または胸部突き上げを用いることは有効かもしれない (Class IIa)。閉塞の解除には状況により2つ以上の手技が必要になる。これらの一連の手技は閉塞が解除されるまですばやく反復実施されるべきである。

一方、乳児については、有効な強い咳ができずいまだ反応のある場合には、背部叩打と胸部突き上げを行うことは有効かもしれない (Class IIa)。この場合、液体による閉塞が多いことから頭部を下げて行うことは理にかなっていない (Class IIa)。また、乳児が強い咳をしている場合には、原因となった液体を吐き出しやすいように側臥位にして咳を介助する。

気道異物による窒息により反応がなくなった場合には、ただちにCPRを開始するべきである (Class I)。市民救助者は、通常の心停止例への対応と同様に胸骨圧迫からCPRを開始してもよい。熟練者は、人工呼吸から開始するのが理にかなっている (Class IIa)。なお、意識のない窒息の傷病者では、口腔内に視認できる固形物は指でつまみ出してもよい (Class IIb)。

CPRと同様に、異物による気道閉塞の解除は市民にも教育するべき緊急性の高い行為である。もっとも安全性が高く、もっとも効果的でもっとも単純な方法についてのエビデンスが求められている。気道異物除去には1つ以上の手技が必要になるかもしれないが、どれを最初に行うべきかを決定する十分なエビデンスはない。症例集積研究と症例報告は、意識のある傷病者に背部叩打 (LOE 4^{136, 137})、腹部突き上げ (LOE 4¹³⁸⁻¹⁴⁰)、胸部突き上げ (LOE 4¹³⁶、LOE 5¹⁴¹) を行って気道異物の解除ができたとして報告している。

32の症例報告^{142, 143}が腹部突き上げにより起こった致命的合併症について報告している。気道を開通させる手技についての死体を用いた無作為研究 (LOE 5¹⁴⁴) と、麻酔下ボランティアの2件の前向き研究 (LOE 5^{141, 145}) では、胸部突き上げは腹部突き上げよりもより高い気道内圧が得られると報告している。いくつかの症例報告 (LOE 4^{136, 137, 146}) は、フィンガースロープは意識のない成人や1歳以上の小児で気道異物除去に有用であったと報告している。フィン

ガースィープ時に傷病者に有害または救助者の指を咬んだ、という症例報告 (LOE 4¹⁴⁷とLOE 5¹⁴⁸⁻¹⁵⁰) がある。50例の目撃のある異物による気道閉塞の後ろ向き解析によれば、救急通報から病院到着までの時間のみが生存退院に有意な因子であった¹⁵¹。

1歳未満の乳児の場合、異物は液体であることが多いのが特徴である¹³⁷。肥満や妊婦の気道異物に対しては推奨される特異的治療に関するエビデンスはない。

■6 小児の二次救命処置 (Pediatric Advanced Life Support: PALS)

1. 心停止アルゴリズム

日常的に蘇生を行う者が、小児・乳児の心停止時に行う処置を1つの流れにまとめたものが、小児二次救命処置 (Pediatric Advanced Life Support: PALS) の心停止アルゴリズムである。

1) PBLs

[ボックス 1]

反応がない小児・乳児で胸郭・腹部の動きを観察し、呼吸がない場合にはCPRの適応と判断してPBLsのアルゴリズムに従う。

[ボックス 2]

ただちにCPRを開始する。酸素を投与し、ECGモニター、パルスオキシメータを装着する。除細動器を準備する。

[ボックス 3→4→5]

ECGを解析・評価する。VFと無脈性VTが電気ショックの適応である。初回エネルギー量は4J/kgとする。電気ショック後、ただちにCPRを胸骨圧迫から再開する。

2分間のCPRの後再びリズムチェックする。VF/無脈性VTが持続していれば再び電気ショックを行う。2回目以降もエネルギー量は4J/kgとする。薬剤はリズムチェック後できるだけすみやかに投与する。

[ボックス 6]

心静止/PEAがショック不要なリズムである。

乳児や小児の心停止例でもっとも多く認められるECG所見は心静止とPEAである。

心静止とPEAに対しては以下を行う。CPRを再開し、胸骨圧迫をできる限り中断しないようにする。CPRを続行している間に、別の救助者がアドレナリン投与を準備する。初回、および追加投与時の投与量は標準用量 (IV/IO: 0.01mg/kg、気管内: 0.1mg/kg) とする。

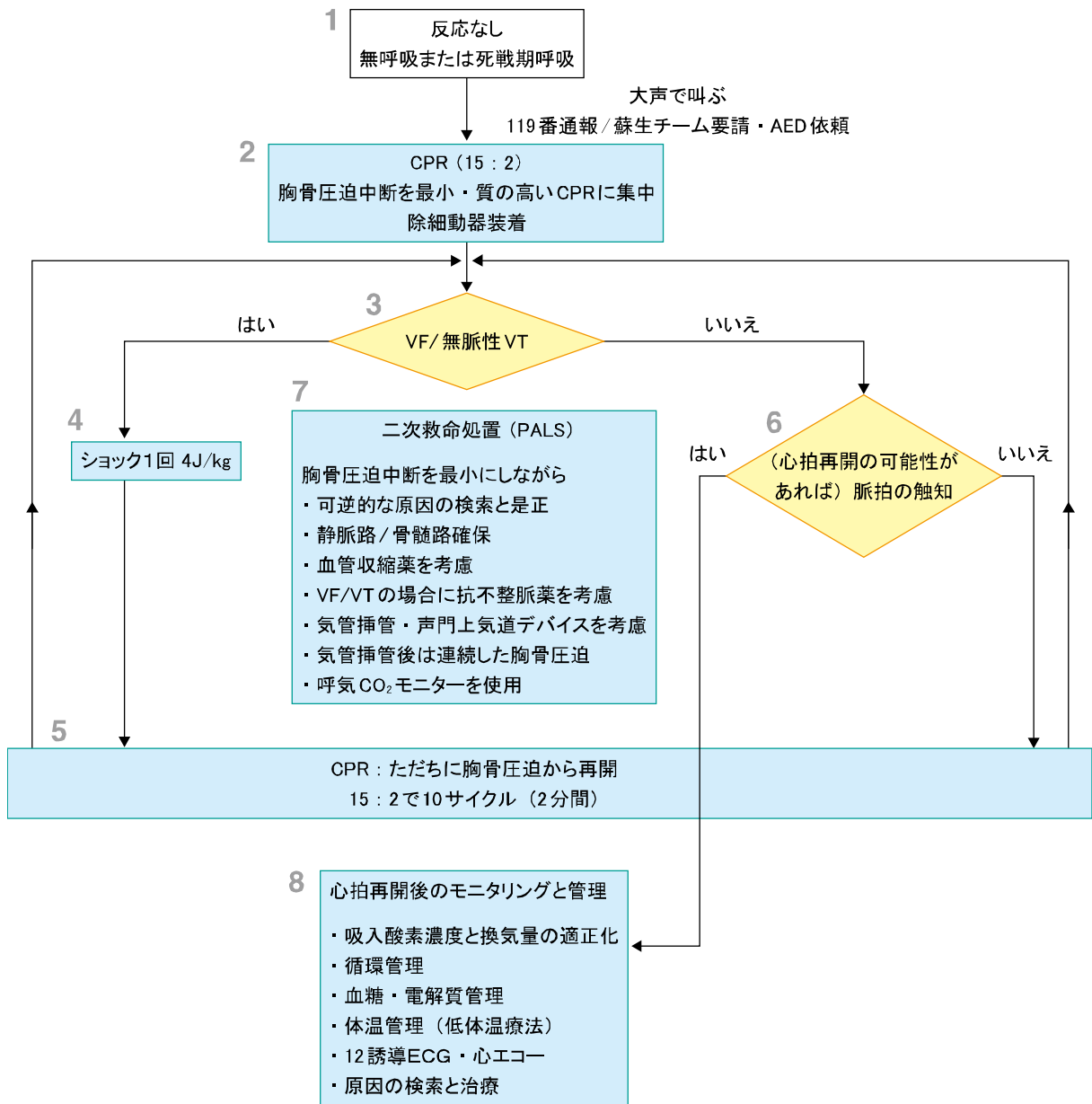


図2 小児心停止アルゴリズム

2) PALS

[ボックス 7]

PBLIS のみで心拍再開が得られないときに PALS が必要となる。絶え間なく効果的な胸骨圧迫が行われていることは、PBLIS のみでなく PALS が成功するための条件となる。PALS においても胸骨圧迫の中断はできるだけ避けるべきであり、やむなく胸骨圧迫を中断するのは、人工呼吸を行うとき、ECG や ROSC を評価するとき、電気ショックを実施するときのみとする。

(1) 可逆的な原因の検索と是正

質の高い CPR を実施しながら、蘇生のすべての段階において、心停止の可逆的な原因の検索と是正が求められる。原因検索は心停止に至った状況や既往歴、身体所見などから行うが、

迅速に結果の得られる動脈血ガスや電解質の検査結果が役立つこともある。心エコーは心嚢液貯留や肺血栓塞栓症の診断に有用である可能性もあるが、心停止中のルーチン使用については支持あるいは否定するためのエビデンスは十分ではない。

(2) 静脈路／骨髄路確保

CPRを継続しながら、すみやかに薬剤投与経路として末梢静脈路または骨髄路を確保する。静脈路確保ができないもしくは困難と予想される場合は、骨髄路を推奨する。

(3) 血管収縮薬

アドレナリンが生存退院や神経学的転帰を改善するという根拠は乏しいが、ROSC率と短期間の生存率を改善するというエビデンスがあるので、心停止患者では投与を考慮してもよい。アドレナリンは1回0.01mg/kg(最大投与量1mg)を、3～5分間隔で追加投与する。バソプレシンをルーチンに使用することを支持あるいは否定するためのエビデンスは十分ではない。

(4) 抗不整脈薬

治療抵抗性のVF/無脈性VTには抗不整脈薬の投与を考慮してもよい。しかし、抗不整脈薬の投与が、ROSC率、生存率などを改善させるというエビデンスは十分ではない。わが国ではVF/無脈性VTに対する抗不整脈薬として、アミオダロン、ニフェカラン、リドカインが使用されることが多い。アミオダロンは電気ショックで停止しない難治性のVF/VT、あるいはVF/VTが再発する症例に考慮してもよい (Class IIb)。ニフェカランは心停止で難治性、ショック抵抗性VF/VT症例に考慮してもよい (Class IIb)。リドカインはアミオダロンやニフェカランが使用できない場合には効果は劣るが使用してもよい (Class IIb)。

(5) 気管挿管・声門上気道デバイス

従来、CPRにおいても、気管挿管はもっとも適切な気道確保の方法であるとされてきた。しかし、気管挿管は食道挿管などリスクが高い処置であり、確実かつ迅速に施行するためには日常の教育と訓練が欠かせない。胸骨圧迫中断時間が長引くと気管挿管は有害となるので、気管挿管を行う場合も胸骨圧迫の中断時間は可能な限り短くするべきである (Class I)。

声門上気道デバイス (ラリングアルマスクエアウェイ: LMA など) を使う訓練を受けた救助者は、CPR中の気道管理法として声門上気道デバイスの使用を考慮してよい。また、これらのデバイスは、気管挿管が困難な場合のバックアップとしても用いることができる。心停止における高度な気道確保器具挿入の最良のタイミングについては十分なエビデンスがない。救助者の人員が不足する場合、早期に使用することにより、用手気道確保に手を取られず、他の有効な処置を行うことができるかもしれない。

(6) 連続した胸骨圧迫

気管挿管後は、胸骨圧迫と人工呼吸は非同期とし、連続した胸骨圧迫を行う。胸骨圧迫は1分間に少なくとも100回のテンポで行い、人工呼吸は1分間に約10回とする。声門上気道デバイスを用いた場合は、適切な換気が可能な場合に限り連続した胸骨圧迫を行ってよい。

(7) 呼気二酸化炭素モニター (呼気CO₂モニター)

聴診、視診による身体所見と併せて波形表示タイプの呼気CO₂モニターの使用は、心停止患

者における気管挿管時の気管チューブの先端位置確認とその後の持続的な位置異常のモニタリングの手段として推奨される。そのさい、聴診、視診による身体所見と併せて評価するべきである。波形表示タイプの呼気 CO₂ モニターが使用できない場合には、非波形表示タイプの呼気 CO₂ モニター、比色式 CO₂ 検知器や食道挿管検知器 (20kg 以上の小児) を身体所見と併用する方法もある。

3) 心拍再開後のモニターと管理

[ボックス 8]

ROSC 後の患者に対する包括的治療手順には、呼吸管理、循環管理、血糖・電解質管理、低体温療法などが含まれる。

(1) 吸入酸素濃度と換気量の適正化

心拍再開後は低酸素血症を避けるべきであるが、高濃度酸素は低酸素性脳障害に悪影響を与える可能性もある。ルーチンの 100%酸素投与が有害であることを示すエビデンスは十分ではないが、ROSC 後患者の早期においては動脈血酸素分圧または SpO₂ を指標に吸入酸素濃度を調節することは理にかなっている (Class IIa)。ROSC 後の過換気は脳血流を低下させる可能性がある。ROSC 後では、脳虚血のさらなる進行を阻止するため、低 CO₂ 血症をきたすような過換気の画一的な施行は避けるべきである。

(2) 循環管理

ROSC 後、早期の血行動態安定化が転帰を改善するかのエビデンスは十分ではない。ROSC 後の輸液の効果に関するエビデンスはないが、ROSC 後の病態生理に基づいて、包括的治療の一部として輸液を行うことは理にかなっている (Class IIa)。また、ROSC 後の循環不全に対する血管収縮薬や変力作用薬の使用、アミオダロン、ニフェカラン、リドカインの継続投与、大動脈内バルーンポンピング (Intra-aortic Balloon Pumping : IABP) などの機械的循環補助の効果に関しても十分なエビデンスはない。循環管理の有効性に関する臨床データは限られるが、臓器灌流を適正化するための血行動態安定化が ROSC 後の病態生理に基づいて行われている。

(3) 血糖・電解質管理

心停止後の高血糖および低血糖を避けるために注意深く血糖値をモニターする (Class I)。とりわけ、血糖降下療法を行っている最中は低血糖に注意する。ROSC 後の小児・乳児において、高血糖を管理する上での目標とすべき血糖値についてはまだ十分な根拠がない。なお、蘇生中は糖含有輸液剤を用いないほうがよい。

低ナトリウム血症は血漿浸透圧低下をきたし、脳浮腫を助長する。低張性輸液製剤を用いると低浸透圧による医原性の脳浮腫を惹起する危険がある。低ナトリウム血症の弊害に関して海外ではすでに指摘されはじめているが、わが国の現場ではあまり注意が払われていない。ROSC 後の管理では、とくに中枢神経系の異常を伴う場合には、低ナトリウム血症を避けるべきである (Class III)。

(4) 体温管理 (低体温療法)

ROSC 後に高体温を呈する患者の転帰は不良である。ROSC 後の高体温は積極的に治療すべきである (Class I)。低体温療法は院外での VF による心停止後、心拍が再開した青年期患者で昏睡状態 (質問に対して意味のある応答がない) が持続する場合には低体温療法 (12~24 時間、32~34 °C) の導入を考慮してもよい (Class IIa)。小児・乳児患者でも低体温療法の導入を否定しない。低体温療法は、院外または院内での PEA、心静止による心停止後に心拍が再開した昏睡状態の患者にとっても有益かもしれない。

(5) 12 誘導 ECG・心エコー

突然の心停止の可逆的な原因として致死性不整脈および心筋疾患は重要である。ROSC 後に 12 誘導 ECG を記録し、致死性不整脈の鑑別を行う。

心エコーは、原因検索のみならず心機能を評価する上で有用であり、非侵襲的かつ患者の移動なしに可能なので、ROSC 後に実施することは合理的である (Class IIa)。

(6) 原因の検索と治療

心肺停止に至った原因の検索と治療は ROSC 後も引き続いて必要である。原因の治療は、心肺停止の再発を防ぎ、血行動態の安定化を図るために不可欠である。

2. 評価

1) 心エコーと心肺停止の原因

小規模な小児の症例集積研究 (LOE 4¹⁵²) において、心エコーは胸骨圧迫の中断を長引かせることなく、迅速に心臓の動きを描出することが可能で、壁運動は大血管の脈拍の有無と関連していた。小児の症例報告 (LOE 4¹⁵³) では、心エコーが心停止の原因である心タンポナーデの診断に有効で、処置のためのガイドとしても有用であった。8件の成人の症例集積研究¹⁵⁴⁻¹⁶¹において、心エコーの所見は心停止時の心臓の活動性の有無と関連していた。これらの報告は、治療可能な原因で心停止となった患者を見出すにあたって、心エコーが有用であることを示唆している。

小児の CPR 時に心エコーをルーチンに使用することの是非を明らかにするにはデータが不足している。心エコーの技術を有する人員が確保できる場合は、治療可能な心停止の原因である心タンポナーデの評価に心エコーを考慮してもよいが、心エコーでの評価には一定の胸骨圧迫中断が避けられないので、その欠点とのバランスを十分に踏まえておくべきである。

2) ETCO₂ と CPR の質

3 件の動物実験 (LOE 5¹⁶²⁻¹⁶⁴)、成人における 4 件の研究 (LOE 5¹⁶⁵⁻¹⁶⁸) および小児での 1 件の研究 (LOE 5¹⁶⁹) で、PETCO₂ と CPR やショックのさいに心拍出量を増加させる治療介入との間に強い関連が認められた。同様に、動物モデルを用いた 3 件の研究 (LOE 5¹⁷⁰⁻¹⁷²) において、心拍出量を著しく減少させると ETCO₂ が低下した。2 件の成人での院外における研究 (LOE 5^{173, 174}) では、CPR 中の ROSC の検出に、とくに ETCO₂ 値が 15mmHg (2.0kPa) 未満の場合に持続 PETCO₂ モニタリングが有効であることが示された。成人での 3 件の症例集積研究 (LOE 4¹⁷⁵、LOE 5^{176, 177}) で、ROSC に先立って突然かつ持続する PETCO₂ の上昇がしばしば認められた。小

児に関する2件の研究 (LOE 4^{169, 178})、成人に関する8件の研究 (LOE 5^{174, 179-185})、および1件の動物実験 (LOE 5¹⁶³)において、15~20分のALSにもかかわらず、PETCO₂が低値 (<10 mmHg [1.33 kPa] から <15 mmHg [2.0 kPa]) にとどまる場合は、ROSCに至らないことと強い関連が認められた。2件の動物実験 (LOE 5^{175, 186}) および成人での2件の症例集積研究 (LOE 5^{174, 182})によると、呼吸原性心停止患者ではCPR初期のPETCO₂値が上昇していることが多いため、転帰の予想には少なくとも1分間のCPRを実施した後のPETCO₂値を用いるのがよいようである。蘇生中の初期PETCO₂は、ばらつきが大きいので、予後の判定や蘇生中止の参考にするには信頼性に限界がある。2件の動物実験 (LOE 5^{175, 186}) および2件の成人における大規模症例研究 (LOE 5^{174, 182}) では、呼吸原性心停止は心原性心停止よりも初期PETCO₂が高いことが示唆された。蘇生中のETCO₂濃度の解釈は、測定精度や蘇生中の分時換気量、解剖学的死腔の増加を伴う肺疾患の存在、右-左シャントの存在などの影響を受け。成人の研究 (LOE 5¹⁸⁷) では炭酸水素ナトリウムが一過性にETCO₂濃度を上昇させ、成人の研究3件 (LOE 5¹⁸⁸⁻¹⁹⁰) および動物実験2件 (LOE 5^{191, 192}) においてアドレナリン (および全身投与された他の血管収縮薬) はPETCO₂を一過性に低下させた。

カプノグラフィやカプノメトリの持続モニタリングが利用可能であれば、有効な胸骨圧迫ができていないか否かのフィードバックとして有用と思われる。特定の数値をあげることはできないが、PETCO₂が常に15mmHgを下回っている場合、胸骨圧迫の質を高めて過換気を避けるように注力することは、理にかなっている (Class IIa)。PETCO₂の基準があれば予後不良を判定することができて蘇生中止の決定に有用と考えられるが、小児でそのような基準を決めたり、転帰評価を行うために必要なALS中の予後判定のタイミングを決定するには、十分なデータがない。アドレナリンやその他の血管収縮薬の投与から1~2分しか経過していない場合は、薬剤の影響でPETCO₂が低下していることがあるため、PETCO₂の評価にあたって注意が必要である。

3. 気道と換気

小児の心停止は呼吸原性のものが多いことから、気道確保と換気は小児のCPRの基本中の基本である。病院前救護の現場において、気道管理や陽圧換気が必要な小児に対して短時間行う用手気道確保 (口咽頭エアウェイの使用の有無にかかわらず) とバッグ・マスク換気に関する新知見はなく、2005 CoSTR 勧告からの変更点はない。気道確保やバッグ・マスクが有効でない場合、適切な訓練を受けていれば声門上エアウェイが有効なことがある。気管挿管にあたり、輪状軟骨圧迫の常用は誤嚥予防に有効とは限らず、挿管に支障をきたす可能性を示唆するデータがある。乳児や小児の心停止では呼気中のCO₂濃度が比色式CO₂検知器の検出限界値を下回ることがある点に留意した上で、気管チューブの位置は常にカプノグラフィやカプノメトリを用いて確認することを推奨する。ROSC後は、細胞膜や蛋白およびDNAに損傷を及ぼす可能性がある有毒な活性酸素やフリーラジカルが産生される (再灌流障害)。新生児期を過ぎた小児では、蘇生中や蘇生直後の吸入酸素濃度を変えて比較した臨床研究はないが、新生児蘇生の動物実験データによると、脈拍のあるリズムの再開後は、高酸素血症を避けるために吸入酸素濃度を調整するのが賢明であると思われる。

1) 投与酸素濃度

小児・乳児の心停止で、異なる酸素濃度で換気を行った比較研究はない。新生児の蘇生開始時に空気と100%酸素を用いた複数のRCTを対象とした2件のメタアナリシス (LOE 5^{193, 194}) では、空気で蘇生を開始した場合に救命率が上昇することが示された。7件の動物実験 (LOE 5¹⁹⁵⁻²⁰¹) では、心停止時に空気もしくは1.0未満のF_IO₂で換気をするより、100%酸素で換気するよりも神経障害が少ないことが示唆されたが、他の動物実験 (LOE 5²⁰²) では転帰に差を認めなかった。5件の動物実験^{196, 198-200, 203}では、蘇生中およびROSC後の100%酸素による換気がフリーラジカルを介した脳の再灌流障害の一因となっていた。

乳児や小児の心停止に対するCPR時の換気に、特定の酸素濃度を推奨するにはデータが不足している。循環が回復した後は、血中酸素分圧が過剰にならないように酸素濃度を調整することは理にかなっている (Class IIa)。

2) カフなしチューブとカフ付きチューブ

緊急気管挿管が必要な乳児や小児を対象として、気管チューブのカフの有無で安全性を比較した研究はない。小児の手術麻酔で行われたRCT 2件 (LOE 5^{204, 205}) とコホート対照研究 (LOE 5²⁰⁶) では、カフ付き気管チューブを用いることで気管チューブのサイズ選択がより適切に行われ (したがって再挿管率が低く)、周術期のリスクや気道合併症発生率を高めないことが示された。これら3件の研究ではカフ圧は20~25 cmH₂O未満に保たれた。周術期の小児患者を対象とした2件のコホート対照研究 (LOE 5^{206, 207}) においても同様に、カフ付き気管チューブは周術期の気道合併症の増加と関連しないことが示された。小児の症例集積研究 (LOE 5²⁰⁸) では、先天性心疾患の修復手術を受けた患者で、カフ付き気管チューブの使用は声門下狭窄の危険因子ではないことが観察された。集中治療部での2件の前向きコホート対照研究 (LOE 5^{209, 210}) と1件の後ろ向きコホート対照研究 (LOE 5²¹¹) では、8歳未満の小児でカフ付き気管チューブを使用した場合、カフなし気管チューブと比較して合併症発生率が増加しないことが判明した。小規模の症例対照研究 (LOE 5²¹²) では、カフ付き気管チューブは小児ICUでの誤嚥の頻度を減少させることが示され、熱傷で全身麻酔を受けた小児の症例集積研究 (LOE 5²⁰⁶) では、最初にカフなし気管チューブで挿管された患者で高率に直後の再挿管を要する多量のエアリークを認めた。市販されている小児用のカフ付きおよびカフなし気管チューブのカフデザインを調査した研究 (J-LOE 5²¹³) では、カフの長径や先端からの位置が製品によって異なり、患者の体格によっては気管チューブ先端を喉頭と気管分岐部の中間に置いたときに、カフ上部が声門に及ぶ危険があることが示された。

小児や乳児の緊急気管挿管に用いる気管チューブは、カフ付きでもカフなしでもよい (Class I)。カフ付き気管チューブを用いるときは、カフ圧が過剰にならないようにすべきである (Class I)。カフの長径や先端からの位置が製品によってまちまちであるため、患者の体格と気管チューブサイズの組み合わせによって、声門と気管分岐部の間にカフが収まらない可能性があることに留意する。

3) 気管チューブサイズ

気管挿管される予定手術の小児患者を対象としたRCT (LOE 2²⁰⁴) の結果から、気管チューブ内径 (mm) = (年齢/4) + 3で示される現行のカフ付き気管チューブの内径サイズの推定式が

用いられてきた。しかしこの論文を詳細に検討すると、著者の計算では年齢が極端に切り上げられており、この式によって求められるサイズよりも内径で0.5mm太いサイズが選択されていた。2件のRCT (LOE 2^{205, 214}) および3件の前向き観察研究 (LOE 4²¹⁵⁻²¹⁷) によれば、3.5kg～1歳までの新生児と乳児には内径3.0mmのカフ付きチューブが、1～2歳までの小児には内径3.5mmのカフ付きチューブを用いることが適当と考えられた。手術室で予定気管挿管を受ける小児患者に対してマイクロカフ気管チューブを用いた前向きRCT (LOE 2²⁰⁵) と3件のLOE 4の前向き観察研究²¹⁵⁻²¹⁷では、2歳以降の小児にカフ付き気管チューブを用いるさいのサイズ推定に次の式を用いることが適当と考えられた。

$$\text{チューブ内径 (mm)} = (\text{年齢} / 4) + 3.5$$

気管挿管を受ける予定手術小児患者に対する前向き観察研究 (LOE 2²¹⁴) では、上記の式を用いた場合、Khine の式「内径(mm) = (年齢/4) + 3.0」を用いた場合よりも再挿管率がわずかに高かった。

また、2歳以降の小児にカフなし気管チューブを用いるさいのサイズ推定には次の式を用いることが適当と考えられた。

$$\text{チューブ内径 (mm)} = (\text{年齢} / 4) + 4$$

(ただし、3.5kg 以上で1歳未満の乳児には内径 3.5mm のチューブが、1～2歳までの小児には内径 4.0mm の気管チューブが適切である。) 胸郭が十分に挙上する程度に加圧したさいに、気管チューブと声門の間から適度の空気の漏れ(リーク)が認められる程度の太さが適切なサイズである。適度のリークの存在はチューブサイズが過大でないことを示し、喉頭浮腫や抜管困難の発生を防ぐ。気道内圧を 20～30cmH₂O としてもリークがまったくない場合は過大なチューブサイズであるため、1サイズ(0.5mm) 細い気管チューブに入れ替える。加圧時に気道内圧が 10cmH₂O 以上にならない場合はリークが過剰であり、1サイズ太い気管チューブに入れ替える。

4) バッグ・マスク換気と気管挿管

病院前救護の現場において、短時間の搬送を伴う小児の心停止、呼吸停止あるいは呼吸不全に対するパラメディックによるバッグ・マスク換気と気管挿管を比較した研究 (LOE 1²¹⁸) では、生存退院および神経学的転帰の率は同等であることが示された。この研究を含む系統的レビュー (LOE 1²¹⁹) でも同様の結論に到達した。小児外傷患者を対象とした研究 (LOE 2²²⁰) では、病院前に気管挿管された患者は、病院で気管挿管された患者より高い死亡リスクと退院後の神経障害率を伴っていた。この結果は重度外傷と頭部外傷を階層化しても変わらなかった。病院前で小児の研究 (LOE 2: 無作為化していない²²¹) では、パラメディックがバッグ・マスクで換気し、医師の到着後に医師が気管挿管すれば、パラメディックが気管挿管するよりも心停止リスクと全体の死亡率が低かった。この結果は Glasgow Coma Scale (GCS) の点数で調整した後も変わらなかった。病院前および救急部での気管挿管を検討した LOE 4 の4件の研究²²²⁻²²⁵では、気管挿管の失敗率と合併症発生率が小児は成人よりも有意に高いことが示された。反対に、病院前の研究 (LOE 3²²⁶、LOE 4²²⁷) では、成人と小児の気管挿管失敗率に差を認めなかった。

院外で小児・乳児に換気補助が必要で搬送時間が短い場合は、気管挿管よりもバッグ・マ

スク換気が推奨される (Class I)。

5) バッグ・マスク換気と声門上気道デバイス

分娩室の生直後の新生児を除き、小児の蘇生でバッグ・マスク換気と声門上気道デバイスを直接比較した研究はない。9編の症例報告 (LOE 5²²⁸⁻²³⁶) で、声門上の気道異常に対する気道管理手段としての声門上気道デバイスの有効性が示され、声門上気道デバイスとして主にLMAが用いられた。病院前での成人の研究 (LOE 5²³⁷) では、第一応答者によるLMAの使用が支持されたが、他の病院前の成人心停止に関する研究²³⁸では、救急隊員が補助換気をバッグ・マスクで行ってもLMAで行っても、換気 (PaCO₂) に関して有意差を認めなかった。全身麻酔中に実施された7件の研究 (LOE 5²³⁹⁻²⁴⁴) では、患者の年齢と体格が小さくなるにつれてLMA使用時の合併症発生率が増加することが示された。マネキンを用いた2件の研究 (LOE 5^{245, 246}) では、専門家ではないが訓練された実施者によってLMAを用いて有効に陽圧換気ができた。気管挿管ではチューブの位置異常 (食道あるいは右主気管支) が著明に認められ、そのような問題はLMAでは認められなかったが、バッグ・マスク換気のほうが有効な換気を得られるまでの時間が短く、1回換気量が多かった。全身麻酔下の小児を対象とした2件の研究 (LOE 5^{247, 248}) では、十分に訓練を受けたICUや病棟の看護師によるLMA挿入の成功率は高かったが、初回換気までの時間はバッグ・マスク換気群のほうが短かった。少数ではあったが、バッグ・マスク換気ができなかったがLMAで換気を行うことができた症例があった。

小児蘇生の初期の換気には、従来どおりバッグ・マスク換気が望ましい (Class I)。小児・乳児のバッグ・マスク換気がうまくいかないときは、適切に訓練を受けた者であれば気道管理や換気補助にLMAの使用を考慮してよい。

6) 蘇生中の分時換気量

心停止の原因にかかわらず、CPR中に高度な気道確保器具を介して行う人工呼吸の至適分時換気量 (1回換気量あるいは呼吸数) を決定するためのデータはない。3件の動物実験 (LOE 5^{82, 249, 250}) では、VFや呼吸原性心停止に対するCPR時の換気は、陽圧呼吸をしない場合と比較して、ROSC率や生存率、神経学的転帰を改善することが示された。成人での4件の研究 (LOE 5^{51, 72, 251, 252}) で、心停止の蘇生で過剰な換気が普通に行われていることが示された。動物実験 (LOE 5²⁵¹) では、心停止の蘇生における過換気は、換気数を減らした場合と比較して脳灌流圧、ROSC率および生存率を減少させた。よくデザインされた動物実験 (LOE 5²⁵⁰) では、心拍出量が減少した状態で換気数を増加させると、肺泡換気は改善するが酸素化は改善せず、しかも冠灌流圧を低下させた。成人を対象としたRCT (LOE 5²⁵³) では、CPR中の一定流量の酸素投与は、通常的人工呼吸と比較して転帰 (ROSC率、生存入院率、生存ICU退室率) に差がなかった。他の成人での研究 (LOE 5²⁵⁴) では、受動的酸素吸入はバッグ・マスク換気と比較して、目撃されたVFによる心停止患者の神経学的な障害を残さない生存率を改善したが、目撃されていない場合は差がなかった。2件の動物実験で、酸素を用いた人工呼吸あるいは持続的気道陽圧 (Continuous Positive Airway Pressure : CPAP) を行った群は、換気をまったくしない群と比較すると動脈血液ガスは改善した (LOE 5²⁵⁵) が、神経学的な障害を残さない生存率に差はなかった²⁵⁶。よくデザインされた動物実験 (LOE 5²⁵⁷) では、CPR中の1回換気量を半減させると、ROSCに影響を及ぼすことなく過換気を減らすことが示された。

小児・乳児の CPR では、低酸素や VF などの心停止の原因にかかわらず、高度な気道確保器具の留置後は過換気を避ける (Class III)。過換気の有害作用を避けつつ CPR 中の換気血流比が適切に保たれるような換気を行うには、年齢相応の分時換気量より少なめとすることが理にかなっている (Class IIa)。十分なデータがないため、1 回換気量や呼吸数の至適値を決定するには至っていない。

7) 気管チューブの位置確認

気管チューブの先端位置を常に正確に確認し得る単一の方法はない。3 件の研究 (LOE 4^{175, 258, 259}) では、2 kg 以上の小児・乳児で脈拍がある場合、比色式 CO₂ 検知器やカプノメータによる呼気 CO₂ の検出は気管チューブの位置確認に高い感度と特異度を有することが示された。これらの研究のうち、1 件は心停止の小児・乳児も研究対象に含まれていた。心停止患者では、呼気 CO₂ の検出の感度は 85% にすぎないが (偽陰性などが含まれるため)、特異度は 100% であった。分娩室での新生児に対する気管挿管に関する研究 (LOE 5²⁶⁰) では、カプノグラフィによる呼気 CO₂ による食道挿管の検出は、感度・特異度ともに 100% であり、臨床的に評価するよりも短時間で確認できた。新生児に関するさらに 2 件の研究^{261, 262} では、気管チューブの位置確認は臨床的评价よりもカプノグラフィを用いるほうが早かった。2 件の小児の研究^{263, 264} では、脈拍がある場合は呼気 CO₂ の検出や測定によって搬送時に気管チューブが正しい位置にあることを確認できることが示され、さらに 2 件の動物実験^{265, 266} では気管チューブの位置異常はパルスオキシメータよりも CO₂ 検出のほうがより早期に発見できることが示された。手術室で行われた研究 (LOE 2²⁶⁷) では、脈拍がある 20kg 以上の小児で食道挿管検知器 (Esophageal Detector Device: EDD) は気管チューブが正しい位置にあることを、きわめて高い感度と特異度で確認できることが示された。心停止の小児に EDD を用いた研究はなされていない。手術室で行われた研究 (LOE 4²⁶⁸) では、20kg 未満の小児でも EDD は問題なく使用できるものの、正確さに劣ることが示された。

循環がある小児・乳児の気管挿管では、処置を行う場所 (病院前、救急部、ICU、病棟、手術部)にかかわらず、呼気 CO₂ の検出 (比色式 CO₂ 検知器あるいはカプノグラフィ) を用いて気管チューブの位置を確認するべきである (Class I)。CO₂ の呼出は数呼吸以上換気をした後に確認する。CPR 中は肺血流量が少ないため、気管チューブが気管内にあっても呼気 CO₂ が検出されないことがある。CPR 中の気管挿管で挿入位置が疑わしいときは、喉頭鏡を用いて直視下で確認する。循環がある乳児の病院間あるいは病院内搬送で、カプノグラフィの持続モニタリングや頻回の間欠的呼気 CO₂ 検出を行うことは有用と考えられる。循環がある体重 20kg 以上の小児では、気管チューブの位置確認に食道挿管検知器の使用を考慮してもよい (Class IIa)。

8) 輪状軟骨圧迫

小児・乳児に対する迅速気管挿管や緊急気管挿管で、輪状軟骨圧迫が誤嚥予防に有効であることを示すデータはない。2 件の研究 (LOE 5^{269, 270}) では、輪状軟骨圧迫が小児の (陽圧換気時の) 胃膨満を軽減する可能性が示された。小児での 1 件の研究 (LOE 5²⁷¹) と、成人の死体を用いた 1 件の研究 (LOE 5²⁷²) で、輪状軟骨圧迫が食道の逆流を減少させたことが示された。成人の系統的レビュー (LOE 5²⁷³) では、喉頭の用手操作はバッグ・マスク換気や気管挿

管を容易にする一方で、逆に困難にすることもあった。麻酔下の小児を対象とした1件の研究 (LOE 5²⁷⁴) では、輪状軟骨圧迫は最低5ニュートンの外力で気道を変形させ得ることが示された。

小児・乳児の緊急気管挿管時に誤嚥防止の目的で輪状軟骨圧迫を用いる場合、換気や気管挿管の妨げとなるときは、圧迫を解除するべきである (Class I)。

4. 除細動

小児の除細動に関して、安全性、有効なエネルギー量、ショックの回数、1歳未満の乳児に対するAEDの使用、パドルとパッドのサイズと位置についてはLOE 3~5の報告はいくつかあったが、再発性または治療抵抗性のVF/VTに対する治療を変更させるような新しいデータはなかった。除細動のエネルギー量についてもいくつかの報告があったが、一致した報告はなく、適切かつ安全で有効なエネルギー量についてはいまだに不明である。

最初の除細動のエネルギー量2~4J/kgは、従来の2J/kgでは成功率が低いというコホート研究による。しかし、これらの研究ではより高エネルギー量で除細動を行ったさいの効果や安全性を保証するものではない。Single shockの推奨は2005年になされたが、これは成人での二相性の除細動器を用いたデータが基になっている。

1) パッドとパドル

わが国のマニュアル除細動器で用いられる「小児用 (小人用)」パッドと「小児用」パドルは、本来は体重約10kg、およそ1歳を上限指標としているが、「小児用 (小人用)」という名称ゆえに、現場の混乱をきたしてきた。今回のわが国のガイドラインにおいては、これらを乳児用パッド、乳児用パドルとして記載することとした。

小児に対してマニュアル除細動器を用いて除細動をするさい、パッドとパドルのどちらが有効かという明確なエビデンスはない。1件の小児の研究 (LOE 5¹⁰⁴) ではパッドとパドルの使用でROSCに差はなかった。1件の成人の研究 (LOE 5²⁷⁵) では、パドルよりもパッドの使用のほうが院外心停止に対して効果があった。また1件の成人の研究では、パドルよりパッドのほうが心房頻拍に対する同期電気ショックの効果が低い (LOE 5²⁷⁶) か、同等 (LOE 5²⁷⁷) であった。成人の2件の研究 (LOE 5^{278, 279}) では胸部のインピーダンスに関して、パドルでもパッドでも同じであったが、別の成人の研究 (LOE 5¹⁰⁷) や動物モデルを用いた研究 (LOE 5^{280, 281}) では、パッドのほうがパドルよりも胸部のインピーダンスが高かった。1件の研究 (LOE 4²⁸²) では、未熟児の胸部に重ならないようにパッドを貼付するのは困難であった。また別の研究 (LOE 5²⁸³) ではパッドは、パドルとgelパッドECGモニタの併用に比べてショック後のリズムチェックの信頼性が高かった。蘇生のシミュレーション教育の現場の検討でも、パドルとパッドでショックまでの時間 (LOE 5²⁸⁴) に差がなく、胸骨圧迫の中断時間 (LOE 5²⁸⁵) にも差がなかった。

小児・乳児に対してのマニュアル除細動器での除細動のさいには、パッドとパドルのどちらも使用してよい (Class I)。

2) 電気ショックの回数

小児ではショックを1回行う場合 (single shock) と連続して行う場合 (stacked shock)

を比較した研究はない。しかし、成人では、胸骨圧迫の中断時間が短くなるためショック（二相性）を1回行う場合（single shock）のほうが勝るという7件の研究（LOE 5^{75, 286-291}）がある。

小児のVF/無脈性VTに対しては、ショックを行った後はただちに胸骨圧迫を行う1回ショック法（single shock strategy）が推奨される（Class I）。

3) 電気ショックのエネルギー量

電気ショックのエネルギー量と転帰に関しては関係ないという2編の報告（LOE 4^{104, 292}）がある一方、従来の2 J/kgでは効果が得られないという報告もある。小児で、初回エネルギー量を2 J/kgで除細動を行った場合にはVFを停止させられるのは18~50%（LOE 4^{104, 113, 118}）であり、多くは3回以上のショックを要している（LOE 2^{292, 293}）。1件の研究（LOE 4¹⁰⁴）ではROSCと複数回のショックの間には負の関連があった。

2件の動物モデル（LOE 5^{123, 294}）では同じ2 J/kgのエネルギー量でも単相性で0~8%であったVF停止率が二相性では32%に上昇した。これらの研究で用いたエネルギー量ではいずれも2回以上のショックを必要としている。ある動物による検討では短期間のVFに対する必要なエネルギー量として、最低2.4 J/kg（LOE 5¹⁰⁸）ないしは3.3 J/kg（LOE 5²⁹⁴）と算出している。

また4件の動物実験（LOE 5^{119, 123-125}）ではエネルギー量の増量（2.5~4 J/kg）が必要であったとし、さらに長い（6分）VFに対してはより多く（10 J/kg）のエネルギー量が必要であった（LOE 5²⁹⁵）という。

2件の小児での研究（LOE 4^{104, 292}）と4つの動物モデルでの研究（LOE 5^{119, 123-125}）では2~10 J/kgのエネルギー量はさまざまな長さのVFに対して同等の効果をもたらした。これらの研究において、心筋に対する障害は、小児用パッドを用いた場合のほうが、成人用パッドを用いた場合に比べ、血行動態や生物化学的マーカーにおいて勝っていたが、その心筋障害の程度と4時間後や72時間後の生存率に違いはなかった。1件の動物モデルでの研究（LOE 5²⁹⁵）では二相性の150 J（4 J/kg）と単相性の360 J/kg（10 J/kg）で心筋障害の程度に差を認めなかった。

2件の動物モデルの研究（LOE 5^{123, 294}）では二相性のほうが単相性に比べ、VF/無脈性VTに対してより有効であったが、小児で二相性の有効性について直接比較検討された研究はない。

小児に対する除細動は高エネルギー量でも比較的安全であり、初回エネルギー量は4 J/kgが適切である。小児に対する除細動のエネルギー量は4 J/kgとする（Class I）。

5. 血管確保と薬剤投与

早めに骨髄路を確保することや、薬剤の気管内投与に重きをおかないことなどをうたっている血管確保に関する2005年のILCOR勧告を、変更するに足る新しいエビデンスはない。主にCPRのナショナル・レジストリ（NRCPR）からの疫学的データでは、バソプレシン、カルシウム、炭酸水素ナトリウム投与と死亡の可能性との関連性が示された。しかしながら、このデータから因果関係があるとみなすことはできない。これらの薬がBLSやALSに反応しない傷病者に多用されたために、関連性が認められた可能性があるからである。成人における

これらのデータは、蘇生中に静脈内投与される薬剤の有益性を疑問視しており、質の高い CPR の重要性を再強調している。

1) 骨髄路

小児の心停止での静脈路確保もしくは骨髄路確保の優劣を比較した研究はない。ショックの小児に関する1件の研究 (LOE 5²⁹⁶) において、骨髄路確保は、静脈路確保より成功する率が高く、すみやかに行われていたことを示している。8件の症例報告 (LOE 4²⁹⁷⁻³⁰⁴) ではさまざまな訓練のレベルにある医療提供者が、心停止の小児に最小限の合併症で骨髄路を確保することができていることを示している。

薬剤や輸液の投与が緊急に必要とされるすべての小児・乳児において、迅速な静脈路確保ができない場合もしくは困難と予想される場合は、骨髄路確保が推奨される (Class I)。骨髄路からは蘇生に関連する薬剤のほぼすべてが投与可能である。

2) 気管内投与

静脈に代わり、気管からアドレナリンが投与された場合、小児の院内心停止に関する研究 (LOE 3³⁰⁵) では ROSC と生存率に差が出なかったが、3件の成人の心停止に関する研究 (LOE 5^{306, 307}) では、退院率と ROSC は低下を示した。新生児仮死の徐脈 (拍) に対する研究では、アドレナリン投与が静脈内または気管内にかかわらず、ROSC は同程度の率を示したが、1件の新生児の研究 (LOE 5³⁰⁸) ではアドレナリンの静脈内投与と対照的に気管内投与では ROSC が低い率を示した。ヒトを対象とした多数の研究では、気管内投与のアドレナリン量は 0.1mg/kg 以下で使われている。

6件の動物実験 (LOE 5³⁰⁹⁻³¹⁴) では、低用量アドレナリン (0.01~0.05mg/kg) の気管内投与は、一過性に冠灌流を低下させる血管に有害なβアドレナリン作用を示した。1件の VF、心停止の動物実験 (LOE 5³¹⁵) では、ROSC は、プラセボの静脈内投与に比較してバソプレシンの気管内投与のほうがより高い率を示した。

4件の心停止に関する動物実験 (LOE 5³¹⁶⁻³¹⁹) では、アドレナリン投与は、気管内、静脈内投与とも同様の ROSC と生存率を示した。これらの研究では、等価の生物学的効果を得るための気管内投与量は静脈内投与量の10倍が必要であることを示している。

心停止の小児・乳児に対する薬物投与は、静脈路および骨髄路からが好ましい (Class I)。心停止の小児・乳児 (新生児を含まない) にアドレナリンが気管内投与される場合、推奨される投与量は 0.1mg/kg である (Class IIb)。その他の薬剤に関しては下記のとおりである。

リドカイン：2~3mg/kg

アトロピン：0.03mg/kg

3) 薬剤投与量の計算

8件の研究 (LOE 5³²⁰⁻³²⁷) は、体重の推定にあたっては、身長から求める方法が、年齢からの推定や親または医療従事者による推定より正確であると結論した。4件の研究 (LOE 5^{320, 322, 328, 329}) では、体型を加味した上で身長から体重を推定するとより近い値が得られることが示唆された。

6件の研究 (LOE 5³³⁰⁻³³⁵) は、薬物動態と生理学に基づいて成人に対する投与量から小児用

量を求める計算式の考案が試みられた。

肥満でない小児患者では、蘇生に用いる薬剤の初回薬用量は、実際の体重（標準体重に近似する）に基づいて決定するべきである。必要であれば、身長から体重を推定してもよい。

肥満患者では、蘇生に用いる薬剤の初回薬用量は、身長から推定される標準体重に基づいて決定するべきである (Class I)。肥満患者に対する投与量を実体重から決定すると、過量になることがある。

非肥満、肥満にかかわらず蘇生に用いる薬剤の2回目以降の投与量は、得られた臨床効果と毒性を考慮し決定するべきである (Class I)。治療効果が得られるまで滴定しながら投与することが合理的であるが、成人用量を超えてはならない。

4) アドレナリン

小児・乳児の無脈性心停止に対するアドレナリンとプラセボを比較した研究はない。院外心停止の成人に対する RCT (LOE 5³³⁶) では、アドレナリン投与と薬物療法なしと比較した場合、入院時生存は改善されたが、退院時生存には違いを見出せなかったとしている。

1件のRCT (LOE 1³³⁷) と2件の前向き試験 (LOE 2^{338, 339}) およびコントロールと比較した2編の症例のまとめ (LOE 2^{340, 341}) では、入院前または院内で10 μg/kgを超えるアドレナリンが静脈内投与された場合、退院時生存の増加、神経学的転帰の改善は示さなかった。

小児院内心停止に関する前向き試験 (LOE 1³³⁷) では、標準用量のアドレナリン投与後も心停止が持続し、高用量 (100 μg/kg) が投与された例では、24時間の生存は減少したことを示した。

9件のRCT (LOE 1³⁴²⁻³⁵⁰)、3件の試験 (LOE 2³⁵¹⁻³⁵³)、3件の研究 (LOE 3³⁵⁴⁻³⁵⁶) を含む成人の入院前または院内研究から推定されるエビデンスは、1mgを超えるアドレナリンが投与された場合、退院時生存または神経学的転帰に改善がないことを示している。

小児・乳児の院内および院外心停止にアドレナリンの投与を考慮してよい (Class IIb) 投与量は、初回投与、追加投与ともに標準用量 (0.01mg/kg IV/IO) とする。最大量は1mgとする。

5) バソプレシン

1件の小児の研究 (LOE 3³⁵⁷) では、バソプレシンは、より低いROSCと24時間および退院時生存が低くなる傾向と関係していたことを示している。3編の小児の症例報告 (LOE 4³⁵⁸⁻³⁶⁰) と2編の成人の症例報告 (LOE 5^{361, 362}) では、バソプレシン (LOE 5³⁵⁸)、または、その長時間作用型のアナログである terlipressin (LOE 5³⁵⁹、LOE 4³⁶⁰) の投与は、治療抵抗性の心停止患者のROSCと関係していた。

6件の成人の研究 (LOE 5³⁶³⁻³⁶⁸) と1件の成人のメタアナリシス (LOE 1³⁶⁹) は、バソプレシン単体またはアドレナリンとの併用は、ROSC、退院または神経学的転帰を改善しないことを示している。新生児仮死後の心停止モデルの動物実験 (LOE 5³⁷⁰) は、terlipressinの単独またはアドレナリン併用は、アドレナリン単独投与と比較してROSCに差を認めなかったことを示した。

小児の心停止に対するバソプレシンの常用を推奨または否定するのに十分な根拠はない。terlipressinはわが国では未承認である。

6) 難治性 VF/無脈性 VT に対する抗不整脈薬

2 件の成人の院外での前向き試験 (LOE 5) では、ショック抵抗性 VF/無脈性 VT に対するアミオダロンの静脈内投与は、プラセボ³⁷¹またはリドカイン³⁷²に比較し、ROSC と入院時生存を改善したが、退院時生存には改善はなかった。2 件の小児の症例報告 (LOE 5^{373, 374}) は、アミオダロンが致命的な心室性不整脈 (非心停止) の治療に有効であることを支持している。ショック抵抗性 VF/無脈性 VT にリドカインの効果を調べた小児データはない。

アミオダロンは電気ショックで停止しない難治性の VF/VT、あるいは VF/VT が再発する症例に考慮してもよい (Class IIb)。投与量は 2.5~5 mg/kg (最大 300mg) とする。

ニフェカランは院内および院外心停止患者で難治性、電気ショック抵抗性 VF/VT 症例に考慮してもよい (Class IIb)。投与量は 0.15~0.3mg/kg とする。

アミオダロンやニフェカランが使用できない場合には、効果は劣るがリドカインを使用してもよい (Class IIb)。投与量は 1 回 1 mg/kg、最大 3 mg/kg までとする。

低マグネシウム血症が疑われる場合、マグネシウム 25~50mg/kg を投与する。

7) カルシウム

3 件の小児の研究 (LOE 2³⁷⁵⁻³⁷⁷)、5 件の成人の研究 (LOE 5³⁷⁸⁻³⁸²) では、低カルシウム血症、カルシウム拮抗薬の過量投与、高マグネシウム血症または高カリウム血症がない心肺停止に対して、カルシウム投与が入院、退院時の生存または神経学的転帰を改善しなかった。4 件の動物実験 (LOE 5³⁸³⁻³⁸⁶) では、心肺停止に対するカルシウム投与は、アドレナリンまたはプラセボに比較して、ROSC の改善を示さなかった。

2 件の院内小児心停止の研究は、カルシウムが有害である可能性を示唆した。そのうち NRCPR のデータによる研究 (LOE 2³⁷⁶) は、カルシウム投与を受けた小児の退院時生存のオッズ比 0.6 であるのに対し、多施設研究 (LOE 3³⁷⁵) では院内死亡率のオッズ比が 2.24 となりカルシウム使用に関連していることを明らかにした。1 件の小児 ICU での心停止の研究 (LOE 2³⁷⁷) は、心停止時のカルシウム投与は有害である可能性を示唆し、1 回以上のボーラス投与は、院内死亡率の独立予測因子であった。

小児・乳児の心停止に対するカルシウム投与は、低カルシウム血症、カルシウム拮抗薬の過量投与、高マグネシウム血症、高カリウム血症のない場合のルーチンの治療としては推奨されない (Class III)。

8) 炭酸水素ナトリウム

心停止に対する炭酸水素ナトリウムの効果について調べた RCT は小児・乳児にはない。年齢、性、初期調律を適合させた小児院内心停止に関する後ろ向き多施設試験 (LOE 2³⁷⁵) では、心停止中の炭酸水素ナトリウム投与は生存率の減少との関連を認めた。

2 件の無作為化試験 (LOE 5) は、他の年代の心停止に対する炭酸水素ナトリウムの有用性について調べている。成人の院外心停止に関する研究³⁸⁷と分娩室での新生児の呼吸原性心停止の研究³⁸⁸はともに、生存率の改善は示していない。

炭酸水素ナトリウムのルーチンの投与は、小児心停止の治療では推奨されない (Class III)。

■7 不整脈治療

1. 徐脈（拍）アルゴリズム

心拍数が 60 /分未満で、循環不全を認めるときに行う処置を 1 つの流れにまとめたものが PALS の徐脈（拍）アルゴリズムである。

[ボックス 1]

脈が触れ、心拍数が 60/分未満で、循環不全を認める小児が対象となる。

[ボックス 2]

必要に応じて気道を確保し、酸素投与を開始する。ECG モニター、パルスオキシメータを装着し、除細動器を準備する。

[ボックス 3]

患児を再度評価する。適切な酸素投与と換気を施行しても徐脈による呼吸循環不全が持続しているかチェックする。

[ボックス 4]

適切な酸素投与と換気を施行しても、依然として心拍数が 60/分未満で呼吸循環不全を認める場合は、ただちに胸骨圧迫を開始する。

[ボックス 5]

患児を再度評価して、適切な酸素投与と換気と胸骨圧迫を施行しても循環不全が改善しない場合、アドレナリンを投与する。徐脈が迷走神経の刺激に起因する場合はアトロピンを投与する。徐脈が完全房室ブロックか洞結節機能不全に起因するもので換気、酸素投与、胸骨圧迫や薬剤の投与に反応しない場合（とくに先天性または後天性の心疾患が伴う場合）は、経皮ペースングの緊急実施で救命可能な場合がある。

[ボックス 6]

脈拍と呼吸が正常で血行動態が安定している場合は、緊急治療は不要であるが、急変に備えて注意深い経過観察が必要である。専門医に相談する。

1) 徐脈（拍）におけるアトロピンとアドレナリン

多変量解析に基づく 1 件の研究 (LOE 3³⁸⁹) では、小児の院内心停止症例に対しては、アトロピン投与は生存退院の可能性を高くするが、アドレナリン投与は生存の可能性を低くすることが示された。別の大規模な研究 (LOE 3³⁹⁰) からは、アトロピン投与と生存率との間に関係がないことが示された。

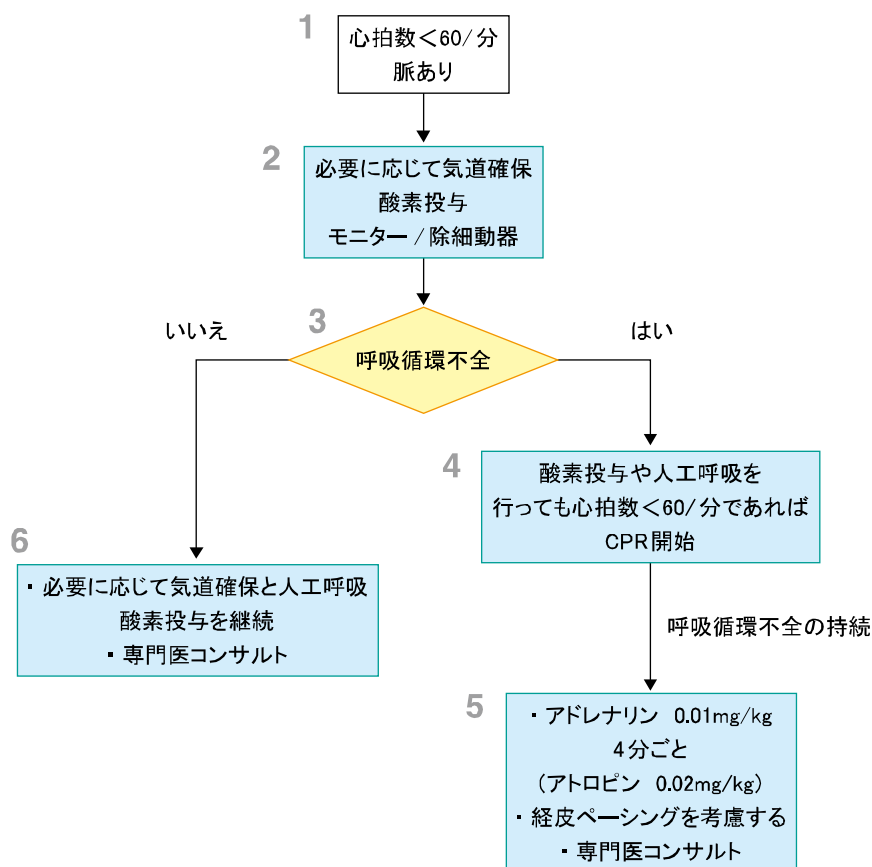


図3 徐脈（拍）

1件の成人の症例集積研究(LOE 5³⁹¹)では、アドレナリンには反応しなかった8例の心停止患者のうち、6例はアトロピンに反応して心拍が再開したことを報告している。そのうちの3例は退院できるまで回復した。一方、1件の成人に関する後ろ向き研究(LOE 5³⁹²)では、心停止症例でアドレナリン投与に反応せずにアトロピンに反応した症例は少数であり、退院まで至った症例はなかった、と報告している。

4件の成人に対する研究(LOE 5³⁹³⁻³⁹⁶)では、迷走神経が関連する徐脈にはアトロピンが有効であることを示している。1件の小児における小規模な症例集積研究(LOE 4³⁹⁷)では、心臓手術後の小児例に出現した『血圧低下+徐脈』[ベンゾルド-ヤリッシュ Bezold-Jarisch 反射による徐脈]には、アトロピンがアドレナリンよりも心拍数増加と血圧上昇に効果的であることを示した。

4件の成人での研究(LOE 5^{394, 398-400})と、4件の動物実験(LOE 5⁴⁰¹⁻⁴⁰⁴)では、徐脈や心停止に対するアトロピン投与には効果がないことが示された。1件の動物実験(LOE 5⁴⁰⁵)では、アトロピンはアドレナリンと併用して投与された症例では効果があったことが報告された。

アドレナリンは、徐脈と循環不全を呈する小児・乳児の症例において、酸素投与や人工換気に反応しない場合に使用され得る。迷走神経の緊張かコリン作動性薬物の毒性によって引き起こされた徐脈に対するアトロピン投与は妥当である。アトロピンを小児の心停止に対して日常的に使用することを支持あるいは否定するエビデンスは十分でない。

- ・乳児・小児の徐脈に対しては、酸素投与と気道確保、適切な換気を開始する。
- ・十分な酸素投与と適切な換気にもかかわらず、心拍数が 60/分以下で、かつ循環不全（皮膚蒼白、チアノーゼなど）の場合にはただちに胸骨圧迫を開始する。
- ・小児・乳児の徐脈（拍）に対する第一選択の薬剤は、アドレナリンである。
- ・小児の心停止に対するアトロピンの使用については推奨、否定に足る十分な根拠はない。

2. 頻拍（脈）アルゴリズム

頻拍（脈）に対する治療にあたっての処置を一連の流れにまとめたものが小児の頻拍（脈）アルゴリズムである。

脈拍（脈）を触知しない場合は、前述の無脈性心停止アルゴリズムに従う。血行動態が安定しているか不安定かを区別することが重要である。

[ボックス 1]

頻拍（脈）の小児・乳児に対してはすみやかに気道、呼吸、循環を評価し、酸素を投与する。必要ならば呼吸の補助をする。ECG モニター、パルスオキシメータを装着し、除細動器を準備する。

[ボックス 2]

QRS 幅を評価して、QRS 幅が 0.08 秒以下(狭いQRS 幅)か、0.08 秒を超える(広いQRS 幅)か、を判定する。

[ボックス 3]

標準 12 誘導 ECG の評価(心拍数と P 波の存在)と、頻拍（脈）の既往歴や WPW 症候群などの病歴を確認する。

[ボックス 4→6]

洞性頻拍（脈）が疑われる場合には、原疾患の治療が可能であるかなどをチェックする。

[ボックス 5→7]

上室頻拍 (SVT) が疑われる場合の治療法は、血行動態の安定か不安定かに基づいて選択する。患児の状態が不安定でなければ、まず「迷走神経刺激」を試みる。

[ボックス 8→11]

静脈路を確保し、ATP の急速投与を行う。初回投与量を 0.1mg/kg、無効の場合は次回投与量 0.2mg/kg を心拍数モニタリング下に投与する。

血行動態が不安定なケースで静脈路確保が難しいケースでは、同期電気ショックを行う。そのさいには必要ならば鎮静を考慮する。出力は 0.5~1.0 J/kg から開始し、不成功の場合には 2.0 J/kg まで上げて再度施行する。2 回目のショックが不成功であるか短時間のうちに頻拍が再発した場合は、3 回目のショックの前に抗不整脈薬療法(プロカインアミドまたはアミオダロン)を考慮する。ニフェカランを投与してもよい。

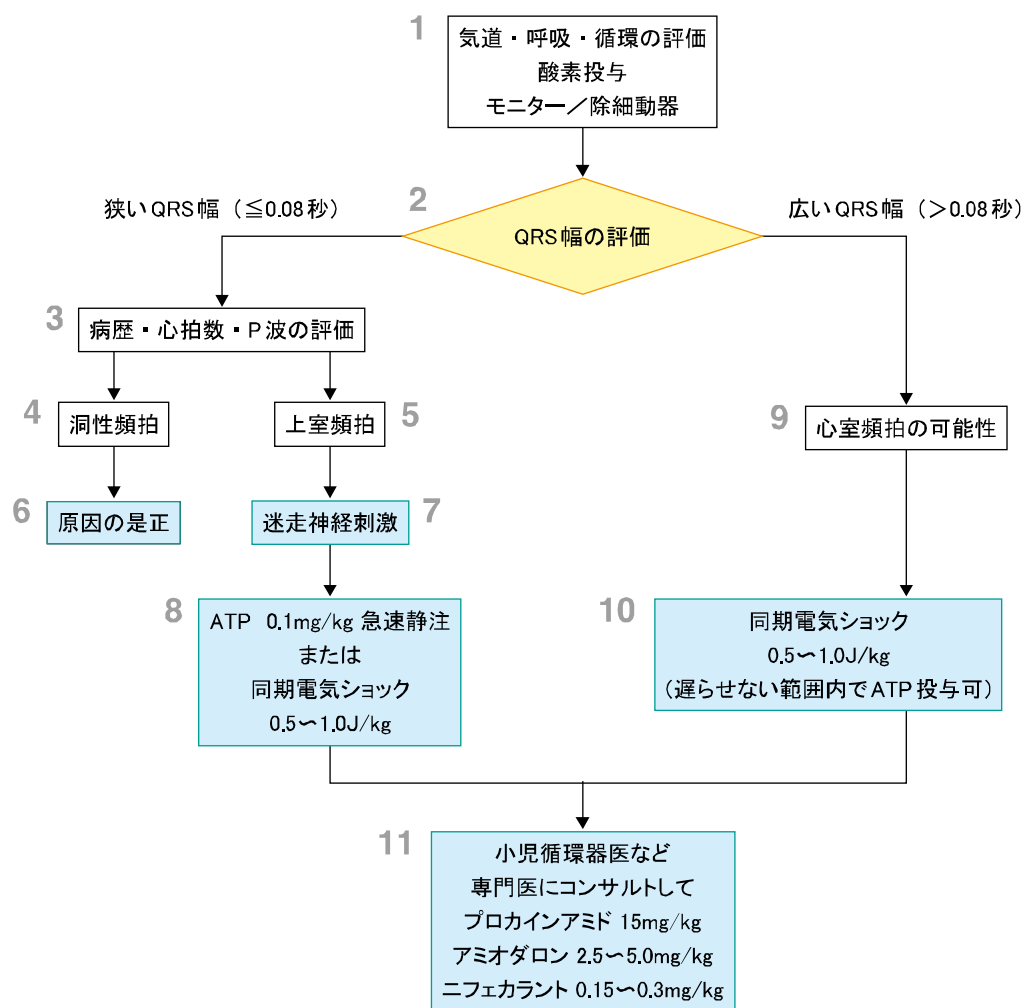


図4 頻拍 (脈)

血行動態が安定している場合で ATP が無効の場合、専門医にコンサルトし、他の抗不整脈薬を考慮する。乳児にベラパミルを投与すると難治性低血圧や心停止をきたすことがあるため、禁忌である。小児ではベラパミルは低血圧や心筋抑制をもたらすことがあるため、投与は慎重に行うべきである。

[ボックス 9]

血行動態が不安定な広い QRS 幅の頻拍 (脈) は VT が明白に否定できない場合、VT とみなして対応する。変行伝導を伴う SVT である場合もある。

[ボックス 10→11]

血行動態が不安定な場合は、同期電気ショック (0.5～1.0 J/kg) を施行する。ショックの実施を遅らせない状況であれば、まず先に ATP を投与してもよい。

2 回目のショック (2 J/kg) が不成功な場合や、頻拍 (脈) が短時間で再発する場合には、3 回目のショックを試みる前に抗不整脈薬を考慮する。

[ボックス 11]

血行動態が安定している場合は、専門医にコンサルトし、他の抗不整脈薬を考慮する。

小児の頻拍に対して用いる薬剤の投与量は以下のとおりである。

- ・プロカインアミド 15mg/kg を1時間程度で投与
- ・アミオダロン 2.5～5mg/kg (最大300mg) を30分以上かけて緩徐に静脈内投与
この間には ECG と血圧のモニタリングを行う。アミオダロンとプロカインアミドの併用など、QT 延長をもたらす薬剤の併用はしない。
- ・ニフェラカント 0.15～0.3mg/kg を10分間かけて静脈内投与。

1) 不安定な VT

小児の血行動態が不安定な VT に対する緊急治療に関して、「同期電気ショックが薬物療法よりも有効である」、「ある薬物治療が有効である」ということを支持あるいは否定するためのエビデンスは十分でない。2 件の成人の症例集積研究 (LOE 5^{406, 407}) で、血行動態が不安定な VT の治療について、早期に同期電気ショックを施行することが効果的であると報告されている。

4 件の小規模な小児の症例集積研究 (LOE 4^{373, 374, 408, 409}) では、アミオダロンが VT の治療に有効であることが示された。小児の頻拍 (脈) 性不整脈に対するアミオダロンの安全性と有効性を検討する RCT (LOE 2⁴¹⁰) では、アミオダロンが投与された小児例の 71% に心血管系の副作用が認められた。アミオダロンの有効性と有害事象の両方が投与量と関連していた。

小児の血行動態が不安定な VT に対して、同期電気ショックをすみやかに施行する (Class I)。血行動態が不安定な VT に対してアミオダロンを選択する場合は、慎重な血行動態モニタリングを行いつつ緩徐に投与する。

2) SVT に対する薬物治療

22 件の小児・乳児の研究 (LOE 4⁴¹¹⁻⁴³²) では、血行動態の安定・不安定にかかわらず、SVT ではアデノシンが有効であることを示している。1 件の研究 (LOE 4⁴³³) と、4 件の 10 代を含む成人の大規模研究 (LOE 4⁴³⁴⁻⁴³⁷) では、アデノシンの有効性も示されているが、副作用が一時的ではあるが頻回に認められることを報告した。

1 件の研究 (LOE 2⁴³⁸) では、小児・乳児の SVT に対する治療にアデノシンもしくはベラパミルを投与することで 90% 近い高い成功率であり、ジギタリスの成功率 (61～71%) よりも優れていることが報告された。1 件の成人に対する RCT (LOE 5⁴³⁹) と、数例の小児を含む主として成人における 1 件のメタアナリシス研究 (LOE 5⁴⁴⁰) では、SVT 治療に関するベラパミルとアデノシンの有効性を示しているが、費用対効果の面ではベラパミルのほうがアデノシンより優れていた。

1 件の RCT (LOE 4⁴¹⁰) と、15 件の小児・乳児に関する小規模な症例集積研究 (LOE 4^{373, 374, 408, 409}) と観察研究 (LOE 5⁴⁴¹⁻⁴⁵¹) では、アミオダロンが上室頻拍 (脈) 性不整脈の治療に有効であることを示した。これらの研究における小児の SVT には手術後の接合部頻拍 (脈) (JET) が含まれているので、アミオダロンが小児の SVT 治療へ一般化されることは限定されるかもしれない。

アミオダロン療法では投与速度が急速であると、まれではあるが重篤な副作用が報告され

ている。徐脈(拍)と低血圧が1件の前向き研究(LOE 4⁴¹⁰)で報告され、2件の症例報告(LOE 5^{452, 453})で心血管虚脱が報告され、1件の小規模な症例集積研究(LOE 4⁴⁵⁴)で多形性VTが報告された。他の症例報告(LOE 5^{453, 455})には、肺毒性(間質性肺炎、肺線維症、肺炎)と甲状腺機能不全(甲状腺機能亢進症、甲状腺炎、甲状腺機能低下症)などの遅発性の副作用について述べている。

1件の小児のコホート研究(LOE 2⁴⁵⁶)では、難治性のSVT治療に関してアミオダロンと比較してプロカインアミドは高い成功率を認められたが、同程度の有害事象も報告された。5件の観察研究(LOE 4⁴⁵⁷⁻⁴⁶¹)と、5編の症例報告(LOE 5⁴⁶²⁻⁴⁶⁶)では、小児例のSVTでプロカインアミドは頻拍(脈)停止効果や徐拍化効果を認めた。

小児(LOE 5⁴⁶⁷)や成人(LOE 5^{468, 469})、および動物(LOE 5⁴⁷⁰)での研究から、プロカインアミド投与による血圧低下は血管拡張によるものであり、心収縮力低下によるものではないことが結論づけられた。初期の観察研究(LOE 4⁴⁷¹⁻⁴⁷³)と、1件の症例集積研究(LOE 4⁴⁷⁴)では、ベラパミルは小児のSVTの治療に有効であった。しかしながら、複数の小規模な症例報告(LOE 4^{438, 475})や、症例報告(LOE 5^{476, 477})では、ベラパミルは乳児のSVTに対して、重篤な血圧低下、徐脈(拍)、伝導ブロックから循環虚脱を引き起こし、2件の小規模な小児の症例集積研究(LOE 4^{478, 479})では、SVTの治療で(β_1 選択性 β 遮断薬:短時間作用性)エスモロールと(α_2 刺激薬:静脈内投与鎮静薬)デクスメドミジンについて述べている。

小児・乳児では、脈拍を触知できるSVTの症例で、アデノシンは第一選択の薬物療法である(Class I)。ベラパミルは年長児に対しては代替的な療法とされるべきで、乳児ではルーチンに使用するべきではない(Class III)。プロカインアミドかアミオダロンは、慎重な血行動態モニタリング下においてゆっくりと静脈内投与される場合のみ、難治性のSVTの治療として考慮される(Class IIb)。

脈のある小児・乳児のSVTに対する薬物療法として、アデノシンを第一に考慮するべきである(Class I)。わが国ではATPとする。初回投与量を0.1mg/kg、無効の場合は次回投与量0.2mg/kgを心拍数モニタリング下に投与する。

■8 ショック

小児のショックの治療に関するいくつかの主要な疑問点に関するエビデンスについてのレビューを行った。ショックの蘇生のさいに使用する輸液は膠質液か晶質液か議論が分かれる。成人の大規模試験では頭部外傷への膠質液使用が有害であるとのサブグループ解析があるが、生理食塩液(等張晶質液)はアルブミンと同様の効果であると示された。2005年ガイドラインの推奨を変更するに足る十分なデータはない。

小児のショックに対する適切な気管挿管のタイミングは不明である。小児や成人での敗血症性ショックに対する治療プロトコールにおいては、早期の挿管管理が有用であると提唱されている。敗血症性ショックの小児が中心静脈酸素濃度を正常に保つようなプロトコールで治療されていたなら、転帰は改善されたであろうと思われる。

ショックの小児に対してrapid sequence intubation (RSI)による気管挿管を行うと、急激に循環虚脱をきたす可能性がある。etomidateは循環動態に対して、他の薬剤よりも影響が少ない。しかし、小児や成人の敗血症性ショック時にこの薬剤を使用すると、二次的なコ

ルチコステロイド受容体の阻害作用により、死亡率が上昇することが示されている。コルチコステロイドの投与は成人ではその有用性は示されなかった。

1. ショックアルゴリズム

ショックを早期認識し、早期より大量輸液と循環作動薬を用いた段階的な循環サポートを行うことで、末梢循環不全と低血圧からの迅速な回復をめざすための処置の流れにまとめたのが敗血症性ショックの治療アルゴリズムである。このアルゴリズムは2009年に American College of Critical Care Medicine の専門家集団が形成したコンセンサスに基づいたものである⁴⁸⁰。

[ボックス 1]

ショックの治療を迅速に開始するためには、ショックの早期認識が重要である。

[ボックス 2]

気道確保後、高流量酸素投与を行う。薬剤投与経路を確保する。

[ボックス 3]

ショックを認識したら、最初の15分以内に初回20ml/kg、必要であれば60ml/kgまで急速輸液を行う。また、低血糖と低カルシウム血症の補正を行い、血液培養を施行後に抗菌薬を投与する。

[ボックス 4]

十分な輸液にもかかわらずショックの持続する症例(輸液不応性ショック)に対しては、中心静脈路を確保しカテコラミン投与をショックの認識から1時間以内に開始する。観血的動脈圧測定を開始し、気管挿管/人工呼吸開始を考慮する。

[ボックス 5→6]

カテコラミン投与によってもショック状態が遷延する場合(カテコラミン不応性ショック)、副腎皮質機能不全の示唆あるいは確信される症例についてはストレス量のヒドロコルチゾン(50mg/m²/24時間程度)を用いた補充療法を考慮してもよい。

[ボックス 7]

末梢循環と血圧に加え、中心静脈圧や中心静脈血酸素飽和度(ScvO₂)を指標として、血管拡張薬やホスホジエステラーゼⅢ阻害薬を含めた循環作動薬の選択と調節を行う。

[ボックス 8]

以上の治療に抵抗性の場合、体外式心肺補助手段の導入も考慮する。1件の研究で(LOE 1⁴⁸¹)、ScvO₂を指標とした管理を行うと死亡率が有意に低下すること、この効果は治療開始前のScvO₂が<70%のときにより顕著であることが示されている。

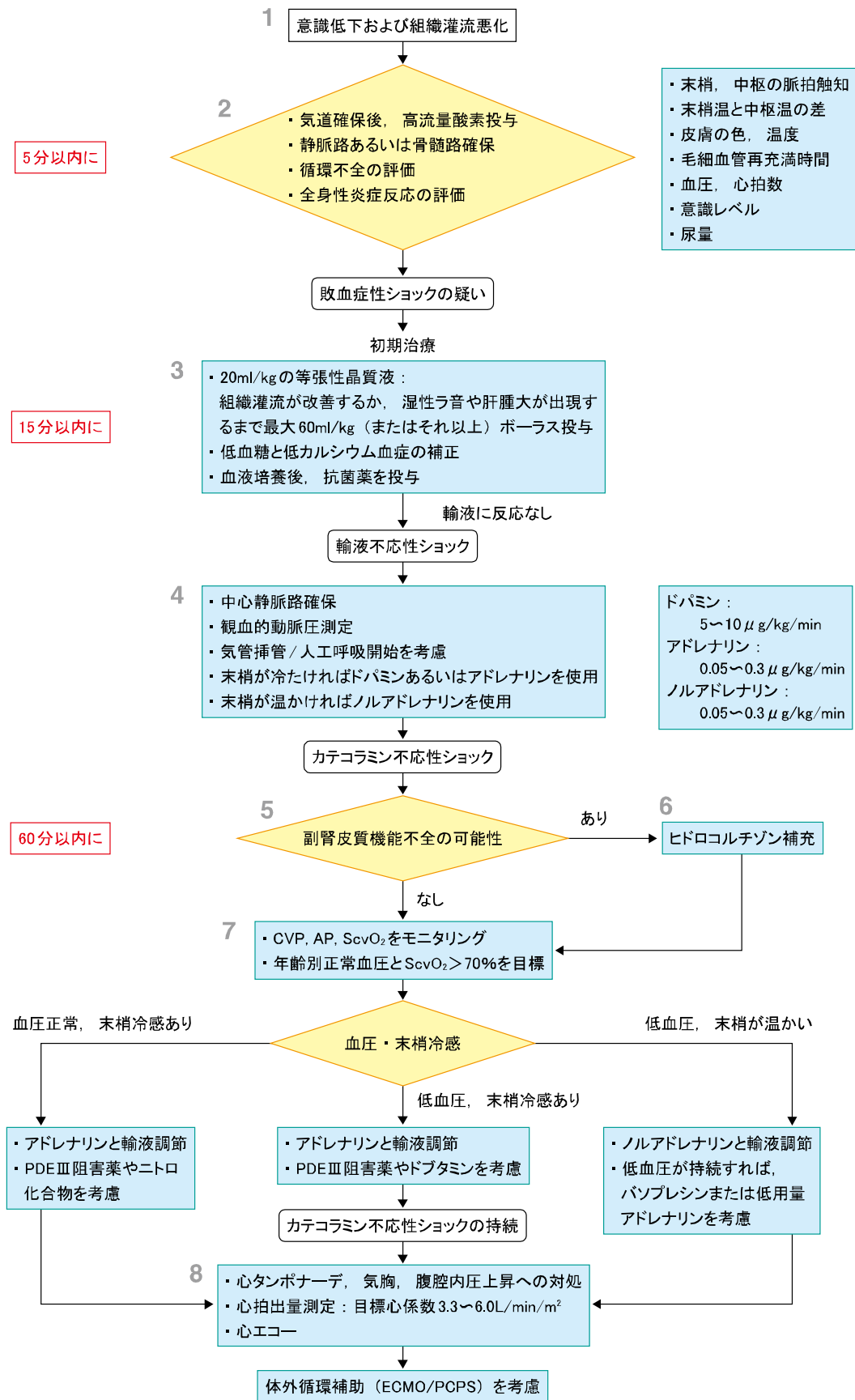


図5 小児敗血症性ショック初期治療アルゴリズム

1) 出血性ショックに対する graded volume resuscitation

小児の低血圧を呈する出血性ショックに対して、輸液蘇生の適切な投与時期、投与量を示した報告はない。9件の報告 (LOE 5⁴⁸²⁻⁴⁹⁰) では投与時期、投与量において矛盾する結果が報告されている。

小児・乳児の外傷による出血性ショックに対する輸液・輸血治療の最適な投与時期、投与量についての十分なエビデンスはない。ショックへの初期対応としては生理食塩液などの等張晶質液 10~20ml/kg を急速投与する (Class I)。低張液は使用しない。等張晶質液の投与で循環の安定化が図れない場合は、輸血を行い止血による出血コントロールを行う必要がある。

2) ショックに対する早期の呼吸管理

小児のショックにおいて呼吸不全になる以前での気管挿管や呼吸補助の効果を検討した研究はない。敗血症性ショックにおける2件の研究 (LOE 5^{491, 492}) と1件の動物を用いた心タンポナーデによるショックの研究 (LOE 5⁴⁹³) では、呼吸不全に至る前に気管挿管することで血行動態や選択的臓器灌流を改善させることが示された。2例の成人症例のまとめ (LOE 5⁴⁹⁴) では、1例は穿通性外傷による心タンポナーデに対する気管挿管により心停止をきたし、1例は心臓外科術後のタンポナーデに対する人工呼吸管理中の自発呼吸により循環動態が改善したことを報告した。

1件の成人敗血症性ショックの研究 (LOE 5⁴⁹⁵) では呼吸不全に陥ってからの呼吸管理を受けていた者よりも、早期の呼吸管理を受けたほうが、死亡率を下げることができた。敗血症性ショックの動物モデルによる1件の研究 (LOE 5⁴⁹⁶) では、早期の呼吸管理では酸素摂取を減らしたり、乳酸アシドーシスの進展を防ぐことができなかった。

小児・乳児のショックにおいて、呼吸不全に至る前の気管挿管を支持または否定するエビデンスはない。呼吸不全や意識障害がある場合は気管挿管を考慮してよい (Class IIa)。ただし、循環動態が不安定な小児においては、挿管手技による迷走神経刺激により徐拍、低血圧を容易にきたし得るため、注意を要する。

3) 膠質液と晶質液

Deng熱での3件のRCT (LOE 1⁴⁹⁷⁻⁴⁹⁹) と1件の小児敗血症性ショックにおけるRCT (LOE 1⁵⁰⁰) ではショックに対する膠質液か等張晶質液かで転帰に差は出なかった。

成人ICUにおける輸液治療のRCT (LOE 5⁵⁰¹) と6件の良質なメタアナリシス (LOE 5⁵⁰²⁻⁵⁰⁷) では膠質液と高張晶質液や等張晶質液の比較で死亡率に差は認められなかった。

成人のショックで晶質液と膠質液を比較した3件の研究では、外傷を含めたショック (LOE 5⁵⁰⁴)、外傷性脳損傷 (LOE 5⁵⁰⁸)、熱傷 (LOE 5⁵⁰⁹) に対して晶質液のほうが有利であることを示した。1件の小児重症マラリアでのRCTでは膠質液の使用が転帰に寄与したと報告がある (LOE 5⁵¹⁰)。

ショックにおける初期輸液として、膠質液よりも等張晶質液が推奨される (Class I)。等張晶質液の種類として具体的に推奨されるものはなく、生理食塩液やリンゲル液などを使用し、低張液は使用しない。投与量は 10~20ml/kg の急速投与を行う。投与後には再評価を行い、必要に応じて等張晶質液の再投与を行う。

4) 血液分布異常性ショックに対する血管作動薬

1件の観察研究 (LOE 4⁵¹¹) では、小児敗血症性ショックの病態生理はダイナミックに変動するため、適切な血行動態を得るための循環作動薬の使用には継続的な評価が必要である。

4件の小児のRCT (LOE 1⁵¹²⁻⁵¹⁵) と3件の成人におけるRCT (LOE 5⁵¹⁶⁻⁵¹⁸)、さらに1件の成人のシステマティックレビュー (LOE 5⁵¹⁹) では特定の循環作動薬が転帰を改善したということとはなかった。

2件の小児におけるRCT (LOE 1^{512, 513}) では、末梢血管抵抗の上昇した敗血症性ショック (cold shock) ではミルリノンの短時間の投与が血行動態を改善したと報告している。1件の小児におけるRCT (LOE 1⁵¹⁵) では、末梢血管抵抗の低下した敗血症性ショック (warm shock) においてはバソプレシンが通常の血管作動薬と比べて転帰が悪化する傾向が認められた。

11編の小規模な症例報告 (LOE 4⁵²⁰⁻⁵³⁰) では、小児難治性敗血症性ショックにおける warm shock ではバソプレシンや terlipressin が生存率は改善しないものの、血行動態を改善させたことを示した。

小児・乳児の血液分布異常性ショックに対して、最適な血管作動薬を推奨するだけの十分なエビデンスはない。Cold shock に対してはミルリノンを、あるいはカテコラミン不応性の warm shock にはバソプレシンを副作用に注意しながら考慮してもよい (Class IIa)。

5) 心原性ショックに対する血管作動薬

1件の症例集積研究 (LOE 4⁵³¹) において、カテコラミンを必要とする重症患児では、ドブタミン投与に対する血行動態の変化は、さまざまであることが示された。また、盲検交差研究 (LOE 2⁵³²) にて、ドパミンとドブタミンは、心臓外科術後にカテコラミンが必要な小児・乳児において同等の作用を有しているが、ドパミンは7 μ g/kg/分より多い投与にて肺血管抵抗を増すことが示された。

6件の研究 (LOE 3⁵³³⁻⁵³⁸) では、心原性ショックの小児においてはドパミンおよびドブタミンの両者が、血行動態を改善させた。

1件の小児のRCT (LOE 1⁵³⁹) では、ミルリノンが、二心室形態の心内修復術の小児・乳児の低心拍出症候群の予防に効果があった。また1件の研究 (LOE 4⁵⁴⁰) においてミルリノンが心臓外科術後の低心拍出の新生児の心係数を改善した。

1件の小規模研究 (LOE 1⁵⁴¹) で、小児ファロー四徴症修復術後のミルリノンの投与は、低用量のアドレナリンとニトログリセリンの併用に比較して血行動態パラメータの改善とICU滞在期間を短縮させた。

2件の小規模症例集積研究^{542, 543}において、心駆出率を改善させることが示されているレボシメンダンを、心筋機能不全に続発した小児心不全に投与した場合、カテコラミン投与期間を短縮させ⁵⁴²、血行動態を改善し動脈血乳酸値を減少させた⁵⁴³。

1件のRCT (LOE 5⁵⁴⁴) のサブ解析において、ドパミンに比較してノルアドレナリンで治療された心原性ショックの成人患者のほうが、28日生存率が改善した。あらゆる原因のショックを含めた場合、ノルアドレナリンで治療された患者はドパミンで治療された患者よりも不整脈が少なかった (12% vs 24%)。

小児・乳児の心原性ショックや低心拍出量症候群による低灌流状態には、循環作動薬 (アドレナリン、ドパミン、ドブタミンなど) の持続静脈内投与や輸液の急速静脈内投与を標準

的な治療として行う (Class I)。心臓外科術後の低心拍出量状態の予防にはミルリノンを推奨する (Class I)。なお、小児でノルアドレナリンの使用を推奨、否定する十分な根拠はない。

6) 低血圧性ショックの気管挿管における etomidate

1 件の小児敗血症性ショックの研究 (LOE 4⁵⁴⁵) において、etomidate の単回投与の後、副腎抑制が生じ、少なくとも 24 時間持続することが示された。3 件の研究 (LOE 4^{546, 547}、LOE 5⁵⁴⁸) から、etomidate は最小限の血行動態変動で小児・乳児の気管挿管に用いることができた。しかしこれらの研究は、低血圧を伴う敗血症性ショックをほとんど含んでいない。1 件の研究 (LOE 4⁵⁴⁵) では、小児敗血症性ショックの気管挿管に etomidate を用いることが死亡率と関連していた。

1 件の成人研究 (LOE 5⁵⁴⁹) において、敗血症性ショックの気管挿管で、ステロイド投与がなされているにもかかわらず、etomidate の使用と死亡率の増加の関連が観察された。反対に、1 件の成人小規模研究 (LOE 5⁵⁵⁰) では、敗血症患者での死亡率の増加は認められなかった。

1 件の多施設共同比較研究 (LOE 5⁵⁵¹) ではケタミンに比較して、etomidate の気管挿管時使用には 72 時間を超えた中で臓器不全に有意差はなく、死亡率にも差は認められなかった。しかしこの研究ではショックの患者は少人数しか含まれていなかった。副腎皮質機能不全は etomidate で治療がなされている患者により多かった。

etomidate は、乳児または小児の敗血症性ショック時にルーチンで使用はするべきでない。もし etomidate を敗血症性ショックの小児または乳児に使用する場合は、副腎皮質機能不全のリスクを認識するべきである。

*わが国において、etomidate は未承認薬であり、使用できない。

7) 低血圧性ショックにおけるステロイド

6 件の成人敗血症性ショックにおける RCT (LOE 5^{549, 552-556}) において、低用量のヒドロコルチゾンの投与は、ショックからの回復時間を短縮した。3 件の血管作動薬依存性の成人敗血症性ショック (LOE 5^{552, 557, 558}) においては、低用量のヒドロコルチゾンの投与が生存率を改善した。一方で 1 件の小規模成人 RCT (LOE 5⁵⁵⁹) では、生存率の改善傾向が示された。

1 件の良質な小規模研究 (LOE 1⁵⁶⁰) によると、小児敗血症性ショックにおいて低用量のヒドロコルチゾンの投与は生存率改善を認めなかった。また 1 件の良質な小児敗血症性ショック症例への低用量ステロイド投与の研究 (LOE 1⁵⁶¹) で、早期のショック離脱が示された。1 件の病院退院データベース (LOE 4⁵⁶²) からは、重症敗血症へのステロイド使用と生存率の低下の間の関連が示された。

1 件の成人敗血症性ショックの研究 (LOE 5⁵⁵²) において、低用量のヒドロコルチゾンとフルドロコルチゾンの投与がプラセボ群と比較して生存率を改善した。反対に 4 件の成人敗血症性ショックの試験 (LOE 5^{549, 554-556}) で、低用量コルチコステロイド療法が生存率を改善しなかった。1 件の成人敗血症性ショック大規模 RCT (LOE 5⁵⁴⁹) にてコルチコステロイドの投与が、二次感染のリスク増加と関連があった。

小児・乳児の敗血症性ショックにおけるステロイドの常用を支持あるいは否定するためのエビデンスは十分ではない。輸液負荷および循環作動薬に抵抗性のショックに対して補充療法を考慮してもよい (Class IIa)。

8) ショック治療における診断的検査

1 件の RCT (LOE 1⁴⁸¹) で、小児重症敗血症または輸液抵抗性の敗血症性ショックに、(毛細血管再充満時間の延長、尿量減少、血圧低下などの) 臨床的ショック症状を改善することと組み合わせて、混合静脈血酸素飽和度 (SvO₂) 70%以上を目標としたプロトコール主導の治療は、臨床症状のみの評価による治療指針に比較して生存退院率を向上させた。

2 件の成人敗血症性ショックの研究、すなわち 1 件の RCT (LOE 5⁵⁶³) と 1 件のコホート研究⁵⁶⁴にて、上大静脈血酸素飽和度 (ScvO₂) 70%以上の調整を含むプロトコール主導の早期目標指向型治療の遂行は、生存退院率を改善させた。成人で Surviving Sepsis Campaign を検証した 1 件の大規模多施設共同研究 (LOE 5⁵⁶⁵) において、ScvO₂ 70%をめざす目標指向型治療は、生存率との関連が認められなかったが、ScvO₂ が測定されていたのは登録患者の 25%未満にすぎなかった。

小児・乳児のショック管理の指針を補助する他の診断的検査 (例えば、pH や乳酸値) の使用に関する十分なデータはない。

小児・乳児の輸液負荷に反応しない敗血症性ショックにおいては SvO₂、ScvO₂ を指標に早期目標指向治療を考慮する (Class I)。SvO₂、ScvO₂ は、連続あるいは間欠的にモニターし 70%以上を目標にする。

■9 特殊な状況

本項では、肺高血圧を伴う小児・乳児の CPR と、ある種の先天性心疾患すなわち Stage I (第 1 期) 手術に引き続き両方向性 Glenn 手術 (BDG)、Fontan 手術が行われる単心室の小児・乳児に関する新しいトピックが記述された。

1. 外 傷

鈍的外傷および穿通性外傷などの重症外傷による小児心停止 (院外および院内) 症例の死亡率は非常に高い⁵⁶⁶⁻⁵⁶⁸。2 件の研究 (LOE 4⁵⁶⁸、LOE 5²¹⁹) では交通事故による小児の院外心停止例では気管挿管を行っても生存率にはほとんど影響しなかった。2 件の研究 (LOE 4⁵⁶⁹、⁵⁷⁰) では穿通性外傷の小児心停止例では現場で生命徴候が認められ、病院への搬送時間が短かった場合、開胸心マッサージによって生存率が改善した。

外傷性心停止の転帰は不良である。小児・乳児の重症外傷における CPR においても標準的な蘇生を施行すべきである (Class I)。小児・乳児の穿通性胸部外傷による心停止において、現場で生命徴候が認められ、搬送時間が短かった場合、選択的に開胸心マッサージを行うことを考慮してもよい。

2. 単心室 Stage I (第1期) 手術後

1 件の症例集積研究 (LOE 4⁵⁷¹) は単心室に対する第1期手術後の高い心停止率 (112 症例の 20%) を報告している。2 件の症例集積研究 (LOE 5^{572, 573}) では術前、筋弛緩薬投与下に人工呼吸を施行されている単心室患児では、吸気 CO₂ 分圧を増加させて PaCO₂ を 50~60 mmHg に保つことで、高肺血流量を短期的には減少させる可能性があることを報告している。同様の対象患児において、吸入酸素濃度を 21%以下にしても全身の酸素運搬量を改善し得なかった。3 件の研究 (LOE 4⁵⁷⁴⁻⁵⁷⁶) によると、単心室患児が切迫心停止状態であることを臨床的に同定することは困難であるが、ScvO₂ や近赤外分光法 (NIRS) を用いた脳あるいは内臓の循環をモニタリングすることによる全身の酸素摂取率の観察が参考になるかもしれない。

第1期手術後の乳児を対象とした後方視的な前向き交差研究 (LOE 3⁵⁷⁷) では、CO₂ の吸入が全身の酸素運搬量を増加させた。また、3 件の研究 (LOE 4⁵⁷⁸⁻⁵⁸⁰) ではフェノキシベンザミンなどで血管抵抗を下げると全身の酸素運搬量が改善され⁵⁷⁹、循環虚脱のリスクを下げ⁵⁷⁸、生存率が改善した⁵⁸⁰。

5 件の小児研究 (LOE 4⁵⁸¹⁻⁵⁸⁵) では、体外循環を用いた CPR を施行された単心室患児の生存退院率は、心臓手術を受けた他の新生児のそれと変わらなかった。また別の研究 (LOE 4⁵⁸³) では、単心室に対して第1期手術の体 - 肺動脈シャント閉塞に対する体外循環を用いた CPR 後の生存率は、他の原因による ROSC 後生存率より一貫して高かった。

単心室患児の第1期手術後患者の CPR は標準的な方法で行うべきである (Class I)。第1期手術前の乳児が肺体血流比の増加に伴うショックとなった場合は、軽度高 CO₂ 血症 (PaCO₂ 50~60mmHg) が有効なことがある。肺血流と全身への酸素運搬を改善する目的で、フェノキシベンザミンなど α 受容体遮断薬が有効なことがある。SvO₂ および近赤外分光法 (Near-infrared Spectroscopy : NIRS) による脳や内臓の血流モニタリングで評価することで、第1期手術後の乳児において、切迫心停止の前兆となるような血行動態変化をつかむことができるかもしれない。

3. 単心室 Fontan および両方向性 Glenn (Bidirectional Glenn: BDG) 術後

1 件の症例集積研究 (LOE 4⁵⁸⁶) では、Fontan 術後患児の蘇生には ECMO が有用であったが、hemi-Fontan/BDG 術後には無効であった。また、症例報告 (LOE 4⁵⁸⁷) では、modified Fontan 術後の CPR に際し標準的な胸骨圧迫に用手的な腹部圧迫を加えた症例が報告されている。

心停止やショックではない BDG 術後患児では、CO₂ 分圧の増加と低換気によって脳、上大静脈、肺の血流を改善し、全身への酸素運搬量を増加させることを支持する 4 件の研究 (LOE 5⁵⁸⁸⁻⁵⁹¹) がある。2 件の研究 (LOE 5^{592, 593}) では、心停止や切迫心停止状態ではない BDG 患者では、過換気によって脳酸素飽和度が低下した。心停止や切迫心停止状態ではない Fontan 術後の患児を対象とした 2 件の研究 (LOE 5^{594, 595}) では、陰圧換気 (NPV) は間欠的陽圧換気 (IPPV) に比して 1 回拍出量、心拍出量を増加させた。

心停止や切迫心停止状態ではない Fontan 術後の患児を対象とした症例集積研究 (LOE 5⁵⁹⁶) では高頻度ジェット換気が肺血管抵抗を低下させ心係数を改善した。一方、1 件の症例集積研究 (LOE 5⁵⁹⁷) では高頻度振動換気は心係数の増加や肺血管抵抗の低下は認められなかった。

一般的に肺血流の増減は心拍出量の変化を反映する。しかし、先天性心疾患や肺高血圧症にみられる右 - 左シャントを有する乳児および小児において、肺をバイパスする右 - 左シャ

ントが増加した場合は肺循環を通過する血流の割合が低下するため心拍出量の低下はないが、PETCO₂は低下する⁵⁹⁸。逆に、チアノーゼ性心疾患の乳児にシャントを造設し、肺血流が増加した場合はPETCO₂が増加して実測値であるPaCO₂とETCO₂との較差が低下する^{599, 600}。同様に、肺胞をバイパスする肺内シャントがある場合は、PaCO₂とETCO₂との較差は大きい⁶⁰¹。

Fontan 術後、BDG 術/hemi-Fontan 術後患者の CPR は標準的な方法で行うべきである (Class I)。BDG 術後患者の切迫心停止状態に対しては、低換気による高 CO₂ 血症が酸素化や心拍出の改善に有益かもしれない (Class IIb)。Fontan 術後患者に対しては陰圧換気が可能であれば心拍出の改善に有益かもしれない (Class IIb)。また Fontan 術後の CPR においては体外循環を用いた CPR は理にかなっている (Class IIa)。BDG 術/hemi-Fontan 術後患者に対しての体外循環を用いた CPR を支持あるいは否定する十分なエビデンスはない。

4. 肺高血圧

小児を対象とした 2 件の観察研究 (LOE 5^{602, 603}) では肺高血圧症を伴った患児は心停止のリスクが高いと報告されている。また肺高血圧危機による乳児や小児の心停止症例に対する蘇生では、ある特定の治療法が優れていることを示すエビデンスはない。

成人における 1 件の後ろ向き研究 (LOE 5⁶⁰⁴) は、肺高血圧患者の心停止に対する標準的な CPR は多くの場合不成功に終わると報告している。蘇生に成功した症例では、心停止の原因が可逆的で、プロスタサイクリン製剤 (イロプロスト) のボラス投与あるいは一酸化窒素 (NO) の吸入が蘇生中に実施されていた。

1 件の心移植後の成人を対象とした研究 (LOE 5⁶⁰⁵) と 2 件の先天性心疾患の小児を対象とした研究 (LOE 5^{606, 607}) は NO の吸入とプロスタサイクリンまたはその類縁体のエアゾル吸入は肺血管抵抗を低下させるのに等しく有用であった。また、心臓手術後の肺高血圧を合併した小児を対象とした 1 件の研究 (LOE 5⁶⁰⁸) は NO の吸入とアルカローシスは肺血管抵抗を低下させるのに等しく有用であった。

小児・乳児において過換気は、肺高血圧による心停止の蘇生に有用であるとのエビデンスも有害であるとのエビデンスもない。

成人および小児の心停止、肺高血圧危機に関する 4 件の研究 (LOE 5⁶⁰⁹⁻⁶¹²) では右心の機械的補助が生存率を改善させた。

肺高血圧は心停止のリスクが高い。肺高血圧患者の CPR においても標準的な蘇生を施行すべきである (Class I)。有効性は確立していないが、蘇生時の補助的治療として高 CO₂ 血症の補正、NO 吸入、プロスタサイクリン静脈内投与・吸入の開始、またはこれらの肺血管拡張療法が中止されている場合はその再開などが考慮されてもよい (Class IIa)。CPR のさい、体外循環を早期より用いることは有益かもしれない (Class IIb)。

■ 10 ECPR : extracorporeal CPR

小児・幼児で心移植の適応がある場合や回復が望める心停止に至ったさいに、ECLS (extracorporeal life support) は、酸素化や循環を維持するために一時的な治療手段として有効であるというエビデンスが増えてきている。ECLS が心停止の治療として開始されたと

きに、ECPR (extracorporeal CPR) と呼ばれる。ECPR は、心停止が十分に観察されている環境下で発生し、迅速な ECMO/PCPS 導入のためのプロトコールとスタッフが整備されている状況下でのみ、行われなければならない。

28 件の研究 (LOE 2⁶¹³、LOE 4^{581-583, 614-636}) で、ICU や高度に監視された環境下においては、心肺停止した時点で ECPR を導入することで、心疾患をもつ小児では良好な短期転帰が得られた。

1 件の (LOE 2⁶¹³) および 2 件の研究 (LOE 4^{581, 621}) によると、基礎疾患が心疾患ではない場合には、ECPR の転帰は不良であった。

1 件の研究 (LOE 4⁶¹⁴) において、小児に対する ECPR の生存は心肺停止から ECPR 導入の開始までの時間がより短いこと、また、CPR 時間がより短いことと関係していた。2 件の研究 (LOE 4^{617, 637}) では、プロトコールを変更して CPR 時間をより短くしても ECPR 後の転帰に有意な改善を認めなかった。4 件の研究 (LOE 2⁶¹³、LOE 4^{581, 616, 622}) では、CPR 時間と ECPR 後の転帰に明らかな関連を認めなかった。

計 21 名の小児患者を検討した 3 件の小規模な研究 (LOE 4⁶³⁸⁻⁶⁴⁰) では、環境因子による重篤な偶発性低体温 (<30°C) に伴う院外心停止に対しては ECPR で転帰が良好であった。

ECPR を考慮してもよい状況は、①ICU、手術室、心臓カテーテル室で起きた院内の心原性心停止、②環境因子による重篤な偶発性低体温 (<30°C) に伴う院外心停止、である。ECPR 開始までの通常の CPR 施行時間が転帰に及ぼす影響は評価が定まっていない。

ECPR は、心疾患に罹患した小児・乳児において、心停止からの回復が望める、もしくは心移植の適応と考えられ、かつ ECPR を迅速に導入するためのプロトコールが整備されていて、人員や設備が整っている集中治療室のような高度に管理された環境下で心停止が起こった場合に、有効かもしれない (Class IIb)。

院内心停止症例で標準的な ALS に反応しない場合、30~90 分以内に体外循環を用いた ECPR を導入すれば、良好な転帰が得られることが示されているが、良好な転帰が得られたのは心疾患患者が中心であった。また、海外とわが国とにおける ECPR の即応体制の違い、質の高い CPR の有無にも注意を払って、慎重にデータを解釈した上で導入を決定するべきである。

■ 11 ROSC 後の管理

ROSC 後に遷延する意識障害に対する低体温療法は、VF による心停止後の意識障害のある成人には明らかな効果があるが、呼吸原性心停止の小児・乳児に対する効果は明らかではない。原因不明の突然死の中には、致死的不整脈を引き起こす可能性のある遺伝性の心筋イオンチャンネル異常 (例：イオンチャンネル異常症) に関連していることもある。このような疾患は遺伝性のものであるため、その家族も罹患している可能性があるが、遺伝子異常の検索には特別な検査が必要となる。

CPR の到達目標は、良好な脳機能の温存である。下記の各論に注意して二次性中枢神経障害の合併を可能な限り予防する。

1. 呼吸循環管理

過換気はルーチンには行わない。過換気は心臓への静脈還流量減少や脳虚血を惹起する可能性があり、心停止後に昏睡となっている患者には有害である可能性がある。昏睡患者における管理目標は PaCO₂ を正常範囲内に保つことである。ただし、脳ヘルニアの切迫徴候がある場合には、短時間の過換気を緊急避難的に実施してもよい。

小児を含めた多数の臨床研究は、心停止 ROSC 後にはしばしば心筋機能障害が認められることを示している。したがって、ROSC 後の循環管理では、血行動態改善のために血管作動薬の使用を考慮すべきである。ただし、このさいの薬剤と投与量は個々の患者によって異なるため、モニタリングデータを参考に決定する。

1) 血管作動薬

小児における ROSC 後の血管作動薬の役割について評価した研究はない。2 件の小児の研究 (LOE 3^{641, 642}) と 2 件の成人の研究 (LOE 5^{643, 644}) と、2 件の動物での研究 (LOE 5^{645, 646}) から、心血管障害は心停止の ROSC 後によく認められる現象であることが示されている。6 件の動物実験 (LOE 5⁶⁴⁵⁻⁶⁵⁰) の知見から心停止 ROSC 後の血管作動薬 (ドブタミン、ミルリノン、レボシメンタン) の投与により血行動態の改善を認めることが示された。1 件の小児の大規模研究 (LOE 5⁵³⁹) と 4 件の低心拍出もしくは心臓外科術後の低心拍出のリスクをもつ成人患者の研究 (LOE 5⁶⁵¹⁻⁶⁵⁴) の知見では、血管作動薬の投与により血行動態が安定することが示された。

小児・乳児の心停止から ROSC 後に至る時期においては、血行動態改善のために循環作動薬を投与することは理にかなっている (Class IIa)。具体的な薬剤として強くその使用を推奨すべき薬剤はなく、心機能、末梢循環に及ぼす影響・悪影響を加味して選択する。

2. 体温管理

ROSC 後は体温をモニターし、高体温を予防する。高体温になってしまった場合には、解熱薬の投与や冷却機器を用いて積極的に体温を下げる。

ROSC 後昏睡患者に対して低体温療法 (中心部体温として 32~34°C を 12~24 時間) の導入を検討してもよい。ただし、小児・乳児における ROSC 後低体温療法の臨床研究データはないことを理解した上で適応を考慮する。

ROSC 後に体温上昇がよくみられること、体温上昇が転帰不良因子であることが報告されている。高体温は虚血後脳障害からの回復を妨げるため、強力に治療すべきである (Class I)。小児・乳児に対する ROSC 後低体温療法の臨床研究は、国際的にもまだ不十分である。海外での後ろ向き研究では、むしろ転帰を悪化させている可能性が指摘された。無秩序な小児・乳児への ROSC 後低体温の導入は慎むべきである。小児・乳児への低体温療法導入に際しては、適応を十分に考慮し、小児集中治療施設などの安全な環境下で、適切なモニタリングを施した上で実施することが望まれる。

低体温療法の導入方法や維持期間、復温に関する理想的な方法はまだわかっていない。シバリング予防のために鎮静薬と、必要に応じて筋弛緩薬を投与する。感染徴候を注意深く観察し、心拍出量低下、不整脈、腭炎、凝固異常、血小板減少、低カリウム血症、低リン血症、低マグネシウム血症などにも注意する。筋弛緩薬は痙攣の存在を隠蔽することに留意する。

1) 低体温

小児の心停止に対する低体温療法を検討した RCT はない。

2 件の成人の VF による心停止を対象とした前向き RCT (LOE 5^{655, 656}) と新生児仮死を対象とした 2 件の前向き RCT (LOE 5^{657, 658}) によると、最長 72 時間までの低体温療法 (32~34°C) は安全であり、良好な長期的神経学的転帰につながる可能性を示した。

1 件の観察研究 (LOE 2⁶⁵⁹) では、小児心停止の ROSC 後の低体温療法の導入について支持していないし、否定もしていない。しかし、この研究では、患者群が無作為に抽出されておらず、また、低体温治療群は対照群に比べ、より重症であり、より年齢が若かった。

ROSC 後の高体温は積極的に治療するべきである (Class I)。低体温療法は ROSC 後心肺機能が回復してもなお昏睡状態の持続する青年期患者では導入を考慮してもよい (Class IIb)。小児・乳児患者では導入を否定しない。

3. 血糖・電解質管理

ROSC 後は、治療可能な血糖値や電解質異常も検索する。心停止中の血糖値を確認し、その後も注意深く血糖値をモニターして正常血糖値の維持を目標とする。低血糖でない限り、CPR 中は糖含有輸液を用いない。厳格な血糖管理が転帰を改善することが成人の研究で報告されている。しかし、小児においては、血糖値を厳格にコントロールすることの利点が、偶発的な低血糖の危険性を凌駕することを示す十分なデータがない。

低ナトリウム血症は血清浸透圧低下をきたし、脳浮腫を助長する。ROSC 後管理をはじめ、ことに中枢神経系の病変のある重症小児患者に対して低張性輸液を用いることは、低浸透圧による医原性の脳浮腫を惹起する危険性がある。低ナトリウム血症の弊害に関して海外ではすでに指摘されはじめているが、わが国の現場ではあまり注意が払われていない。ROSC 後管理では、とくに中枢神経系の異常を伴う場合には、低ナトリウム血症を避けるべきである (Class III)。

1) 血糖

小児・乳児の心停止後の血糖管理の是非に関しての十分なエビデンスはない。高血糖や低血糖は心停止からの ROSC 後の不良な転帰に関係しているが、その因果関係を示した研究はなく、また、ROSC 後に低血糖や高血糖を治療することで転帰が改善することを示した研究もない。

1 件の前向き観察研究 (LOE 5⁶⁶⁰) と 1 件の厳重な血糖管理とより緩やかな血糖管理を比較した RCT (LOE 5⁶⁶¹) によると、厳重な血糖管理は生存転帰に影響を与えなかった。成人の外科系 ICU 患者を対象とした厳重な血糖管理に関する 2 件の研究 (1 件の LOE 1 の RCT⁶⁶² と 1 件の LOE 1 のメタアナリシス⁶⁶³) では厳重な血糖管理により死亡率が減少した。厳重な血糖管理とより緩やかな血糖管理とを比較した成人 ICU 患者を対象とした 2 件のメタアナリシス (LOE 5^{664, 665}) と 1 件の RCT (LOE 5⁶⁶⁶) では、生存率に差は認められなかった。成人 ICU 患者を対象とした 3 件の研究 (心臓外科術後患者を対象とした LOE 5 の RCT⁶⁶⁷、内科系外科系 ICU 患者を対象とした LOE 5 の多施設 RCT⁶⁶⁸ と内科系外科系 ICU 患者を対象とした LOE 5 のコホート研究⁶⁶⁹) では厳重な血糖管理により死亡率が上昇した。

重症小児患者を対象とした RCT (LOE 5⁶⁷⁰) では、厳重な血糖管理により、炎症性マーカー

が改善し、ICU 滞在期間が短縮した。重症新生児を対象とした研究⁶⁷¹は、効果が認められないことから早期に中止された。また、重症新生児⁶⁷¹や小児⁶⁷⁰、成人患者^{663, 664, 668}において、厳重な血糖管理中に継続的な血糖のモニタリングをしないと、有意に高率に低血糖を認めることが報告されている。

新生児脳虚血に関する動物実験 (LOE 5⁶⁷²) や重症成人患者の臨床研究^{673, 674}から、低酸素や虚血に合併した低血糖は有害であり、死亡率の上昇に関連するといわれている。3 件の動物実験 (LOE 5⁶⁷⁵⁻⁶⁷⁷) の知見から、ROSC 後遷延性の高血糖は脳に対して有害であることが示された。1 件の動物実験 (LOE 5⁶⁷⁷) では ROSC 後に高血糖となるような糖の静脈内投与が転帰を悪化させる一方、別の動物実験ではインスリンで管理された中等度の高血糖は神経学的転帰を改善させた。

心停止後の高血糖および低血糖を避けるために注意深く血糖値をモニターする (Class I)。とりわけ、血糖降下療法を行っている最中は低血糖に注意する。また、ROSC 後の小児・乳児において、高血糖を管理する上での目標とするべき血糖値についてはまだ十分な根拠がない。なお、蘇生中は糖含有輸液剤を用いないほうがよい。

■ 12 CPR の中止

1. 予後判定

心肺停止患者の転帰に関して 1980 年代に行われた小児の院内心肺停止における生存率は、2 件の研究 (LOE 3⁶⁷⁸、LOE 4⁶⁷⁹) からおおむね 9% であった。2000 年代初頭の報告で、生存率は 2 件の研究 (LOE 1³⁹⁰、LOE 3⁶⁸⁰) では 16~18% であった。2006 年の 3 件の前向き観察研究 (LOE 1^{389, 681, 682}) では、生存率は 26~27% であった。

1 件の前向き研究 (LOE 1¹¹²) から、院外心肺停止の生存率は成人で 5%、小児で 6% であった。乳児の生存率は 3% に対し、小児と青年期の生存率は 9% であった。つまり、乳児突然死症候群 (SIDS) に関連した乳児生存率の低さが生存率の低さに大きく影響している。

13 件の研究 (LOE 1^{112, 114, 389, 390, 681, 683, 684}、LOE 3^{634, 678, 685}、LOE 4^{679, 686, 687}) が、いくつかの因子と心停止からの生存率との関連性について調べている。関連因子としては、CPR の継続時間、アドレナリンの投与回数、年齢、目撃者の有無、肥満、さらに初期あるいはその後の心リズムなどがある。13 件の研究 (LOE 1^{112, 688}、LOE 2⁶⁸⁹、LOE 3^{685, 690-696}、LOE 4^{697, 698}) が、院外心肺停止における溺水や外傷と死亡率との関連を調べているが、転帰を予測するものはなかった。

これまで多くの研究が、CPR を受ける小児での心停止からの回復に関連する因子について検討してきた。それには患者側の背景、心停止の原因や心停止前、蘇生前の状況、蘇生治療の内容などがあるが、ROSC の有無を予測できる、あるいは蘇生努力の中止を考慮するための、信頼できる指標は確立していない。したがって、例えば単純な時間因子のみで蘇生中断を決定することは適切でない。

わが国においては、とくに小児医療領域では、蘇生の中止、あるいは医学的無益 (medical futility) についての議論が十分になされてきていない現状もある。今後は小児蘇生医療領域においても医療行為の中止・差し控えに関してもより幅広い議論が行われることが期待さ

れる。

2. 家族の同席

10件の研究 (LOE 2⁶⁹⁹、LOE 3⁷⁰⁰、LOE 4⁷⁰¹⁻⁷⁰⁸) が、両親は子どもの蘇生に立ち会う機会を与えて欲しいと希望していることを示している。5件の研究 (LOE 2⁶⁹⁹、LOE 3⁷⁰⁰、LOE 4^{702, 708}、LOE 5⁷⁰⁹) が、ほとんどの両親が他人に対して蘇生現場に立ち会うことを勧めるとしている。

10件の研究 (LOE 2⁶⁹⁹、1件のLOE 3⁷⁰⁰、6件のLOE 4^{701, 703, 708, 710-712}、2件のLOE 5^{709, 713}) が、家族の蘇生に立ち会った親族は、彼ら自身の存在は患者にとって有益であったと信じていると報告した。

10件の研究 (LOE 2⁶⁹⁹、LOE 3⁷⁰⁰、LOE 4^{701, 702, 705-708}、LOE 5^{713, 714}) が、家族の蘇生に立ち会った親族のほとんどは、その経験が有益であったとしていると報告した。

3件の研究 (LOE 2⁷¹³、LOE 4^{701, 702}) が、病院での蘇生に親族が立ち会うことに害はないことを示しているが、別の研究 (LOE 4⁷¹⁵) は、何人かの親族は短期間にせよ精神的なダメージを受ける可能性を示唆している。

8件の研究 (LOE 2⁶⁹⁹、LOE 3⁷¹⁶、LOE 4^{701, 712, 717}、LOE 5^{709, 713, 718}) が、蘇生に家族が立ち会うことはスタッフに対してストレスを与えたり、スタッフの行動に悪い影響を与えるものではないとしている。しかし、1件の調査 (LOE 4⁷¹⁹) では、救急蘇生プロバイダーの39～66%は院外心肺停止に際して親族により脅されたり、親族の存在が蘇生処置の妨げになることも示している。

蘇生の現場に患児の家族が同伴することは、悲嘆過程において有益であることがわかっており、概して混乱を招くとは示されていない。そのため、もし、蘇生行為の妨げにならなければ、家族の立ち会いは考慮されてもよい。

医療従事者は、小児・乳児の蘇生時の家族の立ち会いに関して、家族の希望を確認する機会を設けるべきである (Class I)。このためには、蘇生チームの一員が十分な家族対応をとれるようなシステムが必要である。

ただし、家族の立ち会いに関しては、わが国特有の文化・社会的背景、すなわち急性期医療の現場に市民が立ち会うことは決して一般的ではないことや、医療従事者と家族間に存在する知識の解離に関して配慮すべきである。また、家族の存在が適切な蘇生行為遂行の妨げになることのないような配慮も必要である。

3. 原因検索 : Channelopathy

4件の研究 (LOE 4^{566, 568, 720, 721}) が、突然の予期しない死亡をきたした若年者の14～35%が、剖検にて何ら異常所見を認めなかったとしている。7件の研究 (LOE 3⁷²²⁻⁷²⁸) が、チャネル異常をきたすような遺伝子異常が乳児突然死症候群の2～10%でその死亡原因として認められたとしている。3件の研究 (LOE 3⁷²⁹、LOE 4^{730, 731}) が、突然の予期しない死亡をきたした若年者の14～20%が、剖検にて何ら異常所見を認めなかったものの、チャネル異常をきたす遺伝子変異を有していたと報告した。4件の研究 (LOE 4⁷³²⁻⁷³⁵) が、突然の予期しない死亡をきたした若年者の第一親等あるいは第二親等の親族が、検査 (ECG や分子生物学的スクリーニング) により遺伝的な不整脈性の疾患を有していたと報告している。

予期しない心停止により死亡した患者に対して、死後に原因検索を行う努力は重要である

(Class I)。この目的で積極的な ECG の解析、剖検の施行を推奨する。海外報告では乳児突然死症候群 (Sudden Infant Death Syndrome : SIDS) の原因の 1 つに channelopathy (イオンチャンネル異常) の関与が示唆されており、これには遺伝子レベルでの変異が関係していることも報告されている。

今後わが国では、このようなイオンチャンネル異常も含めて、例えば学校心臓検診と連動した心原性心停止に対する検索診断方法・システムの確立が必要である。また、死亡症例の登録制度、病理・司法解剖制度の整備も併せて考慮されるべきである。

●利益相反 (conflict of interest ; COI) リスト

■ 共同議長	
岡田 和夫	なし
丸川征四郎	厚労 H21- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、厚労 H22- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」
■ 編集委員	
太田 邦雄	厚労 H22- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」 文科基盤研究 C 「小児救急医療におけるシミュレーション教育の効果検証と遠隔教育への応用」
坂本 哲也	厚労 H19-心筋-一般-001 「心肺停止患者に対する心肺補助装置等を用いた高度救命処置の効果と費用に関する多施設共同研究」、厚労 H20-医療-一般-009 「救急医療体制の推進に関する研究」、厚労 H21- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、H21-特別-指定-007 「救急患者の搬送・受入実態と救急医療体制の評価に関する研究」、厚労 H19-トランス-一般-005 「咽頭冷却による選択的脳冷却法の臨床応用を目的とした研究」、講演料：東日本旅客鉄道、原稿料：へるす出版、大日本住友製薬、報酬：日本救急医療財団
清水 直樹	厚労 H22- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、黒澤, 日本集中治療医学会雑誌:2010;173-17. 黒澤, 日本集中治療医学会雑誌:2009;27-31. 武井健吉, 日本救急医学会雑誌:2008;201-207, .
野々木 宏	厚労 H19-心筋-一般-003 「急性心筋梗塞症と脳卒中に対する超急性期診療体制の構築に関する研究」、循環器病委託研究費 19 公-4 「循環器急性期医療におけるモバイル・テレメディシン実用化とその評価」、厚労 H22-心筋-一般-002 「急性心筋梗塞に対する病院前救護や遠隔医療等を含めた超急性期診療体制の構築に関する研究」、循環器病研究開発費 22-4-6 「循環器急性期診療体制構築と評価に関する研究」、Nishiyama, Resuscitation:2009;1164-8. Iwami, Circulation:2007;2900-7. Iwami, Circulation:2009;728-34.

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

畑中 哲生	厚労 H21- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、厚労 H22- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、厚労 H22- 特別- 指定- 001 「救急救命士の処置範囲に係る実証研究のための基盤的研究」
■PBLs, PALS 作業部会委員	
岩佐 充二	なし
岩崎 達雄	なし
牛ノ濱大也	なし
金沢 貴保	なし
神菌 淳司	なし
黒澤 茶茶	厚労 H21- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、厚労 H18-心筋-001 「自動体外式除細動器 (AED) を用いた心疾患の救命率向上のための体制の構築に関する研究」、黒澤, 日本集中治療医学会雑誌:2009;27-31.
黒澤 寛史	厚労 H21- 心筋- 一般- 001 「循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究」、黒澤, 日本集中治療医学会雑誌:2009;27-31.
齊藤 修	なし
斉藤 剛克	なし
佐藤 誠一	なし
志馬 伸朗	なし
新津 健裕	なし
新田 雅彦	Kobayashi, Resuscitation:2008;333-9. Kobayashi, Am J Emerg Med:2010;499-504. Sakai, Resuscitation:2010;956-61.
水野圭一郎	なし
六車 崇	成育医療研究開発費 21 指-8 「成育医療分野における総合医の養成に関する研究」

※厚労：厚生労働科学研究費補助金、文科：文部科学省科学研究費補助金

●文献

1. Chan PS, Jain R, Nallmothu BK, Berg RA, Sasson C. Rapid Response Teams: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Intern Med.* 2010;170:18-26
2. Sharek PJ, Parast LM, Leong K, Coombs J, Earnest K, Sullivan J, Frankel LR, Roth SJ. Effect of a rapid response team on hospital-wide mortality and code rates outside the ICU in a Children's Hospital. *JAMA.* 2007;298:2267-2274
3. Tibballs J, Kinney S, Duke T, Oakley E, Hennessy M. Reduction of paediatric in-patient cardiac arrest and death with a medical emergency team: preliminary results. *Arch Dis Child.* 2005;90:1148-1152
4. Tibballs J, Kinney S. Reduction of hospital mortality and of preventable cardiac arrest and death on introduction of a pediatric medical emergency team. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10:306-312
5. Hunt EA, Zimmer KP, Rinke ML, Shilkofski NA, Matlin C, Garger C, Dickson C, Miller MR. Transition from a traditional code team to a medical emergency team and categorization of cardiopulmonary arrests in a children's

- center. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2008;162:117-122
6. Brilli RJ, Gibson R, Luria JW, Wheeler TA, Shaw J, Linam M, Kheir J, McLain P, Lingsch T, Hall-Haering A, McBride M. Implementation of a medical emergency team in a large pediatric teaching hospital prevents respiratory and cardiopulmonary arrests outside the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2007;8:236-246; quiz 247
 7. Pearson G, Shann F, Barry P, Vyas J, Thomas D, Powell C, Field D. Should paediatric intensive care be centralised? Trent versus Victoria. *Lancet.* 1997;349:1213-1217
 8. 武井健吉, 清水直樹, 松本尚, 八木貴典, 小原崇一郎, 阪井裕一, 益子邦洋. 小児重症患者の救命には小児集中治療施設への患者集約が必要である. *日本救急医学会雑誌.* 2008;19:201-207
 9. Bahr J, Klingler H, Panzer W, Rode H, Kettler D. Skills of lay people in checking the carotid pulse. *Resuscitation.* 1997;35:23-26
 10. Brearley S, Shearman CP, Simms MH. Peripheral pulse palpation: an unreliable physical sign. *Ann R Coll Surg Engl.* 1992;74:169-171
 11. Cavallaro DL, Melker RJ. Comparison of two techniques for detecting cardiac activity in infants. *Crit Care Med.* 1983;11:189-190
 12. Inagawa G, Morimura N, Miwa T, Okuda K, Hirata M, Hiroki K. A comparison of five techniques for detecting cardiac activity in infants. *Paediatr Anaesth.* 2003;13:141-146
 13. Kamlin CO, O'Donnell CP, Everest NJ, Davis PG, Morley CJ. Accuracy of clinical assessment of infant heart rate in the delivery room. *Resuscitation.* 2006;71:319-321
 14. Lee CJ, Bullock LJ. Determining the pulse for infant CPR: time for a change? *Mil Med.* 1991;156:190-193
 15. Mather C, O'Kelly S. The palpation of pulses. *Anaesthesia.* 1996;51:189-191
 16. Ochoa FJ, Ramalle-Gomara E, Carpintero JM, Garcia A, Saralegui I. Competence of health professionals to check the carotid pulse. *Resuscitation.* 1998;37:173-175
 17. Owen CJ, Wyllie JP. Determination of heart rate in the baby at birth. *Resuscitation.* 2004;60:213-217
 18. Sarti A, Savron F, Casotto V, Cuttini M. Heartbeat assessment in infants: a comparison of four clinical methods. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6:212-215
 19. Sarti A, Savron F, Ronfani L, Pelizzo G, Barbi E. Comparison of three sites to check the pulse and count heart rate in hypotensive infants. *Paediatr Anaesth.* 2006;16:394-398
 20. Tanner M, Nagy S, Peat JK. Detection of infant's heart beat/pulse by caregivers: a comparison of 4 methods. *J Pediatr.* 2000;137:429-430
 21. Whitelaw CC, Goldsmith LJ. Comparison of two techniques for determining the presence of a pulse in an infant. *Acad Emerg Med.* 1997;4:153-154
 22. Dick WF, Eberle B, Wisser G, Schneider T. The carotid pulse check revisited: what if there is no pulse? *Crit Care Med.* 2000;28:N183-185
 23. Eberle B, Dick WF, Schneider T, Wisser G, Doetsch S, Tzanova I. Checking the carotid pulse check: diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation.* 1996;33:107-116
 24. Tibballs J, Russell P. Reliability of pulse palpation by healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest. *Resuscitation.* 2009;80:61-64
 25. Tibballs J, Weeraratna C. The influence of time on the accuracy of healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest by pulse palpation. *Resuscitation.* 2010;81:671-675
 26. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest cardiac massage. *JAMA.* 1960;173:1064-1067
 27. Handley AJ, Handley JA. Performing chest compressions in a confined space. *Resuscitation.* 2004;61:55-61
 28. Perkins GD, Kocierz L, Smith SC, McCulloch RA, Davies RP. Compression feedback devices over estimate chest

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- compression depth when performed on a bed. *Resuscitation*. 2009;80:79-82
29. Andersen LO, Isbye DL, Rasmussen LS. Increasing compression depth during manikin CPR using a simple backboard. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2007;51:747-750
 30. Perkins GD, Smith CM, Augre C, Allan M, Rogers H, Stephenson B, Thickett DR. Effects of a backboard, bed height, and operator position on compression depth during simulated resuscitation. *Intensive Care Med*. 2006;32:1632-1635
 31. Delvaux AB, Trombley MT, Rivet CJ, Dykla JJ, Jensen D, Smith MR, Gilbert RJ. Design and development of a cardiopulmonary resuscitation mattress. *J Intensive Care Med*. 2009;24:195-199
 32. Nishisaki A, Nysaether J, Sutton R, Maltese M, Niles D, Donoghue A, Bishnoi R, Helfaer M, Perkins GD, Berg R, Arbogast K, Nadkarni V. Effect of mattress deflection on CPR quality assessment for older children and adolescents. *Resuscitation*. 2009;80:540-545
 33. Chi CH, Tsou JY, Su FC. Effects of rescuer position on the kinematics of cardiopulmonary resuscitation (CPR) and the force of delivered compressions. *Resuscitation*. 2008;76:69-75
 34. Larsen PD, Perrin K, Galletly DC. Patterns of external chest compression. *Resuscitation*. 2002;53:281-287
 35. Perkins GD, Benny R, Giles S, Gao F, Tweed MJ. Do different mattresses affect the quality of cardiopulmonary resuscitation? *Intensive Care Med*. 2003;29:2330-2335
 36. Stevenson AG, McGowan J, Evans AL, Graham CA. CPR for children: one hand or two? *Resuscitation*. 2005;64:205-208
 37. Peska E, Kelly AM, Kerr D, Green D. One-handed versus two-handed chest compressions in paediatric cardio-pulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2006;71:65-69
 38. Udassi JP, Udassi S, Theriaque DW, Shuster JJ, Zaritsky AL, Haque IU. Effect of alternative chest compression techniques in infant and child on rescuer performance. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10:328-333
 39. Menegazzi JJ, Auble TE, Nicklas KA, Hosack GM, Rack L, Goode JS. Two-thumb versus two-finger chest compression during CRP in a swine infant model of cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. 1993;22:240-243
 40. Houri PK, Frank LR, Menegazzi JJ, Taylor R. A randomized, controlled trial of two-thumb vs two-finger chest compression in a swine infant model of cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care*. 1997;1:65-67
 41. Dorfsman ML, Menegazzi JJ, Wadas RJ, Auble TE. Two-thumb vs. two-finger chest compression in an infant model of prolonged cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med*. 2000;7:1077-1082
 42. Whitelaw CC, Slywka B, Goldsmith LJ. Comparison of a two-finger versus two-thumb method for chest compressions by healthcare providers in an infant mechanical model. *Resuscitation*. 2000;43:213-216
 43. David R. Closed chest cardiac massage in the newborn infant. *Pediatrics*. 1988;81:552-554
 44. Todres ID, Rogers MC. Methods of external cardiac massage in the newborn infant. *J Pediatr*. 1975;86:781-782
 45. Thaler MM, Stobie GH. An Improved Technic of External Cardiac Compression in Infants and Young Children. *N Engl J Med*. 1963;269:606-610
 46. Ishimine P, Menegazzi J, Weinstein D. Evaluation of two-thumb chest compression with thoracic squeeze in a swine model of infant cardiac arrest. *Acad Emerg Med*. 1998;5:397
 47. Kao PC, Chiang WC, Yang CW, Chen SJ, Liu YP, Lee CC, Hsidi MJ, Ko PC, Chen SC, Ma MH. What is the correct depth of chest compression for infants and children? A radiological study. *Pediatrics*. 2009;124:49-55
 48. Sutton RM, Maltese MR, Niles D, French B, Nishisaki A, Arbogast KB, Donoghue A, Berg RA, Helfaer MA, Nadkarni V. Quantitative analysis of chest compression interruptions during in-hospital resuscitation of older children and adolescents. *Resuscitation*. 2009;80:1259-1263
 49. Braga MS, Dominguez TE, Pollock AN, Niles D, Meyer A, Myklebust H, Nysaether J, Nadkarni V. Estimation of

- optimal CPR chest compression depth in children by using computer tomography. *Pediatrics*. 2009;124:e69-74
50. Meyer A, Nadkarni V, Pollock A, Babbs C, Nishisaki A, Braga M, Berg RA, Ades A. Evaluation of the Neonatal Resuscitation Program's recommended chest compression depth using computerized tomography imaging. *Resuscitation*. 2010;81:544-548
 51. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sorebo H, Svensson L, Fellows B, Steen PA. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293:299-304
 52. Maguire S, Mann M, John N, Ellaway B, Sibert JR, Kemp AM. Does cardiopulmonary resuscitation cause rib fractures in children? A systematic review. *Child Abuse Negl*. 2006;30:739-751
 53. 黒澤茶茶, 清水直樹, 宮寄治, 中川温子, 阪井裕一, 宮坂勝之. 小児心肺蘇生での胸骨圧迫の至適な深さ(強さ)について 胸部 CT 画像と病理解剖所見からの検討. *日本集中治療医学会雑誌*. 2009;16:27-31
 54. Elam JO. Bag-valve-mask O₂ ventilation. In: Safar P, Elam JO, eds. *Advances in Cardiopulmonary Resuscitation: The Wolf Creek Conference on Cardiopulmonary Resuscitation*. New York, NY: Springer-Verlag, Inc.; 1977:73-79.
 55. Elling R, Politis J. An evaluation of emergency medical technicians' ability to use manual ventilation devices. *Ann Emerg Med*. 1983;12:765-768
 56. Dorph E, Wik L, Steen PA. Effectiveness of ventilation-compression ratios 1:5 and 2:15 in simulated single rescuer paediatric resuscitation. *Resuscitation*. 2002;54:259-264
 57. Greingor JL. Quality of cardiac massage with ratio compression-ventilation 5/1 and 15/2. *Resuscitation*. 2002;55:263-267
 58. Kinney SB, Tibballs J. An analysis of the efficacy of bag-valve-mask ventilation and chest compression during different compression-ventilation ratios in manikin-simulated paediatric resuscitation. *Resuscitation*. 2000;43:115-120
 59. Srikantan SK, Berg RA, Cox T, Tice L, Nadkarni VM. Effect of one-rescuer compression/ventilation ratios on cardiopulmonary resuscitation in infant, pediatric, and adult manikins. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6:293-297
 60. Betz AE, Callaway CW, Hostler D, Rittenberger JC. Work of CPR during two different compression to ventilation ratios with real-time feedback. *Resuscitation*. 2008;79:278-282
 61. Haque IU, Udassi JP, Udassi S, Theriaque DW, Shuster JJ, Zaritsky AL. Chest compression quality and rescuer fatigue with increased compression to ventilation ratio during single rescuer pediatric CPR. *Resuscitation*. 2008;79:82-89
 62. Bjorshol CA, Soreide E, Torsteinbo TH, Lexow K, Nilsen OB, Sunde K. Quality of chest compressions during 10min of single-rescuer basic life support with different compression: ventilation ratios in a manikin model. *Resuscitation*. 2008;77:95-100
 63. Deschilder K, De Vos R, Stockman W. The effect on quality of chest compressions and exhaustion of a compression-ventilation ratio of 30:2 versus 15:2 during cardiopulmonary resuscitation--a randomised trial. *Resuscitation*. 2007;74:113-118
 64. Yannopoulos D, Aufderheide TP, Gabrielli A, Beiser DG, McKnite SH, Pirralo RG, Wigginton J, Becker L, Vanden Hoek T, Tang W, Nadkarni VM, Klein JP, Idris AH, Lurie KG. Clinical and hemodynamic comparison of 15:2 and 30:2 compression-to-ventilation ratios for cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 2006;34:1444-1449
 65. Odegaard S, Saether E, Steen PA, Wik L. Quality of lay person CPR performance with compression: ventilation ratios 15:2, 30:2 or continuous chest compressions without ventilations on manikins. *Resuscitation*. 2006;71:335-340
 66. Hostler D, Rittenberger JC, Roth R, Callaway CW. Increased chest compression to ventilation ratio improves delivery of CPR. *Resuscitation*. 2007;74:446-452

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

67. Berg RA, Sanders AB, Kern KB, Hilwig RW, Heidenreich JW, Porter ME, Ewy GA. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation*. 2001;104:2465-2470
68. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation*. 2002;105:645-649
69. Ewy GA, Zuercher M, Hilwig RW, Sanders AB, Berg RA, Otto CW, Hayes MM, Kern KB. 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
70. Assar D, Chamberlain D, Colquhoun M, Donnelly P, Handley AJ, Leaves S, Kern KB. Randomised controlled trials of staged teaching for basic life support. 1. Skill acquisition at bronze stage. *Resuscitation*. 2000;45:7-15
71. Heidenreich JW, Sanders AB, Higdon TA, Kern KB, Berg RA, Ewy GA. Uninterrupted chest compression CPR is easier to perform and remember than standard CPR. *Resuscitation*. 2004;63:123-130
72. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, Edelson DP, Barry A, O'Hearn N, Vanden Hoek TL, Becker LB. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293:305-310
73. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, Berg RA, Berg MD, Berg DD, Hilwig RW, Otto CW, Newburn D, Ewy GA. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation*. 2005;112:1259-1265
74. Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P, Alvarado JP, O'Hearn N, Wigder HN, Hoffman P, Tynus K, Vanden Hoek TL, Becker LB. Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest. *Circulation*. 2005;111:428-434
75. Eftestol T, Sunde K, Steen PA. Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*. 2002;105:2270-2273
76. Yu T, Weil MH, Tang W, Sun S, Klouche K, Povoas H, Bisera J. Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation. *Circulation*. 2002;106:368-372
77. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Ewy GA. Efficacy of chest compression-only BLS CPR in the presence of an occluded airway. *Resuscitation*. 1998;39:179-188
78. Dorph E, Wik L, Stromme TA, Eriksen M, Steen PA. Oxygen delivery and return of spontaneous circulation with ventilation:compression ratio 2:30 versus chest compressions only CPR in pigs. *Resuscitation*. 2004;60:309-318
79. Kill C, Torossian A, Freisburger C, Dworok S, Massmann M, Nohl T, Henning R, Wallot P, Gockel A, Steinfeldt T, Graf J, Eberhart L, Wulf H. Basic life support with four different compression/ventilation ratios in a pig model: the need for ventilation. *Resuscitation*. 2009;80:1060-1065
80. Lurie KG, Yannopoulos D, McKnite SH, Herman ML, Idris AH, Nadkarni VM, Tang W, Gabrielli A, Barnes TA, Metzger AK. Comparison of a 10-breaths-per-minute versus a 2-breaths-per-minute strategy during cardiopulmonary resuscitation in a porcine model of cardiac arrest. *Respir Care*. 2008;53:862-870
81. 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
82. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Babar I, Ewy GA. Simulated mouth-to-mouth ventilation and chest compressions (bystander cardiopulmonary resuscitation) improves outcome in a swine model of prehospital pediatric asphyxial cardiac arrest. *Crit Care Med*. 1999;27:1893-1899
83. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Ewy GA. "Bystander" chest compressions and assisted ventilation independently improve outcome from piglet asphyxial pulseless "cardiac arrest". *Circulation*. 2000;101:1743-1748

84. Babbs CF, Meyer A, Nadkarni V. Neonatal CPR: room at the top—a mathematical study of optimal chest compression frequency versus body size. *Resuscitation*. 2009;80:1280-1284
85. Berkowitz ID, Chantarojanasiri T, Koehler RC, Schleien CL, Dean JM, Michael JR, Rogers MC, Traystman RJ. Blood flow during cardiopulmonary resuscitation with simultaneous compression and ventilation in infant pigs. *Pediatr Res*. 1989;26:558-564
86. Hou SH, Lue HC, Chu SH. Comparison of conventional and simultaneous compression-ventilation cardiopulmonary resuscitation in piglets. *Jpn Circ J*. 1994;58:426-432
87. Iglesias JM, Lopez-Herce J, Urbano J, Solana MJ, Mencia S, Del Castillo J. Chest compressions versus ventilation plus chest compressions in a pediatric asphyxial cardiac arrest animal model. *Intensive Care Med*. 2010;36:712-716
88. Whyte SD, Sinha AK, Wyllie JP. Neonatal resuscitation—a practical assessment. *Resuscitation*. 1999;40:21-25
89. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, Nagao K, Tanaka H, Nadkarni VM, Berg RA, Hiraide A. Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet*. 2010;375:1347-1354
90. Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. *Lancet*. 2007;369:920-926
91. Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, Copass M. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342:1546-1553
92. Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, Berg RA, Hayashi Y, Nishiuchi T, Kajino K, Yonemoto N, Yukioka H, Sugimoto H, Kakuchi H, Sase K, Yokoyama H, Nonogi H. Effectiveness of bystander-initiated cardiac-only resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*. 2007;116:2900-2907
93. Ong ME, Ng FS, Anushia P, Tham LP, Leong BS, Ong VY, Tiah L, Lim SH, Anantharaman V. Comparison of chest compression only and standard cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest in Singapore. *Resuscitation*. 2008;78:119-126
94. Van Hoeyweghen RJ, Bossaert LL, Mullie A, Calle P, Martens P, Buylaert WA, Deloof H. Quality and efficiency of bystander CPR. Belgian Cerebral Resuscitation Study Group. *Resuscitation*. 1993;26:47-52
95. Waalewijn RA, Tijssen JG, Koster RW. Bystander initiated actions in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: results from the Amsterdam Resuscitation Study (ARRESUST). *Resuscitation*. 2001;50:273-279
96. Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy GA. Bystander cardiopulmonary resuscitation. Is ventilation necessary? *Circulation*. 1993;88:1907-1915
97. Chandra NC, Gruben KG, Tsitlik JE, Brower R, Guerci AD, Halperin HH, Weisfeldt ML, Permutt S. Observations of ventilation during resuscitation in a canine model. *Circulation*. 1994;90:3070-3075
98. Berg RA, Wilcoxson D, Hilwig RW, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Eklund DK, Ewy GA. The need for ventilatory support during bystander CPR. *Ann Emerg Med*. 1995;26:342-350
99. Engoren M, Plewa MC, Buderer NF, Hymel G, Brookfield L. Effects of simulated mouth-to-mouth ventilation during external cardiac compression or active compression-decompression in a swine model of witnessed cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. 1997;29:607-615
100. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Ewy GA. Assisted ventilation during 'bystander' CPR in a swine acute myocardial infarction model does not improve outcome. *Circulation*. 1997;96:4364-4371
101. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Berg MD, Sanders AB, Otto CW, Ewy GA. Assisted ventilation does not improve outcome in a porcine model of single-rescuer bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*. 1997;95:1635-1641
102. Sanders AB, Kern KB, Berg RA, Hilwig RW, Heidenrich J, Ewy GA. Survival and neurologic outcome after

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- cardiopulmonary resuscitation with four different chest compression-ventilation ratios. *Ann Emerg Med.* 2002;40:553-562
103. Bohm K, Rosenqvist M, Herlitz J, Hollenberg J, Svensson L. Survival is similar after standard treatment and chest compression only in out-of-hospital bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation.* 2007;116:2908-2912
 104. Tibballs J, Carter B, Kiraly NJ, Ragg P, Clifford M. External and internal biphasic direct current shock doses for pediatric ventricular fibrillation and pulseless ventricular tachycardia. *Pediatr Crit Care Med.* 2011;12:14-20
 105. Atkins DL, Sirna S, Kieso R, Charbonnier F, Kerber RE. Pediatric defibrillation: importance of paddle size in determining transthoracic impedance. *Pediatrics.* 1988;82:914-918
 106. Garcia LA, Kerber RE. Transthoracic defibrillation: does electrode adhesive pad position alter transthoracic impedance? *Resuscitation.* 1998;37:139-143
 107. Dodd TE, Deakin CD, Petley GW, Clewlow F. External defibrillation in the left lateral position--a comparison of manual paddles with self-adhesive pads. *Resuscitation.* 2004;63:283-286
 108. Killingsworth CR, Melnick SB, Chapman FW, Walker RG, Smith WM, Ideker RE, Walcott GP. 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
 109. Catherine MR, Yoerger DM, Spencer KT, Miller SG, Kerber RE. Effect of electrode position and gel-application technique on predicted transcardiac current during transthoracic defibrillation. *Ann Emerg Med.* 1997;29:588-595
 110. Pagan-Carlo LA, Spencer KT, Robertson CE, Dengler A, Birkett C, Kerber RE. Transthoracic defibrillation: importance of avoiding electrode placement directly on the female breast. *J Am Coll Cardiol.* 1996;27:449-452
 111. Deakin CD, Sado DM, Petley GW, Clewlow F. Is the orientation of the apical defibrillation paddle of importance during manual external defibrillation? *Resuscitation.* 2003;56:15-18
 112. Atkins DL, Everson-Stewart S, Sears GK, Daya M, Osmond MH, Warden CR, Berg RA. Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest in children: the Resuscitation Outcomes Consortium Epistry-Cardiac Arrest. *Circulation.* 2009;119:1484-1491
 113. Rodriguez-Nunez A, Lopez-Herce J, Garcia C, Dominguez P, Carrillo A, Bellon JM. Pediatric defibrillation after cardiac arrest: initial response and outcome. *Crit Care.* 2006;10:R113
 114. Samson RA, Nadkarni VM, Meaney PA, Carey SM, Berg MD, Berg RA. Outcomes of in-hospital ventricular fibrillation in children. *N Engl J Med.* 2006;354:2328-2339
 115. Cecchin F, Jorgenson DB, Berul CI, Perry JC, Zimmerman AA, Duncan BW, Lupinetti FM, Snyder D, Lyster TD, Rosenthal GL, Cross B, Atkins DL. 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
 116. Atkins DL, Scott WA, Blaufox AD, Law IH, Dick M, 2nd, Geheb F, Sobh J, Brewer JE. Sensitivity and specificity of an automated external defibrillator algorithm designed for pediatric patients. *Resuscitation.* 2008;76:168-174
 117. Atkinson E, Mikysa B, Conway JA, Parker M, Christian K, Deshpande J, Knilans TK, Smith J, Walker C, Stickney RE, Hampton DR, Hazinski MF. Specificity and sensitivity of automated external defibrillator rhythm analysis in infants and children. *Ann Emerg Med.* 2003;42:185-196
 118. Berg MD, Samson RA, Meyer RJ, Clark LL, Valenzuela TD, Berg RA. Pediatric defibrillation doses often fail to terminate prolonged out-of-hospital ventricular fibrillation in children. *Resuscitation.* 2005;67:63-67
 119. Tang W, Weil MH, Jorgenson D, Klouche K, Morgan C, Yu T, Sun S, Snyder D. Fixed-energy biphasic waveform defibrillation in a pediatric model of cardiac arrest and resuscitation. *Crit Care Med.* 2002;30:2736-2741
 120. Babbs CF, Tacker WA, VanVleet JF, Bourland JD, Geddes LA. Therapeutic indices for transchest defibrillator

- shocks: effective, damaging, and lethal electrical doses. *Am Heart J.* 1980;99:734-738
121. Gaba DM, Talner NS. Myocardial damage following transthoracic direct current countershock in newborn piglets. *Pediatr Cardiol.* 1982;2:281-288
 122. Berg RA. Attenuated adult biphasic shocks for prolonged pediatric ventricular fibrillation: support for pediatric automated defibrillators. *Crit Care Med.* 2004;32:S352-355
 123. Berg RA, Chapman FW, Berg MD, Hilwig RW, Banville I, Walker RG, Nova RC, Sherrill D, Kern KB. Attenuated adult biphasic shocks compared with weight-based monophasic shocks in a swine model of prolonged pediatric ventricular fibrillation. *Resuscitation.* 2004;61:189-197
 124. Berg MD, Banville IL, Chapman FW, Walker RG, Gaballa MA, Hilwig RW, Samson RA, Kern KB, Berg RA. Attenuating the defibrillation dosage decreases postresuscitation myocardial dysfunction in a swine model of pediatric ventricular fibrillation. *Pediatr Crit Care Med.* 2008;9:429-434
 125. Berg RA, Samson RA, Berg MD, Chapman FW, Hilwig RW, Banville I, Walker RG, Nova RC, Anavy N, Kern KB. Better outcome after pediatric defibrillation dosage than adult dosage in a swine model of pediatric ventricular fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:786-789
 126. Bar-Cohen Y, Walsh EP, Love BA, Cecchin F. First appropriate use of automated external defibrillator in an infant. *Resuscitation.* 2005;67:135-137
 127. Divekar A, Soni R. Successful parental use of an automated external defibrillator for an infant with long-QT syndrome. *Pediatrics.* 2006;118:e526-529
 128. 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
 129. Konig B, Bengler J, Goldsworthy L. Automatic external defibrillation in a 6 year old. *Arch Dis Child.* 2005;90:310-311
 130. Dalzell GW, Cunningham SR, Anderson J, Adgey AA. Electrode pad size, transthoracic impedance and success of external ventricular defibrillation. *Am J Cardiol.* 1989;64:741-744
 131. Atkins DL, Kerber RE. Pediatric defibrillation: current flow is improved by using "adult" electrode paddles. *Pediatrics.* 1994;94:90-93
 132. Samson RA, Atkins DL, Kerber RE. Optimal size of self-adhesive preapplied electrode pads in pediatric defibrillation. *Am J Cardiol.* 1995;75:544-545
 133. Kerber RE, Grayzel J, Hoyt R, Marcus M, Kennedy J. Transthoracic resistance in human defibrillation. Influence of body weight, chest size, serial shocks, paddle size and paddle contact pressure. *Circulation.* 1981;63:676-682
 134. Hoyt R, Grayzel J, Kerber RE. Determinants of intracardiac current in defibrillation. Experimental studies in dogs. *Circulation.* 1981;64:818-823
 135. Pagan-Carlo LA, Birkett CL, Smith RA, Kerber RE. Is there an optimal electrode pad size to maximize intracardiac current in transthoracic defibrillation? *Pacing Clin Electrophysiol.* 1997;20:283-292
 136. Redding JS. The choking controversy: critique of evidence on the Heimlich maneuver. *Crit Care Med.* 1979;7:475-479
 137. Vilke GM, Smith AM, Ray LU, Steen PJ, Murrin PA, Chan TC. Airway obstruction in children aged less than 5 years: the prehospital experience. *Prehosp Emerg Care.* 2004;8:196-199
 138. Heimlich HJ, Hoffmann KA, Canestri FR. Food-choking and drowning deaths prevented by external subdiaphragmatic compression. Physiological basis. *Ann Thorac Surg.* 1975;20:188-195
 139. Boussuges S, Maitre-robot P, Bost M. [Use of the Heimlich Maneuver on children in the Rhone-Alpes area]. *Arch Fr Pediatr.* 1985;42:733-736

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

140. Soroudi A, Shipp HE, Stepanski BM, Ray LU, Murrin PA, Chan TC, Davis DP, Vilke GM. Adult foreign body airway obstruction in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care*. 2007;11:25-29
141. Guildner CW, Williams D, Subitch T. Airway obstructed by foreign material: the Heimlich maneuver. *JACEP*. 1976;5:675-677
142. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 2: Adult basic life support. *Circulation*. 2005;112:III-5-III-16
143. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 2: Adult basic life support. *Resuscitation*. 2005;67:187-201
144. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA. Airway pressure with chest compressions versus Heimlich manoeuvre in recently dead adults with complete airway obstruction. *Resuscitation*. 2000;44:105-108
145. Ruben H, Macnaughton FI. The treatment of food-choking. *Practitioner*. 1978;221:725-729
146. Brauner DJ. The Heimlich maneuver: procedure of choice? *J Am Geriatr Soc*. 1987;35:78
147. Elam JO, Greene DG, Schneider MA, Ruben HM, Gordon AS, Husted RF, Benson DW, Clements JA, Ruben A. Head-tilt method of oral resuscitation. *J Am Med Assoc*. 1960;172:812-815
148. Hartrey R, Bingham RM. Pharyngeal trauma as a result of blind finger sweeps in the choking child. *J Accid Emerg Med*. 1995;12:52-54
149. Kabbani M, Goodwin SR. Traumatic epiglottis following blind finger sweep to remove a pharyngeal foreign body. *Clin Pediatr (Phila)*. 1995;34:495-497
150. Abder-Rahman HA. Infants choking following blind finger sweep. *J Pediatr (Rio J)*. 2009;85:273-275
151. 河原弥生, 木下浩作, 向山剛生, 千葉宣孝, 多田勝重, 守谷俊, 丹正勝久. 目撃のある気道異物による窒息症例 50 例の検討. *日本救急医学会雑誌*. 2009;20:755-762
152. Tsung JW, Blaiwas M. Feasibility of correlating the pulse check with focused point-of-care echocardiography during pediatric cardiac arrest: a case series. *Resuscitation*. 2008;77:264-269
153. Steiger HV, Rimbach K, Muller E, Breikreutz R. Focused emergency echocardiography: lifesaving tool for a 14-year-old girl suffering out-of-hospital pulseless electrical activity arrest because of cardiac tamponade. *Eur J Emerg Med*. 2009;16:103-105
154. Blaiwas M, Fox JC. Outcome in cardiac arrest patients found to have cardiac standstill on the bedside emergency department echocardiogram. *Acad Emerg Med*. 2001;8:616-621
155. Menaker J, Cushman J, Vermillion JM, Rosenthal RE, Scalea TM. Ultrasound-diagnosed cardiac tamponade after blunt abdominal trauma-treated with emergent thoracotomy. *J Emerg Med*. 2007;32:99-103
156. Niendorff DF, Rassias AJ, Palac R, Beach ML, Costa S, Greenberg M. Rapid cardiac ultrasound of inpatients suffering PEA arrest performed by nonexpert sonographers. *Resuscitation*. 2005;67:81-87
157. Querellou E, Meyran D, Petitjean F, Le Dreff P, Maurin O. Ventricular fibrillation diagnosed with trans-thoracic echocardiography. *Resuscitation*. 2009;80:1211-1213
158. Salen P, Melniker L, Chooljian C, Rose JS, Alteveer J, Reed J, Heller M. Does the presence or absence of sonographically identified cardiac activity predict resuscitation outcomes of cardiac arrest patients? *Am J Emerg Med*. 2005;23:459-462
159. Salen P, O'Connor R, Sierzenski P, Passarello B, Pancu D, Melanson S, Arcona S, Reed J, Heller M. Can cardiac sonography and capnography be used independently and in combination to predict resuscitation outcomes? *Acad Emerg Med*. 2001;8:610-615
160. Tayal VS, Kline JA. Emergency echocardiography to detect pericardial effusion in patients in PEA and near-PEA states. *Resuscitation*. 2003;59:315-318

161. Varriale P, Maldonado JM. Echocardiographic observations during in hospital cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 1997;25:1717-1720
162. Li Y, Ristagno G, Bisera J, Tang W, Deng Q, Weil MH. Electrocardiogram waveforms for monitoring effectiveness of chest compression during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 2008;36:211-215
163. Ristagno G, Tang W, Chang YT, Jorgenson DB, Russell JK, Huang L, Wang T, Sun S, Weil MH. The quality of chest compressions during cardiopulmonary resuscitation overrides importance of timing of defibrillation. *Chest.* 2007;132:70-75
164. Rubertsson S, Karlsten R. Increased cortical cerebral blood flow with LUCAS; a new device for mechanical chest compressions compared to standard external compressions during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2005;65:357-363
165. Kern KB, Sanders AB, Raife J, Milander MM, Otto CW, Ewy GA. A study of chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation in humans. The importance of rate-directed chest compressions. *Arch Intern Med.* 1992;152:145-149
166. Ornato JP, Gonzalez ER, Garnett AR, Levine RL, McClung BK. Effect of cardiopulmonary resuscitation compression rate on end-tidal carbon dioxide concentration and arterial pressure in man. *Crit Care Med.* 1988;16:241-245
167. Guly UM, Robertson CE. Active decompression improves the haemodynamic state during cardiopulmonary resuscitation. *Br Heart J.* 1995;73:372-376
168. Wik L, Naess PA, Ilebekk A, Nicolaysen G, Steen PA. Effects of various degrees of compression and active decompression on haemodynamics, end-tidal CO₂, and ventilation during cardiopulmonary resuscitation of pigs. *Resuscitation.* 1996;31:45-57
169. Berg RA, Sanders AB, Milander M, Tellez D, Liu P, Beyda D. Efficacy of audio-prompted rate guidance in improving resuscitator performance of cardiopulmonary resuscitation on children. *Acad Emerg Med.* 1994;1:35-40
170. Idris AH, Staples ED, O'Brien DJ, Melker RJ, Rush WJ, Del Duca KD, Falk JL. End-tidal carbon dioxide during extremely low cardiac output. *Ann Emerg Med.* 1994;23:568-572
171. Jin X, Weil MH, Tang W, Povoas H, Pernet A, Xie J, Bisera J. End-tidal carbon dioxide as a noninvasive indicator of cardiac index during circulatory shock. *Crit Care Med.* 2000;28:2415-2419
172. Ornato JP, Garnett AR, Glauser FL. Relationship between cardiac output and the end-tidal carbon dioxide tension. *Ann Emerg Med.* 1990;19:1104-1106
173. Mauer D, Schneider T, Elich D, Dick W. Carbon dioxide levels during pre-hospital active compression--decompression versus standard cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 1998;39:67-74
174. Kolar M, Krizmaric M, Klemen P, Grmec S. Partial pressure of end-tidal carbon dioxide successful predicts cardiopulmonary resuscitation in the field: a prospective observational study. *Crit Care.* 2008;12:R115
175. Bhende MS, Karasic DG, Karasic RB. End-tidal carbon dioxide changes during cardiopulmonary resuscitation after experimental asphyxial cardiac arrest. *Am J Emerg Med.* 1996;14:349-350
176. Grmec S, Krizmaric M, Mally S, Kozelj A, Spindler M, Lesnik B. Utstein style analysis of out-of-hospital cardiac arrest--bystander CPR and end expired carbon dioxide. *Resuscitation.* 2007;72:404-414
177. Pokorna M, Necas E, Kratochvil J, Skripsky R, Andrlik M, Franek O. A sudden increase in partial pressure end-tidal carbon dioxide (P(ET)CO₂) at the moment of return of spontaneous circulation. *J Emerg Med.* 2010;38:614-621
178. Bhende MS, Thompson AE. Evaluation of an end-tidal CO₂ detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics.* 1995;95:395-399
179. Gomersall CD, Joynt GM, Morley AP. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N*

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- Engl J Med.* 1997;337:1694; author reply 1695
180. Grmec S, Klemen P. Does the end-tidal carbon dioxide (EtCO₂) concentration have prognostic value during out-of-hospital cardiac arrest? *Eur J Emerg Med.* 2001;8:263-269
 181. Grmec S, Kupnik D. Does the Mainz Emergency Evaluation Scoring (MEES) in combination with capnometry (MEESc) help in the prognosis of outcome from cardiopulmonary resuscitation in a prehospital setting? *Resuscitation.* 2003;58:89-96
 182. Grmec S, Lah K, Tusek-Bunc K. Difference in end-tidal CO₂ between asphyxia cardiac arrest and ventricular fibrillation/pulseless ventricular tachycardia cardiac arrest in the prehospital setting. *Crit Care.* 2003;7:R139-144
 183. Grmec S, Strnad M, Podgorsek D. Comparison of the characteristics and outcome among patients suffering from out-of-hospital primary cardiac arrest and drowning victims in cardiac arrest. *Int J Emerg Med.* 2009;2:7-12
 184. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med.* 1997;337:301-306
 185. Mally S, Jelatancev A, Grmec S. Effects of epinephrine and vasopressin on end-tidal carbon dioxide tension and mean arterial blood pressure in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: an observational study. *Crit Care.* 2007;11:R39
 186. Berg RA, Henry C, Otto CW, Sanders AB, Kern KB, Hilwig RW, Ewy GA. Initial end-tidal CO₂ is markedly elevated during cardiopulmonary resuscitation after asphyxial cardiac arrest. *Pediatr Emerg Care.* 1996;12:245-248
 187. Falk JL, Rackow EC, Weil MH. End-tidal carbon dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med.* 1988;318:607-611
 188. Callahan M, Barton C, Matthay M. Effect of epinephrine on the ability of end-tidal carbon dioxide readings to predict initial resuscitation from cardiac arrest. *Crit Care Med.* 1992;20:337-343
 189. Cantineau JP, Merckx P, Lambert Y, Sorkine M, Bertrand C, Duvaldestin P. Effect of epinephrine on end-tidal carbon dioxide pressure during prehospital cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med.* 1994;12:267-270
 190. Gonzalez ER, Ornato JP, Garnett AR, Levine RL, Young DS, Racht EM. Dose-dependent vasopressor response to epinephrine during CPR in human beings. *Ann Emerg Med.* 1989;18:920-926
 191. Chase PB, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Ewy GA. Effects of graded doses of epinephrine on both noninvasive and invasive measures of myocardial perfusion and blood flow during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 1993;21:413-419
 192. Lindberg L, Liao Q, Steen S. The effects of epinephrine/norepinephrine on end-tidal carbon dioxide concentration, coronary perfusion pressure and pulmonary arterial blood flow during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2000;43:129-140
 193. Davis PG, Tan A, O'Donnell CP, Schulze A. Resuscitation of newborn infants with 100% oxygen or air: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2004;364:1329-1333
 194. Rabi Y, Rabi D, Yee W. Room air resuscitation of the depressed newborn: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation.* 2007;72:353-363
 195. Balan IS, Fiskum G, Hazelton J, Cotto-Cumba C, Rosenthal RE. Oximetry-guided reoxygenation improves neurological outcome after experimental cardiac arrest. *Stroke.* 2006;37:3008-3013
 196. Liu Y, Rosenthal RE, Haywood Y, Miljkovic-Lolic M, Vanderhoek JY, Fiskum G. Normoxic ventilation after cardiac arrest reduces oxidation of brain lipids and improves neurological outcome. *Stroke.* 1998;29:1679-1686
 197. Marsala J, Marsala M, Vanicky I, Galik J, Orendacova J. Post cardiac arrest hyperoxic resuscitation enhances neuronal vulnerability of the respiratory rhythm generator and some brainstem and spinal cord neuronal pools in the dog. *Neurosci Lett.* 1992;146:121-124

198. Richards EM, Rosenthal RE, Kristian T, Fiskum G. Postischemic hyperoxia reduces hippocampal pyruvate dehydrogenase activity. *Free Radic Biol Med.* 2006;40:1960–1970
199. Richards EM, Fiskum G, Rosenthal RE, Hopkins I, McKenna MC. Hyperoxic reperfusion after global ischemia decreases hippocampal energy metabolism. *Stroke.* 2007;38:1578–1584
200. Vereczki V, Martin E, Rosenthal RE, Hof PR, Hoffman GE, Fiskum G. Normoxic resuscitation after cardiac arrest protects against hippocampal oxidative stress, metabolic dysfunction, and neuronal death. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2006;26:821–835
201. Zwemer CF, Whitesall SE, D'Alecy LG. Cardiopulmonary–cerebral resuscitation with 100% oxygen exacerbates neurological dysfunction following nine minutes of normothermic cardiac arrest in dogs. *Resuscitation.* 1994;27:159–170
202. Lipinski CA, Hicks SD, Callaway CW. Normoxic ventilation during resuscitation and outcome from asphyxial cardiac arrest in rats. *Resuscitation.* 1999;42:221–229
203. Feet BA, Yu XQ, Rootwelt T, Oyasaeter S, Saugstad OD. Effects of hypoxemia and reoxygenation with 21% or 100% oxygen in newborn piglets: extracellular hypoxanthine in cerebral cortex and femoral muscle. *Crit Care Med.* 1997;25:1384–1391
204. Khine HH, Corddry DH, Kettrick RG, Martin TM, McCloskey JJ, Rose JB, Theroux MC, Zagnoev M. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology.* 1997;86:627–631; discussion 627A
205. Weiss M, Dullenkopf A, Fischer JE, Keller C, Gerber AC. Prospective randomized controlled multi-centre trial of cuffed or uncuffed endotracheal tubes in small children. *Br J Anaesth.* 2009;103:867–873
206. Dorsey DP, Bowman SM, Klein MB, Archer D, Sharar SR. Perioperative use of cuffed endotracheal tubes is advantageous in young pediatric burn patients. *Burns.* 2010;36:856–860
207. Bordet F, Allaouchiche B, Lansiaux S, Combet S, Pouyau A, Taylor P, Bonnard C, Chassard D. Risk factors for airway complications during general anaesthesia in paediatric patients. *Paediatr Anaesth.* 2002;12:762–769
208. Mossad E, Youssef G. Subglottic stenosis in children undergoing repair of congenital heart defects. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2009;23:658–662
209. Newth CJ, Rachman B, Patel N, Hammer J. The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr.* 2004;144:333–337
210. Deakers TW, Reynolds G, Stretton M, Newth CJ. Cuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr.* 1994;125:57–62
211. Mhanna MJ, Zamel YB, Tichy CM, Super DM. The “air leak” test around the endotracheal tube, as a predictor of postextubation stridor, is age dependent in children. *Crit Care Med.* 2002;30:2639–2643
212. Browning DH, Graves SA. Incidence of aspiration with endotracheal tubes in children. *J Pediatr.* 1983;102:582–584
213. Weiss M, Dullenkopf A, Gysin C, Dillier CM, Gerber AC. Shortcomings of cuffed paediatric tracheal tubes. *Br J Anaesth.* 2004;92:78–88
214. Duracher C, Schmautz E, Martinon C, Faivre J, Carli P, Orliaguet G. Evaluation of cuffed tracheal tube size predicted using the Khine formula in children. *Paediatr Anaesth.* 2008;18:113–118
215. Dullenkopf A, Gerber AC, Weiss M. Fit and seal characteristics of a new paediatric tracheal tube with high volume–low pressure polyurethane cuff. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2005;49:232–237
216. Dullenkopf A, Kretschmar O, Knirsch W, Tomaske M, Hug M, Stutz K, Berger F, Weiss M. Comparison of tracheal tube cuff diameters with internal transverse diameters of the trachea in children. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2006;50:201–205

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

217. Salgo B, Schmitz A, Henze G, Stutz K, Dullenkopf A, Neff S, Gerber AC, Weiss M. Evaluation of a new recommendation for improved cuffed tracheal tube size selection in infants and small children. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2006;50:557-561
218. Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ, Haynes BE, Gunter CS, Goodrich SM, Poore PD, McCollough MD, Henderson DP, Pratt FD, Seidel JS. Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: a controlled clinical trial. *JAMA.* 2000;283:783-790
219. Lecky F, Bryden D, Little R, Tong N, Moulton C. Emergency intubation for acutely ill and injured patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008:CD001429
220. DiRusso SM, Sullivan T, Risucci D, Nealon P, Slim M. Intubation of pediatric trauma patients in the field: predictor of negative outcome despite risk stratification. *J Trauma.* 2005;59:84-90; discussion 90-81
221. Gerritse BM, Draaisma JM, Schalkwijk A, van Grunsven PM, Scheffer GJ. Should EMS-paramedics perform paediatric tracheal intubation in the field? *Resuscitation.* 2008;79:225-229
222. A prospective multicenter evaluation of prehospital airway management performance in a large metropolitan region. *Prehosp Emerg Care.* 2009;13:304-310
223. Garza AG, Algren DA, Gratton MC, Ma OJ. Populations at risk for intubation nonattempt and failure in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care.* 2005;9:163-166
224. Hon KL, Olsen H, Totapally B, Leung TF. Hyperventilation at referring hospitals is common before transport in intubated children with neurological diseases. *Pediatr Emerg Care.* 2005;21:662-666
225. Wang HE, Lave JR, Sirio CA, Yealy DM. Paramedic intubation errors: isolated events or symptoms of larger problems? *Health Aff (Millwood).* 2006;25:501-509
226. Tam RK, Maloney J, Gaboury I, Verdon JM, Trickett J, Leduc SD, Poirier P. Review of endotracheal intubations by Ottawa advanced care paramedics in Canada. *Prehosp Emerg Care.* 2009;13:311-315
227. Warner KJ, Sharar SR, Copass MK, Bulger EM. Prehospital management of the difficult airway: a prospective cohort study. *J Emerg Med.* 2009;36:257-265
228. Careni B, Corso RM, Stellino V, Carlino GD, Tonini C, Rossini L, Gentili G. Airway management in an infant with congenital centrofacial dysgenesis. *Br J Anaesth.* 2002;88:726-728
229. Fraser J, Hill C, McDonald D, Jones C, Petros A. The use of the laryngeal mask airway for inter-hospital transport of infants with type 3 laryngotracheo-oesophageal clefts. *Intensive Care Med.* 1999;25:714-716
230. Iohom G, Lyons B, Casey W. Airway management in a baby with femoral hypoplasia-unusual facies syndrome. *Paediatr Anaesth.* 2002;12:461-464
231. Johr M, Berger TM, Ruppen W, Schlegel C. Congenital laryngotracheo-oesophageal cleft: successful ventilation with the Laryngeal Mask Airway. *Paediatr Anaesth.* 2003;13:68-71
232. Leal-Pavey YR. Use of the LMA classic to secure the airway of a premature neonate with Smith-Lemli-Opitz syndrome: a case report. *AANA J.* 2004;72:427-430
233. Russell P, Chambers N, du Plessis J, Vijayasekeran S. Emergency use of a size 1 laryngeal mask airway in a ventilated neonate with an undiagnosed type IV laryngotracheo-oesophageal cleft. *Paediatr Anaesth.* 2008;18:658-662
234. Scheller B, Schalk R, Byhahn C, Peter N, L'Allemand N, Kessler P, Meininger D. Laryngeal tube suction II for difficult airway management in neonates and small infants. *Resuscitation.* 2009;80:805-810
235. Stocks RM, Egerman R, Thompson JW, Peery M. Airway management of the severely retrognathic child: use of the laryngeal mask airway. *Ear Nose Throat J.* 2002;81:223-226
236. Yao CT, Wang JN, Tai YT, Tsai TY, Wu JM. Successful management of a neonate with Pierre-Robin syndrome and

- severe upper airway obstruction by long term placement of a laryngeal mask airway. *Resuscitation*. 2004;61:97-99
237. Stone BJ, Chantler PJ, Baskett PJ. The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation: a comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. *Resuscitation*. 1998;38:3-6
238. Comparison of arterial blood gases of laryngeal mask airway and bag-valve-mask ventilation in out-of-hospital cardiac arrests. *Circ J*. 2009;73:490-496
239. Lopez-Gil M, Brimacombe J, Alvarez M. Safety and efficacy of the laryngeal mask airway. A prospective survey of 1400 children. *Anaesthesia*. 1996;51:969-972
240. Lopez-Gil M, Brimacombe J, Cebrian J, Arranz J. Laryngeal mask airway in pediatric practice: a prospective study of skill acquisition by anesthesia residents. *Anesthesiology*. 1996;84:807-811
241. Park C, Bahk JH, Ahn WS, Do SH, Lee KH. The laryngeal mask airway in infants and children. *Can J Anaesth*. 2001;48:413-417
242. Bagshaw O. The size 1.5 laryngeal mask airway (LMA) in paediatric anaesthetic practice. *Paediatr Anaesth*. 2002;12:420-423
243. Harnett M, Kinirons B, Heffernan A, Motherway C, Casey W. Airway complications in infants: comparison of laryngeal mask airway and the facemask-oral airway. *Can J Anaesth*. 2000;47:315-318
244. Flick RP, Wilder RT, Pieper SF, van Koeverden K, Ellison KM, Marienau ME, Hanson AC, Schroeder DR, Sprung J. Risk factors for laryngospasm in children during general anesthesia. *Paediatr Anaesth*. 2008;18:289-296
245. Chen L, Hsiao AL. Randomized trial of endotracheal tube versus laryngeal mask airway in simulated prehospital pediatric arrest. *Pediatrics*. 2008;122:e294-297
246. Guyette FX, Roth KR, LaCovey DC, Rittenberger JC. Feasibility of laryngeal mask airway use by prehospital personnel in simulated pediatric respiratory arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2007;11:245-249
247. Rechner JA, Loach VJ, Ali MT, Barber VS, Young JD, Mason DG. A comparison of the laryngeal mask airway with facemask and oropharyngeal airway for manual ventilation by critical care nurses in children. *Anaesthesia*. 2007;62:790-795
248. Blevin AE, McDouall SF, Rechner JA, Saunders TA, Barber VS, Young JD, Mason DG. A comparison of the laryngeal mask airway with the facemask and oropharyngeal airway for manual ventilation by first responders in children. *Anaesthesia*. 2009;64:1312-1316
249. Yannopoulos D, Matsuura T, McKnite S, Goodman N, Idris A, Tang W, Aufderheide TP, Lurie KG. No assisted ventilation cardiopulmonary resuscitation and 24-hour neurological outcomes in a porcine model of cardiac arrest. *Crit Care Med*. 2010;38:254-260
250. Idris AH, Becker LB, Fuerst RS, Wenzel V, Rush WJ, Melker RJ, Orban DJ. Effect of ventilation on resuscitation in an animal model of cardiac arrest. *Circulation*. 1994;90:3063-3069
251. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, Yannopoulos D, McKnite S, von Briesen C, Sparks CW, Conrad CJ, Provo TA, Lurie KG. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*. 2004;109:1960-1965
252. O'Neill JF, Deakin CD. Do we hyperventilate cardiac arrest patients? *Resuscitation*. 2007;73:82-85
253. Bertrand C, Hemery F, Carli P, Goldstein P, Espesson C, Ruttimann M, Macher JM, Raffy B, Fuster P, Dolveck F, Rozenberg A, Lecarpentier E, Duvaldestin P, Saissy JM, Boussignac G, Brochard L. Constant flow insufflation of oxygen as the sole mode of ventilation during out-of-hospital cardiac arrest. *Intensive Care Med*. 2006;32:843-851
254. Bobrow BJ, Ewy GA, Clark L, Chikani V, Berg RA, Sanders AB, Vadeboncoeur TF, Hilwig RW, Kern KB. Passive oxygen insufflation is superior to bag-valve-mask ventilation for witnessed ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. 2009;54:656-662 e651

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

255. Hevesi ZG, Thrush DN, Downs JB, Smith RA. Cardiopulmonary resuscitation: effect of CPAP on gas exchange during chest compressions. *Anesthesiology*. 1999;90:1078-1083
256. Hayes MM, Ewy GA, Anavy ND, Hilwig RW, Sanders AB, Berg RA, Otto CW, Kern KB. Continuous passive oxygen insufflation results in a similar outcome to positive pressure ventilation in a swine model of out-of-hospital ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 2007;74:357-365
257. Winkler M, Mauritz W, Hackl W, Gilly H, Weindlmayr-Goettel M, Steinbereithner K, Schindler I. Effects of half the tidal volume during cardiopulmonary resuscitation on acid-base balance and haemodynamics in pigs. *Eur J Emerg Med*. 1998;5:201-206
258. Bhende MS, Thompson AE, Cook DR, Saville AL. Validity of a disposable end-tidal CO₂ detector in verifying endotracheal tube placement in infants and children. *Ann Emerg Med*. 1992;21:142-145
259. Kelly JS, Wilhoit RD, Brown RE, James R. Efficacy of the FEF colorimetric end-tidal carbon dioxide detector in children. *Anesth Analg*. 1992;75:45-50
260. Hosono S, Inami I, Fujita H, Minato M, Takahashi S, Mugishima H. A role of end-tidal CO₂ monitoring for assessment of tracheal intubations in very low birth weight infants during neonatal resuscitation at birth. *J Perinat Med*. 2009;37:79-84
261. O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ. Endotracheal intubation attempts during neonatal resuscitation: success rates, duration, and adverse effects. *Pediatrics*. 2006;117:e16-21
262. Salthe J, Kristiansen SM, Sollid S, Oglænd B, Soreide E. Capnography rapidly confirmed correct endotracheal tube placement during resuscitation of extremely low birthweight babies (< 1000 g). *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006;50:1033-1036
263. Bhende MS, Allen WD, Jr. Evaluation of a Capno-Flo resuscitator during transport of critically ill children. *Pediatr Emerg Care*. 2002;18:414-416
264. Singh S, Allen WD, Jr., Venkataraman ST, Bhende MS. Utility of a novel quantitative handheld microstream capnometer during transport of critically ill children. *Am J Emerg Med*. 2006;24:302-307
265. Gonzalez del Rey JA, Poirier MP, Digiulio GA. Evaluation of an ambu-bag valve with a self-contained, colorimetric end-tidal CO₂ system in the detection of airway mishaps: an animal trial. *Pediatr Emerg Care*. 2000;16:121-123
266. Poirier MP, Gonzalez Del-Rey JA, McAnaney CM, DiGiulio GA. Utility of monitoring capnography, pulse oximetry, and vital signs in the detection of airway mishaps: a hyperoxemic animal model. *Am J Emerg Med*. 1998;16:350-352
267. Sharieff GQ, Rodarte A, Wilton N, Silva PD, Bleyle D. The self-inflating bulb as an esophageal detector device in children weighing more than twenty kilograms: a comparison of two techniques. *Ann Emerg Med*. 2003;41:623-629
268. Sharieff GQ, Rodarte A, Wilton N, Bleyle D. The self-inflating bulb as an airway adjunct: is it reliable in children weighing less than 20 kilograms? *Acad Emerg Med*. 2003;10:303-308
269. Moynihan RJ, Brock-Utne JG, Archer JH, Feld LH, Kreitzman TR. The effect of cricoid pressure on preventing gastric insufflation in infants and children. *Anesthesiology*. 1993;78:652-656
270. Salem MR, Wong AY, Mani M, Sellick BA. Efficacy of cricoid pressure in preventing gastric inflation during bag-mask ventilation in pediatric patients. *Anesthesiology*. 1974;40:96-98
271. Salem MR, Wong AY, Fizzotti GF. Efficacy of cricoid pressure in preventing aspiration of gastric contents in paediatric patients. *Br J Anaesth*. 1972;44:401-404
272. Salem MR, Joseph NJ, Heyman HJ, Belani B, Paulissian R, Ferrara TP. Cricoid compression is effective in obliterating the esophageal lumen in the presence of a nasogastric tube. *Anesthesiology*. 1985;63:443-446
273. Ellis DY, Harris T, Zideman D. Cricoid pressure in emergency department rapid sequence tracheal intubations: a risk-benefit analysis. *Ann Emerg Med*. 2007;50:653-665

274. Walker RW, Ravi R, Haylett K. Effect of cricoid force on airway calibre in children: a bronchoscopic assessment. *Br J Anaesth*. 2010;104:71-74
275. Stults KR, Brown DD, Cooley F, Kerber RE. Self-adhesive monitor/defibrillation pads improve prehospital defibrillation success. *Ann Emerg Med*. 1987;16:872-877
276. Kirchhof P, Monnig G, Wasmer K, Heinecke A, Breithardt G, Eckardt L, Bocker D. A trial of self-adhesive patch electrodes and hand-held paddle electrodes for external cardioversion of atrial fibrillation (MOBIPAPA). *Eur Heart J*. 2005;26:1292-1297
277. Jakobsson J, Odmansson I, Nordlander R. Comparison of two different electrodes for the delivery of dc-shocks. *Resuscitation*. 1990;20:25-29
278. Deakin CD, McLaren RM, Petley GW, Clewlow F, Dalrymple-Hay MJ. A comparison of transthoracic impedance using standard defibrillation paddles and self-adhesive defibrillation pads. *Resuscitation*. 1998;39:43-46
279. Kerber RE, Martins JB, Kelly KJ, Ferguson DW, Kouba C, Jensen SR, Newman B, Parke JD, Kieso R, Melton J. Self-adhesive preapplied electrode pads for defibrillation and cardioversion. *J Am Coll Cardiol*. 1984;3:815-820
280. Ewy GA, Horan WJ, Ewy MD. Disposable defibrillator electrodes. *Heart Lung*. 1977;6:127-130
281. Kerber RE, Martins JB, Ferguson DW, Jensen SR, Parke JD, Kieso R, Melton J. Experimental evaluation and initial clinical application of new self-adhesive defibrillation electrodes. *Int J Cardiol*. 1985;8:57-66
282. Cornwell L, Mukherjee R, Kelsall AW. Problems with the use of self-adhesive electrode pads in neonates. *Resuscitation*. 2006;68:425-428
283. Bradbury N, Hyde D, Nolan J. Reliability of ECG monitoring with a gel pad/paddle combination after defibrillation. *Resuscitation*. 2000;44:203-206
284. Perkins GD, Roberts C, Gao F. Delays in defibrillation: influence of different monitoring techniques. *Br J Anaesth*. 2002;89:405-408
285. Perkins GD, Davies RP, Soar J, Thickett DR. The impact of manual defibrillation technique on no-flow time during simulated cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2007;73:109-114
286. Mittal S, Ayati S, Stein KM, Knight BP, Morady F, Schwartzman D, Cavlovich D, Platia EV, Calkins H, Tchou PJ, Miller JM, Wharton JM, Sung RJ, Slotwiner DJ, Markowitz SM, Lerman BB. Comparison of a novel rectilinear biphasic waveform with a damped sine wave monophasic waveform for transthoracic ventricular defibrillation. ZOLL Investigators. *J Am Coll Cardiol*. 1999;34:1595-1601
287. van Alem AP, Chapman FW, Lank P, Hart AA, Koster RW. A prospective, randomised and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2003;58:17-24
288. Rea TD, Helbock M, Perry S, Garcia M, Cloyd D, Becker L, Eisenberg M. Increasing use of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital ventricular fibrillation arrest: survival implications of guideline changes. *Circulation*. 2006;114:2760-2765
289. Menegazzi JJ, Hsieh M, Niemann JT, Swor RA. Derivation of clinical predictors of failed rescue shock during out-of-hospital ventricular fibrillation. *Prehosp Emerg Care*. 2008;12:347-351
290. Rea TD, Shah S, Kudenchuk PJ, Copass MK, Cobb LA. Automated external defibrillators: to what extent does the algorithm delay CPR? *Ann Emerg Med*. 2005;46:132-141
291. Becker L, Gold LS, Eisenberg M, White L, Hearne T, Rea T. Ventricular fibrillation in King County, Washington: a 30-year perspective. *Resuscitation*. 2008;79:22-27
292. Rossano JW, Quan L, Kenney MA, Rea TD, Atkins DL. Energy doses for treatment of out-of-hospital pediatric ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 2006;70:80-89

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

293. Atkins DL, Hartley LL, York DK. Accurate recognition and effective treatment of ventricular fibrillation by automated external defibrillators in adolescents. *Pediatrics*. 1998;101:393-397
294. Clark CB, Zhang Y, Davies LR, Karlsson G, Kerber RE. Pediatric transthoracic defibrillation: biphasic versus monophasic waveforms in an experimental model. *Resuscitation*. 2001;51:159-163
295. Walcott GP, Melnick SB, Killingsworth CR, Ideker RE. Comparison of low-energy versus high-energy biphasic defibrillation shocks following prolonged ventricular fibrillation. *Prehosp Emerg Care*. 2010;14:62-70
296. Banerjee S, Singhi SC, Singh S, Singh M. The intraosseous route is a suitable alternative to intravenous route for fluid resuscitation in severely dehydrated children. *Indian Pediatr*. 1994;31:1511-1520
297. Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med*. 1985;14:885-888
298. Brunette DD, Fischer R. Intravascular access in pediatric cardiac arrest. *Am J Emerg Med*. 1988;6:577-579
299. Seigler RS, Tecklenburg FW, Shealy R. Prehospital intraosseous infusion by emergency medical services personnel: a prospective study. *Pediatrics*. 1989;84:173-177
300. Glaeser PW, Hellmich TR, Szweczuga D, Losek JD, Smith DS. Five-year experience in prehospital intraosseous infusions in children and adults. *Ann Emerg Med*. 1993;22:1119-1124
301. Ellemunter H, Simma B, Trawoger R, Maurer H. Intraosseous lines in preterm and full term neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 1999;80:F74-75
302. Claudet I, Baunin C, Laporte-Turpin E, Marcoux MO, Grouteau E, Cahuzac JP. Long-term effects on tibial growth after intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis. *Pediatr Emerg Care*. 2003;19:397-401
303. Fiorito BA, Mirza F, Doran TM, Oberle AN, Cruz EC, Wendtland CL, Abd-Allah SA. Intraosseous access in the setting of pediatric critical care transport. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6:50-53
304. Horton MA, Beamer C. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients. *Pediatr Emerg Care*. 2008;24:347-350
305. Guay J, Lortie L. An evaluation of pediatric in-hospital advanced life support interventions using the pediatric Utstein guidelines: a review of 203 cardiorespiratory arrests. *Can J Anaesth*. 2004;51:373-378
306. Niemann JT, Stratton SJ. Endotracheal versus intravenous epinephrine and atropine in out-of-hospital "primary" and postcountershock asystole. *Crit Care Med*. 2000;28:1815-1819
307. Quinton DN, O'Byrne G, Aitkenhead AR. Comparison of endotracheal and peripheral intravenous adrenaline in cardiac arrest. Is the endotracheal route reliable? *Lancet*. 1987;1:828-829
308. Lindemann R. Resuscitation of the newborn. Endotracheal administration of epinephrine. *Acta Paediatr Scand*. 1984;73:210-212
309. Efrati O, Barak A, Ben-Abraham R, Modan-Moses D, Berkovitch M, Manisterski Y, Lotan D, Barzilay Z, Paret G. Should vasopressin replace adrenaline for endotracheal drug administration? *Crit Care Med*. 2003;31:572-576
310. Elizur A, Ben-Abraham R, Manisterski Y, Barak A, Efrati O, Lotan D, Barzilay Z, Paret G. Tracheal epinephrine or norepinephrine preceded by beta blockade in a dog model. Can beta blockade bestow any benefits? *Resuscitation*. 2003;59:271-276
311. Manisterski Y, Vaknin Z, Ben-Abraham R, Efrati O, Lotan D, Berkovitch M, Barak A, Barzilay Z, Paret G. Endotracheal epinephrine: a call for larger doses. *Anesth Analg*. 2002;95:1037-1041, table of contents
312. Orłowski JP, Gallagher JM, Porembka DT. Endotracheal epinephrine is unreliable. *Resuscitation*. 1990;19:103-113
313. Paret G, Vaknin Z, Ezra D, Peleg E, Rosenthal T, Vardi A, Mayan H, Barzilay Z. Epinephrine pharmacokinetics and pharmacodynamics following endotracheal administration in dogs: the role of volume of diluent. *Resuscitation*. 1997;35:77-82

314. Vaknin Z, Manisterski Y, Ben-Abraham R, Efrati O, Lotan D, Barzilay Z, Paret G. Is endotracheal adrenaline deleterious because of the beta adrenergic effect? *Anesth Analg*. 2001;92:1408-1412
315. Wenzel V, Lindner KH, Prengel AW, Lurie KG, Strohmenger HU. Endobronchial vasopressin improves survival during cardiopulmonary resuscitation in pigs. *Anesthesiology*. 1997;86:1375-1381
316. Hornchen U, Schuttler J, Stoeckel H, Eichelkraut W, Hahn N. Endobronchial instillation of epinephrine during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 1987;15:1037-1039
317. Ralston SH, Tacker WA, Showen L, Carter A, Babbs CF. Endotracheal versus intravenous epinephrine during electromechanical dissociation with CPR in dogs. *Ann Emerg Med*. 1985;14:1044-1048
318. Redding JS, Asuncion JS, Pearson JW. Effective routes of drug administration during cardiac arrest. *Anesth Analg*. 1967;46:253-258
319. Yang LY, He CQ, Zhang ZG. Endotracheal administration of epinephrine during cardiopulmonary resuscitation. *Chin Med J (Engl)*. 1991;104:986-991
320. Black K, Barnett P, Wolfe R, Young S. Are methods used to estimate weight in children accurate? *Emerg Med (Fremantle)*. 2002;14:160-165
321. Chan GM, Moyer-Mileur L, Rallison L. An easy and accurate method of estimating newborn birthweight for resuscitation. *Am J Perinatol*. 1992;9:371-373
322. Garland JS, Kishaba RG, Nelson DB, Losek JD, Sobocinski KA. A rapid and accurate method of estimating body weight. *Am J Emerg Med*. 1986;4:390-393
323. Krieser D, Nguyen K, Kerr D, Jolley D, Clooney M, Kelly AM. Parental weight estimation of their child's weight is more accurate than other weight estimation methods for determining children's weight in an emergency department? *Emerg Med J*. 2007;24:756-759
324. Lubitz DS, Seidel JS, Chameides L, Luten RC, Zaritsky AL, Campbell FW. A rapid method for estimating weight and resuscitation drug dosages from length in the pediatric age group. *Ann Emerg Med*. 1988;17:576-581
325. Varghese A, Vasudevan VK, Lewin S, Indumathi CK, Dinakar C, Rao SD. Do the length-based (Broselow) Tape, APLS, Argall and Nelson's formulae accurately estimate weight of Indian children? *Indian Pediatr*. 2006;43:889-894
326. Vilke GM, Marino A, Fisher R, Chan TC. Estimation of pediatric patient weight by EMT-PS. *J Emerg Med*. 2001;21:125-128
327. Hofer CK, Ganter M, Tucci M, Klaghofer R, Zollinger A. How reliable is length-based determination of body weight and tracheal tube size in the paediatric age group? The Broselow tape reconsidered. *Br J Anaesth*. 2002;88:283-285
328. DuBois D, Baldwin S, King WD. Accuracy of weight estimation methods for children. *Pediatr Emerg Care*. 2007;23:227-230
329. Yamamoto LG, Inaba AS, Young LL, Anderson KM. Improving length-based weight estimates by adding a body habitus (obesity) icon. *Am J Emerg Med*. 2009;27:810-815
330. Johnson TN. The problems in scaling adult drug doses to children. *Arch Dis Child*. 2008;93:207-211
331. Mahmood I. Prediction of drug clearance in children: impact of allometric exponents, body weight, and age. *Ther Drug Monit*. 2007;29:271-278
332. Edginton AN, Schmitt W, Willmann S. Development and evaluation of a generic physiologically based pharmacokinetic model for children. *Clin Pharmacokinet*. 2006;45:1013-1034
333. Gill MA, Ueda CT. Novel method for the determination of pediatric dosages. *Am J Hosp Pharm*. 1976;33:389-392
334. Rodriguez W, Selen A, Avant D, Chaurasia C, Crescenzi T, Gieser G, Di Giacinto J, Huang SM, Lee P, Mathis L, Murphy D, Murphy S, Roberts R, Sachs HC, Suarez S, Tandon V, Uppoor RS. Improving pediatric dosing through pediatric initiatives: what we have learned. *Pediatrics*. 2008;121:530-539

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

335. Traub SL, Kichen L. Estimating ideal body mass in children. *Am J Hosp Pharm.* 1983;40:107-110
336. Olasveengen TM, Sunde K, Brunborg C, Thowsen J, Steen PA, Wik L. Intravenous drug administration during out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *JAMA.* 2009;302:2222-2229
337. Perondi MB, Reis AG, Paiva EF, Nadkarni VM, Berg RA. A comparison of high-dose and standard-dose epinephrine in children with cardiac arrest. *N Engl J Med.* 2004;350:1722-1730
338. Rodriguez Nunez A, Garcia C, Lopez-Herce Cid J. [Is high-dose epinephrine justified in cardiorespiratory arrest in children?]. *An Pediatr (Barc).* 2005;62:113-116
339. Patterson MD, Boening DA, Klein BL, Fuchs S, Smith KM, Hegenbarth MA, Carlson DW, Krug SE, Harris EM. The use of high-dose epinephrine for patients with out-of-hospital cardiopulmonary arrest refractory to prehospital interventions. *Pediatr Emerg Care.* 2005;21:227-237
340. Dieckmann RA, Vardis R. High-dose epinephrine in pediatric out-of-hospital cardiopulmonary arrest. *Pediatrics.* 1995;95:901-913
341. Carpenter TC, Stenmark KR. High-dose epinephrine is not superior to standard-dose epinephrine in pediatric in-hospital cardiopulmonary arrest. *Pediatrics.* 1997;99:403-408
342. Lindner KH, Ahnefeld FW, Bowdler IM. Comparison of different doses of epinephrine on myocardial perfusion and resuscitation success during cardiopulmonary resuscitation in a pig model. *Am J Emerg Med.* 1991;9:27-31
343. Brown CG, Martin DR, Pepe PE, Stueven H, Cummins RO, Gonzalez E, Jastremski M. A comparison of standard-dose and high-dose epinephrine in cardiac arrest outside the hospital. The Multicenter High-Dose Epinephrine Study Group. *N Engl J Med.* 1992;327:1051-1055
344. Callahan M, Madsen CD, Barton CW, Saunders CE, Pointer J. A randomized clinical trial of high-dose epinephrine and norepinephrine vs standard-dose epinephrine in prehospital cardiac arrest. *JAMA.* 1992;268:2667-2672
345. Stiell IG, Hebert PC, Weitzman BN, Wells GA, Raman S, Stark RM, Higginson LA, Ahuja J, Dickinson GE. High-dose epinephrine in adult cardiac arrest. *N Engl J Med.* 1992;327:1045-1050
346. Choux C, Gueugniaud PY, Barbieux A, Pham E, Lae C, Dubien PY, Petit P. Standard doses versus repeated high doses of epinephrine in cardiac arrest outside the hospital. *Resuscitation.* 1995;29:3-9
347. Gueugniaud PY, Mols P, Goldstein P, Pham E, Dubien PY, Dewerd C, Vergnion M, Petit P, Carli P. A comparison of repeated high doses and repeated standard doses of epinephrine for cardiac arrest outside the hospital. European Epinephrine Study Group. *N Engl J Med.* 1998;339:1595-1601
348. Vandycke C, Martens P. High dose versus standard dose epinephrine in cardiac arrest - a meta-analysis. *Resuscitation.* 2000;45:161-166
349. Lipman J, Wilson W, Kobilski S, Scribante J, Lee C, Kraus P, Cooper J, Barr J, Moyes D. High-dose adrenaline in adult in-hospital asystolic cardiopulmonary resuscitation: a double-blind randomised trial. *Anaesth Intensive Care.* 1993;21:192-196
350. Sherman BW, Munger MA, Foulke GE, Rutherford WF, Panacek EA. High-dose versus standard-dose epinephrine treatment of cardiac arrest after failure of standard therapy. *Pharmacotherapy.* 1997;17:242-247
351. Callahan M, Barton CW, Kayser S. Potential complications of high-dose epinephrine therapy in patients resuscitated from cardiac arrest. *JAMA.* 1991;265:1117-1122
352. Rivers EP, Wortsman J, Rady MY, Blake HC, McGeorge FT, Buderer NM. The effect of the total cumulative epinephrine dose administered during human CPR on hemodynamic, oxygen transport, and utilization variables in the postresuscitation period. *Chest.* 1994;106:1499-1507
353. Woodhouse SP, Cox S, Boyd P, Case C, Weber M. High dose and standard dose adrenaline do not alter survival, compared with placebo, in cardiac arrest. *Resuscitation.* 1995;30:243-249

354. Marwick TH, Case C, Siskind V, Woodhouse SP. Adverse effect of early high-dose adrenaline on outcome of ventricular fibrillation. *Lancet*. 1988;2:66-68
355. Carvolth RD, Hamilton AJ. Comparison of high-dose epinephrine versus standard-dose epinephrine in adult cardiac arrest in the prehospital setting. *Prehosp Disaster Med*. 1996;11:219-222
356. Behringer W, Kittler H, Sterz F, Domanovits H, Schoerhuber W, Holzer M, Mullner M, Laggner AN. Cumulative epinephrine dose during cardiopulmonary resuscitation and neurologic outcome. *Ann Intern Med*. 1998;129:450-456
357. Duncan JM, Meaney P, Simpson P, Berg RA, Nadkarni V, Schexnayder S. Vasopressin for in-hospital pediatric cardiac arrest: results from the American Heart Association National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10:191-195
358. Mann K, Berg RA, Nadkarni V. Beneficial effects of vasopressin in prolonged pediatric cardiac arrest: a case series. *Resuscitation*. 2002;52:149-156
359. Matok I, Vardi A, Augarten A, Efrati O, Leibovitch L, Rubinshtein M, Paret G. Beneficial effects of terlipressin in prolonged pediatric cardiopulmonary resuscitation: a case series. *Crit Care Med*. 2007;35:1161-1164
360. Gil-Anton J, Lopez-Herce J, Morteruel E, Carrillo A, Rodriguez-Nunez A. Pediatric cardiac arrest refractory to advanced life support: is there a role for terlipressin? *Pediatr Crit Care Med*. 2010;11:139-141
361. Lindner KH, Prengel AW, Brinkmann A, Strohmenger HU, Lindner IM, Lurie KG. Vasopressin administration in refractory cardiac arrest. *Ann Intern Med*. 1996;124:1061-1064
362. Lee CC, Kim GW, Kim SH, Crupi RS. Cases of aminophylline and vasopressin use after failed prehospital resuscitation of cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2001;5:304-307
363. Callaway CW, Hostler D, Doshi AA, Pinchak M, Roth RN, Lubin J, Newman DH, Kelly LJ. Usefulness of vasopressin administered with epinephrine during out-of-hospital cardiac arrest. *Am J Cardiol*. 2006;98:1316-1321
364. Gueugniaud PY, David JS, Chanzy E, Hubert H, Dubien PY, Mauriacourt P, Braganca C, Billeres X, Clotteau-Lambert MP, Fuster P, Thiercelin D, Debaty G, Ricard-Hibon A, Roux P, Espesson C, Querellou E, Ducros L, Ecollan P, Halbout L, Savary D, Guillaume F, Maupoint R, Capelle P, Bracq C, Dreyfus P, Nougier P, Gache A, Meurisse C, Boulanger B, Lae C, Metzger J, Raphael V, Beruben A, Wenzel V, Guinhouya C, Vilhelm C, Marret E. Vasopressin and epinephrine vs. epinephrine alone in cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med*. 2008;359:21-30
365. Lindner KH, Dirks B, Strohmenger HU, Prengel AW, Lindner IM, Lurie KG. Randomised comparison of epinephrine and vasopressin in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Lancet*. 1997;349:535-537
366. Mukoyama T, Kinoshita K, Nagao K, Tanjoh K. Reduced effectiveness of vasopressin in repeated doses for patients undergoing prolonged cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2009;80:755-761
367. Stiell IG, Hebert PC, Wells GA, Vandemheen KL, Tang AS, Higginson LA, Dreyer JF, Clement C, Battram E, Watpool I, Mason S, Klassen T, Weitzman BN. Vasopressin versus epinephrine for in-hospital cardiac arrest: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2001;358:105-109
368. Wenzel V, Krismer AC, Arntz HR, Sitter H, Stadlbauer KH, Lindner KH. A comparison of vasopressin and epinephrine for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med*. 2004;350:105-113
369. Aung K, Htay T. Vasopressin for cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med*. 2005;165:17-24
370. Lopez-Herce J, Fernandez B, Urbano J, Mencia S, Solana MJ, del Castillo J, Rodriguez-Nunez A, Bellon JM. Terlipressin versus adrenaline in an infant animal model of asphyxial cardiac arrest. *Intensive Care Med*. 2010;36:1248-1255

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

371. Kudenchuk PJ, Cobb LA, Copass MK, Cummins RO, Doherty AM, Fahrenbruch CE, Hallstrom AP, Murray WA, Olsufka M, Walsh T. Amiodarone for resuscitation after out-of-hospital cardiac arrest due to ventricular fibrillation. *N Engl J Med.* 1999;341:871-878
372. Dorian P, Cass D, Schwartz B, Cooper R, Gelaznikas R, Barr A. Amiodarone as compared with lidocaine for shock-resistant ventricular fibrillation. *N Engl J Med.* 2002;346:884-890
373. Perry JC, Fenrich AL, Hulse JE, Triedman JK, Friedman RA, Lamberti JJ. Pediatric use of intravenous amiodarone: efficacy and safety in critically ill patients from a multicenter protocol. *J Am Coll Cardiol.* 1996;27:1246-1250
374. Perry JC, Knilans TK, Marlow D, Denfield SW, Fenrich AL, Friedman RA. Intravenous amiodarone for life-threatening tachyarrhythmias in children and young adults. *J Am Coll Cardiol.* 1993;22:95-98
375. Meert KL, Donaldson A, Nadkarni V, Tieves KS, Schleien CL, Brill R, Clark RS, Shaffner DH, Levy F, Statler K, Dalton HJ, van der Jagt EW, Hackbarth R, Pretzlaff R, Hernan L, Dean JM, Moler FW. Multicenter cohort study of in-hospital pediatric cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10:544-553
376. Srinivasan V, Morris MC, Helfaer MA, Berg RA, Nadkarni VM. Calcium use during in-hospital pediatric cardiopulmonary resuscitation: a report from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Pediatrics.* 2008;121:e1144-1151
377. de Mos N, van Litsenburg RR, McCrindle B, Bohn DJ, Parshuram CS. Pediatric in-intensive-care-unit cardiac arrest: incidence, survival, and predictive factors. *Crit Care Med.* 2006;34:1209-1215
378. Harrison EE, Amey BD. The use of calcium in cardiac resuscitation. *Am J Emerg Med.* 1983;1:267-273
379. Ornato JP, Gonzales ER, Morkunas AR, Coyne MR, Beck CL. Treatment of presumed asystole during pre-hospital cardiac arrest: superiority of electrical countershock. *Am J Emerg Med.* 1985;3:395-399
380. Stueven H, Thompson BM, Aprahamian C, Darin JC. Use of calcium in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med.* 1983;12:136-139
381. Stueven HA, Thompson B, Aprahamian C, Tonsfeldt DJ, Kastenson EH. The effectiveness of calcium chloride in refractory electromechanical dissociation. *Ann Emerg Med.* 1985;14:626-629
382. Stueven HA, Thompson B, Aprahamian C, Tonsfeldt DJ, Kastenson EH. Lack of effectiveness of calcium chloride in refractory asystole. *Ann Emerg Med.* 1985;14:630-632
383. Bleck S, De Backer D, Huynh CH, Deleuze M, Domb M, Luypaert P, Vincent JL. Calcium chloride in experimental electromechanical dissociation: a placebo-controlled trial in dogs. *Crit Care Med.* 1987;15:324-327
384. Niemann JT, Adomian GE, Garner D, Rosborough JP. Endocardial and transcutaneous cardiac pacing, calcium chloride, and epinephrine in postcountershock asystole and bradycardias. *Crit Care Med.* 1985;13:699-704
385. Redding JS, Haynes RR, Thomas JD. Drug therapy in resuscitation from electromechanical dissociation. *Crit Care Med.* 1983;11:681-684
386. Redding JS, Pearson JW. Evaluation of drugs for cardiac resuscitation. *Anesthesiology.* 1963;24:203-207
387. Vukmir RB, Katz L. Sodium bicarbonate improves outcome in prolonged prehospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med.* 2006;24:156-161
388. Lokesh L, Kumar P, Murki S, Narang A. A randomized controlled trial of sodium bicarbonate in neonatal resuscitation-effect on immediate outcome. *Resuscitation.* 2004;60:219-223
389. Meaney PA, Nadkarni VM, Cook EF, Testa M, Helfaer M, Kaye W, Larkin GL, Berg RA. Higher survival rates among younger patients after pediatric intensive care unit cardiac arrests. *Pediatrics.* 2006;118:2424-2433
390. Reis AG, Nadkarni V, Perondi MB, Grisi S, Berg RA. A prospective investigation into the epidemiology of in-hospital pediatric cardiopulmonary resuscitation using the international Utstein reporting style. *Pediatrics.* 2002;109:200-209

391. Brown DC, Lewis AJ, Criley JM. Asystole and its treatment: the possible role of the parasympathetic nervous system in cardiac arrest. *JACEP*. 1979;8:448-452
392. Stueven HA, Tonsfeldt DJ, Thompson BM, Whitcomb J, Kastenson E, Aprahamian C. Atropine in asystole: human studies. *Ann Emerg Med*. 1984;13:815-817
393. Yilmaz O, Eser M, Sahiner A, Altintop L, Yesildag O. Hypotension, bradycardia and syncope caused by honey poisoning. *Resuscitation*. 2006;68:405-408
394. Brady WJ, Swart G, DeBehnke DJ, Ma OJ, Aufderheide TP. The efficacy of atropine in the treatment of hemodynamically unstable bradycardia and atrioventricular block: prehospital and emergency department considerations. *Resuscitation*. 1999;41:47-55
395. Smith I, Monk TG, White PF. Comparison of transesophageal atrial pacing with anticholinergic drugs for the treatment of intraoperative bradycardia. *Anesth Analg*. 1994;78:245-252
396. Chadda KD, Lichstein E, Gupta PK, Kourtesis P. Effects of atropine in patients with bradyarrhythmia complicating myocardial infarction. Usefulness of an optimum dose for overdrive. *Am J Med*. 1977;63:503-510
397. Fullerton DA, St Cyr JA, Clarke DR, Campbell DN, Toews WH, See WM. Bezold-Jarisch reflex in postoperative pediatric cardiac surgical patients. *Ann Thorac Surg*. 1991;52:534-536
398. Chow LT, Chow SS, Anderson RH, Gosling JA. Autonomic innervation of the human cardiac conduction system: changes from infancy to senility--an immunohistochemical and histochemical analysis. *Anat Rec*. 2001;264:169-182
399. Coon GA, Clinton JE, Ruiz E. Use of atropine for brady-asystolic prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. 1981;10:462-467
400. Iseri LT, Humphrey SB, Siner EJ. Prehospital brady-asystolic cardiac arrest. *Ann Intern Med*. 1978;88:741-745
401. Angelos MG, Butke RL, Panchal AR, Torres CA, Blumberg A, Schneider JE, Aune SE. Cardiovascular response to epinephrine varies with increasing duration of cardiac arrest. *Resuscitation*. 2008;77:101-110
402. Kaplan JL, Gao E, De Garavilla L, Victain M, Minczak B, Dalsey WC. Adenosine A1 antagonism attenuates atropine-resistant hypoxic bradycardia in rats. *Acad Emerg Med*. 2003;10:923-930
403. McCaul CL, McNamara PJ, Engelberts D, Wilson GJ, Romaschin A, Redington AN, Kavanagh BP. Epinephrine increases mortality after brief asphyxial cardiac arrest in an in vivo rat model. *Anesth Analg*. 2006;102:542-548
404. DeBehnke DJ, Swart GL, Spreng D, Aufderheide TP. Standard and higher doses of atropine in a canine model of pulseless electrical activity. *Acad Emerg Med*. 1995;2:1034-1041
405. Blelic S, Chaskis C, Vincent JL. Atropine administration in experimental electromechanical dissociation. *Am J Emerg Med*. 1992;10:515-518
406. Desanctis RW. Electrical Conversion of Ventricular Tachycardia. *JAMA*. 1965;191:632-636
407. Domanovits H, Paulis M, Nikfardjam M, Holzer M, Stuhlinger HG, Hirschl MM, Laggner AN. Sustained ventricular tachycardia in the emergency department. *Resuscitation*. 1999;42:19-25
408. Burri S, Hug MI, Bauersfeld U. Efficacy and safety of intravenous amiodarone for incessant tachycardias in infants. *Eur J Pediatr*. 2003;162:880-884
409. Drago F, Mazza A, Guccione P, Mafrici A, Di Liso G, Ragonese P. Amiodarone used alone or in combination with propranolol: a very effective therapy for tachyarrhythmias in infants and children. *Pediatr Cardiol*. 1998;19:445-449
410. Saul JP, Scott WA, Brown S, Marantz P, Acevedo V, Etheridge SP, Perry JC, Triedman JK, Burriss SW, Cargo P, Graepel J, Koskelo EK, Wang R. Intravenous amiodarone for incessant tachyarrhythmias in children: a randomized, double-blind, antiarrhythmic drug trial. *Circulation*. 2005;112:3470-3477
411. Dilber E, Mutlu M, Dilber B, Aslan Y, Gedik Y, Celiker A. Intravenous amiodarone used alone or in combination with digoxin for life-threatening supraventricular tachyarrhythmia in neonates and small infants. *Pediatr Emerg Care*.

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- 2010;26:82-84
412. Balaguer Gargallo M, Jordan Garcia I, Caritg Bosch J, Cambra Lasasosa FJ, Prada Hermogenes F, Palomaque Rico A. [Supraventricular tachycardia in infants and children]. *An Pediatr (Barc)*. 2007;67:133-138
 413. Dixon J, Foster K, Wyllie J, Wren C. Guidelines and adenosine dosing in supraventricular tachycardia. *Arch Dis Child*. 2005;90:1190-1191
 414. Moghaddam M, Mohammad Dalili S, Emkanjoo Z. Efficacy of Adenosine for Acute Treatment of Supraventricular Tachycardia in Infants and Children. *J Teh Univ Heart Ctr* 2008;3:157-162
 415. Van der Merwe DM, Van der Merwe PL. Supraventricular tachycardia in children. *Cardiovasc J S Afr*. 2004;15:64-69
 416. Losek JD, Endom E, Dietrich A, Stewart G, Zempsky W, Smith K. Adenosine and pediatric supraventricular tachycardia in the emergency department: multicenter study and review. *Ann Emerg Med*. 1999;33:185-191
 417. Koh E, Chan I, Wong KY. Five paediatric case reports of the use of adenosine in supraventricular tachycardia. *Ann Acad Med Singapore*. 1998;27:363-365
 418. Sherwood MC, Lau KC, Sholler GF. Adenosine in the management of supraventricular tachycardia in children. *J Paediatr Child Health*. 1998;34:53-56
 419. Dimitriu AG, Nistor N, Russu G, Cristogel F, Streanga V, Varlam L. Value of intravenous ATP in the diagnosis and treatment of tachyarrhythmias in children. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*. 1998;102:100-102
 420. Bakshi F, Barzilay Z, Paret G. Adenosine in the diagnosis and treatment of narrow complex tachycardia in the pediatric intensive care unit. *Heart Lung*. 1998;27:47-50
 421. Lenk M, Celiker A, Alehan D, Kocak G, Ozme S. Role of adenosine in the diagnosis and treatment of tachyarrhythmias in pediatric patients. *Acta Paediatr Jpn*. 1997;39:570-577
 422. Paret G, Steinmetz D, Kuint J, Hegesh J, Frand M, Barzilay Z. Adenosine for the treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia in full-term and preterm newborn infants. *Am J Perinatol*. 1996;13:343-346
 423. Pfammatter JP, Paul T, Bachmann D, Weber JW, Stocker FP, Kallfelz HC. [Therapeutic efficacy and diagnostic potential of adenosine in infants and children]. *Z Kardiol*. 1995;84:243-249
 424. De Wolf D, Rondia G, Verhaaren H, Matthys D. Adenosine-tri-phosphate treatment for supraventricular tachycardia in infants. *Eur J Pediatr*. 1994;153:793-796
 425. Muller G, Deal BJ, Benson DW, Jr. "Vagal maneuvers" and adenosine for termination of atrioventricular reentrant tachycardia. *Am J Cardiol*. 1994;74:500-503
 426. Crosson JE, Etheridge SP, Milstein S, Hesslein PS, Dunnigan A. Therapeutic and diagnostic utility of adenosine during tachycardia evaluation in children. *Am J Cardiol*. 1994;74:155-160
 427. Ralston MA, Knilans TK, Hannon DW, Daniels SR. Use of adenosine for diagnosis and treatment of tachyarrhythmias in pediatric patients. *J Pediatr*. 1994;124:139-143
 428. Reyes G, Stanton R, Galvis AG. Adenosine in the treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia in children. *Ann Emerg Med*. 1992;21:1499-1501
 429. Rossi AF, Steinberg LG, Kipel G, Golinko RJ, Griep RB. Use of adenosine in the management of perioperative arrhythmias in the pediatric cardiac intensive care unit. *Crit Care Med*. 1992;20:1107-1111
 430. Till J, Shinebourne EA, Rigby ML, Clarke B, Ward DE, Rowland E. Efficacy and safety of adenosine in the treatment of supraventricular tachycardia in infants and children. *Br Heart J*. 1989;62:204-211
 431. Overholt ED, Rheuban KS, Gutgesell HP, Lerman BB, DiMarco JP. Usefulness of adenosine for arrhythmias in infants and children. *Am J Cardiol*. 1988;61:336-340
 432. Clarke B, Till J, Rowland E, Ward DE, Barnes PJ, Shinebourne EA. Rapid and safe termination of supraventricular

- tachycardia in children by adenosine. *Lancet*. 1987;1:299-301
433. Jaeggi E, Chiu C, Hamilton R, Gilljam T, Gow R. Adenosine-induced atrial pro-arrhythmia in children. *Can J Cardiol*. 1999;15:169-172
434. Riccardi A, Arboscello E, Ghinatti M, Minuto P, Lerza R. Adenosine in the treatment of supraventricular tachycardia: 5 years of experience (2002-2006). *Am J Emerg Med*. 2008;26:879-882
435. Ertan C, Atar I, Gulmez O, Atar A, Ozgul A, Aydinalp A, Muderrisoglu H, Ozin B. Adenosine-induced ventricular arrhythmias in patients with supraventricular tachycardias. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2008;13:386-390
436. Tan HL, Spekhorst HH, Peters RJ, Wilde AA. Adenosine induced ventricular arrhythmias in the emergency room. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001;24:450-455
437. Glatter KA, Cheng J, Dorostkar P, Modin G, Talwar S, Al-Nimri M, Lee RJ, Saxon LA, Lesh MD, Scheinman MM. Electrophysiologic effects of adenosine in patients with supraventricular tachycardia. *Circulation*. 1999;99:1034-1040
438. Greco R, Musto B, Arienzo V, Alborino A, Garofalo S, Marsico F. Treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia in infancy with digitalis, adenosine-5'-triphosphate, and verapamil: a comparative study. *Circulation*. 1982;66:504-508
439. Lim SH, Anantharaman V, Teo WS, Chan YH. Slow infusion of calcium channel blockers compared with intravenous adenosine in the emergency treatment of supraventricular tachycardia. *Resuscitation*. 2009;80:523-528
440. Holdgate A, Foo A. Adenosine versus intravenous calcium channel antagonists for the treatment of supraventricular tachycardia in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006:CD005154
441. Haas NA, Camphausen CK. Acute hemodynamic effects of intravenous amiodarone treatment in pediatric patients with cardiac surgery. *Clin Res Cardiol*. 2008;97:801-810
442. Valsangiacomo E, Schmid ER, Schubach RW, Schmidlin D, Molinari L, Waldvogel K, Bauersfeld U. Early postoperative arrhythmias after cardiac operation in children. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:792-796
443. Laird WP, Snyder CS, Kertesz NJ, Friedman RA, Miller D, Fenrich AL. Use of intravenous amiodarone for postoperative junctional ectopic tachycardia in children. *Pediatr Cardiol*. 2003;24:133-137
444. Hoffman TM, Bush DM, Wernovsky G, Cohen MI, Wieand TS, Gaynor JW, Spray TL, Rhodes LA. Postoperative junctional ectopic tachycardia in children: incidence, risk factors, and treatment. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:1607-1611
445. Juneja R, Shah S, Naik N, Kothari SS, Saxena A, Talwar KK. Management of cardiomyopathy resulting from incessant supraventricular tachycardia in infants and children. *Indian Heart J*. 2002;54:176-180
446. Cabrera Duro A, Rodrigo Carbonero D, Galdeano Miranda JM, Martinez Corrales P, Pastor Menchaca E, Macua Biurrun P, Pilar Orive J. [The treatment of postoperative junctional ectopic tachycardia]. *An Esp Pediatr*. 2002;56:505-509
447. Dodge-Khatami A, Miller OI, Anderson RH, Gil-Jaurena JM, Goldman AP, de Leval MR. Impact of junctional ectopic tachycardia on postoperative morbidity following repair of congenital heart defects. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002;21:255-259
448. Michael JG, Wilson WR, Jr., Tobias JD. Amiodarone in the treatment of junctional ectopic tachycardia after cardiac surgery in children: report of two cases and review of the literature. *Am J Ther*. 1999;6:223-227
449. Celiker A, Ceviz N, Ozme S. Effectiveness and safety of intravenous amiodarone in drug-resistant tachyarrhythmias of children. *Acta Paediatr Jpn*. 1998;40:567-572
450. Soult JA, Munoz M, Lopez JD, Romero A, Santos J, Tovaruela A. Efficacy and safety of intravenous amiodarone for short-term treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia in children. *Pediatr Cardiol*. 1995;16:16-19

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

451. Figa FH, Gow RM, Hamilton RM, Freedom RM. Clinical efficacy and safety of intravenous Amiodarone in infants and children. *Am J Cardiol.* 1994;74:573-577
452. Ng GY, Hampson Evans DC, Murdoch LJ. Cardiovascular collapse after amiodarone administration in neonatal supraventricular tachycardia. *Eur J Emerg Med.* 2003;10:323-325
453. Daniels CJ, Schutte DA, Hammond S, Franklin WH. Acute pulmonary toxicity in an infant from intravenous amiodarone. *Am J Cardiol.* 1997;80:1113-1116
454. Yap SC, Hoomtje T, Sreeram N. Polymorphic ventricular tachycardia after use of intravenous amiodarone for postoperative junctional ectopic tachycardia. *Int J Cardiol.* 2000;76:245-247
455. Gandy J, Wonko N, Kantoch MJ. Risks of intravenous amiodarone in neonates. *Can J Cardiol.* 1998;14:855-858
456. Chang PM, Silka MJ, Moromisato DY, Bar-Cohen Y. Amiodarone versus procainamide for the acute treatment of recurrent supraventricular tachycardia in pediatric patients. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2010;3:134-140
457. Wang JN, Wu JM, Tsai YC, Lin CS. Ectopic atrial tachycardia in children. *J Formos Med Assoc.* 2000;99:766-770
458. Mandapati R, Byrum CJ, Kavey RE, Smith FC, Kveselis DA, Hannan WP, Brandt B, 3rd, Gaum WE. Procainamide for rate control of postsurgical junctional tachycardia. *Pediatr Cardiol.* 2000;21:123-128
459. Walsh EP, Saul JP, Sholler GF, Triedman JK, Jonas RA, Mayer JE, Wessel DL. Evaluation of a staged treatment protocol for rapid automatic junctional tachycardia after operation for congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol.* 1997;29:1046-1053
460. Rhodes LA, Walsh EP, Saul JP. Conversion of atrial flutter in pediatric patients by transesophageal atrial pacing: a safe, effective, minimally invasive procedure. *Am Heart J.* 1995;130:323-327
461. Benson DW, Jr., Dunnigan A, Green TP, Benditt DG, Schneider SP. Periodic procainamide for paroxysmal tachycardia. *Circulation.* 1985;72:147-152
462. Gouin S, Ali S. A patient with chaotic atrial tachycardia. *Pediatr Emerg Care.* 2003;19:95-98
463. Azzam FJ, Fiore AC. Postoperative junctional ectopic tachycardia. *Can J Anaesth.* 1998;45:898-902
464. Wu MH, Wang JK, Lin JL, Lai LP, Lue HC, Young ML, Hsieh FJ. Supraventricular tachycardia in patients with right atrial isomerism. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32:773-779
465. Dodo H, Gow RM, Hamilton RM, Freedom RM. Chaotic atrial rhythm in children. *Am Heart J.* 1995;129:990-995
466. Cowan RH, Waldo AL, Harris HB, Cassady G, Brans YW. Neonatal paroxysmal supraventricular tachycardia with hydrops. *Pediatrics.* 1975;55:428-430
467. Karlsson E, Sonnhag C. Haemodynamic effects of procainamide and phenytoin at apparent therapeutic plasma levels. *Eur J Clin Pharmacol.* 1976;10:305-310
468. Singh BN, Kehoe R, Woosley RL, Scheinman M, Quart B. Multicenter trial of sotalol compared with procainamide in the suppression of inducible ventricular tachycardia: a double-blind, randomized parallel evaluation. Sotalol Multicenter Study Group. *Am Heart J.* 1995;129:87-97
469. Jawad-Kanber G, Sherrod TR. Effect of loading dose of procaine amide on left ventricular performance in man. *Chest.* 1974;66:269-272
470. Shih JY, Gillette PC, Kugler JD, Garson A, Jr., Fukushige J, Zinner A, Driscoll DJ. The electrophysiologic effects of procainamide in the immature heart. *Pediatr Pharmacol (New York).* 1982;2:65-73
471. Bein G, Wolf D. The treatment of supraventricular tachycardia in infants and children with verapamil. *Cardiol Pneumol.* 1971;9:151
472. Soler-Soler J, Sagrista-Sauleda J, Cabrera A, Sauleda-Pares J, Iglesias-Berengue J, Permanyer-Miralda G, Roca-Llop J. Effect of verapamil in infants with paroxysmal supraventricular tachycardia. *Circulation.* 1979;59:876-879

473. Leitner RP, Hawker RE, Celermajer JM. Intravenous verapamil in the treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia in children. *Aust Paediatr J*. 1983;19:40-44
474. Wu MH, Chang YC, Lin JL, Young ML, Wang JK, Lue HC. Probability of supraventricular tachycardia recurrence in pediatric patients. *Cardiology*. 1994;85:284-289
475. Kirk CR, Gibbs JL, Thomas R, Radley-Smith R, Qureshi SA. Cardiovascular collapse after verapamil in supraventricular tachycardia. *Arch Dis Child*. 1987;62:1265-1266
476. Garland JS, Berens RJ, Losek JD, Wilson AD. An infant fatality following verapamil therapy for supraventricular tachycardia: cardiovascular collapse following intravenous verapamil. *Pediatr Emerg Care*. 1985;1:198-200
477. Sreeram N, Wren C. Supraventricular tachycardia in infants: response to initial treatment. *Arch Dis Child*. 1990;65:127-129
478. Adamson PC, Rhodes LA, Saul JP, Dick M, 2nd, Epstein MR, Moate P, Boston R, Schreiner MS. The pharmacokinetics of esmolol in pediatric subjects with supraventricular arrhythmias. *Pediatr Cardiol*. 2006;27:420-427
479. Chrysostomou C, Beerman L, Shiderly D, Berry D, Morell VO, Munoz R. Dexmedetomidine: a novel drug for the treatment of atrial and junctional tachyarrhythmias during the perioperative period for congenital cardiac surgery: a preliminary study. *Anesth Analg*. 2008;107:1514-1522
480. Brierley J, Carcillo JA, Choong K, Cornell T, Decaen A, Deymann A, Doctor A, Davis A, Duff J, Dugas MA, Duncan A, Evans B, Feldman J, Felmet K, Fisher G, Frankel L, Jeffries H, Greenwald B, Gutierrez J, Hall M, Han YY, Hanson J, Hazelzet J, Hernan L, Kiff J, Kissoon N, Kon A, Irazuzta J, Lin J, Lorts A, Mariscalco M, Mehta R, Nadel S, Nguyen T, Nicholson C, Peters M, Okhuysen-Cawley R, Poulton T, Relves M, Rodriguez A, Rozenfeld R, Schnitzler E, Shanley T, Kache S, Skippen P, Torres A, von Dessauer B, Weingarten J, Yeh T, Zaritsky A, Stojadinovic B, Zimmerman J, Zuckerberg A. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine. *Crit Care Med*. 2009;37:666-688
481. de Oliveira CF, de Oliveira DS, Gottschald AF, Moura JD, Costa GA, Ventura AC, Fernandes JC, Vaz FA, Carcillo JA, Rivers EP, Troster EJ. ACCM/PALS haemodynamic support guidelines for paediatric septic shock: an outcomes comparison with and without monitoring central venous oxygen saturation. *Intensive Care Med*. 2008;34:1065-1075
482. Bickell WH, Wall MJ, Jr., Pepe PE, Martin RR, Ginger VF, Allen MK, Mattox KL. Immediate versus delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries. *N Engl J Med*. 1994;331:1105-1109
483. Dunham CM, Belzberg H, Lyles R, Weireter L, Skurdal D, Sullivan G, Esposito T, Namini M. The rapid infusion system: a superior method for the resuscitation of hypovolemic trauma patients. *Resuscitation*. 1991;21:207-227
484. Dutton RP, Mackenzie CF, Scalea TM. Hypotensive resuscitation during active hemorrhage: impact on in-hospital mortality. *J Trauma*. 2002;52:1141-1146
485. Hambly PR, Dutton RP. Excess mortality associated with the use of a rapid infusion system at a level 1 trauma center. *Resuscitation*. 1996;31:127-133
486. Kwan I, Bunn F, Roberts I. Timing and volume of fluid administration for patients with bleeding. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003:CD002245
487. Mattox KL, Maningas PA, Moore EE, Mateer JR, Marx JA, Aprahamian C, Burch JM, Pepe PE. Prehospital hypertonic saline/dextran infusion for post-traumatic hypotension. The U.S.A. Multicenter Trial. *Ann Surg*. 1991;213:482-491
488. Sampalis JS, Tamim H, Denis R, Boukas S, Ruest SA, Nikolis A, Lavoie A, Fleischer D, Brown R, Mulder D, Williams JJ. Ineffectiveness of on-site intravenous lines: is prehospital time the culprit? *J Trauma*. 1997;43:608-615;

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- discussion 615-607
489. Turner J, Nicholl J, Webber L, Cox H, Dixon S, Yates D. A randomised controlled trial of prehospital intravenous fluid replacement therapy in serious trauma. *Health Technol Assess.* 2000;4:1-57
 490. Wade CE, Grady JJ, Kramer GC. Efficacy of hypertonic saline dextran fluid resuscitation for patients with hypotension from penetrating trauma. *J Trauma.* 2003;54:S144-148
 491. Hussain SN, Roussos C. Distribution of respiratory muscle and organ blood flow during endotoxic shock in dogs. *J Appl Physiol.* 1985;59:1802-1808
 492. Tang W, Pakula JL, Weil MH, Noc M, Fukui M, Bisera J. Adrenergic vasopressor agents and mechanical ventilation for the treatment of experimental septic shock. *Crit Care Med.* 1996;24:125-130
 493. Viires N, Sillye G, Aubier M, Rassidakis A, Roussos C. Regional blood flow distribution in dog during induced hypotension and low cardiac output. Spontaneous breathing versus artificial ventilation. *J Clin Invest.* 1983;72:935-947
 494. Ho AM, Graham CA, Ng CS, Yeung JH, Dion PW, Critchley LA, Karmakar MK. Timing of tracheal intubation in traumatic cardiac tamponade: a word of caution. *Resuscitation.* 2009;80:272-274
 495. Ledingham IM, McArdle CS. Prospective study of the treatment of septic shock. *Lancet.* 1978;1:1194-1197
 496. Griffel MI, Astiz ME, Rackow EC, Weil MH. Effect of mechanical ventilation on systemic oxygen extraction and lactic acidosis during early septic shock in rats. *Crit Care Med.* 1990;18:72-76
 497. Dung NM, Day NP, Tam DT, Loan HT, Chau HT, Minh LN, Diet TV, Bethell DB, Kneen R, Hien TT, White NJ, Farrar JJ. Fluid replacement in dengue shock syndrome: a randomized, double-blind comparison of four intravenous-fluid regimens. *Clin Infect Dis.* 1999;29:787-794
 498. Ngo NT, Cao XT, Kneen R, Wills B, Nguyen VM, Nguyen TQ, Chu VT, Nguyen TT, Simpson JA, Solomon T, White NJ, Farrar J. Acute management of dengue shock syndrome: a randomized double-blind comparison of 4 intravenous fluid regimens in the first hour. *Clin Infect Dis.* 2001;32:204-213
 499. Wills BA, Nguyen MD, Ha TL, Dong TH, Tran TN, Le TT, Tran VD, Nguyen TH, Nguyen VC, Stepniwska K, White NJ, Farrar JJ. Comparison of three fluid solutions for resuscitation in dengue shock syndrome. *N Engl J Med.* 2005;353:877-889
 500. Upadhyay M, Singhi S, Murlidharan J, Kaur N, Majumdar S. Randomized evaluation of fluid resuscitation with crystalloid (saline) and colloid (polymer from degraded gelatin in saline) in pediatric septic shock. *Indian Pediatr.* 2005;42:223-231
 501. Finfer S, Bellomo R, Boyce N, French J, Myburgh J, Norton R. A comparison of albumin and saline for fluid resuscitation in the intensive care unit. *N Engl J Med.* 2004;350:2247-2256
 502. Alderson P, Bunn F, Lefebvre C, Li WP, Li L, Roberts I, Schierhout G. Human albumin solution for resuscitation and volume expansion in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004:CD001208
 503. Bulger EM, Jurkovich GJ, Nathens AB, Copass MK, Hanson S, Cooper C, Liu PY, Neff M, Awan AB, Warner K, Maier RV. Hypertonic resuscitation of hypovolemic shock after blunt trauma: a randomized controlled trial. *Arch Surg.* 2008;143:139-148; discussion 149
 504. Choi PT, Yip G, Quinonez LG, Cook DJ. Crystalloids vs. colloids in fluid resuscitation: a systematic review. *Crit Care Med.* 1999;27:200-210
 505. Cooper DJ, Myles PS, McDermott FT, Murray LJ, Laidlaw J, Cooper G, Tremayne AB, Bernard SS, Ponsford J. Prehospital hypertonic saline resuscitation of patients with hypotension and severe traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2004;291:1350-1357
 506. Perel P, Roberts I. Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill patients. *Cochrane Database*

- Syst Rev.* 2007;CD000567
507. Wilkes MM, Navickis RJ. Patient survival after human albumin administration. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med.* 2001;135:149-164
 508. Myburgh J, Cooper DJ, Finfer S, Bellomo R, Norton R, Bishop N, Kai Lo S, Vallance S. Saline or albumin for fluid resuscitation in patients with traumatic brain injury. *N Engl J Med.* 2007;357:874-884
 509. Huang PP, Stucky FS, Dimick AR, Treat RC, Bessey PQ, Rue LW. Hypertonic sodium resuscitation is associated with renal failure and death. *Ann Surg.* 1995;221:543-554; discussion 554-547
 510. Maitland K, Pamba A, English M, Peshu N, Marsh K, Newton C, Levin M. Randomized trial of volume expansion with albumin or saline in children with severe malaria: preliminary evidence of albumin benefit. *Clin Infect Dis.* 2005;40:538-545
 511. Ceneviva G, Paschall JA, Maffei F, Carcillo JA. Hemodynamic support in fluid-refractory pediatric septic shock. *Pediatrics.* 1998;102:e19
 512. Barton P, Garcia J, Kouatli A, Kitchen L, Zorka A, Lindsay C, Lawless S, Giroir B. Hemodynamic effects of i.v. milrinone lactate in pediatric patients with septic shock. A prospective, double-blinded, randomized, placebo-controlled, interventional study. *Chest.* 1996;109:1302-1312
 513. Lindsay CA, Barton P, Lawless S, Kitchen L, Zorka A, Garcia J, Kouatli A, Giroir B. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of milrinone lactate in pediatric patients with septic shock. *J Pediatr.* 1998;132:329-334
 514. Yildizdas D, Yapicioglu H, Celik U, Sertdemir Y, Alhan E. Terlipressin as a rescue therapy for catecholamine-resistant septic shock in children. *Intensive Care Med.* 2008;34:511-517
 515. Choong K, Bohn D, Fraser DD, Gaboury I, Hutchison JS, Joffe AR, Litalien C, Menon K, McNamara P, Ward RE. Vasopressin in pediatric vasodilatory shock: a multicenter randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009;180:632-639
 516. Annane D, Vignon P, Renault A, Bollaert PE, Charpentier C, Martin C, Troche G, Ricard JD, Nitenberg G, Papazian L, Azoulay E, Bellissant E. Norepinephrine plus dobutamine versus epinephrine alone for management of septic shock: a randomised trial. *Lancet.* 2007;370:676-684
 517. Russell JA, Walley KR, Singer J, Gordon AC, Hebert PC, Cooper DJ, Holmes CL, Mehta S, Granton JT, Storms MM, Cook DJ, Presneill JJ, Ayers D. Vasopressin versus norepinephrine infusion in patients with septic shock. *N Engl J Med.* 2008;358:877-887
 518. Staubach KH, Schroder J, Stuber F, Gehrke K, Traumann E, Zabel P. Effect of pentoxifylline in severe sepsis: results of a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Arch Surg.* 1998;133:94-100
 519. Mullner M, Urbanek B, Havel C, Losert H, Waechter F, Gamper G. Vasopressors for shock. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;CD003709
 520. Masutani S, Senzaki H, Ishido H, Taketazu M, Matsunaga T, Kobayashi T, Sasaki N, Asano H, Kyo S, Yokote Y. Vasopressin in the treatment of vasodilatory shock in children. *Pediatr Int.* 2005;47:132-136
 521. Jerath N, Frndova H, McCrindle BW, Gurofsky R, Humpl T. Clinical impact of vasopressin infusion on hemodynamics, liver and renal function in pediatric patients. *Intensive Care Med.* 2008;34:1274-1280
 522. Vasudevan A, Lodha R, Kabra SK. Vasopressin infusion in children with catecholamine-resistant septic shock. *Acta Paediatr.* 2005;94:380-383
 523. Nosovitch MA, Johnson JO, Tobias JD. Noninvasive intraoperative monitoring of carbon dioxide in children: endtidal versus transcutaneous techniques. *Paediatr Anaesth.* 2002;12:48-52
 524. Efrati O, Modan-Moses D, Vardi A, Matok I, Bazilay Z, Paret G. Intravenous arginine vasopressin in critically ill children: is it beneficial? *Shock.* 2004;22:213-217

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

525. Zeballos G, Lopez-Herce J, Fernandez C, Brandstrup KB, Rodriguez-Nunez A. Rescue therapy with terlipressin by continuous infusion in a child with catecholamine-resistant septic shock. *Resuscitation*. 2006;68:151-153
526. Michel F, Thomachot L, David M, Nicaise C, Vialet R, Di Marco JN, Lagier P, Martin C. Continuous low-dose infusion of terlipressin as a rescue therapy in meningococcal septic shock. *Am J Emerg Med*. 2007;25:863 e861-862
527. Matok I, Vard A, Efrati O, Rubinshtein M, Vishne T, Leibovitch L, Adam M, Barzilay Z, Paret G. Terlipressin as rescue therapy for intractable hypotension due to septic shock in children. *Shock*. 2005;23:305-310
528. Peters MJ, Booth RA, Petros AJ. Terlipressin bolus induces systemic vasoconstriction in septic shock. *Pediatr Crit Care Med*. 2004;5:112-115
529. Rodriguez-Nunez A, Fernandez-Sanmartin M, Martinon-Torres F, Gonzalez-Alonso N, Martinon-Sanchez JM. Terlipressin for catecholamine-resistant septic shock in children. *Intensive Care Med*. 2004;30:477-480
530. Rodriguez-Nunez A, Lopez-Herce J, Gil-Anton J, Hernandez A, Rey C. Rescue treatment with terlipressin in children with refractory septic shock: a clinical study. *Crit Care*. 2006;10:R20
531. Berg RA, Donnerstein RL, Padbury JF. Dobutamine infusions in stable, critically ill children: pharmacokinetics and hemodynamic actions. *Crit Care Med*. 1993;21:678-686
532. Booker PD, Evans C, Franks R. Comparison of the haemodynamic effects of dopamine and dobutamine in young children undergoing cardiac surgery. *Br J Anaesth*. 1995;74:419-423
533. Driscoll DJ, Gillette PC, McNamara DG. The use of dopamine in children. *J Pediatr*. 1978;92:309-314
534. Lang P, Williams RG, Norwood WI, Castaneda AR. The hemodynamic effects of dopamine in infants after corrective cardiac surgery. *J Pediatr*. 1980;96:630-634
535. Outwater KM, Treves ST, Lang P, Castaneda AR, Crone RK. Renal and hemodynamic effects of dopamine in infants following cardiac surgery. *J Clin Anesth*. 1990;2:253-257
536. Williams DB, Kiernan PD, Schaff HV, Marsh HM, Danielson GK. The hemodynamic response to dopamine and nitroprusside following right atrium-pulmonary artery bypass (Fontan procedure). *Ann Thorac Surg*. 1982;34:51-57
537. Bohn DJ, Poirier CS, Edmonds JF, Barker GA. Hemodynamic effects of dobutamine after cardiopulmonary bypass in children. *Crit Care Med*. 1980;8:367-371
538. Perkin RM, Levin DL, Webb R, Aquino A, Reedy J. Dobutamine: a hemodynamic evaluation in children with shock. *J Pediatr*. 1982;100:977-983
539. Hoffman TM, Wernovsky G, Atz AM, Kulik TJ, Nelson DP, Chang AC, Bailey JM, Akbary A, Kocsis JF, Kaczmarek R, Spray TL, Wessel DL. Efficacy and safety of milrinone in preventing low cardiac output syndrome in infants and children after corrective surgery for congenital heart disease. *Circulation*. 2003;107:996-1002
540. Chang AC, Atz AM, Wernovsky G, Burke RP, Wessel DL. Milrinone: systemic and pulmonary hemodynamic effects in neonates after cardiac surgery. *Crit Care Med*. 1995;23:1907-1914
541. Abdallah I, Shawky H. A randomised controlled trial comparing milrinone and epinephrine as inotropes in paediatric patients undergoing total correction of Tetralogy of Fallot. *Egyptian Journal of Anaesthesia*. 2003;19:323-329
542. Namachivayam P, Crossland DS, Butt WW, Shekerdemian LS. Early experience with Levosimendan in children with ventricular dysfunction. *Pediatr Crit Care Med*. 2006;7:445-448
543. Egan JR, Clarke AJ, Williams S, Cole AD, Ayer J, Jacobe S, Chard RB, Winlaw DS. Levosimendan for low cardiac output: a pediatric experience. *J Intensive Care Med*. 2006;21:183-187
544. De Backer D, Biston P, Devriendt J, Madl C, Chochrad D, Aldecoa C, Brasseur A, Defrance P, Gottignies P, Vincent JL. Comparison of dopamine and norepinephrine in the treatment of shock. *N Engl J Med*. 2010;362:779-789
545. den Brinker M, Hokken-Koelega AC, Hazelzet JA, de Jong FH, Hop WC, Joosten KF. One single dose of etomidate

- negatively influences adrenocortical performance for at least 24h in children with meningococcal sepsis. *Intensive Care Med.* 2008;34:163-168
546. Zuckerbraun NS, Pitetti RD, Herr SM, Roth KR, Gaines BA, King C. Use of etomidate as an induction agent for rapid sequence intubation in a pediatric emergency department. *Acad Emerg Med.* 2006;13:602-609
547. Sokolove PE, Price DD, Okada P. The safety of etomidate for emergency rapid sequence intubation of pediatric patients. *Pediatr Emerg Care.* 2000;16:18-21
548. Guldner G, Schultz J, Sexton P, Fortner C, Richmond M. Etomidate for rapid-sequence intubation in young children: hemodynamic effects and adverse events. *Acad Emerg Med.* 2003;10:134-139
549. Sprung CL, Annane D, Keh D, Moreno R, Singer M, Freivogel K, Weiss YG, Benbenishty J, Kalenka A, Forst H, Laterre PF, Reinhart K, Cuthbertson BH, Payen D, Briegel J. Hydrocortisone therapy for patients with septic shock. *N Engl J Med.* 2008;358:111-124
550. Tekwani KL, Watts HF, Rzechula KH, Sweis RT, Kulstad EB. A prospective observational study of the effect of etomidate on septic patient mortality and length of stay. *Acad Emerg Med.* 2009;16:11-14
551. Jabre P, Combes X, Lapostolle F, Dhaouadi M, Ricard-Hibon A, Vivien B, Bertrand L, Beltramini A, Gamand P, Albizzati S, Perdrizet D, Lebaill G, Chollet-Xemard C, Maxime V, Brun-Buisson C, Lefrant JY, Bollaert PE, Megarbane B, Ricard JD, Anguel N, Vicaut E, Adnet F. Etomidate versus ketamine for rapid sequence intubation in acutely ill patients: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2009;374:293-300
552. Annane D, Seville V, Charpentier C, Bollaert PE, Francois B, Korach JM, Capellier G, Cohen Y, Azoulay E, Troche G, Chaumet-Riffaud P, Bellissant E. Effect of treatment with low doses of hydrocortisone and fludrocortisone on mortality in patients with septic shock. *JAMA.* 2002;288:862-871
553. Bollaert PE, Charpentier C, Levy B, Debouverie M, Audibert G, Larcan A. Reversal of late septic shock with supraphysiologic doses of hydrocortisone. *Crit Care Med.* 1998;26:645-650
554. Briegel J, Forst H, Haller M, Schelling G, Kilger E, Kuprat G, Hemmer B, Hummel T, Lenhart A, Heyduck M, Stoll C, Peter K. Stress doses of hydrocortisone reverse hyperdynamic septic shock: a prospective, randomized, double-blind, single-center study. *Crit Care Med.* 1999;27:723-732
555. Oppert M, Reinicke A, Graf KJ, Barckow D, Frei U, Eckardt KU. Plasma cortisol levels before and during "low-dose" hydrocortisone therapy and their relationship to hemodynamic improvement in patients with septic shock. *Intensive Care Med.* 2000;26:1747-1755
556. Oppert M, Schindler R, Husung C, Offermann K, Graf KJ, Boenisch O, Barckow D, Frei U, Eckardt KU. Low-dose hydrocortisone improves shock reversal and reduces cytokine levels in early hyperdynamic septic shock. *Crit Care Med.* 2005;33:2457-2464
557. Bollaert PE, Bauer P, Audibert G, Lambert H, Larcan A. Effects of epinephrine on hemodynamics and oxygen metabolism in dopamine-resistant septic shock. *Chest.* 1990;98:949-953
558. Russell JA, Walley KR, Gordon AC, Cooper DJ, Hebert PC, Singer J, Holmes CL, Mehta S, Granton JT, Storms MM, Cook DJ, Presneill JJ. Interaction of vasopressin infusion, corticosteroid treatment, and mortality of septic shock. *Crit Care Med.* 2009;37:811-818
559. Yildiz O, Doganay M, Aygen B, Guven M, Kelestimur F, Tutuu A. Physiological-dose steroid therapy in sepsis [ISRCTN36253388]. *Crit Care.* 2002;6:251-259
560. Slusher T, Gbadero D, Howard C, Lewison L, Giroir B, Toro L, Levin D, Holt E, McCracken GH, Jr. Randomized, placebo-controlled, double blinded trial of dexamethasone in African children with sepsis. *Pediatr Infect Dis J.* 1996;15:579-583
561. Valoor HT, Singhi S, Jayashree M. Low-dose hydrocortisone in pediatric septic shock: an exploratory study in a

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- third world setting. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10:121-125
562. Markovitz BP, Goodman DM, Watson RS, Bertoch D, Zimmerman J. A retrospective cohort study of prognostic factors associated with outcome in pediatric severe sepsis: what is the role of steroids? *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6:270-274
563. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B, Peterson E, Tomlanovich M. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med.* 2001;345:1368-1377
564. Nguyen HB, Corbett SW, Steele R, Banta J, Clark RT, Hayes SR, Edwards J, Cho TW, Wittlake WA. Implementation of a bundle of quality indicators for the early management of severe sepsis and septic shock is associated with decreased mortality. *Crit Care Med.* 2007;35:1105-1112
565. Levy MM, Dellinger RP, Townsend SR, Linde-Zwirble WT, Marshall JC, Bion J, Schorr C, Artigas A, Ramsay G, Beale R, Parker MM, Gerlach H, Reinhart K, Silva E, Harvey M, Regan S, Angus DC. The Surviving Sepsis Campaign: results of an international guideline-based performance improvement program targeting severe sepsis. *Crit Care Med.* 2010;38:367-374
566. Doolan A, Langlois N, Semsarian C. Causes of sudden cardiac death in young Australians. *Med J Aust.* 2004;180:110-112
567. Katz LM, Wang Y, Ebmeyer U, Radovsky A, Safar P. Glucose plus insulin infusion improves cerebral outcome after asphyxial cardiac arrest. *Neuroreport.* 1998;9:3363-3367
568. Eckart RE, Scoville SL, Campbell CL, Shry EA, Stajduhar KC, Potter RN, Pearse LA, Virmani R. Sudden death in young adults: a 25-year review of autopsies in military recruits. *Ann Intern Med.* 2004;141:829-834
569. Powell RW, Gill EA, Jurkovich GJ, Ramenofsky ML. Resuscitative thoracotomy in children and adolescents. *Am Surg.* 1988;54:188-191
570. Rothenberg SS, Moore EE, Moore FA, Baxter BT, Moore JB, Cleveland HC. Emergency Department thoracotomy in children—a critical analysis. *J Trauma.* 1989;29:1322-1325
571. Graham EM, Forbus GA, Bradley SM, Shirali GS, Atz AM. Incidence and outcome of cardiopulmonary resuscitation in patients with shunted single ventricle: advantage of right ventricle to pulmonary artery shunt. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:e7-8
572. Ramamoorthy C, Tabbutt S, Kurth CD, Steven JM, Montenegro LM, Durning S, Wernovsky G, Gaynor JW, Spray TL, Nicolson SC. Effects of inspired hypoxic and hypercapnic gas mixtures on cerebral oxygen saturation in neonates with univentricular heart defects. *Anesthesiology.* 2002;96:283-288
573. Tabbutt S, Ramamoorthy C, Montenegro LM, Durning SM, Kurth CD, Steven JM, Godinez RI, Spray TL, Wernovsky G, Nicolson SC. Impact of inspired gas mixtures on preoperative infants with hypoplastic left heart syndrome during controlled ventilation. *Circulation.* 2001;104:1159-164
574. Charpie JR, Dekeon MK, Goldberg CS, Mosca RS, Bove EL, Kulik TJ. Postoperative hemodynamics after Norwood palliation for hypoplastic left heart syndrome. *Am J Cardiol.* 2001;87:198-202
575. Hoffman GM, Mussatto KA, Brosig CL, Ghanayem NS, Musa N, Fedderly RT, Jaquiss RD, Tweddell JS. Systemic venous oxygen saturation after the Norwood procedure and childhood neurodevelopmental outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:1094-1100
576. Johnson BA, Hoffman GM, Tweddell JS, Cava JR, Basir M, Mitchell ME, Scanlon MC, Mussatto KA, Ghanayem NS. Near-infrared spectroscopy in neonates before palliation of hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg.* 2009;87:571-577; discussion 577-579
577. Bradley SM, Sinsic JM, Atz AM. Hemodynamic effects of inspired carbon dioxide after the Norwood procedure. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:2088-2093; discussion 2093-2084

578. De Oliveira NC, Van Arsdell GS. Practical use of alpha blockade strategy in the management of hypoplastic left heart syndrome following stage one palliation with a Blalock-Taussig shunt. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2004;7:11-15
579. Hoffman GM, Tweddell JS, Ghanayem NS, Mussatto KA, Stuth EA, Jaquis RD, Berger S. Alteration of the critical arteriovenous oxygen saturation relationship by sustained afterload reduction after the Norwood procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127:738-745
580. Tweddell JS, Hoffman GM, Mussatto KA, Fedderly RT, Berger S, Jaquiss RD, Ghanayem NS, Frisbee SJ, Litwin SB. Improved survival of patients undergoing palliation of hypoplastic left heart syndrome: lessons learned from 115 consecutive patients. *Circulation.* 2002;106:182-89
581. Alsoufi B, Al-Radi OO, Nazer RI, Gruenwald C, Foreman C, Williams WG, Coles JG, Caldarone CA, Bohn DG, Van Arsdell GS. Survival outcomes after rescue extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in pediatric patients with refractory cardiac arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134:952-959 e952
582. Chan T, Thiagarajan RR, Frank D, Bratton SL. Survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in infants and children with heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136:984-992
583. Ravishankar C, Dominguez TE, Kreutzer J, Wernovsky G, Marino BS, Godinez R, Priestley MA, Gruber PJ, Gaynor WJ, Nicolson SC, Spray TL, Tabbutt S. Extracorporeal membrane oxygenation after stage I reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr Crit Care Med.* 2006;7:319-323
584. Raymond TT, Cunnyngham CB, Thompson MT, Thomas JA, Dalton HJ, Nadkarni VM. Outcomes among neonates, infants, and children after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory in-hospital pediatric cardiac arrest: a report from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Pediatr Crit Care Med.* 2010;11:362-371
585. Tajik M, Cardarelli MG. Extracorporeal membrane oxygenation after cardiac arrest in children: what do we know? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33:409-417
586. Booth KL, Roth SJ, Thiagarajan RR, Almodovar MC, del Nido PJ, Laussen PC. Extracorporeal membrane oxygenation support of the Fontan and bidirectional Glenn circulations. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:1341-1348
587. Tewari P, Babu SG. Resuscitation after modified Fontan procedure. *Ann Thorac Surg.* 1994;58:880-882
588. Hoskote A, Li J, Hickey C, Erickson S, Van Arsdell G, Stephens D, Holtby H, Bohn D, Adatia I. The effects of carbon dioxide on oxygenation and systemic, cerebral, and pulmonary vascular hemodynamics after the bidirectional superior cavopulmonary anastomosis. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44:1501-1509
589. Li J, Hoskote A, Hickey C, Stephens D, Bohn D, Holtby H, Van Arsdell G, Redington AN, Adatia I. Effect of carbon dioxide on systemic oxygenation, oxygen consumption, and blood lactate levels after bidirectional superior cavopulmonary anastomosis. *Crit Care Med.* 2005;33:984-989
590. Fogel MA, Durning S, Wernovsky G, Pollock AN, Gaynor JW, Nicolson S. Brain versus lung: hierarchy of feedback loops in single-ventricle patients with superior cavopulmonary connection. *Circulation.* 2004;110:1147-152
591. Bradley SM, Simsic JM, Mulvihill DM. Hypoventilation improves oxygenation after bidirectional superior cavopulmonary connection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:1033-1039
592. Bradley SM, Simsic JM, Mulvihill DM. Hyperventilation impairs oxygenation after bidirectional superior cavopulmonary connection. *Circulation.* 1998;98:11372-376; discussion 11376-377
593. Mott AR, Alomrani A, Tortoriello TA, Perles Z, East DL, Stayer SA. Changes in cerebral saturation profile in response to mechanical ventilation alterations in infants with bidirectional superior cavopulmonary connection. *Pediatr Crit Care Med.* 2006;7:346-350
594. Shekerdeman LS, Shore DF, Lincoln C, Bush A, Redington AN. Negative-pressure ventilation improves cardiac

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- output after right heart surgery. *Circulation*. 1996;94:II49-55
595. Shekerdeman LS, Bush A, Shore DF, Lincoln C, Redington AN. Cardiopulmonary interactions after Fontan operations: augmentation of cardiac output using negative pressure ventilation. *Circulation*. 1997;96:3934-3942
596. Meliones JN, Bove EL, Dekeon MK, Custer JR, Moler FW, Callow LR, Wilton NC, Rosen DB. High-frequency jet ventilation improves cardiac function after the Fontan procedure. *Circulation*. 1991;84:III364-368
597. Kornecki A, Shekerdeman LS, Adatia I, Bohn D. High-frequency oscillation in children after Fontan operation. *Pediatr Crit Care Med*. 2002;3:144-147
598. Burrows FA. Physiologic dead space, venous admixture, and the arterial to end-tidal carbon dioxide difference in infants and children undergoing cardiac surgery. *Anesthesiology*. 1989;70:219-225
599. Matthews IL, Bjornstad PG, Kaldestad RH, Heiberg L, Thaulow E, Gronn M. The impact of shunt size on lung function in infants with univentricular heart physiology. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10:60-65
600. Tugrul M, Camci E, Sungur Z, Pembeci K. The value of end-tidal carbon dioxide monitoring during systemic-to-pulmonary artery shunt insertion in cyanotic children. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2004;18:152-155
601. Chuang ML, Chang HC, Lim KE, Vintch JR. Gas exchange detection of right-to-left shunt in dyspneic patients: report of three cases. *Int J Cardiol*. 2006;108:117-119
602. Polderman FN, Cohen J, Blom NA, Delhaas T, Helbing WA, Lam J, Sobotka-Plojhar MA, Temmerman AM, Sreeram N. Sudden unexpected death in children with a previously diagnosed cardiovascular disorder. *Int J Cardiol*. 2004;95:171-176
603. Sanatani S, Wilson G, Smith CR, Hamilton RM, Williams WG, Adatia I. Sudden unexpected death in children with heart disease. *Congenit Heart Dis*. 2006;1:89-97
604. Hoepfer MM, Galie N, Murali S, Olschewski H, Rubenfire M, Robbins IM, Farber HW, McLaughlin V, Shapiro S, Pepke-Zaba J, Winkler J, Ewert R, Opitz C, Westerkamp V, Vachiery JL, Torbicki A, Behr J, Barst RJ. Outcome after cardiopulmonary resuscitation in patients with pulmonary arterial hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;165:341-344
605. Khan TA, Schnickel G, Ross D, Bastani S, Laks H, Esmailian F, Marelli D, Beygui R, Shemin R, Watson L, Vartapetian I, Ardehali A. A prospective, randomized, crossover pilot study of inhaled nitric oxide versus inhaled prostacyclin in heart transplant and lung transplant recipients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;138:1417-1424
606. Rimensberger PC, Spahr-Schopfer I, Berner M, Jaeggi E, Kalangos A, Friedli B, Beghetti M. Inhaled nitric oxide versus aerosolized iloprost in secondary pulmonary hypertension in children with congenital heart disease: vasodilator capacity and cellular mechanisms. *Circulation*. 2001;103:544-548
607. Limsuwan A, Wanitkul S, Khosithset A, Attanavanich S, Samankiatwat P. Aerosolized iloprost for postoperative pulmonary hypertensive crisis in children with congenital heart disease. *Int J Cardiol*. 2008;129:333-338
608. Morris K, Beghetti M, Petros A, Adatia I, Bohn D. Comparison of hyperventilation and inhaled nitric oxide for pulmonary hypertension after repair of congenital heart disease. *Crit Care Med*. 2000;28:2974-2978
609. Strueber M, Hoepfer MM, Fischer S, Cypel M, Warnecke G, Gottlieb J, Pierre A, Welte T, Haverich A, Simon AR, Keshavjee S. Bridge to thoracic organ transplantation in patients with pulmonary arterial hypertension using a pumpless lung assist device. *Am J Transplant*. 2009;9:853-857
610. Liu KS, Tsai FC, Huang YK, Wu MY, Chang YS, Chu JJ, Lin PJ. Extracorporeal life support: a simple and effective weapon for postcardiotomy right ventricular failure. *Artif Organs*. 2009;33:504-508
611. Dhillon R, Pearson GA, Firmin RK, Chan KC, Leanage R. Extracorporeal membrane oxygenation and the treatment of critical pulmonary hypertension in congenital heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1995;9:553-556
612. Arpesella G, Loforte A, Mikus E, Mikus PM. Extracorporeal membrane oxygenation for primary allograft failure.

- Transplant Proc.* 2008;40:3596-3597
613. Morris MC, Wernovsky G, Nadkarni VM. Survival outcomes after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation instituted during active chest compressions following refractory in-hospital pediatric cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med.* 2004;5:440-446
 614. Huang SC, Wu ET, Chen YS, Chang CI, Chiu IS, Wang SS, Lin FY, Ko WJ. Extracorporeal membrane oxygenation rescue for cardiopulmonary resuscitation in pediatric patients. *Crit Care Med.* 2008;36:1607-1613
 615. Allan CK, Thiagarajan RR, Armsby LR, del Nido PJ, Laussen PC. Emergent use of extracorporeal membrane oxygenation during pediatric cardiac catheterization. *Pediatr Crit Care Med.* 2006;7:212-219
 616. del Nido PJ, Dalton HJ, Thompson AE, Siewers RD. Extracorporeal membrane oxygenator rescue in children during cardiac arrest after cardiac surgery. *Circulation.* 1992;86:II300-304
 617. Duncan BW, Ibrahim AE, Hraska V, del Nido PJ, Laussen PC, Wessel DL, Mayer JE, Jr., Bower LK, Jonas RA. Use of rapid-deployment extracorporeal membrane oxygenation for the resuscitation of pediatric patients with heart disease after cardiac arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:305-311
 618. Hoskote A, Bohn D, Gruenwald C, Edgell D, Cai S, Adatia I, Van Arsdell G. Extracorporeal life support after staged palliation of a functional single ventricle: subsequent morbidity and survival. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:1114-1121
 619. Ibrahim AE, Duncan BW, Blume ED, Jonas RA. Long-term follow-up of pediatric cardiac patients requiring mechanical circulatory support. *Ann Thorac Surg.* 2000;69:186-192
 620. Proadhan P, Fiser RT, Dyamenahalli U, Gossett J, Imamura M, Jaquiss RD, Bhutta AT. Outcomes after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) following refractory pediatric cardiac arrest in the intensive care unit. *Resuscitation.* 2009;80:1124-1129
 621. Thiagarajan RR, Laussen PC, Rycus PT, Bartlett RH, Bratton SL. Extracorporeal membrane oxygenation to aid cardiopulmonary resuscitation in infants and children. *Circulation.* 2007;116:1693-1700
 622. Lequier L, Joffe AR, Robertson CM, Dinu IA, Wongswadiwat Y, Anton NR, Ross DB, Rebeyka IM. Two-year survival, mental, and motor outcomes after cardiac extracorporeal life support at less than five years of age. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136:976-983 e973
 623. Mahle WT, Forbess JM, Kirshbom PM, Cuadrado AR, Simsic JM, Kanter KR. Cost-utility analysis of salvage cardiac extracorporeal membrane oxygenation in children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129:1084-1090
 624. Aharon AS, Drinkwater DC, Jr., Churchwell KB, Quisling SV, Reddy VS, Taylor M, Hix S, Christian KG, Pietsch JB, Deshpande JK, Kambam J, Graham TP, Chang PA. Extracorporeal membrane oxygenation in children after repair of congenital cardiac lesions. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:2095-2101; discussion 2101-2092
 625. Barrett CS, Bratton SL, Salvin JW, Laussen PC, Rycus PT, Thiagarajan RR. Neurological injury after extracorporeal membrane oxygenation use to aid pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10:445-451
 626. Baslaim G, Bashore J, Al-Malki F, Jamjoom A. Can the outcome of pediatric extracorporeal membrane oxygenation after cardiac surgery be predicted? *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;12:21-27
 627. Ghez O, Feier H, Ughetto F, Fraisse A, Kreitmann B, Metras D. Postoperative extracorporeal life support in pediatric cardiac surgery: recent results. *ASAIO J.* 2005;51:513-516
 628. Cochran JB, Tecklenburg FW, Lau YR, Habib DM. Emergency cardiopulmonary bypass for cardiac arrest refractory to pediatric advanced life support. *Pediatr Emerg Care.* 1999;15:30-32
 629. Dalton HJ, Siewers RD, Fuhrman BP, Del Nido P, Thompson AE, Shaver MG, Dowhy M. Extracorporeal membrane oxygenation for cardiac rescue in children with severe myocardial dysfunction. *Crit Care Med.* 1993;21:1020-1028
 630. del Nido PJ. Extracorporeal membrane oxygenation for cardiac support in children. *Ann Thorac Surg.*

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- 1996;61:336-339; discussion 340-331
631. Ghez O, Fouilloux V, Charpentier A, Fesquet P, Lion F, Lebrun L, Commandeur M, Fraisse A, Metras D, Kreitmann B. Absence of rapid deployment extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) team does not preclude resuscitation ecmo in pediatric cardiac patients with good results. *ASAIO J.* 2007;53:692-695
632. Jagers JJ, Forbess JM, Shah AS, Meliones JN, Kirshbom PM, Miller CE, Ungerleider RM. Extracorporeal membrane oxygenation for infant postcardiotomy support: significance of shunt management. *Ann Thorac Surg.* 2000;69:1476-1483
633. Kelly RB, Porter PA, Meier AH, Myers JL, Thomas NJ. Duration of cardiopulmonary resuscitation before extracorporeal rescue: how long is not long enough? *ASAIO J.* 2005;51:665-667
634. Parra DA, Totapally BR, Zahn E, Jacobs J, Aldousany A, Burke RP, Chang AC. Outcome of cardiopulmonary resuscitation in a pediatric cardiac intensive care unit. *Crit Care Med.* 2000;28:3296-3300
635. Shah SA, Shankar V, Churchwell KB, Taylor MB, Scott BP, Bartilson R, Byrne DW, Christian KG, Drinkwater DC. Clinical outcomes of 84 children with congenital heart disease managed with extracorporeal membrane oxygenation after cardiac surgery. *ASAIO J.* 2005;51:504-507
636. Thourani VH, Kirshbom PM, Kanter KR, Sinsic J, Kogon BE, Wagoner S, Dykes F, Fortenberry J, Forbess JM. Venoaerterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) in pediatric cardiac support. *Ann Thorac Surg.* 2006;82:138-144; discussion 144-135
637. Yamasaki Y, Hayashi T, Nakatani T, Yotsuida H, Nishigaki T, Takahashi Y, Inamori S, Kagisaki K, Hagino H, Ishizaka T, Yagihara T. Early experience with low-prime (99 ml) extracorporeal membrane oxygenation support in children. *ASAIO J.* 2006;52:110-114
638. Scaife ER, Connors RC, Morris SE, Nichol PF, Black RE, Matlak ME, Hansen K, Bolte RG. An established extracorporeal membrane oxygenation protocol promotes survival in extreme hypothermia. *J Pediatr Surg.* 2007;42:2012-2016
639. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, Radanov BP, Schroth G, Schaeffler L, Fischer AP, von Segesser L, Althaus U. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. *N Engl J Med.* 1997;337:1500-1505
640. Wollenek G, Honarwar N, Golej J, Marx M. Cold water submersion and cardiac arrest in treatment of severe hypothermia with cardiopulmonary bypass. *Resuscitation.* 2002;52:255-263
641. Hildebrand CA, Hartmann AG, Arcinue EL, Gomez RJ, Bing RJ. Cardiac performance in pediatric near-drowning. *Crit Care Med.* 1988;16:331-335
642. Checchia PA, Sehra R, Moynihan J, Daher N, Tang W, Weil MH. Myocardial injury in children following resuscitation after cardiac arrest. *Resuscitation.* 2003;57:131-137
643. Laurent I, Monchi M, Chiche JD, Joly LM, Spaulding C, Bourgeois B, Cariou A, Rozenberg A, Carli P, Weber S, Dhainaut JF. Reversible myocardial dysfunction in survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol.* 2002;40:2110-2116
644. Mayr V, Luckner G, Jochberger S, Wenzel V, Ulmer H, Pajk W, Knotzer H, Friesenecker B, Lindner K, Hasibeder W, Dunser M. Arginine vasopressin in advanced cardiovascular failure during the post-resuscitation phase after cardiac arrest. *Resuscitation.* 2007;72:35-44
645. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Rhee KH, Sanders AB, Otto CW, Ewy GA. Postresuscitation left ventricular systolic and diastolic dysfunction. Treatment with dobutamine. *Circulation.* 1997;95:2610-2613
646. Meyer RJ, Kern KB, Berg RA, Hilwig RW, Ewy GA. Post-resuscitation right ventricular dysfunction: delineation and treatment with dobutamine. *Resuscitation.* 2002;55:187-191

647. Huang L, Weil MH, Sun S, Cammarata G, Cao L, Tang W. Levosimendan improves postresuscitation outcomes in a rat model of CPR. *J Lab Clin Med.* 2005;146:256-261
648. Huang L, Weil MH, Tang W, Sun S, Wang J. Comparison between dobutamine and levosimendan for management of postresuscitation myocardial dysfunction. *Crit Care Med.* 2005;33:487-491
649. Studer W, Wu X, Siegemund M, Marsch S, Seeberger M, Filipovic M. Influence of dobutamine on the variables of systemic haemodynamics, metabolism, and intestinal perfusion after cardiopulmonary resuscitation in the rat. *Resuscitation.* 2005;64:227-232
650. Vasquez A, Kern KB, Hilwig RW, Heidenreich J, Berg RA, Ewy GA. Optimal dosing of dobutamine for treating post-resuscitation left ventricular dysfunction. *Resuscitation.* 2004;61:199-207
651. Alvarez J, Bouzada M, Fernandez AL, Caruezo V, Taboada M, Rodriguez J, Ginesta V, Rubio J, Garcia-Bengochea JB, Gonzalez-Juanatey JR. [Hemodynamic effects of levosimendan compared with dobutamine in patients with low cardiac output after cardiac surgery]. *Rev Esp Cardiol.* 2006;59:338-345
652. Jorgensen K, Bech-Hanssen O, Houltz E, Ricksten SE. Effects of levosimendan on left ventricular relaxation and early filling at maintained preload and afterload conditions after aortic valve replacement for aortic stenosis. *Circulation.* 2008;117:1075-1081
653. Lobato EB, Willert JL, Looke TD, Thomas J, Urdaneta F. Effects of milrinone versus epinephrine on left ventricular relaxation after cardiopulmonary bypass following myocardial revascularization: assessment by color m-mode and tissue Doppler. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2005;19:334-339
654. Nijhawan N, Nicolosi AC, Montgomery MW, Aggarwal A, Pagel PS, Warltier DC. Levosimendan enhances cardiac performance after cardiopulmonary bypass: a prospective, randomized placebo-controlled trial. *J Cardiovasc Pharmacol.* 1999;34:219-228
655. 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
656. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med.* 2002;346:549-556
657. Gluckman PD, Wyatt JS, Azzopardi D, Ballard R, Edwards AD, Ferriero DM, Polin RA, Robertson CM, Thoresen M, Whitelaw A, Gunn AJ. Selective head cooling with mild systemic hypothermia after neonatal encephalopathy: multicentre randomised trial. *Lancet.* 2005;365:663-670
658. Shankaran S, Laptook AR, Ehrenkranz RA, Tyson JE, McDonald SA, Donovan EF, Fanaroff AA, Poole WK, Wright LL, Higgins RD, Finan NN, Carlo WA, Duara S, Oh W, Cotten CM, Stevenson DK, Stoll BJ, Lemons JA, Guillet R, Jobe AH. Whole-body hypothermia for neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy. *N Engl J Med.* 2005;353:1574-1584
659. Doherty DR, Parshuram CS, Gaboury I, Hoskote A, Lacroix J, Tucci M, Joffe A, Choong K, Farrell R, Bohn DJ, Hutchison JS. Hypothermia therapy after pediatric cardiac arrest. *Circulation.* 2009;119:1492-1500
660. Losert H, Sterz F, Roine RO, Holzer M, Martens P, Cerchiari E, Tiainen M, Mullner M, Laggner AN, Herkner H, Bischof MG. Strict normoglycaemic blood glucose levels in the therapeutic management of patients within 12h after cardiac arrest might not be necessary. *Resuscitation.* 2008;76:214-220
661. Oksanen T, Skrifvars MB, Varpula T, Kuitunen A, Pettila V, Nurmi J, Castren M. Strict versus moderate glucose control after resuscitation from ventricular fibrillation. *Intensive Care Med.* 2007;33:2093-2100
662. van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, Verwaest C, Bruyninckx F, Schetz M, Vlasselaers D, Ferdinande P, Lauwers P, Bouillon R. Intensive insulin therapy in the critically ill patients. *N Engl J Med.* 2001;345:1359-1367
663. Gandhi GY, Murad MH, Flynn DN, Erwin PJ, Cavalcante AB, Bay Nielsen H, Capes SE, Thorlund K, Montori VM,

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

- Devereaux PJ. Effect of perioperative insulin infusion on surgical morbidity and mortality: systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Mayo Clin Proc.* 2008;83:418-430
664. Griesdale DE, de Souza RJ, van Dam RM, Heyland DK, Cook DJ, Malhotra A, Dhaliwal R, Henderson WR, Chittock DR, Finfer S, Talmor D. Intensive insulin therapy and mortality among critically ill patients: a meta-analysis including NICE-SUGAR study data. *CMAJ.* 2009;180:821-827
665. Wiener RS, Wiener DC, Larson RJ. Benefits and risks of tight glucose control in critically ill adults: a meta-analysis. *JAMA.* 2008;300:933-944
666. Van den Berghe G, Wilmer A, Hermans G, Meersseman W, Wouters PJ, Milants I, Van Wijngaerden E, Bobbaers H, Bouillon R. Intensive insulin therapy in the medical ICU. *N Engl J Med.* 2006;354:449-461
667. Gandhi GY, Nuttall GA, Abel MD, Mullany CJ, Schaff HV, O'Brien PC, Johnson MG, Williams AR, Cutshall SM, Mundy LM, Rizza RA, McMahon MM. Intensive intraoperative insulin therapy versus conventional glucose management during cardiac surgery: a randomized trial. *Ann Intern Med.* 2007;146:233-243
668. Finfer S, Chittock DR, Su SY, Blair D, Foster D, Dhingra V, Bellomo R, Cook D, Dodek P, Henderson WR, Hebert PC, Heritier S, Heyland DK, McArthur C, McDonald E, Mitchell I, Myburgh JA, Norton R, Potter J, Robinson BG, Ronco JJ. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients. *N Engl J Med.* 2009;360:1283-1297
669. Treggiari MM, Karir V, Yanez ND, Weiss NS, Daniel S, Deem SA. Intensive insulin therapy and mortality in critically ill patients. *Crit Care.* 2008;12:R29
670. Vlasselaers D, Milants I, Desmet L, Wouters PJ, Vanhorebeek I, van den Heuvel I, Mesotten D, Casaer MP, Meyfroidt G, Ingels C, Muller J, Van Cromphaut S, Schetz M, Van den Berghe G. Intensive insulin therapy for patients in paediatric intensive care: a prospective, randomised controlled study. *Lancet.* 2009;373:547-556
671. Beardsall K, Vanhaesebrouck S, Ogilvy-Stuart AL, Vanhole C, Palmer CR, van Weissenbruch M, Midgley P, Thompson M, Thio M, Cornette L, Ossueta I, Iglesias I, Theyskens C, de Jong M, Ahluwalia JS, de Zegher F, Dunger DB. Early insulin therapy in very-low-birth-weight infants. *N Engl J Med.* 2008;359:1873-1884
672. Vannucci RC, Vannucci SJ. Hypoglycemic brain injury. *Semin Neonatol.* 2001;6:147-155
673. Krinsley JS, Grover A. Severe hypoglycemia in critically ill patients: risk factors and outcomes. *Crit Care Med.* 2007;35:2262-2267
674. Duning T, Ellger B. Is hypoglycaemia dangerous? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2009;23:473-485
675. Park WS, Chang YS, Lee M. Effects of hyperglycemia or hypoglycemia on brain cell membrane function and energy metabolism during the immediate reoxygenation-reperfusion period after acute transient global hypoxia-ischemia in the newborn piglet. *Brain Res.* 2001;901:102-108
676. Siesjo BK. Cell damage in the brain: a speculative synthesis. *J Cereb Blood Flow Metab.* 1981;1:155-185
677. Sieber FE, Traystman RJ. Special issues: glucose and the brain. *Crit Care Med.* 1992;20:104-114
678. Zaritsky A, Nadkarni V, Getson P, Kuehl K. CPR in children. *Ann Emerg Med.* 1987;16:1107-1111
679. Gillis J, Dickson D, Rieder M, Steward D, Edmonds J. Results of inpatient pediatric resuscitation. *Crit Care Med.* 1986;14:469-471
680. Suominen P, Olkkola KT, Voipio V, Korpela R, Palo R, Rasanen J. Utstein style reporting of in-hospital paediatric cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2000;45:17-25
681. Nadkarni VM, Larkin GL, Peberdy MA, Carey SM, Kaye W, Mancini ME, Nichol G, Lane-Truitt T, Potts J, Ornato JP, Berg RA. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA.* 2006;295:50-57
682. Tibballs J, Kinney S. A prospective study of outcome of in-patient paediatric cardiopulmonary arrest. *Resuscitation.* 2006;71:310-318

683. Slonim AD, Patel KM, Ruttimann UE, Pollack MM. Cardiopulmonary resuscitation in pediatric intensive care units. *Crit Care Med.* 1997;25:1951-1955
684. Rodriguez-Nunez A, Lopez-Herce J, Garcia C, Carrillo A, Dominguez P, Calvo C, Delgado MA. Effectiveness and long-term outcome of cardiopulmonary resuscitation in paediatric intensive care units in Spain. *Resuscitation.* 2006;71:301-309
685. Suominen P, Baillie C, Korpela R, Rautanen S, Ranta S, Olkkola KT. Impact of age, submersion time and water temperature on outcome in near-drowning. *Resuscitation.* 2002;52:247-254
686. Innes PA, Summers CA, Boyd IM, Molyneux EM. Audit of paediatric cardiopulmonary resuscitation. *Arch Dis Child.* 1993;68:487-491
687. Young KD, Gausche-Hill M, McClung CD, Lewis RJ. A prospective, population-based study of the epidemiology and outcome of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest. *Pediatrics.* 2004;114:157-164
688. Perron AD, Sing RF, Branas CC, Huynh T. Predicting survival in pediatric trauma patients receiving cardiopulmonary resuscitation in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care.* 2001;5:6-9
689. Donoghue AJ, Nadkarni V, Berg RA, Osmond MH, Wells G, Nesbitt L, Stiell IG. Out-of-hospital pediatric cardiac arrest: an epidemiologic review and assessment of current knowledge. *Ann Emerg Med.* 2005;46:512-522
690. Crewdson K, Lockey D, Davies G. Outcome from paediatric cardiac arrest associated with trauma. *Resuscitation.* 2007;75:29-34
691. Suominen P, Rasanen J, Kivioja A. Efficacy of cardiopulmonary resuscitation in pulseless paediatric trauma patients. *Resuscitation.* 1998;36:9-13
692. Quan L, Kinder D. Pediatric submersions: prehospital predictors of outcome. *Pediatrics.* 1992;90:909-913
693. Waugh JH, O'Callaghan MJ, Pitt WR. Prognostic factors and long-term outcomes for children who have nearly drowned. *Med J Aust.* 1994;161:594-595, 598-599
694. Hazinski MF, Chahine AA, Holcomb GW, 3rd, Morris JA, Jr. Outcome of cardiovascular collapse in pediatric blunt trauma. *Ann Emerg Med.* 1994;23:1229-1235
695. Fisher B, Worthen M. Cardiac arrest induced by blunt trauma in children. *Pediatr Emerg Care.* 1999;15:274-276
696. Lin YR, Wu HP, Huang CY, Chang YJ, Lin CY, Chou CC. Significant factors in predicting sustained ROSC in paediatric patients with traumatic out-of-hospital cardiac arrest admitted to the emergency department. *Resuscitation.* 2007;74:83-89
697. Eich C, Brauer A, Timmermann A, Schwarz SK, Russo SG, Neubert K, Graf BM, Aleksic I. Outcome of 12 drowned children with attempted resuscitation on cardiopulmonary bypass: an analysis of variables based on the "Utstein Style for Drowning". *Resuscitation.* 2007;75:42-52
698. Li G, Tang N, DiScala C, Meisel Z, Levick N, Kelen GD. Cardiopulmonary resuscitation in pediatric trauma patients: survival and functional outcome. *J Trauma.* 1999;47:1-7
699. Dudley NC, Hansen KW, Furnival RA, Donaldson AE, Van Wagenen KL, Scaife ER. The effect of family presence on the efficiency of pediatric trauma resuscitations. *Ann Emerg Med.* 2009;53:777-784 e773
700. Tinsley C, Hill JB, Shah J, Zimmerman G, Wilson M, Freier K, Abd-Allah S. Experience of families during cardiopulmonary resuscitation in a pediatric intensive care unit. *Pediatrics.* 2008;122:e799-804
701. Mangurten J, Scott SH, Guzzetta CE, Clark AP, Vinson L, Sperry J, Hicks B, Voelmeck W. Effects of family presence during resuscitation and invasive procedures in a pediatric emergency department. *J Emerg Nurs.* 2006;32:225-233
702. McGahey-Oakland PR, Lieder HS, Young A, Jefferson LS. Family experiences during resuscitation at a children's hospital emergency department. *J Pediatr Health Care.* 2007;21:217-225

第3章 小児の蘇生 (PBLs, PALS)

703. Jones M, Qazi M, Young KD. Ethnic differences in parent preference to be present for painful medical procedures. *Pediatrics*. 2005;116:e191-197
704. Boie ET, Moore GP, Brummett C, Nelson DR. Do parents want to be present during invasive procedures performed on their children in the emergency department? A survey of 400 parents. *Ann Emerg Med*. 1999;34:70-74
705. Andrews R. Family presence during a failed major trauma resuscitation attempt of a 15-year-old boy: lessons learned. *J Emerg Nurs*. 2004;30:556-558
706. Dill K, Gance-Cleveland B. With you until the end: family presence during failed resuscitation. *J Spec Pediatr Nurs*. 2005;10:204-207
707. Gold KJ, Gorenflo DW, Schwenk TL, Bratton SL. Physician experience with family presence during cardiopulmonary resuscitation in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2006;7:428-433
708. Duran CR, Oman KS, Abel JJ, Koziel VM, Szymanski D. Attitudes toward and beliefs about family presence: a survey of healthcare providers, patients' families, and patients. *Am J Crit Care*. 2007;16:270-279; quiz 280; discussion 281-272
709. Doyle CJ, Post H, Burney RE, Maino J, Keefe M, Rhee KJ. Family participation during resuscitation: an option. *Ann Emerg Med*. 1987;16:673-675
710. Hanson C, Strawser D. Family presence during cardiopulmonary resuscitation: Foote Hospital emergency department's nine-year perspective. *J Emerg Nurs*. 1992;18:104-106
711. Meyers TA, Eichhorn DJ, Guzzetta CE. Do families want to be present during CPR? A retrospective survey. *J Emerg Nurs*. 1998;24:400-405
712. Meyers TA, Eichhorn DJ, Guzzetta CE, Clark AP, Klein JD, Taliaferro E, Calvin A. Family presence during invasive procedures and resuscitation. *Am J Nurs*. 2000;100:32-42; quiz 43
713. Holzhauser K, Finucane J, De Vries S. Family Presence During Resuscitation: A Randomised Controlled Trial Of The Impact Of Family Presence. *Australasian Emergency Nursing Journal*. 2005;8:139-147
714. Robinson SM, Mackenzie-Ross S, Campbell Hewson GL, Egleston CV, Prevost AT. Psychological effect of witnessed resuscitation on bereaved relatives. *Lancet*. 1998;352:614-617
715. van der Woning M. Relatives in the resuscitation area: a phenomenological study. *Nursing in Critical Care*. 1999;4:186-192
716. O'Connell KJ, Farah MM, Spandorfer P, Zorc JJ. Family presence during pediatric trauma team activation: an assessment of a structured program. *Pediatrics*. 2007;120:e565-574
717. Engel KG, Barnosky AR, Berry-Bovia M, Desmond JS, Ubel PA. Provider experience and attitudes toward family presence during resuscitation procedures. *J Palliat Med*. 2007;10:1007-1009
718. Boyd R, White S. Does witnessed cardiopulmonary resuscitation alter perceived stress in accident and emergency staff? *Eur J Emerg Med*. 2000;7:51-53
719. Compton S, Madgy A, Goldstein M, Sandhu J, Dunne R, Swor R. Emergency medical service providers' experience with family presence during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2006;70:223-228
720. Ong ME, Stiell I, Osmond MH, Nesbitt L, Gerein R, Campbell S, McLellan B. Etiology of pediatric out-of-hospital cardiac arrest by coroner's diagnosis. *Resuscitation*. 2006;68:335-342
721. Puranik R, Chow CK, Duflo JA, Kilborn MJ, McGuire MA. Sudden death in the young. *Heart Rhythm*. 2005;2:1277-1282
722. Ackerman MJ, Siu BL, Sturner WQ, Tester DJ, Valdivia CR, Makielski JC, Towbin JA. Postmortem molecular analysis of SCN5A defects in sudden infant death syndrome. *JAMA*. 2001;286:2264-2269
723. Arnestad M, Crotti L, Rognum TO, Insolia R, Pedrazzini M, Ferrandi C, Vege A, Wang DW, Rhodes TE, George AL,

- Jr., Schwartz PJ. Prevalence of long-QT syndrome gene variants in sudden infant death syndrome. *Circulation*. 2007;115:361-367
724. Cronk LB, Ye B, Kaku T, Tester DJ, Vatta M, Makielski JC, Ackerman MJ. Novel mechanism for sudden infant death syndrome: persistent late sodium current secondary to mutations in caveolin-3. *Heart Rhythm*. 2007;4:161-166
725. Millat G, Kugener B, Chevalier P, Chahine M, Huang H, Malicier D, Rodriguez-Lafrasse C, Rousson R. Contribution of long-QT syndrome genetic variants in sudden infant death syndrome. *Pediatr Cardiol*. 2009;30:502-509
726. Otagiri T, Kijima K, Osawa M, Ishii K, Makita N, Matoba R, Umetsu K, Hayasaka K. Cardiac ion channel gene mutations in sudden infant death syndrome. *Pediatr Res*. 2008;64:482-487
727. Plant LD, Bowers PN, Liu Q, Morgan T, Zhang T, State MW, Chen W, Kittles RA, Goldstein SA. A common cardiac sodium channel variant associated with sudden infant death in African Americans, SCN5A S1103Y. *J Clin Invest*. 2006;116:430-435
728. Tester DJ, Dura M, Carturan E, Reiken S, Wronska A, Marks AR, Ackerman MJ. A mechanism for sudden infant death syndrome (SIDS): stress-induced leak via ryanodine receptors. *Heart Rhythm*. 2007;4:733-739
729. Albert CM, Nam EG, Rimm EB, Jin HW, Hajjar RJ, Hunter DJ, MacRae CA, Ellinor PT. Cardiac sodium channel gene variants and sudden cardiac death in women. *Circulation*. 2008;117:16-23
730. Chugh SS, Senashova O, Watts A, Tran PT, Zhou Z, Gong Q, Titus JL, Hayflick SJ. Postmortem molecular screening in unexplained sudden death. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:1625-1629
731. Tester DJ, Spoon DB, Valdivia HH, Makielski JC, Ackerman MJ. Targeted mutational analysis of the RyR2-encoded cardiac ryanodine receptor in sudden unexplained death: a molecular autopsy of 49 medical examiner/coroner's cases. *Mayo Clin Proc*. 2004;79:1380-1384
732. Behr E, Wood DA, Wright M, Syrris P, Sheppard MN, Casey A, Davies MJ, McKenna W. Cardiological assessment of first-degree relatives in sudden arrhythmic death syndrome. *Lancet*. 2003;362:1457-1459
733. Behr ER, Dalageorgou C, Christiansen M, Syrris P, Hughes S, Tome Esteban MT, Rowland E, Jeffery S, McKenna WJ. Sudden arrhythmic death syndrome: familial evaluation identifies inheritable heart disease in the majority of families. *Eur Heart J*. 2008;29:1670-1680
734. Hofman N, Tan HL, Clur SA, Alders M, van Langen IM, Wilde AA. Contribution of inherited heart disease to sudden cardiac death in childhood. *Pediatrics*. 2007;120:e967-973
735. Tan HL, Hofman N, van Langen IM, van der Wal AC, Wilde AA. Sudden unexplained death: heritability and diagnostic yield of cardiological and genetic examination in surviving relatives. *Circulation*. 2005;112:207-213