

## 第3章 小児の蘇生（PBLIS、PALS）

### ■ 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（MET: medical emergency team / CCRT: critical care response team）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）にとらえ、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

小児救急患者の初期評価のさいには、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の評価に基づく迅速な初期評価を行えば、これをもと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、頻拍または徐拍、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（medical emergency teams：MET, critical care response teams：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 3）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 3）。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 3）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 3）。
- 1件の臨床研究（LOE 3）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 3）において、心肺停止の頻度と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、前提としての小児集中治療室の整備が必要となる。

### 2. 小児集中治療室

すでに海外では、重症小児患者を小児集中治療室（pediatric intensive care unit：PICU）へ集約化することの有効性が証明されて小児集中治療室が整備されているが、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、小児重症患者を小児集中治療室に集約することで転帰を改善するという報告がある。

心停止後の管理は訓練された小児集中治療施設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、小児集中治療施設（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。
- 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。

### 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

## 第3章 小児の蘇生

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呼吸の確認時に気道確保を行ってもよい。ただし、気道確保に手間取って呼吸の確認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してもよい。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。応援を求めため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/分未満の場合は徐拍（脈）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。

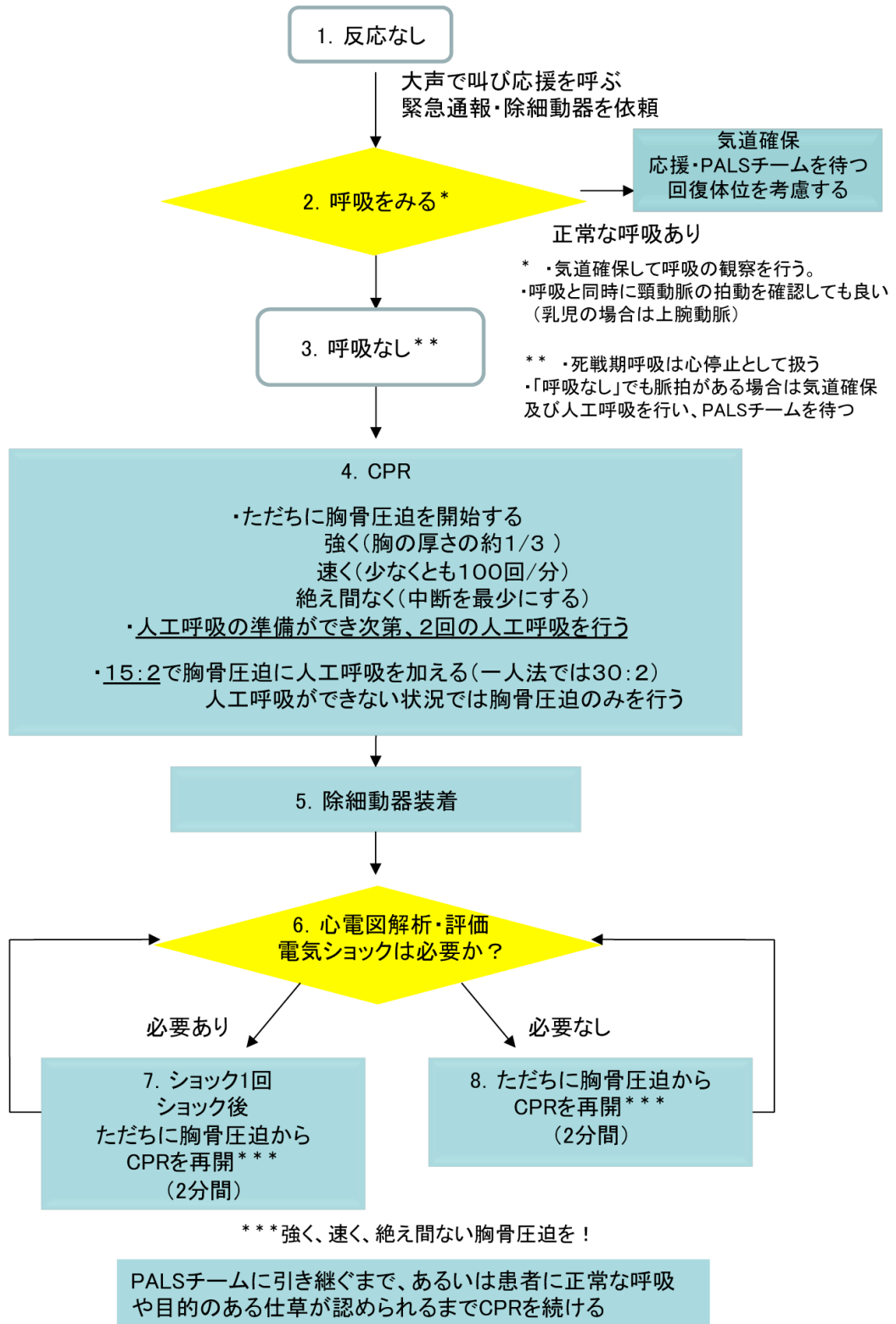
#### (2) 気道確保と人工呼吸

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事が確認できる程度とする。

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

## PBLSアルゴリズム



## 第3章 小児の蘇生

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

二人の救助者がCPRを行う場合は、胸骨圧迫と人工呼吸の比は15：2とする。救助者が一人の場合は、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AEDパッド（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、心拍再開の可能性のあるQRS波形が認められる場合は脈拍を確認する。脈拍を触知すれば心拍再開後のモニタリングと管理を開始する。無脈性電気活動（PEA：pulseless electrical activity）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。明らかに自己心拍再開（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。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呼吸の確認時に気道確保を行ってもよい。ただし、気道確保に手間取って、呼吸の確認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。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、熟練救助者は患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。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して

### 第3章 小児の蘇生

もよい（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。

この根拠として、次のような研究がある。多数の研究（LOE 5）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）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（LOE3）では、医療従事者は脈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。脈がないときに14～24%が、脈があると誤認し、脈があるときは21～36%が脈を確認することができなかった。脈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、救助者は傷病者の胸の横にひざまずく。

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を行うべきである（LOE 5）。脱気できるマットレスであればCPR中は常に脱気するべきである（LOE 5）。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を報告されている（LOE 4、LOE 5）。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。

#### 5) 小児の胸骨圧迫：片腕・両腕での胸骨圧迫

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 5）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）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。

## 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、医療従事者が一人で救助にあたる場合は、二本指圧迫法で行う。胸の真ん中に指を2本当て、胸骨を圧迫する。PBLSを学んだ者が二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。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。救助者が一人であるか、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、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、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 5）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 5）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 5）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 4）では8歳以上の患者の蘇生の間、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。小児のシステマティックレビュー（LOE 4）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、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 4）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。

## 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よいが、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が推奨される。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限となるようにするべきである。

## 第3章 小児の蘇生

### 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し、CPRの質を高めることが推奨される。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。

### 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脈をチェックすることなくCPRを続けるべきである。ECG上の適切なリズムが確認できるときに限って、脈の確認をするのが合理的である。

### 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推奨する。交代に要する時間は最小にするべきである。

### 13) 気道確保

効果的な人工呼吸のために気道を確保することはCPRの重要事項である。反応のない小児に対する気道確保法としては頭部後屈-あご先挙上法が推奨される。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試みてもよい。下顎挙上法で気道確保ができれば頭部後屈-あご先挙上法を併用する。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。

頸椎損傷が疑われる傷病者の頭頸部の安定化は、器具を用いるのではなく、用手的に行うほうがよい。

### 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望ましい。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。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してもよい。

### 15) 感染防護具

院外においては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開始してもよい。もし利用可能なら、救助者は感染防護具の使用を考慮する。院内などで医療従事者が業務としてCPRを行う場合、患者が危険な感染症[ヒト免疫不全ウイルス（HIV）、結核菌、B型肝炎、重症急性呼吸器症候群（SARS）]を有していることがわかっている場合は、安全予防策を講じるべきである。

## 16) バッグ・バルブ・マスク換気（医療従事者）

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）ため、熟練救助者が二人以上の場合にはバッグ・バルブ・マスク（BVM）を用いた人工呼吸を行うことが推奨される。

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を開始できる準備を整えておくべきである。

## 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、ただちに人工呼吸を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換気の比

小児と乳児において最適な圧迫：換気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 5）では圧迫：換気比 15：2と5：1とで望ましい胸骨圧迫数が実現可能かどうかを調べたが、一人の救助者が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つの研究（LOE 5）ではさまざまなサイズのマネキンを使って圧迫：換気比 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 5）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。

圧迫：換気比の推奨が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 5）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つの動物実験（LOE 5）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）と成人の院内および院外の研究（LOE 5）では、シミュレーションや実際の蘇生において、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 5）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）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）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 5）によれば、小児における圧迫：換気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

### 第3章 小児の蘇生

いほど小さくすべきである。2つのブタの呼吸原性心停止の研究 (LOE 5) 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もよい。

以上より、教育と記憶を容易にするため、救助者が一人の場合は小児にも乳児にも30:2の圧迫:換気比が勧められる。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を学んだ者が二人でCPRを行う場合は、一人が胸骨圧迫を行い、もう一人が気道確保を行い、15:2の圧迫:換気比が勧められる。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注意する。

#### (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圧迫:換気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 5) 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 5) と2件の動物実験 (LOE 5) 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。

一人の救助者によるマネキンを用いた研究 (LOE 5) では、5:1、10:2あるいは15:2の圧迫:換気比よりも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 5) 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二人の場合に、15:2の圧迫:換気比は3:1よりも効果的かもしれない。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圧迫:換気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の圧迫:換気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) と2件の動物実験 (LOE 5) 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 5) では、圧迫:換気比 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 5) によると、圧迫:換気比 5:1のCPRと比べると、高気道内圧での1:1の圧迫:換気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圧迫:換気比 5:1で蘇生した研究 (LOE 5) 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 5) 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CO<sub>2</sub>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 5) では、医療従事者が圧迫:換気比 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：換気比と蘇生方法を使うべきである。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）。

#### 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 2)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）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 5）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 5）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 5）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件の動物実験および7件の成人の臨床研究（LOE 5）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、一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を施行するべきである。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を施行するべきである。

#### 20) 小児に対する AED

エネルギー減衰機能付き小児用AEDパッド（小児用パッド）あるいは小児用モードの使用による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。

## 第3章 小児の蘇生

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、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。成人ではパッドの距離が近すぎたり、女性の乳房の上に貼ったりした場合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AEDパッド（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。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べきである。

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。また乳児でのAEDの安全性と有効性は示されているが、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や、二相性の成人のエネルギー量に比べ、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AEDの使用を推奨する。エネルギー減衰機能付き小児用AEDパッド（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べきである（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推奨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
- (3) 成人用パッド

### 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。また小児や成人、動物モデルでもパッドのサイズを大きくすることで胸部のインピーダンスが減少することが示されている。胸部のインピーダンスが減少することは、胸部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、背部叩打法、腹部突き上げ法、胸部突き上げ法を用いて異物除去を試みるべきである。閉塞の解除には状況により1つ以上の手技が必要になる。これら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、背部叩打法と胸部突き上げ法を行う。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ようにする。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。市民救助者は、通常的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。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。

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法（LOE 4）、腹部突き上げ法（LOE 4）、胸部突き上げ法（LOE 4、LOE 5）を行って気道異物の解除ができたことを報告している。

32の症例報告が腹部突き上げ法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 5）と、麻酔下ボランティアの2件の前向き研究（LOE 5）では、胸部突き上げ法は腹部突き上げ法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）は、フィンガースweep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weep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 4とLOE 5）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。

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。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) 一次救命処置

##### 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PALS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／無脈性電気活動(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。

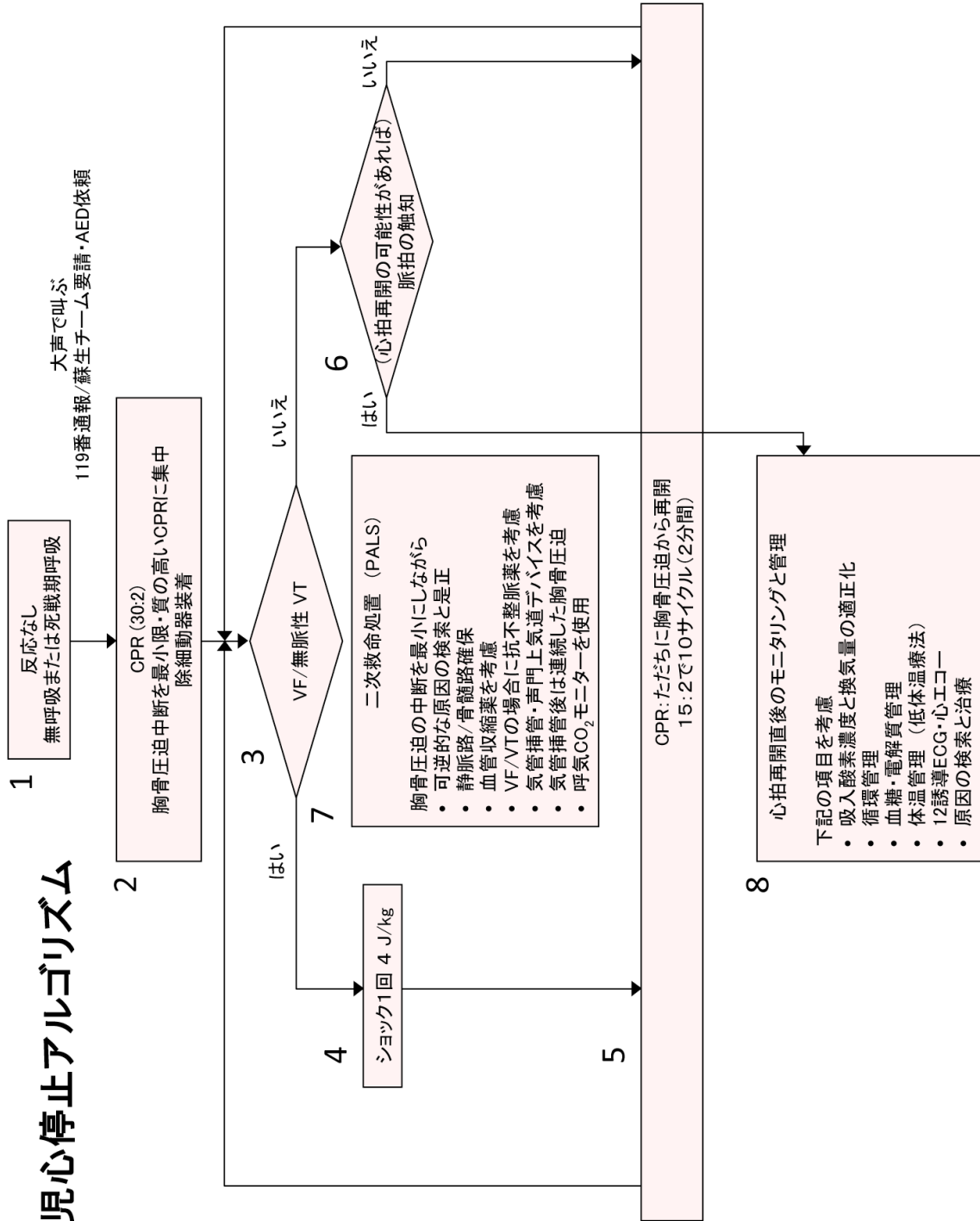
心静止とPEAに対しては以下を行う。CPRを再開し、胸骨圧迫をできる限り中断しないようにする。CPRを続行している間に、別の救助者がアドレナリン投与を準備する。初回、および追加投与時の投与量は標準用量 (IV/IO : 0.01mg/kg、気管内 : 0.1mg/kg) とする。

#### 2) 二次救命処置

##### ボックス 7

PALSのみで心拍再開が得られないときに二次救命処置 (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、PALS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。

# 小児心停止アルゴリズム



## 第3章 小児の蘇生

### (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 VT/VF、あるいは VT/VF が再発する症例に考慮してもよい。ニフェカランは心停止で難治性、ショック抵抗性 VT/VF 症例に考慮してもよい。リドカインは同じような状況下で使用することを支持または否定するためのエビデンスは十分ではない。

### (5) 気管挿管・声門上気道デバイス

CPR においても、気管挿管はもっとも確実な気道確保の方法である。しかし、気管挿管はリスクの高い処置であり、気管挿管を行う者には、教育と日常の訓練が欠かせない。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。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。

### (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 (CO<sub>2</sub>) モニター (呼気モニター)**

波形表示タイプの呼気 CO<sub>2</sub> 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べきである。また、持続的な呼気 CO<sub>2</sub> モニタリングは、有効な胸骨圧迫ができていないかどうかの評価にも役立つ。波形表示タイプの呼気 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> モニターまたは食道挿管検知器 (20kg 以上の小児) の使用を考慮してもよい。

**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 SpO<sub>2</sub> 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。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 CO<sub>2</sub> 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、心停止後症候群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。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、IABP などの機械的循環補助の効果につい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経験的に行われている。

**(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。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。

## 第3章 小児の蘇生

### (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。低体温療法は院外でのVFによる心停止後、心拍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℃）の導入を考慮してもよい。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、実施することは合理的である。

### (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) FASTと心肺停止の原因

小規模な小児の症例集積研究（LOE 4）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 4）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) ETCO<sub>2</sub>と CPR の質

動物実験 3 件（LOE 5）、成人における研究 4 件（LOE 5）および小児での研究 1 件（LOE 5）で、PETCO<sub>2</sub>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研究 3 件（LOE 5）において、心拍出量を著しく減少させると ETCO<sub>2</sub>が低下した。2 件の成人での院外における研究（LOE 5）では、CPR 中の ROSC の検出に、とくに ETCO<sub>2</sub>値が 15mmHg (2.0kPa) 未満の場合に持続 PETCO<sub>2</sub>モニタリングが有効であることが示された。成人の症例集積研究 3 件（LOE 4、LOE 5）で、ROSC に先立って突然か

つ持続する PETCO<sub>2</sub>の上昇がしばしば認められた。小児に関する2件研究 (LOE 4)、成人に関する8件の研究 (LOE 5)、および1件の動物実験 (LOE 5)において、15~20分のALSにもかかわらず、PETCO<sub>2</sub>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。動物実験2件 (LOE 5) および成人での症例集積研究2件 (LOE 5)によると、呼吸原性心停止患者ではCPR初期のPETCO<sub>2</sub>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PETCO<sub>2</sub>値を用いるのがよいようである。蘇生中の初期PETCO<sub>2</sub>は、ばらつきが大きいいため、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) および2件の成人における大規模症例研究 (LOE 5) ()では、呼吸原性心停止は心原性心停止よりも初期PETCO<sub>2</sub>が高いことが示唆された。蘇生中のETCO<sub>2</sub>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る。成人の研究 (LOE 5) では炭酸水素ナトリウムが一過性にETCO<sub>2</sub>濃度を上昇させ、成人の研究3件 (LOE 5) および動物実験2件 (LOE 5)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PETCO<sub>2</sub>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、PETCO<sub>2</sub>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。PETCO<sub>2</sub>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PETCO<sub>2</sub>が低下していることがあるため、PETCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>濃度が比色CO<sub>2</sub>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

### 第3章 小児の蘇生

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）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 5）では、心停止時に空気もしくは1.0未満の $F_{I}O_2$ 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 5）では転帰に差を認めなかった。5件の動物実験では、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。

#### 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）とコホート対照研究（LOE 5）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 cmH<sub>2</sub>O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）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 5）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）と1件の後ろ向きコホート対照研究（LOE 5）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 5）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 5）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 5）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。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るべきである。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前向きRCT（LOE 2）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RCT (LOE 2) および3件の前向き観察研究 (LOE 4) 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 (LOE 2の前向きRCT) と3件のLOE 4の前向き観察研究では、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 2) では、この式を用いても差し支えないが、Khine の式である、「内径(mm) = (年齢/4) + 3.0」よりも再挿管率がわずかに高かった。

適切な気管チューブのサイズは年齢により異なる。カフなし気管チューブのサイズの選択は、「内径サイズ(mm) = (年齢/4) + 4」を目安とする。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 20～30cmH<sub>2</sub>O 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 10cmH<sub>2</sub>O 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。カフ付きチューブを使用するときは、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。

2歳以降の小児のカフなし気管チューブサイズは、次の推定式を目安とする。

$$\text{「内径サイズ(mm) = (年齢/4) + 4.0」}$$

挿管時に抵抗があるときは、0.5mm 細い内径サイズのチューブを使うべきである。カフを虚脱させた状態でも気管チューブ周囲からの漏れがないときは、患者の状態が安定していれば 0.5mm 細いサイズのチューブに入れ替えるほうがよい。

#### 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 1) 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 1) 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 2) 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。病院前での小児の研究 (LOE 2 (無作為化していない)) 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 3、LOE 4) 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

### 第3章 小児の蘇生

スク換気が推奨される。

#### 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 5）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 5）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（PaCO<sub>2</sub>）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 5）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）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行えた。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）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。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。動物実験3件（LOE 5）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。成人での研究4件（LOE 5）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 5）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 5 の）では、心拍出量が減少した状態で換気数を増加させると、肺胞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 5 の）では、CPR 中の一定流量の酸素投与は、通常の人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 5 の）では、受動的酸素吸入はバッグ・マスク換気と比較して、目撃された心室細動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。動物実験2件で、酸素を用いた人工呼吸あるいは持続的気道陽圧（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 5）が、神経学的な障害を残さない生存率に差はなかった。よくデザインされた動物実験（LOE 5）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。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。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) 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) では、2kg 以上の小児・乳児で脈拍がある場合、比色検知器やカプノメータによる呼気 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 5) では、カプノグラフィによる呼気 CO<sub>2</sub> 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 件の研究では、気管チューブの位置確認は臨床的評価よりもカプノグラフィを用いるほうが早かった。2 件の小児の研究では、脈拍がある場合は呼気 CO<sub>2</sub> 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 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 CO<sub>2</sub> 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 2) では、脈拍がある 20kg 以上の小児で食道検知器 (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 4) 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 CO<sub>2</sub> の検出 (比色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。CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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検知器の使用を考慮してもよい。

## 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) 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 5) と、成人の死体を用いた 1 件の研究 (LOE 5) 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 5) 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 5) 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。

### 第3章 小児の蘇生

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。

#### 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もとになっている。

##### 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 5）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 5）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 5）か、同等（LOE 5）であった。成人の2つの研究（LOE5）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 5）や動物モデルを用いた研究（LOE 5）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 4）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 5）ではパドルとgelパッドの併用に比べてパッド（SADP）のほうが有効であった。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 5）に差がなく、胸骨圧迫の中断時間（LOE 5）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際には、パッドとパドルのどちらも使用してよい。

##### 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）が多い。

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。

### 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件の報告(LOE 4)がある一方、従来の2J/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2J/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)であり、多くは3回以上のショックを要している(LOE 2)。1件の研究(LOE 4)ではROSCに必要なエネルギー量は2.5~3.2J/kgであった。

2件の動物モデル(LOE 5)では同じ2J/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2.4J/kg(LOE 5)ないしは3.3J/kg(LOE 5)と算出している。

また4件の動物実験(LOE 5)ではエネルギー量の増量(2.5~4J/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(10J/kg)のエネルギー量が必要であった(LOE 5)という。

2件の小児での研究(LOE 4)と4つの動物モデルでの研究(LOE 5)では2~10J/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 5)では二相性の150J(4J/kg)と単相性の360J/kg(10J/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)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4J/kgが適切である。小児に対する除細動のエネルギー量は4J/kgとする。

## 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(NRCPR)のナショナル・レジストリ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 5)において、骨髄路確保は、静脈路確保より成功する率が

### 第3章 小児の蘇生

高く、速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 4）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。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 3）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）では、病院退院率とROSCは低下を示した。新生児仮死の徐拍に対する研究では、アドレナリン投与が静脈または気管にかかわらず、ROSCは同程度の率を示したが、1件の新生児の研究（LOE 5）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 5）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 5）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 5）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。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。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

心停止と徐拍に使用する薬物の効果に関しては2005 CoSTRに比して新たな推奨事項はなかった。カルシウムと炭酸水素ナトリウムは小児の心停止では常用すべきではないと再び強調された（すなわち、特別な適応なしに使われてはならない）。

8件の研究（LOE 5）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）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 5）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

て決定すべきである。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べきである。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 5) 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 1) と2件の前向きな試験 (LOE 2) 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) では、入院前または院内で10  $\mu$ g/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 1) 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  $\mu$ g/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 1)、3件の試験 (LOE 2) 、3件の研究 (LOE 3) 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、1 mg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おけるアドレナリン血管内投与量は、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 3) 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 4) と2編の成人の症例報告 (LOE 5) では、バソプレシン (LOE 5)、または、その長時間作用型のアナログであるterlipressin (LOE 5、LOE 4) 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 5) と1件の成人のメタアナリシス (LOE 1) 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 5) 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に対するアミオダロンとリドカイン

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、プラセボまたはリドカインに比較し、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) 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

### 第3章 小児の蘇生

抗性VF/無脈性VTにリドカインの効果調べた小児データはない。

アミオダロンはショック抵抗性および再発性VF/無脈性VTに対して考慮する。

初回・追加投与とも 2.5~5mg/kg (最大 125mg) とする。

ニフェカラン 0.15~0.3mg/kg を使用してもよい。

アミオダロン/ニフェカランが使用できなければ、リドカイン 1回 1mg/kg を投与する。  
最大 3mg/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 1~2g/kg を投与する。

#### 7) カルシウム

3件の小児の研究 (LOE 2)、5件の成人の研究 (LOE 5) 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 5) 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 CPR ナショナル・レジストリのデータによる研究 (LOE 2) 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 3) 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 2) 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。

#### 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 2) 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と分娩室での新生児の呼吸原性心停止の研究とともに、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。

## ■7 不整脈治療

### 1. 徐拍（脈）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小児二次救命処置の徐拍（脈）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拍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。徐拍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。徐拍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

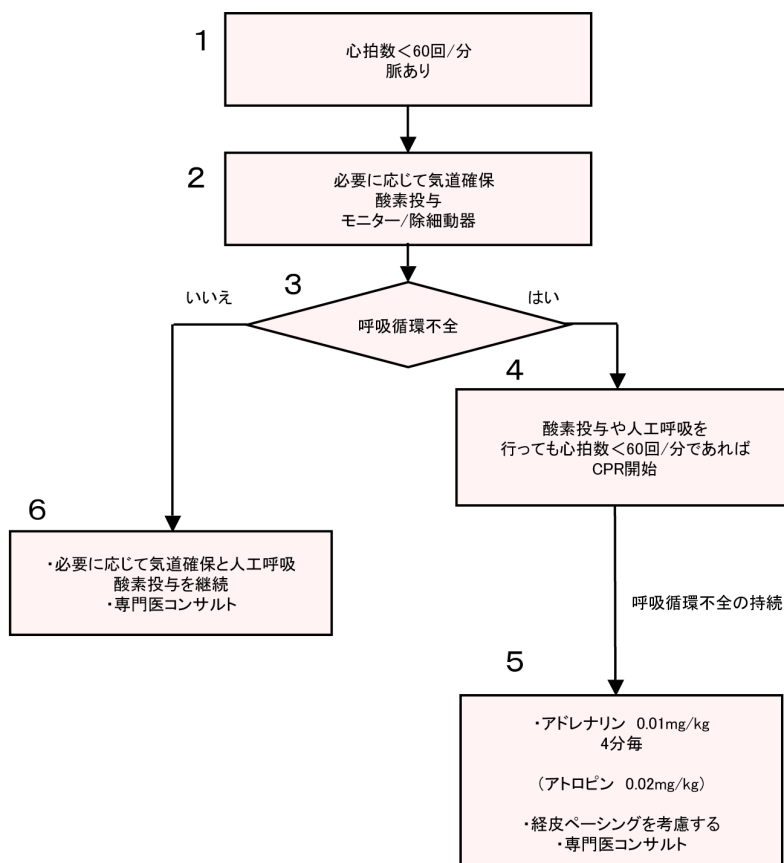
脈拍と呼吸が正常で血行動態が安定している場合は、緊急治療は不要であるが、急変に備えて注意深い経過観察が必要である。専門医に相談する。

### 1) 徐拍（脈）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 3) 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 3) 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。

1 件の成人の症例集積研究 (LOE 5) 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 5) 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。

## 徐 拍



4件の成人に対する研究(LOE 5)では、迷走神経が関連する徐拍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 4)では、心臓手術後の小児例に出現した『血圧低下+徐拍』(ベンゾルド-ヤリッシュ Bezold-Jarisch 反射による徐拍)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)と、4件の動物実験(LOE 5)では、徐拍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 5)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、徐拍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拍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するまたは否定するエビデンスは十分でない。

- ・乳児・小児の徐拍に対しては、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や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。ニフェカラントを投与してもよい。

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

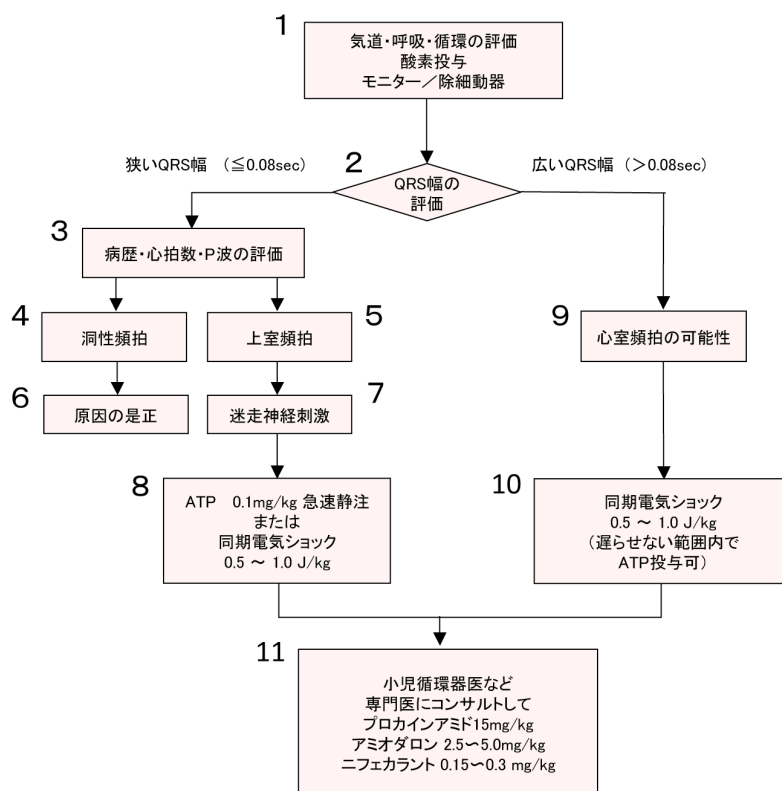
血行動態が不安定な広い QRS 幅の頻拍は VT が明白に否定できない場合、VT とみなして対応する。変行伝導を伴う SVT である場合もある。

### 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。

## 頻 拍



### 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125mg/kg) を1時間かけて緩徐に投与。

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

を投与してもよい。

### 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) 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) 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 2) 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。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 4) 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 4) と、4 件の 10 代を含む成人の大規模研究 (LOE 4) 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 2) 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 5) 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 5) 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 4) と、15 件の小児・乳児に関する小規模な症例集積研究 (LOE 4) と観察研究 (LOE 5) では、アミオダロンが上室頻拍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 (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。徐拍と低血圧が 1 件の前向き研究 (LOE 4) で報告され、2 件の症例報告 (LOE 5) 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 4) で多形性 VT が報告された。他の症例報告 (LOE 5) 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 2) 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 4) と、5 件の症例報告 (LOE 5) では、小児例の SVT でプロカインアミドは頻拍停止効果や徐拍化効果を認めた。

小児 (LOE 5) や成人 (LOE 5)、および動物 (LOE 5) 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 4) と、1 件の症例集積研究 (LOE 4) 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) や、症例報告 (LOE 5) では、ベラパミルは乳児の SVT に対して、重篤な血圧低下、徐拍、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) では、SVT の治療で ( $\beta_1$  選択性  $\beta$  遮断薬：短時間作用性) エスモロールと ( $\alpha_2$  刺激薬：静注鎮静薬) 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。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。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。

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べきである。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

## 第3章 小児の蘇生

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。

##### 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/m<sup>2</sup>/24 時程度) 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(ScvO<sub>2</sub>)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 1)、ScvO<sub>2</sub>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ScvO<sub>2</sub>が<70%のときに、より顕著であることが示されている。

### 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 5)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。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

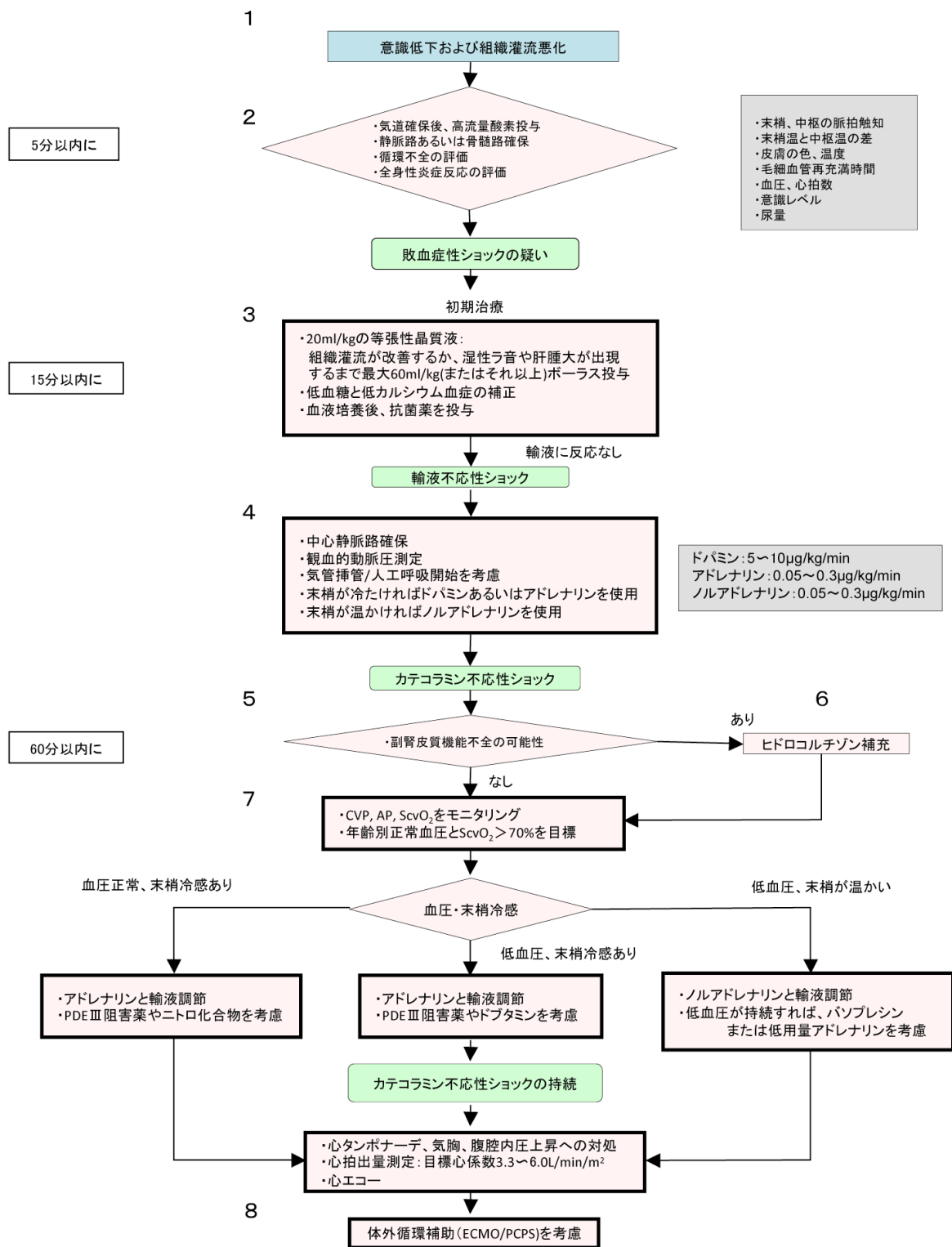
小児のショックにおいて呼吸不全になる以前での気管挿管や呼吸補助の効果を検討した研究はない。敗血症性ショックにおける2件の研究(LOE 5)と1件の動物を用いた心タンポナーデによるショックの研究(LOE 5)では、呼吸不全に至る前に気管挿管することで血行動態や選択的臓器灌流を改善させることが示された。2例の成人症例のまとめ(LOE 5)では、1例は穿通性外傷による心タンポナーデに対する気管挿管により心停止をきたし、1例は心臓外科術後のタンポナーデに対する人工呼吸管理中の自発呼吸により循環動態が改善したことを報告した。

1件の成人敗血症性ショックの研究(LOE 5)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、死亡率を下げる事ができた。敗血症性ショックの動物モデルによる1件の研究(LOE 5)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。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。

### 第3章 小児の蘇生

#### 小児敗血症性ショック初期治療アルゴリズム



### 3) 膠質液と晶質液

Deng熱での3件のRCT (LOE 1) と1件の小児敗血症性ショックにおけるRCT (LOE 1) 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 5) と6件の良質なメタアナリシス (LOE 5) 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 5)、外傷性脳損傷 (LOE 5)、熱傷 (LOE 5) 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 5)。

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。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 4) 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 1) と3件の成人におけるRCT (LOE 5)、さらに1件の成人のシステマティックレビュー (LOE 5) では特定の循環作動薬が転帰を改善したということはない。

2件の小児におけるRCT (LOE 1) 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 1) 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件の小規模な症例報告 (LOE 4) 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。

### 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 4) 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 2) 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 $\mu$ 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 3) 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。

### 第3章 小児の蘇生

1 件の小児 RCT (LOE 1) 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 4) 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 1) 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ندان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、血行動態を改善し動脈血乳酸値を減少させた。

1 件の RCT (LOE 5) 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。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。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 4) 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、LOE 5) 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 4) 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 5) 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 5) 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 5) 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) 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) 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 5) 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 1) 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 1) で、早期のショック離脱が示された。1件の LOE 4 の病院退院データベースからは、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 5) において、低用量のヒドロコルチゾンとフルド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) 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 5) 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または否定するためのエビデンスは十分でない。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。

## 8) ショック治療における診断的検査

1件の RCT (LOE 1) 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 (SvO<sub>2</sub>) 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と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 5) と1件のコホート研究にて、上大静脈血酸素飽和度 (ScvO<sub>2</sub>) 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 sepsiscampaign を検証した1件の大規模多施設共同研究 (LOE 5) において、ScvO<sub>2</sub> 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、ScvO<sub>2</sub> 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 SvO<sub>2</sub>、ScvO<sub>2</sub> を指標に早期目標指向治療を考慮する。SvO<sub>2</sub>、ScvO<sub>2</sub> 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

### 第3章 小児の蘇生

死亡率は非常に高い。2件の研究 (LOE 4、LOE 5) 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 4) 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。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 4) 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 (LOE 5) の症例集積研究では術前、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  $\text{CO}_2$  分圧を増加させて  $\text{PaCO}_2$  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 4) 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、 $\text{ScvO}_2$  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 3) では、 $\text{CO}_2$  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 4) ではフェノキシベンザミンなどで体血管抵抗を下げると全身の酸素運搬量が改善され、循環虚脱のリスクを下げ、生存率が改善した。

5件の小児研究 (LOE 4) 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 4) 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 は標準的な方法でおこなうべきである。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  $\text{CO}_2$  血症 ( $\text{PaCO}_2$  50~60 mmHg) 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  $\alpha$  受容体遮断薬が有効なことがある。 $\text{SvO}_2$  および近赤外分光法 (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 (BDG) 術後

1件の症例集積研究 (LOE 4) 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 4) では、modified Fontan 術後の CPR に際し標準的な胸骨圧迫に手動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、 $\text{CO}_2$  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 5) がある。2件の研究 (LOE 5) 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) 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 5) 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 5) 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、 $PETCO_2$  は低下する。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  $PETCO_2$  が増加して実測値である  $PaCO_2$  と  $ETCO_2$  との較差が低下する。同様に、肺胞をバイパスする肺内シャントがある場合は、 $PaCO_2$  と  $ETCO_2$  との較差は大きい。

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。切迫心停止状態に対しては、低換気による高  $CO_2$  血症が酸素化や心拍出の改善に有益かもしれない。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。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。BDG 術/hemi-Fontan 術後患者に対しての体外循環を用いた CPR を支持または否定する十分なエビデンスはない。

#### 4) 肺高血圧

2件の小児を対象とした観察研究 (LOE 5) 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 5) 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 5) と2件の先天性心疾患の小児を対象とした研究 (LOE 5) 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 5) 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。

4件の成人および小児の心停止、肺高血圧危機に関する研究 (LOE 5) 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。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  $CO_2$  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。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。

#### ■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 2、LOE 4) 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 2) および 2 件の研究 (LOE 4) によると、基礎疾患が心疾患ではない場合は、ECPR の転帰は不良であった。

1 件の研究 (LOE 4) 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) 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 2、LOE 4) 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 4) では、環境因子による重篤な偶発的低体温 (<30℃) 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的低体温 (<30℃) 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。

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 PaCO<sub>2</sub> 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) と 2 件の成人の研究 (LOE 5) と、2 件の動物での研究 (LOE 5) 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 5) 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 5) 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 5) 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。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。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

### 第3章 小児の蘇生

察し、心拍出量低下、不整脈、 肺炎、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) と新生児仮死を対象とした 2 件の前向き RCT (LOE 5) によると、最長 72 時間までの低体温療法 (32~34℃) 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 2) 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べきである。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。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。

#### 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 5) と 1 件の厳格な血糖管理とより緩やかな血糖管理を比較した RCT (LOE 5) によると、厳格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格な血糖管理に関する 2 件の研究 (1 件の LOE 1 の RCT と 1 件の LOE 1 のメタアナリシス) では厳格な血糖管理により死亡率が減少した。厳格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) と 1 件の RCT (LOE 5) 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 RCT、内科系外科系 ICU 患者を対象とした

LOE 5 の多施設 RCT 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) 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 5) 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、重症新生児や小児、成人患者において、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 5) や重症成人患者の臨床研究から、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 5 の) 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 5) 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。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 3、LOE 4) 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 1、LOE 3) では 16~18% であった。2006 年の 3 件の前向き観察研究 (LOE 1) では、生存率は 26~27% であった。

1 件の前向き研究 (LOE 1) から、院外心肺停止の生存率は成人で 6%、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) が、いくつかの因子と心停止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、LOE 2、LOE 3、LOE 4) 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、心拍再開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

## 第3章 小児の蘇生

れる。

### 2. 家族の同席

10件の研究 (LOE 2、LOE 3、LOE 4) 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 2、LOE 3、LOE 4、LOE 5) 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 2、1件のLOE 3、6件のLOE 4、2件のLOE 5) 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 2、LOE 3、LOE 4、LOE 5) が、家族の蘇生に立ち会った親族のほとんどは、立ち会いが死亡した患者にとってもよかったと信じていると報告した。

3件の研究 (LOE 2、LOE 4) 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 4) 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 2、LOE 3、LOE 4、LOE 5) 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 4) 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。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。

### 2. 原因検索 : Channelopathy

4件の研究 (LOE 4) 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 3) 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 3、LOE 4) 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 4) 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、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 (SIDS) の原因の1つに、channelopathy (イオンチャネル疾患) 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ネル疾患も含めて、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。

DRAFT