

Society for Pediatric Anesthesia



education • research • patient safety

PediCrisis



CRITICAL EVENTS CHECKLISTS

応援を呼ぶ!

手術室放送 “呼” ⇒ “3 3”

PICU その日のリーダー

蔵谷先生 1 0 8 7

術者に知らせる

Original data from

<https://www.pedsanesthesia.org/critical-events-checklist/>

Translated in Nov. 2018

空気塞栓	1
アナフィラキシー	2
前縦隔腫瘍	3
徐脈	4
気管支痙攣	5
心停止	6-7
困難気道	8
火災: 気道 / 気道以外	9-10
高K血症	11
高血圧症	12
低血圧症	13
低酸素血症	14
頭蓋内圧亢進	15
局所麻酔薬中毒	16
誘発電位 (SEP, MEP) の消失	17
悪性高熱症	18
大量出血	19
心筋虚血	20
肺高血圧緊急症	21
頻脈	22
緊張性気胸	23
輸血に対する異常反応	24
外傷	25
産後出血	26

- 術者に伝える。亜酸化窒素や吸入麻酔薬を中止し、100%酸素投与を行う。
- 空気の流入を止める：空気の流入口を検索し塞ぐことで、更なる空気の流入を防ぐ。
- 術者に依頼する：
 - 創部を洗浄液、または生食で浸したガーゼなどで覆う
 - 全ての加圧されたガスの供給を止める。（例：腹腔鏡や内視鏡などの送気）
 - 露出した骨の創部にボーンワックスやセメントを塗る
- 静脈路が開放されていないか、点滴回路内に空気の存在がないか確認する。
- （可能であれば）術野を心臓の位置より低くする。
- 用手換気に切り替え、患者にバルサルバ手技を行う。
- 検討事項：
 - 頭部や頭蓋手術の場合、頸静脈を間欠的に圧迫する。
 - 中心静脈カテーテルより吸引を行う。
- 血圧低下を認める場合：
 - アドレナリン 1-10 μ g/kg投与し、アドレナリン 0.02-1 μ g/kg/min もしくは ノルアドレナリン 0.05-2 μ g/kg/minの持続投与を検討する。
 - 胸骨圧迫：心停止をみとめない場合でも、空気を強制的に送り出すために100-120回/分で胸骨圧迫を行う。
 - 可能であれば、心臓超音波検査を行う。
- 心停止となった場合は "6 心停止"カード参照。



- 100%酸素投与を行う.
- 誘因薬剤・原因物質を除去する.
 - ラテックスが原因物質と疑われる場合, 徹底的に接触部位を洗浄する.
- 適切な換気を行い, 酸素化を保つ.
- 血圧低下を認める場合, 麻酔薬の投与を中止する

原因となる主な薬剤

- 筋弛緩薬
- ラテックス
- クロルヘキシジン
- 膠質液
- 抗菌薬

目的	処置	用量・用法
血管内容量の改善	生食や乳酸リンゲル液投与	10-30 mL/kg, IV/IO 急速輸液
循環動態を回復させ メディエーター遊離を抑制する	アドレナリン 投与	必要に応じて 1-10 μ g/kg, IV/IO 0.02-0.2 μ g/kg/minの持続投与も考慮
ヒスタミンを介した効果の減弱	① クロルフェニラミン (ポララミン) ② ヒドロキシジン (アタラックスP)	① 0.1 mg/kg, IV (最大 5mg) ② 0.5 - 1.0 mg/kg, IV (最大 25mg)
メディエーター遊離を減少させる	メチルプレドニゾロン投与	2mg/kg, IV/IO (最大100mg)
アドレナリン投与後に遷延する血 圧低下に対して	バソプレッシン投与	10 μ 単位/kg, IV
気管支痙攣の軽減	サルタノール (β 作動薬)	必要に応じて4-10プッシュ, 気管内投与
ヒスタミンによる効果の減弱	① ファモチジン (ガスター) ② ラニチジン (ザンタック)	① 0.25mg/kg, IV (最大20mg) ② 1mg/kg, IV (最大50mg)

- 血液検査で確認する場合, 発症から2時間以内に血中トリプターゼ値を測定する.

- 100%酸素投与を行う.

術中対応	
気道の破綻 <ul style="list-style-type: none"> 酸素濃度をあげる. 自発呼吸時はCPAP 調節換気時はPEEPを加える 側臥位や腹臥位へ体位を変更する 硬性気管支鏡を用いて換気を行う 	循環の破綻 <ul style="list-style-type: none"> 輸液をボラス投与する 側臥位や腹臥位へ体位を変更する 術者へ胸骨切開や腫瘍のつり上げを依頼する ECMOを考慮する

術前検討事項	
ハイリスク因子 <ul style="list-style-type: none"> 病因: ホジキンまたは非ホジキンリンパ腫 臨床所見: 起坐呼吸, 上半身の浮腫 stridor, wheezeの聴取 画像所見: 気管, 気管支, 大血管などの圧排 上大静脈や右室流出路の閉塞 心室機能不全 心嚢液貯留 	麻酔計画 <ul style="list-style-type: none"> 可能であれば局所麻酔下で手術を行う 放射線治療やステロイド治療を先に行う 自発呼吸を維持し筋弛緩の使用を避ける ファイバースコープや硬性気管支鏡の準備を行う 人工心肺やECMOを考慮する 血液のタイプ&スクリーニング, クロスマッチを行っておく 外科医による胸骨切開の準備を行う

- 定義:

年齢 < 日齢30	HR < 100
≥ 日齢30 < 1歳	< 80
≥ 1歳	< 60
- 血圧低下, 脈欠損, または低還流を認める場合には, 胸骨圧迫を開始し, "6 心停止"カードを参照する.
 - アドレナリン 10μg/kg, IV
 - 経皮的ペースメーカーを取り寄せ, ペーシングを開始する (右図参照)
- 洞調律を確認し, ブロックや遅い接合部調律/心室調律を認めた場合は循環器内科に相談する.
- 血圧低下や脈欠損を認めない場合:

原因	治療
低酸素 (最も一般的)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 100%酸素投与を行う ■ 良好な換気を行う ■ "14 低酸素血症"カード参照
迷走神経性	<ul style="list-style-type: none"> ■ アトロピン0.01-0.02 mg/kg, IV
外科的刺激	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刺激を中止する ■ 腹腔鏡であれば脱気を行う
Ca拮抗薬 過量投与	<ul style="list-style-type: none"> ■ 塩化カルシウム10-20 mg/kg (原液 0.5 - 1 ml/kg)またはカルチコール 50 mg/kg, IV ■ 無効の場合, グルカゴン投与 (下記参照)
β遮断薬 過量投与	<ul style="list-style-type: none"> ■ グルカゴン 50 μg/kg, IV後 0.07 mg/kg/hrで持続静注を開始する (最大 5 mg/hr) <ul style="list-style-type: none"> • 血糖値を確認する

経皮的ペースメーカーの取り扱い

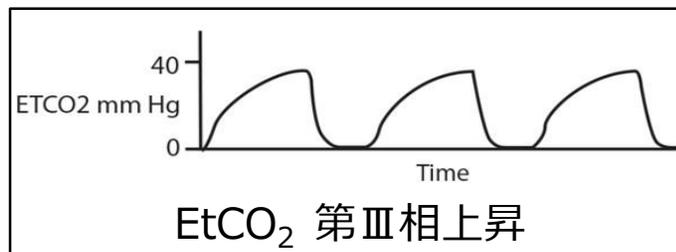
1. ペーシング用心電図電極を取り付け, パッケージの指示に従いペーシングパッドを胸部に貼り付ける.
2. モニターと除細動器の電源を入れペースメーカーモードにセットする.
3. 適切なペーシングレートに設定する. (一度ペーシングが確立したら臨床的な反応に基づいて調節する)
4. 電気的補足があるまで (ペースメーカーのスパイクがQRSに同調する: 通常閾値は65-100mA) ペースメーカーアウトプットのミリアンペア (mA) を上昇させる.
5. "4"で得られた最終的なレベルより10mA上で設定する.
6. 脈拍があるか確認する.
7. 熱傷を避けるためにペーシングパッドは1時間ごとに貼り替える.

挿管患者

- 100%酸素投与を行う
- 胸部聴診を行う
 - 両側の呼吸音が等しいか？
 - 気管支挿管ではないか？
 - wheezeを聴取しないか？
- 気管チューブを確認する
 - 折れ曲がっていないか？
 - 気管チューブに分泌物や血液がないか？吸引の必要があるか？
- サルタノールの吸入を考慮する
- 麻酔深度を深くすることを考慮する
- 必要時, ケタミン 1-2 mg/kg IV
- 重症の場合, アドレナリン 1-2μg/kg IVを考慮する (最大1mg)
- ステロイド静注を考慮する
- 胸部X線写真の撮影を考慮する
- 難治性の気管支痙攣の場合, 硫酸マグネシウム50-75mg/kg (最大2g) を20分以上かけて投与を考慮する (注意: 低血圧を引き起こす可能性がある)

非挿管患者

- 気管内挿管時は, 左の“挿管患者”を参照する
- 酸素投与を行う
- 胸部聴診を行いstridorや胸郭外の気道閉塞と区別する
- スパーサーを用いてサルタノールの吸入を考慮する
- 胸部X線写真の撮影を考慮する
- ステロイド静注を考慮する
- 重症の場合, アドレナリン 1-2μg/kg IVを考慮する (最大1mg)
- 重症の場合、ICU入室や高度な気道管理を考慮する



鑑別診断

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ 上気道炎/たばこの受動暴露 ■ 異物 ■ 胃食道逆流 ■ 気管チューブの機械的な閉塞 <ul style="list-style-type: none"> • 折れ曲がり • 固まった分泌物や血液 • 気管チューブカフの過膨張 ■ 不十分な麻酔深度 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 肺水腫 ■ 緊張性気胸 ■ 誤嚥性肺炎 ■ 肺塞栓 ■ 気管支挿管 ■ 持続的な咳嗽と息こらえ ■ 喘息発作 ■ アナフィラキシー |
|--|--|

- 術者に知らせる. 応援を呼び, 救急カートと除細動を要請する.
- 100% 酸素投与を行う. 麻酔薬の投与を中止する.
- 挿管下: 胸骨圧迫 100-120 回/分 + 人工呼吸10回/分. 過換気は避ける.
- 非挿管下: CRPサイクル 15:2 (胸骨圧迫:換気) (100-120 回/分 + 8 呼吸/分)
- 質の高い胸骨圧迫のため, EtCO₂ を10mmHg以上に保つ (胸骨圧迫は“7 心停止:胸骨圧迫”カード参照)
 - 2分ごとに胸骨圧迫の担当を交代する
 - 自己心拍再開の徴候であるEtCO₂の突然の上昇をみとめなければ, 脈拍確認のために胸骨圧迫は中断はしない
- タイマーを使用する. チームリーダーを決定し, 役割を分担する. 記録係を決定する. 家族へ知らせる
- 除細動器到着後, パッドを貼る. VF/VTの場合, ショック 2 J/kgで行い, 胸骨圧迫を2分間続ける. 下記のBOXへ続く

自己心拍再開まで, 下記を繰り返す:

- VF/VTが続く場合, ショック 4 J/kg, 2分ごと (最大 10 J/kgまで)
- ショック後は脈拍のリズム確認を行わず, すぐに胸骨圧迫を再開する
- アドレナリン 10μg/kgを3-5分ごとに静脈投与する (最大 1mg)
 - 2回目のアドレナリン投与後にも自己心拍再開を認めなければ, (可能であれば) ECMOを考慮する
- 胸骨圧迫の交代と, 脈拍確認を2分ごとに行う
- 治療可能な心停止の原因確認する (下記 “Hs and Ts”)
- キシロカイン 1mg/kg (最大 100mg) 必要に応じて2回まで. またはアミオダロン (アンカロン)5mg/kg 3回まで
- 自己心拍再開まで以上を繰り返す

Hs and Ts: 心停止の考えられる原因

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• 循環血液量減少• 低酸素血症• 水素イオン (アシドーシス)• 高カリウム血症 / 低血糖• 低体温症 | <ul style="list-style-type: none">• 緊張性気胸• (心) タンポナーデ• 血栓症• 毒物 (麻酔薬, β-ブロッカー)• 外傷 (術野以外での出血) |
|---|--|

心停止：仰臥位/腹臥位 での胸骨圧迫

- 胸骨圧迫の方法（CPR法は“6 心停止”カード参照）：
 - 患者をバックボードの上に乗せ、正しい位置に手を置く；腹臥位であれば下図を参照
 - EtCO₂ 10mmHg以上を確認できるような強さまたは深さで圧迫を行う
 - 圧迫ごとに胸郭が完全に戻ることを意識する
 - 2分ごとに胸骨圧迫の担当を交代する
 - 自己心拍再開の徴候であるEtCO₂の突然の上昇をみとめなければ、脈拍確認のために胸骨圧迫は中断しない

腹臥位： 幼児/青年

- 背部正中切開なし：
手のひらの付け根を脊椎の上
に合わせ圧迫する

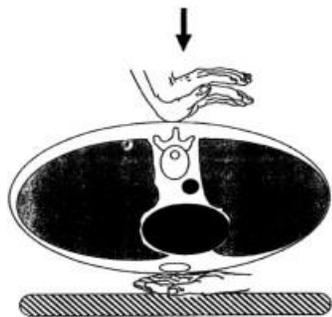


Figure 1

- 背部正中切開あり：
両手のひらの付け根を
それぞれを左右の肩甲骨の
下に合わせ圧迫する

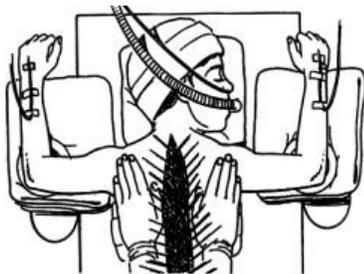


Figure 2

腹臥位： 乳児

胸郭包み込み両母指圧迫法：

- 背部正中切開なし：
両母指を背部正中に
- 背部正中切開あり：
両母指を正中切開の外側に



Figure 3

Figure 1: From Dequin P-F et al. Cardiopulmonary resuscitation in the prone position: Kouwenhoven revisited. Intensive Care Medicine, 1996;22:1272

Figure 2: From Tobias et al, Journal of Pediatric Surgery, 1994;29, 1537-1539

Figure 3: Original artwork by Brooke Albright-Trainer, MD

- 気道管理中は100%酸素投与を行い, 絶え間ない酸素投与を行う
- 応援を呼び, 外科的気道確保に熟練している者とDAMカート, 硬性鏡と気管切開キットを要請する
- マスク換気不能の場合、二人法換気へ切り替え:
 - 経口または経鼻エアウェイを挿入する;
 - それでも換気不能な場合, 声門上器具を挿入する (LMAなど)
 - 胃管を挿入し, 胃を減圧する
 - スガマデクス (16mg/kg) によるロクロニウムまたはベクロニウムのリバースを考慮する. オペ室になれば取り寄せる
- 自発呼吸が再開したら:
 - 患者を覚醒させることを考慮する
 - 筋弛緩薬の拮抗を考慮する
- 挿管に2回失敗したら: 施行者を交代し, 他の挿管方法を考慮する (右表)
- 小顎 (ベックウィズ・ウィードマン, ピエールロバン症候群など) や縦隔腫瘍の場合 腹臥位や側臥位へ体位変換することを考慮する
- 以上でも換気不能であれば, 下記を考慮する:
 - 低年齢の小児: 硬性気管支鏡のような緊急非侵襲的な気道確保
 - 年長児: ジェットベンチレーションまたは輪状甲状膜切開や気管切開などの緊急侵襲的な外科的気道確保



他の挿管方法

- ブレードの変更
- 頭部の位置変更
- 施行者の交代
- ビデオ喉頭鏡の使用
- 挿管が可能な正門上デバイス
- ファイバースコープ
- スタイルットの使用
- 盲目的経口挿管
- 盲目的経鼻挿管

- 以下を同時に行う:
 - 気管チューブを麻酔回路から外し, 抜管する
 - 全てのガス供給を止める (酸素, 亜酸化窒素)
 - 気道周辺からスポンジやその他の可燃物を取り除く
 - 生理食塩水を気道内へ注入する
- 再挿管を行い, 再度換気を確立する
 - 挿管困難の場合, 外科的気道確保を躊躇しない
- 気管支ファイバー検査で気道熱傷の評価を考慮する
 - 気管チューブの断片を検索する
 - 残存片を取り除く
- 全ての器材・物品を後の調査のために回収する
- 換気を維持する. 気道熱傷を評価する
- 耳鼻科, 呼吸器内科, 形成外科の協力を考慮する
- PICUへの入室を考慮する
- 火災の影響が考えられる手術室へのガス供給を止める
 - 他の手術室へのガス供給は止まっていないことを確認する



Picture from ECRI: www.ecri.org

- 以下を同時に行う：
 - 医療ガス供給を止める
 - ドレープをはがし，全ての燃えている物・可燃物を患者から遠ざける
 - 1度だけ，生理食塩水をかけて鎮火を試みる
- 1回で鎮火しなければ，二酸化炭素消化器を使用する
- 火災が続くなら：
 - 火災警報器を作動する
 - 手術室から患者を移送する
 - 手術室の扉を全て閉鎖し、火災を室内へ閉じ込める
 - 手術室への酸素供給を停止する
- 換気を維持する．気道熱傷を評価する
- 耳鼻科、呼吸器外科、形成外科の協力を考慮する
- PICUへの入室を考慮する
- 火災の影響が考えられる手術室へのガス供給を止める
 - 他の手術室へのガス供給は止まっていないことを確認する
- 全ての器材・物品を後の調査のために回収する



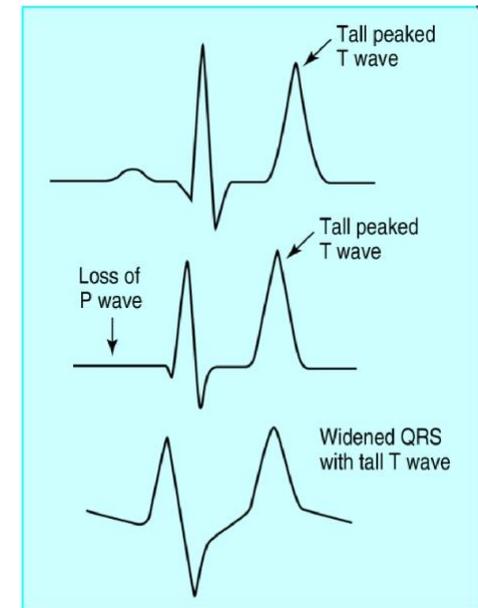
Picture from ECRI: www.ecri.org

治療法:

- 循環動態が不安定である場合, CPR/PALSを開始する
- 100%酸素投与を行い, 過換気を行う
- カルチコール 60-100 mg/kg または
塩化カルシウム 20 mg/kg (原液 1ml/kg) IV
 - 点滴の漏れがないか直視で確認する
 - 投与後は点滴ルート内をフラッシュする
- リンゲル液や濃厚赤血球などK⁺を含む輸液を中止し, 生理食塩水へ変更する
- グルコース 0.5-1 g/kgとインスリン 0.1 単位/kg (最大 10単位) を投与する
- 心拍が安定したら, サルブタモールをパフもしくはネブライザー吸入させる
- 重炭酸ナトリウム 1-2 mEq/kg IV
- ラシックス 0.5-1 mg/kg IV
- 6分以上心停止が続くなら, 可能であればECMO開始
- 治療抵抗性であれば, 透析を行う
- 輸血が必要な場合は洗浄赤血球を用いる

徴候 (心電図上の特徴)

- T波の増高
- 心ブロック
- サインカーブ状QRS波
- 心室細動または心停止



From: Slovis C, Jenkins R. BMJ 2002

高カリウム血症の原因検索:

- 過剰K⁺投与: "多量"または"古い"輸血製剤, 中心静脈栄養, 人工心肺液, 塩化カリウム製剤
- 組織から血清へK⁺の移動: 外傷 (圧挫傷, 挫滅), 熱傷, サクシニルコリン, 悪性高熱症, アシドーシス
- 不十分なK⁺の排泄: 腎不全
- 偽性高カリウム血症: 溶血, 血小板増加症, 白血病

小児における高血圧は、ほとんどの場合浅麻酔や測定エラーが原因であり、それらに対処することで治療される。

- 血圧計カフが正しいことを確認する：
（カフ幅は四肢周囲径の40%程度）
- 動脈ラインのトランスデューサーが心臓の高さに設定されていることを確認する – 動脈ラインがなければ、留置を考慮する

高血圧とされる血圧		
年齢（歳）	収縮期	拡張期
新生児	97-100	70
1-3	105-120	61-75
4-12	113-135	86-91

*注意：通常は小児症例で降圧薬が必要になることはほとんどない。

以下の薬剤は心臓、脳神経外科もしくは内分泌疾患（褐色細胞腫）といった特別な症例でしか使用されない。頭蓋内圧の亢進は除外して、降圧薬の使用前に専門家に相談する。

作用	薬剤（静注量）
直接的平滑筋弛緩	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ニトロプルシド 0.5-10μg/kg/min
β 遮断薬	<ul style="list-style-type: none"> ▪ エスモロール (ブレビブロック) 100 - 500 μg/kg, 5分かけて投与 その後 25-300 μg/kg/minで持続投与 ▪ プロプラノロール (インデラル) 10-100 μg/kg ゆっくり投与 (成人量 1-5 mg)
Ca拮抗薬	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ニカルジピン (ニカルジピン) 0.5-5 μg/kg/min

- 酸素化/換気を確認する
- 麻酔薬を減量または中止する
- 血圧計のカフサイズ, トランスドューサーの位置を確認
- 動脈ラインがなければ留意を考慮する
- 適切な治療を行う (下記参照)

年齢	< 5th%収縮期血圧 (mmHg)*
早産児	47 - 57
0 - 3 ヵ月	62 - 69
3 ヵ月 - 1 歳	65 - 68
1 - 3 歳	68 - 74
4 - 12 歳	70 - 85
> 12 歳	85 - 92

*数字は目安であり, 個々の患者や状況を考慮する

	↓前負荷	↓収縮力	↓後負荷
原因	<ul style="list-style-type: none"> ■ 血管内容量の低下 ■ 血管拡張 ■ 静脈灌流の障害 ■ タンポナーデ ■ 肺塞栓 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 陰性変力薬 (麻酔薬) ■ 不整脈 ■ 低酸素血症 ■ 心不全 (虚血) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 薬剤による血管拡張 ■ 敗血症 ■ アナフィラキシー ■ 内分泌緊急症
治療	<ul style="list-style-type: none"> ■ 血管内容量負荷 (輸液の急速投与, アルブミン投与を考慮) ■ トレンデレンブルグ位 ■ 静脈ラインの追加, 取り直し; 骨髄路の留置を考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 必要に応じてカテコラミン投与を開始する (ドパミン, アドレナリン) ■ カルシウム投与を考慮する ■ 不整脈や虚血などの鑑別のために心電図を確認する ■ 動脈血液ガス分析, Hb, 電解質を検査する 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 血管収縮薬を投与する ネオシネジン, ノルアドレナリン ■ 必要に応じて "2 アナフィラキシー"カード参照 ■ 内分泌緊急症に対して ステロイドを投与する

- 100%酸素投与を行う
- 呼気のCO₂の存在を確認する, カブノグラムの変化を評価する
- 用手換気を行いコンプライアンスを確認する
- 呼吸音を確認する
- DOPEを確認する: "Displacement", "Obstruction", "Pneumothorax", "Equipment failure"
- チェック:
 - 気管チューブの確認. 気管支や声門上など位置以上があれば修正する. 粘液栓, 分泌物, 折れ曲がりの除外のために吸引を行う
 - 回路の確認: 回路や気管内チューブの屈曲, 気管支痙攣, 閉塞, 粘液栓
 - パルスオキシメーター: 新しいプローブを試す, 位置を変える
 - 血圧と心拍数をチェックする
- 更なる評価: 血液ガスを採取する. 気管支鏡, 胸部X線撮影, 経食道心エコー, 心電図評価を行う

気道が原因であると疑われる

肺

- 気管支痙攣
- 無気肺
- 誤嚥
- 気胸
- 肺水腫

気管チューブ

- 気管支挿管
- 粘液栓
- 気管チューブの折れ曲がり, 抜管

機器

- 呼吸器設定: 呼吸数, 一回換気量, I:E 比, 内因性PEEP, (auto-PEEP)
- 機器の異常

気道“以外”が原因であると疑われる

薬剤/アレルギー

- 最近の薬剤投与
- アレルギー/アナフィラキシー (“2 アナフィラキシー”カード参照) / 投薬量の間違い
- メチレンブルー / 色素 / メトヘモグロビン血症

循環

- 塞栓 - 空気 (“1 空気塞栓”カード参照), 脂肪, CO₂, 肺塞栓, 敗血症性, 心筋梗塞, 心不全, 心タンポナーデ
- 重症敗血症
- 低血圧が原因であれば “13 低血圧症”のカード参照

- GCS <9, 呼吸窮迫, 不安定な血行動態:
 - 気道確保
 - 搬送前に鎮静薬を投与する
- PaCO₂を 30-35 mmHg, PaO₂を 60 mmHg以上に保つ
- 脳脊髄液 (Intracranial pressure : ICP) を維持する (目標値はチームで協議する)
- 目標のICPを脳神経外科医と協議する、ICP<20を目標とすることが多い
- 血圧や脳脊髄液を維持するのに必要であれば血管収縮薬 (ネオシネジンもしくはノルアドレナリン) を使用する
- 上体を30°起こすことを考慮する
- 高張食塩水 (3%食塩水を中心静脈から) 1-5ml/kgを20分かけて投与, その後 0.1-2 ml/kg/hrで持続投与 ; ICP <20 mmHgを目標とする
 - 血清ナトリウム値をモニターする
 - 浸透圧を360 <mOsm/Lに保つ
- 高張食塩水の代用として, ICPを下げるためにマンニトール 0.25-1g/kgを20分以上かけて投与する
- ICPを下げるためにラシックス1-2 mg/kg (初回最大 20 mg) を考慮する
- けいれん発作予防を考慮する : レベチラセタム (イーケプラ) 10-30 mg/kg IV (最大 2500 mg)
- 難治性頭蓋内圧上昇の場合, 以下を考慮する:
 - バルビツレート昏睡
 - 非脱分極性筋弛緩薬の投与
- **以下は避ける**
 - 頸部血管の圧迫
 - 高体温
 - 高血糖と糖を含む輸液 (血糖値<200mg/dlを維持する)

- 局所麻酔薬投与を中止する
- 静注用脂肪乳剤 (イントラリポス®) を取り寄せる
- 気道と換気を確保する
- 100%酸素投与を行う
- 適切な静脈路を確保する
- 継続的な心電図, 血圧, SaO₂のモニタリングを行う
- けいれん発作の治療:
 - ミダゾラム 0.05-0.1mg/kg IV
 - 低換気に対する準備を行っておく
- 低用量の アドレナリン 1μg/kgで低血圧を治療する

プロポフォール, バソプレシン, カルシウム拮抗薬, β遮断薬の使用は避ける

- 脂肪乳剤による治療を開始する (上図参照)
- 循環不全が生じた場合:
 - CPR/PALSを始める
 - 胸骨圧迫を継続する (脂肪乳剤を用いた蘇生には循環が必要) 長時間の蘇生が必要となることがある
- 6分間心拍再開が得られなければ人工心肺/ECMOが使用可能な施設, ICUへの搬送を考慮する
- アシドーシス, 高炭酸ガス血症, 高カリウム血症のモニタリングと補正を行う

脂肪乳剤 (イントラリポス®) の用量

- 20%脂肪乳剤 1.5ml/kgを1分以上かけて投与
- 0.25 ml/kg/minで持続投与開始
- 循環が回復するまで最大4.5 ml/kgを3-5分毎にボラス投与を繰り返す
- 血圧低下が持続する場合持続投与を2倍の 0.5 ml/kg/minに増量する
- 血行動態が安定した後も10分間持続投与を継続する
- 20%脂肪乳剤の最大量は最初の30分で10ml/kg

- チームメンバー全員に知らせ, 手術の中断 (“タイムアウト”) をよびかける.
- 灌流の再開, 機械的原因の除去のために速やかに対応する, 40分以上の運動誘発電位の消失では, 長期間にわたる障害の可能性が高くなる.
 - 外科指導医, 麻酔科指導医, 経験豊富な神経科医または神経生理検査技師, 経験豊富な看護師が揃っていることを確認する.
 - チームメンバー個々が状況を検討し, 改善に向けてそれぞれの立場からの管理方針を提案し, 行動する.
 - 外科医: 機械的原因の可能性を除外する
 - 誘発電位検査技師: 技術的原因の可能性を除外する
 - 麻酔科医: 筋弛緩薬が投与されていないか確認する. 必要に応じて筋弛緩を拮抗する
- 患者の体位を確認する (頸部, 上肢, 下肢)
- それまでの麻酔管理を確認し, 脊髄への血液灌流を改善させるために以下を行う:
 - 平均血圧 (MAP) > 65 mmHgを保つ. エフェドリン 0.1 mg/kg IV (最大 10 mg/回) and/or ネオシネジン 0.3-1 µg/kg IV (最大 100 µg/回)を, 必要に応じて繰り返し投与する
 - ヘモグロビン濃度: 貧血を認める場合は, 酸素運搬能を上げるために赤血球輸血を行う
 - pHおよび炭酸ガス分圧 (PaCO₂): PaCO₂を正常範囲または軽度の高炭酸ガス血症にする (I/E比の上昇, PEEPの低下)
 - 体温を正常範囲内に保つ
 - 筋弛緩薬などの「誤投薬」の有無を確認する
 - 麻酔深度を浅くする
- ウェイクアップ・テスト (wake-up test)の考慮:
 - 患者が指示動作が可能であれば, ウェイクアップ・テスト (wake-up test) を行う.
- 上記の対応で改善を認めない場合, 高用量ステロイド投与を考慮する:
 - メチルプレドニゾロン 30 mg/kg を 1 時間かけて点滴静注したのち, 23 時間かけて 5.4 mg/kg/hの速度で持続静注を行う.

- 人手を集め, 悪性高熱症対応カート, ダントロレンを入手する.
- 術者に伝え, 手術を早期に終了するよう要請する.
- 吸入麻酔薬およびサクシニルコリンの使用を中止する.
- 麻酔回路内にチャコールフィルター (吸着フィルター) を装着する. 純酸素で 10 L/分とする.
- 過換気にして EtCO₂ を可能な限り低下させる.
- ダントロレン 2.5 mg/kg をできるだけ太い末梢静脈路から速やかに静注し, 症状の改善を認めるまで 5 分毎に反復投与する. 最大 10 mg/kg まで必要な場合もある. (10 mg/kg でも症状改善を認めない場合は他の診断を考慮する.)
 - ダントロレン: 1 バイアル 20 mg を蒸留水 60 ml で溶解するよう, チームメンバーひとりに指示する.
 - (Ryanodex: 250 mg を蒸留水 5 ml に溶解する.) (日本未発売)
- 悪性高熱症を誘発しない麻酔方法に変更する.
- 代謝性アシドーシスが疑われる場合、炭酸水素ナトリウム 1-2 mEq/kg IV.
- 患者の冷却:
 - 腋窩, 鼠径部, 頭部に氷嚢をあてる..
 - 冷却した生理食塩水を静脈内投与する.
 - 経鼻胃管を通して, または開放されている体腔を冷水で洗浄する.
 - 体温が 38 °C 未満まで低下したら冷却を中止する.
- 高 K 血症:
 - グルコン酸カルシウム (カルチコール) 30 mg/kg IV または 塩化カルシウム 10 mg/kg IV (原液 0.5ml/kg)
 - 炭酸水素ナトリウム 1-2 mEq/kg IV
 - レギュラーインスリン 0.1 単位 / kg (最大 10 単位) + グルコース 0.5-1 g/kg IV
- 心室頻拍, 心房細動: カルシウム拮抗薬は使用しない. アミオダロン (アンカロン) 5 mg/kg を静注する.
- 血液検査: 動脈または静脈血液ガス, 血清クレアチンキナーゼ, 血清 / 尿ミオグロビン, 凝固系検査を行う.
- 尿カテーテルを留置し, 2 ml/kg/h 以上の尿量を確保する.
- 心停止をきたした場合, 心肺蘇生を開始し, ECMOを考慮する. “6 心停止” カード参照
- ダントロレン 10 mg/kg の投与により改善を認めない場合, 敗血症, 悪性症候群, セロトニン症候群, ミオパチー, 褐色細胞腫など他の診断を疑う.
- ICU 入室を依頼する.
- 悪性高熱については, 日本麻酔科学会 悪性高熱患者の管理に関するガイドライン 2016も参照.

- 血液センターに連絡する。血液型および交差適合試験用の検体を提出する。
- 自施設の小児大量出血プロトコルを発動する。
輸血量の比率として
RBC : FFP : PC = 2 : 1 : 1 または 1 : 1 : 1 を考慮する。
 - 交差適合試験済みの血液が準備できるまで交差適合試験が済んでいないO型Rh(-)赤血球濃厚液またはAB型Rh(+)血漿製剤を使用する。
 - 術中回収式自己血輸血(セルセーバーなど)を考慮する。
- 必要であれば末梢静脈路を追加確保する。
- 高K血症に注意する。必要であればカルチコール 60 mg/kg または 塩化カルシウム 20 mg/kg を投与する。
末梢静脈路から投与する場合には刺入部を直接視認しながら投与する。
- 手術室を加温する。
- 30分毎に血液検査や臨床現場即時検査(point of care testing)を施行する。検査項目：血算、血小板数、PT / PTT / INR、フィブリノーゲン、トロンボエラストグラム(TEG)、動脈血液ガス、電解質(Na, K, Ca)、乳酸値など。
- 血液製剤の投与：
 - すべての血液製剤に対して 140 μ m の口径のフィルターを使用する。
 - 赤血球濃厚液や新鮮凍結血漿投与の際は、加温器を使用する。(血小板は加温しない)
 - 急速輸液ポンプの使用を考慮する。
 - 動脈血液ガス、電解質、体温をモニタリングする。
- 出血がコントロールされたら血液センターに連絡し、非常事態宣言を解除する。

管理方針

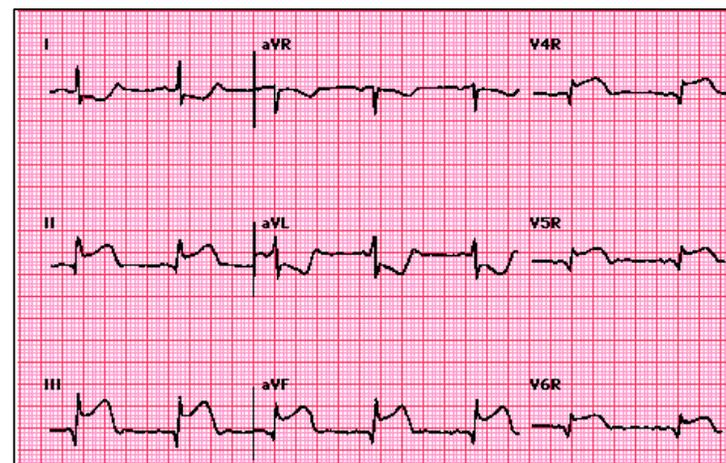
- ヘマトクリット値 < 21% or ヘモグロビン値 < 7:
 - PRBC 4 ml/kg 投与でヘマトクリット値が3上昇する。
- 血小板数 < 5万(脳損傷の場合は < 10万) またはトロンボエラストグラムにおけるMA値 < 54 mm :
 - PC 10 ml/kg 投与で血小板数が3-5万上昇する。
- INR > 1.5(脳損傷の場合は > 1.3) またはトロンボエラストグラムにおけるACT値 > 120 秒 :
 - FFP 10 ml/kg 投与で凝固因子が20%増加する。
- フィブリノーゲン値 < 100 mg/dl またはトロンボエラストグラムにおける α 角 < 66°, k値 > 120秒 :
 - クリオプレシテート 10 ml/kg 投与でフィブリノーゲン値が30-50 mg/dl上昇する。
- 出血がコントロールがされない場合
 - 血液凝固第VII因子製剤投与を考慮する。(最大 90 μ g/kg)

治療：

- 酸素供給の改善：
 - 100%酸素投与を行う
 - 貧血の補正
 - 低血圧の補正
- 酸素需要の軽減：
 - 心拍数を下げる
 - 高血圧の補正
 - 洞調律への回復
- 薬物治療（小児で必要になることは稀であり、必要時は小児循環器専門医に相談する）：
 - ニトログリセリン 0.5-5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$
 - ヘパリン投与を考慮する. 10 単位/kg ローディング後, 10 単位/kg/hrで持続静注

原因の鑑別：

- 重度の低酸素血症
- 低血圧 または 高血圧
- 著明な頻脈
- 重度の貧血
- 冠動脈の空気塞栓
- 心原性ショック
- 局所麻酔薬中毒



病態の認識

- いずれかの誘導での 0.5 mm を超えるST低下
- 1 mm 以上のST上昇 (または胸部誘導での 2 mm 以上のST上昇)
- T波の平坦化, またはT波の陰転化
- 不整脈：心室細動, 心室頻拍, VF, VT, 心室性期外収縮, 房室ブロック

診断のための検査

- 12誘導心電図：
 - 下壁虚血（右冠動脈領域）：II, III, aVF
 - 側壁虚血（回旋枝領域）：V5
 - 前壁虚血（前下行枝領域）：V2, V3
- 以前の心電図と比較する.
- 小児循環器医にコンサルトし, 心臓超音波検査を依頼する.

徴候

- 急激な体血圧低下, 呼気炭酸ガス濃度上昇, 中心静脈圧上昇.
- SpO₂ 低下. ただし, 心内シャントがある場合はSpO₂がすぐには低下しない場合がある.
 - 肺動脈の拡張と肺内気道の圧迫のために, 気道内圧の上昇をきたす.
 - 肺血流の低下と気道の圧迫により, 換気血流不均衡の増悪, 死腔換気量の増加をきたし, その結果として低酸素血症をきたす.
- 右室拡張期圧の上昇 → 左室内容量の低下, 心拍出量の低下
- 徐脈 → 低血圧 → 心停止

初期対応

- 100%酸素投与を行う: 吸入一酸化窒素 (iNO) を取り寄せ, 20-40 ppmで開始する.
- 麻酔または鎮静を深くする. 麻薬性鎮痛薬を投与する. ただし, 体血管抵抗の低下は避ける.
- 筋弛緩薬を投与する.

冠動脈血流の維持および右心虚血に対する治療

- 循環維持のためにノルアドレナリン, ネオシネジン, バゾプレッシンを投与する.

換気

- 低い気道内圧, 長い呼気相で換気を行う. 十分な換気量を確保し, 無気肺を回避し, 機能的残気量を維持する.
- 換気量を正常に保つか, または軽度の過換気とする. 注意しながら呼気終末陽圧 (PEEP) をかける.

輸液管理

- 等張晶質液を適切に用い, 代謝性アシドーシスをきたさないようにする.
- 炭酸水素ナトリウムによりアシドーシスを補正する.
- 房室ブロックを防ぎ, 正常洞調律を保つ.
- 体温を正常範囲内に保つ.
- 心停止となった場合, 心肺蘇生を開始する.
心肺蘇生が効果的でなく心内シャントがない場合, ECMOを考慮する.

- 除細動器と緊急カートを取り寄せる。通常乳児では HR \geq 220 bpm, 小児では HR \geq 180 bpm となる。
- 患者をバックボードの上に置く。除細動パットを貼る。
- 純酸素を投与し、麻酔薬を中止する。外科医に知らせ、循環器科へのコンサルトを考慮する。
- 脈が触れなければ、CPR/PALSを開始する。“6 心停止”カード参照。
- 脈が触れる場合、適切な処置を行う。（下表参照）

治療・処置			
狭いQRS幅, P波がQRSに先行しP波とQRSが1:1対応である	上室性頻脈, 頻脈性不整脈	広いQRS幅	トルサードポワン: QT時間延長を伴う 多形性VT
<ul style="list-style-type: none"> ■ 洞性頻脈の可能性が高い。 ■ 頻脈の原因検索と治療を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アデノシン (アデホス): 初回 0.1 mg/kg IV, 急速投与 (最大 6 mg); 2回目 0.2 mg/kg IV, 急速投与 (最大 12 mg) ■ 同期電気ショック: 0.5-1 J/kg, 効果がない場合は 2 J/kg まで増量する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アミオダロン(アンカロン): 5 mg/kg を20-60分 かけて投与 または ■ プロカインアミド (アミサリン): 15mg/kg を30-60分 かけて投与 または ■ 同期電気ショック: 初回 0.5-1 J/kg, 効果がない場合は 2 J/kg まで増量する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 硫酸マグネシウム: 25-50 mg/kg を静脈 または骨髄路から投与する (最大 2 g) ■ リドカイン: 1 mg/kg IV (最大 100 mg) ■ 重炭酸ナトリウム: (キニジン関連のSVTに 対して) 1 mEq/kg IV ■ 一次ペーシング: “4 徐脈”カード参照

- 亜酸化窒素を中止し, 100%酸素投与を行う.
- 気管挿管を行う.
- 気道内圧を低く保つ.
- 胸部X線検査, 肺エコー, 光を透過させるなどして診断を行う.
(右下図)
- 循環の破綻に対して昇圧薬を投与する.
- 胸腔穿刺を直ちに行い, 胸腔ドレーンを挿入する.
- 胸腔穿刺:
 - 第2肋間で第3肋骨の上縁, 鎖骨中線上を穿刺する.
 - 10代~成人 : 14-16G アンギオキャス
 - 乳幼児 / 小児 : 18-20G アンギオキャス
- 胸腔ドレーンの挿入
 - 第5-6肋間, 中腋窩線上で挿入する.
- 脱気後に血行動態の改善を認めない場合は以下を考慮する:
 - 反対側の胸腔を穿刺する.
 - 心膜気腫の存在.
 - 両肺で肺エコーを行う, または光を透過させ反対側の評価あるいは気胸に対し不十分な脱気となっていないか確認する.



肺エコーの方法

- 高周波プローブを使用する.
- 第2肋間で長軸方向にエコープローブを置く.
- プローブを尾側方向へスライドさせ胸膜の動きを観察する.

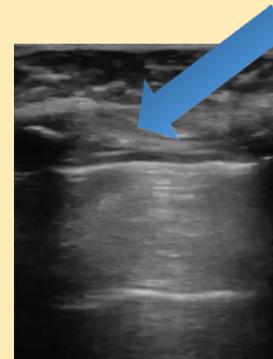


Photo S. Shahul M.D.

- 胸膜のスライディングがみとめられれば100%気胸がないと診断できる.
- 胸膜のスライディングをみとめない場合, 気胸, ARDS, 肺線維症, 喘息発作, 胸膜癒着などを考慮する.

すべての反応に対して:

- 輸血製剤の投与を中止する.
- 輸血製剤が投与されているルートを取り外す.
- 生食でルート内を洗い流す.
- 輸血製剤のID番号を確認し, 患者が間違っていないか確認する.
- 血液センターに血液製剤を送る.

溶血反応	非溶血反応	アナフィラキシー
<p>所見: ヘモグロビン血症, ヘモグロビン尿, DIC, ↓BP, ↑HR, 気管支痙攣</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ラシックス 1-2 mg/kg IV (最大 40 mg) ■ マンニトール 0.25-1 g/kg ■ 血圧を保ち, 腎血流を維持する ■ 尿量を少なくとも 1-2 mL/kg/hr 維持する. ■ 循環動態の破綻に備える. ■ 血液と尿の検査を行う. 	<p>所見: ↓BP, 気管支痙攣, 肺浮腫, 発熱, 発疹</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 発熱に対応する. ■ 肺浮腫の治療を行う. ■ 溶血の徴候がないか観察する. 	<p>所見: 紅斑, 膨疹, 血管性浮腫, 気管支痙攣, 頻脈, ショック</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 必要に応じて気道や循環のサポートを行う. “2 アナフィラキシー”カード参照 ■ アドレナリン 1-10 µg/kg IV ■ クロルフェニラミン (ポララミン) 0.1 mg/kg IV (最大 5 mg) ■ メチルプレドニゾロン 2 mg/kg IV (最大 60 mg) ■ 血管内容量を保つ.

手術室の準備:

- 人員を確保し, 役割を分担しておく.
- 体重を推定し, 緊急薬剤を準備しておく.
- 物品の準備:
 - 気道確保関連
 - 輸液路およびモニタリング
 - 輸血・輸液加温器および急速輸血・輸液装置
 - 緊急カートおよび除細動器
- 血液型検査と交差適合試験検査を準備しておく. 必要に応じて大量輸血プロトコールを発動する.

患者入室時:

- 搬送中, 頸椎を愛護的に扱い, 頸椎保護に努める.
- 気道確保に努め, 気道の開存性を確認する. (誤嚥の危険性や頸椎不安定性に留意する)
- 十分な換気を確保する. (最高気道内圧は 20 cmH₂O 以下に制限する)
- できるだけ太い径の静脈路を確保する. 末梢静脈路の確保が困難であれば, 中心静脈路または骨髄路を確保する.
- 循環動態が安定しているか評価する. 血管内容量の減少がある場合, 導入前に輸液のボラス投与を行う.
 - 乳酸リンゲル液または生理食塩液 20 mL/kg (2 回),
および/または 赤血球輸血 10 mL/kg または全血 20 mL/kg
- 必要に応じて, 観血的動脈路または中心静脈路を確保する.
- 体温の維持に努める.
- 外傷治療に関連する病態をモニタリングし, 必要に応じて対応する.
 - 貧血, 凝固障害, アシドーシス, 電解質異常
- 二次性損傷や外傷の増悪, 出血を初期治療と並行して継続して評価する.