

# 心血管系評価と小児のショック



Society of  
Critical Care Medicine  
The Intensive Care Professionals



## 目的



- ショックの分類について再確認する
- 早期発見と迅速な介入を重視する
- 様々なショック状態の微妙な違いを認識する
- ショックの初期管理を概説する



## ショック:定義

- 組織の酸素化および灌流が障害された症候群
- 機序
  - 酸素供給の絶対的/相対的減少
  - 供給された酸素を組織が有効に利用できない
  - 有効ではない組織灌流

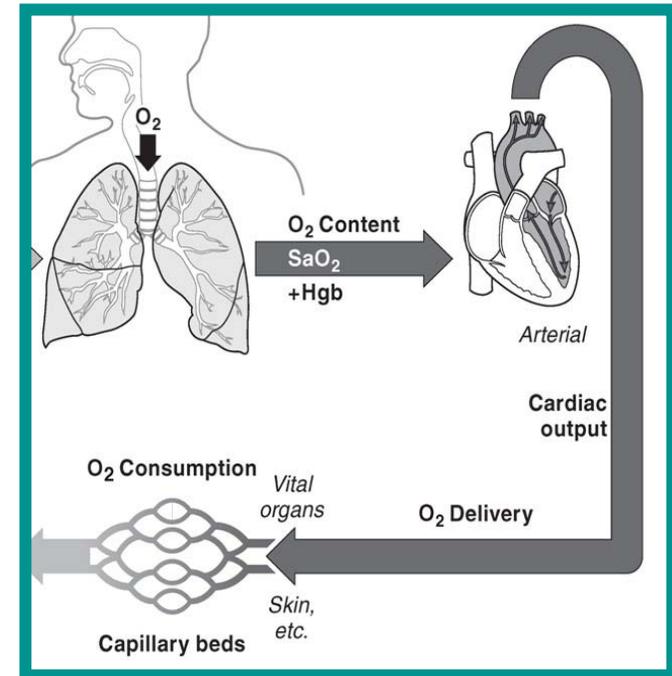
# 酸素運搬

## ○ 決定因子

- 血圧
- 心拍出量
- 酸素含有量

## ○ 介入

- 輸液
- 血管作動薬
- 輸血
- 酸素投与





## 臨床上の障害

### ○ 低灌流/不十分な酸素運搬

- 精神状態の変容
- 代謝性アシドーシス
- 乏尿
- ↑ 乳酸値
- クレアチニン、トランスアミナーゼ等の異常

### ○ 代償機構

- 心拍出量を増加させるための頻脈
- 血管収縮



## 小児のショック:認識

- バイタルサインの変化はわずかである
  - 頻脈-最も感度の高い徴候
  - 頻呼吸-小児では見逃されやすい
  - 低血圧は晩期の所見である
  - 正確な診断および治療への反応のために、肝腫大およびラ音の有無を評価することが重要



## 小児と成人の違い

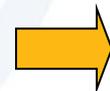
- 乳児および小児は基準となる心拍数が高い。
- 乳児は一回拍出量が一定である。徐脈は心拍出量を極度に減少させる。
- 小児は全身血管抵抗を著しく増加させることがある。
- 低血圧および/または徐脈は、心停止前の症状である。



## ショックの種類

- 循環血液量減少性(出血性を含む)
- 心原性
- 血液分布異常性
- 閉塞性
- 貧血性

代償性



低血圧

敗血症性:特徴において様々な種類の  
ショックが重複する



# ショックの管理におけるゴールデ ン・アワー

0 min

Recognize decreased mental status and perfusion.  
Begin high flow O<sub>2</sub> and establish IO/IV access according to PALS.

5 min

If no hepatomegaly or rales / crackles then push 20 mL/kg isotonic saline boluses and reassess after each bolus up to 60 mL/kg until improved perfusion. Stop for rales, crackles or hepatomegaly. Correct hypoglycemia and hypocalcemia.  
Begin antibiotics.

15 min

## Fluid refractory shock?

Begin peripheral IV/IO inotrope infusion, preferably Epinephrine 0.05 – 0.3 µg/kg/min  
Use Atropine / Ketamine IV/IO/IM if needed for Central Vein or Airway Access

Titrate Epinephrine 0.05 – 0.3 µg/kg/min for Cold Shock.  
(Titrate central Dopamine 5 – 9 µg/kg/min if Epinephrine not available)  
Titrate central Norepinephrine from 0.05 µg/kg/min and upward to reverse Warm Shock.  
(Titrate Central Dopamine ≥ 10 µg/kg/min if Norepinephrine not available)

許可を得て複製。© 2017 Wolters Kluwer Health. Davis AL, Carcillo JA, Aneja, RK, et al. 小児および新生児敗血症性ショックの血行力学的支持のための米国救命救急医学会臨床診療パラメータ Crit Care Med. 2017; 45:1061–1093.



# ショックの管理におけるゴールデ ン・アワー

60 min

## Catecholamine-resistant shock?

If at risk for Absolute Adrenal Insufficiency consider Hydrocortisone.  
Use Doppler US, PICCO, FATD or PAC to Direct Fluid, Inotrope, Vasopressor, Vasodilators  
Goal is normal MAP-CVP, ScvO<sub>2</sub> > 70%\* and CI 3.3 – 6.0 L/min/m<sup>2</sup>

Normal Blood Pressure  
Cold Shock  
ScvO<sub>2</sub> < 70%\* / Hgb > 10g/dL  
on Epinephrine?

Begin Milrinone infusion.  
Add Nitroso-vasodilator if CI <  
3.3L/min/m<sup>2</sup> with High SVRI  
and/or poor skin perfusion.  
Consider Levosimendan if  
unsuccessful.

Low Blood Pressure  
Cold Shock  
ScvO<sub>2</sub> < 70%\* / Hgb > 10g/dL  
on Epinephrine?

Add Norepinephrine to  
Epinephrine to attain normal  
diastolic blood pressure. If CI <  
3.3 L/min/m<sup>2</sup> add Dobutamine,  
Enoximone, Levosimendan, or  
Milrinone.

Low Blood Pressure  
Warm Shock  
ScvO<sub>2</sub> > 70%\*  
on Norepinephrine?

If euvolemic, add Vasopressin,  
Terlipressin, or Angiotensin. But, if  
CI decreases below 3.3 L/min/m<sup>2</sup>  
add Epinephrine, Dobutamine,  
Enoximone, Levosimendan.

## Persistent Catecholamine-resistant shock?

Evaluate Pericardial Effusion or Pneumothorax,  
Maintain IAP < 12mmHg

## Refractory Shock?

ECMO

許可を得て複製。© 2017 Wolters Kluwer Health. Davis AL, Carcillo JA, Aneja, RK, et al. 小児および新生児敗血症性ショックの血行力学的支持のための米国救命救急医学会臨床診療パラメータ Crit Care Med. 2017; 45:1061-1093.



## 必須なモニタリング

- 全例に行うモニタリング: 持続パルスオキシメトリー、ECG、ショックを脱するまでの5分毎の血圧測定
  - 脈圧を観察する: 典型的には血液分布異常性で広く、他のショックでは狭い
  - 低体温、有害な高体温
  - 心拍出量の代用としての尿量
  - 入院時のポイントオブケアグルコース、1時間ごと



## 挿管前の高流量酸素オプション

- フェイスマスク(少なくとも6L/分)
- 非再呼吸式フェイスマスク
- 高流量鼻カヌラ(1.5~2L/min/kg IBW)
- 注意深い観察の下、特別な状況に対するCPAP/BiPAP
- 通常の(“低流量”)鼻カヌラは不適切



## 蘇生時の輸液

液体		投与量	注
ブドウ糖液	10%ブドウ糖液	血糖値が60未満の場合 は5mL/kg	迅速血糖値測定 による1時間ごと の再評価
晶質液	生理食塩水	10-20 mL/kg	大量投与による高 クロール性アシド ーシス
	乳酸リンゲル液	10-20 mL/kg	高カリウム血症患 者には注意
膠質液	5%アルブミン溶液	10-20 mL/kg	
血液製剤	ヘモグロビン10未満 の貧血患者に選択さ れる濃厚赤血球	5mL/kg (慢性、うっ血性 心不全) 10mL/kg (急性)	新鮮凍結血漿を ボラス投与して はならない
循環血液量正常 状態の維持輸液	10%ブドウ糖含有の 添加物添加生理食塩 水	1,600 mL/m <sup>2</sup> /日	進行性の体液喪 失、水分出納をモ ニタリングする



## 挿管用薬剤

- アトロピンおよびケタミンが選択薬である;新生児にはフェンタニル
- 最も経験豊富な術者;気道管理に熟練していれば筋弛緩薬
- 搬送中の快適性と安全性のためのフェンタニルと低用量ミダゾラム
- モルヒネまたはミダゾラムの大量ボース投与は避ける
- ペントバルビタールおよびプロポフォールは避ける

# 血管作動性薬剤の点滴静注

輸液負荷による蘇生

末梢静脈路もしくは骨髄路からまずは開始

↓

中心静脈ライン

**エピネフリン**  
末梢静脈路もしくは骨髄路から0.03  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$   
(望ましい)

**ドパミン**  
末梢静脈路もしくは骨髄路から  
10  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$   
(エピネフリンが入手できない場合)

遷延するショック ↓

Warm shock?

**ノルエピネフリン**  
0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$   
反応みて投与量を調整  
(中心静脈ライン推奨)

Cold shock ?

**エピネフリン**  
0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$   
反応みて投与量調整  
(中心静脈ライン推奨)



# 蘇生目標:1時間

## バイタルサインを閾値

	心拍数(拍/分)	Syst BP (mm Hg)	平均血圧 (mm Hg)
新生児	~ 120-180	60	~ 50
乳児	~ 100-160	70	~ 60
幼児	~ 100-140	80	~ 70
思春期前	~ 100-120	90	~ 75
青年期	~ 80-100	100	~ 80

- 正常な精神状態(鎮静されていない場合)
- 毛細血管再充満時間 $\leq$ 2秒
- 充実した末梢の脈



## 補助的な臨床検査

- 入院時の迅速血糖値測定、CBC、培養、生化学検査、イオン化カルシウム、血液型およびクロスマッチ、凝固検査
- 上大静脈に中心静脈ライン(CVL)が存在する場合、中心静脈血酸素飽和度を経時的に評価できる
- 血液ガス、乳酸値を経時的に評価することがある
- 状況によっては適応と考えられる検査は繰り返す

## 症例1



- 生来健康な2カ月の男児が、大量の下痢、嘔吐、嗜眠を発症。
- 著明な嗜眠状態。HR 220拍/分、BP 60/45mm Hg、RR 60回/分、T 36.1°C(97°F)、SaO<sub>2</sub> 95%(室内空気下)
- 網状皮斑あり、大泉門が陥凹し、四肢が冷たく、脈触れは弱い。
- 呼吸音および心音は正常、腹部は舟状で圧痛はない。

あなたの印象は？

この患者はショックを起こしていますか？



## 循環血液量減少性ショック

- 迅速に静脈路もしくは骨髄路を確保する
- 生理食塩水または乳酸加リンゲル液によるpush/pull法を用いて急速ボース投与を行う
- 適応があれば追加の輸液ボース投与を行う;進行中の体液喪失に対処する
- 低血糖および他の電解質異常(低カルシウム血症)を是正する;頻繁に再評価する

## 症例1



- 多量の下痢を呈した生後2カ月の乳児
- 痛み刺激に対する反応が非常に弱い
- HR 220拍/分、BP 60/45mm Hg、RR 60回/分、T 36.1°C(97°F)、Spo<sub>2</sub> 95%
- 斑状、冷たい四肢、弱い脈拍
- 呼吸音および心音は正常で、肝腫大はなく、腹部に圧痛はない。

初期管理は？



- 16歳の青年が倦怠感を訴え、その後倒れた。
- 全身状態不良。HR 160回/分、BP 60/50mm Hg、RR 36回/分、室内空気下でSpo<sub>2</sub> 95%、T 37°C(98.6°F)、網状皮斑、弱い脈拍、下肢冷感あり
- 水泡音を聴取し、肝腫大を認める。
- 簡易血糖測定にて血糖値90mg/dL。ABG: pH 7.16、Pco<sub>2</sub> 20mm Hg、イオン化カルシウムは正常。

これはどのような種類のショックですか？

管理計画は？



# 小児および青年における心原性 ショック

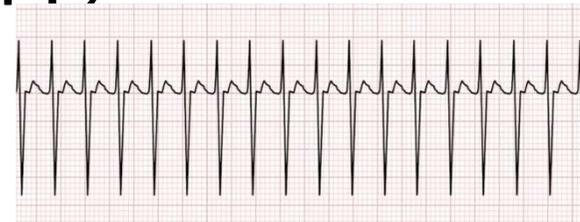
## ○ ABCs

- 頻繁な再評価を伴う慎重な輸液ボース投与
- 血管作動薬が適応となることがある
- 循環器科への迅速なコンサルト
- 急速な代償不全を伴う不整脈はいつでも起こりうる
- 血糖値、カルシウム、電解質の補正

## 症例3



- 嗜眠、哺乳不良、呼吸困難を伴った全身状態不良な生後7日の乳児
- HR 250回/分、BP 60/46mm Hg、RR 70回/分、SpO<sub>2</sub> 95% 室内気下、T 38°C(100.4°F)
- 斑状皮膚、弱い脈拍、四肢冷感
- 水泡音を聴取し肝腫大を認める。血糖値90mg/dL。ABG: pH 7.16, Pco<sub>2</sub> 20 mm Hg.



あなたの診断は？

管理計画は？



## 上室性頻拍による心原性ショック

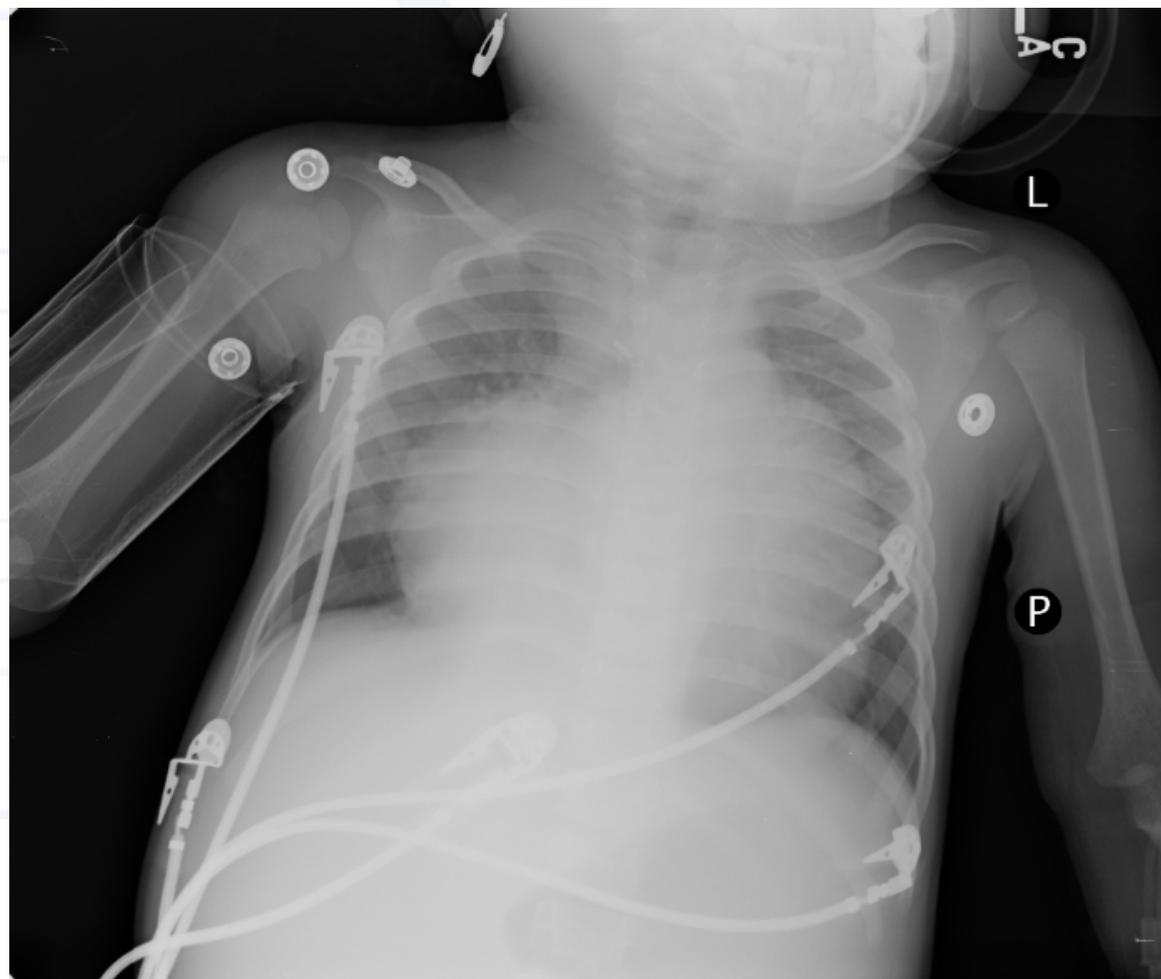
- 迅速な静脈路確保を含むABC
- 同期電氣的除細動を設定する間に、迷走神経刺激(氷/水バッグを顔にあてる)および静注アデノシン(0.1mg/kg急速静注)を試してもよい
  - カルシウム拮抗薬(例、ベラパミル)は決して乳児に投与してはならない
  - 先天性/構造的な心疾患を除外する



# 動脈管依存性病変による心原性 ショック

- ABCs
- 少量(5～10mL/kg)の輸液ボース投与に対する反応を評価する
- 動脈管依存性心疾患が否定されるまではプロスタグランジン(PGE1)0.05  $\mu$ g/kg/分
- プロスタグランジン使用による無呼吸を予測する。挿管にはアトロピンを使用し、鎮痛と鎮静の投与量を慎重に調整する。
- 輸液で循環を補助し、必要に応じて強心薬を使用する

# 心原性ショックの乳児





## 新生児のショック

- 外見の悪い早期乳児全員に先天性心疾患を考慮する。
- 上肢および下肢の脈拍と血圧の差について評価する
- 動脈管依存性心疾患は、重度の循環性ショックとして現れることがある。
- 感染症、代謝異常、先天異常以外の原因を考慮する。
- ハイドロコルチゾンまたはレボチロキシンが必要となることがある。



## 新生児における管理上の留意点

- 輸液ボラス(5～10mL/kg 1回量)を投与する。
- 低血糖、低カルシウム血症、副腎、甲状腺機能不全があらわれることがある。
- 最初の1時間以内に抗生物質を投与する。
- その他のことが証明されるまでは、動脈管依存性心疾患として管理する。
- 心機能低下が懸念される場合は、エピネフリンを開始してもよい(0.05  $\mu$ g/kg/分)。

## 症例4



- 症例は16歳の男児で、ラグビーをプレー中に、頸部と上背部に鈍的な損傷を負っている。
- 意識は清明、不安が強く、動けない状態である。
- HR 58拍/分、BP 70/30mm Hg、RR 16回/分、T 37°C(98.6°F)、室内空気下でSpo<sub>2</sub> 95%。
- 脈は容易に触知可能であり、皮膚は紅潮。
- 呼吸音は清、腹部の診察にて膨満した膀胱を触知した。

あなたの診断は？

管理計画は？



## 血液分布異常性ショック

- ABCと静脈路の迅速な確保
- 十分量の等張輸液による蘇生
- フェニレフリン (0.1–0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$ ) またはノルエピネフリン (0.05–0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$ ) による血管収縮の補助
- 十分な換気を確保する
- カテーテルで膀胱を減圧する;尿量をモニタリングする

## 症例5

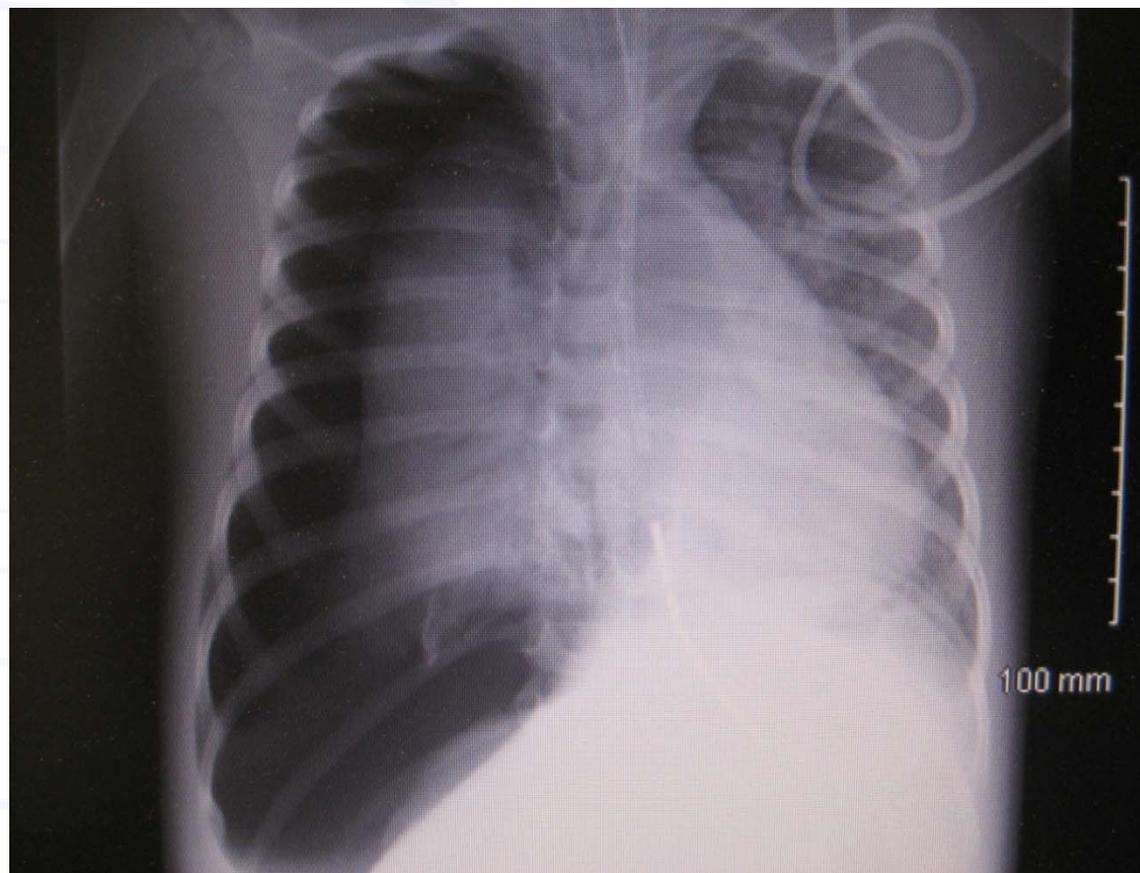


- 症例は12歳男児で、シートベルトなしで助手席に座っていた。
- 意識清明ではあるが呼吸困難で、鈍的胸部損傷を受けた後に出現しにくい。
- HR 150拍/分、BP 80/60mm Hg、RR 32呼吸/分、T 37°C(98.6°F)、Spo<sub>2</sub> 94%80%酸素投与。
- 皮膚はまだらで脈拍は弱い。
- 右の呼吸音は減弱し、気管偏位があり、腹部は正常である。

どのような追加試験を検討しますか？



# 胸部X線写真



管理計画は？



## 閉塞性ショック

- 緊急減圧または吸引を行う
- 1回量20mL/kgの輸液をボラス投与する
- 根本的な治療は胸腔チューブ留置である
- ケタミンは短時間の痛みを伴う処置に選択される薬物である
- モルヒネおよびベンゾジアゼピンは低血圧を助長することがある;プロポフォールは避ける

## 症例6



- 膝痛のある16歳の青年が倦怠感と高熱を発症
- HR 160回/分、RR 56回/分、T 39°C(102.2°F)、BP 70/30mm Hg、Spo<sub>2</sub> 96%(100%酸素投与下);患者は全身状態不良、皮膚は紅潮し、末梢の脈は反跳脈であり、毛細血管再充満は迅速
- 呼吸音は異常なし
- 前胸部はその他の点では正常;腹部は柔らかい。

あなたの診断は?

管理計画は?

## *Warm shock*

頻脈  
紅潮した外観  
急速な毛細血管再充満  
反跳脈  
広い脈圧  
低血圧

+

P

R

O

G

N

O

S

I

S

-

頻脈  
蒼白  
斑状皮膚  
毛細血管再充満の遅延  
微弱な末梢の脈  
脈圧狭小  
低血圧

## *Cold shock*



# 敗血症性ショックの管理: 一般原則

- カテコラミン不応性ショック、または副腎不全が疑われる場合には、ハイドロコルチゾン1～2mg/kgを6時間毎に静注する。
- Cold shockが持続する場合はエピネフリン、Warm shockの場合はノルエピネフリンによる追加の血管作動性のサポートを考慮する。
- ICU外ではミルリノンの使用は避ける;特に循環血液量減少した状態では初期負荷用量を投与しない。



# 敗血症性ショックの管理: 一般原則

- 最初の1時間に少なくとも40～60mL/kgの等張液を投与する;さらに多くの輸液が必要となることがある。
- 発症後1時間以内に抗生物質を投与し、可能であれば投与前に血液および尿の培養検体を採取する。
- 腰椎穿刺はICU入室後に行う
- 挿管中は要注意。低血圧や徐脈に注意。
- 臨床像に合わせて血管作動性薬剤を適宜調整する



## 敗血症性ショック

- 挿管中の心停止を防ぐためには、適切な蘇生が不可欠である。
- 処置前に少なくとも40mL/kgを投与する。
- アトロピンとケタミンが選択薬である。
- エピネフリン(0.03  $\mu$ g/kg/分)が望ましい。  
10  $\mu$ g/kg/分のドパミンも選択肢である;より高用量のエピネフリンまたはノルエピネフリンが必要な場合は、可及的速やかに中心静脈ラインを使用する。



## 時間を意識した管理

- 最初の数分間での**認識**
- 最初の5～15分間の**初期蘇生**
- 最初の15～60分で**輸液不応性ショック**に対処する
- 最初の1時間以内に**カテコールアミン不応性ショック**に対処する
- 集中治療室における**侵襲的モニタリング**



# PFCCS® キーポイント

- ショックの早期発見が不可欠であり、頻回の再評価が必要である。
- 迅速な輸液蘇生、早期の抗生物質投与、低血糖および低カルシウム血症の是正を行いつつ、ABCsに対する管理を開始する。
- 新生児または心原性ショック(5~10mL/kg)ではより少量の1回投与量、先天性心疾患の疑いのある新生児ではプロスタグランジンE1。
- 挿管手技に対し、慎重に準備することで、心血管の虚脱を予防する。