

気管挿管とカプノメータ

2015.4.23 研修医勉強会

- Q01. ACLSにおける ABCD の“B”は、具体的には何を指しますか？
- Q02. 気管挿管時、胸骨圧迫は中止すべきですか？
- Q03. 気管内の適切な位置に挿入されたことを確認する手段として、どんなものを知っていますか？どの方法が最も有用とされていますか？
- Q04. 気管挿管後、チューブの位置確認作業の中でどのタイミングで「胸骨圧迫を再開して下さい」と指示すべきですか？ その理論的根拠は？

気管挿管とカプノメータ

2015.4.23 研修医勉強会

- Q05. 「声門上デバイス(気道確保器具)」とは、何ですか？ どんな種類の挿入チューブがありますか？
- Q06. 気管チューブの大きさを示す I.D. とは何ですか？ E.D. との違いは？
- Q07. 今、あなたは ERで 研修中です。救急隊から6歳の男児が溺水にて CPA という連絡を受けました。どのサイズの気管チューブを準備しますか？
I.D. 何 mm のものを用意しますか？ チューブはカフ付きのものが良いですか？ or カフ無し？
- Q08. 気管挿管後の合併症 “ D.O.P.E. ” とは、何？

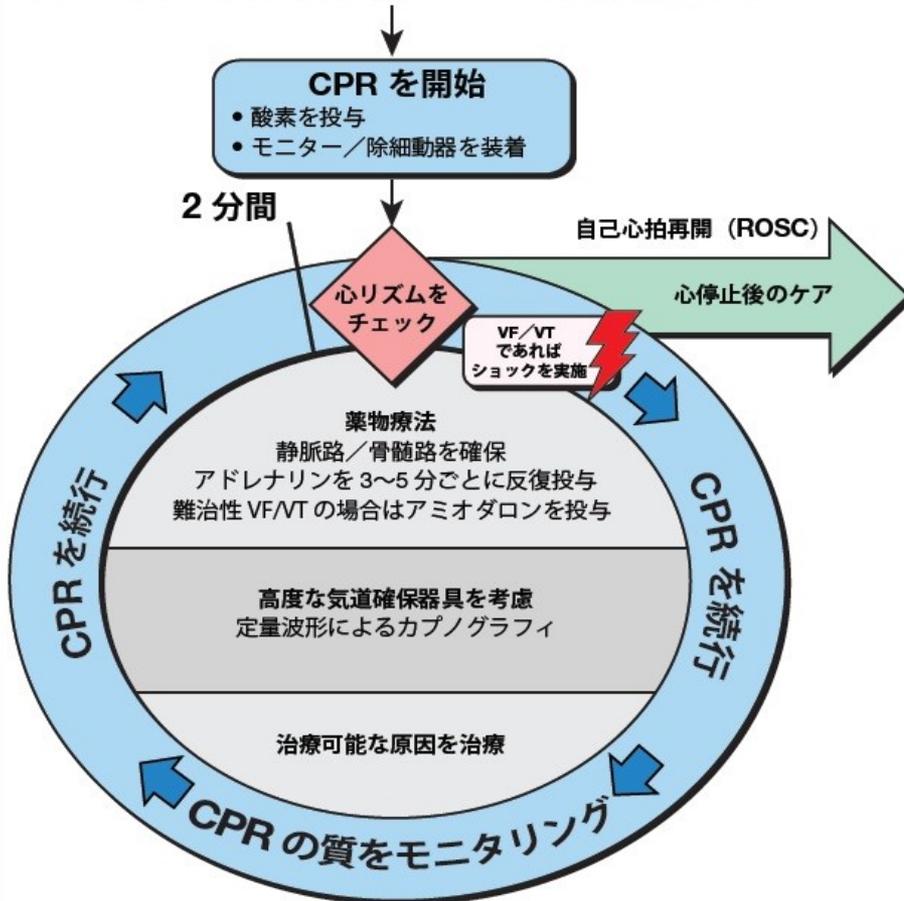
気管挿管とカプノメータ

2015.4.23 研修医勉強会

- Q09. カプノメータの数値は、何を表していますか？
- Q10. カプノメータの正常値は、どれくらいですか？
心肺停止時(気管挿管+胸骨圧迫中)の値は
どれくらいですか？ 心拍再開時、その数値が
急上昇する理由は、何ですか？
- Q11. カプノメータによってわかること“3つ”述べて！
- Q12. 心肺停止患者に ACLS を行い、心拍が再開し
ましたが、カプノメータの値は 20~25 mmHgを
表示します。考えられる病態を“3つ”述べて！

環状の ACLS アルゴリズム

大声で助けを呼ぶ／救急対応システムの出動を要請する



CPR の質

- 強く (2 インチ [5 cm] 以上) 速く (100 回/分以上) 押し、胸壁が完全にもとに戻るまで待つ
- 胸骨圧迫の中断を最小限にする
- 過剰な換気避ける
- 2 分ごとに圧迫担当を交代する
- 高度な気道確保器具を使用しない場合は、30 : 2 の圧迫・換気比
- 定量波形によるカブノグラフィ
 - PETCO₂ が 10 mm Hg 未満の場合は、CPR の質の向上を試みる
- 動脈内圧
 - 弛緩期 (拡張期) 圧が 20 mm Hg 未満の場合は、CPR の質の向上を試みる

自己心拍再開 (ROSC)

- 脈拍と血圧
- PETCO₂ の突発的および持続的な増大 (通常は 40 mm Hg 以上)
- 動脈内圧モニタリングで自己心拍による動脈圧波形を確認

ショックのエネルギー

- 二相性：製造業者の推奨エネルギー量 (120~200 J)。不明な場合は使用可能な最大エネルギー量を使用する。2 回目以降のエネルギー量は初回と同等とし、より大きなエネルギー量を考慮してもかまわない。
- 単相性：360 J

薬物療法

- アドレナリン静注／骨髄内投与：3~5 分ごとに 1 mg を反復投与
- バンプレシン静注／骨髄内投与：初回または 2 回目のアドレナリン投与の代わりに 40 単位を投与してもよい
- アミオダロン静注／骨髄内投与：初回投与量：300 mg ボーラス。2 回目投与量：150 mg。

高度な気道確保器具

- 声門上気道確保器具または気管内挿管
- ET チューブの位置を確認しモニタリングするためのカブノグラフィ波形
- 胸骨圧迫を続行しながら 1 分あたり 8~10 回の人工呼吸

治療可能な原因

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| - 循環血流量減少 (Hypovolemia) | - 緊張性気胸 (Tension pneumothorax) |
| - 低酸素症 (Hypoxia) | - 心タンポナーデ (Tamponade, cardiac) |
| - 水素イオン (Hydrogen ion) (アシドーシス) | - 毒物 (Toxins) |
| - 低/高カリウム血症 (Hypo-/hyperkalemia) | - 血栓症、肺動脈 (Thrombosis, pulmonary) |
| - 低体温 (Hypothermia) | - 血栓症、冠動脈 (Thrombosis, coronary) |

気管挿管操作に関連した医療事故

【症例 ①】 53歳、男性

現病歴：脳卒中にて緊急搬送された。当直の内科医師が気管挿管を試みたが、食道挿管となり死亡（食道挿管・食道裂傷）。

⇒ 心・肺が空気で圧迫され死亡...と記載。

裁判では、4900万円で和解となった。

★ 研修医の皆さんが将来、同じ状況になった場合、どうする？ 上級医がすぐに来れない時、自分で挿管した後、どうやって確認を？

ACLS: カプノグラフ波形

- 変更点：ETCO₂は 定性から定量表示へ
定量的カプノグラフィ（呼気CO₂分圧）波形
 - ・ 気管チューブの正しい位置確認とモニタとして
最も信頼性の高い手段（Class I, LOE A）
- 理由：
 - ・ 気管チューブの誤挿入（食道挿管）や位置ずれ
・ 逸脱の発生率は、容認しがたいほどに高い。
 - ・ 心停止において、**定量的**カプノグラフィは、
正しい気管チューブ留置を診断する時、他の
方法と比べ極めて高い感度と特異度を有する。

ETCO₂(呼気終末炭酸ガス)検知器: Easy Cap IIによる 気管挿管の確認

(G2005 ⇒ 呼気終末炭酸ガス濃度の 定性法だった...)



【 吸気時 】

吸気時(人工換気時)には、高濃度酸素が流れるため、気管チューブ内のCO₂値は著減し、**紫色**に変化する。

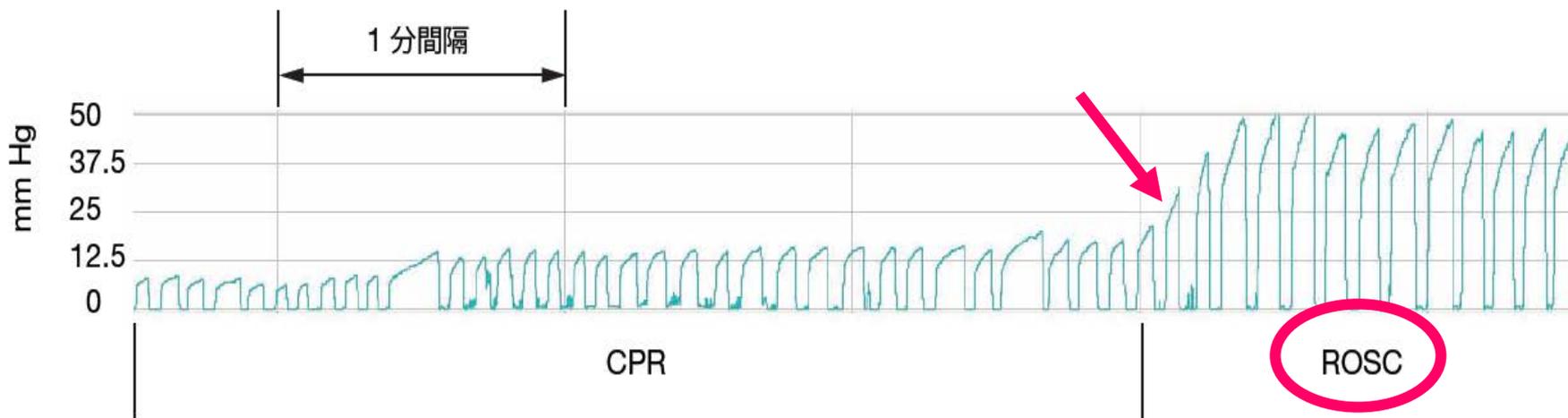


【 呼気時 】

呼気時には、傷病者の肺で、血中から肺胞内へ移行したCO₂が呼気中へ排出されるため、気管チューブ内のCO₂値が上昇、**黄色**に変化 ⇒ **Yes, Yellow**と覚える。

ACLS : CPR中の生理学的モニタリング

- ① 連続的かつ定量的呼気CO₂分圧(ETCO₂)計 = カプノグラフィは、CPR中の胸骨圧迫の質の評価に有用である。
- ② カプノグラフィは 気管挿管時の位置評価に有用である。



蘇生努力の効果をモニタリングするカプノグラフィ。この2番目のカプノグラフィトレースは、PETCO₂ (mm Hg) を縦軸として、その経時変化を示している。この患者は挿管され、CPRを受けている。換気速度は1分あたりの人工呼吸が約8～10回であることを注意する。胸骨圧迫は連続して100回/分よりやや速いテンポで行われているが、このトレースには現れていない。最初の1分間は初期PETCO₂が12.5 mm Hg未滿であり、血流量が非常に少ないことを示している。2分目と3分目にはPETCO₂が12.5～25 mm Hgに増加し、進行中の蘇生に伴う血流量の増大と一致している。自己心拍再開 (return of spontaneous circulation, ROSC) は4分目に発現している。ROSCは、PETCO₂が急峻に増大し(4本目の縦線の直後にみられる)40 mm Hgを超えたことにより認識され、このことは血流量の大幅な改善と一致している。

(ETCO₂の定量的かつ持続的モニターは、G2010から強調されるようになった)

CPR中のカプノグラフィ波形⇒食道挿管！



- ◎ CPR中のETCO₂分圧は、肺血流量≒心拍出量を反映している。
- ◎ 定量式で ETCO₂分圧が ほぼ“0” の場合は、食道挿管を考慮。
(例外 ⇒ 冬山での心肺停止、心停止後長時間経過 など)

ACLS : CPR中のカプノグラフィ波形



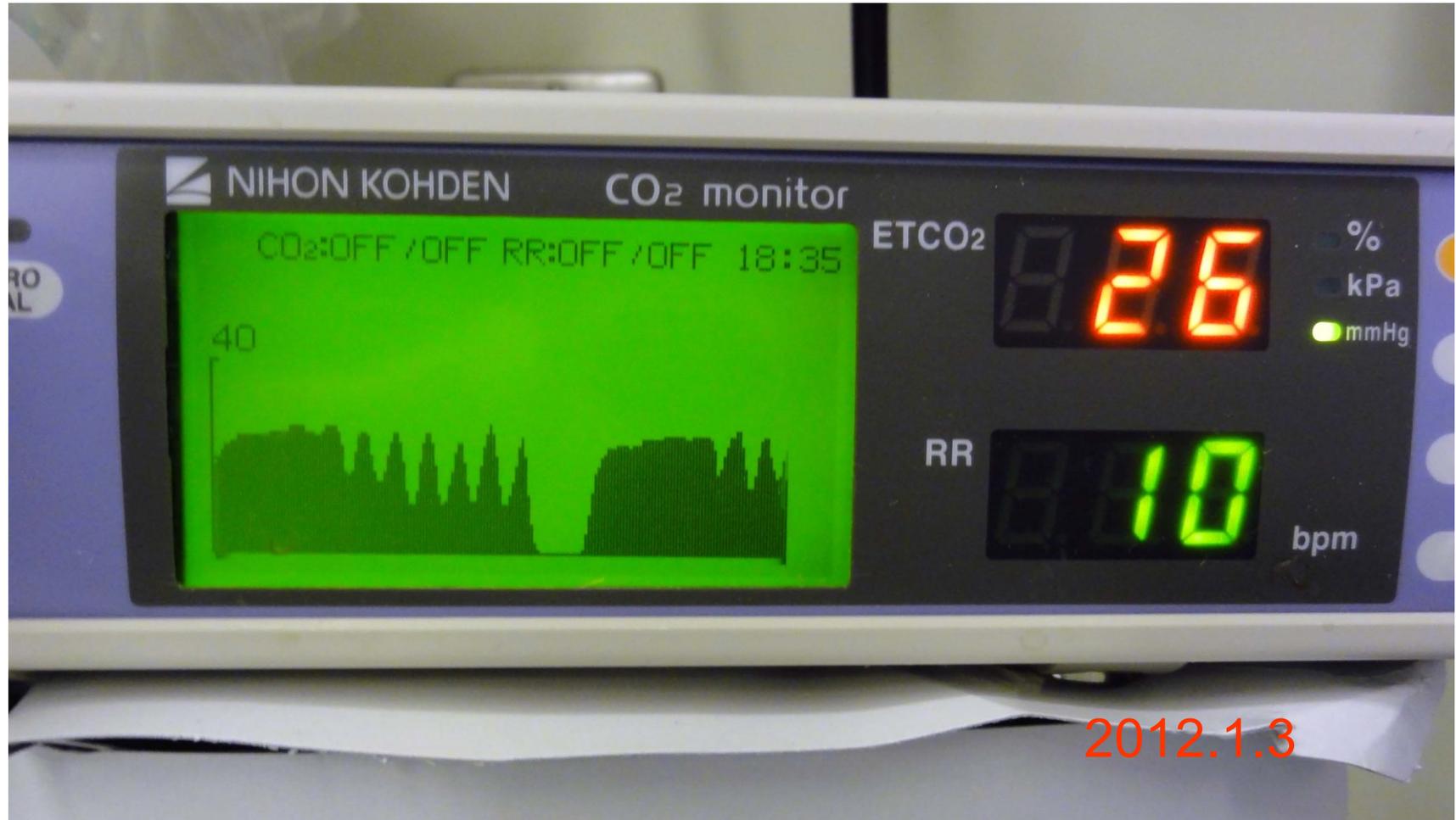
- ◎ CPR中のETCO₂分圧は、10mmHg前後で、胸骨圧迫が不十分。
- ◎ 胸骨圧迫は 非同期なので、呼気中も圧迫により波形が変動する。

ACLS : CPR中のカプノグラフィ波形



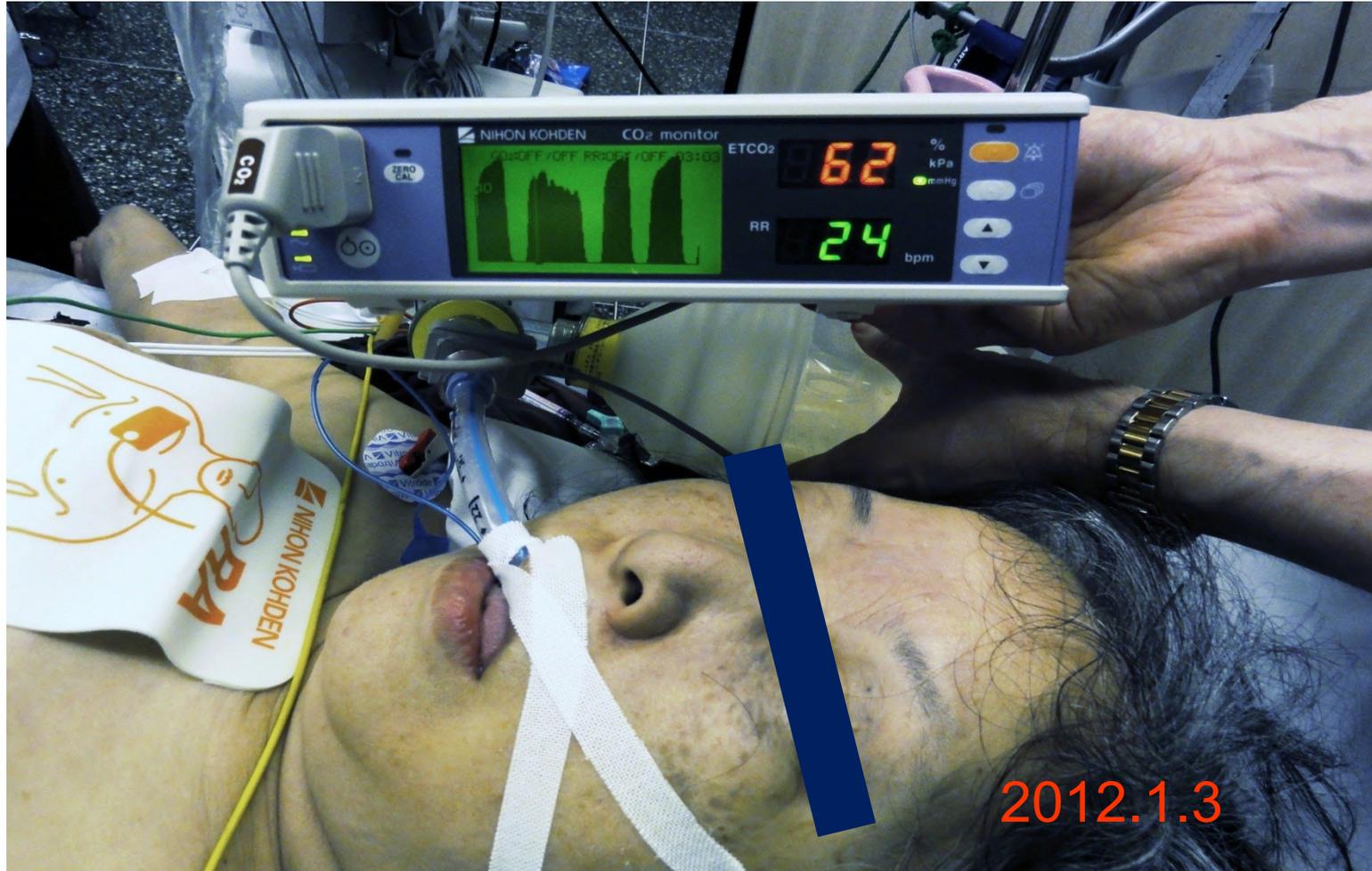
- ◎ 胸骨圧迫の術者が代わり、ETCO₂分圧は 16 mmHgに上昇した。
- ◎ ETCO₂分圧の数値は、CPRの“質”をある程度、反映する。
(最低、10mmHg は必要)

ACLS : ROSC直前のカプノグラフィ波形



- ◎ ROSC直前は、ETCO₂分圧が 20mmHg~30mmHg を超える。
- ◎ リズム・チェック前でも、カプノグラフィの値が上昇していけば、心拍再開が予見できる。また、気管挿管の位置が適切と言える。

ACLS : ROSC後のカプノグラフィ波形



- ◎ ROSC(心拍再開)直後は、ETCO₂分圧が 40mmHgを超える。
- ◎ ROSC後に最も重要なのは『適切な酸素化と血圧の維持』。
過換気を避け PaCO₂ 40mmHg, ETCO₂ 35~40mmHgが目標。



CPR中

好生館のERでも、呼気CO₂モニターは 必須のデバイスです。
効果的な CPR の目安 ⇒ PETCO₂ \geq 10 mmHg
ROSC(心拍再開)後の目標 ⇒ PETCO₂ 35~40 mmHg

ROSC後



小型・高機能な“携帯型”カプノメータ;EMMA

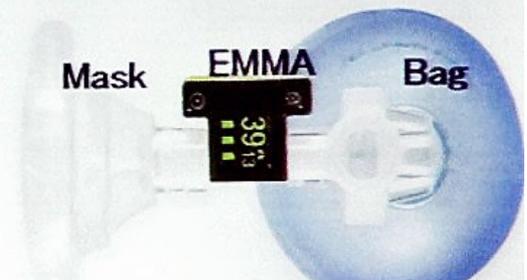
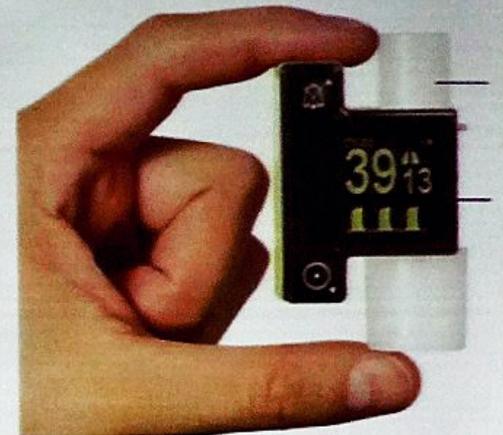
携帯型呼気二酸化炭素モニター 新型EMMA®

呼気CO₂モニター：以下の指標として重視

- ・気管挿管チューブの位置確認
- ・胸骨圧迫の効果判定
- ・自己心拍再開確認
- ・蘇生可能かどうかの推定

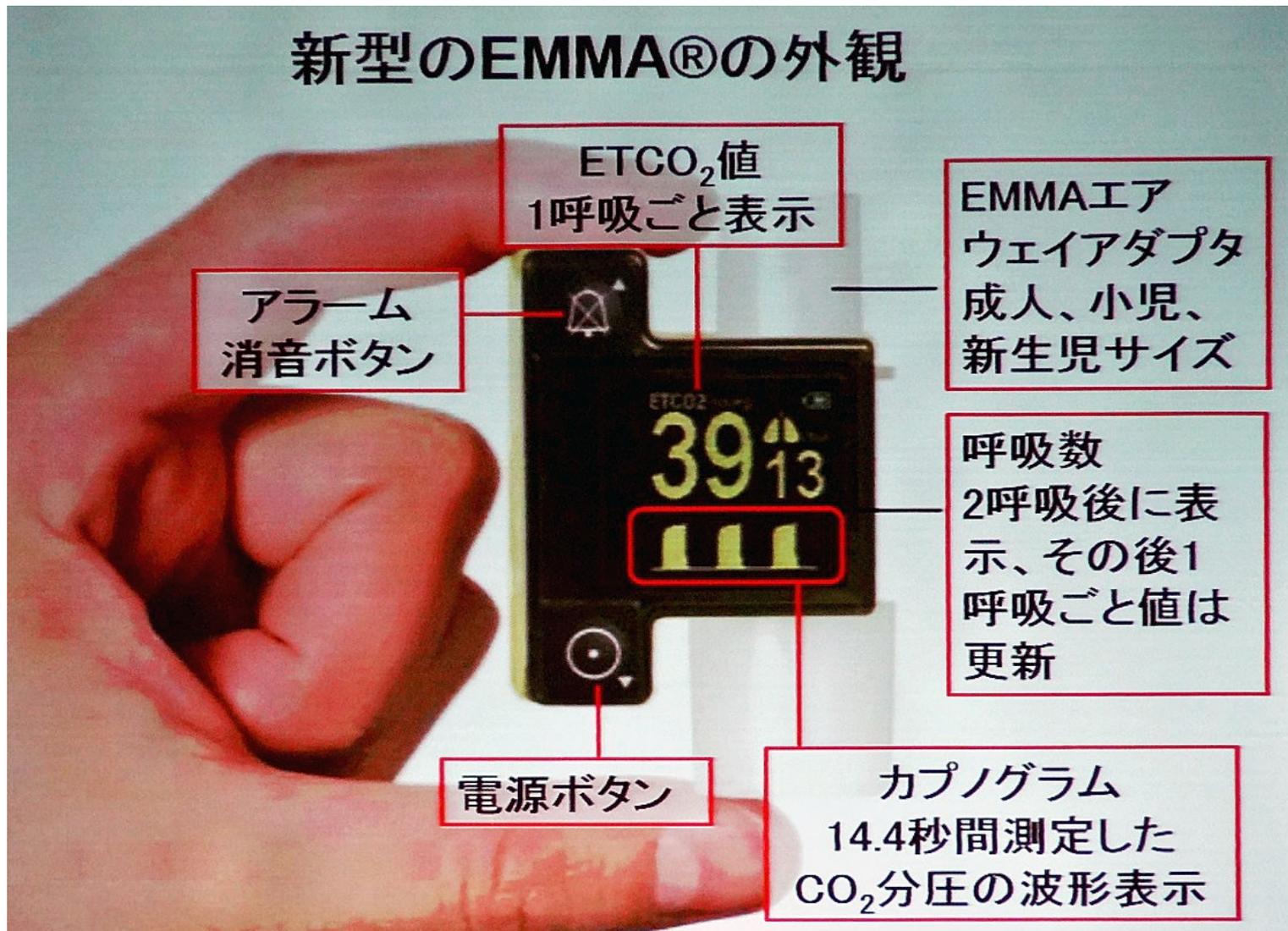
新型EMMA®

- ・**小型・操作が簡便**→重量60g15秒で測定
病院外、ヘリ内などどこでも使いやすい
- ・**波形表示**
→ETCO₂が低くても、胸骨圧迫効果や
気管挿管の位置確認が容易



病院前救護や病棟急変時の気管挿管の 確認デバイスとして、今後は必須となる！

新型のEMMA®の外観



高度な気道確保器具とチューブ固定

＜人工呼吸＞

成人の意識(-) 呼吸(-) 脈(+) → 5～6秒に1回 (=10～12回/分)

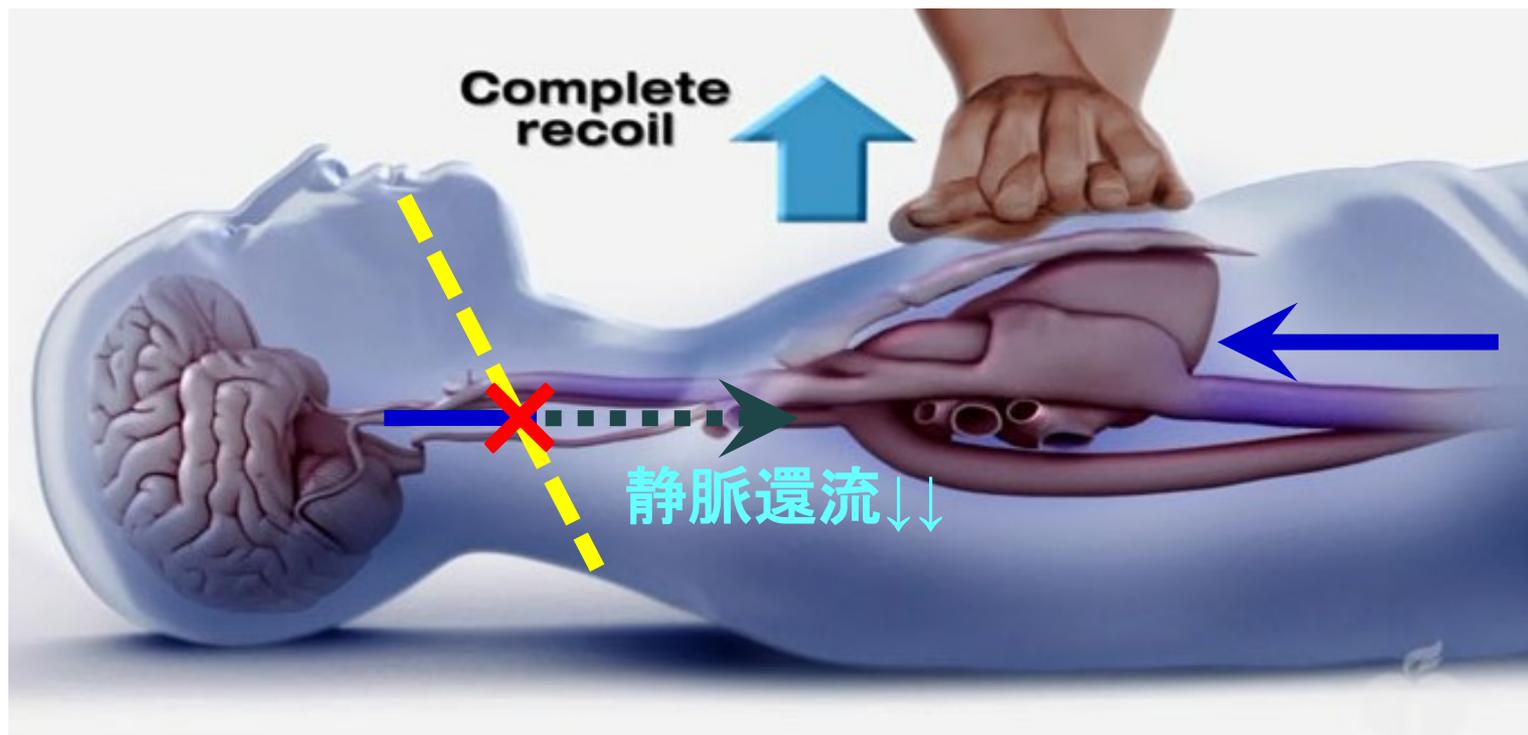
高度気道確保器具挿入後 → 6(～8)秒に1回 (= 約10回/分)
胸骨圧迫は中断しない⇒**非同期**

高度気道確保器具を装着後に固定する際は従来の粘着テープ(ニチバンやシルキーテックスなど)による固定よりも、**専用の固定具**(チューブホルダー等)が推奨されている



気管挿管後に**喀痰を吸引**する場合、気管チューブ内からカテーテルを引き出しながら、10秒以内で終わらせることを心がける

挿管チューブ・声門上デバイス固定時の注意点(副作用)



- ・高度な気道確保器具を固定する際に、頸部周囲にひも状 or バンド状の固定具を巻きつけるが、頸部を強く締め付けると逆効果となる(脳環流圧が低下するという副作用・危険性があり得る)。

