

【 講演 2 】

8:45 - 9:45

原点回帰！
多職種による人工呼吸管理
～情報をアセスメントし安全な
離脱に繋げる～



岡谷市民病院
集中ケア認定看護師

中村 理津子 先生

原点回帰！多職種による人工呼吸管理

情報をアセスメントし 安全な離脱に繋げる

岡谷市民病院
集中ケア認定看護師 中村 理津子

研修内容

1. 得られた情報をアセスメント
 - 1) カプノメータ
 - 2) パルスオキシメータ
2. 「安全」な離脱に繋がる看護ケア
 - 1) 挿管チューブ
 - 2) カフ圧
 - 3) 鎮静薬

カプノメータ

- 「安全な麻酔のためのモニタ指針」
- 「気道管理ガイドライン2014」
- 「人工呼吸器安全使用のための指針 第2版」
- 「JRC蘇生ガイドライン2020」

カプノグラムの波形が
第Ⅲ相までである…換気の状態は正常
第Ⅲ相欠落…換気の状態は正常ではない
波形が「なし」…換気の状態は異常

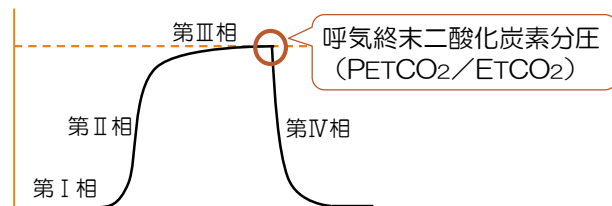
換気状態の表現方法	換気状態が最大限に努力をして換気		
	V1	V2	異常
換気の状態	正常	正常ではない	異常
気道確保の難易度	容易	困難	不可能
重篤な低酸素血症へ進展する可能性	なし	まれはない	あり
重篤な高酸化炭素血症へ進展する可能性	なし	あり	あり
期待できる一換気量	5 ml/kg 以上	2 から 5 ml/kg	2 ml/kg 以下
カプノグラムの波形	第Ⅲ相まで	第Ⅲ相欠落	なし



気道管理ガイドライン2014

カプノグラム

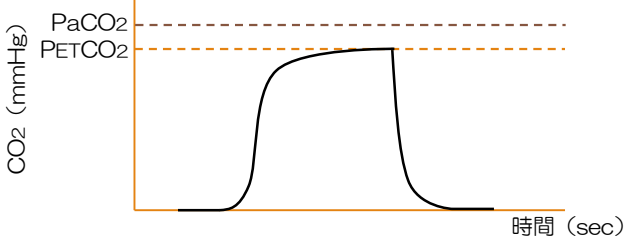
- 第Ⅰ相：吸気が終わり呼気開始
- 第Ⅱ相：肺胞気ガスが呼出されはじめ急激に上昇
- 第Ⅲ相：肺胞気ガスが殆どを占める（肺胞プラトー）
- 第Ⅳ相：呼気から吸気に転換、基線に戻る



カプノグラム

動脈血二酸化炭素分圧 (PaCO₂) と呼気終末二酸化炭素分圧 (PETCO₂) の差異は 2 ~ 5 Torr程度

V/Qミスマッチや心拍出量に異常がない症例では…



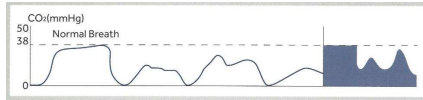
カプノメータ

人工呼吸器管理中のPETCO₂に影響を与える因子

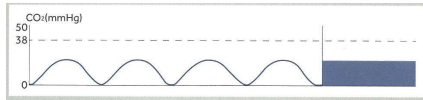
	PETCO ₂ 増加	PETCO ₂ 減少
代謝関連	<ul style="list-style-type: none"> 疼痛 悪性高熱 シバリング 	<ul style="list-style-type: none"> 低体温
呼吸関連	<ul style="list-style-type: none"> 呼吸不全（低換気） 呼吸抑制 閉塞性肺疾患 	<ul style="list-style-type: none"> 肺胞過換気
循環関連	<ul style="list-style-type: none"> 心拍出量の増加（発熱や敗血症など） 	<ul style="list-style-type: none"> 心停止 循環血液量減少 肺塞栓
機器関連	<ul style="list-style-type: none"> 設定換気量の不足 呼気弁の不調などによる呼気ガスの再吸入 	<ul style="list-style-type: none"> 気管チューブ等の部分閉塞、ねじれ 食道挿管 過剰な設定換気量 人工呼吸器回路のリーク

カプノグラム：異常波形

気管チューブの部分的な閉塞：
波形に歪みが生じる



リーク、カフなしチューブ使用時：
波形の減衰かつ肺泡プラトーが消失する

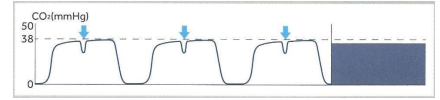


許可を得て転写

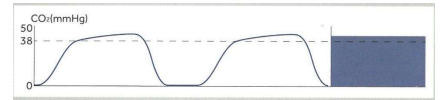
Gravenstein JS, et al. Capnography, 2nd ed. Cambridge University Press: 2011. 474p.

カプノグラム：異常波形

筋弛緩薬使用時に呼吸筋レベルでの覚醒が出現：
患者の自発呼吸により肺泡プラトーに変化を認める



高熱や敗血症などにおける代謝亢進時（自発呼吸による代償がない場合）：
肺泡プラトーとPETCO₂が上昇する

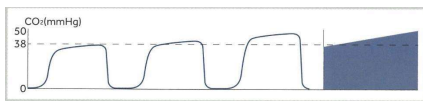


許可を得て転写

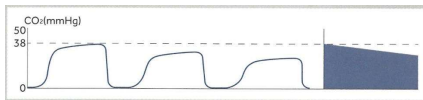
Gravenstein JS, et al. Capnography, 2nd ed. Cambridge University Press: 2011. 474p.

カプノグラム：異常波形

重炭酸投与、低心拍出からの循環改善：
PETCO₂が上昇する



過換気もしくは心拍出量低下による肺へのCO₂運搬の減少：
PETCO₂が減少する

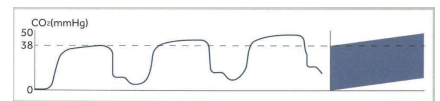


許可を得て転写

Gravenstein JS, et al. Capnography, 2nd ed. Cambridge University Press: 2011. 474p.

カプノグラム：異常波形

人工呼吸器回路弁の故障やソーダライムの劣化：
ベースラインとPETCO₂が上昇する

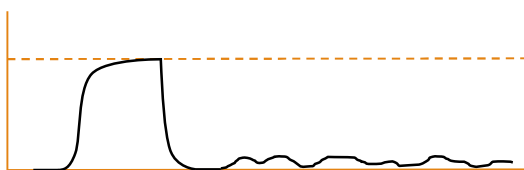


許可を得て転写

Gravenstein JS, et al. Capnography, 2nd ed. Cambridge University Press: 2011. 474p.

カプノメータ…「安全」の観点から

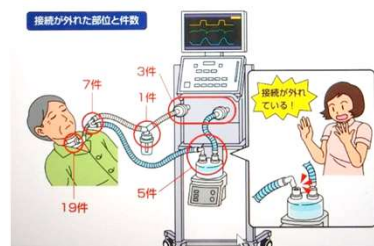
波形が突然ゼロ付近まで低下！
気道のトラブル？
機器のトラブル？
患者さんになにかあった???



カプノメータ…「安全」の観点から

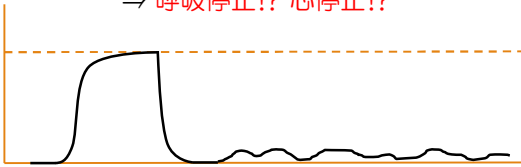
日本医療機能評価機構 医療安全情報 No.176

『人工呼吸器の回路の接続はすれ』



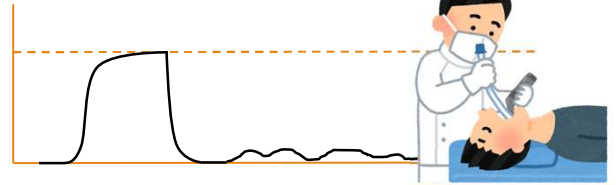
カプノメータ…「安全」の観点から

波形が突然ゼロ付近まで低下！
 気道のトラブル？
 機器のトラブル？
 患者さんになにかあった？？
 ⇒ 呼気中にCO₂が排出されない
 ⇒ **呼吸停止!?! 心停止!?!**



カプノメータ…「安全」の観点から

波形が突然ゼロ付近まで低下！
 事故抜管だったら…再挿管!?!
 気道閉塞だったら…再挿管!?!
 自発呼吸下の呼吸停止だったら…挿管(?)



カプノメータ：挿管時のモニタリング

『JRC蘇生ガイドライン2020』

CPR 中の気管チューブの位置確認や連続モニターには、身体所見に加えて、波形表示のある呼気 CO₂モニターを用いることを推奨する（強い推奨、低いエビデンス）

心停止例においては、ETCO₂モニターや食道検知器では、検査結果が出ない場合があり、その様な場合は、聴診等の基本的な診療技術が優れている

6呼吸以上換気して評価する

JRC蘇生ガイドライン2020（オンライン版p.27）

カプノメータ：CPRの指標になるの？

波形が突然ゼロ付近まで低下！
 心停止だとしたら…心肺蘇生法（CPR）開始
 ⇒ カプノメータは指標になるの???

『JRC蘇生ガイドライン2020』

CQ：CPR 中における最適な生理学的指標のモニタリングは何か？

推奨と提案：

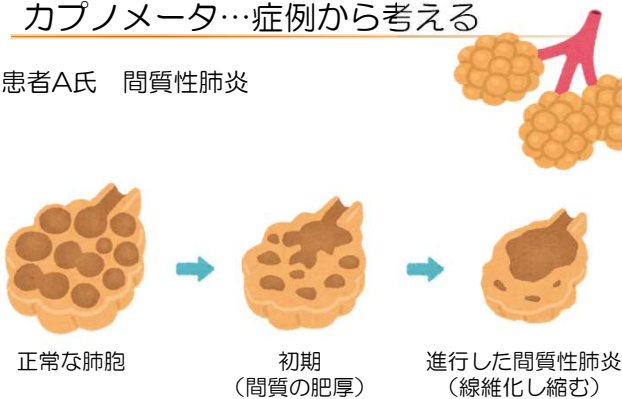
CPR のガイドとするためには、いずれの生理学的指標のモニタリングについても推奨を行わない



JRC蘇生ガイドライン2020（オンライン版 p.55）

カプノメータ…症例から考える

患者A氏 間質性肺炎



CT画像：やさしい呼吸器教室

カプノメータ…症例から考える

患者A氏 間質性肺炎

	当日	2日目	9日目	12日目	13日目
PaCO ₂	42.8	44.6	84.7	105.0	90.9
PETCO ₂	32	29~32	35~41	60~65	41~46
P/F 比	67.5	71.8	39.2	49.6	50.1

P/F 比：PaO₂ ÷ FiO₂ 酸素化の指標の1つ

例えば、room air (FiO₂≒0.21) でPaO₂が 96 mmHg

⇒ 96 ÷ 0.21 = 457.1

人工呼吸管理でFiO₂ 0.6 でPaO₂が 96 mmHg

⇒ 96 ÷ 0.6 = 160

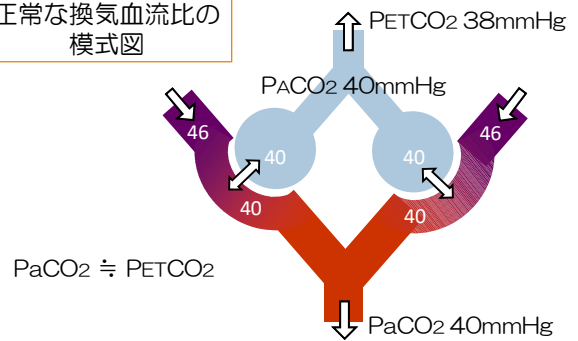
カプノメータ…どうアセスメントする？

患者A氏 間質性肺炎

	当日	2日目	
PaCO ₂	42.8	44.6	基準値(35~45 mmHg)内
PETCO ₂	32	29~32	PaCO ₂ より10mmHg以上低値
P/F 比	67.5	71.8	酸素化はかなり悪い

カプノメータ…どうアセスメントする？

正常な換気血流比の
模式図

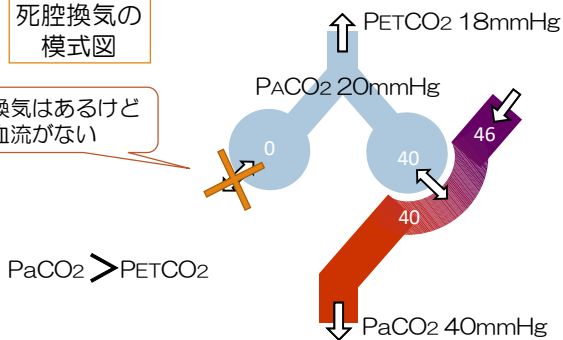


Restrepo RD, et al. Expert Rev Respir Med. 2014;8(5):629-39.PMID:25020234を参考に中村作成

カプノメータ…どうアセスメントする？

死腔換気の
模式図

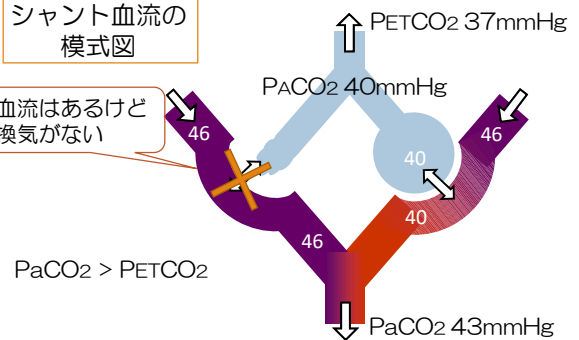
換気はあるけど
血流がない



カプノメータ…どうアセスメントする？

シャント血流の
模式図

血流はあるけど
換気がない



カプノメータ…どうアセスメントする？

患者A氏 間質性肺炎

	9日目	12日目	
PaCO ₂	84.7	105.0	基準値以上…肺泡低換気
PETCO ₂	35~41	60~65	PaCO ₂ との較差拡大
P/F 比	39.2	49.6	酸素化はさらに悪化

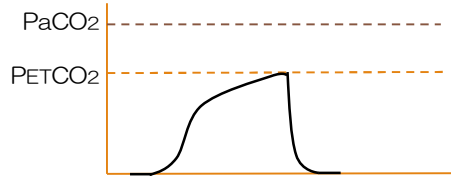
カプノメータ…どうアセスメントする？

患者A氏 間質性肺炎

	13日目	
PaCO ₂	90.9	昨日と比べると改善
PETCO ₂	41~46	PaCO ₂ との較差はあるけど…一応相関しているか
P/F 比	50.1	酸素化は横ばい

カプノメータ…閉塞性換気障害

第Ⅲ相が緩徐に上昇しプラトー消失
呼出に時間的遅れが生じる肺胞域の存在
慢性閉塞性肺疾患 (COPD)
喘息重責発作
⇒ PaCO₂ > PETCO₂



研修内容

1. 得られた情報をアセスメント
 - 1) カプノメータ
 - 2) パルスオキシメータ
2. 「安全」な離脱に繋がる看護ケア
 - 1) 挿管チューブ
 - 2) カフ圧
 - 3) 鎮静薬

パルスオキシメータ …「安全」の観点から

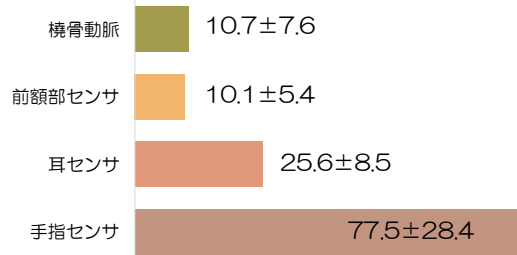
日本医療機能評価機構 医療安全情報 No.176
『人工呼吸器の回路の接続はすれ』

事例1：
看護師は、勤務開始時に人工呼吸器の回路の接続部に緩みがないかを手で触れて確認することになっていたが、ナースコールの対応に追われ目視のみで確認した。
その後、患者のSpO₂低下のアラームが鳴ったため看護師が訪室したところ、患者は顔面蒼白で、SpO₂は50%台であり、気管切開チューブと回路の接続が外れていた。

そのSpO₂…ほんと？

低温暴露により末梢血管収縮を誘発

FiO₂を変化させた後 SaO₂・SpO₂が変化するまでの時間 (秒)



許可を取って複製

Bebout DE, et al. Crit Care Med. 2002;30(12):A72 Abstract.

パルスオキシメータ



パルスオキシメータ …「安全」の観点から

日本医療機能評価機構 医療安全情報 No.161
『パルスオキシメータプローブによる熱傷』

事例2：
患者は寝たきりで、終日パルスオキシメータプローブを装着していた。添付文書には8時間ごとにプローブの装着部位の変更や皮膚の観察を行うことと記載されていたが、入浴や清拭時のみ行い、各勤務帯では実施していなかった。清拭時にプローブを外すと熱傷をきたしていた。

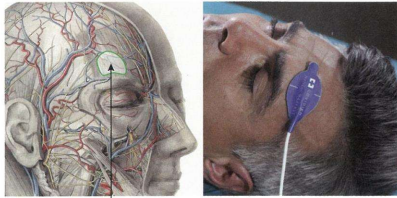
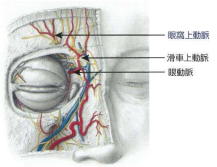
パルスオキシメータ

…「安全」の観点から

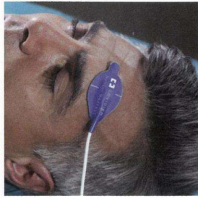


前額部センサ
どこにつけるか知ってます？

図4 前額部の血管



センサ装着位置



許可を得て転写

(製薬元資料より)

SpO₂…どうアセスメントする？

SpO₂：経皮的動脈血酸素飽和度

$$\text{酸素飽和度 (SO}_2\text{ : \%)} = \frac{\text{酸素と結合したヘモグロビン量}}{\text{全体のヘモグロビン量}}$$

⇒ ヘモグロビンが少なかったら???

動脈血液中の酸素含量 (CaO₂)

$$1.34 \times \text{Hb} \times \text{SaO}_2 (\% / 100) + 0.0031 \times \text{PaO}_2$$

ヘモグロビンが含有している酸素量 血液に溶けている酸素量

SpO₂…どうアセスメントする？

動脈血液中の酸素含量 (CaO₂)

$$\frac{1.34 \times \text{Hb} \times \text{SaO}_2 (\% / 100)}{\text{ヘモグロビンが含有している酸素量}} + \frac{0.0031 \times \text{PaO}_2}{\text{血液に溶けている酸素量}}$$

たとえば…同じSaO₂ 98%で、同じPaO₂ 95torr
A氏は Hb15g/dL、B氏は Hb 8g/dL

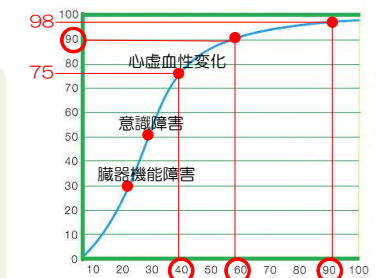
A氏 $1.34 \times 15 \times 0.98 + 0.0031 \times 95 \doteq 20.0$

B氏 $1.34 \times 8 \times 0.98 + 0.0031 \times 95 \doteq 10.8$

SpO₂…どうアセスメントする？

酸素解離曲線

酸素飽和度 (SpO₂) : %



- 患者さんの表情
- 患者さんの訴え
- 呼吸回数
- 呼吸のパターン
- 循環動態
- 体温
- 酸塩基平衡
- 血液ガス分析
- 貧血の有無 など

動脈血酸素分圧 (PaO₂) : mmHg/torr

研修内容

1. 得られた情報をアセスメント
 - 1) カプノメータ
 - 2) パルスオキシメータ
2. 「安全」な離脱に繋がる看護ケア
 - 1) 挿管チューブ
 - 2) カフ圧
 - 3) 鎮静薬

挿管チューブのずれ

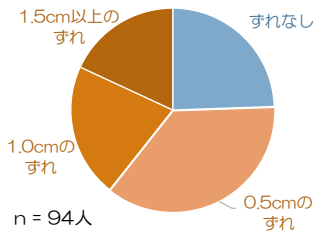
体位変換における挿管チューブの先端位置の移動
回旋ではほとんど移動せず
屈曲で気管分岐部方向へ移動
伸展で喉頭方向へ移動

Movement of oral and nasal tracheal tubes as a result of changes in head and neck position
R. HARTREY, I. G. KESTIN

挿管チューブのずれ

『経口気管挿管チューブのずれに関する一考察』

加藤鮎美 他：2008



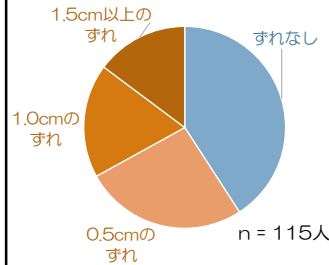
- 最大6cmのずれが生じた
- 口角での位置がずれていたのは2例のみ
- 鎮静剤未投与群が、ずれが大きかった
- バイトブロックの使用の有無に有意差が見られた

第28回 東京医科大学病院看護研究集録

挿管チューブのずれ

『経口気管挿管チューブのずれを最小限にするための安全な固定方法の検討』

加藤鮎美 他：2009



- バイトブロックと気管チューブを別固定とした
- 最大3cmのずれが生じた
- 口角での位置がずれていたのは2例だった
- 鎮静剤投与の有無に有意差は認めなかった
- 皮膚トラブルの発生患者数は38名中5名だった

第29回 東京医科大学病院看護研究集録

挿管チューブのずれ

⇒ バイトブロックも要因の一つ？



外挿型バイトブロック上部吸引ライン付き気管チューブへの使用は推奨いたしません



挿管チューブのずれ

⇒ 固定方法を変える？

『挿管チューブ口角固定・上顎固定法の比較と上顎固定実施時のずれの検討』

松宗さや香 他：2016

- チューブのずれが生じた日数、ずれの計測値から見ても上顎固定が有効であることが示唆された
- 挿管チューブとバイトブロックを別々に固定する必要があった
- 唾液が多い患者は上顎固定の方が妥当
- 上顎固定にする事により、口腔ケアや口腔内の観察が容易であるという副効果があった

研修内容

1. 得られた情報をアセスメント
 - 1) カプノメータ
 - 2) パルスオキシメータ
2. 「安全」な離脱に繋がる看護ケア
 - 1) 挿管チューブ
 - 2) カフ圧
 - 3) 鎮静薬

カフ圧

カフ圧の管理：カフ圧計に表記されている適正圧

⇒ 20~30cmH₂O

20cmH₂Oより低下するとVAPの発生率が上がる

気道粘膜の血流

	正常圧	予測される障害
気管動脈圧	34 ~ 40.8 cmH ₂ O (25~30mmHg)	壊死
気管静脈圧	20.4 ~ 27.2 cmH ₂ O (15~20mmHg)	うっ血
リンパ管圧	20.4 cmH ₂ O (15mmHg)	浮腫

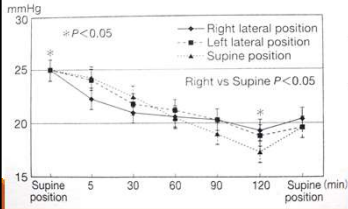
カフ圧の変化

カフ圧の管理：体位に関係なくカフ圧は下がる

『体位の違いによる気管チューブカフ圧の時間変化』

渡邊真紀 他：2009

方法：仰臥位・右側臥位・左側臥位それぞれ120分間（5分後、30分後、60分後、90分後、120分後、仰臥位）カフ圧を測定する



- 体位に関係なく時間の経過とともにカフ圧は自然に低下
- 右側臥位と仰臥位との間でカフ圧変化に有意差を認めた

日本集中治療医学会雑誌 2009；16:81～82

カフ圧の変化

カフ圧の管理：口腔ケア時にカフ圧は下がる

『口腔ケア時のカフ圧の変動について』

—人工呼吸器装着患者への安全な口腔ケアの提供のために—

福永暁子：2011

- のべ104名について測定結果を得た
- 口腔ケア後、カフ圧は優位に減少した
- 経口挿管患者は、経鼻挿管患者・気管切開患者よりも、口腔ケア後に優位にカフ圧が減少した
- 挿管チューブの種類によって、カフ圧の変動は異なっていた
- 口腔ケア時に体動・咀嚼様運動・咳込みがあった患者では、口腔ケア後に優位にカフ圧が減少した

障害者歯科 第32号第3号 2011

カフ圧の変化

カフ圧の管理：カフ圧調整時にちょっと高めに調整
⇒ 27～30cmH₂O

『気管チューブのカフ圧は調整手技により低下する』

—実験研究による検討— 露木菜緒 他：2010

- カフ圧装着手技によりカフ圧が6.6±3.7cmH₂O低下
- カフ圧を外す手技により2.0±1.4cmH₂O低下

第29回 東京医科大学病院看護研究集録

研修内容

1. 得られた情報をアセスメント
 - 1) カフノメータ
 - 2) パルスオキシメータ
2. 「安全」な離脱に繋がる看護ケア
 - 1) 挿管チューブ
 - 2) カフ圧
 - 3) 鎮静薬

鎮静薬：RASS (Richmond Agitation Sedation Scale)

ステップ1：30秒間患者を観察。視診のみでスコア0～+4を判定

ステップ2：1) 大声で名前を呼ぶか、開眼するように言う

2) 10秒以上アイコンタクトができなければ繰り返す。

1) 2) の2項目によりスコア-1～-3を判定

3) 動きが見られなければ身体刺激を行う。スコア-4～-5を判定

+4	好戦的な	明らかに好戦的、暴力的、スタッフに危機が差し迫っている
+3	非常に興奮した	チューブ類またはカテーテル類を自己抜去
+2	興奮した	頻繁で非意図的な運動、人工呼吸器ファイティング
+1	落ち着きのない	不安で絶えずそわそわしている。しかし動きは攻撃的でも活発でもない
0	意識清明な	
-1	傾眠状態	完全に清明ではないが、呼びかけに10秒以上の開眼およびアイコンタクトで応答
-2	軽い鎮静状態	呼びかけに10秒未満のアイコンタクトで応答
-3	中等度鎮静	呼びかけに動きまたは開眼で応答するがアイコンタクトなし
-4	深い鎮静	呼びかけに無反応。しかし身体刺激で動きまたは開眼
-5	昏睡	呼びかけにも身体刺激にも無反応

呼吸気・循環器 達人ナース Vol.35 No.1 p.29 一部抜粋

鎮静薬

臨床でよく(?)使われる薬剤の比較

	ミタゾラム	プロポフォール	デクスメトミジン
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 作用発現が早い • 深い鎮静が容易 • 循環抑制が弱い • 拮抗薬がある 	<ul style="list-style-type: none"> • 作用発現が早い • 覚醒が速やか 	<ul style="list-style-type: none"> • 鎮痛作用を有する • せん妄を起こしにくい • 呼吸抑制が弱い
副作用 注意点	<ul style="list-style-type: none"> • 呼吸抑制 • 血圧低下 • せん妄のリスクが高い • 長期投与した場合、薬理効果が遷延することがある 	<ul style="list-style-type: none"> • 呼吸抑制 • 血圧低下 • 徐脈 • Propofol infusion syndrome • 残液や使用したライン類は12時間毎に交換 	<ul style="list-style-type: none"> • 徐脈 • 血圧低下 • 初回負荷時の血圧上昇 • 循環に対する作用が強いので注意
半減期	109分～約4時間 ※資料によりさまざま	約50分 (単回投与のデータ)	約2～3時間

鎮静薬

鎮静薬使用時の注意

高齢の患者：加齢変化により代謝・排泄の遅延
肝や腎に障害のある患者：代謝・排泄の遅延
重症患者：血管透過性が亢進し、薬剤が血管外に分布することにより、想定されるよりも分布容積が増大し薬剤の血中濃度が低下するのに時間を要する

鎮静薬に関する 参考・引用図書

先生、どうしてこの指示なんですか？
人工呼吸器とケア Q&A ー基本用語からトラブル対策までー
臨床現場に活かす！ 非麻酔科医のための鎮静医療安全
Expert Nurse 人工呼吸ケア Vol.26 No.8
呼吸器・循環器 達人ナース Vol.35 No.1
INTENSIVIT VOL.10 No.1

研修内容

1. 得られた情報をアセスメント
 - 1) カプノメータ
 - 2) パルスオキシメータ
2. 「安全」な離脱に繋がる看護ケア
 - 1) 挿管チューブ
 - 2) カフ圧
 - 3) 鎮静薬

松尾さんに教えてもらったから…

人工呼吸器管理OK
モニタリング OK
挿管チューブの位置 OK
カフ圧 OK
覚醒状態 OK

離脱に向けて「安全」確認しました!!

あっ、吸引しなきゃ…

『 離脱プロトコルと
リハビリテーション 』