

Duke University Hospital
Department of Respiratory Care Services

成人に対する人工呼吸のプロトコール

マニュアル:集中治療

レビュー/承認(デューク大学リスクマネジメント)-1996年3月8日

レビュー/承認(デューク大学病院クリティカルケア委員会)-1996年3月28日

レビュー/承認(デューク大学病院承認委員会)-1996年5月20日

(デューク大学病院承認委員会は、1996年5月20日にECMSによる承認の旨、議事録に書き留めた)

レビュー/承認(呼吸ケアサービス承認委員会)-1997年1月22日

レビュー/承認(デューク大学病院方針・方法委員会)-1997年10月

改定-2002年1月、2003年4月21日、2004年1月13日

目的

人工呼吸管理を必要とする患者のマネジメントにおける持続的な診療とタイムリーな医学的処置を提供する

プロバイダ

Advanced Respiratory Care Practitioner's credentialing 及び responsibilities (#150.2) のためのデューク大学病院 Policy/Procedure manual に述べられている要求事項を満たす高度呼吸療法診療 (ARCP: Advanced Respiratory Care Practitioner) ライセンスを取得する必要がある

プロトコールの適用について

- A. 当プロトコールは医師の処方箋に応じて使用開始されるものである(処方例:「人工呼吸器のプロトコールを適用すること」)

- B. 呼吸療法診療者 (Respiratory Care Practitioner、以下 RCP) は医師から受領した処方箋に基づき以下のように対処する:
 - 1. プロトコールに定義される clinical indications に基づき、患者が全人工呼吸サポートが必要な
のか、部分的な人工呼吸サポートが必要なのかを判断する
 - 2. 人工呼吸器の初期設定を決め、人工呼吸管理を開始する

3. 人工呼吸サポートを受け、患者がどのように反応しているかを評価する
4. 患者ケアチームのメンバーと、人工呼吸器の設定と設定の変更についてコミュニケーションを取る
5. 患者のカルテに、全ての処置について記録す

C. 以後の調整について

1. 人工呼吸導入後の設定の調整は、プロトコルに掲載されたガイドラインに基づいて、人工呼吸器からの補助レベルを患者の反応に合わせておこなうこと(「IV 目標」と、「追加1 耐久性 (tolerance)の基準」を参照)

人工呼吸管理開始から 60 分以内に動脈血ガスのサンプルを採取する

- a) 以後は、以下のタイミングで動脈血ガスのサンプルを取る:

-) 医師の指示があった場合
-) 人工呼吸サポートを受ける患者の安定化を図るため、もしくは人工呼吸サポートにおける目標を達成するため、もしくは酸塩基値の目標値に達するために設定値を変更した場合(「IV 目標」を参照)
-) 人工呼吸サポートを受ける患者の安定化を図るため、もしくは酸素化の目標を達成するために設定値を変更した場合(「 目標」を参照)
-) 全人工呼吸サポートから、部分的人工呼吸サポートに切り替えた場合(酸素化、換気、酸塩基反応の評価をするため)
-) 全人工呼吸サポート/部分的人工呼吸サポート時間問わず、呼吸回数、1 回換気量、分時換気量等の重要度の高い設定項目を変更した場合(酸素化、換気、酸塩基反応の評価をするため)

目標

本プロトコルは以下の全てを含む

- A. 患者の動脈血 pH を 7.30~7.45 に維持する
- B. 患者の PaO₂ を 55~80mmHg に維持する
- C. 患者の SpO₂ を 88~95%に維持する
- D. 吸気プラトー圧を 30cmH₂O 以上にしない

成人に対する人工呼吸のプロトコル

A. 全人工呼吸サポート

全人工呼吸サポートは、人工呼吸器から完全に補助を受けることによって、患者の状態を安定させることが望ましい場合に使用開始される

1. 全人工呼吸サポートの導入

患者が以下の状況のうち、どれか一つにでも当てはまった場合、完全な人工呼吸管理を導入する

- a) 呼吸性アシドーシスを伴う高炭酸ガス血症
- b) 以下の設定を要するような重度の低酸素血症
 -) $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$
 -) $\text{PEEP} > 10$
 -) $\text{FiO}_2 > 0.6$
- c) 完全な人工呼吸補助がなければ現状を保持できない場合(「追加1 耐久性(tolerance)の基準」を参照)
- d) 無呼吸、呼吸緩慢、呼吸ドライブが働かない場合

2. 全人工呼吸サポートのプロトコル

- a) モード選択: 人工呼吸器のモードの初期設定はボリュームコントロール A/C、もしくはプレッシャーコントロール A/C を選択する
 - i) ボリュームコントロール A/C は設定 1 回換気量の供給が担保され、分時換気量も呼吸回数に応じて確保される
 - ii) プレッシャーコントロール A/C は陽圧換気中に患者の気道へ加えられる吸気圧を制限する換気モードである。また、フロー波形が漸減波になっているのでガス混合が改善されると同時に、換気補助をトリガーできる(自発呼吸のある)患者に対しては同調性をよくすることができる。
- b) 1 回換気量の設定: 1 回換気量の初期設定は患者の Ideal Body Weight (IBW) に対して 5 ~ 7ml/kg となるようにする。IBW の算出方法は以下の通りである:

$$\text{IBW (男性)} = 50 + 2.3 (\text{身長}^* \div 2.54 - 60)$$

$$\text{IBW (女性)} = 45.5 + 2.3 (\text{身長}^* \div 2.54 - 60)$$

*身長はセンチメートルで計算する

- 1 回換気量は、動脈血 pH の目標値を達成するか、患者の不快感を解消するために

10ml/kg まで調整することができる。ただし、吸気プラトー圧の制限は越えないようにする(「IV 目標 D」を参照)

- c) **呼吸回数(f)の設定**:呼吸回数の初期設定は10~30回/分とし、目標とする動脈血pHを達成するように調整する(「IV 目標 A」を参照)。換気回数は可能な限り、エアートラップを回避できる回数とする。
- d) **FiO₂とPEEPの組み合わせ**が、ターゲットとする範囲で(「IV 目標 B, C」を参照)酸素化の目標達成のために使われる。FiO₂とPEEPの調節はFiO₂/PEEP対照表(「追加 2」を参照)に記載されている段階で調節する。(人工呼吸サポート開始から2時間は前述のターゲットにおけるPEEPの設定をせずにFiO₂設定が0.5を超えることもある。)**【成人の骨髄移植の患者に対しては「追加 4」を参照する】**
- e) ポリリュームコントロールA/Cが選択されている場合には、**吸気流量**は患者が最も快適と感ずるレベルに設定する、エアートラップを回避/最小化する、また**IE比**を1:1以下に設定するよう留意する。
- f) プレッシャーコントロールA/Cが選択されている場合には、**吸気時間**を患者の最も快適なレベルに設定する、エアートラップを回避/最小化する、また**IE比**を1:1以下に設定するよう留意する。
- g) IE比を1:1以上に設定する場合には医師の処方箋が必要である。

B. 部分的人工呼吸サポート

部分的人工呼吸サポートのプロトコールは、患者自身の換気に使う仕事量を考慮した上で、人工呼吸サポートがなされた方が利点が多いと考えられた場合に適用される。部分人工呼吸サポートのモードは、人工換気からウィーニングに使われる。

1. **部分的人工呼吸サポート導入の目安**—部分的な換気補助モードは次の状態が全て当てはまる場合に適用される。
 - a) PEEP≤10まで下げられ、FiO₂≤0.6まで下げられた場合(「追加 2 FiO₂/PEEP 対照表」を参照)
 - b) pH≥7.30

- c) 患者に吸気努力があり、それが安定 (reliable, regular) した呼吸ドライブをもっている
- d) 患者の胸部 X 線が安定、もしくは改善している
- e) 患者がプレッシャーサポート (PSV)、プレッシャーアシスト (PA)、もしくは補助のない自発呼吸でも耐えられる
- f) 患者の循環動態が安定しており、ionotropes、もしくは昇圧剤を使用せずにドーパミン $10\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$で充分であると判断された場合

2. 部分的人工呼吸サポートのプロトコル

- a) **モード選択** RCP は以下の換気モード、もしくはテクニックの中から適切なものを選択して設定する
 - i) プレッシャーサポート (PSV)
 - ii) プレッシャーアシスト (PA)
 - iii) SIMV+PSV
 - iv) 完全な、もしくは部分的な換気補助後の trach collar もしくは Tピース試験 (T-piece trial)
- b) **プレッシャーサポート/プレッシャーアシスト**—RCP はプレッシャーサポート、もしくはプレッシャーアシストを部分的人工呼吸サポートのモードとして主に選択する。モードの選択については、患者の換気に対する耐久性 (tolerance) や快・不快 (comfort)、同調性 (synchrony) を考慮しておこなう。
 - i) 吸気圧の初期設定は、呼気 1 回換気量が $5\sim 10\text{ml}/\text{kg}$ となるよう調節する。その際、吸気圧が $25\text{cmH}_2\text{O}$ 以上にならないよう留意する。
 - ii) 吸気圧は患者の快・不快 (comfort) を診て調節する。
- c) **SIMV+PSV**—SIMV と PSV は損なわれていた呼吸ドライブが急激に回復してきた患者に対して、ウィーニングをおこなうために用いる。(例: 麻酔後、過量の薬物服用後)
 - i) SIMV の換気回数の初期設定はボリューム A/C、もしくはプレッシャー A/C の換気回数と同値にするか、もしくは $10\sim 30$ 回/分の範囲内で、目標とする動脈血ガスの pH 値を達成するように調節する。
 - ii) PSV は自発呼吸の補助のために、 $5\sim 10\text{cmH}_2\text{O}$ の範囲で設定する。
 - iii) SIMV の呼吸回数は $1\sim 4$ 時間毎に評価し、4 回/分になるまで、2 回/分ずつ設定を減らしていくことができる。(「追加 1 耐久性 (tolerance) の基準」を参照)
 - iv) RCP は、 $1\sim 2$ 時間、換気回数 4 回/分で患者が耐えられる場合に、抜管できるかどうか評価する。(「追加 3 抜管の指標」を参照)

d) **Trach Collar/T ピース試験** Trach Collar/T ピース試験は部分的人工呼吸サポートモードと組み合わせて実施することにより、長期に人工呼吸管理をされている患者(すなわち 21 日以上)に対してウィーニングを容易にするための自発呼吸試験である。Trach collar/T ピース試験は機械換気補助がおこなわれている間、徐々に患者の自発呼吸の時間を長くするというものである。

i) 患者から人工呼吸器を取り外し、持続的な霧状のエアロゾル(cool-mist aerosol)を代わりに設置する。フロー、FiO₂を目標とする SpO₂に到達するまで調節する。

ii) 患者の耐久性(tolerance)を評価する(「追加 1 耐久性(tolerance)の基準」を参照)

iii) RCP は以下の条件の場合に人工呼吸器を再度装着する:

患者がこの試験への耐久性(tolerance)の基準に適合しなかった場合(「追加 1 耐久性(tolerance)の基準」を参照)

もしくは

翌朝、同じように Trach collar/T ピース試験を開始する予定であるが、夜間は患者を休ませる意図がある場合人工換気補助のレベルは、人工換気のパターンが安定していること、患者に疲労が認められないこと、そして患者にとって快適であることを確かめながら調節する。

3. 患者の評価と人工呼吸器のモニタリング

患者の評価及び人工呼吸器のモニターは、患者の臨床状態及び目標への進展度を判断するためにおこなわれる。

a) RCP は以下の時に患者を評価し、人工呼吸器をモニターする:

i) 機械換気を開始した直後

ii) 人工呼吸を開始してから約 6 時間後

iii) 換気補助のレベルが変更された場合、もしくは分時換気量や平均気道内圧に影響を与える可能性のある設定が変更された場合

iv) バイタルサインや酸素化において急激な悪化によって示される患者の状態に急変があった場合(「V 成人に対する人工呼吸のプロトコール D」を参照)、もしくは換気状態に変化が見られる場合

b) 患者と人工呼吸器のアセスメントは以下の項目をおこなう

i) 機械換気のパフォーマンスの評価:

・ 設定とモニター値

・ グラフィック—波形とループ(可能ならば)

ii) 人工呼吸サポートに対する患者の反応を評価する(以下が含まれるが、これだけに限定されるものではない)

- ・ 呼吸音、バイタルサイン、身体所見
- ・ 動脈血ガス(可能ならば。「Ⅲ プロトコールの適用について C」を参照)
- ・ 非観血的モニターのデータ(例: SpO₂ と ETCO₂)
- ・ 胸部 X 線(可能ならば)

4. 日常の患者アセスメント: 自発呼吸試験 (Spontaneous Breathing Trial: SBT)

RCP は部分的な換気補助を受けている患者に対して、この SBT を毎日おこなう。SBT は患者が抜管できるかどうか、もしくは人工呼吸サポートの終了を判断する材料となる。

- SBT は低いレベルの CPAP (5~8cmH₂O)、もしくは PEEP5~8cmH₂O + PSV5cmH₂O にておこなう。人工呼吸器の FiO₂ と SBT 時の FiO₂ は同値とする。
- RCP は初めの数分間(例: 5 分間)、SBT の様子を患者の側でモニターする
- 患者が SBT に 5 分間耐えることができたなら、SBT を更に少なくとも 30 分間は継続する。ただし、120 分を超えないように留意する。この試験に耐えられた患者は抜管を考慮する(「追加 3 抜管の指標」を参照)
- SBT に失敗した患者は、SBT 前に設定していた数値で部分的な人工換気補助を継続する

5. 抜管

- RCP は「追加 3」にある抜管の指標に見合った患者に対しては、抜管もしくは人工呼吸サポートの終了を提案する
- RCP は医師の処方箋に応じて患者から抜管する

C 患者の急激な病態悪化の際にとられる処置について

6. 急激な酸素飽和度の悪化 ($SpO_2 < 80\%$) や低血圧 (20mmHg を超える平均血圧の低下)、急激な気道内圧の上昇、もしくは急激な 1 回換気量の減少などに見られる、人工換気中の患者の病態悪化に対して、RCP は以下の対処を実施する:
 - a) 看護師と医師に直ぐに知らせる
 - b) 蘇生バック、 FiO_2 1.0 による手動換気をおこなう
 - c) 以下の状況を疑い、患者の評価をおこなう
 - i) 急性気道閉塞
 - ii) 気管支痙攣
 - iii) 気胸
 - iv) チューブトラブル—例: 事故抜管、カニューレの外れ、片肺換気
 - v) 医療機器のトラブル
 - d) 急性代償不全が深刻な低酸素血症、もしくは急性低血圧を引き起こすような場合は、医師に動脈血ガスのサンプルを採ることを提案する
 - e) 医師に“stat”胸部 X 線をとることを提案する

耐久性 (tolerance) の基準

患者は、以下の項目のうち、1 項目にでも当てはまれば、部分的呼吸サポートもしくは SBT への耐久性 (tolerance) がないと判断する

1. 浅く早い呼吸が起きている場合 : $f \geq 35$ 、もしくは 1 分前と比べて 10 回/分以上呼吸回数が増加している場合
2. 呼吸困難、発汗、過度な呼吸筋の使用、可逆的な呼吸 (paradoxical respiration) が促進している場合
3. 心拍数 > 120 回/分、もしくは他に原因が見られないにも関わらず心拍数が 20 回/分以上上昇した場合
4. 拡張期血圧が他に原因が見られないにも関わらず 20mmHg 以上変化した場合
5. 不整脈の促進、精神状態の悪化、動脈血ガスの悪化が見られた場合

追加 2

FiO2/PEEP 対照表

目標値: $55 \leq PaO_2 \leq 80$

目標値: $88 \leq SpO_2 \leq 95$

標準設定: 患者が目標値よりも低い値を示している場合、以下の表に従って設定値を 1 段階上げる。
目標値よりも高い値を示していた場合は、設定値を 1 段階下げる。—PEEP の調整は臨床的な評価に基づき、以下の表に従っておこなう。

FiO2	PEEP
.30	5~14
.40	5~16
.50	8~18
.60	10~20
.70	12~20
.80	14~22
.90	16~22
1.0	18~24

抜管の指標

以下の項目を全て満たした時点で、患者の抜管を考慮する。

1. SBT(CPAPもしくはPSV=5cmH₂O)実施30~120分後、【rapid shallow breathing index(頻呼吸指数):RSBI:f/Vt】<100である
2. PaO₂/FiO₂ > 180で、PEEP ≤ 5cmH₂O(CPAP)、且つFiO₂ ≤ 0.4である
3. 適切に気道が保護され、呼吸ドライブも安定しており、2時間毎の吸引で充分である
4. 上気道に異常が疑われる患者に対して、【カフリークテスト】をクリアする

成人の骨髄移植患者に対する適用について

以下は、成人の骨髄移植患者における人工換気補助のプロトコールの修正項目である。

V.A.2.d FiO₂/PEEP: 骨髄移植患者(プレオマイシン、もしくはBNCUの処置を受けた患者)の中には、低から中程度のレベルの設定酸素濃度であっても酸素中毒を引き起こす可能性がある。従って、患者に供給するFiO₂は慎重に制限する必要がある。これらの患者に対し、医師は次のように処方する必要がある。例:『人工呼吸プロトコール:FiO₂は____以下に設定すること』

FiO₂に制限がある状況下では、PaO₂及びSpO₂の目標値を達成するためにPEEPの設定を考慮する必要がある(「IV 目標」を参照)。PEEPレベルは「追加2」にあるFiO₂/PEEP対照表に従って適切に設定する。

原典 : "Adult Mechanical Ventilation Protocol"
Duke University Hospital
Department of Respiratory Care service
翻訳 : IMI CO., Ltd.
市場開発部 人工呼吸器チーム