

特集

人工呼吸患者の呼吸理学療法

評価法

眞 敏

キーワード：人工呼吸器，呼吸理学療法，評価，フィジカルアセスメント

はじめに

人工呼吸器装着患者の病態は単に基礎疾患の増悪や呼吸機能の低下にとどまらない。人工呼吸器装着後の安静臥床によって廃用症候群の進行は深刻である。加えて、気管挿管や気管切開によってコミュニケーションは障害され、患者の精神状態は不安定な状態におかれる。さらに、不穏状態に陥った患者は呼吸促進となりやすく、抑制や再度の鎮静が行われ、安静臥床による悪循環を形成する。

人工呼吸器装着中の呼吸理学療法を安全かつ効果的に実施するためには、その手技だけではなく、評価法の習熟が必要不可欠である。評価は患者の病態把握、理学療法の必要性、治療手技の決定および治療効果の判定、治療終了の判断など、臨床現場での意思決定のために必須の項目である。評価の目的は、

- ①患者の全体像の把握（全身状態、病態および重症度の理解）
- ②実施に伴う危険因子の把握とリスクマネジメント
- ③呼吸理学療法の適応および必要性の判断
- ④治療効果の判定

などが挙げられる。呼吸障害の違いによって評価の進め方と統合と解釈には違いが生ずるため注意が必要である。

I. 基礎情報の収集と評価

急性増悪直後には患者の全身状態は不安定な場合が

表1 人工呼吸器装着患者の情報収集

1. 患者プロフィール
2. 疾患名、急性増悪の誘因
3. 治療内容（手術所見、術後経過）
4. 経過：人工呼吸管理期間
 - セデーション期間・内容（筋弛緩薬の有無）
 - 気管挿管・気管切開の有無と期間
 - 臥床期間・離床状況
5. 検査所見：動脈血液ガスデータ（酸素化能、換気能）
 - 胸部X線・CT所見（胸部病変の確認）
 - 血液検査（栄養状態、感染症コントロール状況）
 - 心電図モニター（頻脈、不整脈）
 - 尿量および水分摂取量、心拍数、血圧、体温
 - 喀痰（量、色、性状）
6. 投与薬物などの治療内容

多く、様々な合併症が出現する。臨床的に重要なものとしては感染症、無気肺、低栄養、貧血、心不全、不整脈、脱水、肺水腫、胸水貯留などである。理学療法を行う前には各種検査所見を中心に情報収集を行い、リスク管理に配慮する必要がある。

評価の項目は、基礎情報、治療内容、経過（手術所見・術後経過も含む）、バイタルサイン、身体所見、各種モニター所見、臨床検査所見、動脈血液ガス所見などであり、情報収集と整理、解釈が中心となる。カルテを閲覧して病歴や診断名などから推測される臨床症状や重症度を知ることにより、リスクを認識するとともに、不足している情報を再収集し、安全かつ効果的な評価と治療が実施できるように調整する（表1）。

1. 一般血液検査

血液、血清、生化学などの所見は全身状態のスクリー

兵庫医科大学病院リハビリテーション部

ニングとして必要不可欠である。治療経過とともに定期的にチェックし、その推移をみながら治療に反映させる。また、呼吸器感染症が疑われる場合には、喀痰のグラム染色や培養の所見による起炎菌の同定も重要である。

2. 動脈血液ガス¹⁾

動脈血液ガスからは、ガス交換能力や酸塩基平衡の状態を評価することが可能である。そのため、患者の呼吸状態の総合的な理解、病態や重症度の理解をはじめとして、実施されている治療、理学療法の効果判定にも有益な情報となりうる。

1) 酸素化能の評価

P_{aO_2} は動脈血液中の酸素分圧を示しており酸素化の評価が可能である。年齢によって影響を受けるため、予測式($105 - 0.3 \times \text{年齢}$)で算出することが可能である。低酸素血症の重症度は、80~60mmHgで軽度、60~40mmHgで中等度、40mmHg以下で重度と判断される。

2) 換気能の評価

P_{aCO_2} は年齢に影響を受ける P_{aO_2} とは異なり、肺胞換気量の程度にのみ影響を受ける。肺胞低換気では、生体の代謝産物である CO_2 を肺胞から十分に排出することができないため P_{aCO_2} は上昇を、逆に、肺胞過換気では P_{aCO_2} の低下を認める。肺胞換気と密接な関係にある P_{aCO_2} は、換気能力を反映する指標とされる。高炭酸ガス血症の重症度は、40~50mmHgは軽度、50~60mmHgは中等度、60mmHg以上で重度とされる。

3) 酸塩基平衡の評価

- ① pH を正常に維持する機構が酸塩基平衡である。
pH の異常 (正常値 = 7.4 ± 0.05 、酸血症: $pH < 7.35$ 、アルカリ血症: $pH > 7.45$) を判断する。
- ② 呼吸性因子 (P_{aCO_2}) と代謝性因子 ($HCO_3^- \cdot BE$) の程度と基礎病態から一次的酸塩基平衡障害を判断する。
呼吸性アシドーシス ($P_{aCO_2} > 45\text{mmHg}$)
呼吸性アルカローシス ($P_{aCO_2} < 35\text{mmHg}$)
代謝性アシドーシス ($HCO_3^- < 22\text{mEq/L} \cdot BE < -2\text{mEq/L} \cdot \text{アニオンギャップ} > 16\text{mEq/L}$)
代謝性アルカローシス ($HCO_3^- > 26\text{mEq/L} \cdot BE > 2\text{mEq/L}$)
- ③ 一次的酸塩基平衡障害に対する呼吸性代償 (P_{aCO_2})、代謝性代償 ($HCO_3^- \cdot BE$) と pH の変化の緩和によって二次的代償の有無を判断する。

これらは解釈の仕方により総合的な呼吸状態の評価が可能であるが、基礎疾患の種類や重症度、バイタルサインの状態によってその意味するものは大きく異なり注意を要する。

3. 循環動態

急性期の循環動態は大きく変動するため、その変化をとらえ、治療を行うためにも、持続的にモニタリングすることが肝要である。また、血圧変動、心拍数の変化、不整脈など、モニタリングから得られる情報は、循環器系の基本的な情報であり、自覚症状とともに注意を促す必要がある。そして、心疾患や肺性心などを合併する場合、理学療法実施に際してのリスクマネジメントは必要不可欠である。

4. 栄養状態

栄養障害は横隔膜や呼吸筋、骨格筋の筋量を減少させ、構造的・機能的に呼吸不全を引き起こし、運動能力を低下させる。生命予後とも関連が大きく、身体組成 (身長、体重、body mass index: BMI、理想体重比)、食事摂取状況、臨床検査値 (総蛋白、血清アルブミン、総リンパ球) などの栄養評価は、適切な理学療法プログラムの立案においては有用な指標となる。

5. 画像所見

呼吸理学療法実施に際しては、胸部単純 X 線写真や胸部 CT 写真などの胸部画像診断は、肺実質の状態を知るために非常に有用な手段の一つといえる。病変 (陰影) の種類、部位、広がりなどを評価し理解することで、病態、重症度や治療経過の把握、各種ラインやドレーンの種類、位置の理解などを視覚的に捉えることができ、リスクマネジメントに有用な情報が得られる。また、気道分泌物の移動や排出などの治療を行うにあたって肺や気管支の状態を把握でき、フィジカルアセスメントで得られた所見などと対比し、病態変化や治療効果の把握に役立つ。

II. 身体所見と呼吸状態の評価

1. バイタルサイン

バイタルサインは呼吸障害に限らず、患者の全身状態を即座に判断する上で重要な指標となる。また、リスクマネジメントにおいてバイタルサインは極めて重

要であり、患者の訴えの重症度は常にバイタルサインと対比して判断すべきである。

呼吸障害においては、体温、血圧、脈拍、呼吸数に加え、意識状態、酸素化能、自発咳嗽も確認する。身体診察を実施する前にバイタルサインを確認することでより正しい解釈を行うことができる。患者個々にとっての正常なバイタルサインを把握し、単発の体温、血圧、脈拍、呼吸数などの数値を見るだけでなく、経時的なトレンドからそれぞれを関連づけてアセスメントすることが重要である。

2. フィジカルアセスメント²⁾

視診、触診、打診、聴診の4つの方法で臨床徴候を把握する方法である。簡便、非侵襲的かつリアルタイムでの評価が可能であり、その所見は胸部画像所見とも比較的よく一致する。診察は同一体位で行うことが多いが、手技の適応にあたっては体位を変えて評価したり、手技の施行前後のみではなく施行中にも行う。

1) 視診

胸郭やその周辺領域を全体的に診て、呼吸運動に伴う胸郭の動きと構造の左右差を観察し、大まかな呼吸状態を把握することで、次に行う触診の情報を得ることが目的である。また、単に正常から逸脱した状態を診るのではなく、患者個々における呼吸パターンの特徴を把握し、その意味するものを推察するように努める。人工呼吸中の筋弛緩や過度の鎮静、あるいは呼吸筋疲労

によって横隔膜は弛緩し下部胸郭の拡張性は低下する。

2) 触診

呼吸運動に伴う胸郭の拡張の程度と左右差、胸郭の柔軟性、呼吸筋の筋緊張を評価することが目的である。視診から得られた情報の確認や、得ることのできなかった情報を手で触知することによって再収集する。横隔膜運動、補助呼吸筋の活動や肋間陥凹、肋間の開大さを比較し異常呼吸の換気運動を診る。

3) 打診

胸部の打診は主として、肺の含気状態および病変部位の広がりや隣接臓器との境界（横隔膜）を定める目的で行われる。打診の伝達範囲により胸壁から5cm以内の深さにおける病態の把握のみに応用される。通常、肺野は清音であり、肺野における濁音と鼓音は異常を意味し、前者は下側肺障害や無気肺、後者は肺気腫や気胸を示唆する。

4) 聴診

聴診は換気に伴って肺内で発生する音を聴取し、肺の異常所見の情報を得るのが目的である。気道の開存性を比較することで正常呼吸音と病的部位から発生する異常呼吸音を聞く。自発呼吸に比べて人工呼吸器では呼吸音は大きく粗雑な音になる。人工呼吸器回路中の音、ドレーン類の吸引音を患者固有の副雑音と聞き誤らないように注意する。

特にアセスメントの際に注意して観察すべき徴候を表2に示す。

表2 呼吸のフィジカルアセスメントの要点

-
1. 呼吸数は正常範囲か？
25回/min以上は何らかの呼吸障害を疑う。
 2. 呼吸時間の短縮・延長はどうか？
吸気、呼気、それぞれの短縮・延長によって病態が予測できる。
 3. 呼吸の運動（呼吸様式）はどうか？
腹式優位、胸式優位、片側優位、肋間陥凹（局所的、全胸壁）などを見極めることによって病態や疾患を予測できる。
 4. 時相の遅れの有無は？
拡張不全の肺が存在する。
 5. 呼吸補助筋群の収縮の有無は？
補助呼吸筋群の収縮を伴う場合は、動脈血液ガス値に異常所見がなくても呼吸障害があると診断してよい。補助呼吸筋の収縮は視覚的に捉えるよりも、手掌で触れて緊張を感じ取る方が確実である。
 6. 意識レベルの低下の有無は？
低酸素血症の場合は興奮が顕著、昏睡は危機的状況である。高二氧化碳血症の場合は活動低下が顕著。PaCO₂ 70mmHg以上では麻酔作用が現れる。
 7. チアノーゼの有無は？
ヘモグロビン濃度が低下している貧血の患者では、チアノーゼは低酸素血症の鋭敏な指標にはならない。
 8. 呼吸困難を訴える患者が特定の体位を好むか？
患者が好む体位（トレポブネア：trepopnea）から肺障害の部位が特定できる。
-

Ⅲ. モニタリングと呼吸機能評価

身体診察所見からは換気の状態や手技による変化を評価することが可能である。しかし、換気状態については数値化による客観的な評価が不可能である。また、ガス交換についても把握することは困難である。従来、定性的、経験的な評価方法だけでなく、定量的、客観的な測定による評価も必要不可欠である。現在、呼吸理学療法手技の評価に適するもので、利用可能なものにはパルスオキシメータによる酸素化能の評価（パルスオキシメトリ）、呼気終末炭酸ガスモニターによる二酸化炭素排出能の評価（カブノメトリ）がある。また、人工呼吸器のグラフィックモニターや換気力学モニターを使用した換気力学的評価がある。

これらは侵襲も少なく、連続的なモニタリングが可能であり、手技の評価にとどまらずリスクマネジメントにも活用することができる（表3）。

人工呼吸器管理中の呼吸機能については、肺胸郭コンプライアンスと気道抵抗および酸素化能、換気予備力、換気能に分けて評価を行う。必要な情報と算出方法については表4に示す。コンプライアンスが低く気道抵抗が高い症例では自発呼吸下では呼吸仕事量が大きくなり、ウィーニングが困難となる。酸素化能が不良な症例では治療中の低酸素血症に留意しながら、パルスオキシメータによる経皮的酸素飽和度（SpO₂）の経時的モニタリングが不可欠である。換気予備力が低下してくる場合には呼吸筋疲労の徴候であり、逆に換気予備力の回復が良好な症例ではウィーニングが可能となる³⁾。

Ⅳ. 運動器系の評価

人工呼吸器やモニター、ルート、ライン、チューブの装着は不必要に安静状態を強制する場合が多く、患者は非日常的で非生理的な状態に固定され廃用症候群が急速に進展する。加えて、また、原疾患による運動機能障害を伴うと上記の状態がより一層助長される。したがって、一般的理学療法評価と同様に四肢体幹の筋力、関節可動域、ベッド上基本動作などの運動機能評価も忘れてはならない。

1. 筋力低下

筋力低下に影響を与える要因は入院前の筋力水準と

表3 把握すべきモニタリング項目

1. 循環器系：心電図、心拍数、血圧、動脈圧、心エコー、Swan-Ganzカテーテル、中心静脈圧（CVP）
2. 呼吸器系：呼吸機能（呼吸数、換気量、換気力学）、動脈血液ガス、パルスオキシメータ、カブノメータ
3. 神経系：頭蓋内圧、脳血流、脳波、誘発電位
4. 代謝：血清蛋白、尿素窒素（BUN）、血糖、窒素バランス
5. 体液：水出納（尿、水分バランス）、電解質、体重
6. 薬物：血中濃度

表4 人工呼吸中の呼吸機能評価

1. 自発呼吸の有無
2. 人工呼吸器設定
 - 1) 使用機器
 - 2) モード：Control、SIMV、PSV、CPAP、PEEP
 - 3) 吸入酸素濃度
 - 4) 呼吸数、1回換気量、分時換気量：設定、自発
 - 5) 最高気道内圧、吸気終末プラトー圧、吸気流速
3. 肺・胸郭コンプライアンス、気道抵抗
 - 1) 動的コンプライアンス：
 - 1回換気量/(最高気道内圧-PEEP)
 - 2) 静的コンプライアンス：
 - 1回換気量/(吸気終末プラトー圧-PEEP)
 - 3) 気道抵抗：
 - (最高気道内圧-吸気終末プラトー圧)/吸気流速
4. 酸素化能
 - 酸素化指数（PaO₂/FIO₂ ratio）
 - A-aDO₂：PAO₂-PaO₂、PAO₂=713×FIO₂-PaCO₂/0.8
5. 換気予備能
 - 肺活量、最大吸気圧、最大呼気圧、最大換気量、呼吸数/1回換気量
6. 換気能
 - 死腔換気率
 - VP-index：PaCO₂×分時換気量/体重

セデーション期間、臥床期間である。廃用症候群による筋力低下の進行は1日あたり1～2%であるが、高齢の呼吸不全患者では短期間の臥床で移動動作は障害される⁴⁾。

2. 心拍出量の低下

陽圧による人工呼吸管理下では胸腔内陰圧によるポンプ作用がなくなり静脈還流が減少する。さらに廃用性に伴う静脈系のトーン低下や骨格筋ポンプ作用の低下、血漿膠質浸透圧低下による循環血液量の減少などが加わり、心拍出量や血圧は低下しやすくなる。離床に際しては心拍出量低下に伴う起立性低血圧や頻脈などの循環器症状に留意する必要がある。

3. 下側肺障害

仰臥位を中心とした人工呼吸器管理を行った場合、重力の影響や背側胸郭の拡張制限によって下側肺障害を来たしやすい。また、急性増悪期には線毛運動の低下、同一体位の強制により容易に無気肺を生じる。下側肺障害や無気肺は換気血流比の不均衡を助長し、酸素化能を増悪させ、肺内の感染巣にもなる。これらは肺コンプライアンスの低下、気道抵抗の増大に直結し、呼吸仕事量を増加させる要因となる⁵⁾。

V. 精神・心理機能の評価

人工呼吸器装着下では気管チューブの刺激、発声困難、安静臥床の強制、体力低下に伴う運動制限、セデーションによる意識障害、不適切な吸引操作による呼吸苦、術後疼痛など、精神・心理機能にデメリットとなる要素があまりにも多く見られる。これらの評価も見逃してはならない。

おわりに

人工呼吸器患者は、周術期（頭部、胸部、腹部）、多発・頭部外傷、神経・筋疾患など様々であり、呼吸理学療法の実施に当たっては、抱えているリスクが異なる。患者の身体所見すなわち臨床徴候を把握することは、検査所見の分析や治療手段の選択および治療効果の判定とともに、安全で最適な治療に直接結びつく。呼吸器由来の問題のみならず、患者の全体像を詳細に捉える努力も必要不可欠である。

参考文献

- 1) 北田 修：一般検査と血液ガス検査の分析と解釈. 最新包括的呼吸リハビリテーション. 道免和久, 眞測 敏ほか編. 大阪, メディカ出版, 2003, pp26-42.
- 2) 眞測 敏：評価の方法. ICUのための呼吸理学療法. 丸川 征四郎編. 大阪, メディカ出版, 2010, pp22-34.
- 3) Kollef MH, Lew NT, Ahrens TS, et al: The use of continuous IV sedation is associated with prolongation of Mechanical ventilation. Chest. 1998; 114: 541-548.
- 4) Müller EA: Influence of training and inactivity on muscle strength. Arch Phys Med Rehabil. 1970; 51: 449-462.
- 5) 眞測 敏ほか：急性呼吸不全の理学療法. 理学療法ジャーナル. 1997; 31: 547-552.