

内部障害系理学療法研究部会

呼吸リハビリテーションのガイドライン —運動療法マニュアル*—

千住秀明**

はじめに

慢性閉塞性肺疾患（COPD）は、現在世界の慢性疾患罹患率及び死亡率の主要な原因であり、死亡原因の第4位である。またここ数年、悪性腫瘍、脳血管疾患および心疾患の死亡率が低下しているにもかかわらず、この疾患の有病率および死亡率はさらに増加する傾向にある。1990年の世界のCOPD有病率は男性で9.34/1,000、女性で7.33/1,000であると報告されている。

わが国では、厚生労働省が1996年に行った調査で肺気腫と慢性気管支炎を合わせて22万人と報告しているが、2000年から2001年にかけて行われた日本COPD疫学調査研究（NICE study: Nippon COPD Epidemiology Study）によれば、530万人のCOPD患者が存在すると予測されている¹⁾。このCOPDは、進行すれば呼吸不全となり、ADLが著しく障害される。

このようなCOPDの急増は、高齢者人口と喫煙人口とが深く関わっていると考えられ、世界でも喫煙率が高く、かつ超高齢化社会のわが国においてはその対策が急務とされ、その一つとして、呼吸リハビリテーションのガイドライン—運動療法マニュアルが誕生した。

呼吸不全と理学療法

呼吸不全とは「呼吸機能障害のため動脈血ガス（特にPaO₂とPaCO₂）が異常な値を示し、そのために正常な機能を営むことができない状態である」と定義されている。その診断基準は、室内空気吸入時のPaO₂が60 Torr以下となる呼吸器系の機能障害、またはそれに相当する異常状態である。加えてPaCO₂が45 Torr未満をI型呼吸不全、45 Torr以上をII型呼吸不全に分類する。I型、II型では呼吸不全のメカニズムが異なるので、呼吸ケアに当たっては十分な注意が必要である。PaCO₂の評価には動脈血ガス分析が必要であるが、訪問理学療法など客観的な評価手段がない場合は、血圧上昇、紅潮、チアノーゼなしなどの高炭酸ガス血症の症状から評価すると良い。

呼吸不全の原因には肺機能不全と換気不全があり、前者は拡散障害、換気血流比不均等分布およびシャント、後者には肺胞低換気がある。肺胞低換気や換気血流比不均等分布のように理学療法の介入によって容易に改善できるものと、拡散障害や心室中核欠損などによるシャントのように直接的な理学療法の介入では効果を挙げられないものがあるため、呼吸理学療法を適応する場合は十分考慮して選択する必要がある。

呼吸リハビリテーションマニュアル

呼吸不全患者は動作時に息切れを引き起こし、この息切れが日常生活を制限する。ADLの制限は日常活動量を低下させ、動かないことによる全身状態の低下、すなわち廃用性症候群を導き、さらに呼吸困難を増強している。

このような呼吸不全患者に対して、患者教育、薬物療法、酸素療法および呼吸理学療法などの包括的リハビリテーションが実施されるようになってきた。呼吸リハビリテーションに対するガイドラインは、1993年 American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation: AACVPRが初版、1997年にAACVPRにAmerican College of Chest Physician: ACCPが加わり第2版、2001年にNational Heart Lung and Blood Institute; NHLBIとWHOがGlobal Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease: GOLDを、2003年に同UPDATEを出している。

呼吸リハビリテーションのステートメントやマネージメントは、1997年 Europe Respiratory Society: ERSがPosition paperを、1999年 American Thoracic Society: ATSが、2001年には日本呼吸管理学会と日本呼吸器学会がそれぞれ出している。しかし呼吸リハビリテーションのマニュアルを出しているのは、わが国の日本呼吸管理学会、日本呼吸器学会および日本理学療法士協会だけである²⁾。

本マニュアルは、2001年の呼吸リハビリテーションステートメントに沿った内容で下記の項目で構成されている。

- I 運動療法の考え方
 - II 運動療法の実際
 - III 自立を促すためのADLトレーニング
 - IV 重症度・施設規模別の運動療法の実際
 - V 効率的な運動療法を展開するための包括的アプローチ
- 資料編

* Guidelines for Pulmonary Rehabilitation—Manual of Exercise Training

** 長崎大学医学部 保健学科理学療法学専攻
(〒852-8520 長崎県長崎市坂本1-7-1)

Hedeaki Senju, RPT: Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Nagasaki University

キーワード：呼吸リハビリテーション、運動療法、マニュアル

読者の対象は医師、呼吸リハビリテーションに関わる医療スタッフで、プライマリケアから研究レベルまで包括している。また記載した内容は現時点で集積された科学的根拠に基づいている。エビデンスはGOLDのレベル（表1）を用い、代表的な運動処方に対する欧米文献には和訳サマリーを付けて引用し、わが国における実績も積極的に取り上げている。実践的な内容は資料編に記載し、委員会サマリーと各章にポイントも記載している。さらには重症度と実施施設の種別に応じて症例を呈示し、本文中の指針と連帶を取って将来の課題も明らかにしていく。

COPDと運動療法

呼吸器病学の開拓者といわれるBarach博士でさえ、1940～1950年代には呼吸器障害者に対する運動療法についての記載はない。1960年代後半に初めて運動療法が検討されるようになり、1990年代に入って本格的な研究報告が行われるようになってきた。

1999年、CasaburiがCOPD患者の骨格筋機能不全の原因に①慢性の低酸素血症・高炭酸ガス血症、②栄養障害、③炎症（局所、全身）一酸化ストレッス、④全身ステロイド、⑤活動量の低下、⑥加齢、⑦電解質の不均衡などを上げている。さらに2000年に①COPD患者の外側広筋は、タイプIよりタイプII線維が多く、好気性代謝機能の低下、毛細血管の密度の減少、酸素の拡散能の低下を示している、②COPD患者は下肢に酸素供給が充分なときでも乳酸アシドーシスになりやすい、③

表1 エビデンス

A 無作為化コントロール試験 (RCTs) 多数のデータ
B 無作為化コントロール試験 (RCTs) で限定された数のデータ
C 非無作為化試験、観察に基づく研究報告
D 委員会のコンセンサスによる判断

GOLD, 2001.

COPD患者は酸素摂取速度が遅いので好気性代謝機能の低下が疑われる、④肺移植後の患者は肺に問題がないにも関わらず $VO_{2\text{max}}$ は同年代の健常者に比べ平均40～50%と低い、以上のことから筋自身にも問題があるのではないかと指摘している。またこの骨格筋機能不全には運動療法が有効であるとも報告している。この運動療法の有効性は、前述のACCP/AACVPR 1997, ATS 1999, BTS 2001のガイドラインにおいても下肢の筋持久力訓練が運動能力や呼吸困難感を改善させることを記載している（エビデンスA）。

プログラムの構成要素と運動の種類

開始時に推奨されるプログラム構成は、コンディショニング、ADL訓練および運動療法がある。重症・最重症例では、コンディショニングや基礎ADLトレーニングを中心で、運動療法は低負荷でその占める割合は少なくなる。一方、軽症の場合はコンディショニングやADLトレーニングの占める割合は僅かで、高負荷法での運動療法が中心となる（図1）。また運動療法のすすめ方にに関する呼吸リハビリテーションマニュアル作成委員会のコンセンサスは、開始時はコンディショニングを多く、次にADL訓練で、徐々に運動療法の占める割合を多くし、維持期では運動療法がその中心的な役割をしている。

運動トレーニングには過負荷の原則、特異性の原則および可逆性の原則があり、それを考慮したプログラムが必要になる。

過負荷の原則とは、組織或いは器官の機能を向上させるためには普段より強い負荷が必要であり、患者の現時点の筋力や持久力を評価し、少なくとも患者の最大能力の40%以上の負荷をかけなければその能力は改善しない。

特異性の原則では、トレーニングの効果は行った運動様式および使用した筋（群）に依存するので、患者の移動能力が著しく低下した症例では、下肢の筋力や持久力訓練をしなければ移動能力の改善は期待できない。

可逆性の原則は、トレーニングを中止した場合、時間とともにその効果が消失することであり、ホームプログラムの重要性

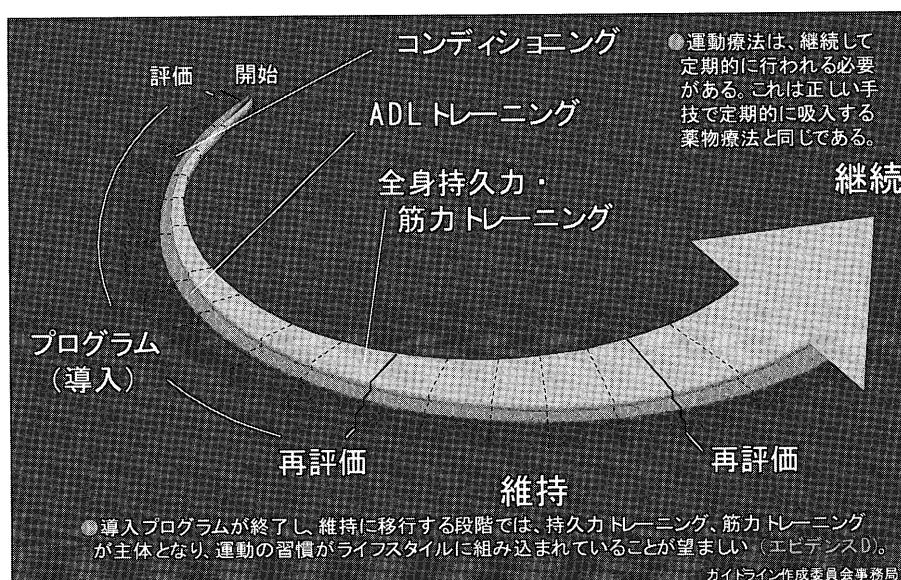


図1 運動療法を進め方に関するコンセンサス

を示唆している。また、運動療法には運動の頻度、強度、時間および種類を処方することが求められている。現時点での科学的根拠のある運動処方は、2日に1回以上の頻度で、20分以上の運動を行うことが求められているが、負荷強度については一定の知見が得られていない。

運動には全身持久力トレーニングと骨格筋トレーニングがあり、前者は下肢と上肢の運動、後者は下肢、上肢、体幹の運動である。全身持久力（心肺機能）とは、全身の大筋群を使用した動的運動を中から高強度まで長時間にわたり行うことのできる能力（American College of Sport Medicine; ACSM）と定義され、一般的に全身持久力の指標は peakVO₂ または VO_{2max} が用いられている。その方法は動的運動を一定のリズムで一定時間以上行うトレーニングで、呼吸リハビリテーションにおける全身持久力トレーニングは、心肺機能の向上が目的である。その効果は、最大仕事量の増大および呼吸困難感の軽減、VO₂、VE、乳酸値の改善などが報告されている。下肢の運動による全身持久力トレーニングには、平地歩行、自転車エルゴメータ、半坐位エルゴメータ、トレッドミル、踏み台昇降などがあり、中でも平地歩行と踏み台昇降はホームプログラムとして活用しやすい。上肢の運動による全身持久力トレーニングには、上肢エルゴメータ（支持あり運動）が用いられるが、特殊な機器が必要である。骨格筋機能は筋力と筋持久力があり、筋力は特定の筋または筋群によって発揮される最大の力と定義されている。筋持久力は筋疲労をおこさずに、十分な時間、筋収縮を繰り返す筋群の能力または最大随意収縮の何割かの一定強度の収縮を維持する能力と定義されている。

骨格筋トレーニングには適切な負荷刺激（抵抗の強さと頻度）が必要である。筋力トレーニングは、最大もしくは最大に近い筋緊張を生ずる重量で少ない回数を繰り返す方法が筋力の増加を、軽い重量を用いて回数を多く繰り返す方法は筋持久力を増す。

運動強度の決め方

運動強度は、%peak VO₂、心拍数（%HRmax 法）、自覚症状（Borg スケール）、最大仕事量、Shuttle Working Test: SWTなどを用いる。%peak VO₂ は、トレッドミル、自転車エルゴメータによる多段階運動負荷試験で得られた peak VO₂ を利用し、peak VO₂ の 40–80% の間で処方する。たとえば、peak VO₂ が 35 ml/kg/min の場合、peak VO₂ の 70% の負荷強度を用いるとすると、 $35 \times 70\% \text{ peak VO}_2 = 35 \times 0.7 = 24.5 \text{ ml/kg/min}$ となり、24.5 ml/kg/min に相当する自転車エルゴメータの仕事量またはトレッドミルや SWT の歩行速度を求めて運動処方する。心拍数（%HRmax 法）で運動処方をする場合は、年齢別最大心拍数（HRmax = 220 – 年齢）から目標心拍数（Target Heart Rate: THR = %HRmax）を求める。たとえば、年齢 68 歳の症例で、70% の負荷強度を選択する場合は下記のように算出し、目標心拍数は 106 拍/分の心拍数を維持できる運動強度となる。

$$\text{予測 HRmax} = 220 - 68 = 152 \text{ bpm}$$

$$\text{目標心拍数} = 70\% \text{ HRmax}$$

$$= 0.7 \times 152 = 106 \text{ bpm}$$

最大仕事量で運動処方する場合は、自転車エルゴメータを用い

表 2 SWT プロトコール

距離 (m)	速度 (km/h)	peakVO ₂ (ml/kg/min)
0 ~ 30	1.8	4.4 ~ 4.9
40 ~ 70	2.4	5.2 ~ 5.9
80 ~ 120	3.0	6.2 ~ 7.2
130 ~ 180	3.6	7.4 ~ 8.7
190 ~ 250	4.2	8.9 ~ 10.4
260 ~ 330	4.8	10.7 ~ 12.4

た多段階運動負荷試験から得られた最大仕事量（WRmax）を用いる。たとえば、患者の最大仕事量が 50 watt である時、70% の負荷強度で処方する場合、 $0.7 \times 50 = 35$ watt の負荷量で処方する。

SWT は、イギリスの Singh (1991) らによって開発されたフィールド・ウォーキング・テストで、9 m の間を CD からの発信音に合わせて往復歩行し、1 分毎に速度を増加させる漸増負荷試験である。最大歩行距離、あるいは運動時間を運動能力評価の指標とする。本法は 6 MWT (6 分間歩行テスト) よりも peakVO₂ との相関が高く、また再現性も良好であることが報告されている。SWT の詳細な方法は「シャトル・ウォーキング・テスト日本語版—The Shuttle Walking Test」によってマニュアル化されている³⁾。SWT による peakVO₂ の予測式は「 $\text{VO}_{2\text{peak}} (\text{ml/kg/min}) = 4.19 + 0.025 \times \text{SWT}$ での歩行距離 (m)」である。たとえば、SWT 250 m の患者に 70% peakVO₂ に相当する強度での運動処方を行う場合

$$\text{VO}_{2\text{peak}} (\text{ml/kg/min}) = 4.19 + 0.025 \times \text{SWT} (250 \text{ m}) \\ = 10.4 \text{ ml/kg/min}$$

$$70\% \text{ peakVO}_2 (\text{ml/kg/min}) = 10.4 (\text{ml/kg/min}) \times 0.7 \\ = 7.28 \text{ ml/kg/min}$$

peakVO₂ 7.28 ml/kg/min は表 2 より約 3 km/h の歩行速度に相当するので、20 分間歩行を処方する場合は、20 分間で 1 km を歩くように指示すれば良い。この SWT は、6 MWT と比べて定量性・再現性に優れており、種々のタイプの運動処方に応用しやすい。また peakVO₂ の概算値を日常の ADL に当てはめて解釈できるため便利である。

各段階の酸素飽和度を記録することによって、desaturation の評価にも一定の定量性を持たせることが可能である。必要なスペースが 10 m ですむことから、我が国の施設の状況にも適しているなどの特徴がある。

運動強度

運動処方の負荷量は高強度負荷法と低強度負荷法があり、それぞれ利点、欠点があってその効果には一定の知見が得られていない（表 3）。本マニュアルでは、患者の重症度や開始時期によって運動強度を決定することを推奨している。

運動中の息切れ対策として、下記のような工夫も重要である。

- ①運動中は口すばめ呼吸と腹式呼吸を行う。
- ②動作は全て呼気で行う。
- ③目的筋を可能な限り単独で強化する。
- ④息切れが生じた場合は各運動の間に腹式呼吸を 1~2 回入れる。

表3 高強度負荷と低強度負荷

負荷の強さ	高強度負荷	低強度負荷
定義	peak VC ₂ に対して 60～80% の負荷	peak VC ₂ に対して 40～60% の負荷
利点	同一運動刺激に対して高い運動能力の改善がみられ、生理学的効果は高い	在宅で継続しやすい 抑鬱や不安感の改善効果大 リスクが少ない コンプライアンスが維持
欠点	全ての患者に施行は困難（特に重傷例） リスクが高いため、付き添い、監視が必要 患者のコンプライアンス低下	運動能力の改善が少ない 運動効果の発現に長期間を要す
適応	モチベーションが高い症例 軽症の呼吸不全	重症呼吸不全や肺性心合併例 コンプライアンスが低い患者 高齢者

⑤酸素療法を受けている患者は動作時の酸素流量で（安静時の1.5～2倍）行う。

⑥呼吸介助を行う。

運動療法の効果は、下肢の疲労感や呼吸困難感が軽減し、QOLが向上することが認められている。しかしその効果は、運動を継続しなければ失われる。したがって家庭での維持プログラムの開発が求められている。

呼吸リハビリテーションの課題

呼吸リハビリテーションの課題は、呼吸理学療法の課題でもあり、下記の9項目が挙げられる。特に呼吸理学療法は、患者からより信頼性のある臨床結果や医療技術の開発を望む声が多く、EBMに基づいた呼吸理学療法が課題である。

- ①呼吸器疾患における運動療法の有用性に関するエビデンスについて
- ②呼吸訓練、ストレッチを中心とした柔軟性のトレーニングの有用性のエビデンスについて
- ③軽症から中等症のCOPD患者に対する運動トレーニングの効果
- ④運動療法の維持
- ⑤運動療法中の酸素吸入
- ⑥非侵襲的換気療法と運動療法
- ⑦運動療法と栄養

⑧生活習慣病としてのCOPD

⑨保険診療上の問題点

特に保健診療上の問題点に関しては、「COPDと慢性心不全の骨格筋機能障害や運動耐容能の低下には類似点は多く、施行されている運動療法の内容もほぼ同等である。したがって、この見地からは心臓リハビリテーションと呼吸リハビリテーションは同等と見なされるべきである」との報告⁴⁾もあり、急いで解決するべき課題である。

謝辞：呼吸リハビリテーションマニュアル—運動療法—の作成に当たり、貴重な機会を与えて頂いた、日本呼吸管理学会呼吸リハビリテーションガイドライン作成委員会委員長福地義之助先生、同ワーキンググループリーダー木田厚瑞先生、日本理学療法士協会前会長奈良歎先生に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 福地義之助：COPDの疫学—意外に多い発生頻度—. 治療 85: 2283-2289, 2002.
- 2) 日本呼吸管理学会・日本呼吸器学会・日本理学療法士協会：呼吸リハビリテーションマニュアル—運動療法—. 照林社, 2003.
- 3) Singh SJ, et al.:シャトルウォーキングテスト—The Shuttle Walking Test—. 千住秀明・他(訳)長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻・千住研究室, 長崎, 2001.
- 4) Gosker HR, Lancer NHMK, et al.: Striking similarities in systemic factors contributing to decreased exercise capacity in patients with severe heart failure or COPD. Chest 123: 1416-1424, 2003.