

Original Article

慢性閉塞性肺疾患における低強度運動療法「座ってできる COPD 体操」の効果

高橋仁美,¹ 菅原慶勇,¹ 佐竹将宏,² 塩谷隆信²
加賀谷 斉,³ 河谷正仁⁴

¹市立秋田総合病院リハビリテーション科

²秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻理学療法学講座

³藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座

⁴秋田大学大学院医学系研究科器管統合生理学講座

要旨

Takahashi H, Sugawara K, Satake M, Shioya T, Kagaya H, Kawatani M. Effects of low-intensity exercise training (Chronic Obstructive Pulmonary Disease Sitting Calisthenics) in patients with stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Jpn J Compr Rehabil Sci 2011; 2: 5-12.

【目的】本研究の目的は、独自に考案した低強度の「座ってできる COPD 体操 (COPD 体操)」を中心とした呼吸リハビリテーション (呼吸リハ) を安定期 COPD 患者に施行し、その有効性を検討することである。

【方法】対象は、外来通院中の COPD 患者 67 例 (全例男性) で、これらの症例を在宅で呼吸リハを実施した体操群 35 例と 1 カ月に一度の教育だけを受けたコントロール群 32 例に無作為に分けて検討した。

【結果】目標呼吸困難スコア (Target Dyspnea Rate) の 2 で行わせた有酸素運動の peak $\dot{V}O_2$ は、39.4~52.1% と低強度であった。在宅での実施率は、ストレッチ 92%、有酸素運動 76%、上肢筋トレーニング 40%、下肢筋トレーニング 44% であった。体操群は 3 カ月後に VC、%VC、FVC、FRC、RV、RV/TLC、6MWD、CRQ が有意に改善していた。コントロール群では有意な変化はみられなかった。

【結論】COPD 体操は、安定期 COPD 患者の有効な治療戦略となると考える。

キーワード: COPD, 呼吸リハビリテーション, 低強度, 体操

著者連絡先: 高橋仁美
市立秋田総合病院リハビリテーション科
〒010-0933 秋田県秋田市川元松丘町 4-30
E-mail: ac830887@med.city.akita.akita.jp
2010 年 12 月 20 日受理

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はありません。

はじめに

COPD (Chronic Obstructive pulmonary Disease: 慢性閉塞性肺疾患) に対する呼吸リハビリテーション (呼吸リハ) の中核は、運動療法である [1, 2]。運動療法の種類は、大きく有酸素運動、筋力トレーニング、ストレッチに分けられる。有酸素運動では歩行が手軽に行なる効果的な種目として、筋力トレーニングでは重錘バンド、弾性ゴムバンド、ダンベルなどの道具を使った運動が一般的に用いられている [3, 4]。しかし、有酸素運動である歩行は、雨や雪、炎天下などには屋外で行えない。また、道具を使った筋力トレーニングは、重度の COPD 患者では抵抗負荷が大きくなると実施が困難になることから、運動療法の継続実施は低い現状にある [5-7]。一方、ストレッチは低負荷であり、自宅で手軽に行える利点もあり、本邦では主たる運動療法の準備運動として用いられることが多い。しかし、ストレッチの有用性に関するエビデンスについては現在のところ明確ではない。そこで、ストレッチ体操、筋力トレーニング、および有酸素運動の 3 種類からなる椅子に腰かけてできる低強度の「座ってできる COPD 体操」(COPD 体操) を新規に考案し、外来通院中の安定期 COPD 患者に COPD 体操を中心とした呼吸リハを施行し、その有効性について検討したので報告する。

方法

対象は、2008 年 4 月から 2010 年 3 月までの間に市立秋田総合病院に外来通院した安定期 COPD 患者 67 例 (全例男性) である (表 1)。COPD の診断基準は、アメリカ胸部学会 (ATS) の COPD ガイドラインを適用し、1 秒量 (FEV₁) で 70% 未満、および β_2 刺激薬吸入後の FEV₁ の増加が 10% 未満を基準とした [8]。これらの症例を無作為に在宅で COPD 体操を中心とした呼吸リハを実施した体操群 35 例と COPD 体操を実施せず、1 カ月に一度教育だけを受けたコントロール群 32 例に分けて検討した。

なお、本研究は市立秋田総合病院および秋田大学医学部倫理委員会の審査を受け承認を得てヘルシンキ宣

言 [9] を遵守して行なわれた。本研究の参加者には、研究の趣旨と内容を口頭および文書で十分に説明し、研究参加は自由であること、プライバシーには十分に配慮することを伝え、同意書を持って同意を得た。

1. COPD 体操について

COPD 体操は、椅子に座って行う体操で、頸・肩甲帯・胸郭のストレッチ (図 1)、等尺性収縮での上下肢の筋力トレーニング (図 2)、および椅子に腰掛けた状態で行う有酸素運動 (図 3) の 3 種類で構成されている。実際の COPD 体操の運動方法を表 2 にまとめた。

有酸素運動の運動強度の設定には、目標呼吸困難スコア (Target Dyspnea Rate ; TDR) を使用し [10]、10 段階の Borg スケール [11] の 2 (「弱い」レベル) と低強度で行わせる。

表 1. 対象の患者背景

	体操群 (n=35)	コントロール群 (n=32)
年齢 (歳)	72.5±7.04	72.4±7.01
身長 (cm)	161±6.78	161±6.95
体重 (kg)	53.3±11.3	50.4±9.09
VC (L)	2.98±0.79	2.98±0.74
%VC	94.8±23.1	93.1±24.8
FVC (L)	2.81±0.78	2.84±0.67
FEV ₁ (L)	1.32±0.61	1.30±0.55
FEV ₁ % (%)	45.9±13.8	45.6±11.3
%FEV ₁ (%)	53.5±22.4	51.2±22.8
TLC (L)	6.25±0.79	6.42±0.93
FRC (L)	4.35±0.69	4.55±0.88
RV(L)	3.22±0.66	3.42±0.89
RV/TLC (%)	51.8±10.5	51.1±11.7

平均±標準偏差

2. 呼吸リハビリテーションの実施

体操群に対しては、在宅で COPD 体操を 3 日以上の間隔を空けることなく 3 日 / 週以上行うことを目標に、3 カ月継続してもらった。また、2 週に一度の外來通院時には呼吸介助と ADL 指導を、1 カ月に一度の呼吸教室では教育を行った。コントロール群は、1 カ月に一度の教育だけを受けた。教育については、45 分間の呼吸教室において、医師、看護師、理学療法士、薬剤師、管理栄養士など、それぞれの専門的な立場からの講義を行った。

COPD 体操の有効性の検討は、体操群において、TDR 2 で行われた際の有酸素運動の運動強度と在宅での COPD 体操の実施率を調べ、また、両群においては、呼吸リハ導入前と導入後 3 カ月後の各種データの変化を比較検討した。

TDR 2 で行われた際の有酸素運動の運動強度は、6 分間歩行テスト (6MWT) の運動負荷試験から得られた最高酸素摂取量 (peakVO₂) の割合から求めた [12]。COPD 体操中の呼気ガス分析を携帯型呼気ガス分析装置 MetaMax 3B (Cortex 社製、ドイツ) を用い breath by breath にて測定・分析した (図 4) [13, 14]。呼吸困難は Borg のカテゴリー比スケールを用いて 1 分ごとに記録した [15]。呼吸リハ介入前後の 1 秒量 (FEV₁)、肺活量 (VC)、および努力性肺活量 (FVC) はスパイロメーター (CHESTAC-8800; Chest, Inc, Tokyo, Japan) を使用して測定された。機能的残気量 (FRC) の測定は、ボディボックス (CHESTAC-8800 BDN type; Chest, Inc, Tokyo, Japan) を使用した。全肺気量 (TLC) と残気量 (RV) は VC と FRC から計算された [16]。

在宅での COPD 体操の実施率は、呼吸リハ施行後 3 カ月後にアンケート調査によって行った。ストレッチ、有酸素運動、上下肢の筋力トレーニングをそれぞれの 3 日 / 週以上の実施率を調べた。

さらに、本体操の効果の検討では、導入前と導入後 3 カ月後の呼吸機能、6 分間歩行距離 (6MWD)、お

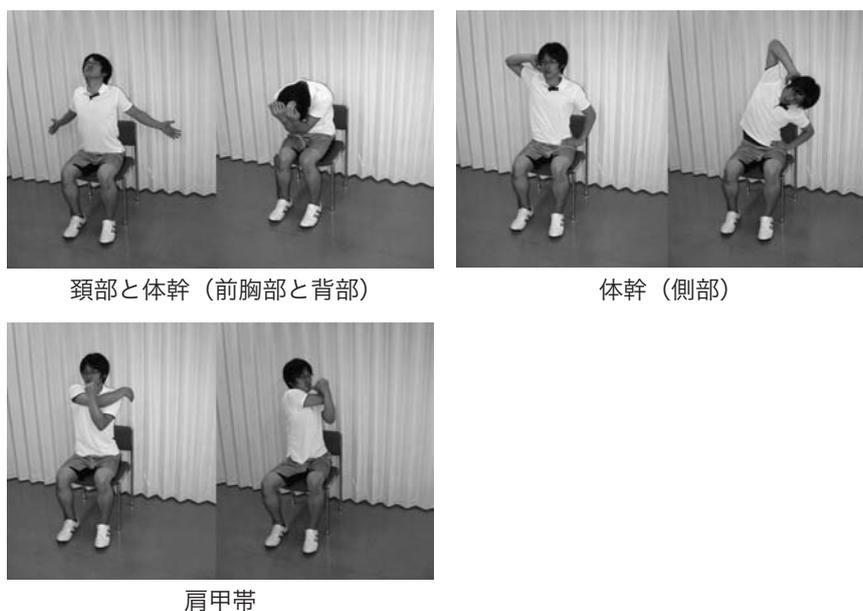


図 1. ストレッチング

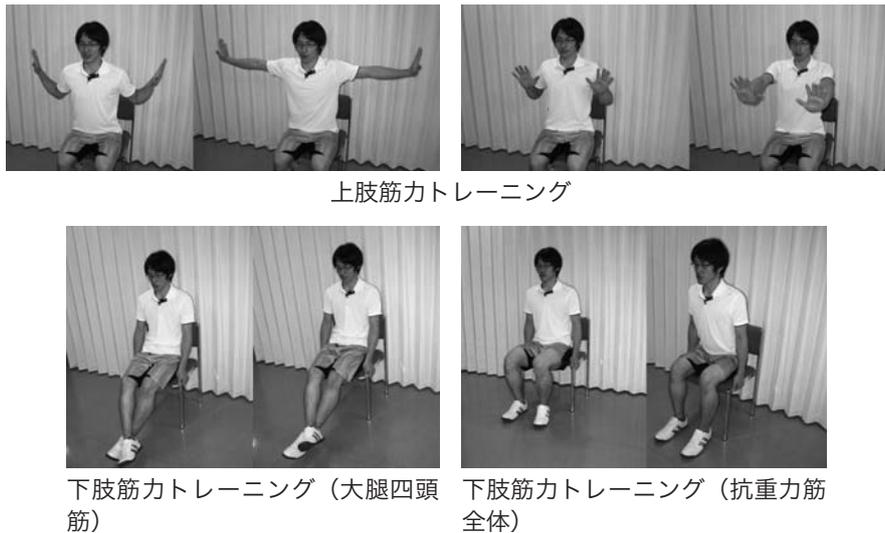


図2. 上下肢の筋力トレーニング

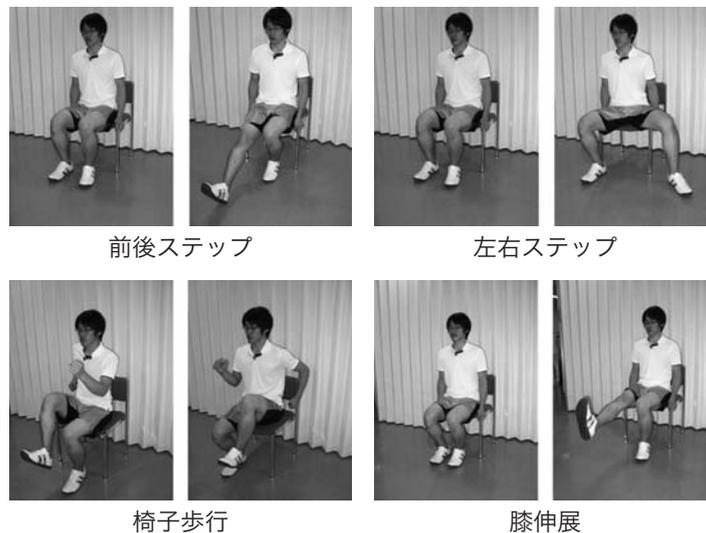


図3. 有酸素運動

よび健康関連 QOL (HRQOL) の指標である Chronic Respiratory Disease Questionnaire (CRQ) [17] の変化を調べた。

3. 統計学的検討

体操群とコントロール群においてそれぞれ正規性を確認した後、2群間の比較は unpaired t-test により、呼吸リハ施行前と施行3カ月後の比較は paired t-test により行った。いずれも有意水準5%未満で有意差ありと判定した、

結果

TDR 2 で行わせた COPD 体操の各有酸素運動の peakVO₂ は、前後ステップが 5.8±1.3ml/min/kg、左右ステップが 6.1±1.1ml/min/kg、椅子歩行が 7.6±1.6ml/min/kg、膝伸展が 6.7±1.4ml/min/kg であった。これらの値を 6MWT から得られた peakVO₂ との割合で見ると、39.4～52.1%と低強度であった (図5)。

在宅での COPD 体操の3日/週以上の実施率については、ストレッチが92.0%、上肢筋トレーニング40.4%、下肢筋トレーニング44.2%、有酸素運動76.2%であった (図6)。

体操群の COPD 体操施行前と施行後3カ月後の呼吸機能、6MWD、CRQ の変化では、呼吸機能の一部、6MWD、および CRQ に有意な改善を認めた。呼吸機能で有意差を認めたのは、平均±標準偏差で、VC が 2.98±0.79L から 3.25±0.54L (P<0.01)、%VC が 94.8±23.1% から 103.9±21.0% (P<0.01)、FVC が 2.81±0.78L から 3.07±0.75L (P<0.01)、FRC が 4.35±0.69 から 4.13±0.74L (P<0.01)、RV が 3.22±0.66L から 2.90±0.67L (P<0.01)、RV/TLC が 51.8±10.5% から 47.8±10.5% (P<0.01) であった。また、6MWD が 367±123m から 429±97m と有意に改善していた (P<0.01)。CRQ は 97.0±23.1 点から 111.8±18.2 点と有意に改善し (P<0.01)、各項目においても Dyspnea が 21.5±7.7 点から 25.8±6.2 点 (P<0.01)、Fatigue が 19.3±6.7 点から 21.5±4.9 点 (P<0.05)、Emotion

表2. COPD 体操の実際の運動方法

-
- 1) ストレッチ
- 頸部と体幹
 - ①鼻から息を吸いながら、頸を後ろに倒し、両手を後方に引く。
 - ②口から息を吐きながら、頸を前に曲げ、背中を丸める。（これらを5回繰り返す）
 - 側胸部
 - 口から息を吐きながら、頭にあてた方の肘を持ち上げる。（左右3回ずつ行なう）
 - 肩甲帯
 - 口から息を吐きながら、頸と上部体幹を一方に捻る。（左右3回ずつ行なう）
- 2) 上下肢の筋力トレーニング
- 上肢筋力トレーニング
 - ①両手を背屈して真横に伸ばす。
 - ②口をすぼめて息をはきながら、上肢の伸展筋の等尺性収縮を6秒間行う。
 - ③次に正面に手を伸ばして同様に行う。（それぞれ5回ずつ行なう）
 - 下肢筋力トレーニング（大腿四頭筋）
 - ①足首のところで、両足を交差させ、上になっている足で下になっている足を押さえる。
 - ②口をすぼめて息をはきながら、大腿四頭筋の等尺性収縮を6秒間行う。
 - ③足を組み替えて、反対側も同様に行う。（左右5回ずつ行なう）
 - 下肢筋力トレーニング（抗重力筋全体）
 - ①椅子のふちを両手で握り、下肢は床を踏ん張るように力を入れる。
 - ②口をすぼめて息をはきながら、下肢の抗重力筋の等尺性収縮を6秒間行う。（5回行う）
- 3) 有酸素運動
- 前後ステップ
 - ①片足を前方に出して踵を床につけて、再び足を元の位置に戻す。
 - ②反対の足も同様に行ない、繰り返す。
 - 左右ステップ
 - 左右方向へのステップも同様に行う。
 - 椅子歩行
 - 一側の上肢を前方、他側の上肢を後方に振り、歩く動作を繰り返す。
 - 膝伸展
 - ①片足を上げ、膝を伸展させて、再び足を元の位置に戻す。
 - ②反対の足も同様に行ない、繰り返す。
- 以上の有酸素運動は、4つの動作をTDR2で、それぞれ2分半ずつ、2セット（20分）程度を目安に行う。呼吸パターンは呼気：吸気が2：1程度になるようにして、呼気を強調する。
-



図4. 有酸素運動の運動強度の測定

ポータブルタイプの呼気ガス分析装置
(MetaMax 3B, Cortex社製, ドイツ)

・ Breath by breath 法にて測定・分析

$$\begin{aligned} & \dot{V}O_2 \\ & \dot{V}CO_2 \\ & \dot{V}E \end{aligned}$$

・ 呼吸困難の評価はBorgスケールを使用

・ 運動中の呼吸困難の程度を1分毎に記録

が 36.0 ± 10.0 点から 42.1 ± 5.3 点 ($P < 0.01$), Mastery が 20.7 ± 4.5 点から 23.0 ± 5.3 点 ($P < 0.05$) と有意に改善した。コントロール群では有意な変化はみられなかった (表3)。

考察

今回、TDR2で行わせたCOPD体操の有酸素運動

は、6MWTから得られた $\text{peak}\dot{V}O_2$ との割合で見ると $39.4 \sim 52.1\%$ と低強度であった。運動強度の設定については $\text{peak}\dot{V}O_2$ が $40 \sim 60\%$ の低強度から $60 \sim 80\%$ の高強度までと幅広いが、一般的には高強度はアドヒアランスを低下させる [4], [18]。実際の運動処方に関しては、shuttle歩行試験から算出した運動処方の不適切さを指摘する報告 [19] や心拍数よりもBorgスケールや疲労感を用いた方が適切であるといった報

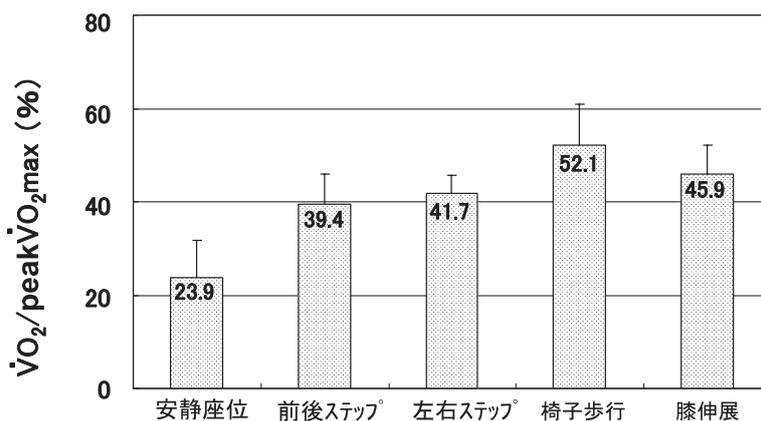


図5. 各有酸素運動の運動強度

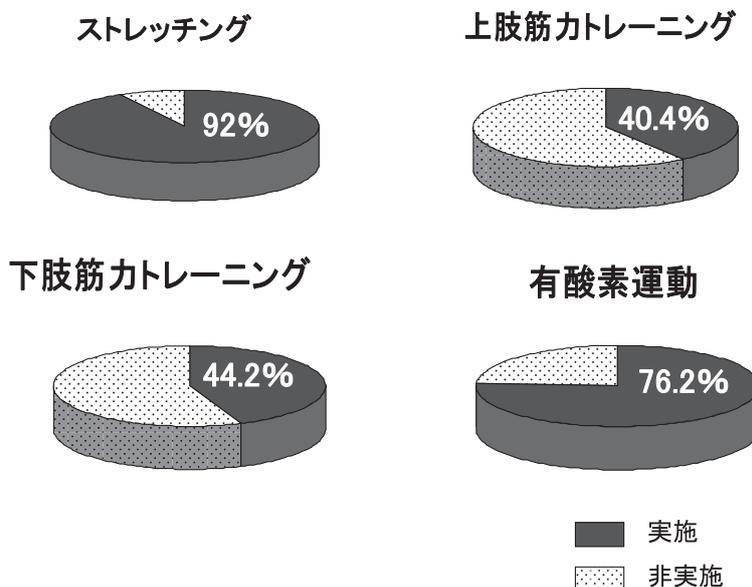


図6. 有酸素運動の在宅での実施率

表3. COPD 体操を中心とした呼吸リハの効果

	体操群 (n=35)		コントロール群 (n=32)	
	介入前	3ヵ月後	介入前	3ヵ月後
VC (L)	2.98±0.79	3.25±0.75**	2.98±0.74	3.00±0.68
%VC	94.8±23.1	103.9±21.0**	93.1±24.8	96.0±23.0
FVC (L)	2.81±0.78	3.07±0.75**	2.84±0.67	2.89±0.64
FEV ₁ (L)	1.32±0.61	1.37±0.58	1.30±0.55	1.34±0.57
FEV ₁ % (%)	45.9±13.8	45.4±13.7	45.6±11.3	45.9±12.8
%FEV ₁ (%)	53.5±22.4	55.7±21.5	51.2±22.8	52.0±24.4
TLC (L)	6.25±0.79	6.18±0.87	6.42±0.93	6.42±0.94
FRC (L)	4.35±0.69	4.13±0.74**	4.55±0.88	4.47±0.89
RV (L)	3.22±0.66	2.90±0.67**	3.42±0.89	3.34±0.98
RV/TLC (%)	51.8±10.5	47.8±10.5**	51.1±11.7	51.3±10.1
6MWD (m)	367±123	429±97.0**	364±107	367±100
CRQ total	97.0±23.1	111.8±18.2**	98.9±23.3	99.1±21.3
Dyspnea	21.5±7.7	25.8±6.2**	23.3±5.7	24.5±4.4
Fatigue	19.3±6.7	21.5±4.9*	20.4±6.6	20.2±5.7
Emotion	36.0±10.1	42.1±5.4**	38.5±9.9	36.7±10.5
Mastery	20.7±4.5	23.0±5.3*	21.9±6.3	21.8±5.6

平均±標準偏差 ** p < 0.01 * p < 0.05

告 [20], [21] もあり, 在宅での運動処方に TDR を用いたことはより現実的であったと考える。

我々は, 当院で呼吸リハを導入した当初における研究で, 呼吸リハの在宅での実施率を 14 例で検討した。COPD 体操を導入する前の在宅での運動療法の内容は, ペットボトルや缶詰などを用いた上肢の筋力トレーニング, 塩や砂糖を風呂敷に包んで足部に巻いて行う下肢の筋力トレーニング, そして歩行運動であった。これらの運動療法の在宅での実施率は, ストレッチ体操が 57.1%, 上肢筋トレーニング 14.3%, 下肢筋トレーニング 0%, 歩行による有酸素運動 21.4% と低かった。そこで, 在宅を訪問して呼吸リハの重要性の意識づけし, 運動療法を再指導し, 2 カ月後に再訪問した結果は, ストレッチ体操 85.7%, 上肢筋トレーニング 28.6%, 下肢筋トレーニング 14.3%, 歩行運動 28.6% へと実施率が向上していた。今回の COPD 体操を導入してからの実施率は, ストレッチが 92.0%, 上肢筋トレーニング 40.4%, 下肢筋トレーニング 44.2%, 有酸素運動 76.2% とさらに向上していた。

COPD 体操導入前は, 道具を使った筋力強化は継続できない, 天候不良時には屋外歩行は実施できないなどの患者の指摘があった。しかし, COPD 体操は, 道具を必要とせず, 屋内で手軽に行え, テレビを観ながら, ラジオを聴きながらのトレーニングが可能であり, これらが実施継続の向上に影響したと考えられる。

呼吸リハの効果と運動強度の関係については, 一般的に高強度の方が低強度に比べ効果的とされている [22], [23], [24]。しかし, Puhan ら [25] の RCT で検討した報告によると, COPD 患者に高強度で運動療法を行うことを推奨する十分な根拠はみられないと結論している。また, 在宅での低強度の末梢筋運動によって運動耐容能と呼吸困難が改善する報告 [26], 最大運動強度の 50% の持続トレーニング群と 100% で 30 秒毎のインターバルトレーニング群の比較で, 運動耐容能, HRQOL には差がなく, 運動強度が 1/2 で運動時間が 2 倍であれば同じ効果が得られるとする報告 [27], 高強度の運動療法 (最大運動量の 80% 以上, 30 分, 8 週間) を行った群と低強度の四肢筋トレーニング (美容体操, 30 分, 8 週間) 行っ

た群の比較で, 両群とも運動耐容能, HRQOL, 呼吸困難の改善において差はないとする報告 [28] がある。さらに, 2007 年に発表された ACCP/AACVPR では, 運動療法は低強度, 高強度どちらも臨床的に効果があるとして, 1A と評価されている [4]。

このように近年では低強度のプログラムの有用性が認められており, 道具を使わず手軽に行える低強度の COPD 体操を主体とした呼吸リハプログラムは, 在宅での継続実施に効果的であり, 呼吸機能の一部や上下肢の筋力の改善に影響を及ぼし, 呼吸困難, 運動耐容能, HRQOL に対して効果的であったと考える (図 7)。VC などの呼吸機能の改善については, FRC や RV の減少によるものと考えられる。これは, COPD 体操には渋谷らが報告した呼吸困難の改善の機序と同様の効果があった可能性がある [29]。また, 2 週に一度であるが, 外来通院時の呼吸介助は, 胸郭の可動性, FRC や RV の減少, 呼吸困難の軽減に有効であった可能性もある [30]。さらに, 一般的に COPD 患者では息切れの増加に不活動を伴い, deconditioning を形成する悪循環が存在するが [31], 個々の症例に合わせた ADL 指導は, 生活全般を活発化させ, 悪循環を断ち切ることに影響したと考えている。ただし, 体操群は 2 週に 1 度の ADL 指導を行っており, 1 カ月に 1 度の教育のみであるコントロール群との指導頻度の差が結果に影響を与えている可能性もあり, 今後の検討課題としたい。

COPD 体操の今後の応用として, 酸素療法や非侵襲的換気療法 (non invasive positive pressure ventilation : NPPV) 施行中の患者への適応が考えられる。

運動療法中の酸素吸入は,アウトカムとしての運動耐容能や HRQOL の改善効果に関しては, まだ一定の見解が得られていない。しかし, COPD に対する運動時の酸素投与における短期効果の RCT のメタ解析では, 呼吸困難, 運動耐容能などの改善が中等度から重度の COPD 患者でみられたとされている [32]。したがって, COPD 体操は酸素吸入下でベッドサイドから呼吸リハを開始する症例にも適応となり, 低酸素血症を防止しながらの運動療法として応用することが可能と考えられ, 今後さらに検討する必要がある。

NPPV は夜間のみ使用する方法, 運動療法中に用い

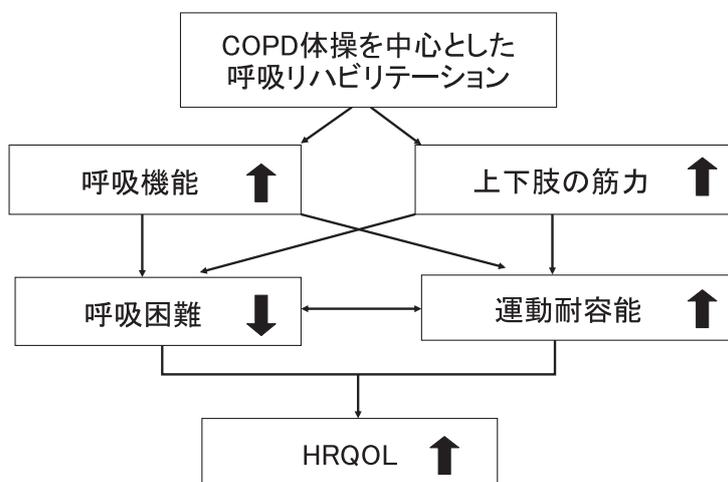


図 7. 呼吸リハによる HRQOL 改善の機序 (仮説)

る方法、および夜間と運動療法時の併用法がある。運動療法中のNPPV併用では、呼吸困難が軽減し、歩行距離が延長することが報告されている [33]。現在のところ、NPPVのルーチンな使用は推奨されていない [4] が、運動耐容能が著しく低く、換気を行いながら運動すると症状が緩和する高二酸化炭素血症の患者や重症例では、COPD体操との併用は効果的と考えられ、今後詳細に検討する必要がある。

本研究から、TDR2で行わせたCOPD体操の有酸素運動は、6MWTから得られた $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ との割合で見ると39.4~52.1%と低強度であることがわかった。COPD体操の在宅での実施率は、ストレッチ体操が92%、有酸素運動76%、上肢筋トレーニング40%、下肢筋トレーニング44%であり、COPD導入前のプログラムよりも継続実施率が向上していた。COPD体操施行後3カ月後には、呼吸機能、運動耐容能、およびHRQOLが有意に改善しており、本体操の有効性が示唆された。

文献

1. American Thoracic Society MEDICAL SECTION OF THE AMERICAN LUNG ASSOCIATION. Pulmonary Rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1666-82.
2. British Thoracic Society Standards of Care Subcommittee on Pulmonary Rehabilitation. BTS Statement Pulmonary rehabilitation. *Thorax* 2001; 56: 827-34.
3. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J, et al. ATS/ERS Pulmonary Rehabilitation Writing Committee. American Thoracic Society/ European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 1390-413.
4. Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, Casaburi R, Emery CF, Mahler DA, et al. Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest* 2007; 131: 4S-42S.
5. Brooks D, Krip B, Mangovski-Alzamora S, Goldstein RS. The effect of postrehabilitation programmes among individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2002; 20: 20-9.
6. Chester EH, Belman MJ, Bahler RC, Baum GL, Schey G, Buch P. Multidisciplinary treatment of chronic pulmonary insufficiency. 3. The effect of physical training on cardiopulmonary performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1977; 72: 695-702.
7. Heppner PS, Morgan C, Kaplan RM, Ries AL. Regular walking and long-term maintenance of outcomes after pulmonary rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil* 2006; 26: 44-53.
8. American Thoracic Society. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: S77-121.
9. WORLD MEDICAL ASSOCIATION. DECLARATION OF HELSINKI: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Available from: http://med.or.jp/wma/helsinki02_j.html (Cited 2008 February 26).
10. Horowitz MB, Littenberg B, Mahler DA. Dyspnea ratings for prescribing exercise intensity in patients with COPD. *Chest* 1996; 109: 1169-75.
11. Borg GAV. Psychophysical basis of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-81.
12. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111-7.
13. Faggiano P, D'Aloia A, Gualeni A, Lavatelli A, Giordano A. Assessment of oxygen uptake during the 6-minute walking test in patients with heart failure: Preliminary experience with a portable device. *Am Heart J* 1997; 13A: 203-6.
14. Schulz H, Helle S, Heck H. The validity of the telemetric system cortex x 1 in the ventilatory and gas exchange measurement during exercise. *Int J Sports Med* 1997; 18: 454-7.
15. Satake M, Shioya T, Takahashi H, Kawatani M. Ventilatory responses to six-minute walk test, incremental shuttle walking test, and cycle ergometer test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Biomed Res* 2003; 24: 309-16.
16. Japanese Respiratory Society. Standard Values in the spirometry and blood gas in Japanese. *J Jap Respir Soc* 2001; 39: S1-S17.
17. Guyatt GH, Berman LB, Townsend M, Pugsley SO, Chambers LW. A measure of quality of life for clinical trials in chronic lung disease. *Thorax* 1987; 42: 773-8.
18. Griffiths TL, Burr ML, Campbell IA, Lewis-Jenkins V, Mullins J, Shiels K, et al. Results at 1 year of outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation: a randomised controlled trial. *Lancet* 2000; 355: 362-8.
19. Brodin SE, Cecins NM, Jenkins SC. Questioning the use of heart rate and dyspnea in the prescription of exercise in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2003; 23: 228-34.
20. Mejia R, Ward J, Lentine T, Mahler DA. Target dyspnea ratings predict expected oxygen consumption as well as target heart rate values. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1485-9.
21. Zacarias EC, Neder JA, Cendom SP, Nery LE, Jardim JR. Heart rate at the estimated lactate threshold in patients with chronic obstructive pulmonary disease: effects on the target intensity for dynamic exercise training. *J Cardiopulm Rehabil* 2000; 20: 369-76.
22. Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973; 35: 236-43.
23. Casaburi R, Wasserman K. Exercise training in pulmonary rehabilitation. *N Engl J Med* 1986; 314: 1509-11.
24. Casaburi R, Kukafka D, Cooper CB, Witek TJ Jr, Kesten S. Improvement in exercise tolerance with the combination of tiotropium and pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Chest* 2005; 127: 809-17.

25. Puhan MA, Schünemann HJ, Frey M, Scharplatz M, Bachmann LM. How should COPD patients exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction? *Thorax* 2005; 60: 367-75.
26. Clark CJ, Cochrane L, Mackay E. Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD. *Eur Respir J* 1996; 9: 2590-6.
27. Vogiatzis I, Nanas S, Roussos C. Interval training as an alternative modality to continuous exercise in patients with COPD. *Eur Respir J* 2002; 20: 12-9.
28. Normandin EA, McCusker C, Connors M, Vale F, Gerardi D, ZuWallack RL. An evaluation of two approach to exercise conditioning in pulmonary rehabilitation. *Chest* 2002; 21: 1085-91.
29. Sibuya M, Yamada M, Kanamaru A, Tanaka K, Suzuki H, Noguchi E, et al. Effect of chest wall vibration on dyspnea in patients with chronic respiratory disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 1235-40.
30. Matsumoto K, Kurosawa H, Sano Y, Mori N, Goto Y, Kohzuki M. Chest physiotherapy changed ventilatory mechanics in patients with severe COPD. *Chest* 2005; 128 (SUPPL): 252S.
31. Prefaut CA, Varray A, Vallet G. Pathophysiological basis of exercise training in patients with chronic obstructive lung disease. *Eur Respir Rev* 1955: 27-32.
32. Bradley JM, O'Neill B. Short term ambulatory oxygen for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2005; 4 : CD004356.
33. Keilty SE, Ponte J, Fleming TA, Moxham J. Effect of inspiratory pressure support on exercise tolerance and breathlessness in patients with severe stable chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1994; 49: 990-4.