

## 慢性閉塞性肺疾患患者の酸素運搬手段の違いが 運動耐容能に及ぼす影響について

根 岸 裕 坂 本 雄 比 嘉 和 也  
井 上 諒 沖 野 桃 子

セコメディック病院 リハビリテーション部

## The Influence of Different Oxygen Delivery Systems on Exercise Tolerance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease

Negishi Yutaka Sakamoto Takashi Higa Kazuya  
Inoue Ryo Okino Momoko

Rehabilitation Department Secomedic Hospital

**Abstract** : Objective: This study examined the influence of different types of portable oxygen delivery systems on the exercise tolerance of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) who had received home oxygen therapy (HOT).

Methods: The study subjects comprised three patients: two patients who were hospitalized due to acute COPD aggravation and then switched to HOT, and one patient who was also hospitalized due to acute COPD aggravation and whose oxygen flow rate was re-measured after exertion. The distance walked during the six-minute walk test (6MWT) and the changes in percutaneous oxygen saturation ( $SpO_2$ ) were compared in these patients using two types of oxygen delivery systems (wheeled oxygen carrier and walking frame with oxygen tank carrier), at random. The measurements were performed twice a day for seven days.

Results: The distance walked was longer in all three patients when using the walking frame with the oxygen tank carrier. With regard to the change in  $SpO_2$ , the difference between the lowest value and the value obtained when the subjects started walking was calculated. According to the results obtained, the change was not significant in all three subjects when they used the walking frame with an oxygen tank carrier.

Discussion: Use of oxygen delivery systems, such as the walking frame with an oxygen tank carrier, improved the left-right asymmetry posture, supported the upper extremities resulting in a decreased burden on the leg muscles, improved the effectiveness of the accessory respiratory muscles, and enhanced ventilation efficiency at high lung capacity by allowing the trunk to lean forward, which in turn appeared to improve exercise tolerance.

**Key Words** : Chronic obstructive pulmonary disease, oxygen delivery system, exercise tolerance

**要旨** : [目的] 慢性閉塞性肺疾患 (Chronic Obstructive Pulmonary Disease : COPD) 患者の在宅酸素療法 (Home Oxygen Therapy : HOT) の外出用酸素運搬手段の違いが運動耐容能にどのような影響を及ぼすのかを検証する。[方法] COPD 急性増悪にて入院し HOT 導入に至った 2 症例と、COPD 急性増悪にて入院し労作時の酸素流量を再検討した 1 症例の計 3 症例に対し、1 日 2 回の 7 日間、牽引型とシルバーカー型の酸素運搬手段をランダムに

使用し、6分間歩行試験（6MWT）の歩行距離と経皮的酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）の変化量を比較した。[結果] 歩行距離は3症例ともシルバーカー型が延長した。SpO<sub>2</sub>の変化量は歩行開始時から最大低下時の差を算出し、3症例ともシルバーカー型の変化量が少ない値を示した。[考察] シルバーカー型の酸素運搬手段は左右非対称姿勢を改善し、上肢支持による下肢筋の負担軽減と呼吸補助筋の効率性向上、体幹前傾姿勢による高肺気量位での換気効率向上をもたらし、運動耐容能を向上させたと考えた。

キーワード：慢性閉塞性肺疾患、酸素運搬手段、運動耐容能

## 【緒言】

厚生労働省の統計によると2015年のCOPDによる死亡順位は全体で10位となっている。疫学調査研究NICEスタディ（2001年発表）の結果、日本人40歳以上のCOPD有病率は8.6%、患者数は530万人と推定される。しかし、COPDと診断された患者数は約26万人で、500万人以上が潜在している計算になる。今後の高齢化社会において、COPDと診断され呼吸リハビリテーションに対する需要が増加する事が予測される。また、2025年の地域包括ケアシステムの導入によりHOTに関わるリハビリテーション機会も増加する事が予測される。

日本呼吸管理学会／日本呼吸器学会の呼吸リハビリテーションに関するステートメントでは、呼吸リハビリテーションとは、呼吸器の病気によって生じた障害を持つ患者に対して、可能な限り機能を回復、あるいは維持させ、これにより、患者自身が自立できるように継続的に支援していくための医療であると定義している。<sup>1)</sup> 米国胸部医学会、米国呼吸循環リハビリテーション協会（American College of Chest Physicians：ACCP/ American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation：AACVPR）合同のガイドラインでは、運動療法は呼吸リハビリテーションの各手技の中でも十分な科学的根拠のある有効な治療法である事が示されている。<sup>2)</sup> GOLD（Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease）では全てのCOPD患者に身体活動を向上させる事や呼吸リハビリテーションの介入を推奨している。<sup>3)</sup> 特に歩行トレーニングはCOPD患者に対する必須要素として推奨されている。<sup>4)</sup> また、近年の研究ではCOPDの予後予測因子について身体活動量が最も影響を与える事が明らかにされている。<sup>5)</sup> 2014年に欧州呼吸器学会（European Respiratory Society：ERS）からCOPDの身体活動に

関するステートメントが発表され、COPDと身体活動量の関連性が注目されている。<sup>6)</sup> これらの事から、COPD患者に対する継続的な呼吸リハビリテーションは必須であり、単に身体機能改善を目的にした運動療法のみでは無く、社会参加として外出機会を増やす身体活動量の増加を目指した運動療法の指導が必要である。<sup>7)</sup>

今回、HOT使用患者の身体活動量の維持向上を目指すべく、COPD患者の酸素運搬手段の違いが運動耐容能にどのような影響を及ぼすのかを検討したので、以下に報告する。

## 【研究の方法】

### 1) 対象

平成27年3月から平成28年8月までに、入院にて呼吸リハビリテーションが処方された安定期COPD患者3例。各症例の詳細は、COPD急性増悪入院からHOT導入に至った2例と、COPD急性増悪入院にて労作時の酸素流量を再検討した1例の計3例（表1）。いずれの患者もリハビリテーションを実施するうえで、問題となる既往歴、四肢や脊柱の変形、認知機能、精神機能に問題が無く、ヘルシンキ宣言に基づき本研究の旨を説明し同意を得られた事を条件とした。

表1 各症例の詳細

	症例1	症例2	症例3
性別	男性	女性	男性
年齢	84歳	72歳	73歳
酸素	1L	2L	2L
FVC	1.46L	1.17L	2.11L
FEV <sub>1</sub>	0.53L	0.44L	1.52L
FEV <sub>1</sub> %	36.3%	37.6%	72.0%
% FEV1.0	25.4%	26.2%	60.3%

FVC：努力肺活量、FEV<sub>1</sub>：1秒量、FEV<sub>1</sub>%：1秒率、% FEV1.0：対標準1秒量

## 2) 方法

1日2回の7日間、運動耐容能評価として6MWTの歩行距離とSpO<sub>2</sub>の変化量を計測した。SpO<sub>2</sub>の変化量は、歩行開始時の値から最大低下時の値の差を算出した。

酸素運搬手段は帝人社製の、片手にて体の後方より牽引する牽引型(図1)と、両手にて体の前方より押すシルバーカー型(図2)の2種類を使用し、選択はランダム割り付けにて決定した(表2)。

対象の3症例は、上記の酸素運搬手段を使用するのは本研究が初めてであり、酸素流量の再検討を実施した症例はリュックサック型の酸素運搬手段を使用していたため、酸素運搬手段の熟練度には各症例で差が無いものと判断した。

## 3) 計測条件

6MWTはリハビリプログラムの最初に実施し、時間は午前9時、午後13時に統一した。研究の安全性を確保するため、計測の中止基準を設定し、医師の安静度と呼吸リハビリテーションマニュアル—運動療法—第2版の運動療法中止基準に準じ、強度の呼吸困難間、その他の自覚症状、年齢別最大心拍数の85%に達した時、毎分30回以上の呼吸数、高度な血圧変動、SpO<sub>2</sub>90%未満とした。<sup>8)</sup>

## 4) 研究デザイン

操作交代デザインを用い各3症例それぞれ比較検討し、歩行距離、SpO<sub>2</sub>の変化量の平均値を算出した。



図1 牽引型



図2 シルバーカー型

表2 酸素運搬手段ランダム割り付け

セッション	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
症例1	牽/シ	シ/牽	牽/シ	牽/シ	シ/牽	牽/シ	シ/牽
症例2	シ/牽	シ/牽	牽/シ	シ/牽	牽/シ	シ/牽	牽/シ
症例3	牽/シ	牽/シ	シ/牽	シ/牽	牽/シ	シ/牽	牽/シ

牽：牽引型、シ：シルバーカー型

午前/午後

【研究の結果】

1) 歩行距離

症例1は、牽引型平均194.3m、シルバーカー型平均243.6mであった(図3)。症例2は、牽引型平均105.7m、シルバーカー型平均142.9mであった(図4)。症例3は、牽引型平均55.7m、シルバーカー型平均74.3mであった(図5)。

2) SpO<sub>2</sub>の変化量

症例1は牽引型平均9.6%、シルバーカー型7.1%であった(図6)。症例2は、牽引型平均6.3%、シルバーカー型平均3.7%であった(図7)。症例3は、牽引型平均10.1%、シルバーカー型平均7.6%であった(図8)。

歩行距離の平均値は全3症例ともシルバーカー型が延長した。SpO<sub>2</sub>の変化量の平均値は全3症例ともシルバーカー型の変化量が少ない値を示した。

【考察】

本研究では、COPD患者の酸素運搬手段の違いが運動耐容能に及ぼす影響を検証する目的で、牽引型とシルバーカー型の酸素運搬手段を使用し、6MWTの歩行距離とSpO<sub>2</sub>の変化量を計測した。

歩行距離の平均値は、全3症例でシルバーカー型が延長した。各症例別に酸素運搬手段間の差を見ると、症例1では49.3m、症例2では37.2m、症例3では18.6mであった。MI Polkeyら<sup>9)</sup>は、COPD患者の6MWTの臨床意義のある最小変化量 minimal clinical important difference (MCID) を検討し30m以上短縮すると、死亡リスクが有意に増加すると報告している。本研究の結果、シルバーカー型の酸素運搬手段を使用する事で、症例1と2はMI Polkeyらが報告したMCIDを上回り、歩行距離の延長から死亡リスクの軽減にもつながる事が示唆された。SpO<sub>2</sub>の変化量の平均値は、全3症例でシルバーカー型が少ない

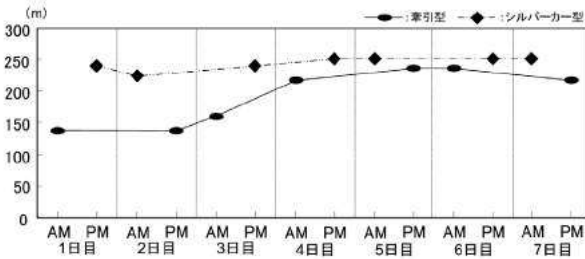


図3 症例1 歩行距離

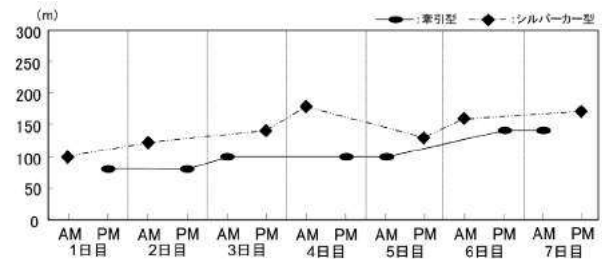


図4 症例2 歩行距離

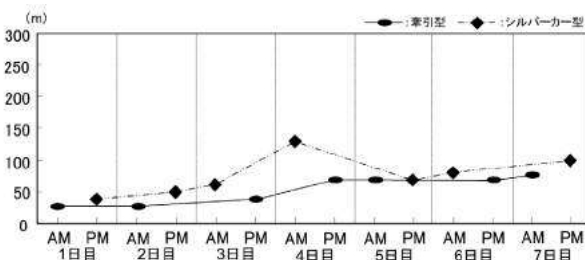


図5 症例3 歩行距離

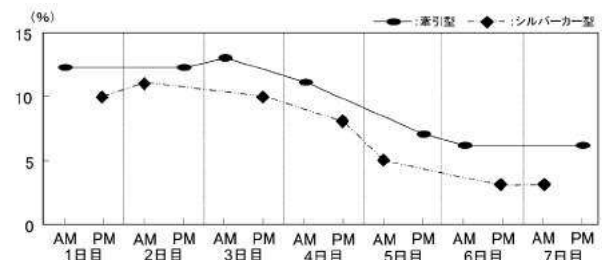


図6 症例1 SpO<sub>2</sub>の変化量

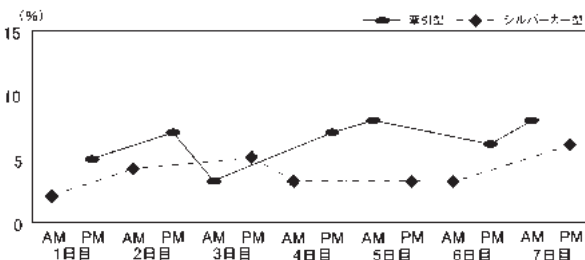


図7 症例2 SpO<sub>2</sub>の変化量

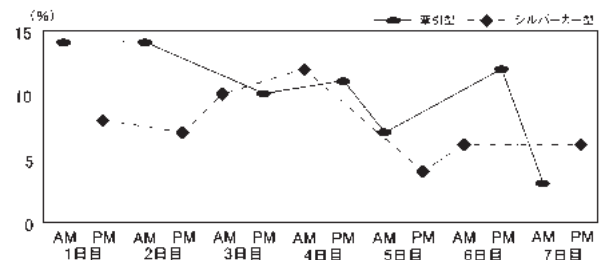


図8 症例3 SpO<sub>2</sub>の変化量



値を示した。各症例別に酸素運搬手段間の差を見ると、症例1では2.5%、症例2では2.6%、症例3では2.5%であった。安静時中に低酸素血症がなく、6MWT中に $SpO_2 < 90\%$ となるCOPD患者は予後が悪い事が報告されている。<sup>10)</sup> また、低酸素血症が長期間になると、低酸素性血管攣縮、多血症、心拍出量の増加が持続し、肺高血圧症および右心不全を引き起こすとされている。<sup>11)</sup> 本研究の結果、シルバーカー型の酸素運搬手段を使用する事で $SpO_2$ の変化量を軽減し、予後の改善と合併症を予防する事が示唆された。

シルバーカー型の酸素運搬手段による効果として、左右非対称姿勢を改善した事による胸郭運動の向上、両側上肢支持による下肢筋への負担が軽減できる事が考えられる。上肢が固定されることによる影響として、Celliら<sup>11)</sup>は、COPD患者の非支持上肢運動における息切れ感の増強を報告し、その原因を呼吸補助筋の上肢運動への動員としている。呼吸補助筋が肩甲帯固定など上肢運動そのものにも動員されるようになるため、呼吸運動への活動が不十分となり、横隔膜の負荷増加や早期疲労、胸郭腹壁の非同期呼吸を招き息切れの増強が生じると考察している。体幹前傾位による影響として、佐藤ら<sup>12)</sup>は、自然立位と体幹前傾位との違いを、分時換気量、呼吸数、一回換気量といった換気の面から評価し、体幹前傾位にて一回換気量が増大し、換気効率の改善が見られると報告している。また、野添ら<sup>13)</sup>は、体幹前傾位がもたらす効果として、重力により胸郭、腹部が拡張することで、高肺気量位での呼吸様式になると報告している。COPD患者では低肺気量位に比べ、高肺気量位で呼吸する方が換気量を上げ易く、換気需要が高まる運動時には高肺気量位での呼吸を示すと報告されている<sup>14)</sup>。この高肺気量位での呼吸は、呼吸筋への負荷が高く、それが息切れの原因となる事も報告されている<sup>14)</sup>。しかし、体幹前傾位に伴う高肺気量位での呼吸は、重力により胸郭、腹部が拡張する結果なされるため、過大な吸気筋活動は伴いにくいと考えられ青田ら<sup>15)</sup>は、歩行車の使用によって、上肢支持により呼吸補助筋が呼吸筋としてより効率的に機能し、かつ、体幹前傾により横隔膜がより有効に機能することは、安静時から呼吸補助筋や横隔膜などの呼吸運動に対する寄与率が増大し

ているCOPD患者にとって非常に有効とし、牽引型に比べ歩行車を使用する事で歩行距離が延長した事を報告している。

本研究の結果からも、シルバーカー型の酸素運搬手段を使用する事で、歩行距離の延長や $SpO_2$ の変化量が少ない値を示す事が確認できた。適切な酸素運搬手段の選択は運動耐容能を改善し、生命予後改善と合併症予防も期待できると考える。

### 【研究の限界】

本研究の限界として症例数が3例と少なく、患者特性に差がある事から、全てのCOPD患者に同様の結果が得られるのかは未知である。また、7日間の計測での平均値を比較検討したが、COPDの病態を考慮すると、体調の日内変動や季節による気温、湿度差などの生活環境も配慮する必要がある。酸素運搬手段別に予後の経過を追跡した研究は無く、あくまでも外出用の酸素運搬手段であり、外出を行う事ができる環境整備や身体機能の維持、セルフケア能力の獲得、活動性維持の重要性理解等のアドヒアランス向上にも継続的にアプローチする必要があると考える。

### 【結論】

COPD患者の酸素運搬手段の違いが、運動耐容能に及ぼす影響を6MWTにて検討した。シルバーカー型の酸素運搬手段を使用する事で、歩行距離は延長し、 $SpO_2$ の変化量が少ない値を示した。

これらの結果は、シルバーカー型の酸素運搬手段が、両側上肢支持による左右非対称姿勢の改善と下肢筋の負担を軽減し、体幹前傾姿勢による呼吸補助筋の効率性向上、胸郭、腹部の拡張性向上による高肺気量位での呼吸様式になるためと考えた。

また、本研究では3症例ともに、経過に応じて歩行距離延長と $SpO_2$ の変化量減少が見られた。これらは、リハビリテーションプログラム中の呼吸指導実施による呼吸同調歩行の獲得、歩行練習量増大に伴う酸素運搬手段の操作性向上、急性増悪改善に伴う換気効率の向上が考えられる。

病期に応じたリハビリテーションプログラム立案と呼吸指導を実施し、COPD患者の酸素運搬手段を適切に選択する事は、運動耐容能を向上させ、生命予後の改善と合併症予防にもつながる事が示唆された。

文 献

- 1) 日本呼吸管理学会／日本呼吸器学会：呼吸リハビリテーションに関するステートメント。日呼管誌2002；40：536-544
- 2) Pulmonary rehabilitation : Joint ACCP/AACVPR evidence based guidelines. ACCP/AACVPR pulmonary rehabilitation guidelines panel. American College of Chest Physicians, American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Chest 112 : 1363-1396, 1997.
- 3) Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease : Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease revised 2015, 2015 Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc.
- 4) Rise AL et al : Pulmonary Rehabilitation : Joint ACCP/AACVPR Evidence Based Clinical Practice Guidelines. Chest131 (5) : 4s-42s, 2007.
- 5) Waschki B et al : Physical activity is the strongest predictor of all-cause mortality in patients with COPD : a prospective cohort study. Chest140 (2) : 331-342, 2011.
- 6) Watz H et al : An official European Respiratory Society statement on physical activity in COPD. Eur Respir J44 (6) : 1521-1537, 2014.
- 7) 石川朗、沖侑太郎、他：COPD患者に対する運動療法の実際。JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION24 : 440-446, 2015
- 8) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会：呼吸リハビリテーションマニュアル—運動療法—第2版
- 9) Michaell, Polkey, et al. Six Minute Walk Test in COPD : Minimal Clinically Important Difference for Death or Hospitalization Am. J. Respir. Crit Care Med. December 21, 2012 rccm. 201209-1596OC
- 10) Casanova C, Cote C, Marin JM, et al : Distance and oxygen desaturation during the 6-min walk test as predictors of long-term mortality in patients with COPD. Chest 2008 ; 134 : 746-52 [Iva]
- 11) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会：呼吸リハビリテーションマニュアル—患者教育の考え方と実践—
- 12) 佐藤悠、飯田佳世、他：運動後回復過程における呼吸循環反応の前傾立位姿勢による影響。日呼管誌2003；12：326-329
- 13) 野添匡史、間瀬教史、他：体幹前傾姿勢が肺気量位と呼吸運動に与える影響。理学療法学2007；17：254-259
- 14) Johnson, B.D., Weisman, I.M., Zeballos, R.J., et al. : Emerging concepts in the evaluation of ventilatory limitation during exercise The exercise tidal flow-volume loop. Chest1999 ; 116 : 488-503
- 15) 青田絵理、間瀬教史、他：歩行車の使用により歩行耐久性に改善をみた一症例。甲南女子大学研究紀要第2号 看護学・リハビリテーション学編：113-118, 2009

受付日：2017年4月4日

受理日：2017年8月17日