

特集 COPDの身体活動性をめぐるサイエンス**Topics 1****身体活動性の評価法**

南方 良章

要旨：慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者の身体活動性維持・向上の重要性は近年認識されてきているが、いまだ確立した標準法は存在せず、質問票、歩数計、加速度計、代謝モニターなどが用いられている。質問票は簡便ではあるが、加速度計を用いた場合より感度が低い。歩数計も悪くないが、可能なら加速度計、特に妥当性の確認された3軸加速度計の使用が推奨される。代謝モニターでは精度は高いが、実臨床では使用しにくい。再現性のデータを抽出するには、雨天・休日・特別な行事のあった日・平均気温が2.5℃未満および27.0℃以上の日を除いた3日間のデータを抽出し、強度別活動時間と1日平均活動強度を指標として用いるのが最も良いと考えられる。しかし標準法が確立していない現時点においては、歩数計や1～3軸の加速度計などを用いて身体活動性を評価し、患者の身体活動性向上に対する意識を高める指導が最も重要であると考えられる。

キーワード：加速度計、歩数計、再現性、測定条件、COPD
Accelerometer, Pedometer, Reproducibility,
Measurement condition, COPD

連絡先：南方 良章
〒644-0044 和歌山県日高郡美浜町和田 1388
独立行政法人国立病院機構和歌山病院呼吸器内科
(E-mail: minakaty@wakayama2.hosp.go.jp)

はじめに

慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者では、気流閉塞に伴う労作時呼吸困難のため、運動耐容能の低下、身体活動性の低下、骨格筋廃用をきたし、その結果労作時呼吸困難がさらに増強するという悪循環が生じており、これらが予後悪化にもつながっている。実際、身体活動性の低いCOPD患者では高い患者に比べ、生存期間は有意に短縮しており、さらに、身体活動レベルの低下は、COPD死亡の最大の危険因子であることが報告されている（図1）¹⁾。したがって、COPD患者の管理において、身体活動性を維持・向上させることはきわめて重要と考えられる。しかし、現時点では確立した身体活動性評価法は存在しない。本稿では、COPDの身体活動性評価法に関するこれまでの報告をもとに、現状、問題点、現時点での最善と思われる方法について論ずる。

身体活動性の評価法

COPDの運動耐容能に関しては、これまでさまざまな検討がなされてきており、測定法としても、6分間歩行試験、シャトルウォーキング試験、トレッドミルやエルゴメーターなどを用いた心肺運動負荷試験など、確立した方法が存在する。これに対し身体活動性は、近年注目されてきた指標で、その評価法にはいまだ確立した標準法は存在せず、質問票、歩数計、加速度計、代謝モニターなどが用いられている。

1. 質問票

Physical activity index (PAI), 7-day Physical Activity Recall (PAR), Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire (Minnesota LTPA Questionnaire), Baecke questionnaire, The Zutphen Physical Activity Questionnaire (ZPAC), St. George's Respiratory Questionnaire (SGRQ) の活動性スコア, International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) などさまざまな質問票が使用されているが、SGRQやIPAQは日本語翻訳版も出版されており実用的である。

2. 歩数計

歩数計としては、国内でもさまざまなものが存在するが、COPDに対し使用報告がみられるものとしてはFitty 3 (Kasper & Richter Company, Uttenreuth, Germany)

などがある。なお、後述の種々の加速度計でも、同時に歩数の測定は可能である。

3. 加速度計

1軸、2軸、3軸加速度計が存在する。COPD患者の身体活動性に関係する報告のある機器としては、1軸では、Z80-32KVIINT (Gaehwiler Electronics, Hombrechtikon, Switzerland), Physical Activity Monitor : Pam AM100 (Pam BV, The Netherlands), Actigraph (ActiGraph, Pensacola, FL, USA), アクティウォッチ (フィリップス・レスピロニクス, 東京), ライフコーダ (スズケン, 愛知), 2軸では、SenseWear Armband (BodyMedia, Inc., Pittsburgh, PA, USA), 3軸では、DynaPort Activity Monitor : DAM (McRoberts BV, The Hague, The Netherlands), DynaPort MoveMonitor : DMM (McRoberts BV), RT3 (旧 Tritrac R3D) (Stayhealthy, Monrovia, CA, USA), アクティマーカー (パナソニック, 大阪) などがCOPD患者に使用されており、そのほか Active style Pro HJA-750C (オムロンヘルスケア, 京都), ウェルサポート (ニプロ, 大阪) などがある。なお、我が国にて入手可能で、データ分析可能なおもな加速度計とその特徴を表1に示す。

4. 代謝モニター

1) 二重標識水法

水素と酸素の安定同位体である²Hおよび¹⁸Oを豊富に含む水を使った測定法。活動前に二重標識水を投与すると、身体活動量の多い人は酸素を多く使うため体内水分中の¹⁸Oが早く薄くなることを利用してエネルギー消費量を評価する方法。二重標識水が効果なこと、短時間の活動量は測定できないこと、分析に高度な技術を要することなどが欠点である。

2) ダグラスバッグ法

ダグラスバッグを背負い、それと接続した呼吸マスクを付けて活動して呼気を蓄積させ、酸素と二酸化炭素の量からエネルギー消費量を計算する方法。長時間の測定は困難である。

3) プレスバイプレス法

マスクを付けて呼吸ごとに酸素と二酸化炭素の濃度、換気量を測定する方法。長時間の測定は困難である。

5. 各評価法の比較

質問票を用いて身体活動性を評価した場合、身体活動性の低い患者ではCOPDの死亡率は有意に高いが、加速度計を用いて評価した場合に比べると差が乏しく、識別力は低い。さらに、COPD死亡の危険因子として、質問

表1 我が国で使用可能な加速度計一覧

	商 品 名				
	アクティウォッチ2	ライフコーダ GS4	アクティマーカー	ウェルサポート	Active style Pro HJA-750C
製造元	フィリップス・レスピロニクス (株)	(株) スズケン	パナソニック (株)	ニプロ (株)	オムロンヘルスケア (株)
センサー	1軸	1軸	3軸	3軸	3軸
サイズ	43×23×10 mm	72×42×29.1 mm	74.5×34.0×13.4 mm	75×48×18 mm	52×40×12 mm
重量	16 g	45 g	36 g	70 g	23 g
測定可能期間	約30日	約35日	約60日	約30日	約45日
装着部位	手首	腰	腰	腰	腰
本体価格	260,000 円	37,000 円	20,000 円	29,800 円	20,000 円
解析ソフト価格	180,000 円	80,000 円 + 43,100 円	63,000 円	50,000 円	無料
COPD の報告	なし	あり	あり	なし	なし
備考	主に睡眠中の検査に使用	廉価版 (LC-GS) もあり	製造中止	加速度計 + 気圧センサー	加速度計 + 気圧センサー

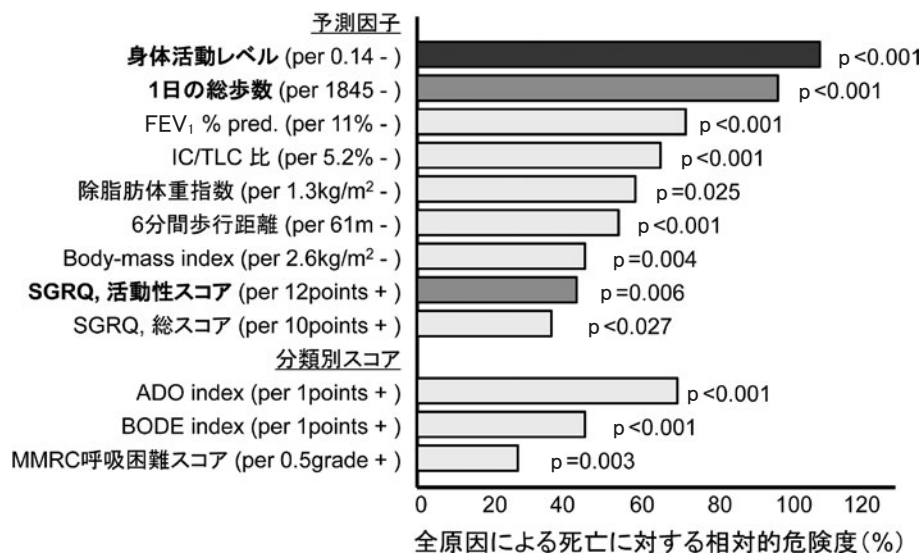


図1 COPD死亡に対する危険因子. 加速度計で測定した身体活動レベルがCOPD死亡の最大の危険因子で、次いで1日の総歩数である. 質問票 (SGRQ 活動性スコア) による身体活動レベルは、死亡との関与は認められるものの危険度は高くない. (Waschkiら¹⁾より引用)

票で評価された身体活動性は有意な因子としてあげられるものの、加速度計で評価した身体活動レベルに比べその寄与度は低い (図1)¹⁾. また、質問票を用いた身体活動性の評価は、加速度計を用いた場合よりCOPDの身体活動性評価には感度が低いとの報告もあり²⁾. 特に、COPD患者で重要となる低強度の身体活動の評価には質問票の感度はさらに低下する³⁾. したがって、COPDの身体活動性評価には、質問票よりも加速度計を用いた方法が推奨

される.

一方、歩数計に関しては、COPD死亡の危険因子として、1日の歩数は、加速度計で評価した身体活動レベルに次いで重要な因子とされ (図1)¹⁾. また、歩行を伴う強度である2.0 metabolic equivalents (METs) 以上の身体活動は、健常者に比べ有意に低下しており、成人の通常歩行強度 (4.0 km/h, 3.0 METsに相当) 以上の活動時間は健常者の約50%に低下している (図2)⁴⁾. すなわち、

歩数も身体活動性の評価指標とすることは十分可能であり、加速度計が使用できない場合には、歩数計は有用な方法の一つであると考えられる。なお、METsは活動強度の単位で、安静座位の状態のエネルギー消費量に対する活動時のエネルギー消費量の割合を意味する。

加速度計のなかでも3軸加速度計で評価した結果は、1軸や2軸の加速度計で評価した結果より精度が高く、可能なら3軸加速度計の使用が推奨される。

代謝モニター法は、エネルギー消費量を正確に検出できるものの、費用、技術、測定時間などの点から、研究的見地からは重要ではあるがCOPD患者に対する実臨床には適用しにくい。

6. 機器の妥当性評価

加速度計の平均活動強度の妥当性は、基本的には機器の開発時点で健常者を対象に、代謝モニター法で得られたエネルギー消費量と、各機種で得られた身体活動量との再現性をもって評価している。また、活動内容別時間の妥当性は、ビデオや直接観察による活動の直接記録と加速度計の結果の比較により評価されることが多い。そのほか、すでに妥当性が確認されている機種との再現性により評価されている報告もみられる。

身体活動性データ抽出時の留意点

加速度計で身体活動性を記録した場合、同一人物でも、日によって活動量に大きな差がみられる。もちろん、日による変動も含めすべての日の活動量の合計がその人の身体活動性となるわけではあるが、一定期間での身体活動性の評価や、治療による改善効果の評価のためには、再現性のあるデータを抽出することが重要となる。そのためには、通常の身体活動性に比べ、身体活動性を極端に上昇あるいは低下させる因子の存在する日は除外したうえで、評価する必要がある。具体的には、身体活動性に影響を及ぼしうる特別な行事があった日は除外し、天候、休日、季節などの影響についても考慮する必要がある。さらに、反復性を有するデータを得るために必要なデータ収集期間についての情報も重要となる。

1. 天候の影響

一般に、雨天の日は誰しも外出を控える可能性が考えられる。我々は、3軸加速度計のアクティマーカを用い、COPD患者の身体活動性を2週間測定し、雨天の日と雨天でない日の活動時間を比較したところ、 ≥ 2.0

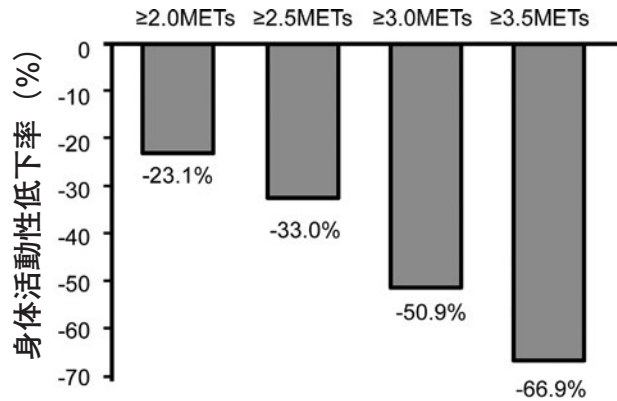


図2 COPD患者における身体活動性低下率。 $100 \times [(COPD \text{ の身体活動性平均値}) - (\text{健常者の身体活動性平均値})] / (\text{健常者の身体活動性平均値})$ にて算出。(Minakata ら⁴⁾より引用)

METs、 ≥ 2.5 METs、 ≥ 3.0 METsにおいていずれも雨天の日で有意に活動時間の低下が確認された(図3)⁵⁾。すなわち、雨天の日では明らかに身体活動性は低下しており、雨天の日は除外してデータ収集をすべきであると考えられた。

2. 休日の影響

健常者の活動性測定においては、日曜日のデータは変動が大きく選択しないほうがよいとの報告や、週末特に土曜日は非活動時間が短いという報告がみられ、休日での活動性低下傾向が示唆されている。逆に、健常者の平均的な身体活動性を加速度計で測定するには、平日、休日を加える必要があるとの報告もあり、退職した健常者の身体活動性は、平日も休日も差がないとの報告もみられる。我々のCOPDに対する少数例での検討では、全例では平日と休日では有意差を認めなかったが、有職者のみに絞ると休日で活動時間短縮が認められた。したがって、職業を有する患者も混在することを考えると、再現性の良い身体活動性を抽出するには、休日のデータは除外してデータ収集するのが妥当ではないかと考える。

3. 季節の影響

冬の寒い日や夏の暑い日では、外出を極力控え、身体活動性の低下することが予想される。ロンドンのCOPDコホート307人に対する調査では、外出時間は、最高気温と最低気温の平均値が2.5~20.5℃の間では気温が上昇するにつれて緩徐に増加し、2.5℃未満あるいは20.5℃以上では減少していくと報告している。またこの報告からは、平均気温が2.5~27.0℃の範囲では外出時間は約10%

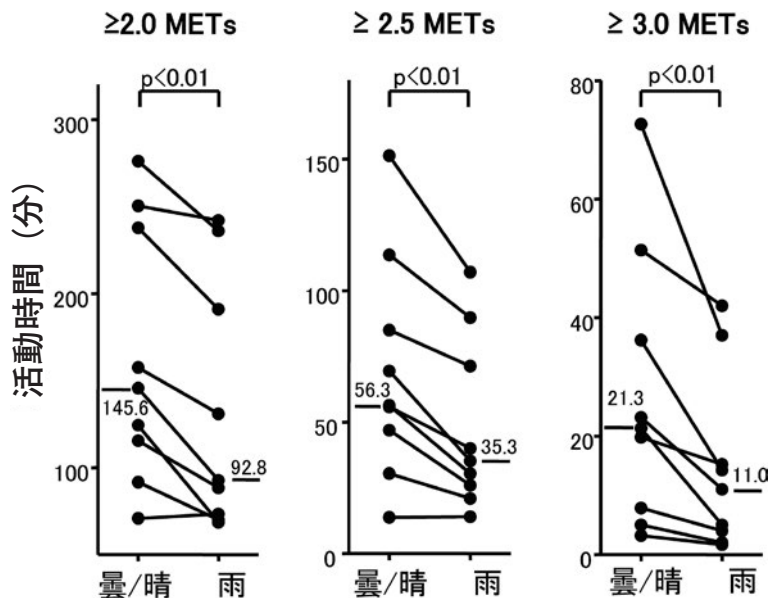


図3 COPDの身体活動時間に対する天候の影響。雨天の日はいずれの強度においても有意な活動時間の短縮が認められる。(Suginoら⁵⁾より引用)

の変動内と読み取れる⁶⁾。したがって、平均気温が2.5℃未満あるいは27.0℃以上の日のデータを除外することで、季節の影響は最小限にすることができると考えられる。

4. 必要測定日数

健常者に対する検討では、身体活動性を加速度計で測定するには5~6日の測定が必要という報告、少なくとも3日間の測定が必要という報告、中等度~強度の身体活動には3~4日、非活動者には7日間の測定が必要などの報告などがあるが、総合すると3~5日の測定が必要とする報告が多い⁷⁾。一方COPD患者に対するDAMを用いた検討では、反復性を検定する級内相関係数(ICC)を0.70以上に設定すると2日間でよいと報告されているが⁸⁾、我々のアクティマーカーでの検討では、ICCを0.80以上に設定したところ、3日間の測定が必要との結果が得られた⁵⁾。したがって、健常者の報告もあわせて考えると、COPDの身体活動性評価には少なくとも3日間のデータ集積が望ましいと考えられる。

身体活動性の評価指標

加速度計で身体活動性を評価する場合、どういう指標を用いるかによって評価結果に差が生ずることがある。

主な指標としては、活動内容別時間、活動強度別時間、平均活動強度、歩数があげられる。歩数に関しては前述したため、ここでは省略する。

1. 活動内容別時間

COPDの身体活動性に対しては、当初より報告されているDAMあるいはその後継機のDMMで測定されているが、これらは歩行、立位、座位、臥位別の時間を指標として用いる方法である。COPDでは健常者に比べ、歩行・立位の時間の割合が有意に低下している⁸⁾。ただし、この指標で評価した場合、身体活動性はおもに歩行時間のみを反映しており、どのような強度で歩行しているかについては評価できないため、きわめて緩徐な歩行でもきわめて速い歩行でも同じ活動時間とみなされてしまうことなどの欠点を有する。

2. 平均活動強度

1日の平均活動強度は、どの加速度計を用いても算出可能であるが、機種により、Movement Intensity, Vector Magnitude Units (VMUs) やエクササイズ (METs・h) など表現される。また、活動時のみの平均活動強度 (movement intensity during movement) を算出する機種もみられる。一般的には1日の平均活動強度を用いて評価されることが多く、COPDの死亡率の評価や、死亡の危険因子評価などに指標として用いられている。た

だし、この指標では、強い活動を短時間行っているのか、弱い活動を長時間行っているかについては判別困難である。

3. 活動時間

一定強度以上の活動をどれだけの時間行ったかを示す指標である。特に、活動強度別の活動時間は有用な指標である。健常者と比べたCOPDの身体活動性は、1日平均活動強度では75%に低下しているのに対し活動時間では57%に低下していると報告されている⁹⁾。すなわち、活動時間のほうが1日平均活動強度よりもCOPD身体活動性低下を顕著に反映し、指標としての感度は高い可能性がある。

その他考慮すべき因子

1. 加速度計の装着部位

当初用いられたDAMは、腰部と左大腿部の2ヶ所に加速度センサーを装着し、両センサー間をケーブルで接続していた。それにより活動の種類を認識することが可能であったが、装置自体が被験者の身体活動を制限してしまう可能性があった。手首（Actigraph, アクティウォッチ）や上腕（SenseWear Armband）のみに装着するタイプの機種も存在するが、体動時に呼吸困難が生じやすいCOPD患者では、移動を伴わない上肢運動の割合が増加することが予想され、身体活動性を過大評価してしまうおそれがある。手首に装着するアクティウォッチは、おもに夜間睡眠中のモニターに用いられている。一方、腰部に装着する機種（DMM, RT3, アクティメーカーなど）では、体幹の動きを中心に評価できるが、逆に座位や立位での上肢のみを用いた動きは過少評価してしまうおそれがある。COPDにとって最善の装着部位については結論には至っていないものの、国際的にも腰部に装着する機種が多く、我が国で使用可能なものも大部分が腰部装着タイプである。

2. 併存症の影響

COPD患者は、多くの併存症を抱えていることが多い。明らかな心不全や関節、神経・筋疾患を有する患者は、これまでの検討対象から除外されてはいるものの、骨粗しょう症、貧血、うつ、心機能低下など、顕在化せず診断されていない併存症のなかには身体活動性に影響を及ぼす可能性のある疾患や病態も多く存在する。これらの因子をどのように処理するかについては今後検討が

必要である。

おわりに

COPDにおける身体活動性の重要性は十分認識されてきてはいるが、評価方法、データの抽出条件、評価指標、その他の因子によりその結果は大きく変動しうる。医療介入によるCOPDの身体活動性改善効果を評価するには、可能な限り変動因子を除外して再現性の高い方法での評価が重要である。現時点では、3軸加速度計を用い、雨天・休日・特別な行事のあった日・平均気温が2.5℃未満および27.0℃以上の日を除いた3日間のデータを抽出し、強度別活動時間と1日平均活動強度を指標として用いるのが精度や再現性が最も良好な評価法と著者は考える。しかし、身体活動性にはまださまざまな因子の関与が考えられ、今後のさらなる検討が求められる。一方実臨床では、3軸加速度計のみではなく2軸、1軸の加速度計や歩数計など、より実用的な機器・指標を用いて評価し、その結果を患者にフィードバックすることで、COPD患者の身体活動性向上に対する意識を高めていくことが現時点では最重要であると考えられる。今後、汎用性機種でより精度の高いCOPD身体活動性の標準的評価法が確立し、有効な身体活動性改善法が開発され、COPD患者の予後改善に結びつくことが期待される。

著者のCOI (conflicts of interest) 開示：本論文発表内容に関して特に申告なし。

引用文献

- 1) Waschki B, et al. Physical activity is the strongest predictor of all-cause mortality in patients with COPD: a prospective cohort study. *Chest* 2011; 140: 331-42.
- 2) Pitta F, et al. Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *Eur Respir J* 2006; 27: 1040-55.
- 3) Steele BG, et al. Bodies in motion: monitoring daily activity and exercise with motion sensors in people with chronic pulmonary disease. *J Rehabil Res Dev* 2003; 40: 45-58.
- 4) Minakata Y, et al. Reduced level of physical activity in Japanese patients with chronic obstructive pul-

- monary disease. *Respir Investig* 2014; 52: 41-8.
- 5) Sugino A, et al. Validation of a compact motion sensor for the measurement of physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 2012; 83: 300-7.
 - 6) Donaldson GC, et al. Influence of season on exacerbation characteristics in patients with COPD. *Chest* 2012; 141: 94-100.
 - 7) Trost SG, et al. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: S531-43.
 - 8) Pitta F, et al. Characteristics of physical activities in daily life in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171: 972-7.
 - 9) Vorrink SN, et al. Level of daily physical activity in individuals with COPD compared with healthy controls. *Respir Res* 2011; 12: 33.

Abstract

Evaluation methods of physical activity in COPD

Yoshiaki Minakata

Department of Respiratory Medicine, Wakayama National Hospital

The importance of evaluating and improving physical activity (PA) in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) has been recently recognized, and several methods, including a questionnaire, a pedometer, an accelerometer, and a metabolic monitoring method, have been employed. However, a standard method for evaluating PA in COPD patients has not been established. Among these methods, a questionnaire is less sensitive than an accelerometer, and a metabolic monitoring method is precise but difficult to use in clinical practice; thus a validated tri-axial accelerometer is most suitable for use as a method to evaluate the PA in these patients. The least reproducible data are collected on rainy days, holidays, days with special events, and those with a mean temperature of less than 25°C or more than 27.0°C and should be excluded. Suitable data from at least 3 days should be employed. Duration of activity according to the intensity and mean intensity of activity are better indexes. In daily clinical practice, it is important for clinicians to actively evaluate PA by using a pedometer or a uni- to tri-axial accelerometer, and enhance the motivation of patients to improve their PA.