Akita University

総説：秋田大学保健学専攻紀要26(2)：33－42，2018

慢性閉塞性肺疾患患者における身体活動量の測定

佐々木　　誠

要　旨

慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease: COPD）患者は健常者に比べて身体活動性が低く，身体活動性の低下は再入院や死亡の危険因子であるとされている．身体活動性の問題は重要であり，関係する医療者は，適切な測定方法を選択すること，低下の経緯とこれに関連する要因や影響を及ぼす症状と予後を理解すること，非活動な生活習慣の是正のための考案をすることが求められる．本稿の目的は，COPD 患者における身体活動性の様相と介入効果の記述に先立って，身体活動量の測定方法ならびに測定の適切さについて言及することである．測定にはいくつかの方法があり，それぞれ妥当性・信頼性・応答性が検討されている．測定のための各手法や各機種の特性を理解し，的確に身体活動量を反映させることが重要である．

Ⅰ．はじめに

身体活動は，安静にしている状態より多くのエネルギーを消費するすべての営みのことを指し，運動（身体活動のうち，体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施するもの）と生活活動（身体活動のうち，運動以外のものをいい，職業や家事活動上のものも含む）を合わせた概念である．身体活動量は，「身体活動の強さ」×「行った時間」の合計であり，この平均的なレベルは身体活動性と呼ばれる．

慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease: COPD）患者は，運動耐容能が低下しているため，また特に労作時に呼吸困難感があり，これを避けるために，身体活動性が低下していると一般に考えられている．従来，COPD 患者の身体的な状態の評価として運動耐容能が用いられていた．しかし，2011年に Waschki ら[1] によって死亡を最も予測する因子が身体活動性であることが示され，2013年の American Thoracic Society（ATS） と European Respiratory Society（ERS）のステートメント[2] でも取り上げられるようになった．COPD 患者は健常者に比べて，歩行や立位の時間が短い[3]．さらに，身体活動性は，急性増悪のために再入院する危険因子である[4] とされ，身体活動性が経過中に低くなった患者は，低くならなかった患者と比較して，生存率が低い[5] とされている．COPD 患者において身体活動性の問題は重要であり，関係する医療者は，適切な測定方法の選択，低下の経緯とこれに関連する要因，影響を及ぼす症状や予後の理解，非活動な生活習慣の是正についての考案が求められる．

本稿では，COPD 患者における身体活動性の様相と介入効果について概説するのに先立って，身体活動量の測定方法ならびに妥当性・信頼性・応答性について言及する．

Ⅱ．身体活動量の測定方法ならびに妥当性・信頼性・応答性

COPD 患者を対象に身体活動量の測定を初めて行ったのは Serres ら[6] である．1998年，Serres ら[6] は質問票を用いて COPD 患者は健常者よりも身体活動が少ないことを示した．その後，質問票や活動日誌に基づく患者の自己報告（主観的測定法），歩数計や加速

秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻

Key Words:　慢性閉塞性肺疾患
身体活動量
測定

Akita University

度計を活用した測定（客観的測定法）がなされるようになった．ウィークデイと土日とで日間差がないとする報告[7]がある一方で，月～土曜日に比べて日曜日は身体活動量が少ないとの報告[8]，ウィークエンドはウィークデイに比べて身体活動量が少ないとの報告[9, 10]，金曜日よりも土曜日，土曜日よりも日曜日に活動量が少ないとの報告[11]がある．季節[12-15]，天候[11, 15-18]，気温[11]，大気汚染物質の多寡[11]によって活動性が異なる（夏は冬よりも活動量が多く，雨の日は活動量が少ない，晴れの日よりも曇りの日は活動量が少ない，22.5℃を境にそれより気温が高くても低くても活動量が少ない，大気汚染物質が多い日は総じて活動量が少ない）こと，日間差があり複数日の測定で信頼性が高まる[3]ことから，測定の時期や日数には配慮を要する[19]．また，国や人種，社会経済的要因によっても身体活動性が違う[15, 20]ことも考慮されるべきである．

１．動作観察・ビデオ解析

複数の検討[21-25]は，COPD 患者を対象に，異なる歩行速度での歩数を直接カウントし，加速度計や歩数計の測定精度の基準としている．ビデオ解析から得られた歩数は，歩数計や加速度計で測定した歩数との比較に用いられている[26-29]．Pitta ら[30]は，COPD 患者の１時間中の活動を撮影記録し，歩行，自転車漕ぎ，立位，坐位，臥位の時間を特定している．Andersson ら[24, 29]も，ビデオの記録から得られた各姿勢の時間を加速度計によって計測した時間と比較している．ビデオでの撮影は，対象者の活動を直接観察するため他の測定値の基準となり得る．

２．質問票と活動日誌

質問票や活動日誌は患者の自己報告で測定されるものである．代表的なものとして，Baecke Physical Activity Questionnaire，Follik's diary，Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire（Minnesota LTPA Questionnaire），Physical Activity Scale for the Elderly（PASE），Zutphen Physical Activity Questionnaire（ZPAQ），Yale Physical Activity Questionnaire，Saltin and Grimby Questionnaire などがある[31-33]．加えて，Garfield ら[34]は Physical Activity Recall（PAR），Hunt ら[35]は Multimedia Activity Recall in Children and Adults（MARCA）の COPD 患者への適用を試みている．さらに Stanford Usual Activity Questionnaire，Stanford Brief Activity Scale（SBAS），Paffenberger Physical Activity Questionnaire，新しいものとして International Physical Activity Questionnaire（IPAQ），Quantification de l'Activitié Physique（QUANTAP）system，COPD Exercise Study Questionnaire（COPD EX Questionnaire）がある[36]．また，Gimeno-Santos ら[37]は，加速度計で測定した身体活動量を加味した PROactive Questionnaire を開発している．

Nield ら[38]は，人間活動プロファイルという身体活動の自己報告質問票を使用し，COPD 患者において，身体活動は呼吸困難感ならびに６分間歩行距離と相関があったと報告している．このように，質問票や活動日誌は COPD 患者の症状や能力と関連があるとされる一方で，１時間中の坐位時間を短く見積もる，１日中の歩行時間を長く見積もり立位時間を短く見積もる[30]ことが示されている．Sievi ら[39]は，自己申告の質問票（German Physical Activity Questionnaire 50＋：G-PAQ-50＋）は中等度以上（＞3 METs：metabolic equivalents：代謝当量）の身体活動時間を長く見積もるとしている．対して，活動日誌で特定した立位と歩行を合わせた時間は，歩数計での結果と有意差がなく相関を認めた[40]とされる．Moy ら[41]は，身体活動チェックリストを開発し14日間の測定で変動係数が0.28であり，加速度計で測定した変動係数0.52よりも小さかったと報告している．

質問票と活動日誌は，種々の要因によってバイアスが加わり正確性に欠けることが考えられる[31]．要因として，対象者の正確な認識と情報の想起，質問票のデザイン，年齢，文化的な因子，仕事の状況，認知能力のような各人の特性，身体重量や運動効率によってエネルギーコストが異なることが挙げられる[31]．

信頼性に関して[31]，Baecke Physical Activity Questionnaire は20日間の間隔を置いたテスト－再テスト法の相関係数が0.89であったとされる．PASE は３～７週間の間隔での測定で，メールでは r ＝0.84，電話では r ＝0.68であったとされている．Minnesota LTPA Questionnaire は，非常に幅広い一致をみない係数（－0.04～0.92）が報告されている．ZPAQ は良好な再現性が得られているが，非常に高齢である者や認知機能障害のある者で信頼性が低くなることが示されている．Benzo ら[42]は，「過去1週間で一日あたり何分持久力トレーニングを行ったか」で身体活動量を１カ月の間隔をあけて２回評価した結果，級内相関係数（intraclass correlation coefficient：ICC）が0.7の中等度の測定再現性であったとしている．PAR については ICC が0.4であった[32]と報告されている．PASE はテスト－再テスト法の信頼性は r ＝0.75であったとされ，SBAS は kappa 係数が0.41の中等度の信頼性であった[43]と報告されている．MARCA の ICC は0.86以上であった[35]ことが示されている．IPAQ はテスト－

Akita University

再テスト法の信頼性は r ＝0.8前後であり非常に優れている[36] とされている．PROactive Questionnaire は，Cronback の α 係数が0.8よりも大きく内的整合性があり，ICC が0.9以上であった[37] ことが認められている．

妥当性について[31] は，基準関連妥当性を検討する場合に黄金律（モーションセンサー，他の身体活動質問票，酸素摂取量）を多標本で測定することの困難さ，翻訳した場合の文化の違いの問題が指摘されている．また多くの質問票が，高強度の身体活動を反映し軽度～中等度の身体活動を測定しづらく，COPD 患者を含む障害者では後者の測定が重要になってくると考えられる．Baecke Physical Activity Questionnaire は，加速度計で測定した客観的な身体活動量と r ＝0.49 で有意な相関があった[44] と報告されている．PAR は，加速度計で測定した3 METs 以上の活動との間に r ＝0.54の相関があり，Baecke の質問票，PASE，ZPAC のいずれとも相関しないが，活動的な患者と非活動的な患者を区別する[34] とされている．DePew ら[43] は，PASE と SBAS の２つの質問票での測定値と加速度計での測定値の相関を求め，PASE と実測の身体活動性との間の R^2 が0.38であり，妥当性を認めるとしている．MARCA は３機種のモーションセンサーとの相関が rs ＝0.47～0.80であり，妥当性がある[35] と報告されている．PROactive Questionnaire は，健康に関連する生活の質，呼吸困難感，運動能力と相関があり，また，r ＞0.6で構成概念妥当性を認めた[36] とされている．

2016年の Thyregod と Bodtger のシステマティックレビュー[45] では，自己報告に基づく評価は，身体活動性を高く見積もること，正確性と妥当性が最もある質問票は PASE と Stanford Seven-Day Physical Activity Recall Questionnnaire であることが示されている．

応答性については，2006年の Pitta らのレビュー[31] では，COPD 患者に対する質問票での身体活動量の変化を評価した検討はなされていないとされている．その後の2008年，Skumlien ら[46] は，Hyrim Physical Activity Questionnaire（HPAQ）で COPD 患者を対象にトレーニングによる身体活動量の変化を測定している．12週間の全身持久力トレーニングあるいはレジスタンストレーニングによって，HPAQ は変化しなかったと報告されている．対して2014年，Barberan-Garcia ら[47] は，ヨーロッパ３カ国の COPD 患者に呼吸循環系のテレヘルスプログラムを８週間実施させ，構造化された質問に対して対象者に自己報告させた結果，スペインの一都市では身体活動性が増したとしている．

３．モーションセンサー

１）歩数計

歩数計は安価で，サイズが小さく軽量であり，単純な構造で活動を阻害しない[23, 31, 32, 46]．しかし，24時間の活動パターン，活動の強度，運動の種類をとらえるようにデザインされていない[8]．通常は腰に装着し，つるされたばねのレバーアームによって，歩行中の垂直方向の上下動を感知し[31, 32]，これによって歩数をカウントする．腰に装着する機種として Yamax Digiwalker（日本），足首に装着するものとして StepWatch（アメリカ）などがある[38]．他に Accusplit Alliance（カナダ），Freestyle Pacer Pro（アメリカ），Omron HJ-105（日本），Oregon Scientific PE316CA（アメリカ），Sportline（アメリカ），Walk4Life（イスラエル），Fitty 3（ドイツ）などがある[31, 32]．信頼性と妥当性が認められるが，特に，遅い速度での歩行の距離と歩数を低く見積もる傾向がある[23, 27, 28, 48, 49]．Omron による測定では，0.94 m/s 以下の歩行で変動性が大きく正確性が低い[50] とされている．

信頼性について[31, 32] は，COPD 患者を対象とした測定で１週目と２週目とで歩数に差がなかった[10] と報告されている．また，４週間の間隔をあけたテスト－再テスト法で ICC が0.94であった[51] とされている．Danilack ら[10] は，ICC が0.90以上になるためには４日間の測定が必要であり，９日間の測定で ICC が0.95まで増加するとしている．ICC は，COPD の重症度によって異なり，Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease（GOLD）のステージが Ⅰ の者では３～４日の測定で0.90以上であり，GOLD のステージがⅣの者で同じ再現性を得るためには６～７日の測定が必要[10] としている．歩行補助具使用の有無の影響があり，非使用者では95％の歩数を感知したのに対して使用者では83％のみ計測できた[10] と報告されている．４種類の歩数計を用い同一のデバイスを同時に２つ装着した検討では，１種類の歩数計（Fitty 3）のみが10％以内の測定誤差であったと報告されている[31]．足首に装着する StepWatch と大腿前面に装着する ActivPAL（スコットランド）の正確性と応答性を検討した報告[22] では，いずれの装置ともローラー型歩行器の使用の有無に影響されないこと，ActivPAL は快適歩行と比べて遅い速度での歩行で正確性が低いことが示されている．また，両機種とも実際に観察した歩数よりもわずかながら少なくカウントすること，歩行速度が異なる歩行の小さな相違を

Akita University

鋭敏にとらえることが認められている．

妥当性に関して[31]，歩数計での測定値は３軸性加速度計での測定値と高い相関があるとされるが，歩数計は活動の強度を提示しないため COPD 患者のような低強度での歩行や非活動を低く評価する可能性があり，正常歩行からの逸脱は正確性に影響するかもしれない．Yamax Digiwalker で測定した歩数は，自己報告のエネルギー消費と中等度の相関（r ＝0.34～0.49）しかないと報告されている[48]．また同デバイスで測定した歩数は，特に中程度～低速度での歩行において少なくカウントされ，呼気ガス分析で測定したエネルギー消費量よりも低く見積もる[27, 28]ことが知られている．StepWatch の測定で，COPD 患者は健常者と比較して，一日あたりの約半分の歩数であり，低強度（30歩／分以下）の歩行が多いことが示されている[52]．歩数計による活動の指標は，疾病の重症度，自転車漕ぎの最大仕事量，MOS 36-Item Short-Form Health Survey（SF-36）の身体機能と中等度～強い相関があると報告されている[52]．別の報告[53]で StepWatch による歩数の測定値は，予測値に対する１秒量，６分間歩行距離，modified British Medical Research Council（mMRC）と相関があり，90% より高い正確性があるとされている．11日間の測定値との相関から，３，５，７日と日数が長くなるにしたがって正確性が増す[52]と報告されている．

応答性については，身体活動に関するカウンセリング[54-57]，リハビリテーションに夜間帯の非侵襲的陽圧換気（noninvasive positive pressure ventilation：NPPV）を加えた場合[58]の変化が検討されている．いずれも９～12週間の介入で一日あたりの歩数の増加を認めている．

２）加速度計

加速度計[31, 32]は，運動の量と強度を測定し長時間のデータを蓄積することが可能である．１軸性のデバイスと多軸性のものがある．１軸性のセンサーは，１方向のみの身体面の動きを感知するため，自転車漕ぎやボート漕ぎのような体幹の動きが少ない動作を記録できない．歩数計と異なり，運動強度と時間帯による動作の相違を分析できる．多軸性デバイスは，複数の身体面の動きを特定できる．機種によっては活動姿勢を感知し提示する．技術的な専門知識が必要であり，データの分析にはハードウェアとソフトウェアの使用が必要である．腰や大腿，足首に装着するタイプでは上肢の活動を測定できない．種々あるデバイスの中には上腕に装着するタイプのものがある．１軸性のデバイス[31, 48, 59]として Self Contained Activity Monitor（アメリカ），Z80-32k V1 INT（スイス），Physical activity monitor（オランダ），Actigraph（アメリカ），Caltrac（アメリカ），Lifecorder（日本），２軸性のデバイスとして Actical（アメリカ），SenseWear Armband（アメリカ），３軸性のデバイス[31, 48, 59]として Tracmor（オランダ），RT3（旧 Tritrac R3D：アメリカ），Triaxial Research Tracker（モンロビア），Mini-Motion Logger Actigraphs（アメリカ），Actiwatch（アメリカ），DynaPort activity monitor（オランダ），Actimarker（日本），A-MES（日本）などがある．１軸性と多軸性の両者とも，身体活動性を反映する他の測定値との間に有意な相関（r ＝0.66～0.96）が示されている[48]．近年，３軸性加速度計 Bodymedia Sensewear（アメリカ），Polar A300（フィンランド）[60]や，Smart watch（アメリカ）[61]での測定の報告もなされている．

信頼性[31, 32, 48]は，３軸性加速度計 Tritrac R3D を使用した３回の６分間歩行試験の検討で，ICC が0.84であった[62]，また運動試験の学習効果を反映していた[53]，とされている．別の検討では，３軸性加速度計 RT3ならびに Polar A300での測定の ICC がそれぞれ0.94～0.98[63]，0.83～0.99[60]であったことが示されている．上腕部に装着する２軸性の SenseWear Armband についても，２回の歩行試験の ICC は0.84～0.86[64]，３日間の測定での ICC が0.95[65]であり，高い測定再現性が得られている．DynaPort activity monitor で測定した移動，坐位姿勢，立位姿勢の時間は自己報告の時間と一致し，各姿勢，動作の ICC は0.84以上であった[66]とされる．DynaPort active monitor ２機種と SenseWear Pro3 Armband の３機種の正確性を検討した報告[24]では，いずれも実際にカウントした歩数よりも少なくカウントし，また，ビデオ記録と比較して，坐位時間や立位時間を長く見積もる機種（それぞれ，DynaPort ADL-monitor, DynaPort MiniMod）があるとされている．１軸性の ActiHealth（アメリカ）は，歩行速度によって正確性が異なり，遅い歩行（特に2.2 mph 以下）で不正確になる[25]と報告されている．機種は明らかにされていないが，漸増シャトル・ウォーキングテストを２回実施した検討では，多軸性加速度計で測定した歩数と消費エネルギーが，遅い速度の歩行でも歩行速度の違いを区別する正確性が

Akita University

あり，r ＝0.94以上の信頼性があった[67] とされている．Actigraph を手首に装着した場合，装着に対する受容性があり利用可能性が高いこと，上肢の異なる筋群特異性があり感受性を認めること，運動の強度と時間を適切にとらえる妥当性があること，が示されている[68]．Actigraph を手首と足首，RT3を腰に装着して比較した場合，歩行器使用者は非使用者よりもすべての部位でのカウントが少なかった[69] とされる．歩行器非使用者では３つすべての箇所間で測定値に相関があったのに対して，歩行器使用者は足首と腰との間にのみ相関を認めた[69] と報告されている．近年，スマートフォンのアプリケーションで身体活動量を測定することが可能である．2017年の Martínez-García らのシステマティックレビュー[70] では，スマートフォンデバイスの妥当性と正確性は「良好である」～「卓越している」とされている．アセスメントの日数に関しては，３～７日以上が必要と考えられている[31, 32]．また，同機種で測定した身体活動性に関連する値の信頼性を得るためには，GOLD のステージがⅣの者で２～３日，Ⅰの者で５日を要するとの報告[71] がある．日本で開発された Actimaker は，３，４，５日の測定でいずれも ICC が0.8以上であったとされている[17]．３施設の計134名の COPD 患者での検討では，歩数と身体活動性の指標に施設間で差がなかった[72] とされている．近年開発された ACOR ＋は臥位，坐位，立位，歩行の詳細な特徴を抽出できるが，臥位のみが ICC ＝0.925で再現性を認めた[73] と報告されている．また，坐位で過ごす時間を長く見積もる[73] ことが示されている．

妥当性[31] として，加速度計は低強度の身体活動を感知し非活動をよりよく評価すると考えられる．１軸性の Z80-32k V1 INT は，COPD 患者において，活発な歩行とその他の９つの家庭内活動をよく区別する[74] とされる．対して，１軸性の Self Contained Activity Monitor は，COPD 患者に適用する場合，妥当性が認められない[31] と報告されている．３軸性の Tritrac R3D での測定値は６分間歩行距離と r ＝0.74でよく相関する[62] とされている．多軸性の ActiReg での測定値は，二重標識水間接カロリメトリーによる測定結果との関連から妥当性が認められている[75]．３軸性の DynaPort activity monitor は，COPD 患者の歩行，自転車漕ぎ，立位，坐位，臥位を黄金律（ビデオ撮影記録）と同様に正確に区別できる，歩行速度の変化を運動強度の相違として判断する[30] と報告されている．加えて，５つの日常の動作課題のうちの４課題を，呼気ガス分析で得られたエネルギー消費量と等しく見積もる[28] こと，姿勢や移動を適切に評価する[21, 26] ことが示されている．さらに同機種の DynaPort activity monitor で測定した歩行強度とエネルギー消費量は，漸増トレッドミル歩行試験における歩行速度の上昇を的確に反映し，酸素摂取量，換気量，中枢性および末梢性の心循環反応と相関があることが示されている[76]．一方で DynaPort activity monitor の一部のデバイスは，歩行のカウントが不正確[26, 29] であり，3 METs 未満の活動を適切に反映しない[26] との報告がある．上腕部に装着する SenseWear Pro Armband は，歩行試験時の呼吸代謝システムの測定結果と有意な相関を認め，妥当性が示されている[64]．また，同機種の SenseWear Pro Armband は二重標識水間接カロリメトリーで示された総エネルギー消費や活動時のエネルギー消費と相関があることも認められている[77]．しかし，同機種の SenseWear Pro Armband はビデオ記録との比較で正確性に欠ける[29] こと，低・中・高速度での歩行の歩数や低速度歩行のエネルギー消費を低く見積もる[21, 27, 28] こと，二重標識水間接カロリメトリーで測定したエネルギー消費よりも低く見積もる[77] ことが指摘されている．腰に装着するタイプと手首に装着するタイプの加速度計で歩行速度を計測した報告[63] がある．いずれも GOLD 分類で群分けした対象を区別できる[63] とされている．手首に装着する Actigraph は歩行速度を正確に検出しないが，腰に装着する RT3は歩行速度を正確に見積もる（r ＝0.93～0.99）[63] と報告されている．対して６分間歩行距離は，足首に装着した Actigraph の値と相関があり，手首に装着した Actigraph や腰に装着した RT3の測定値と相関を認めなかったことが示されている[66]．比較的近年に本邦で開発された Actimaker での測定値は，それ以前に開発された DynaPort activity monitor と2.0，2.5，3.0 METs 以上の強度での活動量に相関が認められている[17]．さらに近年開発された，スマートフォンに接続して Web で身体活動をフィードバックする MOX は，トレッドミル歩行の速度の漸増に伴い歩数が増し，Actigraph の測定値とトレッドミル歩行時で r ＝0.99，日常活動時で r ＝0.82であった[78] とされている．Smart watch で測定した身体活動性は，Lifecorder や Actigraph での測定値と r ＝0.7～0.9の相関がある[61] と報告されている．

Akita University

１軸性２機種と多軸性４機種の計６つのデバイスでの測定値を呼気ガス分析の酸素摂取量との関連で比較検討した報告[79] では，多軸性の Actigraph, DynaPort activity monitor，SenseWear Armband が最も妥当性があり，前２機種が異なる歩行速度をよりよく識別するとされている．さらに６種のデバイスを用いた測定値と二重標識水間接カロリー測定法での測定値との関連で検討した結果でも，Actigraph と DynaPort activity monitor が最も総エネルギー消費量の変動を説明し，活動によるエネルギー量と強い相関があることが示されている[9]．

2015年の Dhillon らのメタアナリシス[49] では，SenseWear Armband が慢性肺疾患患者の歩行中のエネルギー消費量を，ActiReg が COPD 患者の日常活動中のエネルギー消費を，それぞれ正確に測定するとされている．2017年の Gore らのシステマティックレビュー[80] では，SenseWear Pro Armband で測定した歩数は高い基準関連妥当性と信頼性があり，DynaPort MiniMed で測った歩数は高い同時的妥当性があるとされている．また，DynaPort MiniMed と StepWatch 加速度計は高い妥当性があるが，信頼性のデータが不足していることが指摘されている．同2017年の Thyregod と Bodtger のシステマティックレビュー[45] は，モーションセンサーは正確性と妥当性があるが，技術的な煩雑さと受け入れの困難さがあるとしている．

応答性について[31] は，リハビリテーションプログラム後に変化を認めなかったとする報告と改善したとする検討結果の両者がある．変化を認めない要因として，静的な運動や上肢単独の活動，自転車漕ぎが測定値に反映されないこと，習慣的な身体活動に日間差があり変動が大きく，介入後に，特に非常に低強度の活動（小さいが臨床的に意味のある改善)が見逃されることが考えられる．Demeyer ら[81] は，一定期間のリハビリテーションプログラムの効果を SenseWear Armband でみるためには，４日間のウィークデイで歩行時間帯を含む少なくとも一日８時間（日中）の測定が必要であり，測定項目として，METs や中等度の強度の活動よりも歩数と1.6～2.3 METs の活動時間が最も感受性が高いとしている．Demeyer らは別の報告[82] で，SenseWear Armband で身体活動量を測定し，３カ月間のリハビリテーション前後の変化から，意味のある最小変化量（minimal important difference：MID）は一日600～1,100歩であることを示し，一日あたり600歩の変化は入院のリスクを減少させるとしている．2016年の Lahham らのメタアナリシス[83] では，MID は一日あたり1,452歩であるとされている．

医療用測定機器に限らず市販のデバイス（Fitbit と Physical Activity Monitor）は，安価であり患者に非常によく受け入れられ[84]，METs の一致は r ＝0.77と r ＝0.41であり，質問票の評価結果をよく反映するため，妥当性と有用性がある[85] とされている．また，市販の歩数計 Fitbit ２機種，スマートフォンの歩数計２機種（Rantastic と Moves)，Actigraph の測定値を，健常者と急性増悪から回復した COPD 患者で検討した結果，健常者における正確性は様々であり，COPD 患者では Fitbit Zip が最も正確に歩数をカウントし，これらの結果は機種の選択の参考になる[86] とされている．

Ⅲ．おわりに

身体活動量の測定は，これまでの運動耐容能の評価にとって代わる重要な帰結評価の１つである．1998年以降，主観的測定法と客観的測定法が開発されてきている．身体活動量は日間差があること，季節，天候，気温，大気汚染物質の量，国や人種などによって影響される．動作観察・ビデオ解析は最も正確に身体活動量を測定するが，長時間の測定を解析するのには限界がある．質問票と活動日誌は，種々の要因によって正確性に欠ける点があるものの，疫学的な調査に適した方法であるかもしれない．歩数計と加速度計は，特に遅い速度や低い身体活動を低く見積もる傾向があり，機種によって妥当性・信頼性・応答性が異なる．各機種の特性を理解し，正確に身体活動量を反映させることが重要である．

文　献

1）Waschki B, Kirsten A, et al.: Physical activity is the strongest predictor of all-cause mortality in patients with COPD: a prospective cohort study. Chest 140(2): 331-342, 2011

2）Spruit MA, Singh SJ, et al.: An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med 188(8): e13-e64, 2013

3）Pitta F, Troosters T, et al.: Characteristics of physical

Akita University

activities in daily life in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 171(9): 972-977, 2005

4) Garcia-Aymerich J, Farrero E, et al.: Risk factors of readmission to hospital for a COPD exacerbation: a prospective study. Thorax 58(2): 100-105, 2003

5) Vaes AW, Garcia-Aymeric J, et al.: Changes in physical activity and all-cause mortality in COPD. Eur Respir J 44(5): 1199-1209, 2014

6) Serres I, Gautier V, et al.: Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in COPD patients. Chest 113(4): 900-905, 1998

7) Sandland CJ, Singh SJ, et al.: A profile of daily activity in chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil 25(3): 181-183, 2005

8) Hamilton SL, Clemes SA, et al.: UK adults exhibit higher step counts in summer compared to winter months. Ann Hum Biol 35(2): 154-169, 2008

9) Rabinovich RA, Louvaris Z, et al.: Validity of physical activity monitors during daily life in patients with COPD. Eur Respir J 42(5): 1205-1215

10) Danilack VA, Okunbor O, et al.: Performance of a pedometer to measure physical activity in a U.S. cohort with chronic obstructive pulmonary disease. J Rehabil Res Dev 52(3): 333-342, 2015

11) Alahmari AD, Mackay AJ, et al.: Influence of weather and atmospheric pollution on physical activity in patients with COPD. Respir Res 16: 2015

12) Sewell L, Singh SJ, et al.: Seasonal variations affect physical activity and pulmonary rehabilitation outcomes. J Cardiopulm Rehabil Prev 30(5): 329-333, 2010

13) Katajisto M, Kupiainen H, et al.: Physical inactivity in COPD and increased patient perception of dyspnea. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis 7: 743-755, 2012

14) Hartman JE, Boezen HM, et al.: Physical and psychosocial factors associated with physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Arch Phys Med Rehabil 94(12): 2396-2402, 2013

15) Furlanetto KC, Demeyer H, et al.: Physical activity of patients with COPD from regions with different climatic variations. COPD 14(3): 276-283, 2017

16) Togo F, Watanabe E, et al.: Meterology and the physical activity of the elderly: the Nakanojo study. Int J Biometerorol 50(2): 83-89, 2005

17) Sugino A, Minakata Y, et al.: Validation of a compact motion sensor for the measurement of physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Respiration 83(4): 300-307, 2012

18) Balish SM, Dechman G, et al.: The relationship between weather and objectively measured physical activity among individuals with COPD. J Cardiopulm Rehabil Prev 37(6): 445-449, 2017

19) Troosters T: Physical activity monitoring: a new outcome facing many challenges, but yielding promising results. COPD 6(2): 82-83, 2009

20) Pitta F, Breyer MK, et al.: Comparison of daily physical activity between COPD patients from Central Europe and South America. Respir Med 103(3): 421-426, 2009

21) Hill K, Dolmage TE, et al.: Measurement properties of the SenseWear armband in adults with chronic obstructive pulmonary disease. Thorax 65(6): 486-491, 2010

22) Cindy Ng LW, Jenkins S, et al.: Accuracy and responsiveness of the stepwatch activity monitor and ActivPAL in patients with COPD when walking with and without a rollator. Disabil Rehabil 34(15): 1317-1322, 2012

23) Turner LJ, Houchen L, et al.: Reliability of pedometers to measure step counts in patients with chronic respiratory disease. J Cardiopulm Rehabil Prev 32(5): 284-291, 2012

24) Andersson M, Janson C, et al.: Accuracy of three activity monitors in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a comparison with video recordings. COPD 11(5): 560-567, 2014

25) Moy ML, Garshick E, et al.: Accuracy of uniaxial accelerometer in chronic obstructive pulmonary disease. J Rehabil Res Dev 45(4): 611-618, 2008

26) Langer D, Gosselink R, et al.: Validation of two activity monitors in patients with COPD. Thorax 64(7): 641-642, 2009

27) Furlanetto KC, Bisca GW, et al.: Step counting and energy expenditure estimation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and healthy elderly: accuracy of 2 motion sensors. Arch Phys Med Rehabil 91(2): 261-267, 2010

28) Cavalheri V, Donaria L, et al.: Energy expenditure during daily activities as measured by two motion sensors in patients with COPD. Respir Med 105(6): 922-929, 2011

29) Andersson M, Janson C, et al.: Accuracy of three activity monitors in patients with chronic obstructive

Akita University

pulmonary disease: a comparison with video recordings. COPD 11(5): 560-567, 2014

30) Pitta F, Troosters T, et al.: Activity monitoring for assessment of physical activities in daily life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Arch Phys Med Rehabil 86(10): 1979-1985, 2005

31) Pitta F, Troosters T, et al.: Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. Eur Respir J 27(6): 1040-1055, 2006

32) Benzo R: Activity monitoring in chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil Prev 29(6): 341-347, 2009

33) Troosters T, van der Molen T, et al.: Improving physical activity in COPD: towards a new paradigm. Respir Res 14: 2013

34) Garfield BE, Canavan JL, et al.: Stanford seven-day physical activity recall questionnaire in COPD. Eur Respir J 40(2): 356-362, 2012

35) Hunt T, Williams MT, et al.: Reliability and validity of the multimedia activity recall in children and adults (MARCA) in people with chronic obstructive pulmonary disease. PLoS One 8(11): 2013

36) Liao SY, Benzo R, et al.: Physical activity monitoring in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Chronic Obstr Pulm Dis 1(2): 155-165, 2014

37) Gimeno-Santos E, Raste Y, et al.: The PROactive instruments to measure physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Eur Respir J 46(4): 988-1000, 2015

38) Nield M, Hoo GS, et al.: Usefulness of the human activity profile, a functional performance measure, in people with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil 25(2): 115-121, 2005

39) Sievi NA, Brack T, et al.: Accelerometer- versus questionnaire-based assessment of physical activity and their changes over time in patients with COPD. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis 12: 1113-1118, 2017

40) Moore R, Berlowitz D, et al.: Comparison of pedometer and activity diary for measurement of physical activity in chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil Prev 29(1): 57-61, 2009

41) Moy ML, Matthess K, et al.: Free-living physical activity in COPD: assessment with accelerometer and activity checklist. J Rehabil Res Dev 46(2): 277-286, 2009

42) Benzo RP, Chang CC, et al.: Physical activity, health status and risk of hospitalization in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. Respiration 80(1): 10-18, 2010

43) DePew ZS, Garofoli AC, et al.: Screening for severe physical inactivity in chronic obstructive pulmonary disease: the value of simple measures and the validation of two physical activity questionnaires. Chron Respir Dis 10(1): 19-27, 2013

44) Tabak M, Vollenbroek-Hutten MM, et al.: Telemonitoring of daily activity and symptom behavior in patients with COPD. Int J Telemed Appl: 2012

45) Thyregod M, Bodtger U: Coherence between self-reported and objectively measured physical activity in patients with chronic obstructive lung disease: a systematic review. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis 11: 2931-2938, 2016

46) Skumlien S, Skogedal EA, et al.: Endurance or resistance training in primary care after in-patient rehabilitation for COPD? Respir Med 102(3): 422-429, 2008

47) Barberan-Garcia A, Vogiatzis I, et al.: Effects and barriers to deployment of telehealth wellness programs for chronic patients across 3 European countries. Respir Med 108(4): 628-637, 2014

48) Steele BG, Belza B, et al.: Bodies in motion: monitoring daily activity and exercise with motion sensors in people with chronic pulmonary disease. J Rehabil Res Dev 40(5 Suppl 2): 45-58, 2003

49) Dhillon SS, Sima CA, et al.: Physical activity measurement accuracy in individuals with chronic lung disease: a systematic review with meta-analysis of method comparison studies. Arch Phys Med Rehabil 96(11): 2079-2088, 2015

50) Moy ML, Janney AW, et al.: Use of pedometer and internet-mediated walking program in patients with chronic obstructive pulmonary disease. J Rehabil Res Dev 47(5): 485-496, 2010

51) Schönhofer B, Ardes P, et al.: Evaluation of a movement detector to measure daily activity in patients with chronic lung disease. Eur Respir J 10(12): 2814-2819, 1997

52) Nguyen HQ, Burr RL, et al.: Validation of the StepWatch device for measurement of free-living ambulatory activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. J Nurs Meas 19(2): 76-90, 2011

53) Moy ML, Danilack VA, et al.: Daily step counts in a US cohort with COPD. Respir Med 106(7): 962-969, 2012

Akita University

54) de Blok BM, de Greef MH, et al.: The effects of a lifestyle physical activity counseling program with feedback of a pedometer during pulmonary rehabilitation in patients with COPD: a pilot study. Patient Educ Couns 61(1): 48-55, 2006
55) Hospes G, Bossenbroek L, et al.: Enhancement of daily physical activity increases physical fitness of outclinic COPD patients: results of an exercise counseling program. Patient Educ Couns 75(2): 274-278, 2009
56) Altenburg WA, ten Hacken NH, et al.: Short- and long-term effects of a physical activity counseling programme in COPD: a randomized controlled trial. Respir Med 109(1): 112-121, 2015
57) Mendoza L, Horta P, et al.: Pedometers to enhance physical activity in COPD: a randomized controlled trial. Eur Respir J 45(2): 347-354, 2015
58) Duiverman ML, Wempe JB, et al.: Nocturnal non-invasive ventilation in addition to rehabilitation in hypercapnic patients with COPD. Thorax 93(12): 1052-1057, 2008
59) Belza B, Steele BG, et al.: Correlates of physical activity in chronic obstructive pulmonary disease. Nurs Res 50(4): 195-202, 2001
60) Boeselt T, Spielmanns M, et al.: Validity and usability of physical activity monitoring in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). PLoS One 11(6): 2016
61) Hataji O, Kobayashi T, et al.: Smart watch for monitoring physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Respir Investig 54(4): 294-295, 2016
62) Steele BG, Holt L, et al.: Quantitating physical activity in COPD using a triaxial accelerometer. Chest 117(5): 1359-1367, 2000
63) Cohen MD, Cutaia M: A novel approach to measuring activity in chronic obstructive pulmonary disease: using 2 activity monitors to classify daily activity. J Cardiopulm Rehabil Prev 30(3): 186-194, 2010
64) Patel SA, Benzo RP, et al.: Activity monitoring and energy expenditure in COPD patients: a validation study. COPD 4(2): 107-112, 2007
65) Donaire-Gonzalez D, Gimeno-Santos E, et al.: Physical activity in COPD patients: patterns and bouts. Eur Respir J 42(4): 993-1002, 2013
66) Kanda M, Minakata Y, et al.: Validation of the triaxial accelerometer for the evaluation of physical activity in Japanese patients with COPD. Intern Med 51(4): 369-375, 2012
67) Harrison SL, Horton EJ, et al.: Physical activity monitoring: addressing the difficulties of accurately detecting slow walking speeds. Heart Lung 42(5): 361-364, 2013
68) Bauldoff GS, Ryan-Wenger NA, et al.: Wrist Actigraphy validation of exercise movement in COPD. West J Nurs Res 29(7): 789-802, 2007
69) Gorzelniak L, Dias A, et al.: Comparison of recording positions of physical activity in patients with severe COPD undergoing LTOT. COPD 9(5): 528-537, 2012
70) Martínez-García MDM, Ruiz-Cárdenas JD, et al.: Effectiveness of smartphone devices in promoting physical activity and exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. COPD 14(5): 543-551, 2017
71) Watz H, Wascki B, et al.: Physical activity in patients with COPD. Eur Respir J 33(2): 262-272, 2009
72) Waschki B, Spruit MA, et al.: Physical activity monitoring in COPD: compliance and associations with clinical characteristics in a multicenter study. Respir Med 106(4): 522-530, 2012
73) Perriot B, Argod J, et al.: Characterization of physical activity in COPD patients: validation of a robust algorithm for actigraphic measurements in living situations. IEEE J Biomed Health Inform 18(4): 1225-1231, 2014
74) Singh S, Morgan MD: Activity monitors can detect brisk walking in patients with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil 21(3): 143-148, 2001
75) Arvidsson D, Slinde F, et al.: Validity of the ActiReg system in assessing energy requirement in chronic obstructive pulmonary disease patients. Clin Nutr 25(1): 68-74, 2006
76) Kortianou EA, Louvaris Z, et al.: Activity monitoring reflects cardiovascular and metabolic variations in COPD patients across GOLD stages Ⅱ to Ⅳ. Respir Physiol Neurobiol 189(3): 513-520, 2013
77) Farooqi N, Slinde F, et al.: Validation of SenseWear Armband and ActiHeart monitors for assessments of daily energy expenditure in free-living women with chronic obstructive pulmonary disease. Physiol Rep 1(6): 2013
78) van der Weegen S, Essers H, et al.: Concurrent validity of the MOX activity monitor compared to the ActiGraph GT3X. Telemed J E Health 21(4): 259-266,

Akita University

2015
79) Van Remoortel H, Raste Y, et al.: Validity of six activity monitors in chronic obstructive pulmonary disease: a comparison with indirect calorimetry. PLoS One 7(6): 2012
80) Gore S, Blackwood J, et al.: Validity and reliability of accelerometers in patients with COPD. J Cardiopulm Rehabil Prev : 2017
81) Demeyer H, Burtin C, et al.: Standardizing the analysis of physical activity in patients with COPD following a pulmonary rehabilitation program. Chest 146(2): 318-327, 2014
82) Demeyer H, Burtin C, et al.: The minimal important difference in physical activity in patients with COPD. PLoS One 11(4): 2016
83) Lahham A, McDonald CF, et al.: Exercise training alone or with the addition of activity counseling improves physical activity levels in COPD: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis 11: 3121-3136, 2016
84) Caulfield B, Kaljo I, et al.: Use of a consumer market activity monitoring and feedback device improves exercise capacity and activity levels in COPD. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc: 1765-1768, 2014
85) Vooijs M, Alpay LL, et al.: Validity and usability of low-cost accelerometers for internet-based self-monitoring of physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Interact J Med Res 3(4): 2014
86) Prieto-Centurion V, Bracken N, et al.: Can commercially available pedometers be used for physical activity monitoring in patients with COPD following exacerbations? Chronic Obstr Pulm Dis 3(3): 636-642, 2016

Measurement of physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease

Makoto Sasaki

Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Akita University

Abstract

Patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) have less physical activity than healthy individuals, and a decline in physical activity is considered to be a risk factor for readmission or mortality. Problems with physical activity must be addressed, and the relevant medical staff members are required to select appropriate measurement method, to understand the background of decline, to understand factors related to this, the symptoms and prognosis that affects it, to devise to improve the inactive lifestyle. The purpose of this review is to describe methods of measuring the physical activity and the appropriateness of such measurements, before describe the aspects and intervention effects of physical activity in patients with COPD. Several measurement methods are available, each of which is being considered for validity, reliability and responsiveness. It is important to understand the characteristics of each method and device for measurement in order to accurately reflect the physical activity.