

3軸加速度計を内蔵したパルスオキシメータの臨床的有用性の検討

¹⁾ 鳥取大学医学部保健学科検査技術科学専攻4年

²⁾ 鳥取大学医学部保健学科検査技術科学専攻病態検査学講座（主任 鱈岡直人教授）

三宮直子¹⁾, 田巻裕朗¹⁾, 西 真弘¹⁾, 五ノ井いずみ¹⁾,
堀江拓耶²⁾, 渡部加奈子²⁾, 中本幸子²⁾, 鱈岡直人²⁾

Clinical efficacy of pulse oximetry with 3-dimensional accelerometer

Naoko SANNOMIYA¹⁾, Hiroo TAMAKI¹⁾, Masahiro NISHI¹⁾, Izumi GONOI¹⁾,
Takuya HORIE²⁾, Kanako WATANABE²⁾, Sachiko NAKAMOTO²⁾, Naoto BURIOKA²⁾

¹⁾ *Fourth grade, Major in Clinical Laboratory Science, School of Health Science,
Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan.*

²⁾ *Department of Pathobiological Science and Technology, School of Health Science,
Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan.*

ABSTRACT

The 6-minute walk test (6MWT) has been used to predict mortality and measure clinical outcomes of trials in the patients with chronic cardiopulmonary disorders. 6MWT measures the distance that patients quickly walks for 6 min. In this study, we examined the accuracy of the walking steps during 6MWT by 3-dimensional accelerometer in pulse oximetry. We performed 6MWT using pulse oximetry with 3-dimensional accelerometer in 9 healthy subjects and 2 patients with chronic obstructive pulmonary disease. The steps measured by 3-dimensional accelerometer were strongly correlated with the steps manually counted ($r = 0.983$, $p < 0.0001$). The predicted walking distance was also significantly correlated with the walking distance of 6MWT ($r = 0.858$, $p < 0.0003$). We confirmed the clinical efficacy of this device.

(Accepted on October 18, 2013)

Key words : chronic obstructive pulmonary disease, six-minute walk test, 3-dimensional accelerometer

はじめに

6分間歩行試験 (six-minute walk test: 6MWT) は、運動耐容能を調べる臨床試験であり、平坦な廊下を6分間で可能な限り早く歩ける距離を測定

する。6MWTは慢性呼吸器疾患や循環器疾患の運動耐容能の評価法として用いられている。慢性呼吸器疾患においては6分間の総歩行距離が最も重要であるが運動誘発性低酸素血症の評価も重要である。循環器疾患においては心不全患者の予後

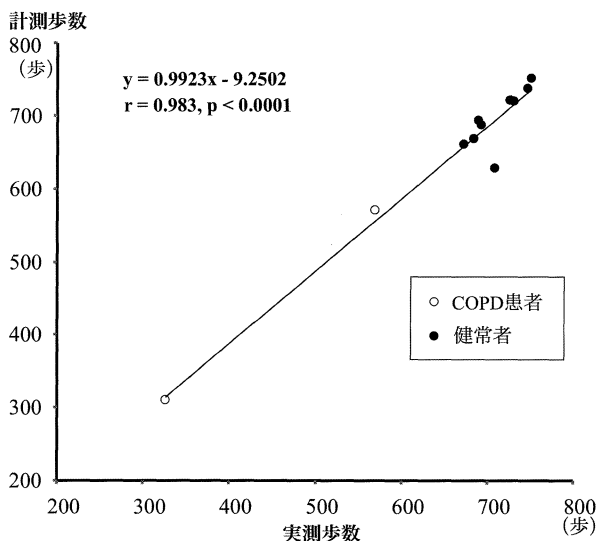


図1 実測歩数と計測歩数の相関関係と回帰分析

実測歩数と計測歩数に有意な相関関係を認めた ($r = 0.983, p < 0.0001$).

予測指標として用いられている^{1,2)}。また、我が国では健康保険の適用になっている³⁾。健康保険の適用のためには、在宅酸素療法の導入を検討している患者または施行している患者に対し、医師が呼吸状態等の観察を行いながら6分間の歩行を行わせ、到達した距離などを記録する必要がある。

6MWTの実施上の留意点として低酸素血症の誘発を確認するため施行前後の動脈血ガス分析を行う必要があるが、侵襲的な検査であるため非侵襲的なパルスオキシメータから測定された酸素飽和度 (SpO_2) で代用できると解釈されている。しかし、重症呼吸器疾患患者は、呼吸困難のため6MWTの途中で歩行停止したり、歩行ペースが一定でなかったりすることが多い。従って、歩行速度も同時に測定するのが望ましいが煩雑であり臨床的にはなされていない。我々は以前、6MWT時に歩数を単位時間ごとに測定し歩行速度に関連する指標として用い、歩行パターンを明らかにした⁴⁾。今回、3軸加速度計を内蔵した精密歩数計をパルスオキシメータに組み込み、経過時刻、歩数、 SpO_2 を同時測定する装置を使用して有用性を検討した。

対象と方法

1. 対象者

対象者は本研究に同意を得た健常者9名 (男性8名、女性1名、平均 ± 標準偏差: 31.9 ± 11.3 歳) と慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease: COPD) 患者2例 (男性2例、平均76.5歳) である。本研究は鳥取大学医学部倫理委員会の審査を受け、研究の許可を得ている (承認番号 1845)。

2. 方法

6分間歩行試験は、患者が6分間にできるだけ早く歩ける最大距離を測定する簡便な臨床検査で、その距離により運動能力および運動耐容能を評価する。本研究では、6分間歩行試験時の低酸素血症の有無を SpO_2 で評価することに加えて、3軸加速度計を組み込み歩数も同時計測した。歩数を計測すると、平均歩幅が分かれば、合計歩数 × 平均歩幅 (予測歩行距離) により歩行距離が予測できる可能性がある。

測定場所は鳥取大学医学部内の廊下を使用した。廊下は直線距離で健常者は40 mまたは50 m、患者は74 mの長さを使用した。方法を標準化するため、米国胸部疾患学会の標準プロトコールを使用した¹⁾。平均歩幅を測定するため、健常者は20 m、患者は10 m歩行させて歩数を測定し、平均歩幅を算出した。3軸加速度計を組み込んだパ

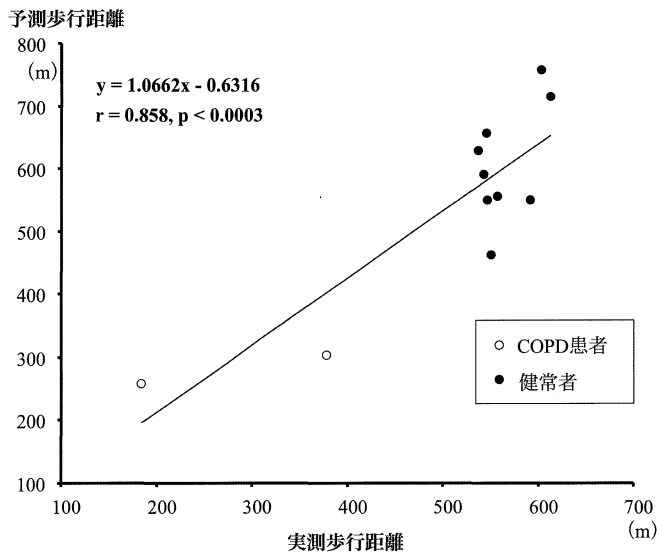


図2 実測歩行距離と予測歩行距離の相関関係と回帰分析

実測歩行距離と予測歩行距離に有意な相関関係を認めた ($r = 0.858, p < 0.0003$).

ルスオキシメータ (Anypal Walk, フクダ電子株式会社, 東京) の SpO_2 , 脈拍および設定された変動を一歩とした信号を近距離通信でタブレット (Arrows, 富士通, 東京) に表示, 保存した。

6分間歩行試験の実際の歩数は目視してカウントし (実測歩数), タブレットに保存した記録歩数 (計測歩数) との相関を調べた。対象者が6分間で歩いた距離 (実測歩行距離) と, 予測歩行距離との相関も調べた。

3. 統計解析

測定結果は平均 ± 標準偏差で表示した。直線相関解析の相関係数はPearson's correlation coefficientを用いて, $p < 0.05$ を有意とした (StatView, SAS Institute Inc., Cary, NC)。

結 果

1. 実測歩数と計測歩数の相関関係と回帰分析

実測歩数は 664.3 ± 122.8 歩で, 計測歩数は 649.9 ± 124.0 歩であった。実測歩数と計測歩数の散布図は図1のようになる。Pearson's correlation coefficientは $r = 0.983, p < 0.0001$ であった。

2. 実測歩行距離と予測歩行距離の相関関係と回帰分析

平均歩幅は, 0.84 ± 0.14 m であった。予測歩行距離は平均歩幅 × 計測歩数で算出した。実測歩行距離は 513.7 ± 125.4 m で, 予測歩行距離は 547.1 ± 155.8 m であった。実測歩行距離と予測歩行距離の散布図は図2のようになる。Pearson's correlation coefficientは $r = 0.858, p < 0.0003$ であった。

考 察

3軸加速度計に設定した変動を一歩とすることによって, 実際の歩数を正確に測定できた。6分間歩行時の予測歩行距離を算出するために, 平均速度から予測距離を算出することもできるが, 測定中に歩行停止した患者については予測歩行距離と実測歩行距離が乖離する。しかし, 今回のように平均歩幅と計測歩数から予測歩行距離を算出すると, 被検者が停止しても予測歩行距離を算出することができる。3軸加速度計で測定した歩数から計算した6MWTの予測歩行距離は実測歩行距離と良い相関関係を認め, 臨床応用も可能と考えられた。

6分間歩行試験は被検者に一定の負荷をかけて行う運動負荷試験であり, 定量性に劣るが簡便に実施できる利点がある。検査対象者の多くは, 呼吸器, 循環器疾患患者である。検査目的は運動耐

容能、運動時低酸素血症の有無、薬物の効果、リハビリテーションの効果判定などがある。呼吸器疾患において、中村ら⁵⁾は中等症のCOPD患者を対象に、塩酸プロカテロールの単回吸入、積極的吸入の影響について、6分間歩行試験を運動耐容能の指標として検討している。COPD患者に対する吸入抗コリン薬の効果判定などの報告もある⁶⁾。佐竹らは、6MWTに慣れた中等症のCOPD患者では途中で休むことなく歩き続けることができ、一定の負荷がかかっていることを示している⁷⁾が、実際に多数例を検査すると患者は息苦しさから歩行停止して休憩することも多い。

従来方法では、測定者は患者の危険防止のため、患者と一緒に歩行することによって歩行試験中のSpO₂をモニターする必要があった。しかし、今回3軸加速度計を組み込んだパルスオキシメータのデータを近距離通信でタブレットに保存することによって、測定者は患者と併歩することなく手元のタブレットでSpO₂をモニターすることが可能となった。つまり、測定者の負担が減るという利点があるといえる。今回データ処理を行ったのは感度設定が「中」のデータのみであり、感度設定を「高」や「低」にすることもできるが、これについては今後検討が必要である。ところで、問題点として、患者（被検者）がパルスオキシメータを装着した腕を使って、「額の汗を拭う」、「眼鏡のずれを直す」、「頭を掻く」等の所作をした場合、3軸加速度計が誤作動して歩数や予測歩行距離に影響を及ぼすため、そういった所作をしない、もしくはもう一方の腕でするように指示する必要がある。患者（被検者）の歩き方、特に腕の振り方が3軸加速度計の正確性に大きく影響する。意識して大きく振る必要はないが、自然な範囲で軽く振るようにして歩くことが望ましい。実測歩行距離に比べて予測歩行距離は大きい傾向にあり、3軸加速度計を組み込んだパルスオキシメータで記録された歩数に比べて実測歩数の方が多い。10 mあるいは20 mの平均歩幅測定は往路だけであり、実際の測定は往復を繰り返すため、どうしても折り返し時に1、2歩分の誤差が生じる。腕を振りながら折り返した場合、その距離に対して予測歩行距離が伸びてしまうが、腕を振らずに折り返した場合には、(折り返し時の誤差) × (折り返した回数) の分、実測歩数が多くカウントされる可能性が考えられる。

計測にいくつかの注意点が存在したが、パルスオキシメータに組み込んだ3軸加速度計を利用して6MWTの歩数を正確に測定できた。本装置の利用で以前報告した単位時間歩数⁴⁾を自動計算することも可能になると考えられた。しかし、さらに多くの患者を対象とした研究・検討が必要と思われた。

結 語

6MWTは一般的に施行される臨床検査であるが、距離のみではなく歩数という因子を考慮することによって新しい解釈が得られる可能性がある。今回、あらかじめ測定した平均歩幅から6MWTで歩行した予測距離を計算したが、より精度を高めるために、さらなる検討が必要であると考えられた。

本研究は平成25年鳥取大学医学部保健学科検査学専攻課題研究として行われた。

文 献

- 1) 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** (1): 111-117.
- 2) 前田勇司. 6分間歩行試験 (Six-Minute Walk Test: 6MWT). *臨床研修プラクティス* 2005; **2** (1): 66-70.
- 3) 坪井永保. 6分間平地歩行テストの実際と注意点. *保険診療の問題点. THE LUNG perspective* 2013; **21** (2): 172-178.
- 4) 渡部加奈子, 今田明梨, 清廣晃子, 杉谷文香, 藤井健徳, 保坂あかり, 堀江拓耶, 中本幸子, 網崎孝志, 清水英治, 鯛岡直人. 単位時間歩数を導入した6分間歩行試験の検討. *米子医学雑誌* 2012; **63** (6): 145-149.
- 5) 中村洋之, 奥條朝子, 田中三奇, 細谷啓子, 安藤千恵子, 岸本伸人, 山地康文, 河内康正, 亀井雅, 多田慎也, 上田暢男. 慢性閉塞性肺疾患患者における6分間歩行に対する塩酸プロカテロールの効果. *呼吸* 2011; **30** (5): 485-488.
- 6) Decramer M. Tiotropium as essential maintenance therapy in COPD. *Eur Respir*

Rev 2006; **15**: 51-57.

- 7) 佐竹将宏, 塩谷隆信, 高橋仁美, 菅原慶勇,
笠井千景, 清川憲孝, 渡邊暢, 藤井清佳.

COPD患者の6分間歩行試験における歩行速
度の検討. 東北理学療法学 2005; **17**: 1-4.