

【研究報告】

歩行時の呼吸補助筋の活動とその評価の応用性について

西田 裕介¹⁾ 秋山 純和²⁾

- 1) 聖隷クリストファー大学リハビリテーション学部理学療法学専攻
- 2) 国際医療福祉大学保健学部理学療法学科

(連絡先) 053-439-1400 (電話)
yuusuke-n@seirei.ac.jp

The Activity and Evaluation to the Respiratory Accessory Muscles in Walking

Yusuke NISHIDA, Sumikazu AKIYAMA

- 1) Department of Rehabilitation, Seirei Christopher University
- 2) Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health and Welfare

要 旨

歩行時における呼吸補助筋の活動状況を把握するため、健常成人女性 8 名に対し、トレッドミルによる運動負荷時の筋電図を導出した。安静座位 5 分、ウォーミングアップ 2 分後、傾斜 6 % で時速 3.0km、4.5km、6.0km の順に各 5 分間の歩行を体重の 8 % の重錘を装着した状態で実施した。筋電図の導出は胸鎖乳突筋、斜角筋、僧帽筋、大胸筋部とし、また、呼気ガス分析にて分時換気量を指標とした生理的運動強度を求めた。その結果、呼吸補助筋の活動を評価するには斜角筋が最適な対象筋であることがわかり、斜角筋の発動要因は快適歩行速度である 4.5km/h と歩行と走行の境界域の 6.0km/h との間にあると考えられた。

キーワード：呼吸補助筋、生理的運動強度、歩行速度

Key words: respiratory accessory muscles, Physiological exercise strength, walking speed

I. はじめに

臨床において、歩行練習は運動耐容能改善を目的に頻繁に施行される運動負荷の一つであり、様々な疾患がその実施対象となる。呼吸器障害者の運動療法として歩行練習は患者のADLに直結することから重要であり、また、運動時には各個人の至適運動強度や呼吸補助筋の状態を適切に把握する必要がある¹⁻³⁾。呼吸器疾患患者にとって呼吸補助筋の評価は、その対象者の全身状態および運動に対する換気応答の能力を把握するのに重要な指標となる。さらに、呼吸補助筋は、浅層に存在し、視診や触診で容易に観察できる利点もあり、運動強度を反映する指標としても有効であると考えられる。しかし、これまでの運動強度を表す指標には、安静時心拍数に対する運動時心拍数の変化率を表す%心拍数(heart rate: HR)や主観的運動強度(rating of perceived exertion: RPE)、安静時のエネルギー代謝率を1MET (Metabolic Equivalent)として運動時のエネルギー代謝率を表す方法(エネルギー代謝率)など多くの指標が存在するものの⁴⁻⁶⁾歩行中の呼吸補助筋の活動状況を調査した報告は少ない⁷⁾。

そこで本研究では、歩行時における呼吸補助筋の活動状況を把握することを目的としてトレッドミルを用いた運動負荷を施行し、呼吸補助筋である胸鎖乳突筋、斜角筋、僧帽筋、大胸筋⁸⁾の筋電図を導出した。その結果を検討1として、4筋の中で評価対象として最も相応しい筋を抽出することを目的とし、次に検討2として、その筋に着目して、異なる負荷強度に対する筋活動について検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

研究趣旨を説明し同意のもとに協力の得られた健常成人女性8名(年齢 21.1 ± 1.6 歳、身長 157.9 ± 5.3 cm、体重 51.0 ± 4.6 kg)を対象とした。

2. 運動負荷

トレッドミル(Woodway社製車椅子用トレッドミルSPR-7050)による運動負荷は、安静5分の後ウォーミングアップを行い、傾斜角度6%で時速3.0km、4.5km、6.0kmを順に各5分間実施するものとした。なお、被験者には体重の8%の重錘を装着させた。運動負荷の中止は本人の意思により続行困難と判断した時点、または最大予測心拍数($220 - \text{年齢}$)の85%に達した時点とした⁶⁾。運動終了後は5分間のクーリングダウンを施行した。

3. 方法

対象者に対して座位で最大換気量(maximum voluntary ventilation: MVV)を測定した後、トレッドミルによる運動負荷を行わせた。MVV及び運動負荷中に胸鎖乳突筋(Sternocleidomastoid: ST)、斜角筋(Scalenus: SC)、僧帽筋(Trapezius: TR)、大胸筋(Pectoralis major: PM)部から表面電極法により筋電図(NORAXON USA, Myoresearch version2.02)を導出した。表面筋電図を双極誘導とするため中心間距離を約2横指あけて各筋の筋腹を確認し、筋の走行と平行に貼り付けた。また、筋電図皮膚電極間接触抵抗が $10\text{k}\Omega$ 以下になるように皮膚処理を行い、アース電極は鎖骨部に貼り付けた。測定の方法は、時定数0.03で、 1000Hz 以上をカットした。歩行負荷時の呼吸補助筋の筋電図波形の導出は、各速度の4分経過後から1分間とした。測定開始前

には筋電図の電極が正しい位置に装着されているかを判断するために徒手筋力テストによる確認を行った。サンプリング周波数は1 kHzとした。運動負荷時は呼吸の状態を把握するために呼吸ピックアップセンサーを取り付け、呼吸曲線を導出した。また同時に呼気ガス分析装置(ミナト医科学社製エアロモニターAE280S)も装着し、分時換気量(ventilatory volume: \dot{V}_E)を指標として生理的運動強度を求めた。運動中は上肢の振りなど呼吸活動に関与しない動作による筋活動が観測されないよう、上肢は手指で軽くトレッドミルの手すりを把持させた。その際、漏電防止のためトレッドミルの手すりにビニールテープを巻いた。心電図(フクダ電子社製ダイナスコープDS-3300)は、リスク管理と筋電図に心電図波形が混入した際の参考にするためCM5誘導で導出した。各channelのデータはパーソナルコンピュータに取り込み処理を行った。呼吸ピックアップセンサーから得られた呼吸曲線を用いて連続した任意の3呼吸を選択し、吸気と呼気に分けてそれぞれの整流筋電図波形を表計算ソフトExcel2000に取り込み平均筋電図値を求めた。

4. 統計解析

それぞれの筋において、速度間での平均筋電図値をMVV測定時の値で補正した値(%)の比較および生理的運動強度をMVV測定時の値で補正した値(%)の比較を一元配置分散分析を用いて検討した。また、事後検定にはSheffeの多重比較検定を用い、それぞれ5%未満の危険率をもって有意と判定した。

Ⅲ. 結果

本研究にて得られた結果を、以下に示す2つ

の内容に分類した。

検討1：歩行時における呼吸補助筋の評価

呼吸ピックアップセンサーから得られた呼吸曲線を用いて連続した任意の3呼吸を選択して吸気と呼気を選別した。そこで、それぞれの歩行速度における各筋の吸息相の筋電図波形の平均筋電図値を求め比較した。図1に呼吸曲線と各筋の6.0km/hでの筋電図波形の代表例を示す。また、表1には平均筋電図値(mV/msec)の平均を示しており、表2では各速度における筋活動量をMVV測定時の値と比較した補正值(%)を算出した。その結果、全ての筋において、歩行速度が増すごとに筋活動量も増加する傾向が見られたものの、有意差が認められたのは、斜角筋のみであった。図2は各速度での斜角筋の

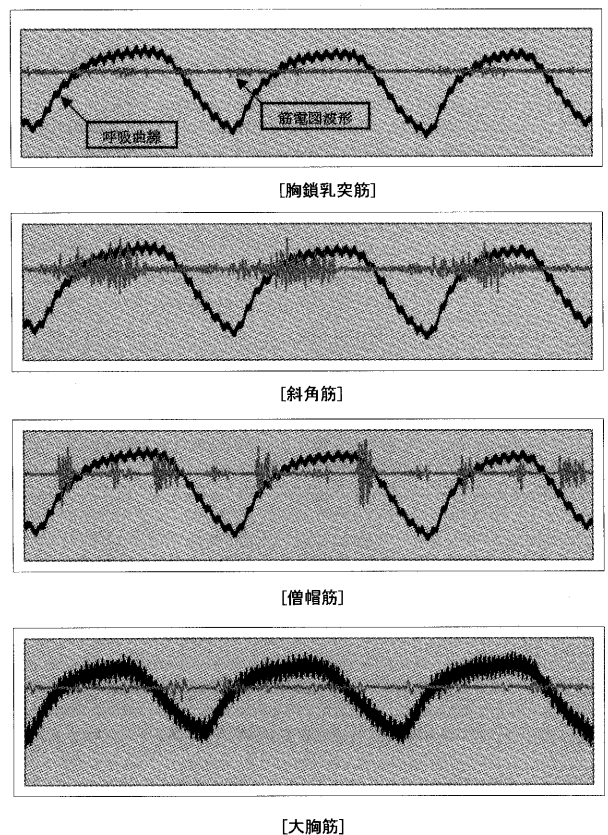


図1 呼吸曲線と各筋の筋電図波形の代表例(6.0km/h)

表1 呼吸補助筋の平均筋電図の平均値：吸息相 (mV/msec)

呼吸補助筋	MVV	歩行速度		
		3.0km/h	4.5km/h	6.0km/h
胸鎖乳突筋	80.6±44.7	11.5± 5.3	13.6± 3.6	26.5± 8.3
斜角筋	110.9±54.8	21.6±14.0	32.3±24.8	56.4±31.9
僧帽筋	48.5±59.1	21.7±13.9	33.6±27.1	41.6±22.3
大胸筋	30.8±23.6	19.8±17.8	25.2±17.4	28.7±10.5

(mean±SD)

表2 呼吸補助筋の平均筋電図の平均値：吸息相 (mV/msec)

	3.0km/h	4.5km/h	6.0km/h
胸鎖乳突筋	18.9±17.9	23.2± 20.0	43.5± 31.3
斜角筋	19.4± 6.7	28.8± 15.3	51.5± 20.2
僧帽筋	79.2±72.9	126.4±159.6	140.1±101.9
大胸筋	66.9±33.0	99.3± 81.1	124.1± 49.0

(mean±SD)

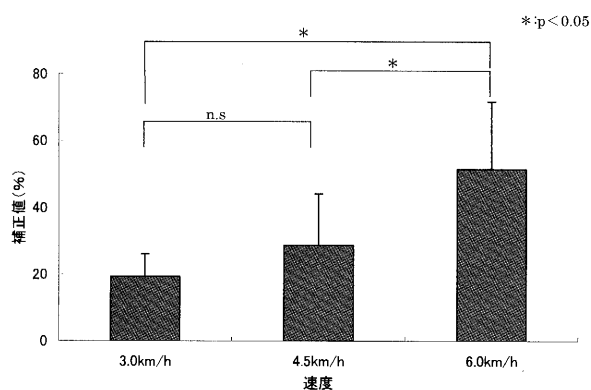


図2 各歩行速度条件における斜角筋の筋活動補正值

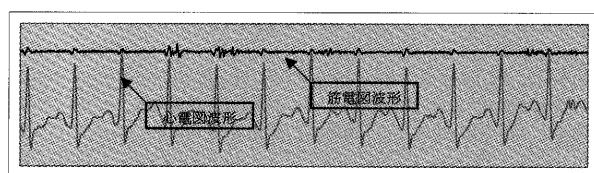


図3 心電図と大胸筋の筋電図波形(代表例)

補正值 (%) についての結果である。斜角筋は3.0km/hと6.0km/h、および4.5km/hと6.0km/hの間に有意差が確認された ($p < 0.05$)。しかし、3.0km/hと4.5km/hの間には有意差は認められなかった。

また、図3ではCM5誘導で導出した心電図波

表3 生理的運動強度 (VE)の平均値と補正值 (VE/MVV)

	実測値 (l/min)	補正值 (%)
MVV	96.7±18.6	—
3.0km/h	24.4± 3.7	26.0± 5.9
4.5km/h	39.1± 4.9	41.7± 9.5
6.0km/h	69.4±11.4	73.4±15.1

(mean±SD)

* : 速度間の比較 ($p < 0.05$)

形と大胸筋の筋電図波形の経時的変化を比較した代表例である。これより大胸筋の筋電図に心電図波形のQRS波の時期に合致した筋活動が観察されていることがわかる。

検討2：歩行時における吸気相の斜角筋活動

表3には生理的運動強度として各速度における分時換気量 (l/min)の平均値とその補正值を示した。その結果、各速度間の生理的運動強度に有意差を認めた ($p < 0.05$)。つまり、速度が増すごとに生理学的運動強度が増加することがわかる。

IV. 考 察

本研究では、歩行時における呼吸補助筋の活動とその評価についての基礎的研究を行った。なお、活動状態を詳細に把握するため検討1、2に分類した。検討1では胸鎖乳突筋、斜角筋、僧帽筋、大胸筋の中で活動変化が大きく評価対象として最も相応しい筋を抽出し、検討2ではその筋に着目して各速度間における筋活動の変化状況について検討した。その結果、斜角筋が呼吸補助筋の活動を評価する上で最適な対象筋であり、活動量として快適歩行速度以下では低く、越えた際に著明に増大することがわかった。

検討1の結果では、吸息相において4筋全てに活動量の増加傾向が見られた。図1は呼吸曲線と各筋の6.0km/hでの筋電図波形の代表例を示している。図1より、僧帽筋と大胸筋には呼吸曲線に関係のない等間隔の波形が出現していたことから、呼吸運動への関与は小さいと考えられる。僧帽筋では歩行速度6 km/hにおいて1呼吸あたり、4回程度の頻度で出現した。その要因としては上肢の振りによる筋活動が加わっていた可能性が考えられる。実験では上肢の振りによる筋活動を抑制するため手すりを把持させて歩行を行わせた。しかし骨盤回旋により体幹の回旋が生じ、それによって相対的な上肢の振りが起こり、完全に抑制することはできなかった。よって僧帽筋と大胸筋は、歩行動作としての活動の要素が大きく影響したと考える。また図3は心電図と大胸筋の筋電図波形の代表例を示している。これより大胸筋の筋電図に心電図波形のQRS波の時期に合致した筋活動が観察されたことから、心電図波形の混入による影響も示唆される。

一方、胸鎖乳突筋と斜角筋の筋電図波形において呼吸曲線と対応した波形の導出を認めた。

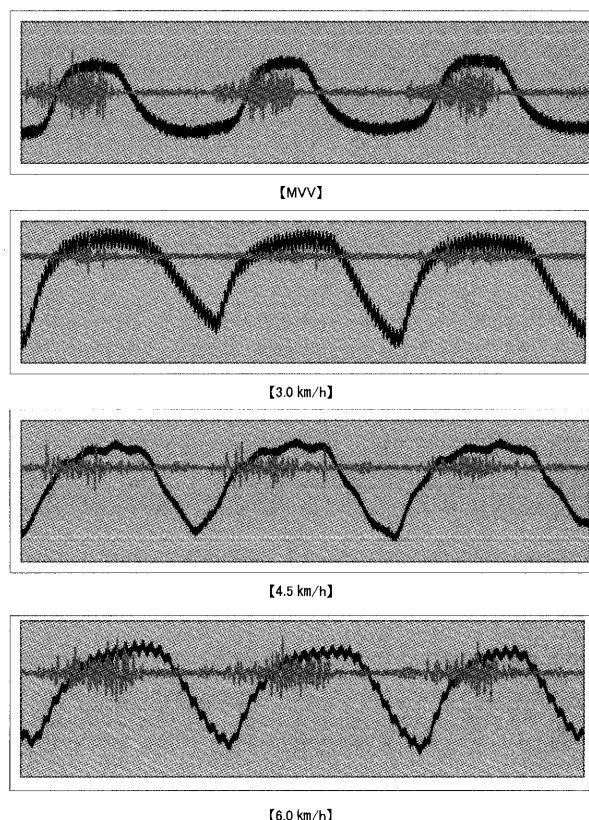


図4 各歩行速度条件における呼吸曲線と斜角筋の筋電図波形の代表例

図2から斜角筋では3.0km/hと6.0km/hの間、4.5km/hと6.0km/hの間に有意差を認めたが、胸鎖乳突筋では認めることができなかった。横場ら⁹⁾は、斜角筋は呼吸筋としての活動性が高く、胸鎖乳突筋はそれに次ぐとしている。歩行時の努力性呼吸についても同様に、斜角筋が呼吸筋としての活動性が高いと考えられる。よって、歩行時の吸息相における呼吸補助筋の活動を評価する上で、斜角筋が4筋の中では最適な対象であるといえる。

検討2からは、速度が上昇するにつれ生理的運動強度も上昇していた。また、図4はMVV及び各速度における斜角筋筋活動の代表例を示しており、速度が速くなるにつれて斜角筋の筋活動が増大しているのが確認できる。このことより、速度と斜角筋活動の間にも正の傾向がみら

れると考えられる。さらに、図2から歩行速度3.0km/hと6.0km/h、4.5km/hと6.0km/hの間に有意差を認めたことより、斜角筋の発動要因は4.5km/hと6.0km/hの間にあると判断できる。4.5km/hは快適歩行速度、6.0km/hは歩行と走行の境界域と言われており¹⁰⁾、斜角筋は快適速度を超えた際に発動したものと推測される。快適速度を超えると体内の換気需要が急激に高まり、呼吸筋(横隔膜、肋間筋)の働きだけでは供給がまかなえず、斜角筋が作用し換気を補助したものと考える。さらに、生理的運動強度に着目すると、4.5km/hでは37.5l/min、6.0km/hでは65.7l/minであり、呼吸補助筋が働くのは換気が50l/min以上になる際であるという報告⁴⁾があることから、この境界域に呼吸補助筋活動を著しく発現させる換気量の増大が生じることで斜角筋の筋活動が顕著に現れたものと考えられる。

V. 結 論

本研究では、歩行時に呼吸補助筋がどのような活動変化を示すのかを明らかにすることを目的として実験を行った。その結果、歩行時の吸息相における呼吸補助筋の評価として斜角筋が4筋の中では最適な対象であること、速度が増すにつれて斜角筋の筋活動が増大することが明らかとなった。さらに、斜角筋の筋活動は快適速度を超える際に著明な増大が生じると考えられる。

VI. 文 献

- 1) 山本総勝、前田哲男、千住秀明：運動療法Ⅱ。神稜文庫、兵庫県、1996、p205
- 2) 秋山純和、西田裕介：表面筋電図法による呼吸筋活動の分析の試み。日本生理人類学会誌 Vol.7 特別号(1)。第47回大会要旨集、2002：74-75
- 3) 飯野佳子、梅原郁恵、細川智也：漸増運動負荷時の背臥位と座位における呼吸筋活動の相違の検討。国際医療福祉大学理学療法学科卒業論文集、2001
- 4) Pre-Olof Astrand, Kaare-Rodahl：オストランド運動生理学。大修館書店、1990、pp144-145
- 5) 北村潔和：ランニングとウォーキングの主観的運動強度と心拍数。臨床スポーツ医学、1996、13(4)：459-463
- 6) 酒井隆：トレッドミル運動負荷(速度と勾配、各種プロトコールの比較)。臨床スポーツ医学、1997、14(6)：664-669
- 7) A.Sanna, F.Bertoli, G.Misuri, et. al.: Chest wall kinematics and respiratory muscle action in walking healthy humans. Journal of Applied Physiology. 1999、87: 938-946.
- 8) 中村隆一、斎藤宏：基礎運動学・第4版。医歯薬出版株式会社、1997、pp256-257
- 9) 横場正典、阿部直、山田拓実・他：吸気圧発生時のヒト頸部吸気補助筋群の電気活動。日呼吸会雑誌、1999、37(2)：102-107
- 10) 丸山仁司、黒澤和生、潮見泰蔵：PTのための臨床運動学・第3版。IPEC、東京、2000、pp256-257

The Activity and Evaluation to the Respiratory Accessory Muscles in Walking

Yusuke NISHIDA, Sumikazu AKIYAMA

- 1) Department of Rehabilitation, Seirei Christopher University
- 2) Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health and Welfare

Abstract

This study aimed to identify the activities of respiratory accessory muscles in eight healthy women during treadmill loading. Electromyographic(EMG) recordings of the trapezius, sternocleidomastoid, scalene and pectoralis major muscles were evaluated. We found that the scalene muscle is the optimum muscle to evaluate the activity of respiratory accessory muscles. The speed that provokes activity of the scalene muscle is thought to be between convenient walking speed of 4.5km/h. and running boundary speed of 6.0km/h.