

筋電図を用いた段差昇降動作における膝関節周囲筋の筋活動の検討

西山 好人¹⁾, 阪本 良太²⁾, 堀池 将隆³⁾, 下村 夏生⁴⁾, 秀村 望至⁵⁾, 新谷 愛⁶⁾

- 1) 笹生病院リハビリテーション科, 2) 大野記念病院リハビリテーション科
3) 宮地病院リハビリテーション科, 4) 生野中央病院リハビリテーション科
5) 西病院リハビリテーション科, 6) 神戸マリナーズ厚生会病院リハビリテーション科

キーワード：段差昇降・筋活動・膝関節周囲筋

はじめに

段差昇降動作は、日常生活動作練習としてのみでなく、closed kinetic chain (CKC) で行われる下肢筋力トレーニングとしても代表的な訓練の一つである。大腿四頭筋の筋活動に関しては、昇段動作に活動が大きいという報告^{1,2)}と、降段動作で活動が大きいという報告³⁾があり、先行研究において見解の相違が存在する。一方、昇降速度による筋活動の変化については、大腿四頭筋と大腿二頭筋の筋活動は速度の上昇に依存し筋放電量の増加が認められたとの報告⁴⁾はあるが、速度の変化についての研究は少なく、不明な点も多い。

本研究の目的は、昇段動作と降段動作との間で、膝関節周囲筋の筋活動を比較することに加えて、昇降速度の違いによる筋活動の変化を確認し、エクササイズとして実施する際の裏付けとなるデータを示すことである。

方法

対象は、特記すべき既往のない健常者 18 名 (男性 9 名, 女性 9 名, 平均年齢 21.5±0.5 歳) とした。平均身長は 166.6±9.3cm, 平均体重 61.5±12.5kg であった。計測対象とした筋は、大腿直筋, 内側広筋, 大腿二頭筋とした。各測定筋に対する電極貼付位置について、Aldo O. Perotto⁵⁾ の方法に準じて各筋の筋腹を確認し、筋の走行に対して平行になるように電極を貼り付けた。計測した運動課題は、前方からの昇段動作と降段動作とした。段差の高さは 20cm の台を使用した。動作スピードの条件については、遅い速度を 60/min (slow), 通常速度を 90/min (normal), 速い速度を 20/min (fast) に設定した。スピードの設定にはメトロノームを使用し、それぞれの速度を保つように動作を行わせた。筋活動の計測には NORAXON 社製 Myosystem1400 を使用し、表面電極による双極誘導法にて筋活動を観察した。サンプリング周波数は 1000Hz とし、電極中心間距離は 2cm とした。10 回動作したうちの 3 回分の各筋の平均筋活動量について、最大随意収縮時の筋活動量 (maximal voluntary contraction, 以下 MVC) で正規

化した値 (%MVC) を用いて検討した。計測の際、デジタルビデオカメラ (canon 社製) を用いて筋電波形とビデオ画像を同期させ、筋電図における昇段動作および降段動作を同定した。

比較検討として、①3つのスピードにおける昇段動作と降段動作との間の比較と、②昇段動作および降段動作における3つのスピード間の比較を行った。それぞれ各群の正規分布もしくは等分散が確認されなかったため、ノンパラメトリック検定での検定を行うこととし、3つのスピードにおける昇段動作と降段動作との間の比較については、Wilcoxon 符号付順位和検定を用いて分析を行った。昇段動作および降段動作における3つのスピード間の比較については、Friedman 検定後、Bonferroni の多重比較検定を用いて分析を行った。いずれも有意水準を 5%未満とした。

結果

①3つのスピードにおける、昇段動作と降段動作の比較

(表 1)

大腿直筋については、いずれの運動速度においても両動作間で有意な差は認められなかった。内側広筋については、slow においては昇段時の方が有意 ($p<0.05$) に大きい値を示した。fast においては降段時の方が有意 ($p<0.01$) に大きい値を示した。normal については両動作間で有意な差はみられなかった。大腿二頭筋については、slow においては昇段時の方が有意 ($p<0.05$) に大きい値を示した。Normal, fast については両動作間で有意な差はみられなかった。

②昇段動作および降段動作における3つのスピード間の比較 (図 1)

大腿直筋については、降段時の fast が、slow に比べて有意 ($p<0.01$) に大きい値を示した。昇段時については3つのスピード間で有意な差はみられなかった。内側広筋については、昇段時の slow が、fast に比べて有意 ($p<0.01$) に大きい値を示した。また降段時については、fast が slow に比べ

有意 ($p < 0.05$) に大きい値を示した。大腿二頭筋については、降段時の fast が normal ($p < 0.05$) および slow ($p < 0.01$) に比べて有意に大きい値を示した。また normal が、slow に比べて有意 ($p < 0.05$) に大きい値を示した。昇段時については3つのスピード間で有意な差はみられなかった。

表 1. 3つのスピードにおける、昇段動作と降段動作の比較

		昇段		降段	
		slow	normal	slow	normal
大腿直筋	slow	29.4±18.2	25.9±11.9	ns	
	normal	26.8±15.6	28.5±13.9	ns	
	fast	29.6±14.6	47.1±13.6	ns	
内側広筋	slow	47.7±21.8	40.5±29.1	$p < 0.05$	
	normal	40.2±29.1	43.7±34.4	ns	
	fast	37.3±21.1	47.1±30.4	$p < 0.01$	
大腿二頭筋	slow	11.3±7.0	8.8±5.1	$p < 0.05$	
	normal	11.3±6.2	10.8±5.5	ns	
	fast	12.8±8.1	13.4±10.9	ns	

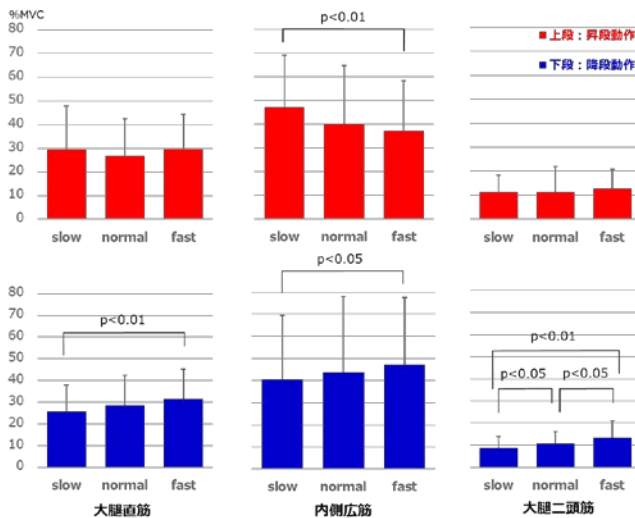


図 1. 昇段動作および降段動作における3つのスピード間の比較

考察

今回我々は、段差昇降動作について、昇段動作と降段動作で膝関節周囲筋の筋活動にどのような違いがみられるのか、また、そのスピードを変えることでどのような変化がみられるのかを明らかにするために、筋電図を用いて検討を行った。

その結果、大腿直筋の筋活動については、動作速度の違いによる昇段動作と降段動作間の差は認められなかった。ただ降段動作では、スピードが速くなると筋活動量が大きくなる傾向にあり、スピードの影響を受けることが示された。内側広筋については、遅いスピードでは昇段動作が降段動作よりも筋活動量が大きくなり、スピードが速くなると降段動作が昇段動作よりも筋活動量が大きくなることを示された。このことは、先行研究における昇段動作、降段動作の筋活動量増加の見解の違いについて、スピードの違いがあった可能性を示唆するものと考えられた。

また同じ大腿四頭筋でも大腿直筋とは違う傾向が確認され、単関節筋と二関節筋の違いが影響しているものと考えられた。内側広筋において昇段、降段動作ともに速度変化の影響を受け、ゆっくり昇ることで筋活動が大きくなり、速く降りることで筋活動が大きくなった要因として、昇段動作については、床反力における最大垂直成分は、降段に比べ昇段動作で大きくなるとの報告⁶⁾があり、それが筋活動上昇の要因として考えられた。降段動作においては、膝屈曲を制御して対側下肢の着床時の衝撃を緩和しようとする作用が必要となり、その動作速度の上昇によって、素早い膝屈曲を制御するために筋活動を上昇させて対応⁷⁾した結果として考えられた。大腿二頭筋の筋活動については、降段動作よりも昇段動作のほうが有意に高い値を示す傾向にあった。これは、昇段時の股関節伸展モーメントが働くことによるものと考えられた。またスピードの変化による筋活動の変化から、昇段動作については速度の影響を受けず、降段動作のみ速度の影響を受けることが確認された。

本研究において、昇段、降段動作における最大筋力に対する筋活動量は、大腿直筋で25.8%から31.5%、内側広筋で37.2%から47.7%であり、負荷強度から考えると、大腿直筋では筋力維持、内側広筋では筋力増強効果が期待できるほどの値を示していたことがわかった。トレーニングとして実施するにあたっては、昇段動作ではゆっくり、降段動作では速いスピードでの動作を、過負荷の原則に基づき負荷強度に応じてその回数を多く設定して行うことが、より効果的である可能性が示唆された。大腿二頭筋については、昇段、降段動作いずれにおいても筋活動量は最大筋力の10%程度であり、昇降動作への関与は少なく、筋力維持、増強への効果は期待しにくいものと考えられた。

文献

- 1) 徳原尚人・他：階段昇降様式の違いにおける大腿四頭筋活動の筋電図学的分析. 理学療法学 29 : 163, 2002
- 2) 笠原敏史・他：段差昇降の大腿四頭筋の活動と床反力の関係. 理学療法学 24 (4) : 523—528, 2009
- 3) 池添冬芽・他：段差昇降訓練における膝・足関節周囲筋の筋活動量について. 理学療法学 26 : 39, 1999
- 4) 西島吉典・他：平地歩行と階段昇行運動のピッチ変化に伴う下肢筋群の対応. Walking Research 7 : 61—66, 2003
- 5) Aldo O. Perotto: 筋電図のための解剖ガイド-四肢・体幹 第3版, 栢森良二翻訳, 東京, 西村書店, pp140-191, 1997
- 6) 小住兼弘：下腿切断者における段昇降の動作解析. リハビリテーション医学 35 : 170—177, 1998
- 7) 加藤達雄・他：階段降行運動におけるピッチ 変化に伴う下肢筋群の対応. Walking Research 8 : 99—103, 2004