

卒業論文要旨

多様な歩行動作による歩行訓練機の有用性の検証

Investigation on usefulness of walking training machine by various walking motions

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1200109 中村 健

1. 緒言

病気や怪我の療養などにより、寝たきりの状態が継続されると、筋力が低下する。全体的な筋力低下により、立位姿勢保持や歩行動作が困難になる恐れがある。

本研究室では、立位姿勢を維持できない患者が下肢にかかる荷重を軽減し、姿勢維持しながら歩行訓練を行える姿勢制御型歩行訓練機の開発を行っている。本研究では、姿勢制御型歩行訓練機を用いて種々の実験条件のもと歩行訓練を行い、下肢筋肉の表面筋電位を測定する。表面筋電位とは、筋肉を収縮した際に発生する電気的信号のことである。得られたデータを量的に解析し、下肢筋肉の使用度合を比較する。本報告では、姿勢制御型歩行訓練機を用いた、下肢筋肉リハビリ効果の検証をする。その結果、歩行方向によっては一部の下肢筋肉の筋力維持・増進効果が得られた。

2. 実験内容

姿勢制御型歩行訓練機は、訓練者の腰部にハーネスを取り付けて、姿勢を垂直に矯正して歩行訓練を行える。また、この訓練機のホイールはオムニホイールであり、全方向への移動が可能である。これにより、全方向への歩行訓練を行うことができる。

被験者として、20代の健康な男性3名を対象とした。また、測定部位は歩行時に使用される下肢筋肉の内、大腿直筋(膝関節の伸展、股関節の屈曲)、大腿二頭筋(膝関節の屈曲、股関節の伸展)、前脛骨筋(足関節の背屈)、ヒラメ筋(足関節の底屈)、腓腹筋(足関節の底屈、膝関節の屈曲)の5部位を測定した。各筋肉の部位を図1に示した。

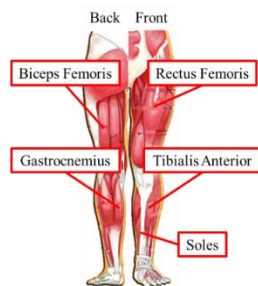


Fig.1 Measurement position of muscle

本実験では歩行時に能動的動作として腿上げ歩行を指示した。

実験は、膝角度 180°, 90°の条件で、訓練機に設定された速度 3 で 8 歩歩行させた。歩行速度 3 の具体的な数値は 0.122[m/s]である。そして、「前」「後ろ」「右」「右前」「右後ろ」の方向に 3 回ずつ測定した。実験内容をまとめたものを表 1 に示し、実験タスクを図 2 に示す。

Table.1 Experiment description

Knee angle [°]	180, 90
Speed3[m/s]	0.122
Direction	Front, Back, Right Forward Right, Backward right
Instruction	High knee

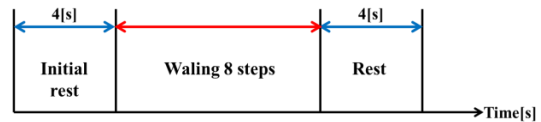


Fig.2 Experimental tasks

さらに、被験者が出せる最大の筋力 MVC を徒手筋力検査法(MMT)にて事前に計測した。

筋電図の測定には、BTS 社のワイヤレス筋電図計測システム FreeEMG1000 を使用した。使用した測定機器を図 3 に示す。

USB receiver



Wireless probe



Fig.3 Measuring device

3. 解析方法

測定したデータに RMS 処理(二乗平均平方根)を行い、4~6 歩の区間を加算平均する。RMS 処理は式(1)より行った。また、RMS 処理とその解析区間を表したグラフを図 4 に示す。

$$\text{RMS}[x] = \sqrt{\frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} (x_i)^2} \quad (1)$$

RMS[x] : Processing result
x_i : Measurement data

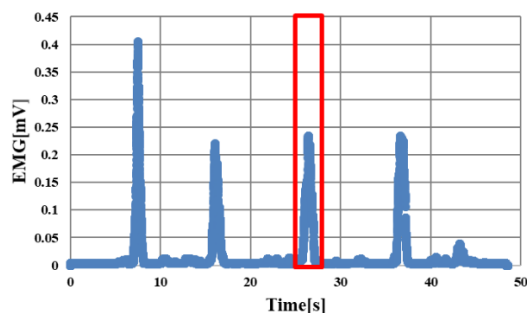


Fig.4 RMS processing and analysis section

測定を3回行ったため、3回分のデータを加算平均した。式(2)を用いて筋出力の正規化を行い、筋肉の使用度合を表す%MVCを導出した。
%MVCは筋肉の使用度合のことである。

$$\%MVC = \frac{EMG}{MVC} \times 100 \quad (2)$$

EMGは測定した筋電位のことであり、MVCは最大努力時の筋電位のことである。

4. 実験結果と考察

図5、図6に被験者Aの膝角度180°、膝角度90°の実験結果を示した。

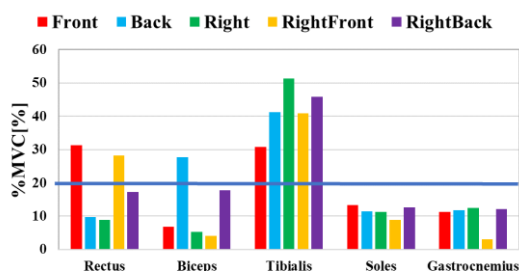


Fig.5 Knee angle 180°

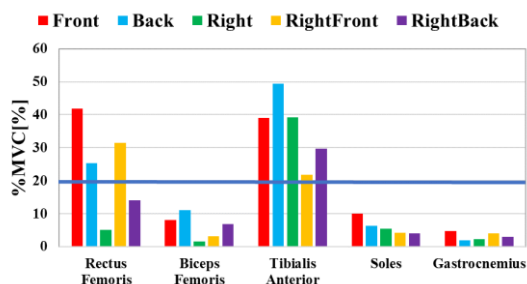


Fig.6 Knee angle 90°

筋力を維持するためには20~30%の筋力が必要となるという報告がある⁽¹⁾。そのため、20%以上使われている部分に注目する。

全体的に見ると、前脛骨筋が%MVCの値が20%以上だった。腿上げ後の踵接地の際、足関節の背屈が大きくなっていたためであると考ええる。また、一部の方向で大腿直筋も%MVCが20%以上になる結果が得られた。膝角度180°の後ろ、右、右後ろ方向、膝角度90°の右方向と右後ろ方向は%MVC20%以下の値を得た。大腿直筋は膝を伸展する時に使用する筋肉であるため、前述の方向では膝の伸展をあまり必要としない方向であると考ええる。さらに、膝角度180°の後ろ方向では大腿二頭筋が20%以上の値を得た。膝角度90°の時と比べ、下肢の可動域が広く、膝関節の伸展を行いやすいため、他の方向より大きい値が出たものと考ええる。

ヒラメ筋や腓腹筋は筋肉使用量が20%以上超えることはなかった。これは、被験者をハーネスに取り付けたことにより、下肢にかかる負荷が軽減されたことが原因であると考ええる。ヒラメ筋や腓腹筋は足を踏み出す際に足関節を底屈させる動きである。負荷が軽減されていることと訓練機が前に進む力があることにより、踏み出す力があまり必要としない。よって、筋肉使用量が小さくなったと考えられる。

5. 結言

本報告では、姿勢制御型歩行訓練機を用いて、種々の実験条件で歩行した時の筋肉使用量を測定比較した。また、それぞれの方向と各筋肉使用部位についての考察を行った。結果から、全体的に前脛骨筋の筋使用量が大きくなることが分かった。また、一部の方向では大腿直筋と大腿二頭筋が鍛えられることが分かった。このことから、条件によって一部の筋肉を鍛えられることが分かった。

今後の展開として、ヒラメ筋や腓腹筋が20%以上超える訓練方法の模索を行っていこうと考えている。また、本報告では20代の健康な男性のみだったため、高齢者の方の協力や高齢者体験キッドの使用などを考慮し、検証を行おうと考えている。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15H03951 とキャノン財団とカシオ科学振興財団の助成を受けたことを記し、感謝を申し上げる。

参考文献

- (1) 福岡県介護予防支援センター 北九州ブロック:高齢者の運動におけるリスク管理, <http://www.kb-kaigoyobou.or.jp/report19-1.pdf>