

座位歩行訓練での座面高さによる下肢筋肉使用度合の検証

知能ロボティクス研究室 1180007 市橋 実歩

1. 緒言

怪我の療養や病気の手術などにより、歩行機能が弱くなると、速やかに歩行訓練を行わない場合、次第に歩行障害が起きてしまう恐れがある。したがって、早期回復実現のために、まだ立位姿勢を維持できない状態から歩行訓練を始めることができないかと考えた。

我々は、座位状態で歩行訓練が行える座位歩行訓練機の開発を行った⁽¹⁾。本座位歩行訓練機は、随意運動による筋力の訓練や重心移動によるバランス能力の向上は期待できる。しかし、座位歩行訓練が有用であるかはまだ明確に立証されていない。立証するために検証すべき事は、いくつかある。先行研究では、その中の一つである立位歩行と座位歩行の類似性について検証された⁽²⁾。そこで本研究では、筋力増進効果の検証を行うため、座位歩行訓練における下肢筋肉の表面筋電位を測定する。そして得られたデータを、平均振幅を使い量的に解析し最大筋力と比較することで、下肢筋肉の使用度合を検証する。

2. 筋使用量の測定

本研究室で開発した座位歩行訓練機を図1に示す。座面は、50～60[cm]の昇降が可能である。車輪には、オムニホイールを使用することで、全方向への移動を可能にしている。



Fig.1 Seat-style walker robot

しかし本実験では、より広い高さの範囲を取りたい事や、被験者自身の力で歩行した際の筋力を測定したいため、図2に示すようなハーネスを取り付けた歩行器を使用したホイール部分が90°回転できることで左右の測定も可能となっている。

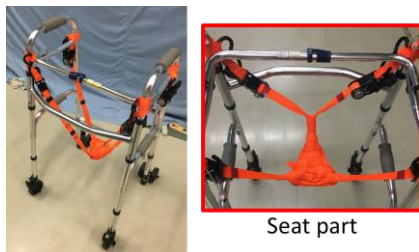


Fig.2 Walking car installed with a harness

被験者として、20代の健康な男性を対象とした。

測定部位は、立位姿勢を維持するために必要な抗重力筋と歩行時に使われる筋肉のなかから、大腿二頭筋・大腿直筋・腓腹筋・ヒラメ筋・前脛骨筋の5つを選定した⁽³⁾。各筋肉部位を図3に示した。

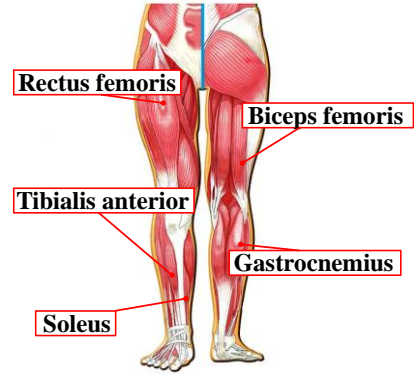


Fig. 3 Measurement position of muscle

先行研究で、座面高さを変更した場合筋活動に変化が見られることがわかっている。そのため、本研究では、膝角度を3パターン(60°, 90°, 135°)で固定した。座面高さを固定した場合、体格差により姿勢に違いが出てしまうため、膝角度を固定した。各膝角度時の姿勢を図4に示す。

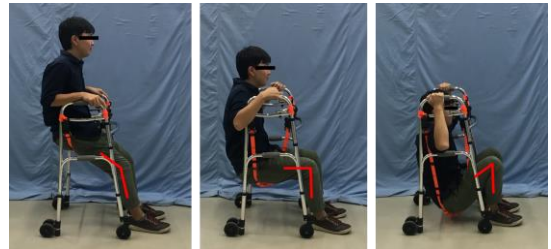


Fig.4 Sitting Posture for different seat height

歩行の際、各データのばらつきを軽減させる為、歩幅を一定とした。実験タスクは図5に示す様な時間配分で、前後左右方向に各膝角度で5回ずつ測定した。

筋電図の測定には、無線筋電計[BTS社製 FreeEMG1000]を用いた。サンプリング周波数は1000[Hz]である。

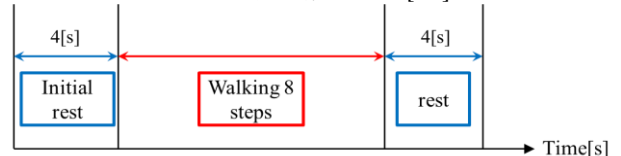


Fig.5 Experimental tasks

3. 解析方法

得られたデータをそのまま振幅計算するとほぼゼロになるので、整流処理を行う。更に前後の安静4秒を除いた区間を加算平均する。測定を5回行ったため、5回分のデータを平均した。実験の前に最大努力時の筋力(Maximum Voluntary Contraction 以下 MVC)⁽⁴⁾を徒手筋力測定法(Manual Muscle Tasting 以下 MMT)で測定し同様に処理をした。MVCの値を100とし、各方向の筋出力の正規化(%MVC)を行い、各筋肉の比較を行った。以下の式により%MVCを求めた。

$$\%MVC = \frac{EMG}{MVC} \times 100 \quad (1)$$

4. 実験結果と考察

膝角度を3パターン(60°,90°,135°)によって, 下肢筋電位の計測を行った. 例として, 被験者 A の実験結果を, 図 6, 7, 8, 9, 10 に示す.

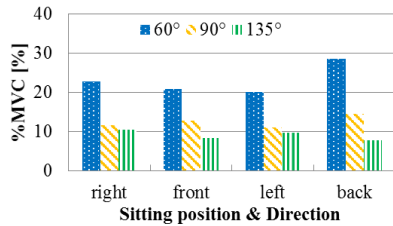


Fig.6 The MVC percentage of right rectus femoris

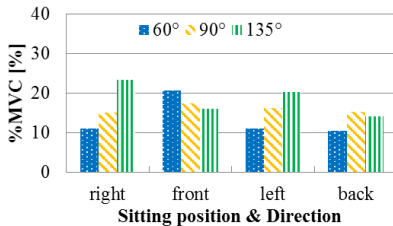


Fig.7 The MVC percentage of right biceps femoris caput longus

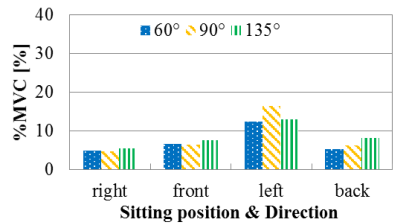


Fig.8 The MVC percentage of right soleus

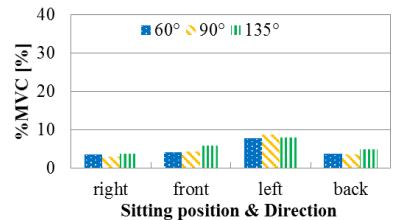


Fig.9 The MVC percentage of right gastrocnemius lateralis

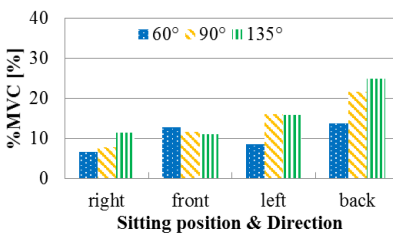


Fig.10 The MVC percentage of right tibialis

各筋肉で筋使用量(%MVC)に大きく違いが出たが, 一つ一つの筋肉に注目すると特徴が見られた. 筋力を維持するためには最大筋力の20~30%の筋力を使用することが必要となり, 筋力を増進させるためには最大筋力の30%以上の筋力を使用することが必要となる⁽⁵⁾. これを考慮すると, 座面高さと方向はそれぞれ違うが大腿直筋, 大腿二頭筋, 前脛骨筋の筋力を維持することが可能な筋使用量が使われていたが, ほとんど20%を超えなかった. 超えた膝角度, 方向もあったが, 毎回の座位歩行では使われていなかった. それに加え, ヒラ

メ筋と腓腹筋はどの膝角度, 方向でも20%は超えず, 筋力維持に必要な筋使用量は使われていなかった. ヒラメ筋と腓腹筋の筋使用量が低かったのは, どちらの筋も足関節の底屈という動作があるからだと考えられる. 立位歩行の場合, 立脚期の踏み出し時に足関節を底屈させ, 筋を使うが, 座位歩行の場合, 歩行器が前に進むことで蹴り出しの力があまり必要なくなるため, 足関節の底屈もあまり起こらなかったと考えられる. また, それぞれの筋が担う動作を考慮した場合, 実際の訓練の際には踵からの接地や地面の蹴り出し, 大腿を上げ歩いてもらうこと意識すると筋使用量の上昇が見込めるのではないかと考える.

5. 結言

本報告では, 座位状態での歩行時の筋使用量から座面高さと方向別で考察を行った. 大腿直筋の場合は膝角度60度, ヒラメ筋, 腓腹筋の場合は左方向, 前脛骨筋の場合は後ろ方向の時, 筋使用量が他と比べ大きくなるのが分かった. 筋力を増加させるためには最大筋力の30%以上, 維持するためには20~30%の筋力が必要となる. このことから, 座面高さと方向はそれぞれ異なるが大腿直筋, 大腿二頭筋, 前脛骨筋の筋力を維持することが可能な程筋肉が使われていたが, 20%を超えた時と超えなかった時があり, 毎回20%を超えたわけではなかった. また, ヒラメ筋, 腓腹筋に関しては20%を超えなかった.

以上のことから, 座位歩行訓練は一部の部位では筋力維持に必要な筋力が使われていたが, それが毎回の訓練で使われていないため, 使われるような歩き方を模索する必要があると考えられる.

今後の展開では, 選定部位の筋使用量が30%を超えるような条件や方法を模索しようと考えている. また, 本報告では被験者が健康な20代男性だったので, 高齢者の方などに協力していただき, 高齢者にとってこの訓練がどれ程の筋使用量が必要か, そして本報告での手法を応用できるかの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.

文献

- (1) 王碩玉, 石田健司, 藤江正克, 新型生活支援ロボット第23回BMFSA年次大会論文集, (2010), pp.22~228
- (2) 宮島 彰利:歩行訓練における座位状態と立位状態の類似性について~座面高さと方向別に関して訓練効率の考察~, pp.1-44, 2017
- (3) 栢森良二:筋電図のための解剖ガイド「第3版」, 西村書店, (1997), pp. 1- 289
- (4) Helen J. Hislop, Dale Avers, Marybeth Brown, 新・徒手筋力検査法原著第9版, 協同医書出版社, (2014), pp. 1-501
- (5) 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-kaigyobou.or.jp/report19-1.pdf>