

研究区分：大学のブランディング化に関する研究

インターバル速歩中の骨格筋活動を筋音計による見える化基礎研究

齊藤 昌久¹⁾、村川 増代²⁾、中才 幸樹²⁾、松元 隆司²⁾、
北小路 博司³⁾、宮坂 卓治¹⁾

1) 柔道整復学講座、2) 保健体育、3) 客員研究員

【背景】

筋音図 (MMG, Mechanomyogram) は、筋収縮の機械的側面を反映する手法である。従来から、筋電図は、脳からの収縮指令に対応する筋の電気的活動 (運動単位の活動) を間接的に記録する手法として用いられてきた。一方、MMG は、筋線維が興奮収縮し、筋線維の機械的な側方拡大により生じた圧波を皮膚表面のセンサーで記録したものである。MMG は運動神経のインパルス発射頻度や動員様式を反映することが明らかにされてきている。また、筋音図には次の特徴があるといわれている (三田、2013)；①加速度計やマイクを体表面に貼付するだけで非侵襲的に連続的に記録できる、②筋の収縮特性を知ることができる、③遅筋線維と速筋線維で異なった波形を示す、④活動する筋線維の数に伴って大きくなるが、収縮頻度が高まると小さくなる、⑤力を発揮する運動単位の活動様式を反映する。したがって、MMG の特徴からして有用な手法となることが期待される。

【目的】

本研究では、インターバル速歩 (IWT) 中の下肢筋群の筋活動を MMG で記録し、下肢筋群の活動が評価できるかどうかを検討した。

まず、MMG が筋電図と同様に下肢筋群の活動を反映しているかを検討した (実験 1)。次に、MMG が歩行スピードを反映しているかを検討した (実験 2)。

【対象者】

対象者は実験 1 が中年男性 (63 歳)、実験 2 が青年男性 (19 歳)、それぞれ 1 名であった。

【主要因と測定方法】

実験 1：随意膝伸展筋力を測定した。その測定は、筋力測定装置に対象者を固定し、ロードセル (竹井機器 KK 社製) を用いて行った。対象者には、漸増的に力を発揮させ、随意最大筋力 (MVC) に対する相対値 (%MVC) を算出し評価した。

実験 2：トレッドミル上で対象者の最大歩行スピード (Smax) を測定し、そのスピードの 50%、70% Smax を算出した。その後、3 種 (100%、70%、50% Smax) のスピードでの歩行を行った。歩行は各スピードとも 3 分間行い、2 分 30 秒から 15 秒間記録した。

【主要アウトカムと測定方法】

実験 1・実験 2：MMG は、コンデンサーマイクrohセンサー (MX-E4758、プリモ社製、東京) に ABS 樹脂でできた空気室 (MX-5072D、プリモ社製、東京) を付けたセンサー (Uchiyama T. & T. Tomashige, 2017) を筋腹上に固定して測定した (サンプリング周波数：1kHz、バンドパスフィルター：1~100Hz)。MMG を記録した筋

肉は、両実験とも右脚で、筋肉は、実験 1 が大腿直筋、実験 2 が大腿直筋、内側広筋、外側広筋、大臀筋であった。歩行の前後に各筋の最大収縮時の MMG (MMGmax) を記録した。

MMG は 2 回微分した値を全波整流化し、単位時間当たりの積分値 (iMMG) を算出した。また、実験 2 では、歩行 1 周期を 4 局面 (右足接地 RC ~ 左足離地 LTO、左足離地 LTO ~ 左足接地 LC、左足接地 LC ~ 右足離地 RTO、右足離地 RTO ~ 右足接地 RC) に分け、各局面の iMMG を算出した。さらに、算出した iMMG は各筋の最大随意収縮時 (iMMGmax) に対する相対値 (%iMMGmax) を算出して、評価した。

【結果】

実験 1：iMMG は、随意最大筋力に対する相対筋力 (%MVC) が 10%~70%MVC の間、筋力 (%MVC) の増大に伴い直線的に有意 ($r=0.811$ 、 $p=0.000$) に増加した。しかしながら、70%MVC を超えると低下傾向を示した (図 1)。

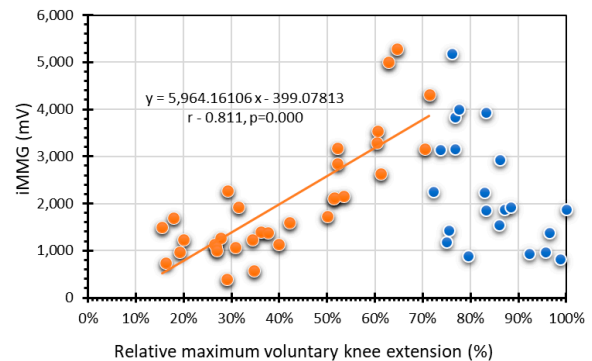


図 1 随意最大膝伸展筋力に対する相対筋力 (%MVC) と筋音図積分値 (iMMG) の関係

実験 2：%iMMGmax は、各歩行局面、各筋 (大腿直筋、外側広筋、内側広筋、大臀筋) とともに歩行スピードの増加に伴い大きい値を示した。

【結論】

実験 1 と実験 2 の結果から、対象者は 1 名であったが、MMG により IWT 中の筋活動が評価できる可能性が示唆された。しかし、MMG には不明なことが多い。今回の研究では、次の課題が明らかとなった。

- ①対象者はそれぞれ 1 名のデータであるため、データ数を増やす必要がある。
- ②iMMG が 70%MVC まで直線関係を示し、それ以後 iMMG が低下傾向を示したメカニズムは何なのか？
- ③iMMG は、筋力発揮 (%MVC) が低い状況 (10%~20%) で筋電図より高い積分値を示す傾向にある。そのメカニズムは何なのか？

estimation. J Electromyogr Kinesiol. 33: 57-63.

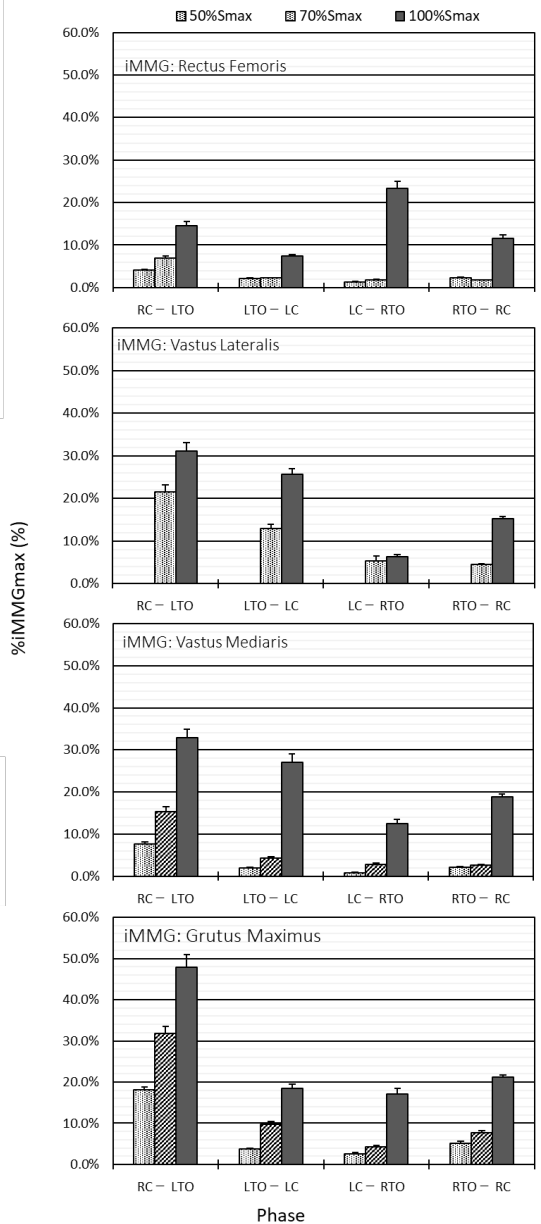


図 2 歩行局面別の歩行スピード変化に伴う相対 iMMG (%iMMGmax) の関係

- ④歩行中、測定した4筋群の%iMMGは歩行スピードの増加に伴い、各歩行局面とも増加した。その応答は筋形状(平行筋、紡錘筋、羽状筋など)や大きさ、さらには神経支配比により異なるのか?
- ⑤これらの応答は、性差や年齢差によって異なるのか?

【謝辞】

本研究は明治国際医療大学学内研究助成を受けたものある。

【参考文献】

- 1) 三田勝己 (2013) 筋音図の概要. バイオメカニズム学会誌, 37-1: 3-7.
- 2) Uchiyama, T. and T. Tomoshige (2017) System identification of velocity mechanomyogram measured with a capacitor microphone for muscle stiffness