

筋電図情報を取り入れた 最適化手法による推定筋張力の妥当性

新潟医療福祉大学研究科 田中悠也
新潟医療福祉大学義肢装具自立支援学科 江原義弘

【背景】

筋張力を直接測定することは侵襲的で実施できないため、最適化手法を用いて推定されることが多い。しかし、従来の最適化手法（以下 OPT）では二関節筋や拮抗筋の筋張力が筋電図と一致しない報告がみられ、限界が示唆されている。この限界から、Cholewicki（1994・1995）は筋電図情報を取り入れた最適化手法（以下 EAO）を考案し、良好な結果が得られたと報告した。しかし、この方法の問題点としてすべての筋からの筋電図の導出が必要となっており、そのため体幹や頸椎、膝関節の妥当性の検証にとどまっている。

そこで本研究では、すべての筋に筋電図を貼付しなくても良い方法として OPT により推定した筋張力を用いる方法を提案し、この方法により推定した筋張力の妥当性を歩行時の下肢筋にて検証することを目的とした。なお、本研究では深部筋であるため筋電図の貼付が困難な腸腰筋に OPT の推定筋張力を用いることとした。

【方法】

健康成人男性 5 名（19-26 歳）は T シャツとスパッツおよび帽子を着用し、裸足となり、6m の歩行路を真っ直ぐ歩く自由歩行 5 試行を行った（承認番号 17045-081203）。

実験には三次元動作解析装置、床反力計、表面筋電図（以下 EMG）を使用した。直径 9mm の赤外線反射マーカを上下肢・体幹の計 39 箇所に貼付し、電極は右側の大殿筋、大腿直筋、半腱様筋、内側広筋、大腿二頭筋短頭、腓腹筋、ヒラメ筋、前脛骨筋の 8 筋に貼付した。歩行終了後に EMG を貼付した各 8 筋の MVC（Maximum Voluntary contraction）を測定した。

本研究では人体を骨盤、大腿、下腿、足部の 4 体節の剛体

リンクモデルとみなし、BodyBuilder（Oxford Metrics 社）を用いて股・膝・足関節の関節角度および関節モーメントを計算した。筋電図データは臨床歩行分析研究会の処理ソフトである Calca3gr を用いて処理し、%MVC として解析に用いた。すべてのデータは一歩行周期あたり 100 コマに正規化し、すべての被験者および動作にて平均した。

人体を構成している筋は大殿筋（GM）、腸腰筋（IL）、大腿直筋（RF）、ハムストリング長頭（HML）、広筋群（VA）、ハムストリング短頭（HMS）、腓腹筋（GA）、ヒラメ筋（SO）、前脛骨筋（TA）の計 9 筋の筋骨格モデルとみなし、本研究では矢状面に着目した。まず、関節モーメントを筋骨格モデルに当てはめ、OPT による 9 筋の筋張力を推定した。次に、関節モーメントと筋電図、OPT を用いて推定した IL の筋張力のデータを筋骨格モデルに当てはめ EAO により筋張力を推定した。筋張力の推定に用いる各筋の生理学的筋断面積およびアーム長は先行研究の数値を体重および体節長を考慮して引用し、筋ストレスは 50N/cm² を使用した。

推定した筋張力と筋電図の一致度は SPSS11.0J for Windows（SPSS Japan Inc.）を用いて、一歩行周期の推定筋張力と筋電図の Pearson の相関係数を用いた。

【結果】

GM の相関係数は r=0.90、RF は 0.93、HML は 0.72、VA は 0.90、HMS は 0.62、GA は 0.99、SO は 0.96、TA は 0.73 であった（図 1）。

【考察】

本研究の結果では、EAO により推定した筋張力と 8 筋の筋電図は高い相関係数を呈し、従来の OPT の限界であった RF や HML、GAS といった二関節筋の一致度も良好であった。このことから、腸腰筋の筋活動に OPT を用いて推定した筋張力を用いることは良好な結果を呈することが示唆された。本研究の限界として、筋電図との Pearson の相関係数では定量的な妥当性の検証に限定されている点や、歩行動作に限定されている点、EMG と張力の関係性を直線とみなした点が考えられた。

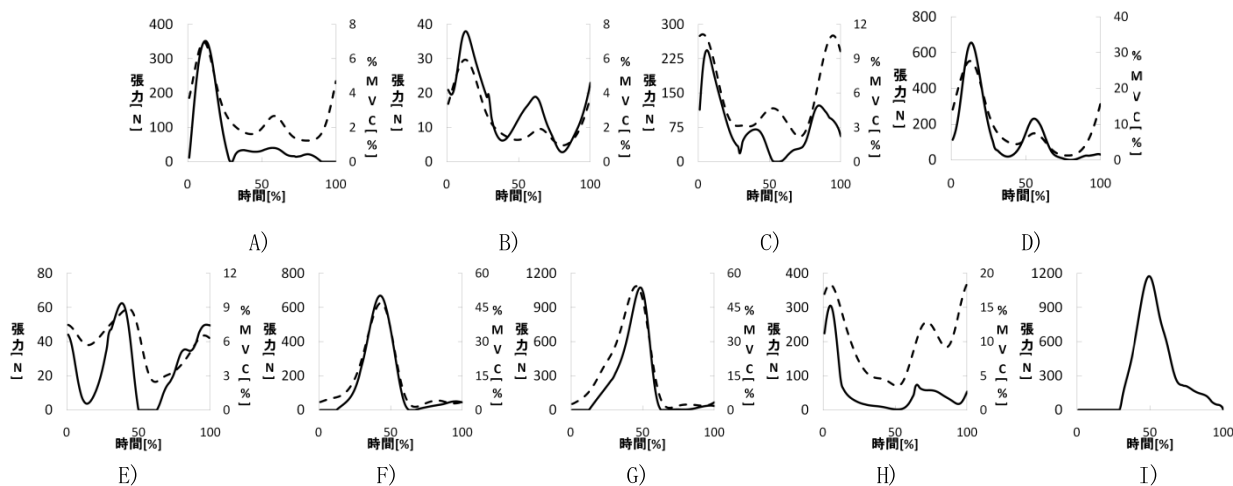


Fig. 1: 各筋の筋張力と EMG。実線は筋張力、破線は EMG。A)GM, B)RF, C)HML, D)VA, E)HMS, F)GA, G)SO, H)TA, I)IL.