

非侵襲的筋張力推定および比較検討

新潟医療福祉大学大学院 理学療法学分野・稲井卓真
 新潟医療福祉大学大学院 理学療法学分野・高林知也
 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所・久保雅義

【背景】

筋張力を算出することにより、関節圧迫力や剪断力を定量化できるため、従来から非侵襲的な最適化手法による検討がなされている。従来では最適化手法として筋応力の二乗、三乗和の総和最小が最も妥当であったが、近年では筋電図情報を取り入れた最適化手法も発展し、より精度の高い筋張力を推定できると報告されている。しかし、筋電図導入は最大等尺性収縮等による負担も考えられるため、臨床現場において精度の高い筋電図情報を得ることは容易ではないと考える。

近年、ヒトの運動時の系先端出力は幾何学的六角形に描写可能であるという大島らの報告から、西田らは大島らの手法を拡張した筋骨格モデルを提案し、筋電図を導入せずに下肢9筋の筋活動量推定を行い、筋電図波形との相関が高いと報告をしている。そのため、マーカー情報のみによる手法の発展も今後期待されると考える。

そこで、本研究は西田らの提案した手法 (HEM)、筋電図情報を取り入れた手法 (EAO)、従来の手法 (OPT) の3つの異なる手法から筋張力を算出し、筋電図情報と比較して妥当性を検証することとした。

【方法】

対象者は実験内容に同意の得られた健常成人男性1名とした。課題動作は快適速度の歩行とした。動作解析には、三次元動作解析装置 (VICON MX: Oxford Metrics 社)、床反力計 (OR6-6-6 2000: AMTI) 6台を用いて、反射マーカーは13箇所に貼付した。身体質量比および重心位置は阿江ら、モーメントアーム長はHoyら、PCSAはHorsmanらから引用した。筋電図は表面電極を使用し、大腿直筋 (RF)、内側広筋 (VAS)、大腿二頭筋短頭 (HAMS)、半腱様筋 (HAML)、前脛骨筋 (TA)、腓腹筋外側頭 (GAS)、ヒラメ筋 (SOL)、大殿筋 (GMAX) の8筋とした。CCDカメラは100Hz、床反力計および筋電図は1000Hzのサンプリング周波数とした。推定筋張力の妥当性を検証するために、3つの手法から推定された筋張力と筋電図情報との両者間でPearsonの相関係数を算出した。なお、腸腰筋 (IL) は筋電図貼付が困難なため、OPTで算出した筋張力をEAOに組み込み、OPTのILとの相関係数を算出した。

Newton-Euler法による関節モーメント算出、Filter処理、HEMおよびEAOによる筋張力算出にはScilab-5.4.1、OPTによる筋張力算出にはExcel Solver機能、Pearsonの相関係数算出にはR-3.0.1を使用した。

HEMの手法は、幾何学的六角形 (図1) において下肢関節モーメントから計算された系先端出力ベクトルの方向と大きさ

により、筋出力が定まるシステムとなっている。図1に大腿モデルを示した。E1・E2・E3・F1・F2・F3は、それぞれIL・VAS・RF・GMAX・HAMS・HAMLである。仮に系先端出力が方向aに最大するとき、図2の筋出力分布から、E1 (IL)、E2 (VAS)、E3 (RF) の出力が最大となり、F1 (GAMX)、F2 (HAMS)、F3 (HAML) の出力がゼロとなる。

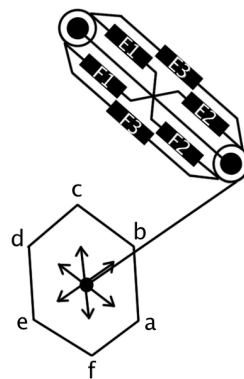


図1 大腿モデル

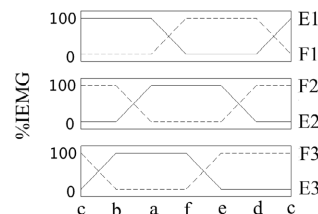


図2 筋出力分布

【結果】

表1 各3つの手法および筋電図との相関係数

	HEM	EAO	OPT
RF	-0.58	-0.27	-0.52
VAS	0.33	0.21	0.14
HAMS	0.09	0.92	0.31
HAML	0.18	0.51	0.33
TA	0.66	0.70	0.41
GAS	0.88	0.85	0.89
SOL	0.92	0.82	0.90
GMAX	0.50	0.05	0.31
IL	0.60	0.99	-

【考察】

各3つの手法においてTA、GAS、SOLはほぼ同等の正の相関係数を得ることができたため、これらの筋の筋張力の妥当性は高いと考えられる。しかしながら、RF、HAMS、HAMLに関してHEMでは立脚終期から遊脚期で他の手法よりも明らかに高い筋張力の値がみられ、相関係数が低くなったとみられる。

西田らは、関節モーメントを絶対座標から大腿と下腿によって定まる矢状面の局所座標に座標変換しているが、本研究では絶対座標から局所座標への変換の考慮をしていない。そのため、本研究では描写した六角形と系先端出力の次元による差異が生じ、筋張力出力値に影響を及ぼした可能性が考えられる。

【結論】

HEM、EAO、OPTの3つの手法から筋張力を算出し、TA、GAS、SOLはそれぞれの手法でほぼ同等の相関係数を得ることができた。しかし、HEMの大腿モデルでは関節モーメントの下肢矢状面局所座標変換の必要の可能性が示唆された。