

階段昇段方法の違いが膝関節間力に与える影響

新潟医療福祉大学院 理学療法分野・高林知也, 久保雅義

【背景】

変形性膝関節症の主訴は荷重時痛であり, リハビリテーションにおいて膝関節の負荷を軽減することが重要である。臨床現場では患側を後続脚とした二足一段歩行での昇段動作が推奨されているが, 実際にどの程度膝に負担がかかっているかを算出した研究は少なく, 算出には様々な方法があるため一致した見解は得られていない。近年, 筋電図情報を取り入れた最適化手法(以下, EAO)が着目されてきており, この手法により非侵襲的に筋張力を推定することが可能である。さらに, その推定した筋張力と, 関節間力(関節の圧迫力)と筋張力をベクトル合成したものと表される体節間浸透力から, 関節間力を算出することが可能である。

本研究では, EAOにより求めた筋張力の値を基に, 階段昇段動作での膝関節間力を算出することを目的とした。

【方法】

対象者は健康成人男性6名とした。解析区画は, 一足一段歩行, 二足一段歩行ともに踵接地から次の同側踵接地までの一歩行周期とした。なお, 被験脚は右脚とし, 二足一段歩行は後続脚を解析対象とした。各動作の膝関節間力の最大値を被験者間で平均値を算出し, ウィルコクソン符号付順位和検定にて検証した。有意水準は5%とした。

動作解析にはCCDカメラ11台を含む3次元動作解析装置(VICON MX: Oxford Metrics社), 床反力計(OR6-6-6 2000: AMTI)6台, 反射マーカーは計15箇所貼付した。CCDカメラは100 Hz, 床反力計は1000 Hzのサンプリング周波数にて課題動作の計測を行った。

筋電図の導出は表面電極(Blue Sensor NF-50: Ambu Inc)を用いた双極誘導とし, 電極間距離は1 cmとした。電極貼付位置は大腿直筋, 内側広筋, 半腱様筋, 大腿二頭筋, 前脛骨筋, 腓腹筋外側頭, ヒラメ筋の7筋とした。サンプリング周波数1000Hzとし, 運動学的データと同期して計測した。

床反力およびマーカー位置情報よりローパスフィルター, 関節中心計算, 関節モーメントの処理をDIFF_GAITにて行った。体節間浸透力はJ_MOME5にて算出した。体節間浸透力は関節間力と筋張力をベクトル合成したものである。筋電図データはCalca3grを用いて, 基線ぶれの補正, 全波整流およびスムージングの処理を行い, 各筋の最大等尺性収縮(以下, IMVC: Isometric Maximam Voluntary Contracti on)時の筋電位にて正規化した。

推定筋張力の算出にはEAOを用いた。推定筋張力の波形パターンとしての妥当性の検証をするために, 推定筋張力と

EMGとの間の相関係数をピアソンの積率相関係数を用いて検証し, 有意水準は5%とした。本研究の筋骨格モデルは膝関節矢状面モデルとし, 脛骨長軸方向への圧迫力を算出した。

【結果】

一足一段歩行に関して, RF, VS, HAMMは推定筋張力とEMGにおいて高い相関関係が見られた(それぞれ $r=0.9$, $r=0.89$, $r=0.62$)。二足一段歩行に関して, RF, VS, HAMM, HAMLは推定筋張力とEMGにおいて高い相関関係が見られた(それぞれ $r=0.88$, $r=0.82$, $r=0.77$, $r=0.93$)。

図に一足一段歩行と二足一段歩行の一歩行周期の膝関節間力を示した。一足一段歩行では立脚前期に膝関節間力は最大となった。二足一段歩行では立脚終期に膝関節間力は最大となった。膝関節間力の最大値は, 一足一段歩行では 39.4 ± 3.3 N/kg, 二足一段歩行では 17.4 ± 4.5 N/kgであった。一足一段歩行と二足一段歩行で有意な差が認められ($p<0.05$), 二足一段歩行では一足一段歩行と比較して有意に減少した。

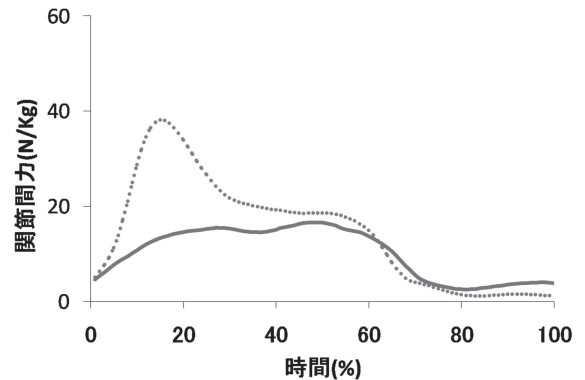


図 点線：一足一段歩行 実線：二足一段歩行

【考察】

一足一段歩行, 二足一段歩行ともに推定筋張力は高い相関関係であり, また類似した波形パターンを示していたため, EAOにより推定された筋張力の妥当性を支持する結果となり, 間接的に膝関節間力の値も妥当であると考えられた。

一足一段歩行における膝関節間力は立脚前期で最大となり, 最大値は 39.4 ± 3.3 N/kgを示した。二足一段歩行における膝関節間力は立脚終期で最大となり, 最大値は 17.4 ± 4.5 N/kgを示した。一足一段歩行と比較して二足一段歩行の膝関節間力の最大値は約56%減少したため, 二足一段歩行は, 立脚期において後続脚の負担を軽減できると考えられた。本研究の限界として, 本研究は矢状面の筋骨格モデルにて解析を行った。しかし, 膝OAは外的な膝内反モーメントの過大により, 内側コンパートメントに圧縮応力を及ぼすことから, 前額面からの解析も重要になってくることが考えられた。

【結論】

二足一段歩行は, 一足一段歩行と比較して膝関節への負担を軽減できる歩行様式であることが示唆された。