

## 二関節筋のモーメント変換機能に着目した歩行解析

新潟リハビリテーション病院・徳永由太  
 新潟医療福祉大学 義肢装具自立支援学科・江原義弘  
 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所・久保雅義  
 医療法人秀匠会 わしざわ整形外科・田中悠也  
 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科・  
 高林知也, 北澤友子

### 【背景】

生体内に存在する二関節筋は、単関節筋にはない特異的な力学的機能を有することが考えられている。二関節筋の力学的機能については力学的エネルギー伝達効率の向上、四肢末端の位置制御、関節モーメントの変換などの仮説が提唱されている。しかし、二関節筋の力学的機能に関してはまだ十分に解明されたとはいえない。

そこで本研究では、二関節筋のモーメント変換機能に着目し、ヒトの歩行動作において、二関節筋がどのような役割を果たしているのかを検証することを目的とした。

### 【方法】

対象は実験内容に同意の得られた健常成人男性1名（年齢22歳，身長172.0cm，体重63.6kg）とした。

計測には3次元動作解析装置（VICON-MX:OMG plc.），床反力計（OR6-6-2000:AMTI），表面筋電図計測機器一式を使用した。課題は歩行動作を行った。なお，歩行速度は対象者が動作を快適に遂行できる速度とした。

計測された座標点・床反力・筋電位を基に関節角度，関節トルク，筋活性度を算出した。算出された値を基に関節に生じた各筋のモーメントを推定した。この推定には筋電図情報を取り入れた最適手法を使用した。なお，本研究ではヒトの筋骨格系を単純化した下肢9筋（ハムストリングス長頭・短頭，広筋群，大腿直筋，前脛骨筋，腓腹筋，ヒラメ筋，腸腰筋，大殿筋）より構成される矢状面筋骨格モデルを用いて解析を行った。

### 【結果】

図1にハムストリングス長頭（HAM-L）が膝関節，股関節に生じさせた筋トルクを示した。HAM-Lによる膝関節屈曲モーメントに比べ，HAM-Lによる股関節伸展モーメントは大きかったものの，歩行周期全体を通してほぼ等価であった。

図2に腓腹筋（GAS）が膝関節，足関節に生じさせた筋モーメントを示した。GASによる膝関節屈曲モーメントに比べ，GASによる足関節底屈モーメントは非常に大きくなっており，ピーク時では3~4倍程度の差が生じていた。

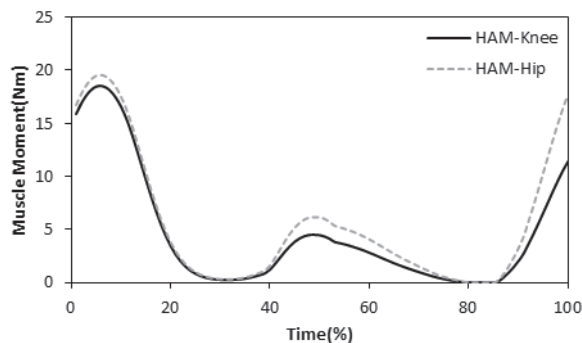


図1. HAM-Lが膝・股関節に生じさせる筋モーメント。黒実線はHAM-Lによる膝関節屈曲モーメント，灰実線はHAM-Lによる股関節伸展モーメントを表している。

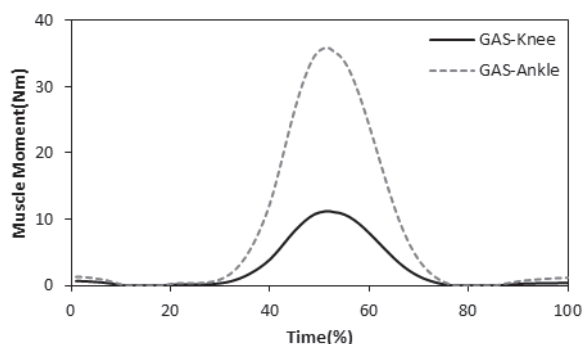


図2. 腓腹筋が膝・足関節に生じさせる筋モーメント。黒実線が腓腹筋による膝関節屈曲モーメント，灰破線が腓腹筋による足関節底屈モーメントを表している。

### 【考察】

本研究の結果より，歩行動作において二関節筋は膝関節伸展モーメントを隣接関節のモーメントへと変換する可能と考えられた。HAM-Lは膝関節伸展モーメントを股関節伸展モーメントへとほぼ等価に変換し，GASは膝関節伸展モーメントを足関節底屈モーメントへと効率よく変換することが明らかとなった。二関節筋のモーメント変換機能は筋のレバーアームに大きな影響を受けるため，限定的な条件下でのみ効率性の向上に寄与することが明らかとなっている。これらのことから，ヒトの歩行動作においては二関節筋のトルク変換機能が動作の効率性を向上させる方向へ作用する可能性が考えられた。

### 【結論】

ヒトの歩行動作において，二関節筋が隣接関節へモーメントを変換することで効率的な動作遂行を達成している可能性が示唆された。