

前歩きと後ろ歩きにおける歩行運動制御 ～Support Moment に着目して～

新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所・

高林 知也, 稲井 卓真

新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所・久保雅義

医療法人愛広会 新潟リハビリテーション病院・徳永由太

【背景】

ヒトは意識の有無に関わらず、常に重力に曝露された環境下で動作を行っている。四足歩行動物に対し、ヒトにおける二足歩行は体軸と重力が垂直方向にあり、より重力の影響を強く受ける。そのため、二足歩行では身体重心(COG)の制御が重要になる。歩行には前歩き(FG)と後ろ歩き(BG)の歩行様式があり、BGは臨床において高齢者のバランス練習や応用歩行練習として取り入れられている。

BGはFGとの鏡像関係であり、運動力学・運動学的に一致すると報告されている。従って、COGに関しても同様の制御をしていることが推測できる。しかし、1981年にKramerらが行った研究を筆頭に多数の研究が報告されてきたが、関節モーメントや筋電図は一致しないとの異なる見解が示されている。

COG制御を評価できる指標として、Support Moment (SM)がある。SMとは、歩行に関する運動力学的パラメータであり、下肢三関節の伸展モーメントの総和で、立脚期では常に正の値をとるとされている。BGのSMとFGのSMが類似性を示すのであれば、個々の関節モーメントや筋電図が一致しなくとも、同様のSMを実現する関節モーメントの組み合わせ次第で動作遂行が可能であるといえる。このことは、例えば膝関節に疾患があっても、隣接関節での代償によりBGを遂行できる可能性が示唆できる。

本研究は、FGとBGにおけるSMの類似性を検証することを目的とした。

【方法】

対象者は健康成人男性1名とし、事前に研究の同意を得た。課題動作はFGとBGとし、FGは踵接地から爪先離地、BGは爪先接地から踵離地の立脚期を解析区画とした。なお、BGは時間反転させた後、時間軸の100%正規化を行った。

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 Inc.)、床反力計(OR6-6-2000: AMTI) 6台、反射マーカは計39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。計測データよりBody Builder (OMG plc. UK)を用いて関節角度、関節モーメントの算出を行った。算出されたデータはScilab 5.4.0にて遮断周波数6Hzの2次のZero-lag Butterworth low-pass filterの処理を行い、SMを算出した。

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1cmとした。電極は大腿直筋(RF)、内側広筋(VM)、半腱様筋(ST)、大腿二頭筋(BFL)、前脛骨筋(TA)、腓腹筋(GAS)、ヒラメ筋(SOL)、大殿筋(GM)の8筋としサンプリング周波数1000Hzとした。計測されたEMGはScilab5.4.0にて遮断周波数20Hzの2次のZero-lag Butterworth high-pass filter, full wave rectification, envelopeの処理を行った。

FGとBGにおける関節角度、関節モーメント、SM、EMGの類似性を検証するために、統計解析ソフトR(R Development Core Team)を用いてピアソンの相関関係を用いて検証した。

【結果】

FGと時間反転させたBGにおける関節角度は、下肢三関節全てにおいて高い相関関係が見られた($r=0.67\sim 0.97$)。関節モーメントは、股関節、足関節において高い相関関係が見られたものの(それぞれ $r=0.69$, $r=0.98$)、膝関節は低い相関関係であった($r=0.42$)。EMGはRF、VM、BFL、ST、GMにおいて有意な相関関係を認めなかったが($r=-0.19\sim 0.29$)、TA、GAS、SOLにおいては高い相関関係が見られた($r=0.61\sim 0.77$)。SMはFGとBGにおいて高い相関関係が見られた($r=0.83$; 図1)。

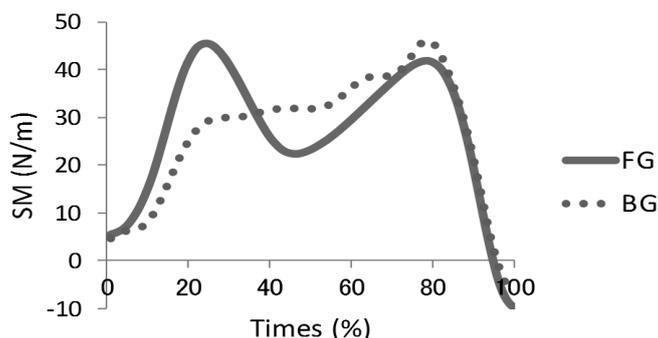


図1. 前歩きと後ろ歩きにおけるSupport Moment

【考察】

本研究では、膝関節モーメントのみがFGとBGにおいて相関係数が低い値を示した。さらに、膝関節に関与するEMGではGAS以外有意な相関関係を認めなかった。先行研究より、FGとBGの筋活動の相違は筋収縮様式の違いによるものと知られており、本研究では膝関節に関わる筋群の活動は類似性を認めなかったと考えられた。しかし、三関節伸展モーメントの総和であるSMでは類似性を示していたことから、SMについてはFGとBGで共通の生成過程があることが推察された。

【結論】

本研究にて、FGとBGにおけるSMが類似性を示していたことから、BGを遂行するためには各関節モーメントの貢献度だけでなく、FGと同様のSMを満たすことが重要であることが示唆された。