

[資料]

起立動作における下肢の力学的負担計測

佐藤 秀一¹⁾ 佐藤 秀紀¹⁾ 山下 弘二¹⁾

Dynamic Measurement of the Load on Lower Extremity during Standing up

Shuichi Ssto¹⁾ Hideki Sato¹⁾ Kouji Yamashita¹⁾

(J. Aomori Univ. Health Welf. 8(1): 45-48, 2007)

キーワード：起立動作、下肢、力学的負担度

要旨

座面の傾斜角度が違う椅子坐位からの起立動作における、離殿前の股および膝、足関節の力学的負担度を比較した。計測には座面が水平と前方傾斜5度に設定した2種類の椅子を用いた。収集された運動データ及び力学データから股および膝、足関節の関節モーメントおよび関節パワーを計算し、さらに関節パワーを時間積分して力学的エネルギーの放出量と吸収量を得た。その変動量と起立動作遂行の容易さの関係を分析した結果、前方傾斜した座面からの起立動作では、股および膝関節においてその力学的負担度が動作遂行の容易さに与える影響が大きいことが示された。

はじめに

椅子坐位からの起立動作は、静止座位からの動作開始およびスクワット位での離殿、立位での動作終了の3つのイベントから構成されている。したがって、その一連の動作は離殿前と離殿後の2相に分けることができる。離殿前では離殿の準備段階としての体幹前傾による体重心の足部支持期底面への前方移動が行われる。離殿後には股関節伸展および膝関節伸展、足関節底屈による抗重力運動が体重心を鉛直上方へ移動させる。臨床的に起立動作の遂行が困難なものには、離殿前の体重心の前方移動に問題がある場合と、離殿後の抗重力運動を補償するための下肢筋力に問題がある場合を経験することが多い。したがって、起立動作の遂行能力の改善のポイントは、前者では運動学習による体幹前傾の習熟度の向上であり、後者では下肢の抗重力筋の強化があげられる。

本研究では、座面の傾斜角度の違いが離殿前の股およ

び膝、足関節の力学的負担度に及ぼす影響、並びに起立動作遂行の容易さに及ぼす影響を分析することを目的とした。

方法

1) 動作計測

健康青年62名(男性28名、女性34名、平均年齢19.2±2.2歳)を計測対象とした。計測する動作は椅子坐位からの起立動作であり、座面の角度を水平(水平座面)と前方傾斜5度(前傾座面)に設定した2種類の椅子を用いた。動作中に体幹部の重心位置の変化が最小限となるように前胸部で腕組みをして、膝関節100度屈曲位の姿勢から自由な速度で起立動作を遂行させた。

対象者の両側の肩峰および股関節外側部、膝関節外側部、足関節相当部、第5中足骨相当部に赤外線反射マーカーを貼付し、身体を7リンク剛体モデルとして定義した。歪みゲージ式床反力計(OR 6-6-2000、AMTI社製)の4枚を用いて、2枚に左右各々の足部をのせ、さらに他の2枚に椅子の左右各々の脚部をのせて起立動作を計測した。動作中の赤外線反射マーカーの位置を標点位置計測装置(VICON512:赤外線カメラ6台、VICON社製)を用いて計測した。その際、床反力計と標点位置計測装置をサンプリング周波数60Hzで同期・同調させて3次元動作解析システムを構成した。

2) データ処理

床反力計から収集された力学データと標点位置計測装置から収集された反射マーカーの座標データを、臨床歩行分析研究会が提唱する運動分析用共通フォーマット形

1) 青森県立保健大学健康科学部理学療法学科

Department of Physical Therapy, Aomori University of Health and Welfare

式のDIFF (Data Interfase File Format) 形式¹⁾に変換し、関節モーメントと関節パワーを計算し、さらにその値を時間積分してエネルギー量を得た。

なお、離殿前の股関節モーメントについては、足関節モーメントおよび膝関節モーメントと異なり、足部からの床反力に加えて臀部からの床反力の影響を受けるため計算処理に制約を受ける。したがって、股関節モーメントの反作用である体幹モーメントの値を用いて股関節の力学的エネルギー量を計算した。

3) 官能検査による感性評価

水平座面での起立動作の容易さを「普通」とした場合の、前傾座面での起立動作の容易さを、5.「非常に快適」、4.「やや快適」、3.「普通」、2.「やや困難」、1.「非常に困難」の5段階評定尺度による官能検査 (Semantic Differential Method : SD 法) により評価した。

4) 統計処理

官能検査の5段階評定尺度をコーディングされたデータとみなして目的変数とした。説明変数に股および膝、足関節の力学的エネルギーの変動量を用いた変数増加法による重回帰分析を行った。その際、自由度調整済み重回帰係数を減少させる説明変数が抽出された場合は、それを削除することとした。さらに残差分析により Durbin-Watson 比を求め、偏回帰係数を検定して重回帰モデルの妥当性を検証した。

結果

1) 力学的エネルギーの変動量

股および膝、足関節における力学的エネルギーの発生量と吸収量の差を力学的エネルギーの変動量として求めた (表1)。

表1 力学的エネルギーの変動量

	単位 : J (Joule)	
	水平座面	前傾座面
股関節	13.8±2.1	14.5±2.1
膝関節	7.5±1.1	7.8±1.0
足関節	4.3±1.6	4.7±1.8

n=62

2) 官能検査

前傾座面における5段階評定尺度によるSD法の結果は、5.「非常に快適」8名、4.「やや快適」45名、3.「普通」、6名、2.「やや困難」3名、1.「非常に困難」0名であった。

3) 重回帰モデル

重回帰分析の結果を表2に示した。自由度調整済み重回帰係数を減少させる説明変数は抽出されず、投入した股および膝、足関節の力学的エネルギーの変動量が説明変数として採択された。残差分析による Durbin-Watson 比は1.87であり、重回帰モデルの妥当性を示す基準値の2以内であった。

起立動作の容易さを規定する因子の各々の寄与率は、採択順に第1位から膝関節45.7%、股関節18.3%、足関節8.6%であった。

表2 偏回帰係数、寄与率 (62例)

	説明変数と採択順位		
	1	2	3
	膝関節	股関節	足関節
偏回帰係数	0.61	1.05	0.38
寄与率 (%)	45.7	18.3	8.6
累積寄与率 (%)	45.7	64.0	72.6

Durbin-Watson比 1.87

考察

重回帰分析の結果、起立動作遂行の容易さの72.6%を説明することができた。説明変数の採択順位から、力学的エネルギーの変動量を指標とした場合、膝関節の力学的負担度が動作遂行の容易さに最も大きく影響を及ぼすことが示された。

離殿前では前半の体幹前傾加速期と後半の体幹前傾減速期の2相に分けることができる。前者では離殿直後の支持基底面となる足部へ体重心を前方移動することにより、円滑な離殿を補償するための準備をしていることになる。その際、膝関節屈曲モーメントを生じながらパワーを発生することにより、力学的エネルギーを発生する。後者では離殿準備のための体幹前傾運動の制動が行われる。そのために、膝関節伸展モーメントを生じながら、パワーを吸収することにより力学的エネルギーを吸収している²⁾。その結果、エネルギーの発生量と吸収量の差である変動量が 7.8 ± 1.0 Jであり、比較的大きな値を示した。

股関節では膝関節と同様に、離殿前の体幹前傾加速期において股関節屈曲モーメントを生じながらパワーを発生することにより力学的エネルギーを発生し、体幹前傾減速期では股関節伸展モーメントを生じながらパワーを吸収することにより力学的エネルギーを吸収している。その結果、エネルギーの発生量と吸収量の差である変動量が 14.5 ± 2.1 Jとなり、膝関節よりも大きな値を示した。

以上のごとく、力学的エネルギーの変動量が膝関節に比べて股関節が大きいにもかかわらず、採択順位が膝関節が上位であった理由については力学現象の観点から分析した本研究の結果からは不明である。生理学的には力学的エネルギーの発生は筋の求心性収縮を、吸収は遠心性収縮を意味する³⁾。感性データである動作遂行の容易さは生理学的な筋収縮の機序に影響される可能性があり、力学的負担度が必ずしも心理面である動作遂行の容易さを反映するものではないことが伺われる。

足関節においては、離殿前の全過程において背屈モーメントを生じながらパワーを発生することにより力学的エネルギーを発生しているため⁴⁾、その変動量も 4.7 ± 1.8 Jであり3関節で最も小さな値を示した。足関節の採択順位が第3位であり寄与率が最も小さかったことへの関連性を示唆するものと考えられる。

(本研究は平成15・16年度青森県立保健大学実用技術開発研究費の助成を受けた研究の一部である。)

(受理日：平成19年5月2日)

文献

- 1) 臨床歩行分析研究会編：関節モーメントによる歩行分析. 60-79, 医歯薬出版, 1997.
- 2) 佐藤秀一, 佐藤秀紀, 他：起立動作時の座面傾斜角度と膝関節のエネルギー量. 青森県立保健大学雑誌, 8 (1), 63-66, 2007.
- 3) 江原義弘, 山本澄子：立ち上がり動作の分析. 70-73, 医歯薬出版, 2001.
- 4) 佐藤秀一, 佐藤秀紀, 他：立ち上がり動作における足関節の力学的負担計測. 青森県立保健大学雑誌, 4 (1), 41-43, 2002.