

スクワット動作の反復が動作変化および筋出力低下に及ぼす影響

野村 遥平, 越田 専太郎

了徳寺大学健康科学部整復医療・トレーナー学科

Effect of repetitive squat motion on postural kinematics and muscular output

Ryohei NOMURA, Sentaro KOSHIDA

Ryotokuji University

I. 緒言

バックスクワットは筋力や筋パワーの向上を目的に積極的に処方される代表的なレジスタンストレーニングのひとつである。バックスクワットにおける体幹筋の役割は適切な姿勢保持に重要であるばかりではなく、トレーニング時の外傷予防を考える上でも重要である。しかし、負荷が大きいバックスクワットの場合、腰背部の筋群は力学的有効性が弱い¹⁾ため、椎間板および椎間関節への負荷が増大し腰部障害のリスクが高まる¹⁾ことが問題となる。また、テラフィモーラ¹⁾は下にある重量物を持ち上げる動作であるリフティング動作の反復は、膝関節主導の拳上から体幹を前傾させ、股関節主導の拳上へ変化することを報告している。これより、スクワット動作の反復においても、同様に股関節主導の動作に移行して体幹の前傾を増大させる可能性があり、その原因は脊柱起立筋の疲労であると考えた。そこで本研究は、中強度で行うバックスクワットの反復動作時の動作開始時(序盤)と all-out 直前(終盤)を比較し、動作時の姿勢および脊柱起立筋群および下肢筋群の筋活動の変化を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

- 1) **対象** 対象は、20 歳代の健康な成人男性 8 名であった。対象の条件として、体幹と下肢における既往歴がなく、日常のトレーニングプログラムにバーベル負荷を用いたスクワットエクササイズを導入していることとした。
- 2) **測定環境とプロトコル** 全ての測定は了徳寺大学内の動作解析実験室にて実施し、測定時の室温および相対湿度をそれぞれ 22~24 °C、50~60%に設定した。また、最大挙上重量(1RM)測定 1 週間後に実験を実施した。本研究における測定プロトコルは随意性最大筋力発揮(MVC)測定、自発光マーカおよび表面電極の貼付後、対象は all-out (挙上不能) となるまでのスクワット動作を実施した。
- 3) **マーカおよび電極の貼付** 自発光マーカをシャフト外端部・大転子・膝外側関節裂隙・外果計 4 箇所に貼付し、角度算出の標点とした。さらに、表面電極法により胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋、大腿屈筋群、大腿伸筋群の各筋の左右、計 8 部位の筋活動を導出した。電極貼付位置は下野の方法²⁾に準じた。
- 4) **測定で実施したスクワット動作** バックスクワット動作は 75%1RM(1 RM の 75 %)の負荷(kg)を用いて実施し

た。また対象には、大腿が床と平行になる位置(パレールスクワット)まで膝関節を屈曲するように指示した。さらに、メトロノーム音を用いて 6 秒間で 1 動作を完了するよう規定した。

- 5) **データ測定および分析** 2 次元動作解析により切り返し局面と挙上中間局面における体幹傾斜角および下腿傾斜角を算出した。表面筋電図では膝関節最大屈曲時を基準とし下降時と挙上時に分け、さらに膝関節屈曲 60° を基準として前半と後半に分け、バックスクワット 1 動作を 4 つの位相に分類し、各位相について平均振幅を算出した。各筋の平均振幅は、MVC を 5 秒間実施し、安定の取れた 3 秒間の値で標準化した。大腿屈筋群、大腿屈筋群の等尺性最大随意収縮時の筋活動は Daniels and Worthingham³⁾の徒手筋力検査法の Normal 検査肢位を用い、対象にはバンドの抵抗に抗して保持するよう指示した。また、腰部および胸部傍脊柱筋群に対しては Sorensen⁴⁾の trunk holding test の肢位を用い、対象には 30 秒間保持するよう指示した。なお左右の振幅値を平均した値を分析に用いた。
- 6) **統計解析** バックスクワットの動作開始時(序盤)の 3 回と all-out 直前(終盤)3 回における体幹・下腿傾斜角度および対象筋群の筋活動の平均値を対応のある t 検定を用いて比較した。ボンフェローニ法により有意水準を管理し、体幹・下腿傾斜角は $p < 0.025$ を、対象筋群の筋活動は $p < 0.0125$ を統計的に有意とした。

III. 結果

- 1) **体幹および下腿傾斜角の変化** 体幹および下腿傾斜角度の結果を図 1 に示した。切り返し局面において体幹傾斜角、下腿傾斜角ともに有意な変化は表れなかったが、挙上中間局面において体幹傾斜角は動作序盤と終盤では有意に低下し、全ての対象で動作終盤には体幹が前傾していた(序盤: $69.5 \pm 75 \rightarrow$ 終盤: 63.2 ± 82) ($p < 0.025$)。
- 2) **下肢及び脊柱起立筋群の筋活動の変化** バックスクワット動作における動作序盤と終盤の各対象筋の筋活動の比較について、下降前半、下降後半、挙上前半、挙上後半の結果を図 2 に示した。終盤にはスクワットの挙上局面全体を通して脊柱起立筋活動量が増加した($p < 0.0125$)。また、大腿伸筋群ではどの局面においても、有意な変化は表れなかった。大腿屈筋群では下降後半と挙上後半で有意に増加した($p < 0.0125$)。

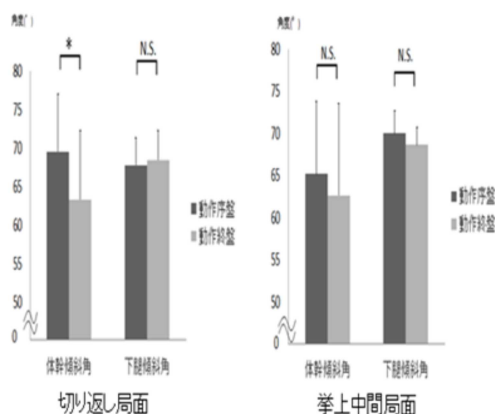


図1.体幹および下腿傾斜角の変化
(*: $p < 0.025$, N.S.: not significant)

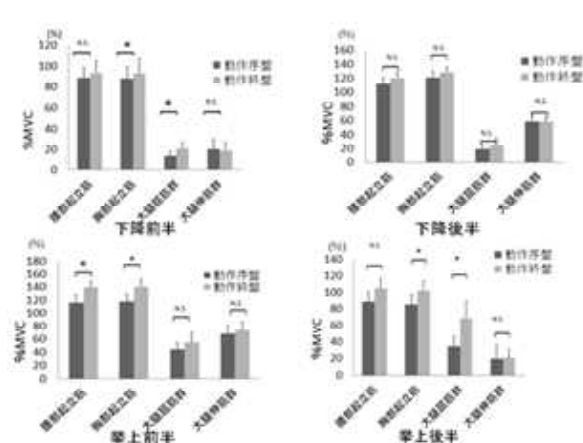


図2. 下肢及び脊柱起立筋群の筋活動の変化
(*: $p < 0.0125$, N.S.: not significant)

IV. 考察

本研究の結果より、動作終盤には、挙上中間局面において、体幹がより前方に傾斜することが示された。また、大腿伸筋群の筋活動量の変化は表れなかったものの、脊柱起立筋群において筋活動量の増大が示された。このことより、バックスワットの反復は、大腿伸筋群の疲労の前に脊柱起立筋群に疲労が生じ、さらに動作終盤に体幹の前方傾斜が増加した原因は、脊柱起立筋の疲労が原因である可能性が示唆された。これらのことより、大腿伸筋群の疲労前に脊柱起立筋が疲労することは、下肢筋群に十分な疲労を与える前に、動作が終了してしまうため、下肢筋群に対して十分なトレーニング効果が期待できない可能性が考えられる。また、脊柱起立筋の疲労により体幹傾斜角が増加したことは、腰部への負担が増加し、腰部障害のリスクが増加する恐れがあるとし唆された。

V. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成を賜りました千葉県体育学会に深く感謝いたします。

VI. 参考文献

1. Trafimow JH et al. The effects of quadriceps fatigue on the technique of lifting. *Spine* 18:364-367, 1993
2. 下野俊哉：表面筋電図マニュアル基礎編．酒井医療，東京，2004
3. Hislop H, Montgomery J :津山直一(監訳)．新・徒手筋力検査法．第7版，協同医書出版，東京，2008
4. Sorensen BF. Physical measurements as risk indicators for low back trouble over a one-year period. *Spine* 9: 106-119, 1984