１．実践研究

スクワット動作に関する効果的な実践方法の検証

大月　直美* **
大山　卞圭悟**　染谷　典子***　屋嘉部めぐみ****

抄録

中高年者が最後まで自立した生活を維持するために、日常生活で頻繁におこなう立ち座り動作がスムースにできる下肢筋力が必要である。そこで、下肢筋力強化種目として代表的な「スクワット」の効果的かつ安全な実践方法を検証することとした。健常な中高年女性 32 名（平均年齢 68.3±7.0 歳）に対し、①膝の曲げ伸ばしをおこなう通常のスクワット動作、②膝はつま先の位置よりも前に出さないように意識しながらおこなう、③（後ろに椅子を置いて）椅子に座るようにおこなう、の 3 種類の異なるインストラクションで、各連続 5 回の試技を求めた。対象者に 6 か所、分析補助用のマーカーを貼り、各スクワット試技を二次元動作解析用に側方より、デジタルビデオカメラにて撮影し、反復が安定した動作における最も深く沈み込んだ姿勢について、各セグメントの絶対角と関節角度を測定した。対象者のうち 7 名（平均年齢 69.0±4.8 歳）については、外側広筋および大腿二頭筋長頭より表面双極導出法によってスクワット中の筋活動を導出した。その結果、「膝を前に出さない」および「椅子に腰掛けるように」というインストラクションはいずれも体幹の前傾を大きくし、下腿の前傾を小さくすること、膝関節の屈曲を小さく、股関節の屈曲を大きく、足関節の背屈を小さくすることが明らかとなった。その一方で、背景にある筋活動には個人差が大きく、試技条件による変化に一定の傾向は認められなかった。以上のことから、スクワット動作指導において、口頭でのインストラクションが動作中の姿勢に影響を与えることが明らかとなった。

キーワード：スクワット，中高年女性，筋力トレーニング，指導法

*　株式会社 THF
**　筑波大学体育系
***　筑波大学附属病院 つくば予防医学研究センター
****　一般社団法人 幸せな身体づくり協会

１．はじめに

スクワット動作は下肢の筋力（抵抗性）トレーニングの代表格として、スポーツ傷害予防プログラムや高齢者の健康増進プログラムの有効策の一つとして広く用いられている。特別な機器や監視なしに自宅でおこなえ、負荷を自ら調節できるトレーニング方法である。一般的に立位の状態から下肢関節の屈曲、伸展を繰り返す動作で、椅子に座り座位から立ち上がる日常動作でも頻繁に繰り返されている。この動作が日常でスムースにおこなわれるよう、スクワットは最もおすすめのトレーニング方法として用いられている。

運動指導者はスクワットを指導する際に、腰や膝を傷めないための注意点として、「腰を反らない」や「膝が内側に入らない」など伝えているが、中でも「膝はつま先の位置から前に出さない」というアドバイスが頻繁に出される。膝を前に出さないトレーニングは、関節疾患を有する者、高齢者や運動習慣のない者が安全性を確保するためには必要であるかもしれないが、必ずしもそうとは限らないという意見も研究者や運動指導者の間で聞かれる。本来、各自の関節可動域（柔軟性）や筋力、痛みの有無に配慮したオーダーメイドのアドバイス方法が最善と思われる。また、説明の仕方により、膝関節を含めた関節角度に変化がみられ、姿勢の違いによってスクワット動作の筋活動も異なってくると考えられる。

そこで、本研究は日常生活で頻繁におこなう立ち座り動作がスムースにでき、自立した生活を最後まで維持できるよう、下肢筋力（主に大腿四頭筋、大殿筋、ハムストリングス）強化種目として代表的な「スクワット」の効果的かつ安全な実践方法を検証した。

２．方法

（１）対象者

健常な中高年女性 32 名（平均年齢 68.3 ±7.0 歳）であった。茨城県守谷市内の運動教室やサークル活動にて募集チラシを配布し、市内の市民活動支援センターにポスターを掲示し、参加を募った。参加の条件は、50 歳以上の女性で、下肢（股関節、膝、足首など）に痛みを抱えていない人、日常生活動作は支障なくおこなえる健康的な人とした。

説明文書を用い、研究目的、測定内容と方法、個人情報の管理同意の拒否、撤回による不利益を得ないこと、事故の際は適切な処置をおこなうことについて説明した。その上、研究参加の同意を書面にて得た後に、データ分析をおこなった。

（２）測定内容

スクワット動作のインストラクションを、①膝の曲げ伸ばしをおこなう通常のスクワット動作（以下、①の動作）、②膝はつま先の位置よりも前に出さないように意識しながらおこなう（以下、②の動作）、③（後ろに椅子を置いて）椅子に座るようにおこなう（以下、③の動作）、の 3 種類のスクワットを各連続 5 回の試技を求めた。③の椅子は、座面の高さが 42 cm の四つ足タイプを採用した。5 回の試技は、実際の指導現場を想定し、立位姿勢から最下点、最下点から立位姿勢までを 4 カ

ウント（約 5 秒間）ずつ口頭で指示し、反動を使わないこと、関節に過度な負荷をかけないこととした。対象者の耳珠点、左肩峰、大転子、膝関節、足関節、小指球の計 6 か所に分析補助用のマーカーを貼り、各スクワット試技を二次元動作解析用に側方より、デジタルビデオカメラ（Panasonic 社製, Lumix FZ300, 60 fps, 露出時間 1/1000 sec）にて撮影した。カメラは対象者の側方 9 m、高さ 1.15　m の位置で三脚に固定して、全身が画面内に収まるように調整した。

撮影した画像をパソコンに取り込み、反復が安定した動作における最も深く沈み込んだ姿勢について、身体各部のマーカー位置をデジタイズすることで、各セグメントの絶対角と関節角度を測定した。

対象者のうち 7 名（平均年齢 69.0±4.8 歳）については、マルチテレメータシステム（日本光電, WEB-5000）を用い、外側広筋および大腿二頭筋長頭より表面双極導出法によってスクワット中の筋活動を導出した（図 1）。導出された電位はサンプリング周波数 1000 Hz で A/D 変換後、パーソナルコンピュータに取り込んで分析した。

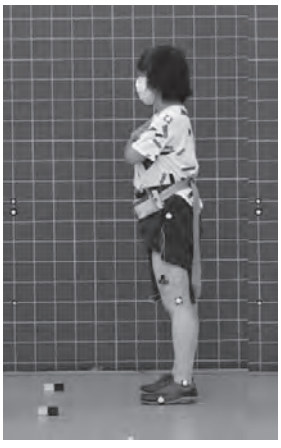


図 1　測定者

動作の計測と筋電図の計測を同期するために、カメラの画角内に写しこんだ LED の発光と同期した電気信号を、筋活動電位と共に取り込んだ。取り込まれた筋活動電位は、アーチファクト成分をハイパスフィルタで除去した後、動作区間ごとの全体にわたる平均活動量（ARV）について試技間で比較をおこなった。

（3）統計処理

統計処理には、Microsoft Excel の統計関数を使用した。関節角度、筋活動についてそれぞれの試技における平均値の差の検定をおこなった。

3．結果

3 種類の異なるインストラクションによるスクワット動作において、膝を最大まで屈曲した時点での平面のスクワット姿勢を比較した（図 2）。①と②の動作の比較では、上体と股関節、膝関節の位置が異なっており、①と③も同じであった。②と③の比較では、大きな違いがなかった。また、体幹、大腿、下腿、股関節、膝関節、足関節の関節角度をそれぞれ測定した（図 3）。下腿角度と足関節角度は①～③でそれぞれ有意差がみられた。

筋電図を用いて、外側広筋と大腿四頭筋長頭を測定した 7 名（平均年齢 69.0±4.8 歳）の結果を図 4 に示した。スクワット動作の下がりの前半、後半、上りの前半後半の区間ごとの平均値に大きな変化はみられなかった。

４．考察

「膝をつま先の延長線上から前に出さない」および「椅子に腰掛けるように」というインストラクションはいずれも体幹の前傾を大きくし、下腿の前傾を小さくすること、膝関節の屈曲を小さく、股関節の屈曲を大きく、足関節の背屈を小さくすることが明らかとなった。

スクワット動作における膝関節の前方変位、すなわち大きすぎる下腿の前傾が膝関節の剪断力を大きくすることが知られている。②③の試技では①に比較して下腿の前傾が有意に減少しており、膝関節の前方変位にともなう膝関節の剪断力も抑制されていたと推察される。下腿の前傾は③の試技よりも②の試技で有意に小さかったことから、下腿前傾を抑制する効果は②でより大きいことが明らかとなった（図 5）。



図５ インストラクション別のスクワット動作

スクワット姿勢における関節ごとの変化に目を移すと、膝関節の屈曲は①に対して②と③の試技で有意に小さく、膝関節の動作範囲はインストラクションによって減少していた。反対に股関節の屈曲は①に対して②と③の試技で有意に大きかった。これらのことからインストラクションによってスクワット動作が股関節の運動を強調したものに変化していたと推察される。その一方でこれらの変化の背景にある筋活動には個人差が大きく、試技条件による一定の傾向は認められなかった。

本研究で用いた二つのインストラクションは、スクワットトレーニングにおける安全確保の視点からは、いずれもスクワット動作における下腿の前傾を小さくし、膝関節の剪断力を抑制する可能性が示唆された。一方で、関節の運動を確保するという観点からは、股関節の屈曲が大きく、膝関節の屈曲が小さくなることが明らかとなった。すなわち「膝を出さない」「椅子に腰掛けるように」というインストラクションを伴うスクワットは、膝関節の屈曲を抑制し、股関節の屈曲を大きくする。これらの変化を踏まえると、膝関節の負担軽減や股関節の関与を大きくすることを目的とする場合は②③の動作、足関節、膝関節の動作範囲を大きくすること、そして腰部筋群の負担を軽減したい場合には通常の立ち座りである①の動作を用いることが薦められよう。スクワット指導において、安全に、かつ反復回数を高める視点からは、関節の負担を軽減することが重視されるべきである。その一方で特定の関節周囲の筋力を大きくすることや、可動性を拡げることを重視する際には、異なる基準が提示されてしかるべきであろう。

５．結論

スクワット指導における「膝をつま先の延長線上から前に出さない」および「椅

子に腰掛けるように」というインストラクションは、いずれも体幹の前傾を大きくし、下腿の前傾を小さくすること、膝関節の屈曲を小さく、股関節の屈曲を大きく、足関節の背屈を小さくすることが明らかとなった。その一方で、背景にある筋活動には個人差が大きく、試技条件による変化に一定の傾向は認められなかった。以上のことから、スクワット動作指導において、口頭でのインストラクションが動作中の姿勢に影響を与えることが明らかとなった。

引用文献

Illmeier G, Rechberger JS. (2023) The Limitations of Anterior Knee Displacement during Different Barbell Squat Techniques: A Comprehensive Review. J Clin Med. 19;12(8):2955. doi: 10.3390/jcm12082955

本研究は、令和５年度健康・体力づくり事業財団の助成金を受けて実施しています。測定にご協力いただいた、茨城県守谷市の皆さまに、厚く御礼申し上げます。

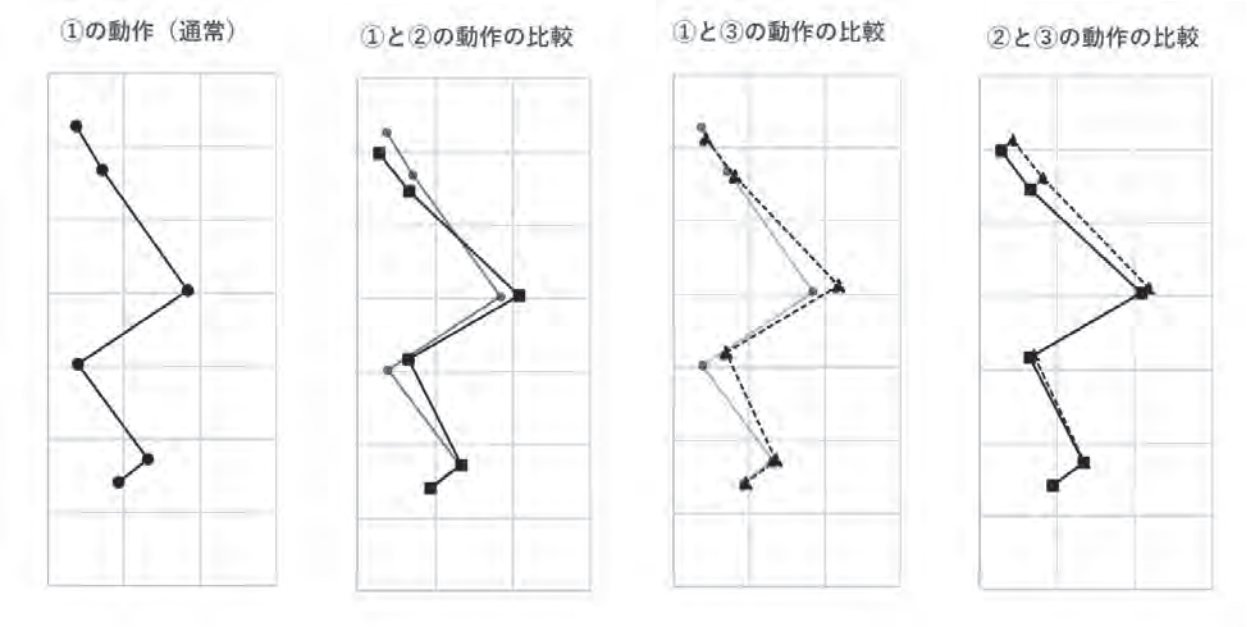


図２　説明が異なる試技別の平均スクワット動作

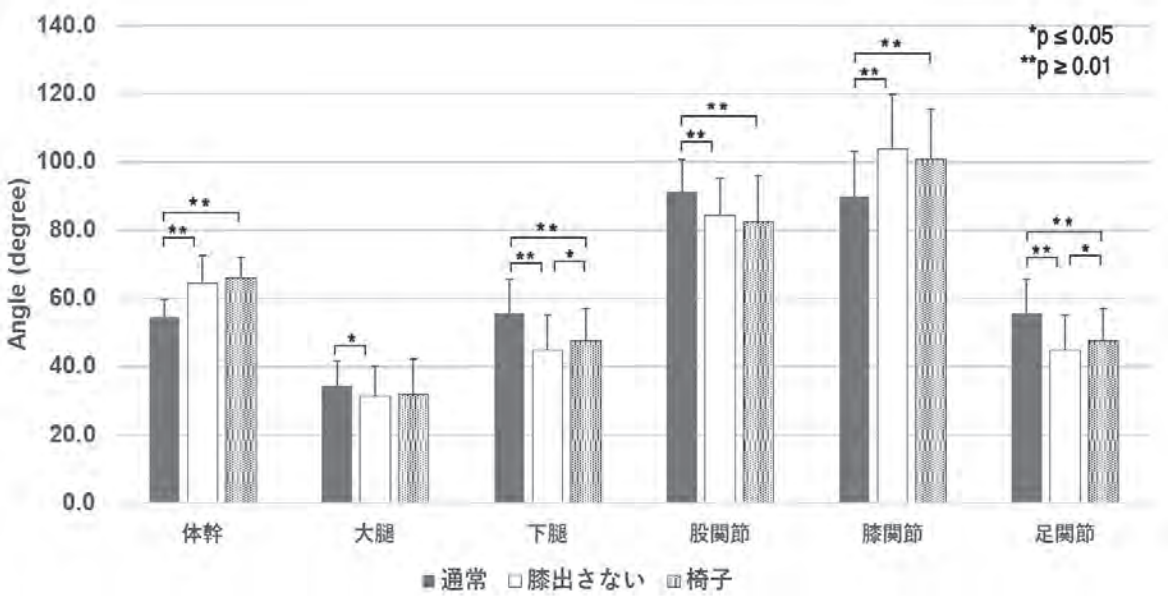


図３　説明が異なる試技別の関節角度

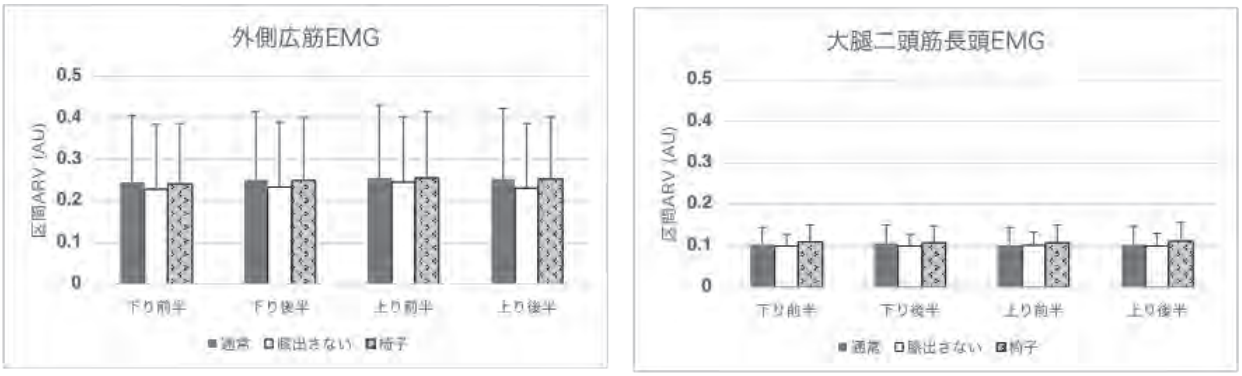


図４　スクワット動作の筋電図