

# コレクティブエクササイズが 安静立位姿勢とスクワット動作時の筋活動に与える影響

スポーツ医科学研究領域

5023A049-9 内藤 遼太

研究指導教員:平山 邦明 准教授

## 【緒言】

近年、姿勢やアライメントを改善する方法への関心が高まっている。多くの人が不良姿勢であることが報告されており (Lee, 2011)、この不良姿勢を改善する方法の一つに、低強度でのエクササイズやストレッチング (Takahira et al., 2023) がある。

低強度でのエクササイズやストレッチングはトレーニング現場でコレクティブエクササイズとして多く用いられている。疾患を有した者に対する長期介入ではアライメント改善効果が示されている (Dimitrijević et al., 2022) が、短期的な効果についての研究は不足している。

トレーニング現場で多く用いられる下肢のエクササイズの一つにスクワットがある。スクワットについては、しゃがみ込む深さを変えることによる主要な筋群への影響は見解が分かれている。例えば、大腿四頭筋に関して、深さが増すと筋活動が増加するとの報告 (Gorsuch et al., 2013) と、増加しないとする報告 (Caterisano et al., 2002) がある。この相違の要因として、被験者の姿勢やアライメントの違いが筋活動の違いに影響を及ぼしている可能性がある。

姿勢やアライメントと筋活動は相互関係があると考えられ (Michnik et al., 2020; Janda, 1987)、姿勢やアライメントの変化がスクワット中の骨盤の傾きや筋活動に影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究は、1) コレクティブエクササイズが腰椎前弯角度と骨盤前傾角度に与える急性的な影響を明らかにすること、2) コレクティブエクササイズ前後におけるスクワット動作中の骨盤の傾き、筋活動の変化を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

被験者は筋力トレーニングの経験が1年以上ある健常な大学生男性14名であった。被験者は全2日間にわたり実験に参加し、それぞれの測定では48時間以上の間隔を空けて、別の試行を実施した。

いずれの測定においても、はじめに安静立位姿勢の撮影 (Pre1) を行った。腰椎1番 (L1)、腰椎3番 (L3)、腰

椎5番 (L5) の棘突起、および上前腸骨棘 (ASIS)、上後腸骨棘 (PSIS) の皮膚上に反射マーカを貼付した。L1-L3-L5のそれぞれの棘突起上のマーカから皮膚上の点を推定した点を結んだ線の成す角度から腰椎前弯角度を算出した。また、ASISとPSISを結んだ線と水平線の成す角度から骨盤前傾角度を算出した。

次に、負荷なし (0%Body Weight: 0%BW)、体重の50%負荷 (50%BW)、体重と同等の負荷 (100%BW) のスクワットを行った。いずれも、慣性センサー (Inertial Measurement Unit: IMU)、および表面筋電図 (大殿筋 (GM)、大腿二頭筋長頭 (BF)、脊柱起立筋、大腿筋膜張筋、大腿直筋、外側広筋) を貼付した状態で行った (Pre)。スクワット中の骨盤の傾斜量と膝関節屈曲角度、表面筋電図の動作中の実効値 (Root Mean Square: RMS) を算出した。33°/sを超えた動作開始時点から膝関節屈曲角度が極大値に達するまでを下降局面、そこから膝関節屈曲角度が極大値に達する動作終了時点までを上昇局面とした。また、下降局面中に骨盤の傾斜量が前傾方向の変化から後傾方向の変化に移る場面が観察され、さらに上昇局面中に後傾方向から前傾方向に戻る場面が観察された。骨盤の傾きを微分して求めた角速度が0°/sとなる時点と膝関節最大屈曲時を基準に、骨盤後傾局面と骨盤前傾局面を定義した。各局面における筋電図のRMSの値を、別途測定した等尺性最大随意筋収縮 (Maximal Voluntary Isometric Contraction: MVIC) 時の筋電図RMSで正規化し、%MVICで表した。また、スクワット後にも安静立位姿勢の撮影を実施した (Pre2)。

その後、腰椎前弯を弱め、骨盤を後傾方向に誘導するコレクティブエクササイズを6種類行った (Ex 試行)。別日にはコレクティブエクササイズと同等時間の安静座位を実施した (Con 試行)。その後、再度姿勢の撮影 (Post) をし、3種類の負荷でのスクワットを (Post) 行った。

統計処理として、測定値に正規性があつた場合は、腰椎前弯角度や骨盤前傾角度の比較は試行 (Ex, Con) と時間 (Pre1, Pre2, Post)、スクワット中の骨盤の傾斜量や筋

活動の比較は (Ex, Con) と時間 (Pre, Post) を要因とする二元配置反復測定分散分析を実施した。二元配置反復測定分散分析で有意な交互作用が見られた場合には、事後検定として Bonferroni の多重比較検定を行った。一方、正規性がない測定項目については、Wilcoxon の符号付順位検定を実施した。効果量については、Bonferroni の多重比較検定で有意差が認められた場合には Hedges' g を使用した。また、Wilcoxon の符号付順位検定で有意差が認められた場合には、効果量 (r) を求めた。

### 【結果】

コレクティブエクササイズ前後で安静立位時の腰椎前弯角度 (Pre1:  $171.1 \pm 6.3^\circ$ 、Pre2:  $170.2 \pm 4.6^\circ$ 、Post:  $171.1 \pm 3.8^\circ$ )、骨盤前傾角度 (Pre1:  $7.1 \pm 3.6^\circ$ 、Pre2:  $8.5 \pm 3.8^\circ$ 、Post:  $7.5 \pm 2.7^\circ$ ) および、骨盤の傾斜量に有意な変化は見られなかった。筋活動については、0%BW の下降局面で GM (Pre:  $4.5 \pm 3.3\%$ 、Post:  $5.9 \pm 5.2\%$ )、50%BW の同局面で BF (Pre:  $18.3 \pm 20.9\%$ 、Post:  $20.7 \pm 26.7\%$ ) がコレクティブエクササイズ後に有意に高い値を示した。0%BW の上昇局面では GM (Pre:  $9.6 \pm 7.0\%$ 、Post:  $11.7 \pm 9.0\%$ ) でコレクティブエクササイズ後に有意に高い値を示した。後傾局面と前傾局面ではどの負荷条件でも有意な変化は見られなかった。

### 【考察】

安静立位時の腰椎前弯角度について、有意な変化は見られなかったが、腰椎前弯角度が約  $170^\circ$  よりも小さい (前弯が強い) 被験者は腰椎前弯角度が増加し、腰椎前弯角度の大きい (前弯が弱い) 被験者は腰椎前弯角度が減少し、 $170^\circ$  付近に集約される傾向があった (図 1)。この要因として、前弯が強い被験者では ES の活動を抑制させる種目や腸腰筋を伸張させ、腰椎前弯を弱める種目の効果により、腰椎が後弯方向に変化し前弯が弱まったと考えられる。また、前弯が弱い被験者では呼吸による腹横筋や内腹斜筋の活性化 (Kawabata and Shima, 2023) が、胸腰筋膜を緊張させ、腰椎が前弯方向に変化し前弯が強まったことで、最終的に角度が集約されたと考えられる。

ただし、Ex-Pre1 と Ex-Post の間ではスクワットも行っている。Bengtsson et al. (2023) は、スクワット中に下部腰椎の角度が後弯方向に調整されることを報告しており、この調整が繰り返されたことで後弯方向に変化した可能性が考えられる。

一方で、骨盤前傾角度は腰椎前弯角度のように特定の角

度に集約される変化を示さなかった。本研究の被験者の骨盤前傾角度が、Pre1 の段階で既に、先行研究 (Crowell et al., 1994) よりも後傾位だったため、本研究のコレクティブエクササイズが意図していた効果が現れなかった可能性があり、被験者の初期状態に依存する可能性を示唆している。

スクワット中の骨盤の傾斜量について、立位時に骨盤が前傾の場合、股関節屈曲可動域の限界を補うため、骨盤の後傾と腰椎の屈曲が生じることが考えられる。本研究では骨盤前傾角度に変化がなかったため、スクワット中の骨盤の傾斜量も変化しなかったと考えられる。

スクワット中のアライメントに変化がなかったにもかかわらず、0%BW スクワット中の GM の下降局面および上昇局面の筋活動が増加し、50%BW の BF の下降局面の筋活動が増加した要因は、Post-contraction potentiation (PCP) の発生が考えられる。PCP は 2% の努力度の収縮によってモーターユニットの同期が強まり、その後の低強度運動で筋電図振幅が増加する現象である (Ishii et al., 2023)。GM と BF は、コレクティブエクササイズ中に主に収縮させた筋であることから、PCP によって RMS が増加した可能性がある。一方、100%BW では RMS の増加が観察されなかった。これは、PCP の効果は短時間の力発揮の持続で消失するとされ (Hutton et al., 1987)、100%BW が最後に実施されたため、影響が減少していた可能性がある。

### 【結論】

本研究では、腰椎前弯角度が  $170^\circ$  付近に集約する傾向が見られ、コレクティブエクササイズが個々の角度を調整する可能性が示唆された。また、スクワット中に GM と BF の筋活動が増加し、PCP の効果が反映された可能性がある。

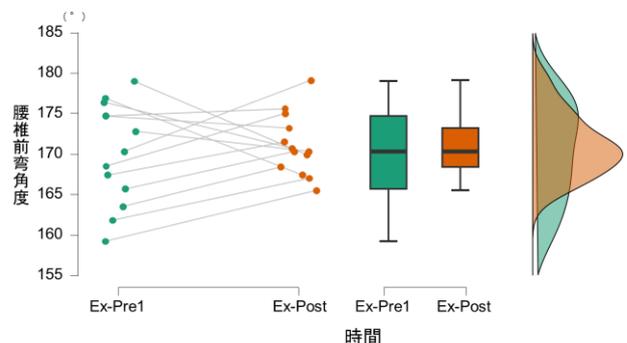


図 1 Ex-Pre1 と Ex-Post での腰椎前弯角度の変化