

ケトルベルスイング中の異なる負荷における 下肢関節の力学的特性の比較:ジャンプスクワットとの比較

コーチング科学研究領域

5020A041-8 SEO DASOM

【緒言】

多くのスポーツでは、様々な競技動作を成し遂げるため、パワー、すなわち速い速度で大きな力を生み出す能力を要する。一般的に、トレーニングで得られる刺激は主に負荷により決定されるため、エクササイズにおける使用する負荷の力学的特性(力、速度、パワー)が重要である。それらの特性は負荷の違いにより変化し、最大パワーを発揮する負荷、いわゆる“至適負荷”を用いるとパワー向上に効果的である。トレーニング効果をより詳細に調査するためには、全身的な評価だけではなく、関節ごとの力学的特性の調査が求められる。スポーツ現場で下肢のバリスティックなトレーニングとして用いられているケトルベルスイング(Kettlebell Swing; 以下 KBS)は、股関節の素早い動作を含んでいるため、下肢の高速での力発揮能力の向上に有効であると考えられている。これまでの研究では、KBS の長期的なトレーニング効果を調査した研究が多く行われてきたが、力学的特性に関する知見は一致した見解に至っていない。そこで、本研究の目的は、KBS において使用可能な負荷の範囲における下肢の各関節で発揮される力学的特性(力、速度、パワー)を調査し、下肢のパワートレーニングであるジャンプスクワット(Jump Squat; 以下 JS)の力学的特性と比較することで KBS 固有の力学的特性を明らかにすることとした。本研究の仮説は、至適負荷を用いるトレーニングがパワー向上に有効であること、および KBS は股関節のバリスティックな動作が特徴であることから、股関節パワーに基づく至適負荷が存在することを第一仮説とし、さらに股関節で観察される力学的特性は JS より高いことを第二仮説とした。

【方法】

本研究の被験者は、本学体育各部に所属している男性大学生 10 名であった。彼らは日常的にレジスタントトレーニングを行っており、トレーニング歴は数年あったが、ケトルベルトレーニングの経験はなかつ

研究指導教員:岡田 純一 教授

た。本研究では、事前説明および KBS の練習(第一セッション)、下肢の最大筋力の測定および KBS 練習(第二セッション)、そして KBS および JS の測定(第三セッション)を設け、被験者は合計 3 つのセッションに参加した。実験では、トレーニング現場で使用できる負荷の範囲を考慮し KBS は 16,20,24,28,32,40kg の負荷を 10 スイング×2 セット、JS はバックスクワット 1RM の 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%の負荷を 1 回×3 セットを行った。試技中は、赤外線カメラ 8 台の光学式三次元自動動作計測装置(Engle, Motion analysis 社製)により身体各部の 3 次元座標値(200Hz)を、2 台の地面反力計(AMTI 社)により地面反力(2000Hz)を収集した。得られた身体各部の 3 次元座標値は、遮断周波数 6Hz で 4 次の Butterworth low-pass digital filter を用いて平滑化処理を行い、このデータと地面反力データを用いて逆動力学計算を行うことで各エクササイズ中の負荷の違いによる関節モーメント、関節角速度および関節パワーを求めた。身体重心の速度が(-)から(+)に転じた時から最大速度値を示した時までを推進区間とし、分析区間とした。これらのデータ処理には Matlab (R2021a)を用いて矢状面だけを分析した。

KBS における負荷の違いによる統計的な差を検定するため、一元配置分散分析を行い、事後検定 Bonferroni 補正を用いた。さらに、KBS と JS における各関節の力学的特性の差を比較するために一元配置分散分析を行い、Sidak の事後検定を用いて、有意差を判断した。有意水準は 5%とした。

【結果】

KBS は負荷の違いによって股関節の力学的特性には有意な差が認められなかった(図 1, 図 2, 図 3)が、エクササイズ間の差は認められた。股関節の平均パワーは、すべての負荷において JS より KBS の方が大きな値を示した(図 1)。股関節の平均モーメントでは、すべての負荷において KBS の方が

0-10%1RM の JS より有意に大きく、28, 32, 40 kg の KBS は 20%1RM の JS より大きな値を示した。ただし、30%1RM 以上の JS からはエクササイズ間の有意差が認められなかった(図 2)。股関節の平均角速度は、すべて負荷での KBS より 0%1RM の JS が有意に大きく、10%1RM の JS は KBS の 24 kg 以上の負荷より大きな角速度を示した。しかし、40%1RM 以上の JS からは KBS が高くなり、40%1RM 以上の JS より 16 kg の KBS が高く、50%1RM の JS は 40 kg を除いたすべての負荷での KBS の方が有意に高い値を示した(図 3)。

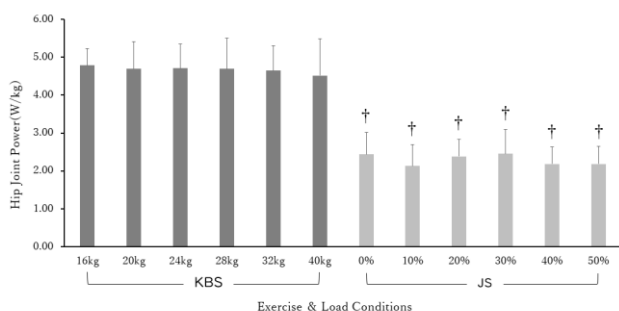


図 1 股関節パワーにおけるエクササイズと負荷の影響

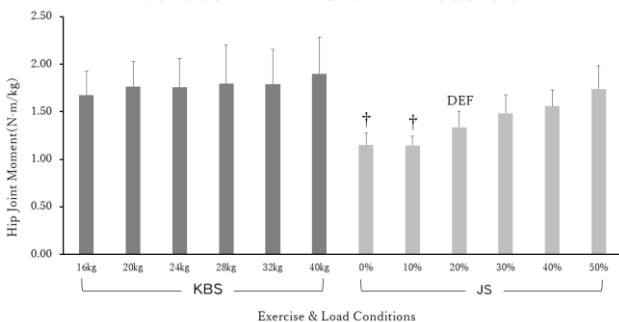


図 2 股関節モーメントにおけるエクササイズと負荷の影響

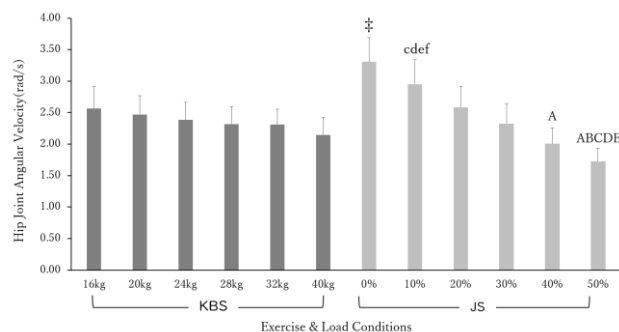


図 3 股関節の角速度におけるエクササイズと負荷の影響

【考察】

本研究の結果では、KBS は推進局面において高い股関節の力とパワーを発揮し、さらに JS より大きな力を股関節で発揮した。ただし、KBS で使用される負荷範囲において至適負荷は認められなかった。

トレーニングにおける特異性の原理から、下肢の各関節が発揮する力学的特性の知見が求められ、力学的特性は負荷の違いにより変化する。しかし、本研究では、股関節の平均パワー($p=0.711$)とモーメント

($p=0.103$)は負荷の違いによって有意な差が認められなかった。これらの結果については、負荷の範囲が原因であると考えられる。一般的に市販される負荷(ケトルベル)は、最大 40 kg 程度であり、その負荷は 4 kg 刻みで設定されている。また、可変ではない固定式の負荷が採用されており、動作の特性上 1RM の測定が難しく、さらに下肢だけでなく負荷を保持する上肢の力も関与する。また、実施者の身体能力(最大筋力、上肢の筋力など)に基づいていないため、KBS の出力はばらつきやすい可能性がある。関節角速度は、股関節の平均角速度($p=0.041$)で負荷の違いによる有意な差が認められたが、事後検定での有意差が認められなかった。バリスティックなエクササイズの特性上、低負荷であるほど、より高い速度を出せるため、ケトルベルが到達する高さも高くなるが、本研究で対象となった KBS は高さが規定されていたため、高い速度が獲得され得る低重量において意図的に抑制されたかもしれない。

本研究では、股関節が発揮するモーメントは JS より KBS の方が大きかったため、股関節の力発揮が求められるスポーツにおいては、JS より KBS がより有効なトレーニング効果を得られる可能性がある。関節パワーは、すべての負荷において KBS が JS より約 2 倍高く、この主な理由は、KBS の動作特性による結果であると考えられる。

KBS は股関節において力やパワー発揮が JS より大きいことが明らかになった。KBS の現場におけるメリットは、より軽い負荷を用いても大きな股関節パワーおよび力発揮が可能であること、JS とは異なり、着地衝撃によるリスクを回避した安全かつ効果的な股関節パワーおよび力の向上が期待されることである。

【結論】

本研究では、KBS の推進局面における力学的特性を負荷ごとに調査し、さらに JS と比較を行うことで、KBS の力学的特性を明らかにすることを目的とした。その結果、KBS は推進局面において高い股関節の力とパワーを発揮するエクササイズであり、さらに JS より大きな股関節出力を発揮することが明らかとなった。そのため、股関節パワーと力発揮能力を向上させたい場合はトレーニングプログラムに KBS を取り入れることが有効であることが示唆された。