

氏名(本籍)	ま なべ よし あき 眞 鋼 芳 明 (愛媛県)		
学位の種類	博 士 (体育科学)		
学位記番号	博 甲 第 3611 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	体育科学研究科		
学位論文題目	力学的負荷から見たスクワットの特性		
主 査	筑波大学教授	医学博士	高 松 薫
副 査	筑波大学助教授	博士 (体育科学)	尾 縣 貢
副 査	筑波大学助教授	博士 (学術)	藤 井 範 久
副 査	筑波大学教授	博士 (心身障害学)	四日市 章

論 文 の 内 容 の 要 旨

1. 研究目的

多くのスポーツ競技において下肢は力発揮の土台として非常に重要な役割を果たしている。なかでも、膝および股関節まわりの筋群は強大な力発揮能力を有していることから、これらの筋群の強化はパフォーマンスを向上させるための必須要件となっている。スクワットは、膝および股関節まわりの筋群を強化する代表的な筋力トレーニング運動である。そこで本研究では、スクワットにおける挙上重量、運動速度および動作形態を変化させた際に下肢にかかる力学的負荷特性の相違を検証し、さらにスクワットトレーニングが下肢筋群および運動パフォーマンスに及ぼす影響を検証することを目的とした。なお本研究では、力学的負荷を筋の活動様式および発揮張力によって評価できるものと定義し、筋電図およびキネティクスの変量を基にして評価した。

2. 研究課題

上述の目的を達成するために以下に示す2つの研究課題を設定した。

研究課題1 スクワットの多様性と下肢筋群にかかる力学的負荷との関係

- (1) 挙上重量と力学的負荷との関係
- (2) 運動速度および反動動作と力学的負荷との関係
- (3) 動作形態と力学的負荷との関係

研究課題2 速度の異なるスクワットトレーニングが下肢筋群および運動パフォーマンスに与える影響

3. 研究結果

(1) スクワットにおける挙上重量の相違が下肢にかかる力学的負荷に及ぼす影響 (研究課題1-1)

スクワットにおける挙上重量の相違が股関節と膝関節まわりの筋活動および関節トルクに及ぼす影響を検証するために、大学レベルの短距離競技者8名に、実験試技として1RM (1回挙上することがで

きる重量)の90%,75%および60%の3種類の重量を挙上させた結果,以下のことが認められた。

① 挙上重量の増大に伴って大殿筋の活動量が増大すること,またそれに伴って股関節の伸展トルクおよび仕事量が増大し,下肢3関節の総仕事量に対する股関節の貢献度が増大したことから,挙上重量の増大により股関節優位の運動になることが示唆された。

(2) スクワットにおける運動速度の相違および反動動作の有無が下肢にかかる力学的負荷に及ぼす影響(研究課題1-2)

スクワットにおける運動速度の相違および反動動作の有無が股関節と膝関節まわりの筋活動および関節トルクに及ぼす影響を検証するために,大学レベルの短距離競技者10名に,実験試技として任意に下降し,反動をつけずに最大速度で挙上するNormal,5秒間かけて下降し5秒間かけて挙上するSlow,および最大速度で下降後,反動を用いて最大速度で挙上するQuickの3種類の試技を行わせた結果,以下のことが認められた。

① 反動を用いるQuickにおいては,反動を用いないNormalに比べて,挙上時の股関節伸展トルクおよびトルクパワーが増大したことから,大殿筋の伸張-短縮サイクルの効果的な利用が示唆された。

② 持続的な筋活動を求められるSlowにおいては,Sustained stress(関節トルクの時間積分値)が大きいことから,同じ重量を挙上するのに要する力の総量の大きいことが示唆された。また,平均筋活動量は他の試技よりも有意に低値であるが,EMG信号の中央周波数がNormalよりも高値であったことから,Type II線維動員の可能性が推察された。

(3) スクワットにおける動作形態の相違が下肢筋群にかかる力学的負荷に及ぼす影響(研究課題1-3)

スクワットにおける動作形態の相違が,股関節と膝関節まわりの筋活動および関節トルクに及ぼす影響を検証するために,大学レベルの短距離競技者10名に,実験試技として大転子位置を前後させず,膝関節の屈伸を強調して下降および挙上を行うKnee push squat(KPS),膝関節位置を前後させず,股関節の屈伸を強調して下降および挙上を行うHip drive squat(HDS),およびその中間型として,大転子と膝関節中心を結んだ線分の中点を垂直に下降および挙上を行うStandard squat(SS)の3種類の試技を行わせた結果,以下のことが認められた。

① HDSにおいては,股関節の屈曲角度が大きく,大殿筋の強い活動および大腿二頭筋と外側広筋との強い共収縮が認められたことから,疾走をはじめとする多くの競技運動に近い条件で股関節伸展筋群を強化できる可能性が示唆された。

② KPSにおいては,膝関節の可動範囲が大きく,外側広筋のみでなく大腿直筋の強い活動も認められたこと,およびKPSのように膝関節を大きく屈曲させた動作形態では,大腿四頭筋の張力が脛骨-大腿関節面を圧迫させる方向へ働き,膝関節の安定性を高めることなどから,膝関節靭帯損傷後のリハビリテーションなどに有用となる可能性が示唆された。

(4) 運動速度の異なるスクワットトレーニングが下肢筋群の筋断面積および筋力,運動パフォーマンスに及ぼす影響(研究課題2)

スクワットトレーニングにおける運動速度を含めたトレーニング内容の相違が筋断面積,筋力および運動パフォーマンスに与える影響を検証するために,一般大学生18名を,股関節および膝関節伸展筋力の向上を目的として,単関節運動によって膝および股関節伸展を行うMono-articular machine(MAM)群,筋肥大を目的として,5秒間かけてスクワットを行うSlow squat(SS)群,最大出力向上を目的として,最大速度によってスクワットを行うQuick squat(QS)群の3群に分け,週に2回,6週間のトレーニングを行わせた結果,以下のことが認められた。

① 筋横断面積に関しては,SS群のみにおいて有意に増大した。この結果から,SS群が用いたSlow squatは運動時間が長いので,虚血および酸素不足などの代謝的ストレスが増大し,同化ホルモン濃

度が著しく上昇することにより筋肥大が生じる可能性が示唆された。

- ② 筋力に関しては、MAM群においては膝および股関節伸展力、SS群においては低速における膝伸展力および脚伸展力、QS群においては高速における股関節伸展力および脚伸展力がそれぞれ有意に増大した。これらの結果には、膝および股関節伸展力の測定動作はMAM群のトレーニング動作、脚伸展力の測定動作はスクワット動作にそれぞれ類似していることから、トレーニングにおける動作特異性が関与している可能性が示唆された。また、MAM群およびQS群においては全ての速度での筋出力、SS群においては低速のみでの筋出力が改善したことから、トレーニングにおける速度特異性も関与している可能性が示唆された。
- ③ 運動パフォーマンスに関しては、QS群のみにおいて改善が認められた。QS群が用いたQuick squatでは、下降時の運動量を受けとめる伸張性局面で大きな力学的負荷がかかることから、ドロップジャンプなどのパフォーマンスを高めるために重要な負のパワー発揮能力が改善されやすい可能性が示唆された。

4. 結論

本研究の結果から、スクワットにおける挙上重量の相違、運動速度の相違、反動動作の有無および動作形態の相違などによって、下肢にかかる力学的負荷は大きく影響を受けることが明らかになった。また、スクワットトレーニングを実施する際には、レジスタンストレーニングにおける速度特異性および動作特異性を踏まえて、強化部位およびトレーニング目的に応じたトレーニング運動を採用しなければならないことが明らかになった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

スクワットは下肢筋群を強化する最も基本的な筋力トレーニング運動であることから、スポーツ競技者をはじめ多くの人に活用されている。また、トレーニング現場では、実施者のトレーニング目的に即してスクワットの挙上重量、運動速度、運動形態などを多様に変化させて行われている。しかし、それらの実践内容は必ずしも明確な科学的根拠に基づいて行われているわけではない。著者は、このような問題点を背景にして本研究に着手し、挙上重量、運動速度、運動形態などの相違による各種スクワットの下肢にかかる力学的負荷特性について検証するとともに、それらのトレーニング効果を検証した。その結果、①挙上重量の重いスクワットでは股関節伸展筋群への力学的負荷が高いこと、②低速でのスクワットは力学的負荷が少ないものの生理的負荷が高いことから、筋肥大に有効であること、③反動を用いたスクワットは大殿筋への力学的負荷が高いこと、④膝関節主導型スクワットは高い膝関節の安定性を保った状態で膝関節伸展筋群を強化できること、⑤股関節主導型スクワットは跳躍および疾走パフォーマンスの改善に有効であること、などを明らかにした。

審査専門委員会では、本論文で得られた知見は、運動パフォーマンスの改善を目的として行われるスクワットに理論的背景を提示したものであることから、トレーニング現場においてきわめて有用になるとして高く評価された。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。