

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：30116

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500748

研究課題名(和文)動作特異的な多関節運動における力-速度-パワー関係の解析と基準値の推定

研究課題名(英文) Analysis of force- and power-velocity relationships in a specificity multi-joint movement

研究代表者

小林 秀紹 (Kobayashi, Hidetsugu)

札幌国際大学・スポーツ人間学部・教授

研究者番号：40280383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は多関節運動における筋パワー発揮時の等速性筋力測定の信頼性と発揮速度との関係について検討することを目的とした。等速性筋力の測定はダイナモメータを内蔵したサーボ系ケーブル駆動型等速性筋力計を利用し、動作様式はスクワットとした。信頼性の検討結果、遅い速度では高い信頼性が確認できるが、速度が速くなるほど信頼性が低くなった。遅い速度では安定(再現性の高い)した筋発揮の波形が確認できるが、速度が増すほどスムーズな筋力発揮ができていないことが窺える。スクワット動作において発揮された力は遅い等速運動時に大きな値を示した。また異なる速度であっても初期の発揮パターンは同様な傾向を示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present study was to examine the reliability of isokinetic parallel back squat to determine if repeated measures on the same subjects yielded reliable results. The subjects performed six squat tests at angular velocities of 30, 60, 90, 120, 150 and 180 degree per second. Absolute measures of peak power per revolution were recorded. The intraclass correlation coefficients (ICCs) for the eccentric phase of squat exercise ranged from 0.85-0.92 while for the concentric phase of squat exercise of ICCs values showed under 0.80 except at a speed of 30 degree/s. To obtain reliable power data, more familiarization seems to be needed when they perform modified versions of common multijoint strength tests. The marked differences in reliability resulting from variation in the concentric phase of squat exercise suggests that the reliability of a test needs to be reestablished when it is modified, before it is used to assess subject strength performance.

研究分野：トレーニング科学

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：筋パワー 等速性運動 多関節運動

1. 研究開始当初の背景

(1) 伝統的なレジスタンストレーニングはその原理原則に加えて、運動の強度、時間、および頻度等の条件が具体的に設定されて初めて目的に応じたトレーニングが可能となる。しかし、筋パワーの向上を目的とした場合、動作速度の条件に関して具体的な数値目標を設定して実施されることはほとんどない。しかしながら、最大筋力や筋肥大といったトレーニングの目的に比べ、筋パワーの向上はより競技特異的な目的であるにも関わらず、他の目的よりもトレーニング条件の数値設定に関する詳細な指標は提示されていない。負荷重量や挙上回数に比べて速度の評価は困難であったためである。最大筋力は運動速度を高めるためには直接的な効果を発揮せず、力発揮率 (RFD) 等、筋パワーの評価変数に関する検討も十分とは言い難い。先行研究において多関節運動における筋パワーの動作速度と負荷強度に関する基礎的且つ詳細な報告は十分とは言い難い。

以上、筋パワーの向上を目的としたトレーニング条件に「動作速度」は含まれておらず、簡便な筋パワーの評価が可能となった現在、トレーニングの原理原則に基づいた具体的な且つ重要な条件として動作速度と負荷強度に関する基準値 (ノルム) が早急に整備されるべきである。

(2) 筋力の評価は主に、①IRM、②等尺性最大筋力、③等速性筋力、④等張力性短縮速度、の4つの観点が考えられる。特に等張力性短縮速度の測定は、実際の運動形態で実施でき、動作特異的、競技特異性が保障される「理想的な筋力評価」といえる (石井, 2001)。近年、レジスタンストレーニングにおける動作速度を簡便に評価できるロータリーエンコーダあるいは加速度計を内蔵した機器がトレーニングの現場において活用され始めており、申請者はこれらの機器による様々な多関節トレーニングにおける筋パワーの測定を行っている。しかしながら、多関節運動である自由度から、測定値の信頼性は高いとは言い難く、測定条件や被験者特性を考慮した評価が重要と考えられる。また、筋パワーの向上を目的としたトレーニングの条件については、単関節運動における報告以降、多関節運動における力-速度-パワー関係の詳細な検討はなされていない。

2. 研究の目的

前述の学術的背景とこれまでの申請者の測定結果をもとに、本研究はまだ十分とは言い難い多関節運動時の等速性筋力の信頼性を検討した上で、レジスタンストレーニングあるいは競技特異的な動作における最大パワー発揮の負荷強度を明らかにする。これらの結果から等張力性収縮と等速性収縮における力-速度-パワー関係を統合的に記述することによって、筋パワートレーニングに

有効な基礎資料を提示する。

①多関節運動におけるケーブル駆動型等速性筋力測定の信頼性はダイナモメータを内蔵したサーボ系ケーブル駆動型等速性筋力計を使用し、多関節レジスタンストレーニングにおける等速性筋力を評価することによって検討する。

②等速性筋力は膝関節の屈曲伸展など主に単関節運動の評価が一般的であり、これまで多くの知見が得られている。しかし、多関節運動においては、脚伸展あるいは股関節体幹伸展動作を除き等速性運動の力-速度関係の特性は明らかになっていない。本研究は等速スクワット動作における力およびパワー発揮に関する力-速度関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

等速性筋力測定器 (Primus-RS, BTE 社製) は広く利用されている Biodex や Con-trex にはないケーブルを利用したフリーモーションによる動作特異的な多関節運動の等速性筋力の評価が可能である。一般に等速性筋力は膝関節の屈曲伸展など主に単関節運動を評価している。単関節運動は動作を規定しやすく、角速度が一次的に得られるため評価結果を解釈しやすい。しかし、多関節運動においては、脚伸展屈曲あるいは股関節体幹伸展屈曲を除き等速性運動の力-速度曲線の特性は十分明らかになっていない。そのため先ず、多関節運動における等速性筋力の信頼性を検討する。対象となる動作は前述の筋パワー課題における運動課題としてスクワット動作を選択した。被験者は日常生活に支障の無い男性6名 (年齢: 20-21 歳, 身長: 171.2 ± 4.4 cm, 体重: 66.5 ± 5.3 kg) であった。

被験者はスクワットの実施に関して基本的な動作を習得した者であった。膝を伸展した位置からパラレルスクワットにおける膝屈曲位置までを規定した上で、測定を行った。運動の設定速度はダイナモヘッド軸の回転速度を 30,60,90,120,150,180deg/sec の6速度に設定した (信頼性の検討においては 150deg/sec を除く5速度)。各速度において5試行実施した。信頼性の解析は収縮様式と速度を要因とする2要因分散分析、収縮様式と試行を要因とする2要因分散分析を行った。また、5試行の信頼性には ICC を算出し、検討した。力-速度関係の解析は各速度の peak force における対応のある分散分析を行った。また、速度と peak force 間の関係について回帰分析を行った。

4. 研究成果

収縮様式 (短縮および伸張) と速度を要因とする2要因分散分析の結果、いずれの速度においても収縮要因に有意差が認められた。また、伸張性において角速度 180deg/sec は 30,60,90deg/sec よりも有意に高い値が認められた。短縮性では速度間で筋力に差は認めら

れなかった。信頼性係数（図1）は、短縮性において0.75から0.93の値が得られた。一方、伸張性では30,60deg/secにおいては0.8以上の信頼性係数が得られたが、90deg/sec以上の速い速度における信頼性係数は0.4未満であった。

遅い速度では高い信頼性が確認できるが、速度が速くなるほど信頼性が低くなった。遅い速度では安定（再現性の高い）した筋発揮の波形が確認できるが、速度が増すほどスムーズな筋力発揮ができていないことが窺える。

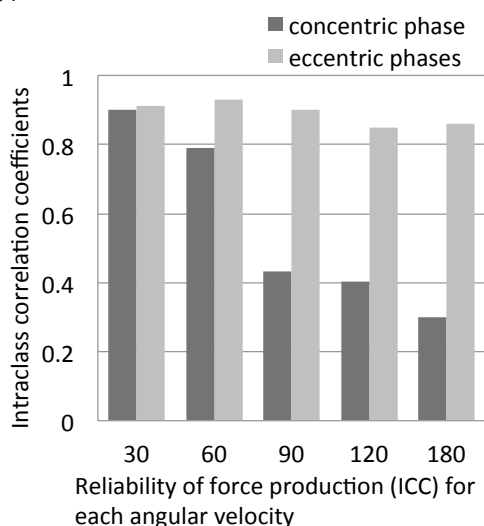


図1 各速度における信頼性係数

多関節運動における等速性筋力発揮値の信頼性は速度によってばらつきがあり、36cm/secよりも速い速度での信頼性係数は0.8に満たなかった。また、短縮性と伸張性の収縮様式の違いにおいても信頼性が異なった。

図2は各速度における力の経時変化を示している。発揮された力は遅い等速運動時に大きな値を示した。また、異なる速度であっても初期の発揮パターンは同様な傾向と示すと考えられた。ただ、力発揮速度の上昇局面は一般的な単関節運動における等速性筋

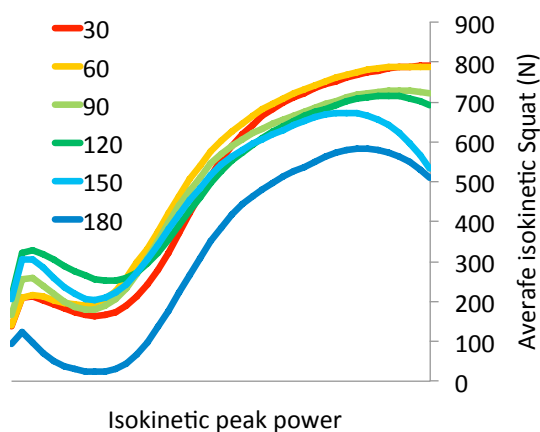


図2 各速度における筋発揮パターン

出力とは異なる様相を呈した。等速を制御する装置であるものの、速度は時間的な遅れの後、一定速度に近似する。動作終了時点まで等速性が維持されない。

図3は各速度における等速性筋力の peak forceを示している。peak forceは速度が増すにつれ低下した。対応のある分散分析の結果、有意差が認められた。また、6段階の速度における測定値から、回帰式のあてはめを行った結果、良好な適合が認められた。等速性筋発揮によるスクワット動作において力と速度の間には関係があり、指数関数ではなく、直線関係を仮定することができると考えられる。

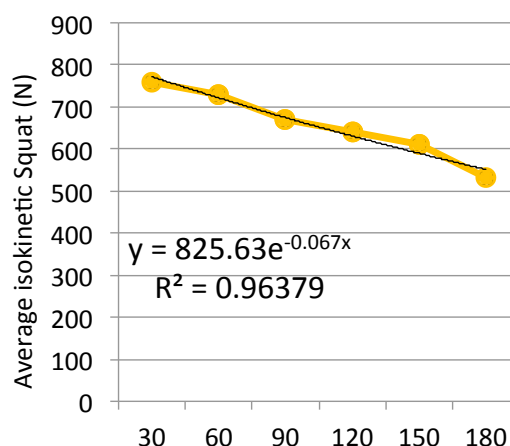


図3 等速性筋力の異なる速度間関係

筋パワーの構成要素である力と速度の関係はこれまでの研究において筋収縮特性曲線として指数関数で示されることが知られている。主に足、膝、腰の3つの関節による今回のスクワット動作における速度と力の関係は直線関係に良く適合した。しかし、発揮パターンは単純ではなく、RFD等の多面的観点からパワー発揮を評価し、多関節運動の力-速度関係を検討する必要があると考えられる。また、力-速度関係を明らかにする上で設定する有効な速度の範囲を検討する必要があると考えられる。

単関節運動よりも複雑な多関節運動では評価変量も様々な観点が考えられる。従って、今後は多関節運動における等速性筋発揮に最適な測定変量を明らかにする必要があると考えられる。また、動作様式の違いと筋力発揮速度との関係において、一定水準の信頼性が得られる根拠を検討する。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計5件)

- ① Hidetsugu KOBAYASHI, Reliability of Isokinetic Parallel Back Squat, NSCA 36th Annual National Conference, 2013
- ② 小林秀紹, 等速スクワット動作における力-速度関係の解析, 日本体育測定評価学会第12回大会, 2013年2月23日, 神奈

- 川・とつか湘南 YMCA 専門学校
- ③ 小林秀紹, スクワット動作における等速性筋活動の評価, NSCA ジャパン S&C カンファレンス, 2012 年 12 月 2 日, 早稲田大学
 - ④ 小林秀紹, 現場に活かす測定評価とは「カーリングのトレーニングにおける測定評価」, 日本体育学会第 63 回大会測定評価分科会シンポジウム, 2012 年 8 月 22 日, 東海大学
 - ⑤ 小林秀紹, 多関節運動における等速性筋活動の信頼性, 第 66 回日本体力医学会大会, 2011 年 9 月 16 日, 海峡メッセ下関

[図書] (計 2 件)

- ① 小林秀紹 他, 杏林書院, 健康・スポーツ科学のための調査研究法, 2014, 70-78
- ② 小林秀紹 他, 杏林書院, 健康・スポーツ科学のための R による統計解析入門, 2013, 217-236

6. 研究組織

(1)研究代表者

小林 秀紹 (KOBAYASHI, Hidetsugu)

札幌国際大学・スポーツ人間学部・教授

研究者番号：40280383