

しゃがみ込み動作が全身反応時間に及ぼす効果について

富岡 真吾*・高橋 一男**・清水 茂幸***・澤村 省逸***・清水 将***・上濱 龍也***

(2012年2月12日受理)

Shingo TOMIOKA, Kazuo TAKAHASHI, Shigeyuki SHIMIZU

Shoitsu SAWAMURA, Sho SHIMIZU Tatsuya KAMIHAMA

The Effects of the Quick Squat Down and Stop Exercise on Whole Body Reaction Time

I 諸言

体力とは、人間の活動や生存の基礎となる身体的能力である、行動体力と防衛体力の2つに分けることができる。行動体力に直接かかわる要素である、行動を起こす力、行動を持続する力および行動を調整する力が含まれる。これらは、筋機能、呼吸循環機能、神経機能、関節機能などが関与する。これに対して、防衛体力は生存にかかわる要素であり、身体にとって不利になる外部環境の変化(さまざまなストレス)に対して、生体の内部環境を一定に保つ能力である(勝田2007)と述べている。体力の中で敏捷性に注目すると、敏捷性を構成する因子として、筋の収縮速度、筋を支配する運動ニューロンのインパルス発射様式、運動が長い時間にわたる場合の酸素消費能力などがあげられる。これらの要因の組み合わせによって様々な敏捷な動作の様式が成り立っている。さらに、敏捷性を体力の要素の1つとしてみる際に、与えられた刺激に対して反応動作が起きるまでの時間、つまり反応時間がある(猪飼1975)。

反応時間については昔から多くの研究者によって測定、検討がなされている。一般的には、視覚(光)、あるいは聴覚(音)の刺激に対して手、足を用いてできるだけ早く規定された動作を起こすことによって測定される。この合図から動作が起

こるまでの時間がすなわち反応時間である。

猪飼(1975)は、運動を行うことによって反応時間が変動することを報告している。この報告では、運動することによって反応時間が一過性に短縮し、被験者のトレーニングの程度によって反応時間の最小値に差があるとしている。

運動選手の反応が、一般人よりも短いことはよく知られており、運動選手のなかでもトレーニングの程度によっても反応時間は異なってくる。トレーニングによって反応時間が短縮することは明らかであり、その限界については反射時間に近づくこととされている。反射時間と反応時間との関係については、反応時間と同じ被験者で行い、反応時間で最も早かった被験者が、反射時間においても最も早かった。反応時間と運動競技の関連をみる際に、ほとんどの種目で全身を動かすため、全身反応時間について検討した方がいいとされている。全身反応時間においても種目、トレーニングの程度によって差がでるものと考えられる。

猪飼ら(1975)は、ステッピングと全身反応時間についてのトレーニング効果は、反応開始時間と筋収縮時間に短縮が認められ、反応時間を構成する神経系、筋系の両要素にトレーニング効果が生じると述べている。

この神経系、筋系の両要素にトレーニング効果

* 岩手大学教育学部生涯教育課程 ** 岩手県教育委員会 上席スポーツ医・科学専門員

*** 岩手大学教育学部

をもたらす電気刺激(EMS)がある。通常、筋肉は脳からの指令が脊髄を通して運動神経に伝わり運動する。EMSは、この指令と同様の電気によって運動神経に刺激を与え、筋肉を運動させるシステムである。EMSによる運動は、自発的な運動(随意的筋収縮)よりも高い筋力値を与えることができ、高い運動効果が得られる。またEMSによる筋収縮は、自分の意志による筋収縮に比べ、最大筋力での収縮をより長時間持続することができる。EMSにはこのような特徴があり、クラウチングスタートのトレーニングへの導入例がある。EMS器具(バイオインバルサー)によって、筋線維の動員率を増加させると同時に反応スピードを改善し、運動の操作プログラムに直接働きかけるものである。その専門動作の進行中に、筋に対する瞬時的な電気刺激を引き起こし、筋だけが刺激されるのではなく、反射系メカニズムを通して操作プログラムに対して働きかけることができる。このようにEMSはその刺激がタイミングよく集中した筋稼働開始とその稼働の急激な上昇へと、筋活動の過程をリードすることができるため反応時間の短縮に有効であるとされる。しかし、EMS器具は誰もが使用できるものではない。

一方、日常的に行われている神経-筋のトレーニングにハードルジャンプやボックスジャンプなどがある。このようなプライオメトリクス系のジャンプトレーニングは、神経-筋のコントロールを主体的に行うことが難しく、また負荷が高いため高頻度での反復練習ができない。

そこで、本研究では、神経筋のコントロールを行いやすく、負荷が少ないことから反復練習が可能となる、脱力後に筋収縮を起こさせる脱力系トレーニングとして「しゃがみ込み動作」を取り上げ、反応時間にどのような影響を与えるかを検討していくことを目的とした。

II 研究方法

1. 被験者および実験方法

被験者はI大学陸上競技部に所属する男子競技者14名とした。

1) しゃがみ込み動作の定義

しゃがみ込み動作は、肩幅程度に足を開き膝関節を軽く屈曲させた立位準備姿勢をとり、その姿勢を支えている大腿四頭筋を急激に脱力し、膝関節が90度程度になるところで瞬間的に停止する動作とした。

2) 動作の指示

- ・脱力は大腿四頭筋の力を抜く。
- ・停止は膝関節が90度程度になるところで瞬間的に停止する。
- ・停止することよりも急激に脱力することを意識する。

3) トレーニング内容

トレーニングは音刺激を用いて行い、音刺激を合図にしゃがみ込み動作を行わせた。また音刺激の間隔は不規則にし、1日に10回×2セットを2週間行わせた。なお、被験者はトレーニングをする群(以下実験群)としない群(以下統制群)にランダムに分けた。

4) 全身反応時間の測定

キスラー社製のフォースプレートを用い、被験者の前方1mにDKH社製刺激提示器を設置した。被験者がフォースプレートの中心に乗り、被験者の用意ができ静止しているのを確認した後に光刺激を提示し、光刺激に対して軽くジャンプするまでの時間(全身反応時間)を10回連続して測定した。プレテストを実験群、統制群ともに行い、その後2週間、実験群にはしゃがみ込みトレーニングを行わせた。トレーニング期間終了後にプレテストと同条件でポストテストを行った。

反応時間の測定は、フォースプレートによって得られたデータを、DKH社製の変換ユニットを介してPC(日本電気社製)に取り込んだ。

2. 測定項目

- ①全身反応時間(光刺激からジャンプしフォースプレートから足が離れるまでの時間)、
- ②反応開始時間(光刺激から荷重の変化までの時間)、
- ③筋収縮時間(全身反応時間から反応開始時間を引いた時間)を測定した。

3. 分析

各項目の分析は測定した10試行のうち、最大値と最小値を示した試行を除き、8試行の平均値を分析対象とした。反応開始時間、筋収縮時間について実験群、統制群の各群のプレテストとポストテストの比較には対応のあるt検定を行った。また、実験群、統制群のプレ-ポストの差の比較にはt検定を行った。なお有意水準は5%とした。

Ⅲ 結果

1. 反応開始時間

実験群の平均値は、プレテストが0.163sec、ポストテストが0.145secであり0.018sec短縮した。統制群の平均値は、プレテストが0.164sec、ポストテストが0.167secであり、0.003sec遅延した。

実験群は有意水準5%未満で統計的に有意な差が認められた ($p=0.001$)。統制群は統計的に有意な差が認められなかった ($p=0.23$)。(図1) また、両群の平均値の差については、統計的に有意な差が認められた ($p=0.002$)。(図2)

2. 筋収縮時間

実験群の平均値は、プレテストが0.187sec、ポストテストが0.137secであり0.05sec短縮し、有意な差が認められた ($p=0.007$)。統制群の平均値は、プレテストが0.159sec、ポストテストが0.141secであり、0.018sec短縮したが有意な差は認められなかった ($p=0.18$)。(図3)

両群の平均値の差については、有意な差は認められなかった ($p=0.09$)。(図4)

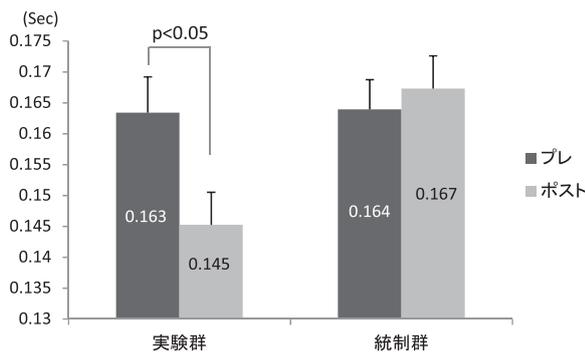


図1 各群のプレ-ポスト間の反応開始時間の比較

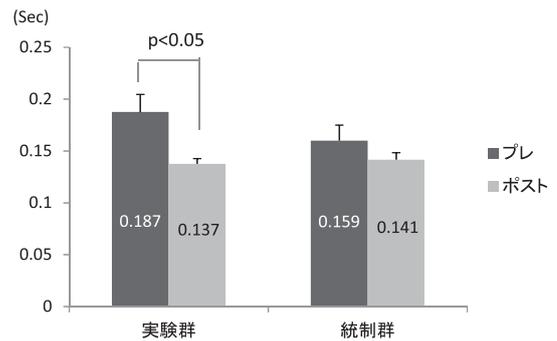


図3 各群のプレ-ポスト間の筋収縮時間の比較

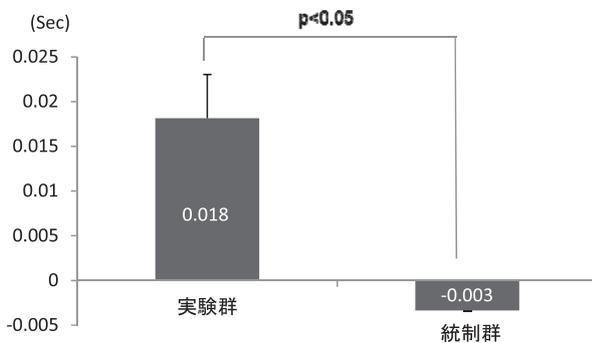


図2 実験群と統制群の反応時間の差の比較

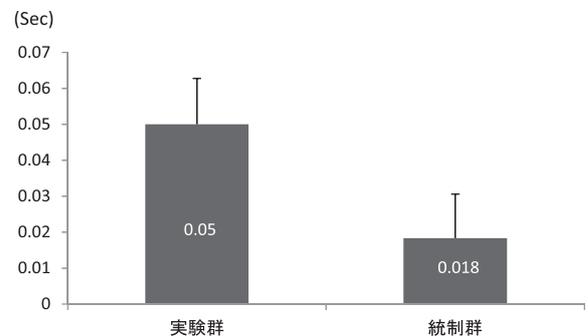


図4 実験群と統制群の筋収縮時間の差の比較

IV 考察

しゃがみ込み動作は、肩幅程度に足を開き、膝関節を軽く屈曲させた立位準備姿勢をとり、その姿勢を支えている大腿四頭筋を急激に脱力し、膝関節90度程度になるところで停止する動作である。

膝関節の脱力をする抜き動作において、刺激に対して急速に反応動作をすると、動作に先行して主動筋に一過性の筋放電休止期が出現し、それに伴う伸張反射による伸張-短縮サイクル(SSC)が作動すると述べている。筋放電休止期は、大脳皮質前頭葉・小脳・脳幹抑制領域からの遠心性インパルスの関与があり、一種の中枢抑制現象であると述べている。また、膝関節の脱力により大腿直筋が急激に伸張され、SSCが作動した(脇田ら2010)と述べている。

SSCとは伸張性と短縮性の筋活動の組み合わせである。短縮性筋活動の前に伸張性筋活動が加わると、短縮性筋活動の力とスピード、パワー出力は増大することが知られている。また短縮性筋活動のメカニズムには、筋の弾性と筋紡錘の弾性という2つのタイプがある。筋にはエラスチンと呼ばれるたんぱく質でできた弾性線維が含まれている。この線維は伸びやすく、すぐに元の長さに戻る性質を持ち、輪ゴムのように機能し、伸ばしたときに動作のパワーが増大する。筋紡錘は筋と腱の接合部付近にあり、筋紡錘は変質した筋骨格筋線維とその一方の端を包む感覚神経で構成される。筋紡錘は筋内に生じた伸長量の変化を感知する。信号が感覚神経を通過して脊髄に送られると、そこで運動神経が刺激され、伸長していた筋が収縮するもので、これを伸張反射という。このように膝関節の脱力をすることで、一過性の筋放電休止期に伴う伸張反射によるSSCが作動する(Ed McNeely2010)。

反応時間について、反応時間は反応刺激が与えられてから動作が開始されるまでの時間を指し、それに費やされる所要時間は刺激から筋放電開始までの中枢処理時間(EMG-RT)に大きく左右されることが指摘されている(与那ら1990)。EMG-

RTは一般人に比べ運動選手が短く、運動選手の中でも短距離選手や跳躍選手が短い、これは運動の経験や種類によるトレーニング内容の違いによるものである。また速い収縮や筋力は中枢系の興奮性に関係し、反応時間も中枢系の働きに非常に影響する(与那ら1990)と述べている。中枢神経系ではニューロンは互いにシナプスによって機能的に結合し、ニューロン回路を形成している。トレーニングを積んだ人は、動作が滑らかに行えるようなニューロン間の結合がされる。これは特定のニューロン間のシナプスがトレーニングにより発達し、特定の運動のために特定のニューロン回路を使用し続けると、その回路のシナプスでの信号伝達がより円滑となり、運動が巧みに行えるようになる。これをシナプスの可塑性という(杉1995)。

本研究において、反応開始時間について、実験群は有意な差が認められ($p=0.001$)たが、統制群は有意な差が認められなかった($p=0.23$)。さらに両群の平均の差にも有意な差が認められた($p=0.002$)。一方、筋収縮時間についても、実験群は有意な差が認められ($p=0.007$)たが、統制群は有意な差が認められなかった($p=0.18$)。しかし両群の平均の差については、有意な差が認められなかった($p=0.09$)。反応開始時間のみ実験群と統制群の差に有意な差が認められたことで、しゃがみ込み動作は神経系に影響を与え反応時間が短縮したことが示唆された。本研究は、筋力トレーニングやジャンプなどの通常動作とは異なる脱力動作で行ったが、筋力トレーニングやジャンプトレーニングによる中枢系の改善、シナプスの可塑性が、しゃがみ込み動作によってもあったと考える。また動作の違いについては、通常筋力発揮後に筋収縮が開始されるのに対し、脱力動作では動作開始後に先行して脱力による重心移動が起こり、動作開始後に筋収縮が開始する(与那ら1990)といった違いがあり、脱力動作によっても通常動作のトレーニング効果があることが示唆された。本研究はEMG-RTが短いとされている競技者を対象に行ったにもかかわらず、反応開始時間が短縮した

ことから、神経系改善に有効であると考え。神経系の改善について、トレーニングを行った実験群において、シナプスの可塑性があり反応開始時間が短縮したと考える。神経は筋の収縮速度をコントロールしており、SSCはその神経を刺激し筋収縮速度を向上させ、筋収縮時間が短縮したと考える。本研究の統制群において筋収縮時間に有意差が認められなかったものの、プレテストに比較してポストテストが0.018sec短縮した値を示した。この結果の要因として、トレーニングの有無に関わらず起こるSSCの作動によるものと推察される。

本研究は約2週間のトレーニング期間で反応開始時間、筋収縮時間が短縮してことで、しゃがみ込み動作は短期間で効果が期待でき、筋収縮時間よりも反応開始時間短縮に有効であることが示唆された。

V 総括

本研究はしゃがみ込み動作が反応時間に与える影響を検討し、結果の概要は以下の通りである。

- ・ 反応開始時間は実験群において有意な差が認められた。
- ・ 反応開始時間の両群の差において有意な差が認められた。
- ・ 筋収縮時間は実験群において有意な差が認められた。

以上のことから、しゃがみ込み動作は反応時間短縮に有効であると考え。反応開始時間のみ両群の差において、統計的に有意な差が認められたことで神経系に影響を与え反応時間が短縮したことが示唆された。

VI 参考文献

- 1) 猪飼 道夫編(1975): 身体運動の生理学. 杏林書院.
- 2) Ed McNeely (2010): プライオメトリックス入門: 筋力をパワーに変換する. NSCA JAPAN. Volume 17, Number 6, pages 56-59.
- 3) 勝田 茂(2007): 入門運動生理学 第3班. 杏

林書院.

4) 杉 晴夫(1995): 栄養・健康科学シリーズ 運動生理学. 南江堂.

5) 与那 正栄, 室 増男, 下敷領 光一, 永田 晟(1990): 筋力トレーニングに伴う反応時間の変化. 体力科学39(5), 307-314.

6) 脇田, 裕久, 滝藤, 充宏 (2010): 単純反応動作における膝関節の脱力効果. 三重大学教育学部研究紀要. 自然科学・人文科学・社会科学・教育科学 61, 21-28.