

足趾筋力と体力因子との関係

The relationship between the toe muscle strength and physical strength factor

光井 信介*

Nobusuke Mitsui*

要 旨

〔目的〕本研究は足趾筋力と体力因子との関係を明らかにすることを目的とした。〔対象〕対象は男子学生10名とした。〔方法〕測定は足趾筋力、握力、垂直跳び、閉眼片足立ちとした。〔結果〕足趾筋力は閉眼片足立ち時間と握力に相関が認められた。〔結語〕足趾筋力が強いほど、閉眼片足立ち時間が長く保持できることが示唆された。

キーワード：足、バランス、筋力

Abstract

〔Purpose〕 The purpose of this study was to clarify the relationship between the toe muscle strength and balance ability and other factors. 〔Subjects〕 The subjects were male 10 students. 〔Method〕 Measurement item was toe strength and grip strength and vertical jump and closed eyes standing on one leg. 〔Results〕 Toe muscle strength was observed correlation in the closed-eye one leg Standing time and grip strength. 〔Conclusion〕 As the strong toe muscle strength, closed-eye one leg Standing time has been suggested that it is possible to hold long.

Key words : Foot, Balance, Muscular strength

緒 言

身体運動は筋収縮により関節運動が引き起こすことによって生じる。筋収縮による筋出力が高いほど、高い次元での関節の回転、回旋運動が可能となり、身体運動能力が高まることが考えられる。身体能力を評価する指標として、筋力測定及び体力測定が一般的に行われている。最大筋力は、筋断面積に比例することが知られており、握力の測定は文部科学省の新体力テストの一項目として、筋力を簡易的に計測できることから幅広い年代層の筋力指標として実施されている。筋パワーは一定の速度で全力に動かす筋力であり、筋の形態的な特性の他に筋繊維タイプにも大きく影響をうける（秋間、2009）。

身体運動は、「反動」によって支えられていると言っても過言ではない。反動動作は、垂直跳びの動作のように沈み込み動作を利用するなど、主動作の直前に逆方向に運動し、一旦引き伸ばされた後に短縮する Stretch-shortening cycle : SSC と呼ばれている（深代、2000）。体力テストとしての「垂直跳び」は、足、膝、腰を中心とする下肢の3関節の屈伸による動作であり、各関節トルクの変化パターンは運動中ほとんど伸展トルクとなり、3関節のトルクはほぼ同期して現れることが知られている。測定としては20世紀初頭にサージャントによって提案された体力テスト（壁を用いて静止時と跳躍時の高さの差を求める方法）が親しく、垂直跳びは多くのスポーツの求められる能力の一つとして

*日本経済大学経済学部健康スポーツ経営学科

重要視されてきた。深代（2000）によれば、人間の動作において最終的なパフォーマンスを最大にするために、力学的出力を各筋で最大にすることは有効ではなく、発揮された出力を適切に利用されなくてはならないとし、反動動作によって、個々の筋-腱複合体の能力の改善と同時に、動作全体の協調が重要であると報告している。

平衡調整能力とは、身体の位置、姿勢を適切な範囲に保持する能力で平衡機能、姿勢保持能とほぼ同義で使われ、一般にバランス能と呼ばれる。この能力は抗重力筋群を中心とした筋出力を反射的および随意的に調整し、身体の位置を制御する総合的な指標である（田中ら、2007）。足部は静止立位時に唯一床面と接地し、身体の支持、静的及び動的バランス保持、力の伝達など様々な働きをもつとされる。足趾は身体移動時に支持基底面の足圧中心（center of pressure：COP）を前方へ移動するときに働く。また、姿勢制御において、COP位置をコントロールし安定性を保っている為、足趾の姿勢制御に関する役割は大きいといえる。足趾の機能が低下すると、足部バランス能が不安定となり立位時の重心動揺が大きくなり、平衡調整能が低下し、転倒の危険性が高くなるといえる。青年期に競技スポーツを実践している者では、より高いパフォーマンスを発揮するためにトレーニングによる筋力強化を行うが、高齢者では昔から「老いは脚から」といわれるように、脚の衰えは全身の衰えに繋がり、特に、下肢筋力は日常生活を円滑に追行する上で必要不可欠な体力要素といえる（田中ら、2007）。

これまでの先行研究では、足趾筋力の強化により、静止立位姿勢の重心動揺との関係性が報告されている（藤原ら、1982；猪飼ら、2006）。一方で、足趾運動機能は静的立位時の重心動揺との関係は低く、動的バランスとの関係性が高いと報告している（半田ら、2004；木藤ら、2001）。しかしながら、足趾筋力と他の体力因子との関係に関する報告は少なく、健康関連体力としての足趾筋力を評価するに値するエビデンスは十分とはいえない。そこで、本研究は足趾筋力に着目し、平衡調整能力及びその他の体力因子との関係を明らかにすることを目的とした。

対 象

対象は一般男子学生10名を対象とした。年齢、身長、体重、靴サイズ（平均±標準偏差）は、 20.3 ± 1.1 歳、 172.0 ± 7.8 cm、 67.5 ± 11.3 kg、 26.7 ± 1.5 cmであった。これら被験者には当調査において、ヘルシンキ宣言の趣旨に準拠し、倫理的配慮のもとに研究目的及び概要を説明し、調査により取得されたデータは全て統計処理を行い、得られたデータは研究目的以外には使用しないことを説明し、同意を得て研究を開始した。

方 法

運動機能の測定は垂直跳び、足趾筋力、握力、閉眼片足立ち時間の合計4項目とした。尚、各測定には事前練習を行い、筋疲労を考慮し休息を十分にとり実施した。

垂直跳びの測定はデジタル垂直跳び測定器 T.K.K.5414（竹井機器工業社製）を使用し、自然立位で

計測シートの上に立ち最大努力で2回の測定を行い、その最大値を代表値とした。

足趾筋力の測定は足趾筋力計測器 T.K.K3362（竹井機器工業社製）の機器を使用し、両足の足趾筋力を測定した。測定時には、足趾筋力計のバーを被験者の第1中足指節関節に合うように調整し、測定肢位は静止立位姿勢で、平坦な床上に足を肩幅に開き、両上肢を体側に下垂して上体を前方、後方へ重心移動することがないように測定した。足関節は底背屈中間位とし、左右交互に2回ずつ行い、左右それぞれの最大値を足趾筋力とし、左右の平均値を統計解析の代表値として採用した。握力の測定は、握力測定器 T.K.K.6101a（武井機器社製）を使用し、文部科学省の新体力テストの実施要領に基づき、人差し指の第2関節がほぼ垂直になるように握り幅を調整し、左右交互に2回ずつ行い、左右それぞれの最大値を握力とし、左右の平均値を統計解析の代表値として採用した。閉眼片足立ち時間の測定は、両上肢を左右の両腰にあて閉眼にて立位姿勢をとり、最大2分間計測し、左右2回ずつ行い、左右それぞれの最大値を閉眼片足立ち時間とし、左右の平均値を統計解析の代表値として採用した。

統計処理は、統計解析ソフトウェア SPSS Statistics 23（IBM）を用い、対象者の身体的特性と運動機能の4項目において、それぞれの項目間を Pearson の相関係数にて関連性を検討し、有意な相関があるものは単回帰分析にて回帰式及び決定係数を求めた。尚、統計学的有意水準はいずれも5%未満とした。

結 果

対象者の各測定項目の平均値と標準偏差を表1に示した。属性及び体力因子の関係を明らかにするため、相関係数を算出し、靴サイズは身長（ $r=0.74$ 、 $p<0.05$ ）と、体重（ $r=0.78$ 、 $p<0.01$ ）にそれぞれ正の相関が認められた。垂直跳びは靴サイズ（ $r=0.66$ 、 $p<0.05$ ）と、握力（ $r=0.85$ 、 $p<0.01$ ）及び体重（ $r=0.77$ 、 $p<0.01$ ）にそれぞれ正の相関が認められた。足趾筋力は握力（ $r=0.73$ 、 $p<0.01$ ）と閉眼片足立ち時間（ $r=0.75$ 、 $p<0.01$ ）にそれぞれ正の相関が認められた。足趾筋力は垂直跳び（ $r=0.41$ 、ns）と相関が認められなかった。また、閉眼片足立ち時間は握力（ $r=0.56$ 、ns）と垂直跳び（ $r=0.30$ 、ns）に相関は認められなかった。また、単回帰分析の結果、閉眼片足立ち時間と足趾筋力の単回帰式及び決定係数（ $y = -30.89 + 3.67x$ 、 $R^2 = 0.56$ ）、握力と足趾筋力（ $y = 21.72 + 1.05x$ 、 $R^2 = 0.53$ ）であり、垂直跳びと握力（ $y = 32.76 + 0.45x$ 、 $R^2 = 0.72$ ）はいずれも有意なモデルが得られた。

表1 運動機能の測定結果 (n=10)

	垂直跳び (cm)	足趾筋力 (kg)	握 力 (kg)	閉眼片足立ち (sec)
平 均	54.60	25.51	48.38	62.65
標準偏差	6.77	8.86	12.69	43.63

考 察

立位姿勢では頸部筋、脊柱起立筋、脚伸筋群などの重力に抗する筋は抗重力筋とも呼ばれ、立位姿勢保持の為、持続的に活動することが知られている。姿勢が安定する条件に基底面が広いこと、重心が低いこと、体重が重いことが姿勢の安定性に必要な条件であるといわれる。今回の研究で身長は靴サイズに、体重は靴サイズと垂直跳びにそれぞれ正の相関が認められた。これらのことは、身体が大きい者ほど基底面が広く、靴サイズが大きい傾向にあり、筋力及び筋パワーが高いことが考えられる。今回の研究で閉眼片足立ち時間と足趾筋力、握力と足趾筋力、垂直跳びと握力に正の相関が認められ、単回帰分析の結果、有意なモデルが得られた。足趾筋力は平衡調整能力であるバランス能に独立して影響する要因であることが認められた。つまり、足趾筋力が強い人は、閉眼片足立ち時間が長くバランス能力も高い傾向にあることが示された。また、足趾筋力と握力との関係が認められ、足趾筋力は握力とともに身体の筋力指標として、特に、下肢筋群の重要な筋力因子であることが考えられる。

今回の測定結果から、足趾筋力に対し、握力は52.7%の筋出力であり、足趾筋力は握力の約半分の筋力を有していることが示された。これまでの先行研究では、足趾筋力は足趾把持力や足趾屈曲力とも呼ばれ、加齢に伴い他の運動機能に比べ顕著に低下を示すこと、バランス能力や移動能力に対し、独立して影響する要因であることを報告している（新井ら、2011）。また、足趾筋力はバランス能力との間に相関が認められと報告している（竹井ら、2009）。藤原ら（1982）によれば、姿勢制御における重心動揺は、60歳以上で前後の振り幅が大きくなり、母趾屈曲力及び底屈力は、50歳代ないし60歳以上で低下すると報告している。足趾筋力の加齢による低下割合は、70歳以上では20歳代の50%に低下し、足趾筋力の低下が握力の低下よりも大きい傾向を示し、加齢とともに足趾筋力は握力よりも大きく低下するため、足趾筋力の測定は筋力の低下による転倒のリスクを早期に発見する方法の1つだと報告している（半田ら、2004）。また、ヒトの足と手を比べた時、5本の足趾は同じ方向を向いているのに対し、手は、第1指と他の4指は離れているため、形態軸と機能軸は一致しないとされる（平沢ら、1995）。これらのことから、手足はそれぞれの機能が異なることが手と足の筋力差の要因であると考えられる。

今回の研究で足趾筋力と垂直跳びは相関が認められなかったことは、足趾筋力の跳躍動作への貢献度は少ないことが考えられる。これまでの先行研究によると、反動動作を用いた垂直跳びでは、跳躍高と下肢筋群との間に有意な相関は認められなかったが、反動を使わない垂直跳びの跳躍高は、足関節底屈筋の貢献度が高いとしている（甲斐ら、2013）。

一方で、跳躍時における足関節底屈筋には、股関節や膝関節で生産されたエネルギーを効率よく伝達する役割があると報告している（Van et al, 1993）。また、Bobbertら（1986ab）は、反動を伴った片足垂直跳びの筋-腱複合体の弾性要素や二関節筋の働きについて、膝関節伸展筋が生み出した機械的エネルギーのうち、膝関節伸展には使われず、足関節伸展にエネルギーが使われること、下腿三頭筋全体の仕事量のうち、約半分が腱の仕事量であったと報告している。これらのことから、足関節底屈動作では、足趾屈曲機能が連動し働くことが考えられ、足趾筋力が高いことは足関節伸展エネルギーの増大に関与することが考えられる。また、足趾筋力は簡易的かつ安全に測定出来る利点があり、健康に関連する筋力因子として、下肢の筋力指標に成り得る可能性が示唆された。

結 語

本研究において、靴サイズは身長と、体重にそれぞれ正の相関が認められた。垂直跳びは靴サイズと握力及び体重にそれぞれ正の相関が認められた。また、足趾筋力は握力と閉眼片足立ち時間にそれぞれ正の相関が認められた。今回の研究において、平衡調整能力は、足趾筋力との因果関係を示す結果であり、足趾筋力が強いほど、閉眼片足立ち時間が長く保持できることが示唆された。今後の課題として、サンプル数を増やし、足趾屈曲機能における足趾筋力と他の筋力因子との関係を検討していく必要があると考える。

引用文献

- 1) 新井智之, 藤田博暁, 細井俊希, 他 (2011). 地域在住高齢者における足趾把持力の年齢, 性別および運動機能との関連, 理学療法学, 38(7), 489-496 頁.
- 2) Bobbert, M.F., Huijing, P.A., and van Ingen Schenau, G.J. (1986a). A model of the human triceps surae muscle-tendon complex applied to jumping. *J. Biomech.* 19 (11), pp.887-898.
- 3) Bobbert, M.F., Huijing, P.A., and van Ingen Schenau, G.J. (1986b). An estimation power output and work done by the human triceps surae muscle-tendon complex in jumping. *J. Biomech.* 19 (11), pp.899-906.
- 4) 深代千之 (2000). 反動動作のバイオメカニクス, 体育学研究, 45, 457-471 頁.
- 5) 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦, 他 (1982). 立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与, 人類誌, 90(4), 385-400 頁.
- 6) 平沢彌一郎, 白井永男 (1995). 保健体育スタシオロジー, 第2版, 放送大学教育振興会, 187-188 頁.
- 7) 半田幸子, 堀内邦雄, 青木市夫 (2004). 足趾把持力の測定と立位姿勢調整に及ぼす影響の研究, 人間工学, 40(3), 139-147 頁.
- 8) 猪飼哲夫, 辰濃尚, 宮野佐年 (2006). 歩行能力とバランス機能の関係, リハビリテーション医学, 43, 828-833 頁.
- 9) 甲斐義浩, 村田伸, 相馬正之, 他 (2013). 垂直跳びにおける下肢筋群の貢献度 — 男女比較から —, ヘルスプロモーション理学療法研究, 3(3), 109-112 頁.
- 10) 秋間広 (2009). 「筋力と筋パワー」, 勝田茂 (編), 「運動生理 20 講」, 第2版, 朝倉書店, 9-14 頁.
- 11) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪恵, 他 (2001). 高齢者の転倒予防としての足指トレーニング効果, 理学療法学, 28(7), 313-319 頁.
- 12) 竹井和人, 村田伸, 甲斐義浩 (2009). 足趾機能と静的・動的バランスとの関連 — 内容的妥当性の検討 —, *West Kyushu Journal of Rehabilitation Sciences*, 2, 13-19 頁.
- 13) 田中喜代次, 木塚朝博, 大蔵倫博 (2007). 健康づくりのための体力測定評価法, 第1版, 金芳堂, 25-30 頁.
- 14) Van Soest, A.J., Schwab, A.L., Bobbert, M.F., et al. (1993). The influence of the biarticularity of the gastrocnemius muscle on vertical-jumping achievement, *J Biomech*, 26(1), pp.1-8.