

高齢者の脚力について

—膝挙上体操トレーニングの足踏み運動への影響—

豊島進太郎・湯 海鵬（愛知県立大学）
星川 保（東海学園大学）
川端昭夫（中京大学）

Key words : 高齢者、脚力、筋力、足踏み運動、トレーニング、リズム

1. 目的

近年、高齢者の健康、体力問題に関する論議が盛んである。14年度推計の将来人口動態によれば、今後ますます高齢者人口の比率が高まるであろうと推測されている¹⁵⁾。それに伴う医療費をはじめ年金等高齢者への支援が社会の負担となるであろうといわれている。ここに高齢者の健康・体力問題が注目されている点があろう。

高齢者の体力科学に関する研究は、自立歩行による移動の重要性を指摘し、脚の筋力低下防止のための筋力トレーニングの必要性を提唱している^{5,8,9,10,11)}。基礎的研究の上では、超高齢者であっても筋力トレーニングによる筋力強化の有効性が明らかにされているが、トレーニングの管理および方法上の困難さが伴うのであろうフィールドワークとしての高齢者の筋力強化トレーニングに関する研究は多くない^{10,14,16)}。

我々¹⁷⁾は、養護老人ホームに居住する整形外科的疾患を有しない高齢の男女29名を被験者に、膝をできるだけ高く、速く挙上するという条件で連続15秒間の足踏み運動を実施し、その時の脚の動きから高齢者の脚力について考察した。また、同時に股関節屈曲筋力を測定し、合わせて検討した。その結果、股関節屈曲筋力の優位者は、足踏み回数が多く、毎回挙上した膝の高さの総距離が長く、膝挙上速度が速い。毎回挙上する膝の最高点のばらつきが小さく、脚の動きが安定していた。膝挙上間隔時間（リズム）のばらつきは年齢、筋力共に明らかな関係は見られなかったが、膝挙上最高点のばらつきは筋力との間に統計的に有意な関係（ $P<0.05$ ）があった。筋力の弱者は左右交互に膝を挙上する足踏みリズムの破綻を膝挙上高の下方への調節によって整え、15秒間の歩調を一定に保持しようとしているように思われた。

この研究は、先の報告¹⁷⁾に続くもので、先回の被験者のうち比較的股関節屈曲筋力の低位者を対象に、股関節を屈曲させ膝を挙上するという簡単な体操トレーニングの脚力への影響をみようとするものである。すなわち、先の研究¹⁷⁾と同様の手続きによって体操トレーニング前後の筋力および足踏み運動の膝の動きを分析し、体操トレーニング実施後の動作の変容を明らかにするとともに、体操トレーニングの効果について検討することを目的とした。

表1 被験者の身体的特徴

	番号	年齢 (year)	身長 (m)	体重 (kg)
男子	1	66	1.56	71
	2	68	1.55	61
	3	77	1.55	56
	4	82	1.56	63
	5	82	1.58	63
	6	85	1.68	65
平均		76.7	1.58	63.2
女子	7	71	1.44	53
	8	78	1.39	48
	9	85	1.41	44
	10	85	1.56	49
	11	87	1.39	47
	12	89	1.23	40
平均		82.5	1.40	46.8
総平均		79.1	1.49	55

2. 方法

体操トレーニング実施前に足踏み運動テストを行った（図1）。すなわち、被験者（表1）は手摺を保持した姿勢で、15秒間できるだけ限り膝を高く、速く足踏みする運動

である。この時の足踏み回数と膝の動きを分析した。同時に股関節屈曲筋力を測定した。体操トレーニング実施後に全く同一の方法によって再度足踏み運動、股関節屈曲筋力を測定し、体操トレーニング前後の成績を比較検討した。

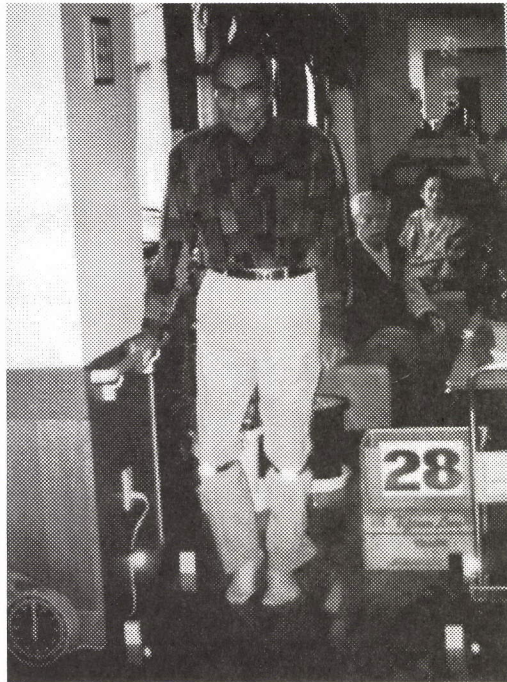


図1 足踏み運動の撮影風景

15秒間の足踏み運動は、被験者の前方10mからビデオ撮影 (SONYDCR-VX1000) した。膝蓋骨の上に蛍光テープを添付した。撮影された映像から膝の動きをデジタルイザーによって60フレーム/秒で読み取った。膝の変位、膝挙上速度、膝挙上パワー、15秒間の膝挙上最高位のばらつき、および15秒間に行われた膝挙上間隔時間のばらつきを求めた。また、同映像から15秒間に行われた片足の足踏みの回数を求めた。

3. 結果

表2 トレーニング前後における各測定値の平均値および増加率

	股関節 屈曲筋力 (kg)	足踏み回数 numbers	平均距離 m	総距離 m	速度 m/s	パワー kg・m/s	距離変動 係数	時間変動 係数
トレーニング前	4.33	26.2	0.06	1.51	0.43	3.61	0.30	0.11
トレーニング後	4.81	17.3	0.24	3.72	1.02	8.18	0.17	0.06
平均増加率(%)	10.8	-34.0	283.63	146.44	33.63	23.92	-47.71	-45.32

体操トレーニング前後における測定値の平均値と増加率を表2に示した。また、3回にわたって計測した股関節

股関節屈曲筋力は試作された測定台によった (図2)。被験者は座位高調節可能な椅子に腰掛け、足首、膝をそれぞれ約90度に保ち、足首は補助具で固定された。足底面の板部中央に滑車を介してデジタル電子筋力計 (ヤガミ社製) を接続した。被験者は座位部を手で握り、験者の合図によって膝を最大努力で挙上した。左右それぞれ3回試行し、その平均値を採用した。

脚の体操トレーニングは、立位の姿勢で手摺を保持し、膝を左右交互に最上位まで挙上させる運動と腰掛けた椅子から立ち上がる運動とした。いずれの運動も極度にゆっくりとした動作とし、膝挙上運動は片足1回の所要時間を約6秒とした。10回膝挙上を1セットとし3セット行うよう指示した。1セット終了毎に約60秒間の休みを取った。腰掛け姿勢から立ち上がる運動についても、1回の所要時間を約6秒とし、10回行った。被験者には個々に連続39日間実施することを依頼した。実施回数の内容を個人表に記録させた。体操トレーニングの実施管理は、験者指導のもと施設の看護師が行った。



図2 股関節屈曲筋力の測定

屈曲力の測定値を図3に示した。第1回目の測定値には、先の研究¹⁾結果から抽出した値である。股関節屈曲筋力

の計測時期は、それぞれ2002年3月、2003年1月、及びトレーニング後の2003年3月で、1回目の測定と2回目の測定には、約10ヶ月の間隔であった。

股関節屈曲筋力の2回目の測定値については、4人の被験者は増加したが、8人の被験者には低下が見られた。平均的な低下率は15.6%であった。3回目測定のトレーニング後においては、トレーニング前に比べ2人の被験者は低下したが、他の被験者10人については増加が見られた。個々の増加率の幅は、4.3%から131.5%で、平均的な増加率は10.1%であった。増加した被験者のうち5人の股関節屈曲筋力は、1回目の測定値を上回った。

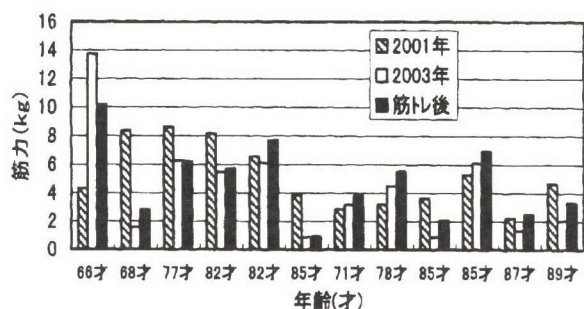


図3 トレーニング前後における股関節屈曲筋力

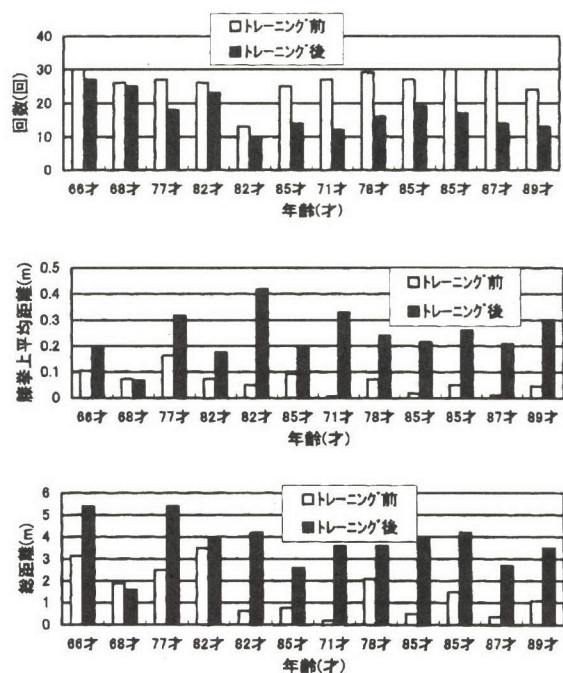


図4 15秒間の足踏み回数と膝上げ平均距離及び総距離

足踏み動作の回数、膝挙上の平均距離、膝挙上の総距離を図4に示した。トレーニング後の足踏み回数は、全ての被験者が減少し、その減少率は平均値で34.0%であった。足踏み回数の低下に対して、膝挙上の距離は、1

人の被験者を除き他の被験者は大きな増加が見られ、平均値で見た増加率は283.6%であった。15秒間の足踏み運動の作業量である膝挙上の総距離は、平均で146.4%の増加であった。

膝の挙上速度とパワーを図5に示した。被験者1人の低下を除き、他の被験者は増加した。速度とパワーの増加率は、それぞれ133.6%と123.9%であった。

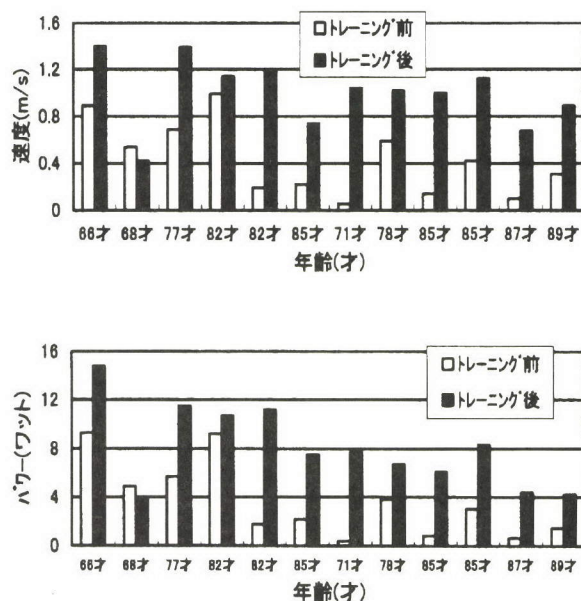


図5 膝挙上速度とパワー

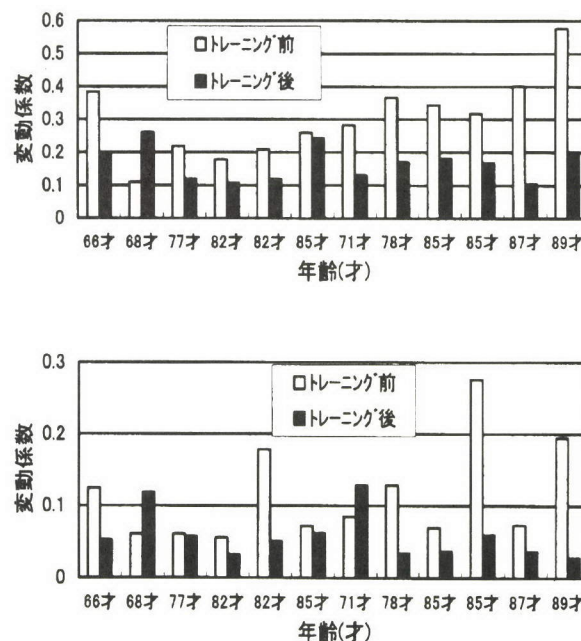


図6 膝挙上動作における空間的変動係数（上段）と時間的変動係数（下段）

15秒間の足踏み動作の膝挙上最高位におけるばらつき（空間的変動係数）と膝挙上間隔時間のばらつき（時間的変動係数）を図6に示した。空間的変動係数は、毎回膝を挙上する距離の標準偏差と平均値から求めた。時間的変動係数は、毎回膝を挙上する間隔時間の標準偏差と平均値から求めた。空間的変動係数は時間的変動係数に比し約倍の値であった。空間的変動係数についてみると、トレーニング後に1人の被験者は増加し、他の11人の被験者は低下した。平均的低下率は45.3%であった。時間的変動係数は、トレーニング後被験者2人に増加が見られ、他の10人の被験者は低下した。平均的低下率は47.7%であった。つまり、トレーニング後、膝挙上最高点でのばらつきが、また、毎回膝を挙上する時間的ばらつきがそれぞれ縮小した。足踏み動作の空間的・時間的安定性が高まったことになる。

4. 考 察

高齢者の日常は、しなければならない生活行動が減り、徐々に不活動状態が増える。さらに加齢による諸機能の低下も加わって体力、気力が失せ、益々日々の身体運動量が減少する。寝たきりの状態では体重1kg当たり1日に0.5%の、無重力の宇宙で数日間過ごす宇宙飛行士は1回の飛行において1%の筋の減少が生ずるという実験結果^{2,3,9}から高齢者の日常活動量の減少は、これからの少子高齢社会に大きな問題へと発展することが懸念される。

高齢者の体力、あるいは歩行能力に関する先行研究結果^{5,8,11,18,19,20}は、日常生活でよく動くことや脚筋力トレーニングの重要性を提唱している。また、自身の二足による歩行が自立生活を確立する基盤であり、欠かせない条件であると指摘している。

歩行の研究は、歩行動作が規則的に連続する動きであることから歩行運動の一部であるワンサイクルの脚の動きの内容について検討される場合が一般的である。しかし、歩行運動は一定の距離を移動する手段であり、その評価は、ある程度の距離を歩いた時の歩行動作を総合的に検討することも必要であろう。そこで我々は、歩行運動とよく類似した足踏み運動をとりあげ、高齢者の移動能力を推し量る手立てとした。仮に1歩の歩幅を0.45mとすると40回の足踏み運動で18m移動した場合の脚の動きを評価することになる。ワンサイクルの脚の動作ではなく、15秒間行われた足踏み運動時の膝の動きを比較検討の材料とし、本研究では主として、足踏み運動へ及ぼす体操トレーニングの影響について検討した。歩行研究の多くは脚伸張力の低下が歩幅の縮小をもたらし、このことが歩行速度の減速の要因であろうと報告されている

1,4,6,7,8,15,19)。我々の先の報告¹⁷⁾においても足踏み運動の成績と股関節屈曲筋力とは密接な関係にあることが分かった。今回の体操トレーニング実験を試みた意図は、このような経緯によっている。

今回測定した股関節屈曲筋力については、第1回目の測定から10ヶ月経過した第2回目測定時において多数の被験者に低下が見られたが、体操トレーニング後平均値で10.1%の伸びに転じた。しかも被験者によっては第1回目の測定値のレベルに回復、あるいは上回ったことが分かった。このことは日常の生活のみでは、脚力の向上が期待できないことを示し、意図的な脚運動の強化の必要性を示唆している。

筋力トレーニングの多くはマシンによるウエイトトレーニングが一般的である。しかし、老人ホームなど高齢者が居住する多くの施設では高額でもあるマシンの整備は困難であろうし、また、高齢者の体力の程度にもよるが、危険度も高い。機械機具を用いない体操による比較的軽い負荷でも継続することでトレーニングの効果がみられる研究報告もあり^{10,14,16,18}、我々は簡単で極めて負荷の低い体操を考案した。即ち、安全確保のため手摺を握り、1回の動作に6秒間という極度に速度の遅い動作で膝を最上位限界まで挙上させた。毎日連続して膝上げ体操を行ったことと、6秒間という1動作中の連続した筋の緊張による影響があるように推察された。高齢者の筋力トレーニングに関しては筋の肥大に伴う筋力増大の報告がみられるが¹²⁾筋力増加が必ずしも筋の肥大には到っていないといわれている報告もある。本研究においても体操トレーニングの動きは低速であり、負荷量も小さいことから筋肥大は考えにくく、体操トレーニング後の筋力測定値の増加は動作の慣れによるものと思われる。しかしながらゆっくりとした最上限までの膝上げ体操の繰り返しに慣れ、歩行動作に変容が起これば、本実験結果の体操トレーニング後の作業量の増大、足踏み運動の安定性の向上に見られるように日常の歩行能力のレベルアップ、あるいは歩行能力低下の歯止めにつながる可能性があるものと思われる。

また、足踏み運動は15秒間の膝挙上総距離の伸びもあって体操トレーニング後の膝上げパワーは増大した。図4で明らかなように体操トレーニング前に比べ足踏みの回数は減少したが、15秒間に挙上する膝の高さが高まったということである。このことについても膝を最上位まで挙上する動作の慣れの影響が大きいものと思われる。膝を最上位まで極度に速度の遅い動作で挙上させるという低負荷の体操トレーニングであったが、膝挙上動作に慣れ日々意識的に取り組むことによって、加齢によって

低下傾向にある脚力の強化につながるものと思われた。

しかしながら、今回のトレーニングを通して、「この年になってこんなことはやりたくない」という被験者の消極的な発言があって、高齢者の体力づくりの実践では、如何に負荷の小さいトレーニングであっても、日常生活で自主的に行うことの困難さが伺われた。高齢者の体力づくりは、自分の意思で好んで取り組む種々の社会的活動が結果として身体を動かすことになり、トレーニングの方法や負荷の大小の問題以前に、如何に身体的、精神的に負担にならない活動の持続が健康保持、増進の要となるものと考えられ、心理的、社会科学的なアプローチの必要性が感じられた。

5. まとめ

この研究は、脚力の弱い高齢者に簡単な脚の体操トレーニングを39日間行った場合の脚力への影響を足踏み運動から検討した。その結果、低下傾向にあった股関節屈曲筋力は、体操トレーニング後、平均値において増加に転じ（10.1%の増加）それは約10ヶ月前のレベルを上回った。足踏みの動作については、その回数が減少した。しかし、膝挙上総距離が伸び、膝挙上速度とパワーが増加し、15秒間における総作業量が増大した。これらのことから、高齢者の脚力は、低負荷であっても積極的、自主的に日々継続して取り組めば強化され、自立2足歩行による移動運動の安定に貢献できるのではないかと考えられた。

参考・引用文献

- 1) 愛知県健康づくり実業団：高齢者の歩行に関する研究－高齢者の歩行メカニズムと歩行能力－，愛知県衛生部ノート 36(23)：1-2, 1992.
- 2) Akima H, Kawakami Y, Kubo K, Sekiguchi C, Ohshima H, Miyamoto A, Fukunaga T, Effect of short-duration space flight on thigh and leg muscle volume. *Med. Sci. Sports Exec*, 32:1743-1747, 2000a.
- 3) Akima H, Kubo S, Suzuki Y, Gunji A, A, Fukunaga T, Effects of 20 days of bed rest on physiological cross-sectional area of human thigh and leg muscles evaluated by magnetic resonance imaging. *J Gravitat physiol*, 4: S15-21, 1997.
- 4) Cunningham, D. C., P. A. Rechnitzer, M. E. pearce, and A. P. Donner: Determinants of self-selected walking pace across ages 19 to 66. *J. Gerontol.* 37 (5):560-564, 1982.
- 5) 福永哲夫ら：中高年齢者の動作パワー発揮能力，1994年度日本体育協会スポーツ科学研究報告，vol. 2, pp49-57, 1994.
- 6) Gabell, A. and U. S. L. Nayak: The effect of age on variability in gait. *J. Gerontol.* 39(6):662-666, 1984.
- 7) Himann, J. E., D. A. Cunningham, P. A. Rechnitzer, and H. Paterson: Age-related changes in speed of walking. *Med. Sci. in Sports and Exec.* 20 (2) :161-166, 1988.
- 8) 星川 保ら：加齢による動作の退行に関する研究－歩行動作－平成7, 8, 9年度科学研究補助金報告書, 1998.
- 9) 福永哲夫：宇宙におけるヒトの骨格筋変化. *バイオメカニズム学会*, 25 : 24-28, 2001.
- 10) 角田直也：高齢者における異なる強度での筋力トレーニングの効果, *体力科学*, 36, 520, 1987.
- 11) 金子公有：高齢者の歩行運動. *体育の科学*, 10(11):729-733, 1991.
- 12) 勝田 茂：高齢者の筋のトレーナビリティー, *体力科学*, 48, 9-13, 1999.
- 13) Lord, S. R., D. G. Liloyd, M. nirui, J. Raymond, P. Williams, and A. Stewart: The effect of exercise on gait patterns in older women: A randomized controlled trial. *J. Gerontol: Med. Sci* 51A (2) :64-70, 1996.
- 14) 小田伸午, 宮下充正：中年女性にみられる筋出力トレーニングの効果. *Jpn. J. Sports Sci.* 4: 776-780, 1985.
- 15) 日本の将来推計人口；平成14年1月推計：国立社会保障・人口問題研究所編集，財団法人厚生統計協会
- 16) 沢井史穂：加齢にともなう筋機能の低下とその予防のための運動. *体育の科学*, Vol. 46. No. 2. 1996.
- 17) 豊島進太郎ら：高齢者の足踏み運動について：日本バイオメカニクス学会第17回大会，2002.
- 18) 東京都老人総合研究所：健康な暮らしと運動：中高年と健康 17. 東京化学同人：東京，1995.
- 19) 山本明美ら：加齢にともなう歩行能力の退行, *Jpn. J. Sports Sci.* 14 (4):445-450, 1995.
- 20) 山田忠利ら：床反力解析からみた歩行の年齢変化. *Jpn. J. Sports Sci.* 8 (3):128-133, 1989.

A training program for improving the legs' strength of the aged people

This research examined the influence on the legs' strength of the aged people through practicing a body exercise program for 39 days. The program included two kinds of body exercises, one was lifting the legs alternately in a stand posture, and the other was continual sit-stand movements from a chair. Both movements were practiced in a very low speed. As a result, after the program practiced, the knee joint flexion of the most subjects not only stopped declining tendency of their legs' strength but also showed a sign of increasing (10.1 %) of it, reached the level about 10 months ago. Meanwhile the frequency of the leg up and down motion of all subjects decreased, but the distance and the speed of the knee moving increased. It is considered that the legs' strength of the aged people was improved by taking party in the exercise program in daily life, even if this kind of exercises was a light one.