高齢者の筋力と筋力トレーニング

Muscle Strength of the Elderly and Resistance Training

浅川 康吉¹⁾

YASUYOSHI ASAKAWA¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Gumma University School of Health Sciences: 3-39-15 Shouwa-machi, Maebashi, Gunma 371-8514, Japan. TEL +81 27-220-8799

Rigakuryoho Kagaku 18(1): 35-40, 2003. Accepted Dec 14, 2002.

ABSTRACT: Control of functional diseases of daily life and prevention of care need have recently been considered important. The present article examines the assessment method of muscle strength among the elderly, and reviews the resistance training. With regard to assessment of muscle strength, it is discussed that the muscle strength described by a body weight ratio is possibly used as an index of functional deterioration of nerves and muscles among the elderly. It is also described that the relationship between ADL ability and muscle strength may depend on the muscle strength level. With regard to resistance training, the results of our experiment on muscle strengthening are introduced, and its goal and importance of risk are also mentioned.

Key words: elderly, assessment of muscle strength, resistance training

要旨：生活機能病の克服や介護予防といった目標を重視する立場から，高齢者の筋力の評価やトレーニングの研究を進める視点について検討した。筋力の評価については，体重比で示された筋力が高齢期における神経・筋の機能低下を反映した指標となる可能性を論じた。日常生活活動能力と筋力との関係については，筋力の水準によって両者の関連の強さが異なる可能性を述べた。筋力トレーニングについては，筋力増強の方法について自験例の検討結果を紹介するとともに，その目標やリスクの重要性についても言及した。

キーワード：高齢者，筋力の評価，筋力トレーニング

¹⁾ 群馬大学医学部保健学科理学療法専攻：前橋市昭和町3-39-15 (〒371-8514) TEL 027-220-8799

I. はじめに

世界保健機関(World Health Organization, WHO)は2000年から2010年を「運動器の十年(The Bone & Joint Decade)」と位置づけた。人口の高齢化が進むなかで生命予後そのものは改善しているが、筋・骨格系の機能障害を有する患者が顕著に増加し、それによるQuality of Lifeの低下および医療費の増大が生じていることがその背景にある。これを機として、日本では西岡ら¹⁾が生活機能病の概念を提唱し、生活機能へ影響を与える筋・骨格系病変、例えば、リウマチ性疾患、骨粗しょう症、変形性関節症、腰痛や肩こりなどについて、運動機能の獲得によるQOLの改善を目指す治療とその基礎科学としての運動器科学の必要性を述べている。介護予防の観点からも高齢者の筋力トレーニングの体系化の必要性がいわれており、日常生活活動の自立や転倒の予防あるいは閉じこもりの防止において筋力トレーニングが良い効果を与えると期待されている。筋力トレーニング単独のプログラムにおいてもパワーリハビリテーション²⁾のように筋力トレーニングを取り入れ行動変容を目標とするプログラムにおいては、筋力トレーニングが介護予防に有益であるとの実践報告は多くみられる。

生活機能病の克服や介護予防といった目標が重視されるなかであって高齢者の筋力の評価やトレーニングはどのような視点から検討すべきであろうか。本稿では、高齢者の筋力測定における測定値とその体重比の意義を検討するとともに日常生活活動と筋力との関係进行分析する

視点や筋力トレーニングの方法論を検討する視点について論じる。

なお、本稿では筋力とは、一般的に最大筋力として扱われている力、すなわち最大努力における筋の随意収縮時の張力を関節運動を介して測定した力として扱った。

II. 筋力の評価

筋力の評価は一般に等尺性筋力や等速性筋力あるいは開放運動連鎖や閉鎖運動連鎖などさまざまな条件下で行われる。多様な条件において筋力を評価する重要性は年齢にかかわらず高齢者でも変わらない。測定された筋力は測定値そのものとして利用されるほか、その測定値を体重比の百分率に換算した値(以下、体重比筋力)としてもよく利用される。体重比筋力は体格や筋量の影響を除き標準化しようとする場合や、抗重力動作の支持力として筋力をみるような場合には特に重要視されてきた。ここではこうした重要性をあらためて述べることは避け、等尺性筋力を例に高齢者における測定値と体重比筋力の評価の意義について検討したい。

図1a、図1bは地域在住の健常高齢女性における膝伸展筋力と年齢との関連について自験例のデータを示したものである。図1aは測定値そのものを、図1bはそれを体重比筋力として示したものである。いずれも横断的分析であるが、これらの図は測定値が年齢と負の相関をみるのに対し(図1a)、体重比筋力は年齢と相関がないことを示している(図1b)。高齢期では加齢にともない体重が減少す

図1a 年齢と膝伸展筋力(測定値)との関連

図1b 年齢と膝伸展筋力(体重比筋力)との関連

対象は転倒予防教室に参加した平均 70.5 ± 5.9 歳の地域在住の女性高齢者56名である。いずれも運動器疾患を有さずかつ自覚的な健康状態がふつうまたはよいと回答した者で老研式活動能力指標は 12.4 ± 1.3 点であった。膝伸展筋力として用いたのはアニマ社製ミュータスMA1を用いて測定した坐位膝90度屈曲位における最大等尺性膝伸展筋力の値でメイクテストにより得られた値である。

る。日本人高齢者の場合、体重は70歳から85歳までの間に男性で5.8%、女性で8.9%減少することが報告されている³⁾。測定値として示した筋力は加齢にともない低下するが、体重比としてみた場合は、加齢にともなう体重の減少と筋力の減少が相殺され、結果として、体重比筋力は加齢の影響が見られなくなったと考えられる。

測定値としての筋力が年齢と相関することは、この値が、年齢別平均値などとの対比を目的とした評価などにおいて有用な指標になる可能性を示している。一方、体重比筋力が年齢との相関を認めないことは健常高齢者では加齢による体重の減少と筋力の低下とが相殺されるような適当な範囲が存在する可能性を示している。体重比筋力に正常域のようなものがあるのか、それとも個人に固有の値をとるのかはこのデータからは不明である。しかし、ひとつの推論として、筋力の減少と体重の減少がバランスよく進む場合、いわば通常の老化においては体重比筋力はほとんど変動しないと考えることは可能である。虚弱高齢者の集団では体重比筋力が年齢とゆるやかな相関を示す傾向がみられる⁴⁾。このことは筋力の発揮に必要な神経・筋システムの機能が低下し、体重の減少よりも相対的に早く筋力低下が進行した結果、加齢にともなう体重比筋力の低下が観察されたとも推論できる。加齢にともなう体重比筋力の低下はなんらかの神経・筋システムの機能低下を表している可能性がある。

III. 日常生活活動能力と筋力

日常生活活動能力は筋力のみにより決定されるものではない。Loadら⁵⁾は平均78.9±4.1歳の高齢者669名を対象として、従属変数として立ち座り動作に要する時間を、独立変数として膝伸展筋力、膝屈曲筋力および足背屈筋力に視覚、感覚、反応時間、バランスおよび健康状態などを加味した重回帰分析を行い、得られたモデルの決定係数が34.9%（相関係数 $r=0.59$ ）であり、その中では膝伸展筋力が最も重要なことが示唆されたものの、体重や視力あるいは不安感など筋力以外の要因が50%以上の影響を与えていることを明らかにした。一方、ある一定の水準の筋力については筋力低下が日常生活活動能力の低下に直結することも示唆されている。Bucknerら⁶⁾は筋力と身体活動能力とは直線関係になく、両者の関連の強さは筋力の水準によって異なるという立場から、下肢筋力がある一定水準以下では筋力の低下が歩行速度の低下に顕著に反映するとの仮説を提示した（図2）。山崎ら⁷⁾は筋力評価におけるパラダイム転換の有益性を述べるなかで、膝伸展筋力が0.6 Nm/kg以下では移動能力低下の主要

図2

Hypothesized relationship between leg strength and usual gait speed. Area A corresponds to the range where strength is sufficient for normal walking, and where changes in strength affect physiological reserve but not gait speed. Area B corresponds to the range of marginal or inadequate strength. In Area B, changes in strength cause changes in gait speed, and there exists a curve that quantifies the relationship. In Area C, strength is below the minimum need to walk at all.

な原因が筋力低下にあり筋力トレーニングが必須となるが、逆に、1.6 Nm/kg以上あれば筋力の向上が動作能力に与える影響は小さく筋力強化の必要性はさほど大きくないと指摘している。この指摘は動作筋力に関するものであるが、考え方としてはBucknerらの仮説における、BおよびAの領域について具体的な目安を与える指摘と思える。

これらの研究を踏まえて、現在の研究をみると、研究の視点はふたつあるように思える。ひとつは日常生活活動能力に関与する多くの因子のなかで筋力がどの程度重要であるかを明らかにしようとする研究である。もうひとつは、比較的低い水準の筋力、図2のBやCの領域について日常生活活動能力と筋力との関連を明らかにしようとする研究である。

日本人高齢者に関する前者の研究としては、田部井ら⁸⁾が70 - 80歳代の自立している高齢者の歩行速度と下肢の筋力（股関節の伸展と外転、膝関節の伸展および足関節の底屈に関する等速性筋力）および柔軟性や敏捷性などの体力要因との関連を分析し、歩行速度の低下には下肢の筋力の衰退が主因であることを示したうえで、筋力水準が高い群では歩行速度に対する下肢筋力の相関が普通歩行で $r=0.525$ 、速歩で $r=0.562$ と強く、低い群では普通歩行が $r=0.451$ 、速歩が $r=0.373$ と筋力と歩行速度に有意な相関をみると同時に神経反応時間がそれぞれ $r=-0.663$ 、 $r=-0.707$ と筋力に比べより強い相関がみられる

ことを明らかにした。

後者の研究としては、山崎ら⁹⁾が平均73.4±5.5歳の高齢心疾患患者を対象に60度/秒における等速性膝伸展ピークトルクの体重比を、院内移動に車椅子を使用し室内歩行は可能だが歩行に際して杖・歩行器などを使用する群、離床早期に一時的に歩行介助を必要としたが独歩による院内移動が自立に至った群、および入院中に歩行障害を認めなかった群の3群間で比較した結果から膝伸展筋力が独歩自立と関連していることを示し、院内独歩移動が自立していた症例の膝伸展筋力の最低値が0.60 Nm/kgであることを報告した。浅川ら¹⁰⁾は82.4±5.5歳の養護老人ホーム入居者を対象として、膝90度屈曲位での等尺性膝伸展筋力とFIMにより評価した起居移動動作の自立度との関連から、起居移動動作の自立に必要な膝伸展筋力として1.4 Nm/kgを報告した。池添ら¹¹⁾は、養護老人ホームや軽費老人ホームなどの入居者を対象として Barthel indexのMobility indexと体重比筋力に換算した膝90度屈曲位での等尺性膝伸展筋力との関連を検討し、自立に要する筋力の水準は45.5%であることを報告した。

なお、身体諸機能と日常生活活動能力は加齢にともない両者ともに低下するため、両者の因果関係の向きには疑問の余地があった。この点について、金ら¹²⁾は大腰筋

および大腿部の筋横断面積と歩行速度との関連についての共分散構造分析の結果から、高齢期の歩行速度の低下原因が加齢そのものよりも加齢にともなう筋量の低下にあることを明らかにした。筋横断面積は発揮可能な筋力と比例すると考えれば、この研究は筋力の低下が原因となって日常生活活動能力の低下という結果が生じるという方向で因果関係を考えることが妥当であることを示していると思える。

IV. 筋力トレーニング

高齢期では加齢にともない筋力は低下する。また、筋力だけでなく筋量の減少（サルコペニア）も生じる。高齢になるとなぜこのような現象が起きるのか未解明な部分は多いが、しかし、現在のところ、高齢者が筋力トレーニングを行うとなんらかの形で筋力増強の効果が得られることについては肯定的な研究が多い。Fiataroneら¹³⁾は90歳代の虚弱高齢者を対象に高強度トレーニングにより174±31%の筋力の増強と9.0±4.5%の筋断面積の増加をみたことを報告し、筋力や筋量の低下は可逆的な変化であることを明らかにした。同様の研究結果はその後も多く報告され、最近では、これまで加齢変化とわれてき

表1 筋力トレーニングの効果とその関連要因

年 齢	71.0 ± 5.7 歳		
性 別	男 18 名, 女 23 名		
トレーニング実施頻度 (%)	88.6 ± 23.5 (50.0 - 141.7)		
	トレーニング実施前	トレーニング実施後	
老研式活動能力指標 (13 点満点)	11.9 ± 1.4	12.3 ± 1.1	
体 重 (kg)	54.3 ± 8.2	54.0 ± 8.3	
筋 力	測定値 (kg)	29.1 ± 8.7	
	体重比筋力 (%)	54.5 ± 15.9	
重回帰分析	従属変数: Y	体重比筋力 (%) の変化	5.8 ± 12.1 (- 20.0 - 33.8)
	独立変数: X	年齢: X ₁	r=0.014 N.S
		性別 (男 1, 女 0): X ₂	r=0.167 N.S
		体重: X ₃	r=0.231 N.S
		膝伸展筋力: X ₄	r= - 0.535 P=0.001
		実施頻度: X ₅	r=0.407 P=0.008
重回帰式 Y=0.014X ₁ + 0.167X ₂ + 0.231X ₃ - 0.535X ₄ + 0.407X ₅ (相関係数 0.601, P=0.006)			

r: 標準回帰係数

対象は転倒予防教室に参加した地域在住の高齢者 41 名。いずれも運動器疾患を有さずかつ自覚的な健康状態がふつうまたはよいと回答した者。筋力トレーニング実施期間は 3ヶ月。実施頻度は期間中の総実施回数を週 2 回 3ヶ月間の計 24 回の実施を 100%として換算し表した。膝伸展筋力はアニマ社製ミュータス MA1 を用いて測定した坐位膝90度屈曲位における最大等尺性膝伸展筋力の値でメイケテストにより得られた値である。重回帰分析における有意水準は 5%未満とした。

た筋力低下の背景にはトレーニング不足による廃用があるとの指摘がなされている。この指摘は、生活スタイルが加齢とともに非活動的になった結果、廃用による筋力低下が惹起されるとの指摘でもあり、活動的な生活を取り戻し廃用を防ぐ手段として、高齢期の生活に積極的に筋力トレーニングを取り入れるべきだとの主張に通じている¹⁴⁾。

高齢者の筋のトレーナビリティ、すなわち、適切な筋力トレーニングを行えば筋力増強が可能であるというトレーニングに対する適応性は肯定することとして、ここで、トレーニングの方法論について検討したい。表1は自験例の検討結果である¹⁵⁾。転倒予防教室に参加した地域在住の高齢者に行った筋力トレーニングについて体重比膝伸展筋力の変化に影響した要因を分析したものである。筋力トレーニングは膝伸展動作をはじめとする4種類の運動を1 kgの重たいバンドをつけて行う内容で、実施期間は3ヶ月間とした。頻度については週2回の保健センターでの実施に週1回の自宅でのトレーニングを加えることを指導し、トレーニング実施頻度は期間中の実施回数を保健センターでの実施回数24回を100%としてあらわした。膝伸展筋力は膝90度屈曲位での等尺性膝伸展筋力について評価した。得られたデータから重回帰分析を行ったところ有意な独立変数はトレーニング実施前の膝伸展筋力とトレーニング実施頻度であった。この結果は、1 kgの負荷を用いた週2度の筋力トレーニングでは、実施前の膝伸展筋力が低いほうがより筋力増強効果が高く、週1 - 3回程度の範囲であれば頻度は多いほうが望ましいことを示唆している。負荷強度については相対的に強い負荷強度が望ましいとも言え換えることができる。

高齢者が筋力トレーニングを行う時の目標は様々である。基本動作の自立に必要な筋力の獲得であったり、転倒予防のためのバランスと筋力の向上であったり、スポーツを楽しむための筋力アップであったりする。トレーニングの方法論を検討する視点としてはスポーツ選手のようにパフォーマンスの極大化を追及する方法よりも、こうした様々な目標が安全で楽しいトレーニングによって実現できることを重視したい。例えば、トレーニング強度についても筋組織が若者に比べダメージを受けやすいこと¹⁶⁾に配慮しつつ、自覚的疲労強度などの指標を活用した負荷強度の設定などが主流となっていくと予想される^{17,18)}。また、転倒予防のための理学療法介入に関しては、筋力や歩行速度は改善するものの転倒頻度は変わらないといった危険な状況が出現することを示唆する研究や^{19,20)}、1RM (One repetition maximum strength, 1回反復最大負荷) の筋力でみるとトレーニングで獲得した

筋力がトレーニング終了1年後には68.3%も失われたとのデトレーニングの激しさを示唆する研究がある²¹⁾。筋力トレーニングの効果は単に数ヶ月の練習で筋力が増加したことだけを問題にすることにとどめず、目標達成という点で最終的に有効であったかを問う必要がある。

V. おわりに - 今後の課題 -

高齢者の筋力トレーニングに関する実践報告は多い。ホルモン療法を併用した筋力トレーニング²²⁾なども報告されており、加齢と対峙して筋力を増強するための方法論は今後の発展が期待できる。しかし、筋力増強の方法論の追求に比べ、筋力の評価をどのような視点から行うべきかについて論議はほとんどなされていない感がある。生活機能病の克服や介護予防にとって意義のある評価指標としての筋力の評価方法を検討することは今後の課題である。リカンベントタイプの筋力測定器が開発されたこともあり、当面は閉鎖運動連鎖の条件下で測定された脚筋力がこれまでの開放運動連鎖の条件下で測定された測定指標と比べて（より良く）生活機能病や要介護状態を反映するのか検討する必要がある。また、転倒事故や寝たきりの発生リスクの予測のための筋力の評価では、すでに握力についてその低値や減少が死亡率と関連することが指摘されている²³⁾。こうした研究を踏まえて転倒や寝たきりあるいは死亡のリスクを知るための筋力の評価方法の検討が必要である。

文 献

- 1) 西岡久寿樹, 越智隆弘, 黒川高秀: 生活機能病の概念とその提唱。日本医事新報, 2002, 4068: 46-47.
- 2) 竹内孝仁: 介護予防・自立支援とパワーリハビリテーション。介護予防・自立支援・パワーリハビリテーション研究会編集, パワーリハビリテーションNo. 1. 医歯薬出版, 東京, 2002, pp6-19.
- 3) 神田健郎: 外に現れる老化 - 老化は外見から判断できるか - . サクセスフルエイジング老化を理解するために . 東京都老人総合研究所編, ワールドプランニング, 東京, 1998, pp112-120.
- 4) 池添冬芽, 浅川康吉, 羽崎 完・他: 高齢者における下肢筋力と年齢との関連について . 京都理学療法士会誌, 1999, 28: 72-76.
- 5) Road SR, Murray SM, Chapman K, et al.: Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. J Gerontol Med Sci, 2002, 57: M539-543.
- 6) Buckner DM, Larson EB, Wagner EH, et al.: Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. Age and

- Ageing, 1996, **25**: 386-391.
- 7) 山崎裕司, 青木詩子, 横山仁志・他: 筋力評価におけるパラダイム転換. 理学療法ジャーナル, 2001, **35**: 247-252.
 - 8) 田部井幸司, 青木純一郎: 高齢女性の歩行速度の低下と体力. 体力科学, 2002, **51**: 245-252.
 - 9) 山崎裕司, 山田純生, 三好邦達・他: 高齢心疾患患者の膝伸展筋群筋力と独歩自立の関連. 理学療法学, 1995, **22**: 63-65.
 - 10) 浅川康吉, 池添冬芽, 羽崎 完・他: 高齢者における下肢筋力と起居・移動動作能力との関連性. 理学療法学, 1997, **24**: 248-253.
 - 11) Ikezoe T, Asakawa Y, Hazaki K, et al.: Muscle strength and muscle endurance required for independent walking in the elderly. J Phys Ther Sci, 1997, **9**: 19-22.
 - 12) 金 俊東, 久野譜也, 相馬りか・他: 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響. 体力科学, 2000, **49**: 589-596.
 - 13) Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, et al.: High intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. JAMA, 1990, **263**: 3029-3034.
 - 14) Fiatarone MA: Exercise and Aging. In: Exercise, nutrition, and the older women. Fiatarone MA, ed. CRC press, 2000, pp3-36.
 - 15) 浅川康吉, 遠藤文雄, 高橋龍太郎: 高齢者の筋力トレーニングにおける筋力増強効果の関連要因. 第38回日本理学療法学会大会 (印刷中)
 - 16) Ploutz-Snyder LL, Giamis EL, Formikell M, et al.: Resistance training reduces susceptibility to eccentric exercise-induced muscle dysfunction in older women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2001, **56**: B384-393.
 - 17) 木村義徳: トレーニングプログラム運営の基礎理論. 介護予防・自立支援・パワーリハビリテーション研究会編集, パワーリハビリテーションNo. 1. 医歯薬出版. 東京, 2002, pp37-42.
 - 18) Maria A. Fiatarone MA: 浅川康吉, 臼田 滋訳, 遠藤文雄, 青木信雄監訳, Newお年寄りのための安全な筋力トレーニング. 保健同人社, 東京, 2000, 1-54.
 - 19) 土田昌一: 現場からの発言 < 正論・異論 > 訓練と転倒について. 老人医療ニュース, 2002, **18**: 2.
 - 20) Hauer K, Rost B, Rutshel K, et al.: Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. J Am Geriatr Soc, 2001, **49**: 10-20.
 - 21) Connelly DM, Vandervoot AA: Effect of detraining on knee extensor strength and functional mobility in a group of elderly women. JOSPT, 1997, **26**: 340-346.
 - 22) Blackman MR, Sorkin JD, Munzer T, et al.: Growth hormone and sex steroid administration in healthy aged women and men—A randomized controlled trial—. JAMA, 2002, **288**: 2282-2292.
 - 23) Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, et al.: Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2002, **57**: B359-365.