

大腿四頭筋筋力の最大値到達時間と歩行能力との関係

- 地域在住高齢者と脳卒中患者との比較 -

Association between the time to the maximum quadriceps femoris strength and walking ability:

Local elderly individuals versus stroke patients

大田尾 浩 八谷 瑞紀 金井 秀作

後藤 大和 溝上 昭宏 溝田 勝彦

HIROSHI OTAO , MIZUKI HACHIYA , SHUSAKU KANAI ,
YAMATO GOTO , AKIHIRO MIZOKAMI , KATSUHIKO MIZOTA

大腿四頭筋筋力の最大値到達時間と歩行能力との関係 - 地域在住高齢者と脳卒中患者との比較 -

Association between the time to the maximum quadriceps femoris strength and walking ability: Local elderly individuals versus stroke patients

大田尾 浩¹⁾ 八谷 瑞紀¹⁾ 金井 秀作²⁾
後藤 大和²⁾ 溝上 昭宏³⁾ 溝田 勝彦¹⁾

HIROSHI OTAO¹⁾, MIZUKI HACHIYA¹⁾, SHUSAKU KANAI²⁾,
YAMATO GOTO²⁾, AKIHIRO MIZOKAMI³⁾, KATSUHIKO MIZOTA¹⁾

要旨：〔目的〕大腿四頭筋筋力の最大値に到達するまでの所要時間（最大値到達時間）と歩行能力との関係を検討した。〔対象〕地域在住高齢者26名（65±5歳）ならびに脳卒中患者43名（73±13歳）とした。〔方法〕可搬型徒手筋力計（ハンドヘルドダイナモメータ）を用いて大腿四頭筋筋力とその最大値到達時間を計測した。歩行能力はTimed Up and Go Test（TUG）にて計測した。〔結果〕大腿四頭筋筋力の最大値到達時間は、短い順に健常高齢者、脳卒中患者の非麻痺側、麻痺側であった（ $p < 0.01$ ）。最大値到達時間は下肢筋力ならびにTUGとの間に有意な相関が認められた。〔結語〕ハンドヘルドダイナモメータを用いて計測した大腿四頭筋筋力の最大値到達時間は、下肢機能評価として有用な指標である可能性が示された。

キーワード：最大値到達時間，大腿四頭筋筋力，歩行能力

Abstract: Objective: This study was conducted to investigate the association between the time to the maximum quadriceps femoris strength and walking ability. Subjects: This study included 26 local elderly individuals and 43 stroke patients. Methods: Using a mobile hand-held dynamometer, we measured the quadriceps femoris strength and time to reach its maximum level. We measured the walking ability with a Timed Up and Go (TUG) test. Results: The time to the maximum quadriceps femoris strength was the shortest for healthy elderly individuals, followed by the paretic side, and non-paretic side for stroke patients. The time to the maximum quadriceps femoris strength was significantly correlated with the muscle strength of the lower extremities and TUG results. Conclusion: The time to the maximum quadriceps femoris strength, as measured using the hand-held dynamometer, was suggested to be a useful measure in evaluating the function of the lower extremities.

Key words: Time to the maximum strength, quadriceps femoris strength, walking ability

受付日：平成25年9月20日，採択日：平成25年11月1日

1) 西九州大学リハビリテーション学部

Faculty of Rehabilitation Sciences, Nishikyushu University

2) 県立広島大学保健福祉学部

Faculty of Health and Welfare, Prefectural University of Hiroshima

3) 河畔病院リハビリテーション部

Department of Rehabilitation, Kahan Hospital

I. 緒言

身体が静止した状態から動くためには、身体を動かすだけの力を発揮しなければならない。その力を発揮するまでの時間が短いほど運動の開始は早くなる。たとえ筋力が強くとも、スピードの要素を欠きその力(パワー)を十分発揮することができなければ、より速く走ることはできない。すなわち、力を発揮する速度の改善は能力の向上につながると言える。筋力が力を発揮する能力と定義すれば、パワー(力×速さ)は力を速く発揮する能力と定義できる(Beane et al. 2002)。筋収縮を発揮するまでの時間が遅延することは、外乱刺激を受けた際に転倒を避けるための踏み出し動作が遅れることを意味している(Tirosh and Sparrow 2004)。そのため、転倒を避けるためにも瞬発的に筋力を発揮できることが求められる。また、虚弱高齢者では下肢の筋力よりもパワーの方が階段昇降や歩行、立ち上がり動作などには重要であるとされている(Bassey et al. 1992; Misko et al. 2003)。さらにEvans(2000)は、高齢者を対象としたトレーニングは、筋力の強化だけでなく速さの向上を目的としたデザインにすべきだと強調している。このように、身体機能を捉えるためには筋力に加えて速さの要素を併せて評価する必要があると思われる。

一方、筋力を計測する機器は手で持ち運べるほどに小さくなり、臨床での評価が容易となった。ところが、筋力よりも重要視すべきだされているパワーの「速さ」についての評価は、筋力ほどには行われていない。これは、最大トルクに到達するまでの所要時間を算出できる等速性筋力評価訓練機器(トルクマシン)は、高価で大型の機器であることが理由として考えられる。そこで、安価で可搬性に優れたハンドヘルドダイナモメータを用いて評価した「速さ」の有用性を検証することとした。本研究の目的は、ハンドヘルドダイナモメータを用いて評価した大腿四頭筋筋力が最大値に到達するまでの所要時間(最大値到達時間)の有用性を歩行能力との関連から検討することである。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、体力計測会に参加した地域在住高齢者26名(平均年齢 65 ± 5 歳)ならびに、入院および通院中の脳卒中患者43名(平均年齢 73 ± 13 歳)とした(表1)。地域在住高齢者の取り込み基準は、歩行が可能なこと、要介護認定を受けていないこと、麻痺などの明らかな

表1. 対象の属性(n=69)

	地域在住高齢者 (n=26)	脳卒中患者 (n=43)
年齢(歳)	65 ± 5	73 ± 13
性別(男性/女性)	5 / 21	25 / 18
身長(cm)	154 ± 14	156 ± 13
体重(kg)	56.6 ± 21	55.0 ± 16
BMI(kg/m ²)	22.9 ± 4.4	21.7 ± 4.2
病日数(日)		39 ± 55

中央値 ± 4分位範囲

神経症状が見受けられないこととした。対象の除外基準は認知症があるものとした。脳卒中患者の取り込み基準は、歩行が可能なこととした。対象の除外基準は、重度の認知症と指示が通らない程の重度な失語症があるものとした。

研究の趣旨と内容について対象者に文書と口頭にて十分に説明し、理解を得たうえで協力を求めた。また、研究の参加は自由意思であること、参加しない場合や途中で中止した場合であっても対象者には不利益がないことを説明した。研究参加の同意書にサインを得たうえで研究を開始した。なお、脳卒中患者を対象とした調査は、調査を実施した施設の施設長および現場長の承認を事前に得てから実施した。

2. 方法

測定項目は、大腿四頭筋筋力とその最大値到達時間ならびに歩行能力とした。

大腿四頭筋筋力は、ハンドヘルドダイナモメータ(アニマ社製)を用いた。対象者には足底が床面に接しない端座位をとらせ、膝関節90度屈曲位とした。下腿遠位部前部にセンサーパッドをあて、下腿が下垂位になるようにベルトの長さを調節し、下腿後方にある支柱に固定した。体幹は垂直位を保ち反動をつけないで最大努力による等尺性膝関節伸展運動を行わせた。計測時の対象者への教示は「はい蹴ってください。もっと蹴って!蹴って!」に統一した。計測中は、センサーパッドのずれを防止するために検者が前方でパッドを固定した。筋収縮の持続時間は5秒以上とし、疲労を考慮して計測の間隔を30秒以上あけるようにした。左右の脚を2回ずつ計測し、その最大値を大腿四頭筋筋力(kgf)とし、最大筋力までに到達するまでの所要時間を最大値到達時間(秒)とした。左右の最大値の合計した値を体重百分率に換算し下肢筋力(%)とした。

歩行能力は、Timed Up and Go Test(TUG)を用い

て計測した。スタート肢位は、椅子の背もたれに背中をつけ、両手を大腿部に置いた姿勢とした。スタートの合図と同時に、椅子から立ち上がり3メートル先の目印を折り返し、再び椅子に座るまでの時間を計測した。なお、左右の周回する方向は対象者の自由とした。計測はストップウォッチを用いて、対象者が椅子から立ち上がるために動き出した時点から殿部が椅子についた時点までに要した時間を計測した。計測は2回実施し最速値(秒)を採用した。

統計処理は、計測値を Shapiro-wilk 検定にて正規性の確認を行った後に、地域在住高齢者と脳卒中患者の最大値到達時間を Kruskalwallis 検定にて比較した。多重比較法は Bonferroni 法の不等式にて有意確率を調整し比較した。また、最大値到達時間と大腿四頭筋筋力、TUG との関連を Spearman の順位相関係数から検討した。統計解析には SPSS Statistics 21 (IBM) を用いた。

Ⅲ．結果

最大値到達時間は、短い順に地域在住高齢者(2.05 ± 1.06秒)、脳卒中患者非麻痺側(3.97 ± 1.70秒)、麻痺側(6.98 ± 3.09秒)であった。最大筋力到達時間は、すべての群との間に有意差(p < 0.01)が認められた(図1)。

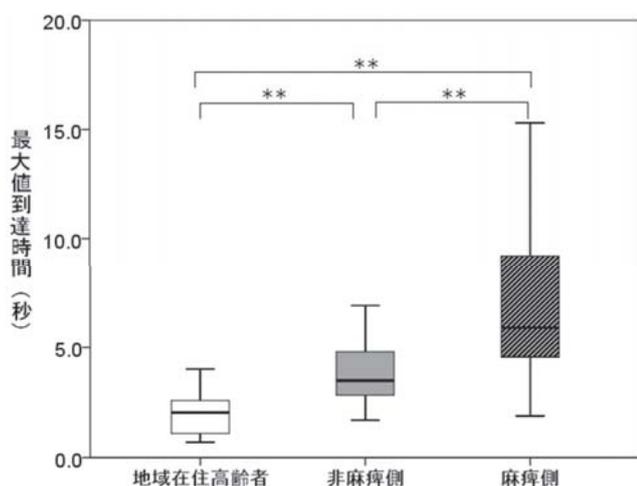


図1．最大値到達時間の比較

大腿四頭筋筋力がピーク値に到達するまでの所要時間は、短い順に地域在住高齢者、脳卒中患者の非麻痺側、麻痺側であった。

各測定項目の関連を分析した結果、最大値到達時間とTUG($r=0.66, p<0.01$)ならびに下肢筋力とTUG($r=0.44, p<0.01$)との間に有意な相関が認められた(図2)。最大値到達時間と下肢筋力との間には有意な相関($r=-0.23, p=0.06$)は認められなかった。

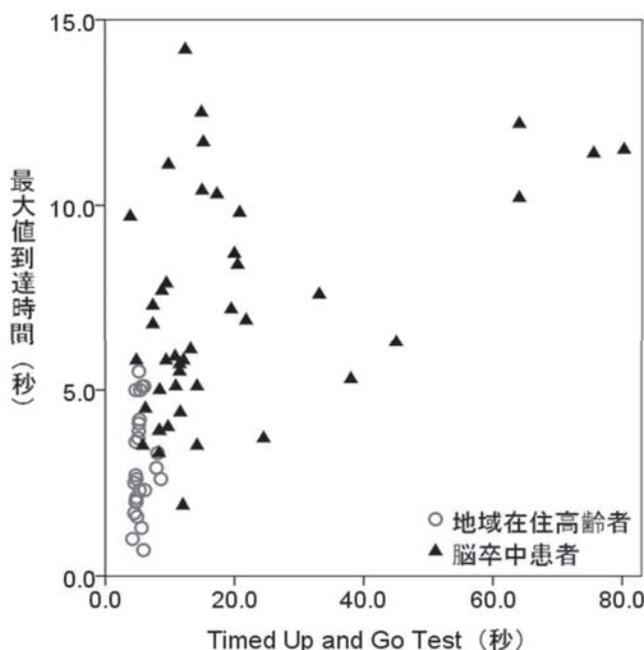


図2．最大値到達時間とTUGとの関連

脳卒中患者は最大値到達時間が遅いほどTUGは遅い傾向にあり、またばらつきも大きい。一方、地域在住高齢者はばらつき程度が小さいことがわかる。

Ⅳ．考察

大腿四頭筋筋力は、歩行などの移動動作に加えて日常生活とも密接に関連していると報告されている(Hunter et al. 1995)。さらに、大腿四頭筋筋力は健康関連QOLとの関連さえ指摘されている(Carter et al. 2002)。このことは、大腿四頭筋筋力というよりは、最大値到達時間のような筋活動の能力を反映していることが考えられる。そこで本研究は、これまでトルクマシンによって計測されてきた最大値到達時間をハンドヘルドダイナモメータによって計測することを試みた。その結果、最大値到達時間が短いほどTUGが速いことが明らかとなった。TUGは転倒リスクを反映することから、歩行能力や動的バランス能力の指標として用いられている(Shumway-Cook et al. 2000)。最大値到達時間とTUGとの関連が確認されたことからハンドヘルドダイナモメータで計測した大腿四頭筋筋力の最大値到達時間は下肢機能評価法として有用であると考えられる。

次に、下肢の機能が低い順に大腿四頭筋筋力の最大値到達時間は短かった。反応時間は30歳ころから延長がはじまり、60歳代では20歳代の20%も遅延することが知られている(Gottsdanker 1982; Wilkinson and Allison 1989)。脳損傷患者の反応時間は、健常者のそれと比較してさらに延長は大きくなり、とくに非優位半

球での病変による延長が著しいことが報告されている (Dee and Van Allen 1971, Howes and Boller 1975)。また、健常者の最大値到達時間と比較して、脳卒中患者非麻痺側、麻痺側ともに著しく延長する (Tsuji and Nakamura 1987)。このことは、脊髄小脳変性症や脊髄損傷患者においても同様の結果が報告されており、中枢神経疾患に共通する特徴であることが指摘されている (Fujita and Nakamura 1989; Sajiki and Nakamura 1987)。この最大値到達時間の延長は、短時間のあいだに筋力を十分に発揮することができないことによるものだとされている (Hallett 1979)。つまり、運動出力の低下の代償と考えられている。

本研究結果から、ハンドヘルドダイナモメータを用いた最大値到達時間の評価が可能であることが示唆された。筋の収縮速度は、筋力の強化を図ることで速くなることが知られている (Duchateau and Hainaut 1984; Viitasalo and Komi 1978)。たとえば、体幹に着目したトレーニングを実施した結果、体幹筋力を発揮する時間は短縮しバランス能力に改善が認められたと報告されている (高橋ら 2013)。また、地域在住高齢者の転倒リスクを大腿四頭筋の筋活動から分析した結果、転倒群の方が非転倒群よりも最大収縮までに要した時間が有意に長く、筋力と筋の反応速度を高める運動は転倒予防に有用だと報告されている (Oya et al. 2008)。これらのことから、最大値到達時間を評価することの有用性は高いことが伺える。また、トレーニングによる改善効果も認められることから「筋力のみならず「速さ」」についての評価は必要であろう。

ただし、ハンドヘルドダイナモメータを用いた筋力の計測では、瞬時に最大筋力を発揮するとセンサーの位置が動いてしまうことがある。また、ハンドヘルドダイナモメータは、トルクマシンが算出する最大トルクを発生した関節角度や、トルクの曲線、主動筋と拮抗筋との対比などの総合的な筋収縮能力の評価は行えない。このことから、ハンドヘルドダイナモメータを用いた筋収縮能力の評価は限定的であるとも言える。これらの汎用性の程度とその限界は今後の研究課題である。

引用文献

Bassey EJ, et al (1992) Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* 82: 321-327.
 Bean JF, et al (2002) The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited old people. *J Am Geriatr Soc* 50: 461-467.

Carter ND, et al (2002) Knee extension strength is a significant determinant of static and dynamic balance as well as quality of life in older community-dwelling women with osteoporosis. *Gerontology* 48: 360-368.
 Dee HL and Van Allen MW (1971) Simple and choice reaction time and motor strength in unilateral cerebral disease. *Acta Psychiatr Scand* 47: 315-23.
 Duchateau J and Hainaut K (1984) Isometric or dynamic training. Differential effects on mechanical properties of human muscle. *J Appl Physiol* 56: 296-301.
 Evans W (2000) Exercise strategies should be designed to increase muscle power. *J Gerontology A Biol Sci* 55: 309-310.
 Fujita M and Nakamura R (1989) Characteristics of the fastest isometric knee extension in patients with spinocerebellar degenerations. *Tohoku J Exp Med* 157: 13-17.
 Gottsdanker R (1982) Age and simple reaction time. *J Gerontol* 37: 342-348.
 Hallett M (1979) Ballistic elbow flexion movements in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 42: 232-237.
 Howes D and Boller F (1975) Simple reaction time: evidence for focal impairment from lesions of the right hemisphere. *Brain* 98: 317-332.
 Hunter GR, et al (1995) The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc* 43: 756-760.
 Miszko TA, et al (2003) Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontology A Biol Sci Med Sci* 58: 171-175.
 Oya Y, et al (2008) Fall risk assessment and knee extensor muscle activity in elderly people. *Nihon Ronen Igakkai Zasshi* 45: 308-314.
 Sajiki N and Nakamura R (1987) Effect of passive motions on the initiation of fast knee extension in patients with paraparesis. *Tohoku J Exp Med* 151: 333-338.
 Shumway-Cook A, et al (2000) Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 80: 896-903.
 高橋恵美, ら (2013) 体幹筋力発揮時間とバランスの関係. *理学療法科学* 28: 209-214.
 Tirosh O and Sparrow WA (2004) Gait termination in young and older adults: effects of stopping stimulus probability and stimulus delay. *Gait Posture* 19: 243-251.
 Tsuji I and Nakamura R (1987) The altered time course of tension development during the initiation of fast movement in hemiplegic patients. *Tohoku J Exp Med* 151: 137-143.
 Viitasalo JT and Komi PV (1978) Force-time characteristics and fiber composition in human leg extensor muscles. *European J Appl Physiol Occup Physiol* 40: 7-15.
 Wilkinson RT and Allison S (1989) Age and simple reaction time: decade differences for 5, 325 subjects. *J Gerontol* 44: 29-35.