徒手筋力検査法における grade 3 の筋力値と 最大筋力値の関係

The Relationship between Grade 3 Muscle Strength and the Maximum Muscle Strength in Manual Muscle Testing

宇佐 英幸^{1,2)} 竹井 仁³⁾ 宇佐 桃子⁴⁾

HIDEYUKI USA, RPT, MS^{1,2)}, HITOSHI TAKEI, RPT, PhD³⁾, MOMOKO USA, RPT, MS⁴⁾

¹⁾ Senkawa-Shinoda Orthopedic Clinic: 3-13-8 Kaname-cho, Toshima-ku, Tokyo 171-0043, Japan. TEL+81 3-3959-4114
E-mail: usa-hideyuki@hs.tmu.ac.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

³⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

⁴⁾ Department of Rehabilitation, Ikegami General Hospital

Rigakuryoho Kagaku 26(5): 571-575, 2011. Submitted Apr. 6, 2011. Accepted May 5, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] This study was designed to clarify the relationship between grade 3 muscle strength (moment M_{fair} : M_f) and the maximum muscle strength (moment M_{max} : M_m) in manual muscle testing. [Subjects] The subjects were 35 right dominant arms of 35 healthy persons (mean age: 21.2 years). [Methods] Tasks performed in the experiment included maximal force isometric muscle contraction in each motion of shoulder flexion, scaption, abduction, and elbow flexion. The maximum resistance in each experimental task was determined with a hand-held dynamometer. M_f and M_m were calculated to test for no correlation, regression analysis, and to test parallelism in analysis of covariance. [Results] There was a highly positive correlation between M_f and M_m in all of the experimental tasks. We confirmed that all of the 4 regression lines could be used to predict M_m , whereas parallelism of the 4 regression lines was rejected. [Conclusion] There was a linear correlation between M_f and M_m , but the results indicate that the correlation was different for each motion.

Key words: manual muscle testing, grade 3, hand-held dynamometer

要旨:〔目的〕徒手筋力検査法における grade 3 の筋力値（モーメント M_{fair} ：以下 M_f ）と最大筋力値（モーメント M_{max} ：以下 M_m ）の関係を明らかにすることとした。〔対象〕健康人 35 名（平均年齢 21.2 歳）の右利き腕 35 肢とした。〔方法〕肩関節の屈曲、肩甲骨面挙上および外転と、肘関節の屈曲それぞれの運動における最大努力での等尺性筋収縮を実験課題とした。各実験課題での最大抵抗力を、徒手筋力測定器を用いて測定した。 M_f および M_m を算出し、無相関の検定と回帰分析、共分散分析の平行性の検定を行った。〔結果〕 M_f と M_m の間にはすべての実験課題において強い正の相関があり、得られた 4 つの回帰直線はすべて予測に役立つことが確認された。しかし、4 つの回帰直線の平行性は棄却された。〔結語〕 M_f と M_m の間には直線的関係が得られたが、その関係は対象とする運動により異なることが示唆された。

キーワード: 徒手筋力検査法, grade 3, 徒手筋力測定器

¹⁾ 千川篠田整形外科: 東京都豊島区要町 3-13-8 (〒171-0043) TEL 03-3959-4114

²⁾ 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学系

³⁾ 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域

⁴⁾ 池上総合病院リハビリテーション室

I. はじめに

臨床における筋力評価には、Danielsらの新・徒手筋力検査法（Manual Muscle Testing：以下MMT）¹⁾が用いられることが多い²⁾。このMMTは特別な装置や機器を必要とせず、要領さえわかれば誰にでもできるという点で重宝されている^{3,4)}が、その段階づけに関しては大きな問題点が指摘されている。MMTの段階づけはgrade 0 (Zero)–5 (Normal) の6段階で示す順序尺度で、各段階の間隔は等しくない^{1,3,5)}。また、grade 3以下の段階づけでは、筋収縮時の触診による収縮の有無、関節を抗重力または重力の影響を最小にした肢位で動かせるか否かといった客観的な判定基準がある^{1,4,6-8)}。しかし、grade 4・5の段階づけでは、検査者の性別、体格あるいは年齢などにより徒手抵抗の強さが影響を受け、さらに被験者の性別、体格および年齢などを考慮して段階づけが行われるため、主観的要素が多く含まれている^{4,6)}。そのため、MMTによる筋力評価は患者個々の特性に柔軟に対応できる⁷⁾反面、定量的でなく客観性に乏しい。客観的かつ定量的に筋力を評価することには、患者のトレーニングへの動機づけや意欲を高める効果がある。また、セラピストが筋力を適確に把握し、適切なプログラムの作成や効果判定をすることを可能にする。そのため、臨床で簡便に測定できる筋力測定機器による客観的な筋力評価を併用することによりMMTの欠点を補うことが必要である⁹⁾。

そこで、近年ではその簡便さから徒手筋力測定器（Hand Held Dynamometer：以下HDD）を用いた筋力評価が注目されている。HDDを用いた筋力測定の信頼性やMMTとの関連については諸家により報告されており、その有用性が確認されている^{2,4,6,9-16)}。しかし、この筋力評価を臨床で用いる場合、客観的かつ定量的に筋力を測定するとともに、最大筋力値を予測して得られた筋力値を相対的に評価することが必要である。

MMTにおけるgrade 3の段階づけには、重力に抗して運動可能範囲を完全に終わりまで動かせるという客観的な判定基準があり^{1,4,6-8)}、その筋力値は理論式から算出可能である。また、対象とする関節運動によって異なるために一部の関節運動に対してではあるが、grade 5の筋力値に対するgrade 3の筋力値の割合が報告されている^{17,18)}。このことから、最大筋力値を予測する方法の1つとして、算出可能なgrade 3の段階づけの筋力値を用いる方法が考えられる。しかし、先行文献が示しているgrade 5の筋力値に対するgrade 3の筋力値の割合には被験者間のばらつきがあることが予想されるため、その代表値が予測に役立つかどうかは不明である。

そこで本研究は、MMTにおけるgrade 3の筋力値を用いて最大筋力値を予測するために必要な、grade 3の筋力値と最大筋力値の関係を明らかにすることを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は健康人35名（男性18名、女性17名）の右利き腕35肢とした。平均年齢は21.2（18–26）歳、身長と体重の平均値（標準偏差）はそれぞれ166.4（8.6）cm、61.8（12.8）kgであった。実験は、ヘルシンキ宣言に則り、実験に関する説明を十分に行った後に被験者の承諾を得て実施した。

2. 方法

実験課題は、肩関節の屈曲、肩甲骨面挙上および外転と、肘関節の屈曲それぞれの運動における等尺性筋収縮とした。被験者を背もたれのある椅子座位にし、代償運動を抑えるために体幹をシートベルトで固定した。肩関節の屈曲、肩甲骨面挙上および外転課題時、上肢の挙上角度はそれぞれの方向に90°とした。上腕骨外側上顆の2 cm近位部に徒手筋力測定器μTas MT-1（アニマ株式会社、東京）の圧力センサーを配置してゼロ補正を行った後、それぞれの運動における最大努力での等尺性筋収縮を実施した時の最大抵抗力（以下P）を測定した。肘関節の屈曲課題時、上腕は体側に付け、肘関節は90°屈曲位とした。橈骨茎状突起の2 cm近位部にHDDの圧力センサーを配置して、肩関節の課題時と同様にゼロ補正を行った後にPの測定を行った。なお、HDDの圧力センサーは、鉛直線上にある固定されたフレームにベルトを使用して固定した。4種類の実験課題におけるPは各3回測定してその平均値を代表値とした。

測定後、MMTにおけるgrade 3の筋力値（モーメント M_{fair} ：以下 M_f ）および最大筋力値（モーメント M_{max} ：以下 M_m ）を下記の計算式にて算出した。

〔計算式〕

各実験課題における M_f [N・m] は、重力に抗して運動可能範囲を完全に終わりまで動かせるというDanielsらの新・徒手筋力検査法の段階づけによるgrade 3の判定基準¹⁾に基づき、以下の式により算出した¹⁹⁻²¹⁾。

$$M_f = m \cdot g \cdot L \quad \dots (1)$$

m ：【肩関節課題時】上肢重量[kg] = 体重×定数（定数：男性0.0505、女性0.0445）【肘関節課題時】前腕と手部の重量の和[kg] = 体重×定数（定数：男性0.024、女性0.019）

g ：重力加速度[m/s²] = 9.8

L ：【肩関節課題時】上肢の重心位置[m] = 上肢長（肩峰–第3指尖端間距離）× 0.46 【肘関節課題時】前腕と手部の合成重心位置[m] = 前腕長（肘関節裂隙–第3指尖端間距離）× 0.48

各実験課題における M_m [N・m] は以下の式により算出した.

$$M_m = M_f + P \cdot \ell \quad \dots (2)$$

P : 各実験課題における最大抵抗力 [N]

ℓ : アーム長 [m] (【肩関節課題時】肩峰－測定部間距離 【肘関節課題時】肘関節裂隙－測定部間距離)

て行った. 4種類の実験課題における M_f と M_m の関係を検討するために, 各実験課題において無相関の検定と回帰分析を行った. さらに, M_m について M_f を共変量とする共分散分析の平行性の検定を行い, 得られた回帰直線の間の相違について検討した.

III. 結 果

すべての統計処理は統計ソフト IBM SPSS 19を用い

4種類の実験課題における各被験者の M_f と M_m を表1

表1 各被験者の M_f と M_m

被験者	[N・m]					
	M_f	肩関節			肘関節屈曲	
		M_m			M_f	M_m
		屈曲	肩甲骨面挙上	外転		
1	11.3	85.0	83.0	79.3	3.2	87.1
2	8.2	39.2	42.2	43.4	2.0	31.7
3	7.2	33.8	36.2	32.8	1.8	33.5
4	13.4	63.8	64.0	60.0	3.8	79.9
5	12.6	60.3	62.6	68.2	3.5	50.4
6	11.2	44.9	43.4	37.7	3.2	41.7
7	11.4	57.1	50.9	48.0	3.2	63.7
8	7.7	34.2	35.8	37.3	1.9	39.3
9	5.8	30.7	30.4	29.2	1.4	26.0
10	11.1	50.6	51.6	46.1	3.2	55.5
11	6.2	32.2	30.2	33.6	1.6	30.8
12	7.4	34.8	34.8	33.6	1.9	34.6
13	8.0	38.2	39.5	44.0	2.0	42.4
14	9.0	37.7	41.4	43.9	2.3	37.2
15	11.5	47.6	43.2	46.3	3.3	49.2
16	16.0	76.0	81.0	74.3	4.5	68.5
17	9.5	35.2	39.8	36.3	2.5	36.3
18	6.4	30.7	33.2	29.0	1.7	31.8
19	12.1	50.3	49.1	45.6	3.5	58.0
20	12.0	65.2	58.5	54.8	3.5	73.4
21	5.4	31.9	31.7	32.3	1.4	29.1
22	7.1	27.3	28.7	27.6	1.8	28.1
23	6.4	22.7	23.7	21.1	1.6	27.8
24	5.7	31.5	29.4	27.0	1.4	28.6
25	9.8	48.2	42.7	41.8	2.4	42.0
26	13.5	85.2	85.1	77.9	3.8	83.3
27	11.5	54.1	51.3	53.3	3.3	56.3
28	19.5	83.6	86.4	85.2	5.4	86.2
29	10.0	60.7	55.4	55.4	2.8	60.0
30	10.8	60.1	68.7	67.4	3.1	61.7
31	6.2	26.7	26.2	25.1	1.6	26.7
32	10.9	58.4	60.5	55.4	3.1	59.0
33	9.1	54.9	46.7	41.8	2.6	55.5
34	11.8	59.8	60.6	59.0	3.4	59.9
35	7.8	37.3	38.4	37.6	2.6	36.8

M_f : 徒手筋力検査法における grade 3 の筋力値, M_m : 最大筋力値

表2 M_f と M_m の相関係数と回帰式

		相関係数	回帰式
肩関節	屈曲	0.874	$M_m = 4.856M_f + 0.645$ ($R^2 = 0.764$)
肩関節	肩甲骨面挙上	0.882	$M_m = 4.910M_f + 0.011$ ($R^2 = 0.779$)
肩関節	外転	0.873	$M_m = 4.647M_f + 1.014$ ($R^2 = 0.762$)
肘関節	屈曲	0.878	$M_m = 16.974M_f + 3.203$ ($R^2 = 0.771$)

M_f : 徒手筋力検査法における grade 3 の筋力値, M_m : 最大筋力値, R^2 : 決定係数

に示す。 M_m に対する M_f の割合の平均値は、肩関節屈曲では20.9%、肩甲骨面挙上では20.8%、外転では21.6%、肘関節屈曲では5.6%であった。4種類の実験課題における M_f と M_m の相関係数と回帰式を表2に示す。表2より、各実験課題における M_f と M_m の相関係数は0.873-0.882 ($p<0.001$)であり、すべての実験課題において両者の間には強い正の相関があった。さらに、回帰分析の結果、得られた4つの回帰直線はすべて予測に役立つことが確認された ($p<0.001$)。また、共分散分析の平行性の検定の結果、実験課題と M_f の間に交互作用がみられ ($p<0.001$)、4つの回帰直線の平行性は棄却された。

IV. 考 察

本研究の方法での肘関節屈曲における M_m に対する M_f の割合は5.6%であった。Ploegらの報告¹⁷⁾によると2-4%とわれわれの結果よりもわずかながら小さい。この原因としては測定肢位や測定機器の違いが考えられる。本研究での測定肢位はDanielsらの新・徒手筋力検査法¹⁾の測定肢位である端坐位としたが、Ploegらは背臥位であった。また、測定機器の詳細については表記がなく写真が掲載されているだけであったが、明らかに本研究で使用したものは異なっていた。また、高橋³⁾や渡辺⁵⁾は、Danielsの測定では6.3%であったと記述している。本研究の結果は、これらの文献間の結果の相違の範囲内であり、本研究の方法によっても先行研究とほぼ同等の結果が得られることが確認できた。

本研究の方法によって求めた M_f と M_m の間には、4種類の実験課題それぞれにおいて直線的関係が得られた。決定係数 (R^2) は0.762-0.779であり、すべての回帰式においてあてはまりの良さが示唆された。よって、これらの回帰式による最大筋力値の予測は高い精度で可能であると考えられる。また、4つの回帰直線の平行性が棄却されたことから、 M_f と M_m の関係は実験課題間で異なることが示唆された。よって、対象とする関節運動によって M_f と M_m の関係は異なることが予想される。Ploegら¹⁷⁾は重力に抗してある部位を持ち上げるのに必要な筋力の最大筋力に対する割合はすべての筋で異なると述べ、Resnickら¹⁸⁾は、重力に打ち勝つために必要な筋力の最大筋力に対する割合は、遠位の筋より近位の筋において

の方が大きかったと報告している。また、高橋³⁾や渡辺⁵⁾は、Danielsの測定では筋の最大収縮力を100%とする。と頸の屈筋では32%、股関節外転筋では24%、大腿四頭筋では10%、肘の屈筋にいたってはわずか6.3%の収縮力でgrade 3の筋力値を示し得ると記述している。本研究の結果はこれらの先行研究の結果を支持するものとなった。

また、本研究の臨床応用について考えると、肩関節屈曲、肩甲骨面挙上および外転の場合は体重と上肢長、肘関節屈曲の場合は体重と前腕長をそれぞれ測定することにより式(1)から M_f が算出される。例えば、体重65.0 kg、上肢長0.75 m、前腕長0.40 mの男性の場合、肩関節屈曲、肩甲骨面挙上および外転の M_f は11.1 N・m、肘関節屈曲の M_f は2.9 N・mとなる。これらを得られた4つの回帰式それぞれに代入することにより M_m は、肩関節屈曲では54.6 N・m、肩甲骨面挙上では54.5 N・m、外転では52.6 N・m、肘関節屈曲では53.1 N・mと予測される。このように、本研究の結果により4種類の実験課題それぞれの M_m の予測は容易である。

以上のことから、算出可能なMMTにおけるgrade 3の筋力値を用いて最大筋力値を予測する方法は精度が高いだけでなく簡便性も備えており、臨床においても応用しやすい方法であると考えられる。

つぎに、本研究結果の有用性について考える。筋力は、性別、体格あるいは年齢など、患者個々の特性から影響を受ける。そのため、個々の患者に対して適切なプログラムの作成や効果判定をすることを目的とした筋力評価の実施においては、これらの特性を考慮する必要がある。しかし、HDDを用いた筋力測定では、客観的かつ定量的に筋力を測定するため、こうした患者個々の特性に対して考慮することを排除している。本研究の結果を臨床応用すると、式(1)から、体重や上肢長・前腕長といった患者特性に M_f が依存するため、 M_f を用いて予測する M_m もこれらの患者特性に依存する。そのため、HDDを用いた筋力測定で得られた筋力値の絶対量だけを評価するのではなく、 M_m と比較して相対的に評価することにより、患者個々の特性を考慮した筋力評価が可能であると考えられる。また、 M_m を用いることにより、筋力トレーニングを実施するときの目標値の設定にも患者個々の特性を考慮することができる。これらのことから、本研究

の結果は臨床での筋力評価において有用であると考ええる。

ただし、本研究では若年の健常人を対象とした。筋力は年齢により大きく異なる可能性がある。そのため、 M_f と M_m の関係も年齢により変化することが予想される。よって、今後は年齢別の解析を加えて検討することが必要である。また、前述したように、対象とする関節運動によって M_f と M_m の関係は異なることが予想される。そのため、今回解析した以外の関節運動における解析を行うことも今後の課題である。しかし、顔面筋や手指・足趾の運動、前腕の回内外などの重力の影響をほとんど受けない運動では、重力に抗して運動可能範囲を完全に終わりまで動かせるというMMTにおける grade 3 の段階づけの判定基準が他の運動に比べて曖昧になる^{3,5,8,22)}。そのため、式(1)から算出した M_f をMMTにおける grade 3 の筋力値とすることができない。よって、これらの運動は実験課題から除外しなければならないと考える。

引用文献

- 1) 津山直一, 中村耕三(訳):新・徒手筋力検査法, 原著第8版. 協同医書, 東京, 2008.
- 2) 佐藤 滋, 鎌田潤也, 上嶋健治・他: ハンドヘルドダイナモメータの精度評価と臨床応用への検討—CYBEXNORM TMとPower Track II TMを用いて—. 東北理学療法学, 2000, 12: 6-9.
- 3) 高橋精一郎: 徒手筋力テストを考える. 理学療法学, 1984, 11(2): 99-101.
- 4) 吉村茂和, 相馬正之, 山本真秀・他: 徒手筋力テストにおける段階づけ. 理学療法ジャーナル, 2003, 37(4): 347-349.
- 5) 渡辺英夫: 徒手筋力テストの諸問題. 総合リハ, 1975, 3(8): 619-627.
- 6) 北川了三, 山崎裕司, 平木幸治: 膝伸展筋の徒手筋力検査値と等尺性膝伸展筋力値の関連. 高知県理学療法, 2004, 11: 2-8.
- 7) 中川法一, 森実 徹: 徒手筋力テスト(MMT)の信頼性—検者側因子を中心に—. 理学療法学, 1990, 17(3): 238-241.
- 8) 田中宏太佳: 徒手筋力テストの方法と注意点. 総合リハ, 1994, 22(3): 191-195.
- 9) 大友健太, 長谷川輝美, 清水弘之: ハンドヘルドダイナモメータによる等尺性股伸展筋力の再現性. 総合リハ, 2005, 33(8): 767-770.
- 10) 神谷晃央, 名越央樹, 竹井 仁: ハンドヘルドダイナモメータを使用した体幹固定筋力を反映する股関節周囲筋力測定 of 信頼性. 理学療法科学, 2010, 25(2): 193-197.
- 11) 近藤由美, 松本 尚, 綿谷美佐子・他: Hand-Held Dynamometerによる股関節外転筋力測定の再現性—側臥位における簡便な測定方法の検討—. 北海道理学療法, 2008, 25: 33-36.
- 12) 真田将幸, 一圓未央, 中川法一・他: ハンドヘルドダイナモメータを用いた下腿三頭筋筋力測定. 理学療法科学, 2008, 23(3): 391-394.
- 13) 杉本 諭, 小野塚直子, 篠塚敏雄・他: ハンドヘルドダイナモメータを用いた足底屈筋力測定法の信頼性およびMMTとの関連について. 理学療法学, 2005, 32(6): 380-383.
- 14) 村井 健, 綿谷美佐子, 松本 尚・他: 坐位におけるハンドヘルドダイナモメータを用いた肩筋力測定方法とその再現性. 北海道理学療法, 2008, 25: 37-41.
- 15) Bohannon RW: Manual muscle test scores and dynamometer test scores of knee extension strength. Arch Phys Med Rehabil, 1986, 67(6): 390-392.
- 16) Katoh M, Yamasaki H: Comparison of reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer with and without a restraining belt. J Phys Ther Sci, 2009, 21(1): 37-42.
- 17) van der Ploeg RJ, Oosterhuis HJ, Reuvekamp J: Measuring muscle strength. J Neurol, 1984, 231(4): 200-203.
- 18) Resnick JS, Mammel M, Mundale MO, et al.: Muscular strength as an index of response to therapy in childhood dermatomyositis. Arch Phys Med Rehabil, 1981, 62(1): 12-19.
- 19) 中村隆一, 斎藤 宏: 基礎運動学, 第4版. 医歯薬出版, 東京, 1992, pp289-293.
- 20) 佐藤方彦(監修): 人間工学基準数値数式便覧. 技報堂出版, 東京, 1992, pp42-50.
- 21) 宇佐英幸, 竹井 仁, 宇佐桃子: 大腿四頭筋マッスルセッティング時の等尺性筋収縮力の測定—水銀血圧計を用いて測定したセッティング圧の臨床応用—. 理学療法科学, 2011, 26(3): (掲載予定).
- 22) 中山彰一: 徒手筋力テストの信頼性について. 理・作療法, 1979, 13(2): 87-91.