

# ベルト固定をしたハンドヘルドダイナモメーターによる 肩関節外旋筋力測定における妥当性について

五味 雅大, 平野 正広, 加藤 宗規, 川口 沙織

了徳寺大学・健康科学部理学療法学科

## 要旨

「目的」肩関節外旋筋力の定量的測定値を得るために、ベルト固定をしたハンドヘルドダイナモメーター測定方法の妥当性を検討した。「対象」若年健康者25名とした。「方法」ベルト固定をしたハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節外旋筋力測定は1名の検者が測定した。ハンドヘルドダイナモメーターによる測定の妥当性は、BIODEXによる測定値を外的基準とした基準関連妥当性を検討した。「結果」ピアソンの相関係数は有意な相関が認められた ( $r = 0.89$ )。Bland-Altman 分析では固定誤差が認められた。「結論」ベルト固定をしたハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節外旋筋力測定方法は、固定誤差を考慮した上で測定値の比較をすることにより、臨床应用到に値する妥当性が得られると考えられた。

キーワード：肩関節外旋筋力, ハンドヘルドダイナモメーター, 妥当性

## Validity of Isometric Muscle Strength Measurements of the Shoulder External Rotation Using a Hand-held Dynamometer with Belt Stabilization

Masahiro Gomi, Masahiro Hirano, Munenori Katoh, Saori Kawaguchi

Department of physical Therapy, Faculty of Health Science, Ryotokuji University

## Abstract

[Purpose] To investigate the validity of a measurement method using a hand-held dynamometer (HHD) fixed with a belt. The HHD tested the strength of the shoulder external rotation (SER). [Subject] The participants were 25 young healthy adults. [Methods] The strength of the SER was measured by one tester for consistency. The value of the BIODEX was utilized to establish as an objective standard for this study. [Result] Pearson correlation coefficients showed significant correlations between the measurements and the BIODEX standard. Bland-Altman analysis showed a fixed bias. [Conclusion] By considering the fixed bias, comparing the measured values, we thought that muscle strength measurements of the SER using a HHD fixed with a belt would obtain relevance worthy of clinical application.

Keywords: Shoulder External Rotation muscle strength, Hand-Held Dynamometer, Validity

## I .はじめに

筋力測定において、等速性筋力測定機器を用いて定量的筋力測定を実施する方法は、その測定結果に高い信頼性と妥当性を得ることができると考えられる。しかし、理学療法においては、機器の価格が高価であり、機器を設置した場所のみでの測定、さらには操作性の問題から測定時間を多く要することなどもあ

り、広く普及するには至っていない。理学療法評価において、一般的に臨床で用いられている筋力測定は、徒手筋力検査 (manual muscle testing: 以下, MMT) である。MMT は、特別な機器を使用しないで実施することができ、その簡便性から筋力測定方法のひとつとして広く用いられている。そして Daniels と Worthingham による方法<sup>1)</sup> が広く用いられている。しかし、MMT の特徴である徒手抵抗による判定は、検査者の主観によるため測定誤差が生じやすいことが報告されている<sup>2)</sup>。

徒手筋力測定器 (hand-held dynamometer: 以下, HHD) は、小型で軽量の定量的筋力測定機器である。HHD を用いた測定は簡便に定量的測定値が得られる方法であるが、やはり臨床において広く普及するには至っていないと推察される。等速性筋力測定機器より遥かに安価で、測定方法も簡便である HHD による筋力測定が普及していない背景には、その測定値の再現性と妥当性についての見解が一致するに至っていないことが関与している可能性があると考えられる。HHD による筋力測定では、センサーを検者が手で把持して、被験者が行う運動を抑止することにより、筋力値が得られる。したがって、検者に可能な抑止力 (被験者の運動を抑止する固定力) の大小によって、検者間再現性が影響を受けることが予想される。HHD における再現性の問題への対策について、Katoh ら<sup>3,5)</sup> は HHD を用い若年健常者を対象とした下肢筋力測定において、センサーを検者が徒手で把持した測定方法と、センサーをベルトで固定した測定方法では、ベルト固定した測定方法の方が、同一日内、および日をあらためた検者内再現性、および妥当性が高いことを報告した。上肢筋力測定においても、HHD など比較的簡便な機器を用いた筋力測定の妥当性に関して、Sullivan と Chesley ら<sup>6)</sup> は平均年齢23歳の健常男性14名を対象として、HHD と等速性筋力測定装置による等尺性肩関節外旋筋力を1週後に日をあらためて2度測定し、測定の再現性と妥当性を検討した。得られた平均値は47 ~ 49Nm であり、1週後の値とのピアソンの相関係数は HHD で0.986、等速性筋力測定装置で0.993と良好であった。HHD と等速性筋力測定装置との比較では、ピアソンの相関係数は1日目で0.519、2日目で0.780であり、1日目においては有意な相関 ( $p < 0.05$ ) を認めなかった。五味ら<sup>7)</sup> によるベルトを用いた HHD 肩関節筋力測定と等速性筋力測定機器による測定値を比較し妥当性を検討した結果、両者におけるピアソンの相関係数は  $r = 0.63$  であり、有意な相関 ( $p < 0.05$ ) が認められたことを報告した。

理学療法の現場でみられている肩関節疾患として多くみられる肩関節周囲炎やスポーツ障害の野球肩などの障害は、肩関節外旋筋力との関係が深いといわれている。一般的に行われる肩関節外旋筋力の測定肢位はいわゆる第1肢位や第2肢位にて実施されることが多い。HHD による肩関節外旋筋力測定においても、坐位や臥位 (背臥位・腹臥位) における筋力測定方法を検討し、その測定方法の信頼性の高さが報告されている<sup>8-12)</sup>。

そこで、本研究では、若年健常者を対象としたベルト固定をした HHD による肩関節外旋筋力測定方法の妥当性を明らかにすることを目的として、HHD と等速性筋力測定機器による筋力測定値とを比較した。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は若年健常者25名 (男15名, 女10名)、年齢 $19.6 \pm 0.6$ 歳 (平均値  $\pm$  標準偏差)、身長 $166.5 \pm 7.0$ cm、体重 $59.0 \pm 8.3$ kgであった。測定肢は、利き手上肢計31肢であった。なお、利き手の判断基準は「書字」、「ボールを投げる」、「箸操作」の3項目を常時実施している手とした。また、いずれも上肢の各関節に整形外科的疾患や関節痛を有する肢はなかった。

対象者には、本研究概要の説明および測定上のリスクを理解し書面による同意を得た。なお、本研究は了徳寺大学生命倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号2816）。

## 2. 方法

肩関節外旋筋力測定はHHDと設置型筋力測定装置を用いて実施した。HHDは等尺性筋力測定装置  $\mu$  Tas F-1（アニマ社）を使用し、ベルトを使用して測定部位を固定した状態での等尺性筋力の測定を行った。検者は女性理学療法士1名（身長169cm, 体重53kg, 経験年数8年目）であった。設置型筋力測定装置は等速性筋力測定機器 BIODEX SYSTEM 3（Biodex Medical Systems 社：以下、BIODEX）を用いて、HHDと同様の部位にパッドを当てて等尺性筋力を測定した。

測定肢位はHHD、BIODEXともに訓練台（ベッド）上で腹臥位とし、測定する側の肩関節90度外転、内外旋0度、肘関節90度屈曲位となるようにし、肘関節より遠位部が訓練台の端から出るようにした。HHDのセンサーパッド、およびBIODEXのパッドは上腕骨遠位部の背側面に当て、センサー下端は橈骨茎状突起の高さとした。HHDのセンサーパッドは薄型パッドを使用した。また、HHD測定に際してはベルト固定用に使用する訓練台を、測定用訓練台に対してT字型になるように設置した。ベルトの位置は、運動方向に対してベルトが垂直になるように、センサーを当てた測定肢とベルト固定用訓練台のベッド脚をベルトで連結して固定した（図1）。なお、BIODEXの測定にあたっては、リスト用のアタッチメントに股関節内外転用のアタッチメントを組合せたものを使用した（図2）。

HHDおよびBIODEXによる測定ともに1回の練習を行ったのち、約5秒間の最大努力による等尺性運動を30秒以上の休憩を設けてHHD、BIODEXともに2回実施し、その最大値を採用した。異なる運動項目の測定間には10分以上の休憩を設けた。HHD、BIODEXの測定においては、測定時に体幹の代償動作が生じないように、測定肢側の肩甲帯と上腕部を肩関節外旋運動の障害とならない程度の固定を行った。

HHDによる測定はkgfを $1\text{kgf} = 9.8\text{N}$ として換算し、肩関節外旋トルク（Nm）を算出した。BIODEXによる筋力測定値は最大トルク値（Nm）を採用した。

HHDによる測定値の妥当性は、BIODEXによる測定値を外的基準とした基準関連妥当性を検討した。統計処理はR2.8.1を使用し、HHDならびにBIODEXの測定方法における検者内再現性について級内相関係数（以下、ICC）を求めた。その後、2種の測定機器によって得られた筋力値の関連性について検討するため、ピアソンの相関係数、Bland-Altman分析を用いた。有意水準は5%とした。



図1. HHD 測定場面

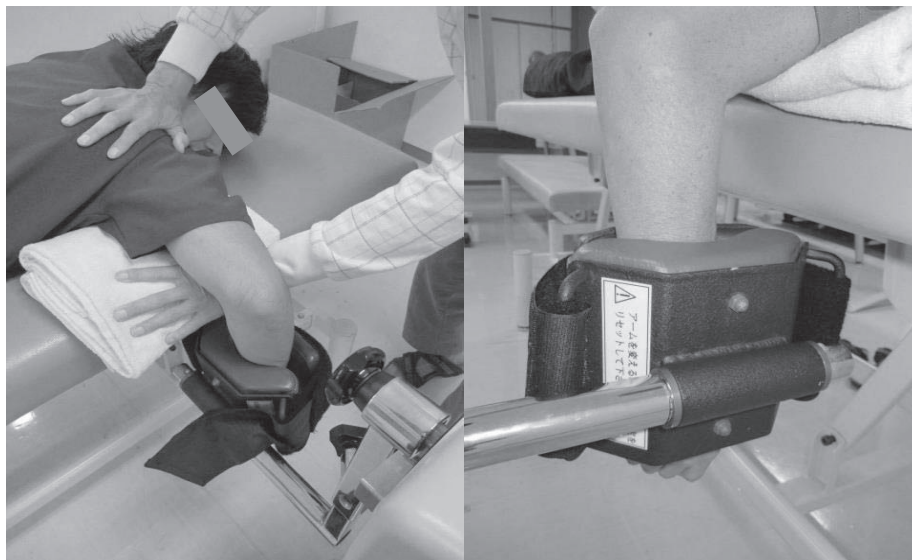


図2. BIODEX 測定場面

### Ⅲ. 結果

HHD, BIODEX による肩関節外旋筋力測定の結果を表1に示す.

ベルト固定をした HHD による肩関節外旋筋力測定方法の ICC (1, 1) は0.98, BIODEX による肩関節外旋筋力測定方法の ICC (1, 1) は0.94であった. HHD, BIODEX による両者の測定値におけるピアソンの相関係数は  $r = 0.89$  であり, HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた (図3). Bland-Altman 分析においては, 固定誤差が認められた (表2, 図4).

表1. 肩関節外旋筋力

	HHD(Nm)	BIODEX(Nm)
1回目	23.6±9.6	26.0±9.9
2回目	23.9±10.1	25.6±9.5
	平均値±標準偏差	

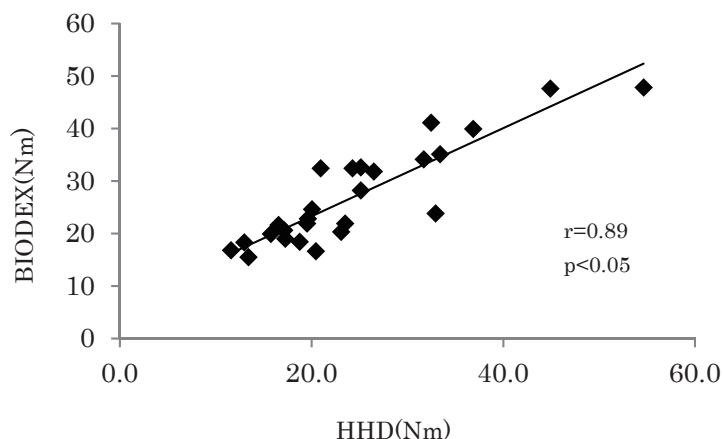


図3. 肩関節外旋筋力における HHD 測定値と BIODEX 測定値との関連

表2 肩関節外旋筋力測定におけるBland-Altman分析 (n=25)

測定項目	固定誤差		比例誤差		LOA	MDC <sub>95</sub> (cmH <sub>2</sub> O)
	95%信頼区間	有無	直線の傾き	有無		
肩関節外旋筋力	-4.43 ~ -0.71	あり	0.063	p=0.52	なし	—

LOA (limits of agreement): 誤差の許容範囲, MDC<sub>95</sub> (minimal detectable change 95%): 最小可検変化量の95%信頼区間

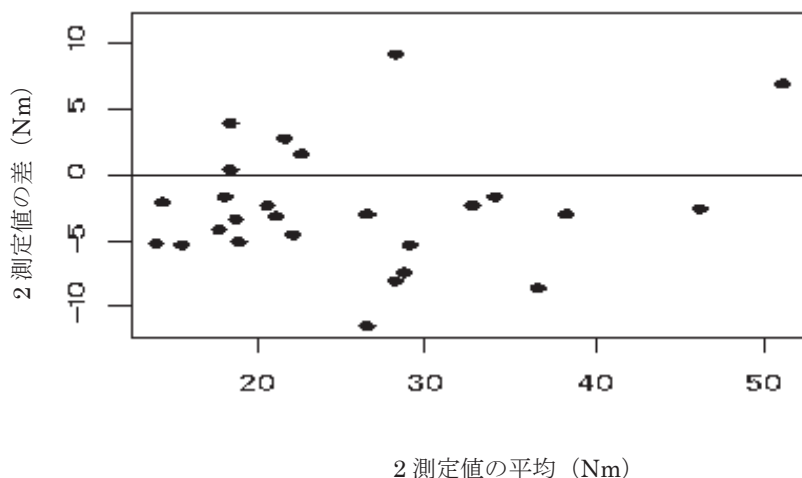


図4. 肩関節外旋筋力測定の妥当性に関する Bland-Altman plot

#### Ⅳ. 考察

本研究は、ベルト固定をした HHD による肩関節外旋筋力測定方法の妥当性を明らかにすることを目的として、BIODEX による筋力測定方法との比較検討を行った。

HHD と BIODEX における測定方法の検者内再現性についての検討では、HHD では ICC は 0.98、BIODEX では ICC は 0.94 であった。桑原と齊藤ら<sup>13)</sup> は、大まかな目安として ICC が 0.9 以上の場合はその再現性は優秀、0.8 以上の場合は良好、0.7 以上の場合は普通、0.6 以上の場合は可能、0.6 未満の場合は要再考であると評価している。このことから、本法における HHD ならびに BIODEX の同日内における 2 回の測定における再現性は良好であった。

HHD と BIODEX における肩関節外旋筋力測定における筋力値の比較においては、ピアソンの相関係数は0.89とかなり強い相関が認められたが、Bland-Altman 分析の結果からは固定誤差が認められた。

Bland-Altman 分析の結果から固定誤差が認められたことに関しては、HHD における測定用の付属センサーパッドと BIODEX における測定用の付属センサーパッドの大きさや形状が異なることなどその構造上の問題が要因であると考えられる。両者の測定に際して、測定肢位は原則として姿勢を統一し、センサーパッドを当てる部位においても揃え測定を実施した。HHD の測定に際しては、HHD のセンサーに対して力が垂直に加わることが重要である。本法における肩関節外旋測定では、HDD のセンサーパッドの構造上、肩関節外旋運動時において前腕部の回内外運動が起これると、運動方向に対してセンサーパッドが垂直位を保つことができなくなり、分力が発生してしまう。このことによって、肩関節外旋運動の本来の運動方向への力を HHD のセンサーが感知できなかったことが考えられる。一方、BIODEX においては、HHD と比べて付属センサーパッドのサイズも大きく、力を垂直に加えなくともその運動方向に対する力を感知することが可能である。また、その形状も前腕遠位部を全体に包み込むようなものになっているため、肩関節外旋運動時において前腕部の回内外運動が起きても、センサーは肩関節外旋運動方向の力を感知することができたのではないかと考えられる。

したがって、ベルト固定をした HHD による肩関節外旋筋力測定方法は、検者内信頼性における高い再現性と有意な相関が認められたことから、固定誤差を考慮した上で測定値の比較をすることにより、臨床応用に値する妥当性が得られると考えられた。

本研究の限界として、今後、肩関節外旋筋力における HHD と BIODEX 両者の測定値を直接比較検討する場合に関しては、今回の測定において生じてしまった固定誤差を修正するために、HHD におけるセンサーパッドの固定方法の再考や肩関節外旋筋力測定用専用のセンサーパッドの考案が課題として挙げられる。また、本研究は若い健常者を対象とした研究であるため、高齢者や疾患を有する対象者、より筋力値が高いと考えられるスポーツ選手における結果は不明であり、測定の精度に関する課題が残る。

## V. 結論

本研究は、ベルト固定をした HHD による肩関節外旋筋力測定方法の妥当性を明らかにすることを目的として、BIODEX による筋力測定方法と比較検討を行った。HHD と BIODEX 両者の筋力測定値の比較においては、ピアソンの相関係数は 0.89 とかなり強い相関関係が認められたが、Bland-Altman 分析の結果からは固定誤差が認められた。したがって、本研究の結果から、本法におけるベルト固定をした HHD による肩関節外旋筋力測定方法は、固定誤差を考慮した上で測定値の比較をすることにより、臨床応用に値する妥当性が得られると考えられた。

## VI. 謝辞

本研究に協力していただきました被験者の皆様に心から感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) Hoslop HJ, Montgomery J (2014) 新・徒手筋力検査法原著第9版, 協同医書出版社, 東京. 140-144.
- 2) 中山影一 (1990) 徒手筋力テストの信頼性について. 理学療法・作業療法. 13, 87-92.

- 3) Katoh M, Yamasaki H (2009) 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* .21(1) ,37-42.
- 4) Katoh M, Yamasaki H (2009) Test-retest reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer restrained by a belt: comparisons during and between sessions. *J Phys Ther Sci*.21(3) ,239-243.
- 5) Katoh M, Hiiragi Y, Uchida M (2011) Validity of isometric muscle strength measurements of the lower limbs using a hand-held dynamometer and belt: a comparison with an isokinetic dynamometer. *J Phys Ther Sci*.23(4) ,553-557.
- 6) Sullivan SJ, Chesley A, Hebert G et al (1998) The validity and reliability of hand-held dynamometry in assessing isometric external rotator performance. *J Orthop Sports Phys Ther*. 10 (6) ,213-217.
- 7) 五味雅大, 平野正広, 加藤宗規 (2015) ハンドヘルドダイナモメーターとベルト固定を用いた等尺性肩関節筋力測定値の妥当性 - 等速性筋力測定機器との比較 - . *理学療法科学*. 30(4) ,317-321.
- 8) Andersen KS, Christensen BH, Samani A et al (2014) Between-day reliability of a hand-held dynamometer and surface electromyography recordings during isometric submaximal contractions in different shoulder positions. *J Electromyogr Kinesiol*. 24(5) ,579-587.
- 9) 知念紗嘉, 菅沼一男, 岩佐智子ほか (2010) 固定用ベルトを装着したハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性肩内・外旋筋力測定 - 検者内・検者間再現性の検討 -. *理学療法科学*. 25(2) ,189-192.
- 10) 小泉康之, 菊池健, 大平堅一ほか (2014) ハンドヘルドダイナモメーターを用いた徒手固定とプルセンサーベルト固定による肩関節内外旋筋力の検者間再現性. *東北理学療法学*. (26) ,90-94.
- 11) 五味雅大, 平野正広, 加藤宗規ほか (2017) ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる肘関節屈曲筋力測定における検者内再現性. *了徳寺大学研究紀要*. 11, 165-170.
- 12) Moreno-Perez V, Elivira J, Fernandez-Fernandez J et al (2018) A comparative study of passive shoulder rotation range of motion, isometric Rotation strength and serve speed between elite tennis players with and without history of Shoulder pain. *IJSPT*. 13(1) ,39-49.
- 13) 桑原洋一, 斎藤俊弘, 稲垣義明 (1993) 検者内および検者間の Reliability (再現性・信頼性) の検討. *呼吸と循環* .41,945-952.

