把持力調整能力評価法の測定誤差の検討

The Error Range of the Assessment Method of Grip Force Adjustment Ability

金野 達也¹⁾ 佐藤 彰紘¹⁾ 矢崎 潔¹⁾
森田 良文²⁾ 柴垣 浩明²⁾ 秋月 千典³⁾

TATSUYA KANENO, OTR, MS¹⁾, AKIHIRO SATO, OTR, MS¹⁾, KIYOSHI YASAKI, OTR¹⁾,
YOSHIFUMI MORITA, PhD²⁾, HIROAKI SHIBAGAKI, BSc²⁾, KAZUNORI AKIZUKI, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Occupational Therapy, Mejiro University: 320 Ukiya, Iwatsuki-ku, Saitama-shi, Saitama 339-8501, Japan
TEL +81 48-797-2152 E-mail: kaneno@mejiro.ac.jp

²⁾ Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

³⁾ Department of Physical Therapy, Mejiro University

Rigakuryoho Kagaku 32(1): 117-121, 2017. Submitted Aug. 18, 2016. Accepted Oct. 17, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to identify the error range of the iWakka assessment method of grip force adjustment ability. [Subjects and Methods] The grip force adjustment abilities of 27 healthy individuals enrolled in this study were measured twice using iWakka. Bland-Altman analysis was used to evaluate the data. [Results] The analysis found no evidence of a fixed bias or a proportional bias. The minimum detectable change for the dominant hand was 1.2 g, and the minimum detectable change for the non-dominant hand was 2.1 g. [Conclusion] This study identified the error range of iWakka assessment method for grip force adjustment ability.

Key words: iWakka, grip adjustment, Bland-Altman analysis

要旨:〔目的〕把持力調整能力評価の基礎研究として、測定機器の測定誤差の程度を明らかにすることを目的とした。〔対象と方法〕健康者 27 名を対象に、測定機器 iWakka を用いて得られた、把持力調整能力の 2 回の測定値に対し、Bland-Altman 分析を実施した。〔結果〕Bland-Altman 分析により、加算誤差と比例誤差は認められず、MDC₉₅ は利き手で 1.2 g、非利き手で 2.1 g であった。〔結語〕得られた測定誤差の程度より、iWakka を用いた測定法による介入効果の分析が可能になると見込まれる。

キーワード: iWakka, 把持力調整能力, Bland-Altman 分析

¹⁾ 目白大学 作業療学科: 埼玉県さいたま市岩槻区浮谷 320 (〒339-8501) TEL 048-797-2152

²⁾ 名古屋工業大学大学院

³⁾ 目白大学 理学療法学科

I. はじめに

手指は、日常生活を遂行する上で重要な役割を果たしており、物をつかむ、握る、つまむ、引っかける、すくう、おさえるという機能があり、その中でも把持は重要な機能として位置づけられている¹⁾。人が合目的かつ効率的な動作を行うためには、身体状況や環境からの情報に基づいて、素早くあるいはゆっくりと行う「時間性」、目的とする方向に正確に行う「空間性」、適度な強さで行う「強度」を調節する能力が必要であるとされている²⁾。把持動作においても、日常生活を遂行する中で、最大筋力が発揮される場面は少なく、最大筋力下で物の形・重さ・材質に応じて、把持した物を落とすことなく、常に時間的および空間的に力の強度を調節する能力（以下、把持力調整能力）が求められる。しかし、手の知覚障害により把持力調整能力が低下することが報告されており³⁾、その結果として日常生活に障害をきたすことが指摘されているため⁴⁾、把持力調整能力を客観的に評価し、介入していくことは临床上重要である。

現在、手指機能を測定する評価法として、Purdue peg board test⁵⁾、FQテスト⁶⁾、ジョブセン手機能テスト⁷⁾が広く使用されている。しかし、これらの方法では、課題遂行に要した時間や課題の達成度で評価されており、課題遂行中の巧みな把持力の調節能力が評価されていないことに加え、課題が把持力調整能力の評価に特化したものではない。鎌倉ら⁸⁾も、手の微調整能力の評価に関して、一般的に使用されている評価法は開発されていないと指摘している。そこで、森田ら⁹⁾は、従来は評価できていなかった手指の把持力調整能力を測定できる、把持力調整能力測定機器（以下、iWakka）を開発し、特許を出願した。iWakkaは把持力調整能力を数値化することができ、リハビリテーションの介入効果を客観的に示すことができる。そのため、iWakkaを用いて把持力調整能力を評価することで、エビデンスに基づいたリハビリテーションを提供することができる。しかし、iWakkaを用いた把持力調整能力評価には、どの種類の誤差がどの程度生じるかの知見は得られていない。したがって、本研究では、iWakkaによる把持力調整能力評価の基礎的研究として、測定機器に混入する測定誤差の種類とその程度を明らかにすることを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

健常者 27 名（平均年齢 20.5 ± 1.0 歳、男性 13 名、女性 14 名）を対象とした。対象者に事前に研究の趣旨と内容について、書面と口頭で十分な説明をし、研究に参加することに同意が得られた上で実施した。本研究は、目白大学倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番

号 16-002）。

2. 方法

まず、利き手がどちらかを判断するために、Edinburgh Handedness Inventory¹⁰⁾を用いてラテリティ指数を算出した。Sakano¹¹⁾の基準に従い、ラテリティ指数 100 ～ 80 を右利き、-20 ～ -100 を左利きとした。iWakkaは、把持力調整能力を測定することができる機器であり、高さ 80 mm、直径 65 mm の円筒形で、塩ビパイプの半割の片端分を蝶番で固定し、塩ビパイプに板バネを交互にクロスするように取り付けられている¹²⁾。iWakkaの開閉によって生じる板バネの歪みをひずみゲージで計測することで、パソコン上で把持力がリアルタイムにグラフ化され、把持力の変化を可視化することができる。対象者はモニターに表示された目標値に合わせて把持力を調整する。目標値の最大値は 400 g であり、一定時間ごとに段階的に変化し、時間経過とともにモニターの右端から流れ出るように表示される。把持力の目標値と対象者が与えた実測値との差の絶対値を、評価の時間区間で除した平均誤差値から、把持力調整能力の測定値を算出でき、定量的に評価することができる。この測定値が小さいほど把持力調整能力が優れていることを示している。

iWakkaを用いる課題内容を理解してもらうために、測定前に練習として評価課題とは異なる目標値の課題を

図1 測定環境

図2 iWakkaの評価課題

x軸が課題開始からの経過時間を示し、y軸が目標値の把持力を示している。

設けた。測定時の環境は、森田ら¹²⁾を参考に、以下のように設定した(図1)。対象者の座る位置と姿勢を一定にするために、背もたれは使用せず、両脚は肩幅程度に開かれた状態で、膝関節は90°屈曲位とし、iWakkaは対象者の身体から250 mm、モニターは500 mmの位置に置くこととした。iWakkaは、肘を机にのせた状態で、iWakkaを傾かないように、テーブルから30 mm程度持ち上げることとした。テーブルは差尺を基準に、本人が操作しやすい高さにし、静かな環境で実施した。練習課題実施後、休憩をとり、練習課題と同様の設定で評価課題を実施した。評価課題は、左右2回ずつデータ収集を行い、1回目と2回目の測定間隔は1時間とした。また、iWakkaの評価課題には目標値が山型になっている山課題と谷型の目標値になっている谷課題という2種類の課題を設定した(図2)。順序効果を取り除くために、対象者を山課題で利き手から測定する群、谷課題で利き手から測定する群、山課題で非利き手から測定する群、谷課題で非利き手から測定する群の4つのうちのどれかに、それぞれランダムに振り分けた。

評価で得られる測定値は、真の値と誤差から成り立っており、誤差は偶然誤差と系統誤差の二つに大別される¹³⁾。偶然誤差は測定ごとに偶然に起こるばらつきで、個体差や測定誤差から生じる。系統誤差とは加算誤差と比例誤差に大別されるものである。加算誤差とは真の値の大小にかかわらず特定方向に生じる誤差であり、比例誤差は真の値の大きさに比例して大きくなる誤差である。足立¹⁴⁾は、系統誤差は、反復測定で克服されにくく、試験の計画・実施段階で発生した系統誤差はどの検定法も無力である点から、研究や臨床上重大であるとされている。そのため、本研究では、どの種類の誤差がどの程度混入しているかを検討するために、Bland-Altman分析を用いた。

まず、1回目と2回目の測定値の差(difference: 以下、d)をy軸、平均をx軸とする散布図(Bland-Altman plot)を作成した。1回目と2回目の測定値間に加算誤

表1 iWakkaによる把持力調整能力測定値

把持力調整能力 (g)	
利き手	
1 回目の測定値	4.3 ± 0.8
2 回目の測定値	4.0 ± 0.5
1 回目と 2 回目の測定値の平均	4.2 ± 0.6
1 回目と 2 回目の測定値の差	0.2 ± 0.6
非利き手	
1 回目の測定値	4.4 ± 0.9
2 回目の測定値	4.2 ± 0.7
1 回目と 2 回目の測定値の平均	4.3 ± 0.6
1 回目と 2 回目の測定値の差	0.2 ± 1.0

平均 ± 標準偏差。

差があったかどうかを判断するために、dの平均($\bar{d}$)の95%信頼区間を求めた。95%信頼区間が0を含まない場合、測定値が一定方向に分布しているとして、有意な加算誤差が存在すると判断した。次に、比例誤差の有無を判断するために、回帰の有意性検定を行い、有意と判断された場合、比例誤差が存在すると判定した。測定値に含まれる偶然誤差の量を明らかにするために、最小可検出変化量(minimal detectable change: 以下、MDC)の信頼区間を求めた。MDCは再テストなどの反復測定により得られた2つの測定値の変化量が、測定誤差によるものであるという限界域を示したもので、一般的にはMDCの95%信頼区間であるMDC₉₅が用いられるため、本研究でもMDC₉₅を算出することとした。Bland-Altman分析は、下井¹³⁾の報告を参考にして、Microsoft Office Excel 2013を使用し、有意水準5%で実施した。

III. 結 果

対象者のラテラルティ指数は75.6 ± 57.6(平均 ± 標準偏差)で、27名中24名が右利きだった。1回目と2回目の測定値の平均は、利き手で4.2 ± 0.6 gで、非利

表2 把持力調整能力測定値の系統誤差

	加算誤差		比例誤差		MDC ₉₅
	95%信頼区間	有無	回帰直線の傾き	有無	
利き手	-0.01~0.49	なし	0.41	なし	1.2
非利き手	-0.17~0.65	なし	0.56	なし	2.1

MDC : minimal detectable change. Bland-Altman 分析.

図3 利き手のBland-Altman plot

点線は、測定値の差を表す。

図4 非利き手のBland-Altman plot

点線は、測定値の差の平均を表す。

き手で 4.3 ± 0.6 g であった。 $\bar{d}$ は、利き手で 0.2 ± 0.6 g で、非利き手で 0.2 ± 1.0 g であった (表1)。Bland-Altman 分析により、 $\bar{d}$ の95%信頼性区間は、利き手で $-0.01 \sim 0.49$ g、非利き手で $-0.17 \sim 0.65$ g であり、有意な加算誤差が認められなかった。次に回帰性の検定をしたところ、利き手 ($y = 0.41x - 1.5$, $R^2 = 0.14$, $p = 0.06$)、非利き手 ($y = 0.56x - 2.2$, $R^2 = 0.11$, $p = 0.10$) で、有意な比例誤差も認められなかった (表2, 図3, 4)。MDC₉₅ は、利き手で 1.2 g、非利き手で 2.1 g であった。

IV. 考 察

新たな評価法を考案する際に、臨床での効果判定をするために、評価で得られた値から、絶対性信頼性を分析することの重要性が指摘されている¹³⁾。絶対性信頼性の分析は測定値の中にどの種類の誤差が、どの程度混入しているかを特定し、「真の変化」を明確にする方法であるため、研究者あるいは臨床家としての意思決定を促すことができるという利点があるとされている¹³⁾。これまでに、iWakkaを用いた介入報告がなされているが^{15,16)}、介入前後での測定値の変化が、誤差の範囲なのか、真の変化なのかの判断が不明確であった。本研究

で、Bland-Altman 分析を行った結果、加算誤差と比例誤差の両方が含まれておらず、系統誤差は混入していなかったため、測定の際に生じる誤差は偶然誤差であることが示唆された。偶然誤差は、個体差による誤差と測定の際に生じる測定誤差に分けられる。この測定誤差を検討するためにMDC₉₅を求めた結果、利き手で 1.2 g、非利き手で 2.1 g であった。したがって、それ以上の変化が認められた場合、「真の変化」があったと判断することができる。

本研究結果で、非利き手のMDC₉₅よりも利き手のMDC₉₅の方が小さかった。松沢¹⁷⁾は、チンパンジーを対象として行った研究で、巧緻性を要するような非常に小さな餌を把握する際のエラー数は利き手の方が非利き手より少ないと報告した。また、人の発達的研究においても、橋ら¹⁸⁾は72名の乳児を対象に、巧緻性を要する活動は利き手で、支えや空間性に関わる活動は非利き手で行われ、活動の種類によって使用されやすい手が異なることを報告した。また、橋¹⁹⁾は大学生20名を対象にした研究でも、調節を要するような課題では、利き手の方が成績が良かったことを報告した。森田ら¹²⁾は健常若年者10名を対象に、iWakkaを用いて利き手と非利き手の測定値を比較したところ、非利き手の方が有意に目

標値との誤差が大きかったことを報告した。以上の報告は、高い調整能力を要する活動であるほど、利き手の方が、良く使用されるように機能分化がなされ、調整能力が高いことを示唆している。本研究において、利き手の方が非利き手よりも MDC₉₅ が小さかった理由として、利き手の方が調整能力を要する課題を日常的に経験することが多いため、調整を要するような iWakka 課題に対する適応が早かったことが影響していると考えられる。

以上の結果より、iWakka を用いた把持力調整能力評価法は、僅かな変化であっても真の変化として捉えることが可能であるため、臨床応用が可能な評価法であることが示唆された。しかし、本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に、本研究の対象は健常若年者であるため、本研究により得られた結果を高齢者や障害を有する者に般化することには限界がある。本研究は、iWakka を用いた把持力調整能力評価法を開発するための基礎的研究に位置付けられるため、今後、臨床応用に向けて様々な年齢層や障害を対象にデータを収集して行く必要がある。

続いて、練習効果の影響が挙げられる。iWakka では、課題遂行中の把持力がリアルタイムにグラフ化され、対象者は視覚的に目標値と自身の把持力の乖離を認識することができる。この視覚的情報は、対象者にとって課題遂行に対するフィードバックとして作用するため、把持力調整能力の即時的な向上を引き起こす可能性がある。また、1回目と2回目の測定間隔も1時間と短時間であったため、練習効果が残存しやすい状況であったと考えられる。今後は、練習効果の影響を抑制するための方策として、複数試行の測定値を平均することや測定間隔を延長する等の検討が必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 古賀唯夫, 原 武郎: 自助具—機能障害と道具の世界—. 医歯薬出版, 東京, 1977.
- 2) 福井罔彦, 藤田 勉, 宮坂元磨: 脳卒中最前線—急性期の診断からリハビリテーションまで—, 第3版. 医歯薬出版, 東京, 2003, pp169-173.
- 3) Cole KJ: Grasp force control in older adults. *J Mot Behav*, 1991, 23(4): 251-258.
- 4) 中田眞由美, 岩崎テル子: 知覚をみる・いかす. 協同医書出版社, 東京, 2003.
- 5) Tiffin J: Purdue Pegboard examiner manual. Science Research Associated, Chicago, 1968.
- 6) 今田 拓, 福田忠夫, 花村 都・他: 手指機能評価の考察と実際 Finger—Function Quotient (FQ) . 総合リハビリテーション, 1975, 5(6): 407-417.
- 7) Jebesen RH, Taylor N, Trieschmann RB, et al.: An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil*, 1969, 50(6): 311-319.
- 8) 鎌倉矩子, 中田眞由美: 手を診る力をきたえる. 三輪書店, 東京, 2013, pp12-16.
- 9) 森田良文, 鵜飼裕之, 佐藤徳孝・他: 感覚運動統合機能評価装置及びこれに使用されるプローブ, 特許出願 2012-202994.
- 10) Oldfield RC: The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 1971, 9(1): 97-113.
- 11) Sakano N: Latent left-handedness: Its relation to hemispheric and psychological functions. VEB G. Fisher Verlag, 1982.
- 12) 森田良文, 中嶋慎吾, 佐藤徳孝・他: 把握力調整能力の定量的評価システム. 日本福祉工学会誌, 2016, 18(2): 5-10.
- 13) 下井俊典: 評価の絶対信頼性. 理学療法科学, 2011, 26(3): 451-461.
- 14) 足立堅一: 統計学超入門. 篠原出版新社, 東京, 2003, pp137-144.
- 15) 板井謙太, 岸野 祐, 鈴川活水・他: iWakka により麻痺側上肢の巧緻性向上が見られた一症例. 第11回東京都作業療法学会誌, 2014, p61.
- 16) 岸野 祐, 矢崎 潔, 鈴川活水・他: iWakka 上肢機能訓練プログラムへ応用し改善が見られた一例. 第11回東京都作業療法学会誌, 2014, p60.
- 17) 松沢哲郎: 野生チンパンジーの石器使用. 発達, 1991, 46: 106-113.
- 18) 橋 廣, 岩砂真一: 胎向, 生後3日以内の頭部の向きと乳児期の手の活動の関係. 心理学研究, 2001, 72(3): 177-185.
- 19) 橋 廣: 手の活動における機能的左右非対称性と操作性の高さ. 東邦学誌, 2011, 40(1): 141-152.