

報告

Image Jを用いた関節可動域測定における検者内再現性の検討

中嶋 風華¹⁾ , 中山 智晴¹⁾ , 山崎 裕司²⁾

Intrarater reliability of active range of motion measurement with Image J

Fuka Nakajima¹⁾ , Tomoharu Nakayama¹⁾ , Hiroshi Yamasaki²⁾

要　旨

一人の検査者で実施できる簡便で信頼性に優れた関節角度の測定方法を確立することを目的として、Image Jを用いた座位での膝窩角度、足関節背屈角度の測定方法を考案した。検者は、経験年数3年目の理学療法士である。対象は、健常者16名の左右32脚とした。角度測定は、対象者の両脚について異なる2日間で測定した。1日目の膝窩角度は $140.3 \pm 11.2^\circ$ 、2日目は $141.3 \pm 11.5^\circ$ であり、有意差はなかった。1日目と2日目の膝窩角度間の級内相関係数（以下、ICC）（1, 1）は0.89であった。1日目の足関節背屈角度は $24.8 \pm 6.1^\circ$ 、2日目は $25.0 \pm 6.1^\circ$ であり、有意差はなかった。足関節背屈角度間のICC（1, 1）は0.87であった。それぞれ固定誤差と比例誤差ではなく、最小可検誤差（以下、MDC）は膝窩角度 10.3° 、足関節背屈角度 6.2° であった。

よって、今回の膝窩角度測定方法、足関節背屈角度測定方法は、優れた再現性を有するものと考えられた。

キーワード：Image J, 関節可動域, 検者内再現性, 膝窩角度, 足関節背屈角度

【はじめに】

二関節筋であるハムストリングスや腓腹筋は短縮しやすく、その評価として膝窩角度や足関節背屈角度の測定が実施される。膝窩角度や足関節背屈角度の測定は、通常仰臥位で角度計を用いて行われる。仰臥位での測定にはベッドが必要であり、座位での生活が主体となる施設の中では簡便に実施できない。また、疾患を有する高齢かつ虚弱な対象者は、仰臥位をとることが困難な場合も少なくない。さらに、正確に角度を測定するには、代償動作を生じさせない適切な肢位の固定者と角度計を当てる測定者の2名を要する。したがって、座位で1名の検査者で実施でき、簡便で信頼性に優れた関節角度の測定方法を確立する意義は大きい。

本研究では、Image Jを用いた座位での膝窩角度、

足関節背屈角度の測定方法を考案し、その検者内再現性について検討した。

【方法】

測定する検者は、経験年数3年目の理学療法士である。対象は、健常者16名（男性8名、女性8名）で、年齢は 29.9 ± 4.2 歳、身長は 164.4 ± 7.4 cm、体重は 56.9 ± 9.3 kgであった。なお、膝窩角度の測定の際、膝関節完全伸展が可能な者は対象から除外した。

本研究はヘルシンキ宣言に則り、当院倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：R-3-10号）。対象者に研究の目的と内容、個人情報の秘匿、被験者の自由意志の尊重について説明を行い、書面にて同意を得た後に行った。

膝窩角度の測定は、体幹垂直位の端座位とした（図

1) 須崎くろしお病院 リハビリテーション部

Department of Rehabilitation, Susakikuroshio Hospital

2) 高知リハビリテーション専門職大学 理学療法学専攻

Department of Physical Therapy, Kochi Rehabilitation Professional University

1). 対象者の骨盤後傾を防止するため、後方から坐骨部に10°の傾斜板を挿入した。そして、測定中に骨盤の後傾、腰椎の後弯の代償運動を生じさせないようにオリエンテーションを十分行った。対象者の腓骨頭と外果にシールを添付した。測定に際しては、膝伸展に伴い腰椎の後弯が生じていないことを検者が触診して確認し、その姿勢を保ったまま一側の膝関節ができる限り自動伸展させた角度を測定した。測定者は、真横からカメラの水平位を補正し、膝を中心として写真を撮影した。写真は画像処理ソフトImage Jに取り込み、計測線をランドマーク（外果→腓骨頭）に合わせ、水平線となす角度を測定した。

足関節背屈角度の測定は、対象者の腓骨頭と外果、第5中足骨頭足底側にシールを添付した（図2）。膝関節90°屈曲位の端座位で、踵部を台上に接地させた軽度底屈位を開始肢位とした。測定方法に関するオリエンテーションを十分行い、踵を浮かさずに一側の足関節ができる限り自動背屈させた時の角度を測定した。測定者は、真横からカメラの水平位を補正し、足関節を中心として写真を撮影した。写真是Image Jに取り込み、ランドマーク（腓骨頭→外果）に合わせて踵の接地部まで計測線を引き、そこから第5中足骨頭足底側のランドマークに計測線を引いた角度を測定した。

膝窩角度、足関節背屈角度測定は、対象者の両脚



図1 膝窩角測定およびImage Jによる計測

表1 測定結果の再現性

	1日目	2日目	標準誤差	ICC (1, 1)	95%信頼区間
膝窩角	140.3±11.2	141.3±11.5	3.71	0.89	0.79–0.94
足関節背屈	24.8±6.1	25.0±6.1	2.24	0.87	0.75–0.93

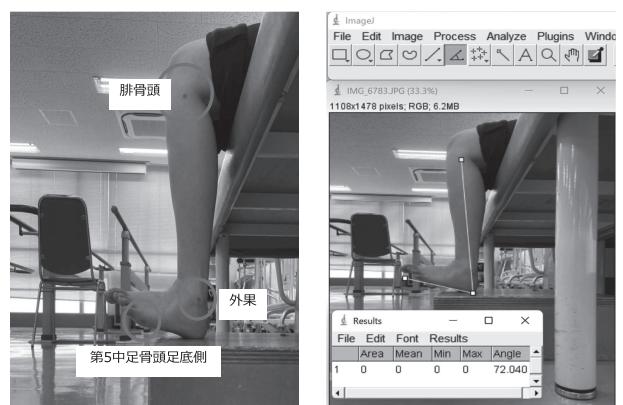


図2 足関節背屈ROM測定およびImage Jによる計測

を数日以内の同一時間帯¹⁾に、2日に分けて同一検者が測定した。なお、計測線とランドマークにずれがないか、第三者が全データを確認した。

データ解析では、膝窩角と足関節背屈角度について、Shapiro-Wilk検定で正規分布していることを確認した後、1日目と2日目の膝窩角、足関節背屈角度の差について、対応のあるt検定を実施した。検者内再現性について、級内相関係数（以下、ICC）(1, 1)を用いた。系統誤差（固定誤差と比例誤差）の有無を確認するため、Bland-Altoman分析を実施した。全ての統計解析において、有意水準を5%とし、改変Rコマンダー4.1.2を使用した。

【結果】

1日目の膝窩角は $140.3 \pm 11.2^\circ$ 、2日目の膝窩角は $141.3 \pm 11.5^\circ$ であり、測定値に有意差はなかった（表1）。1日目と2日目の膝窩角間の級内相関係数(1, 1)は0.89であり、標準誤差は3.71、95%信頼区間は0.79–0.94であった。

1日目の足関節背屈角度は $24.8 \pm 6.1^\circ$ 、2日目の足関節背屈角度は $25.0 \pm 6.1^\circ$ であり、測定値に有意差はなかった。足関節背屈角度間の級内相関係数

(1, 1) は0.87であり、標準誤差は2.24, 95%信頼区間は0.75-0.93であった。

Bland-Altomanプロットを図3, 4に示す。それぞれ固定誤差と比例誤差ではなく、最小可検誤差（以下、MDC）は膝窩角10.3°, 足関節背屈角度6.2°であった（表2）。

【考察】

本研究では、Image Jを用いた座位での膝窩角、足関節背屈角度測定法を考案し、検者内再現性について検討した。

膝窩角は、1日目と2日目の測定値に有意差はなかった。膝窩角のICC (1, 1) は0.89であった。足関節背屈角度は、1日目、2日目の測定値に有意差はなかった。足関節背屈角度のICC (1, 1) は、0.87であった。通常、ICCは0.8以上の場合、良好と判断される²⁾。よって、今回の測定方法は、優れた再現性を有するものと考えられた。

重島ら³⁾は、ゴニオメーターを用いた、一般的な膝窩角測定の検者内再現性について、ICCを0.91-0.92と、Olivenciaら⁴⁾は、ICCを0.88と報告している。その他の測定法による膝窩角測定では、傾斜計 (ICC:0.93-0.97)³⁾、軸付き傾斜計(ICC:0.90-0.92)³⁾、

軸付きデジタル水平器 (ICC : 0.99)⁵⁾と報告されている。本研究における膝窩角のICC (1, 1) は0.89であった。重島ら³⁾の報告では、肢位の固定者と角度を測定する2名で行っているが、本研究は1名で測定している。軸付きデジタル水平器を用いた清野ら⁵⁾の報告では、角時計の数値を確認していることによる情報バイアスの可能性を否定できないことが述べられている。よって、今回のICCは、先行研究と比較しても同等の再現性であったと考えられる。

ゴニオメーターを用いた、一般的な足関節背屈角度測定の検者内再現性については、低～中程度の検者内信頼性 (ICC : 0.32-0.79)⁶⁾であり、経験年数や測定手技に限らず、信頼性が低い^{3,7-8)}こと、他の関節に比較して誤差が大きい⁹⁻¹⁰⁾ことなどが指摘されている。その他の測定法による足関節背屈角度測定の検者内再現性について、傾斜計 (ICC : 0.59-0.82)³⁾、軸付き傾斜計 (ICC : 0.68-0.84)³⁾、Closed Kinetic Chain法による計測 (ICC : 0.93-0.99)⁶⁾、荷重位での母趾距離測定法 (ICC : 0.83-0.99)¹¹⁾、スマートフォンゴニオメーター (ICC : 0.89)²⁾と報告されている。本研究における足関節背屈角度のICC (1, 1) は、0.87であり、先行研究と比較しても良好な再現性と考えられる。

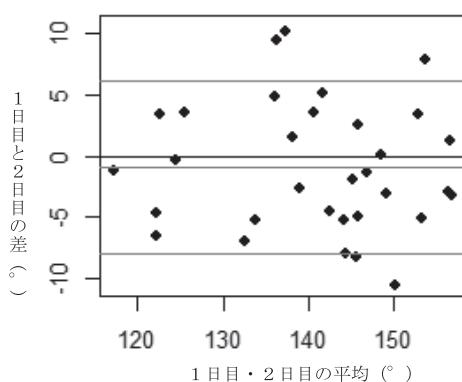


図3 Bland-Altoman プロット (膝窩角)

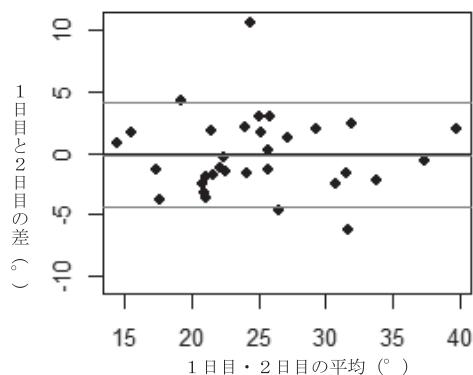


図4 Bland-Altoman プロット (足背屈角)

表2 測定結果の系統誤差および最小可検誤差

	固定誤差		比例誤差		
	p 値	有無	p 値	有無	MDC
膝窩角	0.05 < p	なし	0.05 < p	なし	10.3
足関節背屈	0.05 < p	なし	0.05 < p	なし	6.2

系統誤差の有無を検討するため、Bland-Altoman分析を行った。それぞれ固定誤差と比例誤差はなく、MDCは膝窩角 10.3° 、足関節背屈角度 6.2° であった。つまり、その角度以内であれば、誤差の範囲と判断され、それ以上に改善が見られた場合、治療効果があった可能性が高いと考えられる。Olivenciaら⁴⁾は、健常者71名に対し、ゴニオメーターを用いた膝窩角信頼性に関する検討を実施した結果、MDCは 12° であったと報告している。Konorら¹²⁾は、健常者20名に対し、ゴニオメーターを用いた足関節背屈角度の信頼性に関する検討を実施した結果、MDCは、 $5.0\text{--}7.7^\circ$ であったと報告している。MDCに関しては、本方法における測定は、先行研究と比較して同等の結果であったと考えられる。

本研究の測定方法では、その場で測定値が計測できないため、対象者に数値をフィードバックできないデメリットがある。しかし、その場で角度を知りえた場合、測定者の情報バイアスによって恣意的に角度を調整してしまう可能性を否定できない。本研究では、ランドマークのずれや代償動作、カメラの傾き等に注意すれば、客観的かつ詳細に角度を測定できるものと考えられる。また、座位での本測定方法は、容易に仰臥位を取れない高齢者にも適応できる、簡便な方法と考えられる。

本研究の限界として、検者が1名であり、複数人における検者内再現性や検者間再現性については検討できていない。また、その他の測定方法との同時的妥当性についても検討できていない。膝窩角の測定では、通常行われる臥位での測定と一致するかも不明である。今後は、それらの課題についても検討する必要がある。

【文献】

- 1) 栗山裕司, 中山 剛・他:関節可動域の日内変動が測定値の再現性に与える影響. 高知リハ学院紀要20:35-37, 2019.
- 2) 今井 樹, 潮見泰藏・他:理学療法研究における“評価の信頼性”の検査法. 理学療法科学19:261-265, 2004.
- 3) 重島晃史, 坂上 昇・他:関節可動域測定による傾斜計の同時的妥当性と再現性. 高知リハ学院紀要7:39-46, 2006.
- 4) Olivencia O, Godinez GM, et al.: The Reliability and Minimal Detectable Change of The Ely and Active Knee Extension Tests. Int J Sports Phys Ther 15:776-782, 2020.
- 5) 清野浩希, 小林雄也・他:主観的伸張感で実施時間を設定した静的ストレッチングの有効性—ランダム化クロスオーバー試験による検討. PTジャーナル56:587-593, 2022.
- 6) C Venturini, NT Ituassú, et al.: Intrarater and interrater reliability of two methods for measuring the active range of motion for ankle dorsiflexion in healthy subjects. Braz J Phys Ther 10:407-411, 2006.
- 7) Kim PJ, Peace R, et al.: Interrater and Intrarater Reliability in the Measurement of Ankle Joint Dorsiflexion is Independent of Examiner Experience and Technique Used. J Am Podiatr Med Assoc 101:407-414, 2011.
- 8) Ore V, Nasic S, Riad J: Lower extremity range of motion and alignment: A reliability and concurrent validity study of goniometric and three-dimensional motion analysis measurement. Heliyon 6:e04713, 2020.
- 9) Ekstrand J, Wiktorsson M, et al.: Lower extremity goniometric measurements: a study to determine their reliability. Arch Phys Med Rehabil 63:171-175, 1982.
- 10) 濱窪 隆, 山崎裕司・他:関節可動域測定に対して臨床実習経験が及ぼす影響. 高知リハ学院紀要5:23-27, 2004.
- 11) 今泉史生, 金井 章・他:足関節背屈角度測定における再現性の検討. 臨床歩行分析研究会誌1:18-23, 2014.
- 12) Konor MM, Morton S, et al.: Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. Int J Sports Phys Ther 7:279-287, 2012.