

報告

## スマートフォンを用いた反張膝の測定方法に対する予備的研究 —理学療法士学生による検者間信頼性の検討—

米津亮<sup>1\*</sup>, 畑野杏奈<sup>1</sup>, 森下佑里<sup>1</sup>, 田中繁治<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京家政大学 リハビリテーション学科

<sup>2</sup> 神奈川県立保健福祉大学 リハビリテーション学科

### 要旨

【緒言】反張膝の判定にはゴニオメーターでの測定が一般的であるが、測定肢位や操作より測定値が異なる課題点を有する。そこで、測定肢位や操作に依存しない膝関節の伸展角度を計測するスマートフォンを用いた測定方法を独自に考案した。本研究の目的は、我々が考案したスマートフォンでの測定方法による検者間信頼性を検討することである。

【方法】対象は、20歳台女性（平均年齢21.4歳）27名（54肢）である。ゴニオメーターとスマートフォンを用いて膝関節の伸展可動域を2名の理学療法士学生で各1回ずつ測定した。なお、スマートフォンには水準器、傾斜計、分度器と呼ばれる無償のアプリケーションをインストール済みである。そして、測定した角度は級内相関係数（2.1）、反張膝の有無に対する判定はカッパ係数を算出し、検者間信頼性を検討した。

【結果】膝関節の伸展可動域に対する測定の級内相関係数（2.1）は、ゴニオメーターは0.22、スマートフォンは0.89であった。反張膝の判定に対するカッパ係数は、ゴニオメーターは-0.03、スマートフォンでは0.63であった。

【結論】スマートフォンを用いた測定方法は、級内相関係数の判定で「良好」に分類された。このことは、膝関節伸展に対する可動域をより正確に記録できることを示唆している。さらに、反張膝の判定におけるカッパ係数も「可能」と分類されたことから、使用の可能性が示唆された。

受付日 2022年9月29日

採択日 2022年11月10日

### \*責任著者

米津亮

東京家政大学 リハビリテーション学科

E-mail:

yonetsu-r@tokyo-kasei.ac.jp

### キーワード

反張膝

検者間信頼性

スマートフォン

### はじめに

反張膝は、理学療法士が視覚的にアライメント異常を感じ取る姿勢の1つである。この異常姿勢は、大腿四頭筋の筋力低下や足関節底屈筋の痙縮により、立位や歩行時に膝関節を過度に伸展させる動作として、脳卒中片麻痺でしばしば観察される<sup>1)</sup>。一方、特に運動障害を有さない若年女性においても同年齢の男性と比較するとこの反張膝が観察される<sup>2)</sup>が、その出現は一時的で痛みを誘発しない側面から、あまり問題視されていない。しかしながら、異常な姿勢アライメントは筋・骨格系へなんらかの影響を与えることは容易に想像できる。このため、反張膝の状態を適切に評価する必要がある。

現在、反張膝の判定は、検査者の視覚的評価以外にゴニオメーターによる膝関節の関節角度を測定する方法が一般的である<sup>3)</sup>。そのため、測定肢位とゴニオメーターの操作方法の2点に留意する必要がある。しかし、測定肢位については、検査者の指示内容を統一したとしても、被験者間の姿勢設定が異なることが容易に想像される。さらに、ゴニオメーターでの操作方は、基本軸、移動軸へのあて方が検査者の技能により左右される。これら2つの要素が絡み合い、正確な測定値の記録が困難となる。そこで、対象者の測定肢位とゴニオメーターの操作方法に依存しないスマートフォンを用いた測定方法を考案した。なお、関節角度の測定にスマートフォンを用い

た先行研究では、その使用感を問うアンケート調査において基本軸や移動軸へ設定が難しい<sup>4)</sup>ことが言及されている。このような課題点を解決できれば、ゴニオメーターよりも簡易に、より正確な測定が可能な手段になり得ると考えた。

本研究の目的は、膝関節伸展運動に焦点を当て、スマートフォンを用いた測定方法の信頼性を検討するものである。

## 対象

対象は3か月以内に下肢に重篤な疾患を有さない健康成人女性27名(平均年齢:21.4歳)(平均BMI:22.4)である。この27名の両側下肢(計54肢)を測定対象とした。

本研究は東京家政大学研究倫理委員の承認(SKE 2021-03)を得たうえで、対象者に対し口頭での説明を行い、承諾を得た。

## 方法

本研究では、ゴニオメーター(東大式、関節軸30cm)とスマートフォン上のアプリケーション(計測アプリ・水準器、傾斜計、分度器)を用いて、膝関節伸展の可動域を各1回ずつ測定した。これらの測定を研究の意図を伝えていない2名の理学療法士学生(4年生)に依頼した。測定は1度単位で記録し、検者間の記録はブラインドした。

まず、ゴニオメーターでの測定では、東大式弛緩性テ

スト<sup>3)</sup>の手順を参照した。具体的には、被験者に両足をそろえた静止立位を保持させ(図1a)、「測定する下肢を1足分後方に移動させ、この足に体重をかけた立位姿勢を保持してください」と口頭指示を加え、その姿勢を測定肢位とした(図1b)。この状態を被験者に維持してもらい、日本リハビリテーション医学会<sup>5)</sup>の定める基本軸、移動軸にゴニオメーターをあて測定した。

スマートフォンでの測定では、被験者をベッド上腹臥位にし、両膝関節がベッド端に位置するよう設定した(図2a)。次に、「頭部を持ち上げないでください」「腕で体重を支持しないでください」「頭部や上半身はベッドに触れるようにしてください」などの口頭指示を加え、全身の脱力を促した。そして、両膝蓋骨がベッドに触れた状態であることを確認したうえで、「両下腿部をベッド端から垂らしてください」と指示し、この姿勢を測定肢位とした。その後、膝関節裂隙から外果までの長さをメジャーで測り、中点にマークを付けた。そして、スマートフォンをベッドに平行に置きキャリブレーションを行い、マーク下の脛骨前面に添わせて角度を測定した(図2b)。

2つの測定で記録されたデータは、まず各検者の平均値と標準偏差を算出した。そして、級内相関係数(Intraclass Correlation Coefficients: ICC (2,1))を算出した。次に、2つの測定での反張膝の有無を判定した。そのため、文献<sup>3)</sup>を基に10度以上のものを反張膝と定義し、それぞれの測定で記録された角度からその判定を行った。そして、各検者で反張膝と判定された肢の数と割



図1. ゴニオメーターでの測定における姿勢設定  
a) の立位姿勢から、b) 対象下肢を1足分後方に移動させた姿勢を保持させ測定する。

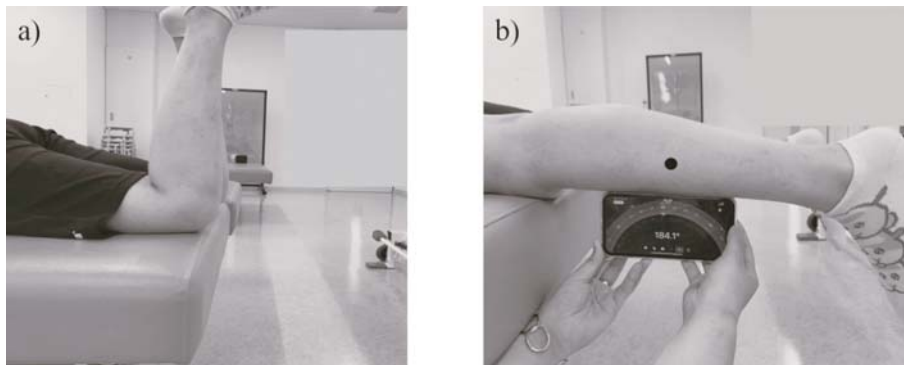


図2. スマートフォンでの測定における姿勢設定  
a) の腹臥位において両膝関節裂隙をベッド端に位置するよう設定し, b) 全身を脱力させ下肢を垂らす指示を加える.

合, さらにカッパ係数を算出し, その一致度を検討した. これら2つの統計処理は SPSS (ver.28) (IBM 社) を用いた.

## 結果

### 1) 膝関節伸展の角度における検者間信頼性

各テストにおける測定値と ICC (2.1) を表1に示す. ゴニオメーターでの測定では, 検者Aでは  $5.5 \pm 2.9$  度, 検者Bでは  $4.1 \pm 2.1$  度, ICC (2.1) は 0.22 となった.

一方, スマートフォンでの測定では, 検者Aでは  $8.0 \pm 3.7$  度, 検者Bでは  $8.9 \pm 3.9$  度, ICC (2.1) は 0.89 となった.

### 2) 反張膝の判定に対する検者間信頼性

各テストにおける反張膝の判定状況を表2に示す. ゴニオメーターでの測定では, 反張膝と判定された肢は, 検者Aが6肢 (11.1%), 検者Bが1肢 (1.9%) となった. その一致度は, カッパ係数において  $-0.03$  となった.

一方, スマートフォンでの測定では, 反張膝と判定さ

れた肢は, 検者Aが20肢 (37.0%), 検者Bが26肢 (48.1%) となった. その一致度は, カッパ係数において 0.63 となった.

## 考察

今回, 反張膝の判定のため, スマートフォンを用いた新たな測定方法の信頼性を検討することを目的に研究を行った. その結果, 膝関節伸展における ICC (2.1) や反張膝の一致度を示すカッパ係数に2つの測定で大きな相違が示された. このような相違が各測定で生じた理由について考察する.

### 1) 各測定における角度の検者間信頼性について

ゴニオメーターでの測定では, ICC (2.1) は 0.22 を示した. この値は, ICC の判定基準において Re-work に分類され<sup>3,6)</sup>, 十分な検者間信頼性を有さなかったことが示された. この理由として, 測定時の姿勢設定と各検者のゴニオメーターの操作技術の2つの要因が関与したと考えている. 今回の測定は, 立位姿勢で行っており被験者によつての歩幅の差や足への体重のかけ方の差がある. このため, 被験者間での姿勢統一が困難だったことが影響したものと考えられる. さらに, ゴニオメーターの測定では, 大転子と膝関節裂隙を結んだ大腿骨を基本軸, 腓骨頭から外果を結んだ腓骨を移動軸としてそのなす角度を膝関節伸展の角度<sup>5)</sup>としてその値を算出する. しかし, ゴニオメーターの軸の長さはこの測定における基本軸や移動軸よりも短い. このため, 膝関節伸展の関節角度は, 測定が難しい部位の1つと思われる. これらの要因が絡み合い, 検者間の信頼性が低くなったと推察される.

一方, スマートフォンでの膝関節伸展の測定においては, ICC (2.1) は 0.89 を示した. この値は, Good に分類され<sup>3,6)</sup>, 十分な検者間の信頼性を有することが示された. この理由は, 腹臥位で両下腿部をベッドから垂ら

表1. 膝関節伸展の角度における検者間信頼性

|         | 検者A           | 検者B           | ICC (2.1) |
|---------|---------------|---------------|-----------|
| ゴニオメーター | $5.5 \pm 2.9$ | $4.1 \pm 2.1$ | 0.22      |
| スマートフォン | $8.0 \pm 3.7$ | $8.9 \pm 3.9$ | 0.89      |

各検者の数値は平均値  $\pm$  標準偏差を示す.

表2. 反張膝の判定に対する検者間信頼性

|         | 検者A       | 検者B       | カッパ係数 |
|---------|-----------|-----------|-------|
| ゴニオメーター | 6 (11.1)  | 1 (1.9)   | -0.03 |
| スマートフォン | 20 (37.0) | 26 (48.1) | 0.63  |

各検者の数値は実数 (%) を示す.



した設定は、検者が異なっても同じ姿勢を再現しやすかったことが考えられる。さらに、スマートフォンでの測定は、ゴニオメーターと異なり、基本軸や移動軸の設定が不要となる。このため、スマートフォンを使用した膝関節伸展角度の測定は、検者が異なっても適切な記録が可能になることが示された。このような推察は、先行研究においても、傾斜計はより簡易に学生が免許を有する理学療法士と同等の測定が可能であったとの報告<sup>7)</sup>からも説明可能である。

### 2) 各検者における反張膝の一致度について

ゴニオメーターを用いて測定した際の反張膝の判定は、検者Aで6肢、検者Bで1肢のみとなった。一方、スマートフォンを用いた測定では、両検者で20肢以上が反張膝の判定となった。この理由は、姿勢設定による脱力の程度ではないかと考えている。ゴニオメーターでの測定は、立位姿勢を保持するために無意識的に力が入る。一方、スマートフォンでは、下腿を垂らすだけであるため下肢に力を入れずに測定が可能である。このため、我々が提案した測定は、被験者の膝関節における反張膝の有無を反映させやすい手法となっているのかもしれない。このことは、スマートフォンでの測定におけるカッパ係数からも少なからず支持される。

### 3) 研究の限界点について

本研究の限界点として、ゴニオメーターとスマートフォンを用いた測定において、測定姿勢が異なる点と考えている。また、ゴニオメーターで測定した関節可動域は大腿骨と腓骨のなす角度であるのに対し、スマートフォンでは下腿の水平面に対しての角度を測定している。これらの要因が、反張膝の判定に影響している可能性は否めない。今後は、同一の姿勢にて、膝関節伸展をなす角度を統一したうえで測定方法の信頼性を再検討する必要がある。

## 結論

今回、2名の理学療法士学生を検者として、スマートフォンを用いた膝関節伸展角度とその値を基に反張膝の有無を判定し、検者間信頼性を検討した。今回の結果から、健常成人女性において、スマートフォンを用いた測定方法は高い再現性が示唆された。

## 利益相反

本研究に関する開示すべき利益相反はない。

## 謝辞

本研究は、東京家政大学女性未来研究所における令和4年度研究助成金の支援を受け実施した。

## 文献

- 1) 米津 亮, 鈴木淳也, 齋藤聡佳, 他: 足底部を改良した Gait Solution 短下肢装具が反張膝を有する脳卒中片麻痺者の歩行に及ぼす影響. 義装会誌 38: 248-254, 2022
- 2) 佐々木誠人, 鈴木勝己, 古川英樹: 関節弛緩性の検討 -年齢・性を中心としたその傾向について-. 整形外科と災害外科 38: 1199-1201, 1990
- 3) 西古亨太, 森本忠嗣, 池辺智史, 他: 全身関節弛緩性の評価法の検討. 整形外科と災害外科 58: 673-677, 2009
- 4) 武田裕吾, 武田はるか, 渡邊菜月, 他: 関節可動域測定におけるスマートフォンアプリケーションの使用感と信頼性-東大式関節角度計との比較-. 日本感性工学会論文誌 19: 369-373, 2020
- 5) 日本リハビリテーション医学会: 関節可動域表示ならびに測定法改訂について (2022年4月改訂). 日本リハビリテーション医学会 58: 1188-1200, 2021
- 6) 今井 樹, 潮見泰蔵: 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 37: 261-265, 2004
- 7) 村田 伸, 宮副孝茂: 傾斜角度計による関節可動域測定. 理学療法科学 18: 153-157, 2003



Report

# Preliminary study on a smartphone-based measurement of knee hyperextension –An examination of inter-rater reliability among physiotherapy students–

Ryo Yonetsu<sup>1\*</sup>, Anna Hatano<sup>1</sup>, Yuri Morishita<sup>1</sup>, Shigeharu Tanaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Rehabilitation, Tokyo Kasei university

<sup>2</sup> Department of Rehabilitation, Kanagawa university of human services

## ABSTRACT

**【Introduction】** Goniometer measurements for range of motion are commonly used to determine the presence of knee hyperextension; however, these measurements may differ depending on the participant's limb position and examiner's manipulation. In these manners, we devised an original measurement method using a smartphone that measures the knee joint extension angle independent of the measurement limb position and manipulation. The purpose of this study was to examine the inter-rater reliability of a smartphone-based measurement.

**【Methods】** The knee extension angles of 54 extremities in 27 women (mean age: 21.4 years) were measured by two physiotherapy students, once using a goniometer and once with a smartphone. The smartphone is already installed with free applications called level, inclinometer, and angle meter. The angles measured by each student were compared to calculate the intraclass correlation coefficient (2.1) for each method, and the presence of hyperextended knee was assessed to calculate the kappa coefficient.

**【Results】** The intraclass correlation coefficient (2.1) for the knee extension angle was 0.22 for the goniometer and 0.89 for the smartphone measures. The kappa coefficient for the diagnosis of hyperextended knee was –0.03 for the goniometer and 0.63 for the smartphone method.

**【Conclusion】** Measurements using smartphone was classified as “good” in the determination of the intraclass correlations. This suggests that smartphone-based measurement more accurately reflects the knee extension angle. Moreover, the kappa coefficient for the diagnosis of hyperextended knee for the smartphone method was also classified as “possible,” which suggests its potential for assessment.

**Key words:** knee hyperextension, inter-rater reliability, smartphone