モバイル端末での位置覚測定アプリケーションの 信頼性と妥当性の検討

Reliability and Validity of a Smartphone Application for Position Sense Measurement

小野田 公^{1,2)} 霍 明³⁾

Ko ONODA, PT, MS^{1,2)}, Ming HUO, PT, PhD³⁾

¹⁾ Division of Physical Therapy, Doctoral Program in Health Sciences, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare Graduate School: 2600-1 Kitakanemaru, Otawara-shi, Tochigi 324-8501, Japan
TEL +81 287-24-3000

²⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Science, International University of Health and Welfare

³⁾ Department of Physical Therapy, School of Medical Health, Himeji Dokkyo University

Rigakuryoho Kagaku 31(5): 701-704, 2016. Submitted Apr. 5, 2016. Accepted May 14, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] This study aimed to verify the reliability and validity of “the sense of position” application (APP) for measurements of joint-position sense with a smartphone. [Subjects and Methods] Ten young healthy adults were recruited for the reliability analysis, and 2 young healthy adults for the validity analysis. The position sense of the right elbow joints was measured using the APP. Test-retest reliability was evaluated by calculating intraclass correlation coefficients (ICC), and the validity was determined by calculating Pearson’s correlation coefficients for the values measured using the APP and digital images. The number of required measurements was determined using the ICC calculated from the mean value of each measurement. [Results] A high reproducibility was found for the values of elbow joint-position sense measured using the APP, as well as a strong correlation with values measured on digital images. In addition, a high reliability was found when the measurement was performed 5 or more times. [Conclusion] The APP developed by us showed high reliability and validity for measurements of young healthy adults. The results of this study demonstrated that the APP enabled the assessment of elbow joint-position sense, suggesting its potential application in clinical practice or other areas.

Key words: joint position sense test, smartphone, application

要旨:〔目的〕開発した関節位置覚測定アプリケーション（以下アプリ）「The sense of position」の信頼性と妥当性を検証することを目的とした。また、最適な測定回数を設定することとした。〔対象〕信頼性では肘関節に既往がない若年健常成人10名を対象とした。また、妥当性の検討では肘関節に既往がない若年健常成人2名とした。検者は、理学療法士男性1名とした。〔方法〕アプリにて右肘関節の関節位置覚を測定し、信頼性はテスト―再テスト法による級内相関係数、妥当性についてはデジタル画像から測定値をピアソンの相関係数を求めて検討した。また、回数設定は各回数の平均値から級内相関係数を求めて検討した。〔結果〕アプリでの肘関節の関節位置覚はICC=0.85であり、高い再現性がみられた。デジタル画像での測定値との間には強い相関がみられた。また、測定回数5回以上で高い信頼性がみられた。〔結語〕開発したアプリは、若年健常者で高い信頼性と高い妥当性を得た。開発したアプリにより肘関節の関節位置覚を評価することができ、臨床現場や他の分野で応用できる可能性が示唆された。

キーワード: 関節位置覚検査, スマートフォン, アプリケーション

¹⁾ 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健医療学専攻 理学療法学分野 博士課程：栃木県大田原市北金丸 2600-1 (〒324-8501) TEL 0287-24-3000

²⁾ 国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療法学科

³⁾ 姫路獨協大学 医療保健学部 理学療法学科

I. はじめに

関節位置覚は前庭からの情報を除外して四肢関節の位置や向きを感知する静的特質と定義されている¹⁾。関節位置覚はボディイメージの構築に関与しており、低下することにより随意運動の調整を阻害し、関節や周囲組織への過度なストレスを与えることになる。このことから臨床現場において関節位置覚の検査は非常に重要である。

現在、関節位置覚検査の方法には模倣法と再現法と2つの方法がある²⁾。模倣法は、四肢関節の1つを他動的に動かし一定の角度に保持し、反対側の同関節で同じ角度を模倣させ、設定した角度と模倣してもらった角度との差から判断する。再現法は、検査する四肢関節を他動的に動かし一定の角度に保持した位置を記憶し、その後位置を変化させてから記憶した位置に自動的に戻し、設定角度と再現角度の差から判断する。臨床現場においては模倣法を使用しているが、定量的ではなく視覚的な判断であるために基準が不明瞭な部分が多い。また、設定した位置を認識する求心性の要因と模倣時の運動を調整する遠心性の要因があり、どちらに問題があるのかが明確ではない。

関節位置覚を定量化するために昇ら³⁾は膝関節固有感覚測定装置を作成した。また、Lubiatowskiら⁴⁾は肩関節の位置覚を定量的に評価するために装置を開発した。これらの開発機器はサイズが大きく、装着などの設定やPCなどを使用するために臨床現場で測定が簡便に行えない。臨床現場では患者への負担を減らすために簡易的に安価で測定できる方法が求められている。そこでモバイル端末を使用したアプリケーション（以下アプリ）での測定の可能性を考えた。平成26年3月末の内閣府の報告⁵⁾によるとスマートフォン（以下スマホ）の世帯普及率が54.7%、タブレット端末が20%となった。スマホの普及率増加にともないアプリ開発が盛んになり、ゲームや画像・音楽配信などのエンターテインメント分野のものが多く見受けられる。また、リハビリテーション（以下リハビリ）分野でも研究・教育に利用されている。このようにモバイル端末やアプリケーションの進歩により生体センシング技術が身近になり、リハビリテーション分野での応用が可能となってきた。

今回、関節位置覚を測定するためのアプリ開発を行った。今回のアプリ開発は、電子創研社に依頼し、依頼から試作品完成までの期間は2ヵ月であった。関節位置覚測定アプリは上下肢の位置覚を測定することを目的に開発を進めた。測定はモバイル端末を把持及び装着して頂き、音声ガイダンスに従い動作することにより測定が可能になるものとした。測定方法は再現法を採用し、設定関節角度を記憶し、記憶後にゼロポジションに戻し、記憶した関節を再現し、設定角度と再現角度との誤差により関節位置覚を評価できるものを開発した。

本研究は、新しく開発した関節位置覚測定アプリケーション「The sense of position」の信頼性と妥当性を検証することを目的とした。また、測定結果から信頼性の高い測定回数を設定することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象者は、信頼性については肘関節に既往がない若年健常成人10名とし、年齢（平均値±標準偏差）は、 24.6 ± 3.3 歳、身長 170.5 ± 5.1 cm、体重 65.8 ± 13.0 kgであった。また、妥当性の検討では肘関節に既往がない若年健常成人2名とし、年齢の平均値±標準偏差は、 20.5 ± 0.7 歳、身長 170.5 ± 6.4 cm、体重 58.5 ± 2.1 kgであった。検査者は、理学療法士男性1名とし、臨床歴は4年10ヵ月であった。対象者は、日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会が制定している肘関節の参考可動域範囲内であった。

2. 方法

測定器具として iPod touch (Apple Inc, Cupertino, CA) を使用し、開発アプリケーション「The sense of position」(Version 1.0.12) をインストールした(図1)。

iPhone シリーズは2015年8月から10月の調査で日本のスマホの販売シェアは50%であり⁶⁾、また多くのアプリケーションを使用することが可能である。iPod touch には、加速度センサー、GPS、磁気センサー、カメラなどが内蔵されており、アプリ使用により簡易的な測定が可能である。また、iPhoneと同様のアプリを使用することが可能であり、携帯電話ではないため電波を発しないことから医療現場でも使用が可能であることか

図1 使用機器:iPod touch(Apple社製), 使用アプリケーション:「The sense of position」(電子創研社製)

図2 使用機器の装着方法
スマートフォン用アームバンドケースにて
端末上部を両側茎状突起レベルで装着。

ら測定機器として選択した。

開発アプリ「The sense of position」は、Automatic mode（自動測定）と Manual mode（手動測定）での測定が可能である。今回は、Automatic mode を使用して測定を行った。Automatic mode では、音声に従い関節を動かすことによって測定値を算出することが可能である。測定法は再現法を使用し、自動または他動的に四肢の関節を動かし、一定の角度を 5 秒間保持して記憶（設定角度）する。その後四肢の関節を 0° に戻し、5 秒経過後に記憶した位置（再現角度）に戻す。設定角度と再現角度との差を自動的に算出され、画面に表示される。計測データは、Apple 社製のファイル管理ソフト iTunes にて CSV 形式で書き出しを行った。

信頼性の検討は、右肘関節を対象とした。iPod touch をスマートフォン用アームバンドケースにて機器上部が右前腕の両側茎状突起レベルになるように装着した（図 2）。閉眼・背臥位にて肘関節屈曲 0° を開始位置とした。自覚的に 90° の設定角度まで屈曲して 5 秒間記憶し、肘関節屈曲 0° まで戻した。5 秒後に記憶した角度まで戻し、5 秒間保持した。測定回数は 10 回として、1 週間以内に 2 度目の測定を行った。

妥当性の検討も同様に右肘関節を対象とした。測定方法は信頼性と同等に設定角度を肘関節 90° として Automatic mode にて 10 回測定した。設定角度と再現角度での関節の位置をデジタルカメラにて撮影し、撮影後に画像解析ソフト Image J を使用して角度を測定し、2 つの角度の差を算出した。

信頼性の検討は、対象者の 10 回の測定値の平均値を使用した。検者内信頼性として 1 度目と 2 度目の値を級内相関係数 ICC (1, 1) にて分析した。また、妥当性はピアソンの相関係数を用いて検定を行った。測定回数を設定するために再現性で測定した 1 度目の結果を使用した。10 回の測定値を各回数の平均値を算出し、10 回目の値を絶対値として級内相関係数 ICC (1, 1) にて分析

表 1 開発アプリ（The sense of position）による各測定回数での ICC 値

	関節位置覚 ($^\circ$)	ICC	95% CI	
			上限	下限
1 回	2.0 ± 1.3	0.24	-0.393	0.734
2 回	2.5 ± 1.2	0.33	-0.307	0.776
3 回	2.6 ± 0.8	0.60	0.025	0.881
4 回	2.5 ± 0.7	0.71	0.225	0.919
5 回	2.4 ± 0.6	0.80	0.402	0.945
6 回	2.4 ± 0.6	0.80	0.402	0.945
7 回	2.4 ± 0.6	0.80	0.402	0.945
8 回	2.4 ± 0.7	0.92	0.712	0.978
9 回	2.4 ± 0.6	0.95	0.828	0.988
10 回	2.4 ± 0.6	1.00	1.000	1.000

平均値 $\pm$ 標準偏差。

した。統計処理には SPSS Statistics Version23 を使用し、有意水準は 5% とした。

対象者に研究の趣旨・方法について説明し、同意を得た上で調査を行った。本研究は国際医療福祉大学倫理委員会の承認を受けて実施している（承認番号 14-10-54）。

III. 結 果

開発アプリ「The sense of position」での 1 度目の測定の平均値 $\pm$ 標準偏差は $2.4 \pm 0.7^\circ$ 、2 度目は $2.4 \pm 0.5^\circ$ であった。ICC (1, 1) は 0.85 (95%CI : 0.530-0.960) であった。

再現法での各機器における設定角度の誤差の平均値 $\pm$ 標準偏差は、開発アプリ「The sense of position」で $3.2 \pm 5.5^\circ$ であった。デジタルカメラ画像では $5.0 \pm 3.9^\circ$ であった。開発アプリとデジタルカメラ画像での測定値の相関係数は 0.867 であり、開発アプリとデジタル画像での算出測定値の間に強い相関がみられた。

回数設定では、1 回の ICC (1, 1) では 0.24、2 回の平均では 0.33、3 回の平均では 0.60、4 回の平均では 0.71、5 回の平均では 0.80、6 回の平均では 0.80、7 回の平均では 0.80、8 回の平均では 0.92、9 回の平均では 0.95 であった（表 1）。

IV. 考 察

今回、関節位置覚を自動で測定できるアプリ「The sense of position」を開発し、そのアプリの信頼性と妥当性について検証した。また、測定結果から信頼の高い測定回数を設定した。本研究の結果より開発したアプリは、若年健常者で高い信頼性と高い妥当性を得ることができた。また、信頼の高い測定回数は 5 回以上であることが示唆された。このことから開発したアプリを使用す

ることによって肘関節の関節位置覚を評価することができ、臨床現場や他の分野で応用できる可能性が示された。

信頼性の検討では、同一の条件で同一テストを実施して、その測定誤差の少なさから判定される。Fleiss⁷⁾は、ICCの判断基準を $ICC > 0.75$ で “excellent” reliability, $ICC = 0.40 - 0.75$ “fair” to “good” reliability, $ICC < 0.40$ “poor” reliability と分類されている。今回の信頼性での結果では $ICC(1, 1)$ は 0.85 であり、その信頼性は優秀であると評価される。このことから開発したアプリでの測定は信頼性に優れた評価であることが示された。

また、開発アプリの測定結果と設定時と再現時との画像から算出した結果との相関では 0.867 と高い値を示した。このことから開発したアプリは高い妥当性があることが示された。また、2つの測定誤差は 5° 以内であり、臨床における角度表示は 5° 単位⁸⁾とされているため通常の再現法の測定と同等の結果が算出されていると考えられる。

測定回数は、高い信頼性を示す回数を設定するために ICC が 0.75 以上を示す最低測定回数を求めた。その結果、測定回数 5 回以上で $ICC 0.75$ 以上が示されたため測定回数を 5 回と設定した。

開発したアプリは従来の再現法と比較し、ゴニオメーターでの測定技術がなくても測定部位に機器を装着し、音声に従って動かすことで誰でも測定が簡便に可能となる。しかし、今回の結果より、測定精度や回数設定など従来の方法と比較して検討が必要な部分があり、製品化するにあたり改善および分析していかなければいけないと考える。

本研究の限界としては、今回は肘関節のみを測定対象としているために他の関節の信頼性と妥当性が示されていない。今後、肩関節や膝関節などの他の関節についても検討が必要である。また、対象者として若年健常者としているために高齢者や臨床での検証が必要である。自動測定において音声に従って測定動作を行うために高齢者の聴力や認知の問題が生じてくるために測定時の対応が必要なことが考えられる。今後の展望としては、開発したアプリを幅広い対象者で測定していき、使用時の問題点について対応していきたいと考えている。

今回、理学療法分野での評価・測定のためのアプリ開発をおこなった。スマートフォンなどの携帯デバイスを使用し、自動測定できる可能性が示されたことから臨床現場だけでなく、スポーツや予防医学分野での応用ができることが考えられる。個人のスマートフォンにインストールすることにより測定が可能となるため理学療法士不在時でも測定が可能となる。そのため退院後に自主練習の効果を確認することやスポーツ選手の身体機能の管理が可能となる。今後、理学療法分野でのアプリ開発が進んでいくことが考えられる。

謝辞 本研究のアプリを開発するにあたり協力していただいた有限会社電子創研の寺岡俊一様に感謝いたします。

引用文献

- 1) Goodwin GM: The sense of limb position and movement. *Exercise Sport Sci Rev*, 1976, 4(1): 87-124.
- 2) 平野弘之, 杉原敏道: 再現検査と模倣検査を用いた関節固有覚評価の比較研究: 設定角度および関節運動の違いが評価に与える影響. *リハビリテーション医学*, 1998, 35(4): 236-240.
- 3) 昇 寛, 丸山仁司, 高橋直子・他: 膝感覚固有感覚測定装置の考案と作成一測定値の信頼性の検討一. *理学療法科学*, 2004, 19(4): 299-303.
- 4) Lubiawski P, Ogrodowicz P, Wojtaszek M, et al.: Measurement of active shoulder proprioception: Dedicated system and device. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013, 23(2): 177-183.
- 5) 内閣府: 消費動向調査. <http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/2014/201403shouhi.html> (閲覧日 2015 年 7 月 25 日).
- 6) KANTER JAPAN: カンター・ワールドパネル・コムテック調査. <http://kantar.jp/whatsnew/2015/12/os.html> (閲覧日 2016 年 1 月 6 日).
- 7) Fleiss JL: The design and analysis of clinical experiments. John Wiley & Sons, New York, 1986.
- 8) 米本恭三, 石神重信, 近藤 徹: 関節可動域表示ならびに測定法. *日本リハビリテーション医学*, 1995, 32(4): 207-217.