

学位論文審査結果の要旨

氏 名	三 宅 啓 介
審 査 委 員	主 査 松 田 正 司 副 査 三 浦 裕 正 副 査 高 崎 康 史 副 査 廣 岡 昌 史 副 査 城 戸 倫 之

論 文 名 スマートフォンを利用した手指関節可動域計測における新しい方法

審査結果の要旨

本論文は手指の関節可動域をスマートフォンを使用して計測する新しい方法を開発したものである。そのアイデアのみならず、スマートフォンに自ら作製したソフトを入れ、信頼性を確かめる為に試行錯誤を繰り返して実用性を高めた点は大いに評価出来る。その結果、申請者らの開発した新しい方法は短い計測時間で従来の方法と同等の信頼性を持つ方法となった。

手指の関節可動域(ROM: range of motion)を計測することは、手の外科領域において重要な客観的指標である。現在は角度計における計測が標準であるが、これはしばしば煩雑であり、頻回な計測の妨げとなる。そこで申請者らはスマートフォンを使用した、手指のROMを計測する新しい方法を開発した。

多くのスマートフォンが内蔵している加速度計を使用して、手指の関節角度を計測するアプリケーションを作成した。アプリケーションはAndroid™上で動き、示指から小指の関節角度を計測し、記録するように設計されている。屈曲や伸展、自動運動や他動運動にも対応した。自動的に関節可動域および総自動運動域(TAM: total active motion)も計算される。実際の測定に際して検者は被検者の正面に位置し、被検者の手関節を中間位とする。対象指の末節部背側にスマートフォン端末をあてる。3秒ごとに鳴るベル音にあわせて、中節部、基節部、中手骨部と端末をあてなおす。これにより手指各関節の角度が計測される。

氏名 三宅 啓介

新しい方法の信頼性を確かめる前実験として、4つの実験を行った。1つ目の実験は、アルミニウムの板を曲げたものを手指のモデルと見立て、同一検者が従来の角度計を用いた方法と新しい方法とで繰り返し計測した。得られた値を級内相関係数(ICC: intraclass correlation coefficients)で評価した。ICC(2, 1)は0.997で、物体モデルを対象にした同一検者における計測では、新しい方法は従来の方法に対して十分な再現性があると考えられた。2つ目の実験は、先に使用したモデルを対象にして同一検者が新しい方法で繰り返し計測した。得られた値を評価したところ、ICC(1, 1)は0.999で、物体モデルを対象にした新しい方法では同一検者において再現性があると考えられた。3つ目の実験は、ボランティアに様々な大きさのリングを把持させ、運動制限のある手のモデルとした。同一検者が従来の角度計を用いた方法と新しい方法とで繰り返しモデルの手指を計測した。得られた値を評価したところ、ICC(2, 1)は0.977で、実際の手をつかったモデルを対象にした同一検者における計測でも、新しい方法は従来の方法に対して十分な再現性があると考えられた。4つ目の実験は、前の実験に使用したモデルを対象に、二人の検者が新しい方法で繰り返し計測した。得られた値を評価したところ、ICC(2, 1)は0.936で、実際の手モデルを対象にした新しい方法では複数検者において再現性があると考えられた。

以上4つの実験より、新しい方法は従来の方法に対して十分な再現性を得られうると考え、臨床実験を計画した。対象は愛媛大学医学部附属病院リハビリテーション部で手の治療を受けている患者のうち、承諾を得られた20名とした。年齢は21歳から89歳までで、その平均は49歳であった。従来の方法で手指のROMとTAMを計測した後に、同じ指を新しい方法でも計測し、測定や記録、計算に要した時間も併せて評価した。検者は形成外科医1名と作業療法士2名で行った。20名84指252関節が対象となり、計1008の関節角度が計測された。角度を従来の方法と新しい方法で評価したところ、ICC(2, 1)は0.927であった。これは実際の患者を対象にした場合においても、新しい方法は従来の方法に対して十分な再現性があることを示した。また、計測からROMやTAMの計算と記録に要した時間を調べたところ、1つの関節角度計測あたり、従来の方法では12.6秒だったのに対して、新しい方法では6.2秒であった。以上の結果より、申請者らの開発した新しい方法は従来の方法と同等の信頼性を持ち、計測時間を半分にする能力があることがわかった。この実験は愛媛大学医学部の臨床研究倫理審査委員会によって承認されている(番号1802010)。

審査会は令和2年11月4日に開催された。申請者が学位論文の内容について英語で発表後、多くの質疑応答がされた。角度測定の原理、誤差を誘引する因子、デジタル化の利点、ソフト開発の時間、特許申請、従来の計測器と本法の信頼性の比較、外れ値、可動制限の有る患者の状態による困難、全自動化、医工連携、計測者の熟練度による差等に関して多くの質疑がなされ、申請者はこれらに的確に回答した。審査委員は、申請者が本論文関連領域に対して学位授与に値する十分な見識と能力を有することを全員一致で確認し、本論文が学位授与に値すると判定した。