

2019年1月23日

博士学位審査 論文審査報告書 (課程内)

大学名 早稲田大学
研究科名 大学院人間科学研究科
申請者氏名 鈴木 里砂
学位の種類 博士 (人間科学)
論文題目 (和文) リハビリテーション場面における利用拡大に向けたモバイル端末を用いた低コスト簡易筋電計の開発
論文題目 (英文) Development of Simple Low-Cost Electromyography System Using Mobile Device for Practical Utilization in Rehabilitation Field

公開審査会

実施年月日・時間 2018年12月11日・13:00-14:00
実施場所 早稲田大学 所沢キャンパス 100号館 5階 第4会議室

論文審査委員

	所属・職位	氏名	学位(分野)	学位取得大学	専門分野
主査	早稲田大学・教授	村岡 慶裕	博士(工学)	慶應義塾大学	リハビリ科学
副査	早稲田大学・教授	扇原 淳	博士(医学)	順天堂大学	社会医学
副査	早稲田大学・教授	大須理英子	博士(文学)	京都大学	認知心理学
副査	慶應義塾大学・名誉教授	千野 直一	医学博士	慶應義塾大学	リハビリ医学

論文審査委員会は、鈴木里砂氏による博士学位論文「リハビリテーション場面における利用拡大に向けたモバイル端末を用いた低コスト簡易筋電計の開発」について公開審査会を開催し、以下の結論を得たので報告する。

公開審査会では、まず申請者から博士学位論文について30分間の発表があった。

1 公開審査会における質疑応答の概要

申請者の発表に引き続き、以下の質疑応答があった。

- 1.1 日本で最初の筋電BF装置は、慶大月が瀬リハビリセンターで開発したものであるが、それが完売した後、残念なことに広まらなかった。今後もっとこのような機器が広まった方が良く考えている。今回の論文の内容にはないが、今後の方向性として、視覚だけでなく聴覚についても実施してほしい。頸性斜頸など筋緊張が高すぎる患者には、聴覚の方が良好であり、追加することでさらに発展すると思われる。弛緩させる

ためには、聴覚フィードバックの方が有効との報告もある。2台使用して、一方で収縮、一方で抑制させるということも、今後、役立つと思われる。

(回答) 聴覚フィードバックについては、OSの設定変更で、本低コスト簡易筋電計を用いて実施することは可能である。2ch表示についても可能であるが、脳卒中の患者には1chでないと二重課題となるため難しいと考えられる。しかし、ソフト上において、1画面1ch表示でchの切り替えが容易であるため、対応次第でその問題を解消できる。もちろん、筋弛緩の学習にも有用である。

- 1.2 医学でもなく、理学療法学でもなく、人間科学での学位論文を提出するにあたり、人間科学への貢献は何か。数十万円の装置が数千円で自作出来るというのは、本文にもあるようにインパクトのあることである。RCTが増えるかどうかもどれだけ普及していくかにかかっているので継続的に研究を実施してほしい。

(回答) 本研究は、例えば、これまで筋電位をスマートフォンで表示できなかったように、時代に合わせた新しいものを取り入れて、医療関係者だけでなく一般の方でも利用できるように発展させたものであり、医学や理学療法学、工学、教育学の枠に納まらない人間科学への貢献があったと考えている。

- 1.3 41頁において、1回数を守ったという表現が、恐らく最大等尺性収縮を行った回数を指していると思われるが、何であるか。

(回答) 1セット30回の回数であるため、その回数を守ったという意味であった。

- 1.4 42頁において、NRSの2→0の説明と時期が不明である。BFを行なった場合に、疼痛が緩和したということであるか。

(回答) NRSは、疼痛評価であり、0から10の数値により痛みの度合いを主観的に示すものである。測定時期はBF1の前後、BF2の前後である。

- 1.5 48頁において、アンケートの点数の満点は何点か。どのように算出しているのか。

(回答) 尺度の5点をプラス2点というように読み替えて、その点数を全被験者で加算している。11名であるので満点は22点となる。

- 1.6 55頁において、低コスト簡易筋電計から無線化した際に変更した点はどこか。

(回答) 入出力部へのBluetoothの配置と、出力部に200Ωの抵抗を配置した点である。

- 1.7 74頁において、Wireless低コスト簡易筋電計での患者の立ち上がり、歩行筋電計測について、筋電のRMSの差で左右差があったとしているが、電極間距離や皮膚抵抗などの影響で、RMSなどだけでは、判断できないのではないか。

(回答) 筋収縮の大小比較については、厳密にはRMSだけでは判断できないが、今回は臨床応用が目的であり、簡易的に療法士が判断するためには、電極間距離を一定にするように心がければ、mmオーダーの誤差であり、RMSなどから左右差を大まかに判断することは、従来の目視に比べれば、意義があると考えられる。

- 1.8 92頁において、全般的にBFに関するRCTが非常に少ないという点で、どのような部分が未だ不足しているのか。

(回答) RCTが不足している根拠として、コクランレビューでの報告があり、症例報告が多く、研究デザインの問題が多いとされている。また、本論文では、RCTの不足についての根拠として引用文献を挙げて説明している。

2 公開審査会で出された修正要求の概要

2.1 博士学位論文に対して、以下の修正要求が出された。

- 2.1.1 「利用」が重なるので、日本語題目を「リハビリテーション場面における利用拡大に向けたモバイル端末を利用した低コスト簡易筋電計の開発」から「リハビリテーション場面における利用拡大に向けたモバイル端末を用いた低コスト簡易筋電計の開発」に変更すべきである。
- 2.1.2 37頁において、対象者の年齢、発症日数の生データを記載すべきである。
- 2.1.3 41頁において、「1回数を守り実施」について適切な表現に修正すべきである。
- 2.1.4 人間科学への貢献、新規性について加筆すべきである。
- 2.1.5 日本で初期に開発された機器を図として挿入すべきである。
- 2.1.6 42頁において、NRSの2→0の説明と時期を記載すべきである。
- 2.1.7 48頁において、点数の満点を記載すべきである。
- 2.1.8 55頁で低コスト簡易筋電計を無線化した際に変更した点を記載すべきである。
- 2.1.9 74頁においてWireless低コスト簡易筋電計での患者の立ち上がり、歩行計測において、左右差があったとしているが、その限界を記載すべきである。
- 2.1.10 53、66頁において、Wireless低コスト簡易筋電計のサイズを記載すべきである。
- 2.1.11 111頁において、modified Ranking Scaleとの誤記を修正すべきである。

2.2 修正要求の各項目について、本論文最終版では以下の通りの修正が施され、修正要求を満たしていると判断された。

- 2.2.1 題目を修正した。
- 2.2.2 年齢、発症日数について、各対象者のデータを追記した。
- 2.2.3 「全員1セット30回の回数を守り実施していた。」と修正した。
- 2.2.4 本研究の人間科学に関する貢献を加筆した。
- 2.2.5 日本で初期に開発された機器の図を挿入した。
- 2.2.6 NRSの基準説明と測定時期を追記した。
- 2.2.7 点数の算出方法と最高点、最低点を追記した。
- 2.2.8 低コスト簡易筋電計からWireless化するにあたって変更した点を図のキャプションに修正追記した。また、図8に変更前と後の図を示した。
- 2.2.9 限界について追記した。
- 2.2.10 図35と本文に、受信機、送信機のサイズを明記した。
- 2.2.11 modified Rankin Scaleに修正した。

3 本論文の評価

- 3.1 本論文の研究目的の明確性・妥当性：リハビリ場面における利用拡大に向けたモバイル端末を用いた低コスト簡易筋電計の開発が目的であると明確に示されている。また、表面筋電計がリハビリにおいて有用であると示されているにもかかわらず、臨床現場で普及していない現状から、本研究の目的は妥当性があると考えられる。

- 3.2 本論文の方法論（研究計画・分析方法等）の明確性・妥当性：2章で、先行研究などから分析し、本研究目的を達成するためには、筋電計の低コスト化、操作性および親近性の向上が必要であると結論付けた上で、第4章では、低コスト化を図るため、スマートフォン等のモバイル端末を利用して製作できる低コスト簡易筋電計の筋電アンプ回路を考案し、その性能を確認している。さらに、親近性の向上のため、療法士養成校の学生でも容易に製作できる製作キットを開発している。第5、6章では、臨床や教育現場で装置やキットを応用し、アンケート調査などを通して、本筋電計が現場で活用しうる性能を有することを検証し、さらに第7章では、本筋電計が本邦に普及した場合における社会的影響について脳卒中疾患を例にして、介護保険費用に関わる経済的効果を教育的、臨床的観点より試算しており、目的に対し、機器開発や、アンケート調査などを駆使して妥当性の高い方法を講じていると考えられる。なお、本論文で実施した実験の手続きについては、第5章の研究については、常葉大学倫理委員会の承認（研静：16-15、17-3）と沼津整形外科医院の倫理審査の承認（280095）、第6章の研究については、富士リハビリテーション専門学校倫理委員会の承認（FUJI2016001）と常葉大学倫理委員会の承認（研静：16-8）を取得し、実験の前には参加者に対して実験内容についての十分な説明を行い、インフォームドコンセントが得られた上で実施したとしており、倫理的な配慮が十分になされていると評価した。
- 3.3 本論文の成果の明確性・妥当性：本論文では、一般人も普段から操作しているモバイル端末を用いて筋電計を開発したことで、親近性や操作性の向上が図られ、さらに、これまで、数十万円以上した筋電計を数千円で開発し、臨床現場で耐えうる性能を有することも確認しており、目的に合致した妥当性の高い結果が得られている。
- 3.4 本論文の独創性・新規性：本論文は、以下の点において独創的である。
- 3.4.1 これまで注目されてこなかったリハビリ機器の普及について着目している点。
- 3.4.2 さらに、普及の阻害因子を特定し、それぞれの具体的対応策を提案している点。
- 3.4.3 対応策を実践し、検証した上で、社会実装された時の影響を試算している点。
- 3.5 本論文の学術的意義・社会的意義：本論文は以下の点において学術的・社会的意義がある。
- 3.5.1 臨床で耐えうる性能を維持しつつ、身近なモバイル端末を用いて、操作性や親近性の向上を図り、従来の十分一から百分一にコストダウンした点と、それを教育現場や臨床現場での活用を実証した点において、学術的意義がある。
- 3.5.2 脳血管疾患に対して、本論文で述べられている通りに本装置を導入し、適用した場合、診療費の補填期間において、再生医療に比べて1688倍から3376倍の費用対効果が期待でき、社会的意義がある。
- 3.6 本論文の人間科学に対する貢献：本論文は、以下の点において、人間科学に対する貢献がある。
- 3.6.1 本論文は、超高齢社会の我が国における医療費増大、介護負担増大などの諸問題に対し、機器開発のみならず、医学、工学、教育学、情報学などから総合的にアプローチして一つの効果的な打開策を提案した。つまり、健康福祉の観点からは、医療場面で活用される機器を開発し、実際の臨床場面で、その実用性を確認し、

人間情報科学の観点では、情報端末を用いて筋電計を簡易に製作できる教育ツールを開発し、学生が自ら製作することによる学びに与える影響や、ユーザーの使用感を確認し、人間環境科学の観点からは、医療経済的側面からの社会に与える影響を考察している。このように、本論文は、一つの学問の範疇に留まらず、多くの視点から人間社会の変革をもたらすことを志向しており、人間科学的アプローチを実践し、人間科学の発展に寄与するものである。

- 4 本論文の内容（一部を含む）が掲載された主な学術論文・業績は、以下のとおりである。
 - 1 鈴木里砂, 村岡慶裕. (2017). スマートフォンを用いた低コスト筋電図バイオフィードバック装置の開発 (第2報) — 現行機種への対応 —. 総合リハビリテーション, 45(11), 1159-1162.
 - 2 鈴木里砂, 村岡慶裕, 岡崎俊太郎. (2017). スマートフォンを利用した低コスト筋電図バイオフィードバック装置の性能試験. バイオフィードバック研究, 44(1), 15-20.
 - 3 鈴木里砂, 村岡慶裕. (2017). Bluetoothオーディオ送受信機によるスマートフォンを用いた低コスト筋電図バイオフィードバック装置の無線化. リハビリテーション連携科学, 18(1), 41-43.
 - 4 R. Suzuki, Y. Muraoka, S. Okazaki. (2017). Low-Cost 2-Channel Electromyography Telemeter using a Personal Computer Microphone Port. International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 5(1), 386, 1-6
 - 5 R. Suzuki, Y. Muraoka, S. Okazaki. (2017). Development of a low-cost EMG biofeedback device kit as an educational tool for physical therapy students. Journal of Physical Therapy Science 29(9), 1522-1526.

5 結論

以上に鑑みて、申請者は、博士（人間科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

以 上