

令和元年6月18日現在

機関番号：35308

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K21545

研究課題名(和文)高齢者の転倒発生を予測するスマートフォン用アプリケーション開発

研究課題名(英文)Development of smartphone application to predict the falling of elderly people.

研究代表者

井上 優 (Inoue, Yu)

吉備国際大学・保健福祉研究所・準研究員

研究者番号：90726697

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、要介護状態に至る主要な原因である転倒予防に向けて、その危険性を簡便に予見し、適切な医療・介護資源の利用につながるアプリケーションの開発基礎を構築することである。

地域在住高齢者55名を対象とした縦断的な検討から、体幹加速度の高速フーリエ変換から求めた平均情報量(PSEn)、歩行荷重係数(DLF)、パワースペクトル比(PR)が転倒経験の有無を高い精度で判別でき、なかでもPSEnは将来起こる転倒の発生予測に有用な指標であることが示唆された。さらにそれらの指標は体操教室への参加により生じた運動機能の変化を捉えられることも示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地域在住高齢者を対象とした検討から、スマートフォンに搭載されたセンサーデバイスでも援用可能な解析アルゴリズムとして、PSEnは転倒発生の予測に有用であることが示唆された。また地域で開催される介護予防教室参加者の運動機能変化も評価可能な指標になり得ることが示唆された。またDLF、PRも一般高齢者や神経疾患により歩行障害を呈した例の歩行状態を把握する方法の一助となることが示唆された。

以上の知見は、地域で生活している高齢者が参加する介護予防教室に留まらず、地域包括ケアに関わる専門職にも有益な情報を提供すると共に、リハビリテーションの分野でも歩行障害の程度を定量化できる可能性を示唆するものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a basic application that can easily predict the risk in order to prevent falls, which is the main cause leading to the state of need of health care. In this study, we conducted a longitudinal study of 55 elderly people in the community. The results in the present study suggested that the power spectrum entropy (PSEn), Dynamic load factor (DLF) and Power spectrum ratio (PR) obtained from the fast Fourier transform of trunk acceleration can distinguish with high accuracy the presence or absence of falling experience. Especially, PSEn was useful to predict the falling of elderly people in the community. Furthermore, it was also suggested that those indices can detect the changes in motor function caused by participation in preventive care classes.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：転倒発生予測 加速度 アプリケーション開発 一般高齢者

1. 研究開始当初の背景

転倒は要介護状態に至る主要な原因として、これまで我々理学療法士を含む多くの専門職の間で議論され、その予防に向けた実践的な取り組み、学術的な検証がなされてきた。その転倒が受傷機転の7割を超えるとされる大腿骨近位部骨折に目を向けると、日本国内4000施設以上の医療機関を対象に実施された大規模調査では、過去20年の間で70歳代までの大腿骨近位部骨折発生率は横ばい状態が続いている。その一方で、80歳代以上では年々増加傾向にあることが報告されている。さらに全年齢を対象とした5年ごとの推計では、大腿骨近位部骨折の発生件数は約30000件ずつ増加していることも示されている。

そのため、虚弱高齢者や要介護状態に移行する可能性のある者に対する専門職の関わりの必要度を検討することは、限られた医療・介護資源を利用する上で重要である。近年では、体幹部に設置した加速度センサーにより得た加速度情報をもとに歩行解析を行った報告が増え、二重課題を行うことにより生じる歩く様子の変化を捉えることが可能であることが報告されている。申請者も歩行中の加速度情報から動揺の大きさを表すRoot mean square (RMS)、変動の程度を表す自己相関係数、運動の滑らかさを表すPower spectrum entropy (PSEn)を計算により求め、それらの指標が歩く様子の変化を捉えることが可能であること、さらには脳卒中患者の転倒リスクを判別する指標となる可能性を報告してきた。

これまでの医療・介護の現場における理学療法士の歩行能力や転倒リスクの最終的な判断は、観察に基づき行われる傾向にあり、評価者間信頼性、再テスト信頼性などの問題を有することが古くから指摘されている。これは運動中の動揺の大きさ、リズム感、滑らかに歩いているのか、といった質的な側面の評価を含め判断した結果であり、歩行速度や歩幅などの計測可能な指標では判断が難しい要因を、観察に基づき判断していることが一因と考えられる。

近年、日常生活における重要度の増したスマートフォンは、医療福祉現場での利用価値が高いものと認識されつつある。リハビリテーション領域でもスマートフォンに内蔵されたセンサー情報を利用した歩行解析についての報告が散見され、スマートフォンを利用することでこれまで観察に依存し客観性に問題のあった歩行の質的な側面の評価が、数値により可能となることが考えられる。

地域包括ケアシステムの構築が進む現在、地域支援事業におけるリハビリテーション専門職の知識を役立てるためには、運動の質的な側面を客観的に評価できる方法を確立することが重要となる。看護師や保健師といった支援事業の中核にいる職種と共通のアウトカムを確認し、認識を深めていく上で、スマートフォンを利用した評価の有用性が期待される。

2. 研究の目的

上述の研究背景とこれまでの研究成果をもとに、虚弱高齢者、要介護状態に移行する可能性のある者を対象に歩行状態を縦断的に記録し以下のことを明らかにすることを目的とした。

- (1) 加速度解析により得られた指標を用いて、どの程度転倒経験者と非経験者の判別が可能か、将来の転倒発生をどの程度予測することができるのかを明らかにし、スマートフォンに内蔵された加速度センサーでも利用可能な解析アルゴリズムを検討する。
- (2) 明らかになった解析アルゴリズムにより、運動療法の実施や介護予防事業に参加した結果生じる歩き方の変化を捉えることができるのかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 転倒有無の判別、予測精度の検討

対象

対象は日常生活が自立している地域のサロン、通所サービスを利用している地域在住高齢者とし、共同研究者より当研究へ参加同意を得た者とした。そのうち、Clinical Dementia Rating Scale が0.5点以上の認知機能に何らかの問題を有する者を除外し、最終解析対象者を55名とした。

計測

計測条件は快適歩行速度で歩行のみを実施する単一課題条件、計算課題・語想起課題へ回答しながら歩く二重課題下条件、最大努力下条件の計3条件で10m歩行テストを実施した。対象者には10m歩行テスト中に、両上前腸骨棘外側、第3腰椎棘突起部、頭部に弾性ベルトを使用してATR-Promotions社製3軸加速度センサーTSND-121を固定し、サンプリング周波数200Hzにて歩行中の加速度を記録した。

データ解析

記録した加速度波形はZijlstraの方法を援用して各歩行周期を同定し、体幹加速度の鉛直成分ならびに前後成分に対して、高速フーリエ変換によりパワースペクトルを算出した。得られたパワースペクトルから、RMS、PSEnに加えて、米田らによりアルゴリズムが開発されたDynamic lord factor(DLF)、Power spectrum ratio(PR)も算出した。DLFは床

の踏み込み力と定義でき、PR は歩行異常度を表す指標とした。

転倒発生状況の確認

計測実施時に過去 12 か月間の転倒経験の有無を聴取した。計測終了後の半年間は、サロン運営責任者、および通所サービス責任者を通じて、転倒発生の有無について情報を収集した。

(2)解析指標の有用性の検討

地域在住高齢者を対象とした検証

東京都 A 市において開催された介護予防教室に参加した地域在住高齢者 12 名のうち、最終評価結果に欠損の無い 8 名を対象に、教室開始時と 3 か月後終了時の身体機能評価に加速度計測も同時に実施し、運動機能の変化と加速度解析由来の指標の関連性を確認した。パーキンソン病患者を対象とした検証

岡山県 B 病院に入院したパーキンソン病患者 2 名を対象に、抗パーキンソン病薬、深部脳刺激療法の有無により生じた歩行状態の変化を、加速度解析由来の指標が捉えることができるのかを検証した。

(3)倫理的配慮

本研究は倉敷平成病院倫理審査委員会（承認番号：H28-006）および吉備国際大学倫理審査委員会（承認番号：15-65）の承認を得た上で実施した。

4. 研究成果

(1)転倒有無の判別、予測精度の検討

計測実施時に転倒経験を有した者は、55 名中 15 名（27.2%）で、国内で報告されているデータと転倒経験者の割合は類似していた。転倒経験者（81.0±7.7 歳）は非経験者（74.0±7.3 歳）に比べて有意に年齢が高かったものの、性別割合や BMI には差を認めなかった。計測条件の違いによる影響を二元配置分散分析により検討した。その結果、歩行速度、DLF、PR、PSEn（鉛直成分）に有意差を認め、二重課題条件下で最も速度が遅く、DLF 値は低下して踏み込み力は弱まり、PSEn 値は上昇したため非円滑的歩行になっていることが示された。さらに事後検定として、各指標を転倒経験者と非経験者の 2 群間で比較したところ、転倒経験者は非経験者に比べて、全ての測定条件で DLF 値は低く、PSEn 値は大きくなることが示された。このことは、転倒経験者は非経験者に比べて、足の踏み込み力が弱体化し、非円滑的な歩行様式に陥っていることが示唆された。さらにこれらの指標を用いて、転倒経験の有無をどの程度判別できるのかを area under the curve (AUC)により検討した。その結果、概ねどの指標においても二重課題条件における AUC が高く、特に歩行速度（0.802 ± 0.083, 95%信頼区間：0.639-0.964）、PSEn 鉛直成分（0.890 ± 0.055, 95%信頼区間：0.782-0.998）、DLF（0.848 ± 0.064, 95%信頼区間：0.722-0.974）と、高い判別精度を有することが示された。

計測終了後 6 ヶ月以内の転倒発生総数は 55 名中 13 名（23.6%）であった。予測精度の検証は決定木分析（Chi-squared Automatic Interaction Detection：CHAID）を用いて行った。その結果、上記指標のうち、PSEn 鉛直成分が第 1 ノードとして抽出された。決定木より得られた予測値と実際の転倒発生有無を整理した結果、得られたモデルは感度 69.2%、特異度 95.2%、陽性的中率 81.8%、陰性的中率 90.9%、診断精度 89.1%と比較的高い精度で転倒発生を予測できることが示された。

(2)解析指標の有用性の検証

地域在住高齢者（71.4±4.5 歳、女性 7 名）を対象とした縦断的検討では、3 か月間の介護予防教室への参加により、単一課題条件下の Timed up and go test (TUG) 所要時間が有意に短縮され歩行速度の有意に上昇し、運動機能の改善を認めた。加速度解析由来の指標では、前述の PSEn 鉛直成分値が有意に減少した。さらに 5 歩行周期分のデータの標準偏差を平均値で除して求めた変動係数に着目すると、二重課題条件下では TUG や歩行速度に前後差を認めなかったものの、単一条件に加えて二重課題条件下でも PSEn 鉛直成分値は有意に減少し、二重課題負荷時にも安定的に円滑に歩けるようになったことが示され、PSEn は TUG や歩行速度では検出ができない変化を捉えることが示唆された。

さらにパーキンソン病患者を対象とした検討では、各症例ともに抗パーキンソン病薬/脳深部刺激療法を off にすると、歩き始めや動作終了時にすくみ足が出現しやすくなることが確認され、PSEn 鉛直成分に加えて、DLF、PR は歩行状態の悪化を示唆する結果を得た。

本研究ではスマートフォンに搭載されたセンサーデバイスでも援用可能な解析アルゴリズムとして PSEn は転倒発生の予測に有用で、地域で開催される介護予防教室参加者の運動機能変化も評価可能な指標になり得ることが示唆された。また DLF、PR も一般高齢者や神経疾患により歩行障害を呈した例の歩行状態を把握する方法の一助となることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

井上優 (2019). 転倒と運動機能・受け止めの变化. 理学療法ジャーナル. 53(1). pp21-28.

井上優, 平上二九三, 原田和宏, 平上尚吾, 松葉潤治 (2017). 回復期リハビリテーション病棟入棟脳卒中患者における日常生活動作能力の改善効率予測ルールの検討. 吉備国際大学保健福祉研究所研究紀要 18 号. pp49-54.

井上優, 原田和宏, 佐藤ゆかり, 樋野稔夫 (2016). 脳卒中患者に対する二重課題トレーニングの効果は脳機能障害の違いによる影響を受けるのか?, 理学療法学. 42(2). pp158-159.

〔学会発表〕(計 10 件)

井上優, 山崎諒, 米田昌弘, 福田寛二, 山下昌彦, 田辺美紀子, 上利崇. 加速度解析を用いた進行期パーキンソン病患者の DBS 後の歩行評価. 第 58 回日本定位・機能神経外科学会, 東京, 2019.

山崎諒, 井上優, 新免利郎, 他: 慢性疼痛患者におけるバーストおよび高頻度脊髄刺激による歩行動態の変化. 第 58 回日本定位・機能神経外科学会, 東京, 2019

米田昌弘, 井上優, 福田寛. 3 つの歩行評価指標に及ぼす加速度計装着位置の影響～大腿骨骨折患者を対象とした検討～. 第 56 回日本リハビリテーション医学会学術集会. 神戸, 2019.

Yu Inoue, Shogo Hiragami, Junji Matsuba, Kazuhiro Harada, Fukumi Hiragami, Developing a clinical prediction rule for discharge home in patients with severe stroke, The International Society of Physical and Rehabilitation Medicine congress 2018, Paris, France, 2018.

Yu Inoue, Shogo Hiragami, Junji Matsuba, Kazuhiro Harada, Fukumi Hiragami, A Clinical prediction rule for stroke rehabilitation efficiency, WCPT-AWP & PTAT Congress 2017, Bangkok, Thailand, 2017.

井上優, 倉地洋輔, 柳原順子, 鈴木美穂, 原田和宏. 歩行動態の変動性指標は運動介入後の歩行状態の変化を捉えることはできるのか? 第 52 回理学療法学術大会. 幕張, 2017.

井上優, 原田和宏, 植木努. 脳卒中患者の歩行動態の変動性と転倒リスクとの関連性. 第 51 回日本理学療法学術大会. 札幌, 2016.

Yu Inoue, Kazuhiro Harada, A relationship between variability of gait dynamics by dual-tasking and the risk of falling in patients with stroke, The 20th European Congress of Physical and Rehabilitation Medicine, Estoril, Portugal, 2016.

Yu Inoue, Kazuhiro Harada. Recovery of walking capacity in stroke rehabilitation using acceleration time-series data analysis: A pilot study. 第 50 回日本理学療法学術大会, 東京, 2015.

Yu Inoue, Kazuhiro Harada, Kenji Ikeda, Evaluation for the recovery of walking capacity using acceleration time-series data analysis: A pilot case study, The International Society of Physical and Rehabilitation Medicine congress 2015, Berlin, Germany, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究協力者

研究協力者氏名: 原田和宏

ローマ字氏名: Harada Kazuhiro

研究協力者氏名: 倉地洋輔

ローマ字氏名: Kurachi Yosuke

研究協力者氏名: 米田昌弘

ローマ字氏名: Yoneda Masahiro

研究協力者氏名：山崎諒
ローマ字氏名：Yamasaki Ryo

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。