

令和 2 年 5 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K15871

研究課題名(和文)高齢者の特性と家庭内転倒リスクを考慮した衣服型ウェアラブル端末の開発と検証

研究課題名(英文)Verification of prototype wearable device considering characteristics of elderly people for fall risk in home

研究代表者

能登 裕子(Noto, Hiroko)

九州大学・医学研究院・講師

研究者番号：40615910

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者の転倒予防への取り組みは重要な課題である。リスク評価や啓蒙など様々な検討と活動がなされているが、高齢者が自身で運動機能や転倒リスクを評価できる指標が求められる。本研究は、加齢に伴う身体感覚、運動機能の認識の変化および運動機能の認識と転倒履歴との関連調査をもとに、運動機能を評価可能な動作特性データの抽出と日常生活動作がモニター可能なウェアラブル端末の試作・検証を行った。さらに、日常生活動作測定データから転倒リスク要因となる動作特性を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

家庭内での転倒・転落リスクを感覚・動作・環境の側面から予測し、その未然防止に寄与するものであり、在宅高齢者の転倒事故予防対策として進歩が見込める研究である。高齢者の身体感覚という看護学の視点を中心に、人間工学・工学研究者と連携して行う学際的研究である。将来的には、啓蒙、セルフチェック、リハビリプログラム、住宅内環境調整、介護現場への実用化に結び付く。

研究成果の概要(英文)：Initiatives to prevent falls in the elderly are important issues. Although various studies have been conducted such as fall risk assessment and enlightenment, at present, there is a need for an index that enables elderly people to evaluate their motor function and fall risk. In this study, we investigate the changes in body sensation and motor function recognition with aging, and the relationship between motor function recognition and fall history. Furthermore, from the results of the survey, we extracted the motions of elderly people who can evaluate motor function, and verified prototype wearable devices that can monitor daily activities. In addition, we investigated the behavioral characteristics that are the risk factors for falls from the activities of daily life.

研究分野：基礎看護学、人間工学

キーワード：高齢者 転倒リスク 身体感覚 運動機能評価 ウェアラブル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高齢者事故の多くは家庭内で発生(独立行政法人国民生活センター、2013)しており、中でも事故の半数以上を占め、重症や死亡にもつながる転倒・転落の予防対策は、超高齢化に向けて急務である。家庭内での転倒・転落のきっかけは、立ち上がりや歩行などの基本動作が多く、加齢による感覚機能・運動機能の低下が大きな要因となる。加えて、自己の身体に関する感覚・認識と実際の感覚機能・運動機能とのずれや住宅環境による影響は見逃せない。リスク評価や啓蒙など様々な検討と活動がなされているが、高齢者が自身で運動機能や転倒リスクを評価できる指標が求められる。近年、在宅高齢者の見守り支援システムとして携帯型やウェアラブルの端末活用が検討されているが、転倒状態検知や救助信号を用いた問題発生後の早期対応にとどまっており、転倒事故を予防するシステムには至っていない。さらに、主流である腕などへの装着型端末は、動作を阻害し、装着感が伴うことから認知機能が低下した高齢者には不適切であるなどの問題がある。このような背景から本申請では、高齢者の身体感覚および住環境をふまえた日常生活動作測定による転倒予防を目的とした。

2. 研究の目的

(1) 在宅高齢者の運動機能と年齢、転倒履歴との関連および加齢に伴う身体感覚、運動機能の認識の変化の実態調査

在宅高齢者(70歳以上)の男女を対象に、住環境の満足・問題点、日常生活動作を行う際の身体感覚、運動機能の認識、転倒と住環境への意識などについての実態を明らかにする。

(2) 運動機能の評価可能な動作特性データの抽出、日常生活動作がモニター可能なウェアラブル端末の検証

加速度を主とした計測が可能な小型センサを衣服などに搭載し、健常者を対象に、(1)実態調査の結果をもとに作成した質問紙調査、端末によるデータと動画の同期測定を行い、精度、データの有効性を検証する。

(3) ウェアラブル端末による動作測定データから転倒リスク要因となる動作特性を抽出

70歳以上の高齢者を対象とし、(2)と同様の質問紙調査および(2)で作成した端末を用いた動作測定を行い、特徴的な動作を反映するデータを抽出し、転倒リスク評価指標を検討する。

3. 研究の方法

(1) 実態調査

対象者

自宅内での日常生活が自立しており、内科クリニックに通院している65歳以上の地域在宅高齢者32名とした。

調査項目と分析方法

運動機能の評価として、高齢者用新体力テスト(文部科学省)で用いられているADL評価(日常生活活動テスト)、握力・開眼片足起立時間等の測定を行った。また、転倒不安感(Tinetti ME, 1990、Tinetti ME, Powell L, 1993、Tinetti ME et al, 1994)(厚生労働省:運動器の機能向上マニュアル改訂版)などの主観評価を行った。さらに、身体感覚や運動機能の認識、転倒経験とその状況および転倒や住環境への意識に関する半構成的インタビュー調査を行った。インタビュー結果は逐語録とし、質問の視点に関連する発言を文脈全体から抽出し分類した。調査結果をもとに、年齢・転倒経験と運動機能との関連、加齢に伴う身体感覚・運動機能の認識の変化について検討した。

統計処理

年齢と運動機能の各項目間の関連分析には、Pearsonの相関係数を算出した。転倒経験の有無による運動機能の各項目の平均値の差の比較には、対応のないStudentのt検定またはMann-WhitneyのU検定を用いた。なお、統計処理はSPSS 22.0 for windowsを用い、統計的有意水準は5%未満とした。

(2) 日常生活動作測定

対象者

運動機能に障害のない健康若年男女18名と70~80歳代女性12名とした。被験者には実験の目的・方法および研究参加に際して保障される権利などについて文書および口頭で十分に説明した後、実験参加への同意を得た。なお、本研究は研究代表者所属の研究院倫理委員会の承認を得た。

測定手順

被験者は、質問紙への記入、健康状態の確認の後、身体計測、血圧・握力測定、課題動作の説明と練習および各センサの装着を行った。その後、測定室内にて、下肢最大筋力を測定、基本動作課題を行った。一回の動作時間は数秒~数分とし、試行回数は各項目2回とした。

測定項目

背景要因について、(1)実態調査をもとに作成した質問紙調査(健康状態、体力、身体感覚および運動機能の認識など)、握力・下肢筋力測定等を行った。動作測定は、課題動作として先に行った調査結果1)をもとに、バランス、立ち上がり、歩行に着目し、静的・動的バランス能力(開眼片脚起立、FRT、Timed Up & Go)、歩行能力(5m歩行速度)、下肢筋力(5回椅子立ち上がり

(FTSST))とした。開眼片脚起立、5m 歩行、FTSST 動作の際には、各能力のモニター比較として、体幹が受ける 3 軸加速度(左右外課部、膝蓋骨外側部、第 4 腰椎突起部)と動作軌跡から身体の姿勢変化、動作速度を測定した。動作軌跡は、被験者の体表面上(肩峰点、大転子部、膝蓋骨中心の外側部、外果部)に反射マーカを貼付し、矢状面に対し垂直に配置したビデオカメラ 1 台にて測定周波数 30Hz で撮影した。解析には Frame-DIAS V を使用し、マーカの座標、速度、加速度を算出した。3 軸加速度は、ウェアラブルセンサとして応用可能な、無線式のセンサを用いて測定周波数 100Hz にて計測し、Bluetooth を用いてスマートフォンに取り込んだ。開眼片足起立課題は、平滑化処理を行った後に腰部の加速度計に受ける重力加速度から矢状面での姿勢角度を推定した。FTSST 課題は、加速度計(第 4 腰椎突起部)の地磁気と加速度から算出した腰部の速度を平滑化処理した後、加速度計(膝蓋骨中心の外側部)の曲線ピークと合わせて起立時と着席時までの 1 動作を検出し、1 動作毎の時間を算出した。歩行は、加速度計(左右外果部)の加速度から接地と離地のタイミングを検出し歩調、歩行速度、足上げ高さを算出した。

統計処理

開眼片足起立課題時の大転子と肩峰マーカを結ぶ線分の角度と腰部に装着した加速度計から算出した腰部角度、FTSST 課題時のマーカから算出した動作時間と加速度計から算出した動作時間、歩行課題時のマーカから算出した歩調、歩行速度、足上げ高さ加速度計から算出した値との適合度は回帰分析を行った。身体感覚と FTSST1 動作毎時間の標準偏差との関係は Pearson 相関係数を評価した。有意水準は 5%未満とした。

4. 研究成果

(1)加齢に伴う身体感覚・運動機能の認識の変化、年齢・転倒経験と運動機能との関連

加齢による身体感覚の変化は、自らの身体感覚が変わったと認識したのは、あらゆる動作の緩慢化・動作速度低下、疲れやすさ、体力・筋力の低下、歩行感覚の変化が主であり、これらの身体感覚の変化は年代が異なっても同様の傾向にあった。また、転倒の不安を感じる動作は、近距離の移動、屋内での移動、階段昇降が多く、いずれも片足立脚を要する動作であった。動作の緩慢化については、その後の転倒の有無に関わらず、65 歳未満から自覚または他者から指摘されたことが想起された。

年齢との相関分析から、日常生活が自立している場合も加齢に伴い ADL は徐々に低下し、転倒不安感は増大する傾向が示された(表 1)。また、片足立脚時間は ADL を反映することが推察され先行研究と同様の傾向を示した。一方、転倒不安尺度と開眼片足起立時間との関連性は、転倒不安感尺度と ADL との関連性に比べ低く(表 1)、立位時のバランス能力の低下は、日常生活場面での感覚に比べ、転倒不安感の増大にはつながりにくい可能性が示唆された。転倒経験は、70 歳代で最も多く、転倒状況として挙げた歩行時のつまずきや動作時のバランスの崩れは、身体感覚の変化として認識した状況と類似しており、基本動作の運動機能の低下や緩慢化が転倒に結び付いている傾向が示された。高齢者の運動機能の維持と転倒・転落事故防止対策へ、高齢者の身体感覚特性や加齢による変化をふまえた運動機能評価が加わると、より日常生活に即した介入が可能となることが示唆された。

表 1 年齢、ADL、転倒不安感尺度と運動機能との相関

	年齢	ADL	転倒不安感 尺度	握力 (左右平均)	開眼片足 起立時間
年齢	-				
ADL	-0.649 **	-			
転倒不安感尺度	0.530 **	-0.750 **	-		
握力 (左右平均)	-0.406 *	0.552 **	-0.458 **	-	
開眼片足起立時間	-0.470 **	0.694 **	-0.436 *	0.496 **	-

** P<0.01 *P<0.05

(2)運動機能を評価可能な動作特性データの抽出とウェアラブル端末の検証

若年者対象の場合

主観と動作特性との関連は、身体感覚と FTSST1 動作毎時間の標準偏差との相関において、弱い正の相関関係が認められた項目(動かし難さ $r=0.63$, $p<0.01$)と関連のなかった項目(疲れやすさ等)とがあった。

開眼片足起立課題時では、加速度計から算出した姿勢角とマーカ姿勢角の回帰分析の決定係数 r^2 は 0.43 ($p<0.01$)を示した。また、ノイズの影響を受けやすい姿勢角変化が小さかった 4 名(姿勢角変化量 ± 2.5 度)を除き再度回帰分析を行うと、決定係数 r^2 は 0.61 ($p<0.01$)を示した。FTSST の課題時のマーカから算出した動作時間と加速度計から算出した動作時間においても、回帰分析の結果、高い適合度(決定係数 $r^2=0.92$, $p<0.01$)を示した。若年対象者の場合は、筋力・体力も十分であったことから、開眼片脚起立課題では、姿勢変化の小さい場合の解析前処理が課題として上がった。

：高齢者対象の場合

身体感覚、運動機能の認識と実際の運動機能との関連では、特に女性において、歩行時に足が上がっていない、歩行速度の低下、段差通過時の動作の変化を感じることで歩行能力(通常歩行速度、最大歩行速度)との間に有意な正の相関関係が認められ、歩行に関する感覚は認識しやすく、実際の歩行速度とも関連する傾向を示した。一方で、バランス能力(開眼片脚起立)と関連のあった身体感覚項目は、歩行速度の低下のみであり、歩行能力に比べてバランス能力の低下は認識しにくい可能性があり、身体感覚の項目により認識のしやすさと実際の運動機能の反映の違いがあることが推測された。

開眼片足起立課題時では、加速度計とマーカの双方から算出した姿勢角値を回帰分析した結果、決定係数 $r^2=0.73$ ($p < 0.01$) を示した。FTSST 課題時の動作時間(決定係数 $r^2=0.92$, $p < 0.01$) および歩行課題時の歩調(決定係数 $r^2=0.81$, $p < 0.01$) においても高い適合度を示した。高齢者を対象とした場合も FTSST 課題、開眼片脚起立課題および歩行課題において、マーカ軌跡と加速度計各々から算出された値は類似傾向を認め、加速度計を用いた簡便な各運動機能評価を実施できる可能性が示された。また、若年者群と高齢者群の FTSST 課題時の姿勢角変化を比較すると、立ち上がり完了時および着座時などに違いがあり、転倒リスクを示す動作特性である可能性とウェアラブル端末の衣服型への応用の可能性が示唆された。また、介護予防、転倒予防へ向けた知見として、運動機能などの生物学的要因の他、転倒恐怖等の感情や生活行動を含む行動要因との相互作用による転倒が示されており(WHO, 2008)、多角的な転倒リスク評価と対策が求められる。対象者の人数と年齢層を追加し検証を行う必要がある。

< 引用文献 >

- 独立行政法人国民生活センター、医療機関ネットワーク事業からみた家庭内事故 -高齢者編-、2013、2-3、http://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20130328_3.pdf、2020年5月19日閲覧
- 文部科学省、新体力テスト実施要綱、http://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/___icsFiles/fieldfile/2010/07/30/1295079_04.pdf、2020年5月29日閲覧
- Tinetti, M. E., Richman, D. & Powell, L., Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falling, *Journal of Gerontology*, Vol. 45-6, 1990, 239-243
- Tinetti, M. E. & Powell, L., Fear of falling and low self-efficacy: A cause of dependence in elderly persons, *Journal of Gerontology*, Vol. 48, 1993, 35-38
- Tinetti, M. E., Mendes de Leon, C. F., Doucette, J.T. & Baker D. I., Fear of Falling and Fall-Related Efficacy in Relationship to Functioning Among Community-Living Elders, *Journal of Gerontology*, Vol. 49 3, 1994, 140-147
- 厚生労働省、運動器の機能向上マニュアル改訂版、<https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1d.pdf>、2020年5月29日閲覧
- WHO, Global Report on Falls Prevention in Older Age, World Health Organization, 2008, 4-6

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hiroko Noto, Kohei Kajiwara, Satoshi Muraki
2. 発表標題 The Relation among Physical Sensations, Body Function and Fall History of the Elderly Living at Home
3. 学会等名 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 能登裕子、村木里志
2. 発表標題 加齢に伴う身体感覚の変化を踏まえた日常生活動作モニターの可能性評価
3. 学会等名 日本人間工学会第60回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村木 里志 (Muraki Satoshi) (70300473)	九州大学・芸術工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	梶原 弘平 (Kajiwara Kohei) (10437626)	広島大学・医系科学研究科(保)・助教 (15401)	