

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 18 日現在

機関番号：13901

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26882024

研究課題名(和文) 高齢糖尿病患者における転倒発生メカニズムの解明に向けた研究

研究課題名(英文) Investigation of fall mechanism in older adults with diabetes mellitus

研究代表者

上村 一貴 (Uemura, Kazuki)

名古屋大学・未来社会創造機構・特任助教

研究者番号：50735404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、赤外線レーザーを用いた動作解析システムにより動き始めを測定し、転倒リスクおよび糖尿病と姿勢調節能力との関連性を検討した。その結果、転倒群では認知的負荷を伴う課題において動き始めの反応時間が遅延しており、糖尿病を有する場合にその差が顕著であった。高齢糖尿病患者の転倒リスクは、動作場面において認知機能が要求された際に検出されやすく、動き始めに着目した評価が有効となる可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The present study examined the relationship between the risk of falling, diabetes mellitus (DM) and postural control deficits in older adults by means of step-tracking device that uses an infrared laser sensor. In results, fallers showed significantly slower response time in step initiation task with cognitive load than non-fallers. Furthermore, fallers with DM showed significantly prolonged response time than those without DM. Analysis of movement initiation with cognitive load during can expose the risk of falling in older adults with DM.

研究分野：応用健康科学

キーワード：転倒 糖尿病 姿勢調節 歩行開始 認知機能

### 1. 研究開始当初の背景

高齢者の転倒・骨折は、脳卒中や認知症とともに要介護を引き起こす主要因のワースト5に入っており、全体の10.2%を占める(2010年厚生労働省)。転倒予防は、世界で最も高齢化が進行した我が国の、医療政策における喫緊の課題の一つであると言える。転倒発生には、内・外的要因を含め多因子による影響が示唆されているが、中でも姿勢調節能力の低下の寄与が大きいことは国際的にも共通した認識となっている(Sherrington C, et al., J Am Geriatr Soc 2008)。

糖尿病を有することで、高齢者の転倒による骨折のリスクは2.8倍になることが報告されており(Pinheiro MM, et al., Osteoporos Int 2009)、血糖コントロール不良や末梢神経障害のような特有の合併症の存在が関連していると考えられている。我が国の70歳以上における糖尿病患者は、予備群も含めると約900万人(同年齢層の約4割)にも及ぶと推計される(2012年厚生労働省)。糖尿病患者では骨代謝異常によって、転倒に骨折等の外傷を伴うリスクが高く、重症化しやすいことから(Yau RK, et al., Diabetes Care 2013)、転倒予防の重要性は非常に高いと言えるが、糖尿病における転倒の発生機序に一定のコンセンサスは得られていない。運動療法は糖尿病治療の主軸とも言えるが、身体活動に伴う転倒・骨折の危険についての認識は医療従事者の間でも十分ではなく、リスクの把握に有効なアセスメントや予防的介入方法は明らかでない。

高齢糖尿病患者の転倒予防において、高齢糖尿病患者の姿勢調節能力の特徴が明らかになっておらず、転倒リスク関連要因の包括的検討が行われていないことが問題点として挙げられる。申請者は、一般高齢者を対象とし、転倒ハイリスク者の鑑別を目的に、定常歩行よりも複雑な姿勢調節を要する「動き始め」に着目して研究を行ってきた。動き始めの重心制御能力を示す指標を床反力計により分析した結果、転倒者では定常歩行に差がない場合でも、歩行開始能力が特異的に低下していることを明らかにした(Uemura K, et al., J Gerontol A Bio Sci Med Sci 2011)。さらに、申請者は健康者を対象に、動き始めにおける体重移動方向の判断エラーを検出・分析する方法を考案し、潜在的な判断の誤りにより、重心の動揺や咄嗟の踏み出しの遅れ、ひいては転倒につながる可能性を示している(Uemura K, et al., Gait Posture 2013)。このように動き始めには重心制御の安定性、速度、判断力など動作場面における重要な要素が凝縮されており、詳細な分析により、高い感度で転倒リスクを評価できる可能性がある。また、糖尿病患者では認知機能の低下を生じやすいことから、定常的な歩行に比べて、中枢神経系による複雑な制御を要する歩行開始の姿勢調節能力が低下しやすく、動き始めの動作分析が転倒リスク評価としてより有効

となることが予想された。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、高齢糖尿病患者の転倒発生メカニズムの解明に向け、動き始めに着目した動作分析を行うことで、転倒リスクおよび糖尿病と関連の強い姿勢調節の特徴を明らかにすることである。高齢糖尿病患者の姿勢調節能力低下を詳細に解明することは、転倒予防を目的とした新たなリスク評価の指標やリハビリテーションプログラムを開発する上でも、非常に重要な課題となる。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象

本研究の対象は、65歳以上の地域在住高齢者452名(平均年齢72.4±4.7歳、男性242名)とした。除外基準は、認知症、脳卒中、パーキンソン病などの神経疾患、顕著な視覚障害を有しているものとした。対象者には研究内容について説明を行った上で、書面にて同意を得た。

#### (2) 実験プロトコル

実験では、測量等の領域で用いられる赤外線レーザーを利用した光学機器：レーザーレンジファインダー(LRF)を応用した動作解析システム(Step+, 日本シューター)を用いて、動き始めの時間的・空間的指標および正確性を測定した(図1)。

課題は十字に並べた5つの30cm四方のマスの中央に静止立位した状態から開始した。前方にPCを設置し、画面に動作開始(方向)を指示する視覚刺激を提示した。PC画面に矢印が表示されたら、できるだけ早くその方向のマス内に両脚とも正確に移動し、その後再び中央のマスに戻るよう指示をした。杖などの歩行補助具は使用せず、裸足にて測定を実施した。課題は前後左右の4方向をランダムに2回ずつ、計8施行を連続して行った。矢印の向き方向に踏み出す順方向課題、および反対方向に踏み出す逆方向課題の2条件においてステップ動作を分析した。

また、過去1年間の転倒経験(1回以上)の有無、糖尿病の診断および服薬の有無について問診を行い、対象者のグループ分けを行った。

#### (3) データ解析

LRFにより、指示時刻、第一脚離地時刻、第一脚接地時刻を感知し、時間的指標として指示時刻から第一脚離地時刻までの時間n(反応時間)、指示時刻から第一脚接地時刻までの時間(ステップ動作時間)の各条件(8試行)の平均値を算出した。また、空間的指標として第一脚の歩幅を、正確性の指標として各条件の正答率を算出した。なお、LRFによる動作解析システムの信頼性・妥当性については検証済である(Matsumura T, et al., J Neuroeng Rehabil 2013)。

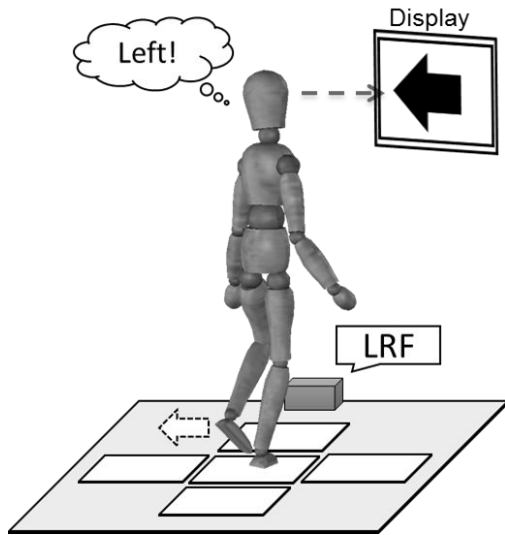


図1 動き始めの実験風景

(4) 統計解析

統計解析ソフトウェアには、SPSS ver19 (SPSS Inc, Chicago, IL)を用いた。過去1年間の転倒経験の有無により群分けを行い、各測定指標について対応のないt検定または $X^2$ 検定を用いて比較を行った。さらに、転倒と糖尿病の有無を二要因とした二元配置分散分析を行った。本研究では、医師による糖尿病の診断があり、かつ治療薬を服用している場合を糖尿病ありとして分類した。二要因の間に有意な交互作用がみられた場合には、Bonferroni法を用いて多重比較検定を行った。有意水準は、5%とした。

4. 研究成果

過去1年間の転倒経験の有無により群間比較を行ったところ、年齢、性別、身長、体重Body Mass Index (BMI)などの基本属性に有意差はみられなかった。

動き始めの指標では、転倒群(123名)では非転倒群(329名)に比べて、逆方向課題における反応時間( $p<0.01$ )、およびステップ時間( $p<0.05$ )が有意に遅延していた。順方向課題における反応時間、ステップ時間、歩幅、正答率、および逆方向課題における歩幅、正答率に有意な差はみられなかった。

さらに、転倒と糖尿病の有無を二要因とした二元配置分散分析を行ったところ、逆方向課題の反応時間に有意な交互作用がみられた( $p<0.05$ ,  $F=4.5$ ; 図2)。多重比較の結果、非糖尿病患者、糖尿病のいずれにおいても、転倒者で反応時間が遅延していたが、特に糖尿病で遅延が大きかった。また、逆方向課題のステップ時間にも有意な交互作用がみられた( $p<0.05$ ,  $F=4.6$ ; 図3)。多重比較の結果、糖尿病ありの群でのみ、転倒群で非転倒群に比較して有意な遅延がみられた。すなわち、糖尿病と転倒経験の両方を有している高齢

者で特異的に反応時間とステップ時間に遅延がみられた。

表1 転倒の有無による比較の結果

	非転倒者 n=329	転倒者 n=123	p 値
年齢 (歳)	72.2 ± 4.5 (66 - 85)	73.0 ± 5.1 (66 - 85)	0.12
性別 (男:女)	184:145	58:65	0.09a
身長 (m)	1.57 ± 8.3	1.56 ± 8.5	0.19
体重 (kg)	56.7 ± 9.3	56.7 ± 10.1	0.95
BMI	22.8 ± 2.8	23.1 ± 3.2	0.34
順方向条件			
反応時間(s)	0.78 ± 0.13	0.79 ± 0.13	0.17
ステップ時間(s)	1.32 ± 0.19	1.33 ± 0.15	0.69
歩幅	0.29 ± 0.16	0.29 ± 0.19	0.67
正答率(%)	97.8 ± 4.9	96.9 ± 6.4	0.13
逆方向条件			
反応時間(s)	0.97 ± 0.17	1.03 ± 0.20	<0.01
ステップ時間(s)	1.51 ± 0.19	1.56 ± 0.22	0.02
歩幅	0.29 ± 0.23	0.29 ± 0.23	0.52
正答率(%)	93.8 ± 8.7	92.7 ± 9.9	0.27

平均値 ± 標準偏差,  
対応のないt検定または $X^2$ 検定(a)

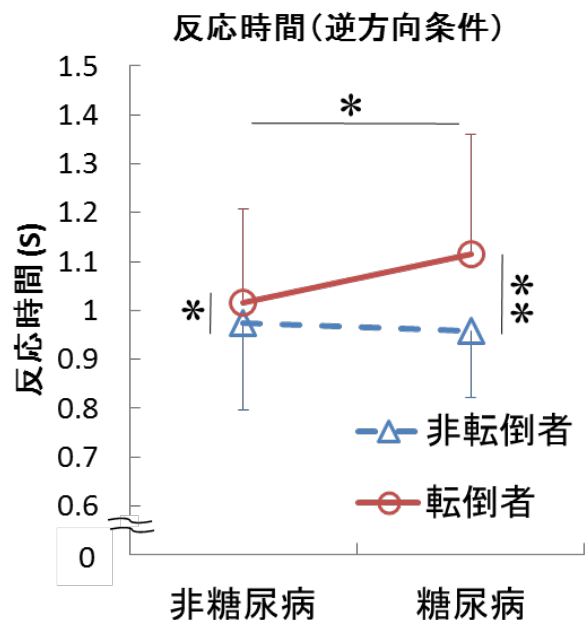


図2 動き始めの反応時間に対する転倒および糖尿病の影響 (\*: $p<0.05$ , \*\*: $p<0.01$ )

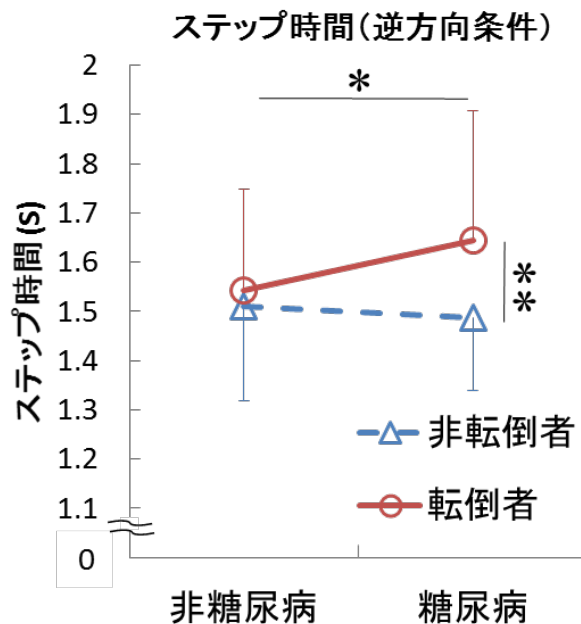


図3 動き始めのステップ時間に対する転倒および糖尿病の影響 (\*:p<0.05, \*\*:p<0.01)

以上の結果より、転倒リスクの高い高齢糖尿病患者では、認知的負荷の加わった動き始めの課題において、特異的な反応時間およびステップ時間の遅延が生じることが明らかとなった。順方向課題では差がみられなかったにもかかわらず、逆方向課題でのみ有意な差が生じた点は注目すべき点である。高齢糖尿病患者の転倒リスクを評価する際は、歩行速度や筋力などの身体機能パフォーマンスの要素のみでなく、認知的要素を取り入れることが重要と考えられた。一方で、ステップ方向の正答率や空間的指標である歩幅については有意な差がみられなかった。

本研究の実験において用いた認知課題は、矢印の示す向きと逆方向を選択するという、遂行機能、とりわけ抑制機能を要求するものとした。抑制機能は、特定の情報あるいは動作に注意を集中し、その他の感覚入力や反応を除外する機能であり、認知機能の領域のうち、特に高齢者の転倒とのかかわりが強いとされる(Herman T, et al., J Gerontol A Bio Sci Med Sci 2010)。抑制機能を要求する課題により、動作開始時の選択/抑制の認知的過程に特異的な負荷が加わったことで、糖尿病高齢者の潜在的な転倒リスクを顕在化することが可能となったものと考えられる。

本研究では、実験室で用いられる一般的な動作解析装置や床反力計ではなく、比較的簡単に評価が可能な、LRFを応用した動作解析システムにより、高齢糖尿病患者の転倒リスクを検出できることを示した。この装置は、専門的な知識・技術がない場合でも、動き始めの時間的・空間的指標を算出可能であり、持ち運び可能である。また、課題の設定も比較的自由にできることから、フィールド調査や臨床現場で広く応用されることが期待される。

る。本研究では、基本的な動作課題・認知課題を用いて転倒リスクとの関連性を調べたが、複数課題環境下での動作など異なる実験デザインを設定して測定を行うことで、高齢糖尿病患者の姿勢調節能力の特徴や転倒発生メカニズムを詳細に検証していく必要がある。

本研究の結果、高齢糖尿病患者の転倒リスクは、動作場面において抑制機能などの認知機能が要求された際に検出されやすく、中枢神経系による複雑な制御を要する動作開始に着目した分析がリスク評価として有効となる可能性が示唆された。これまで糖尿病と転倒リスクの関連の検討が疫学的調査研究に留まっていたのに対して、本研究では詳細な動作分析を導入した点が独創的であると言え、糖尿病による転倒リスク増加の本質的な原因の解明につながるものと考えられる。今後は、高齢糖尿病患者の転倒予防に有効なトレーニングプログラムの開発・効果検証などを実施していく必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

Uemura K, Haruta M, Uchiyama Y: Age differences in reactive strategies and execution time during choice stepping with visual interference. Eur J Appl Physiol 2016. May;116(5):1053-62. (査読あり)

Uemura K, Hasegawa T, Tougou H, Shuhei T, Uchiyama Y: Analysis of Choice Stepping with Visual Interference Can Detect Prolonged Postural Preparation in Older Adults with Mild Cognitive Impairment at High Risk of Falling. Dement Geriatr Cogn Disord 2015, 40(1-2):13-21. (査読あり)

Uemura K, Shimada H, Makizako H, Doi T, Tsutsumimoto K, Lee S, Umegaki H, Kuzuya M, Suzuki T: Effects of Mild Cognitive Impairment on the Development of Fear of Falling in Older Adults: A Prospective Cohort Study. J Am Med Dir Assoc 2015, 16(12):1104 e1109-1113. (査読あり)

[学会発表](計 1 件)

上村一貴. 「認知的過程に着目したステップ反応動作の分析 -転倒リスク評価の開発に向けて-」. 第50回理学療法学会大会(招待講演)シンポジウム(基礎理学療法の新たな可能性—若手研究者(U39)による最先端研究紹介—). 2015年6月6日. 東京国際フォーラム(東京都・千代田区)

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

上村 一貴 (UEMURA, Kazuki)  
名古屋大学・未来社会創造機構・特任助教  
研究者番号：50735404