

平成26年11月26日

高齢者の転倒危険度を評価する計測システムの開発

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻（リハビリテーション科学コース／青山朋樹准教授）、筑波大学大学院人間総合科学研究科生涯発達専攻（リハビリテーション科学領域／山田 実准教授）および慶應義塾大学工学部システムデザイン工学科（高橋正樹准教授）らによる研究グループは、高齢者の日常生活自立度低下（寝たきり化）につながる転倒事故の抑止のため、被験者の転倒リスクを評価して転倒予防の意識啓発を促す計測システムを開発した。システムは、村田機械株式会社（本社：京都市伏見区竹田向代町 136 代表取締役社長：村田大介）が製品化し、同社グループ会社の株式会社日本シューター（本社：東京都千代田区 代表取締役社長：新井秀明）より『STEP+』（ステップ プラス）の製品名で、平成26年12月（出荷は平成27年1月）より全国の医療・介護施設などへ販売される。

研究の概要

本システムは、足を前後左右に踏み出すなどのテスト方法により被測定者の身体機能を計測し、測定結果を転倒リスクとの関連性に結び付けて評価するもの。

高齢者の転倒事故による外傷や脳疾患を要因とする寝たきり化が大きな社会問題となり、医療業界、介護・福祉業界や公共団体等でも転倒予防に取り組む風潮が高まっているものの、客観的な評価指標がなく、転倒予防に取り組む事業者などからの要望が高まっている。

簡便な測定方法で身体機能を評価できるよう、下記の方面から研究を行った。

1) 身体機能と転倒リスクの関連性についての研究

これまで高齢者の転倒の発生には運動機能低下（主として筋力低下やバランス機能低下）が関連すると考えられてきた。しかしながら、1997年に『歩行中に話しかけられると立ち止まってしまう高齢者では、その後の転倒発生リスクが高まる』という研究報告がなされ、その後は転倒には単純な運動機能低下だけでなく、中枢神経系の機能も絡めた複雑な機能低下が関与しているとの考え方が広まってきた。さらに、二つの課題を同時に処理する機能を二重課題（デュアルタスク）処理能力というが、近年ではこの機能低下が転倒を惹起する要因となっているという仮説が注目されている。これまでの研究によって、このような機能が低下している高齢者では、その後に転倒しやすいことや、適切なトレーニング（二重課題処理能力向上トレーニング）によってこれらの機能向上効果が得られることなどが明らかになっている。また、特徴的な点は、全ての高齢者にこのような現象が該当するのではなく、比較的元気な高齢者にはこのような現象が当てはまる一方で、いわゆる虚弱な高齢者では二重課題処理能力よりも筋力低下の方が強く転倒発生に関与していることもこれまでの研究から明らかにしている。

これまで、二重課題処理能力の測定には、『100 から 1 ずつ減算しながら歩行する』といった課題や、『お皿の上にボールを載せてボールを落とさないように歩行する』といったアナログな測定方法が用いられてきた。このような方法であっても、再現性、妥当性は担保されているが、詳細な定量的評価という点においては十分とは言えない。そこで、我々は定量的に二重課題処理能力を測定するというコンセプトの基に、転倒発生リスクを評価するための機器を考案した。

2) 運動機能測定装置の開発 (足位置計測のアルゴリズム)

本装置は PC の画面上に前後左右のいずれかの方向を示す矢印が表示され、その指示に従って被験者が移動する際の足の動きを LRF (レーザ・レンジ・ファインダ) を用いて測定するものである。LRF は周囲 180 度、約 4 m の範囲の距離情報を取得するセンサで、床から高さ 15 cm、足のすねの位置を計測し、計測された距離情報についてパターン認識を行うことで被測定者の左右の足の位置を取得している。また、各足の支持脚期、遊脚期を考慮した追跡技術を開発することで、足を見失うことなく、左右の足の位置及び移動速度の情報を連続的に計測可能なアルゴリズムを開発した。

この技術を用いることで、PC の画面上に移動する方向を示す矢印が表示されてから、被測定者が動き始めるまでの反応時間、両足の移動距離と移動が完了するまでの時間を計測し、被測定者が正しく両足を移動できたかを瞬時に判定することが可能である。当該分野で一般的に用いられる計測機器である床反力計や 3 次元動作解析装置の計測結果と比較することで、開発したアルゴリズムの妥当性を検証した。

3) 地域在住高齢者を対象にした計測システムの実証研究

本計測システムにおいて計測された計測結果が、転倒のリスク評価として有用となりうるのかを検証した。地域在住高齢者 152 名を対象に計測を行い、得られた測定結果 (複数のパラメーター) より転倒者と非転倒者を分類するための回帰式を作成した。この回帰式より得られた値をとって、本機器のスコアに反映させた。転倒リスク得点は認知機能や運動機能といった、従来の転倒リスクとも関連しており、様々な機能を複合的に判定する指標となりうることも示唆されている。なお、この転倒リスク得点は、他の高齢対象者に対して実施しても転倒の識別に有用であることを確認している (外的妥当性)。

研究成果の実用化

上述の研究成果に基づき、村田機械株式会社の研究開発部門にて本システムの製品化を行った。

本計測システムは測定装置本体、計測時の基準として設置するポール、マット、PC (ソフトウェアのみ提供) で構成される。本計測システムでは、「小型、軽量で持ち運びやすい」をコンセプトに、どこでも手軽に転倒危険度を測定できることを目指した。足位置の計測にこれまで用いられてきた床反力計や 3 次元動作解析装置では、装置自体が重く持ち運びが難しい、測定のための準備に時間がかかる、といった課題があったが、本計測システムは測定機本体重量は 2.5kg と軽量で、付属品一式を収納ケース (段ボール製: 大きさ 1025 mm×373 mm×38 mm) に収納して持ち運びが可能である。また設置も容易で、マット (大きさ 1000 mm×1600 mm) を敷くことができる平らな床があればどこでもすぐに計測システムを構築できるところが特徴である。

各構成部品の設計においても、被測定者の不意の転倒に配慮し、樹脂製ポールを採用。マットは

めくれあがって測定者が転倒することのないよう四隅を丸くカットし、視認性の良いコントラストとするなど、安全に考慮したデザイン・材質を採用した。PCの表示画面には大きな文字やイラストを用い、高齢者にも直感的に分かりやすいデザインとした。

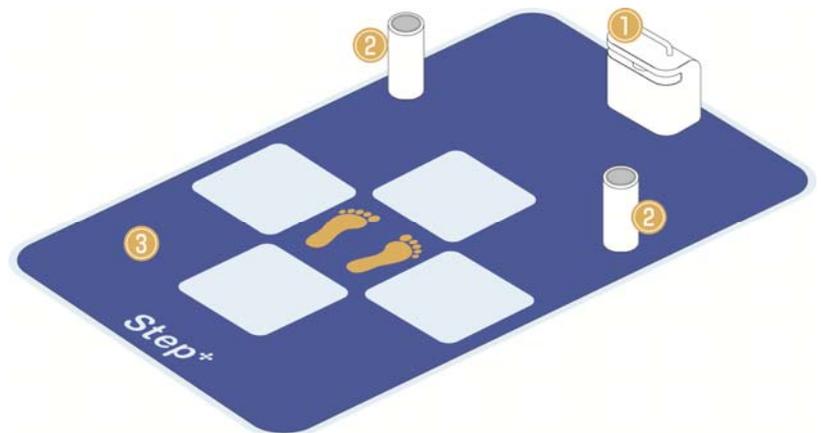
なお、本装置に使われる LRF は同社の産業用搬送機器製品に用いられているものをベースに、家庭環境でも使用可能な電磁波障害試験基準をクリアするよう再設計したものである。また、本計測システムで実装されている足位置計測アルゴリズムは、実際に介護施設や高齢者の健康イベント等でデモンストレーションを実施し様々な被験者の足の動きをデータとして収集し、開発当初には想定していなかった高齢者独特の足の動きにも対応可能となるよう改良を重ねてきた。

製品としての本システムは、「転倒危険度評価システム『STEP+ (ステッププラス)』」という製品名で株式会社日本シューターより販売される予定。導入が期待されるのは、高齢者の転倒予防に取り組む医療・介護施設や、各区市町村の地域包括支援センターなどで、常設利用または健康関連行事などでの一時的利用が見込まれている。

「STEP +」の製品詳細

【製品構成】

- ・ 測定器本体 (①)
- ・ ポール (2本) (②)
- ・ マット (③)
- ・ 計測ソフト、測定結果表示ソフト
(PC・プリンタを導入者側で用意)



【測定方法】

1) 片足立ち測定

被測定者はマットの中心に立ち、左右それぞれの足を支持脚として片足立ちを実施し、その持続時間を計測する。2) の転倒リスク評価において、測定基準を満たすかどうかのスクリーニングにもこの機能を使用する。

2) 運動器機能測定・転倒リスク評価

被測定者の体位に向き合うよう設置された PC 画面に表示される、前後・左右のいずれかの方向を示す矢印の向きに合わせて両足を移動するという課題と、表示される矢印と逆の方向に移動する課題を実施し、両課題での正答率と反応時間を元に運動器の機能を測定する。転倒リスクの評価結果のレポートが PC に出力される。

3) 転倒予防トレーニング

2) の測定方法を、転倒予防につながるトレーニングに応用することも可能。