

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11442

研究課題名（和文）転倒回避動作を伴う「とっさの一步」誘発装置の開発

研究課題名（英文）Development of a stepping strategy measuring instrument

研究代表者

檜皮 貴子（HIWA, TAKAKO）

新潟大学・人文社会科学系・准教授

研究者番号：50463948

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：転倒回避の発生運動学的な視点に立ち、足元のボードを傾けることで転倒時のような姿勢を作り出し、「とっさの一步」を誘発する「転倒誘発装置」を開発した。40名の大学生と20名の小学生を対象に、転倒誘発装置で算出できる3つの測定値と転倒予防と関連の深い体力・バランス能力測定値との相関関係を検討した。その結果、「離床反応時間」と「踏み出し距離」、「脚の移動速度」の3つの値は、転倒歴や転倒リスクを評価している値との有意な相関が明らかになった。そのため、転倒予防研究では既存の測定法に加えて、本研究で考案した装置を用いることで、実際の転倒状況に近い動作で転倒を回避できる能力を評価できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

転倒誘発装置で算出できる測定値と転倒予防と関連の深い体力・バランス能力測定値との相関より、大学生と児童で傾向は異なったものの、離床反応時間と踏み出し距離、脚の移動速度の3つの値は、転倒歴や転倒リスクを評価している測定値との有意な相関が示された。転倒予防分野の研究では、転倒回避動作との類縁性に着目した測定法の研究は進んでいないのが現状であるため、本研究で検討した転倒誘発装置は踏み出し戦略(Stepping strategy)を測定できる新たな測定法と言え、学術的意義は大変高いと考える。同時に、転倒によるけがは少子高齢化問題を抱える現代社会で解決すべき課題であるため、社会的意義も高いと言える。

研究成果の概要（英文）：We developed a device to induce stepping strategy by tilting a foot board, and examined the correlation between three measurements calculated by the fall induction device and measures of physical strength and balance ability, which are closely related to fall prevention, in 40 university students and 20 elementary school students. The results revealed that the three values of "time to leave the bed", "stepping distance", and "leg movement speed" had significant correlations with the values assessing the history of falls and the risk of falling. Therefore, it was shown that the device devised in this study, in addition to existing measurement methods, may be used to evaluate the ability to avoid falls with movements that are similar to actual fall situations.

研究分野：健康福祉

キーワード：転倒誘発装置 踏み出し戦略 離床反応時間 踏み出し距離 脚の移動速度 転倒予防

1. 研究開始当初の背景

高齢者の場合は、つまずいたり、滑った後に次の対応ができず転倒し、大腿骨頸部骨折等の重篤なけがに繋がる恐れがあるため、人々の「転倒によるけが」は予防すべき事象である。転倒とは、「重心を通る鉛直線が支持基底面を外れると重力を支えるものがなくなるため」、「今までその人を支持していなかった体の部分が床などの支持面と接触する」ことである（大築，1988）。具体的な転倒回避動作の1つとして、身体重心を通る鉛直線が支持基底面から外れた後、脚を踏み出し新たな支持基底面を作り、その中に重心を収めることが考えられる。すなわち、バランスを崩した際に、しっかりと脚を踏み出す動作は、重要な転倒予防の観点と言える。しかしながら、転倒予防分野の研究では、転倒回避動作との類縁性に着目した研究は進んでいないのが現状である。そのため、研究代表者は、転倒回避の発生運動学的な視点に立ち、足元のボードを傾けることで転倒時のような前倒姿勢を作り、「とっさの一步」を誘発する「転倒誘発装置」を開発した。

加えて、転倒予防への取り組みは、いまや高齢者のみの課題ではない。1970年代にすでに正木（1979）は子どもたちの「ころんでも手が出ないからだのおかしさ」について言及していた。現在においても、児童の負傷調査では、休憩時間中に顔部や頭部を挫傷、打撲する危険なけがの報告が多くなされ、その原因に転倒も挙げられている（日本スポーツ振興センター，2018）。さらに長谷川ら（2008）は、学校管理下における児童生徒の障害事故は減少傾向にあるが、運動や身のこなし方の未熟さが障害事故に結びついた事例があると述べている。小学校学習指導要領解説体育編（文部科学省，2017）の「体づくり運動」領域では「多様な動きをつくる運動（遊び）」（小学第1学年～第4学年）が含まれ、児童期の子どもたちの身のこなしを高めることは重要な体育的課題と言える。しかし、子どもたちの転倒回避能力を高めて転倒を予防していく実践研究はなされてこなかったのが現状である。

以上より、転倒回避動作である「とっさの一步」を導く「転倒誘発装置装置」の開発・検討は、転倒による大きなケガを未然に防ぐことにつながるため、少子高齢化問題を抱える現代社会で解決すべき学術的課題であると考えた。

2. 研究の目的

本研究は、考案した転倒誘発装置で算出できる3つのデータと既存の体力・バランス能力測定値との関係を明らかにし、本測定装置の転倒予防研究における有用性について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

3-1. 転倒誘発装置の説明

転倒誘発装置には、3つのスイッチと調整機、歩幅測定器を装備し（図1）、これらの機器から算出される「①離床反応時間」と「②踏み出し距離」、「③脚の移動速度」の3つの値を本研究で検討する値とした（図2）。

「離床反応時間」は、パッドスイッチに傾いたボードが接触してから足がステップスイッチを離れるまでの時間。「踏み出し距離」は、足首につけた紐が伸びた距離。「脚の移動速度」を算出するためには、まず踏み出し所要時間を測定した。踏み出し所要時間は、足がステップ



図1 転倒誘発装置の整備品

スイッチを離れてからマットスイッチに着くまでの時間。そして、脚の移動速度は、踏み出し距離を踏み出し所要時間で割った値とした。

研究 1: 大学生を対象にした測定
3-2-1. 対象者

対象者は健康な大学生 40 名 (21.1±1.6 歳) であった。男女

の内訳は、男性 20 名 (21.5±1.3 歳, 172.1±6.2cm, 63.9±7.4kg), 女性 20 名 (20.6±1.8 歳, 160.5±4.6cm, 54.6±6.9kg) であった。

3-2-2. 測定項目

①転倒誘発装置の測定, ②開眼・閉眼片脚立ち, ③長座体前屈, ④握力, ⑤FR, ⑥10m 全力歩行, ⑦TUG, ⑧最大一步幅, ⑨足指筋力, ⑩足圧中心測定 (開・閉眼両足 60 秒) の 10 項目であった。

3-2-3. 統計処理

統計処理は、正規性の検定を実施し、正規分布しているデータは Pearson の積率相関係数、正規分布していないデータは Spearman の順位相関係数を用いた。有意水準は 5% とした。

研究 2: 小学校中学年を対象とした測定

3-3-1. 対象者

対象者は健康な中学年児童 20 名 (134.0±6.5cm, 30.4±6.8kg) であった。男女の内訳は、男児 12 名 (135.0±4.8cm, 32.0±7.3kg), 女児 8 名 (132.6±8.6cm, 28.0±5.3kg) であった。

3-3-2. 測定項目

①転倒誘発装置の測定, ②開眼片脚立ち, ③長座体前屈, ④反復横とび, ⑤上体起こしの 5 項目であった。

3-3-3. 統計処理

統計処理は、正規性の検定を実施し、正規分布しているデータは Pearson の積率相関係数、正規分布していないデータは Spearman の順位相関係数を用いた。有意水準は 5% とした。

4. 研究成果

研究 1

<結果>

離床反応時間と開眼両脚立ちの外周面積に有意な正の相関が示された ($r = 0.315, p = 0.048$)。外周面積が大きいほど反応時間が遅くなることがわかった (表 1)。

脚の移動速度と右手握力, 左手握力, 最大一步幅, 左足足指筋力に有意な正の相関が示された。さらに, 10m 全力歩行には有意な負の相関が示された (表 2)。

次に踏み出し距離と右手握力に有意な正の相関 ($r = 0.349, p = 0.027$, 図 3), 開眼両脚立ちの総軌跡長に有意な負の相関 ($r = -0.322, p = 0.043$) が示された。

<考察>

離床反応時間と踏み出し距離において、開眼両脚立ちでの平衡能との相関が示された。このこと

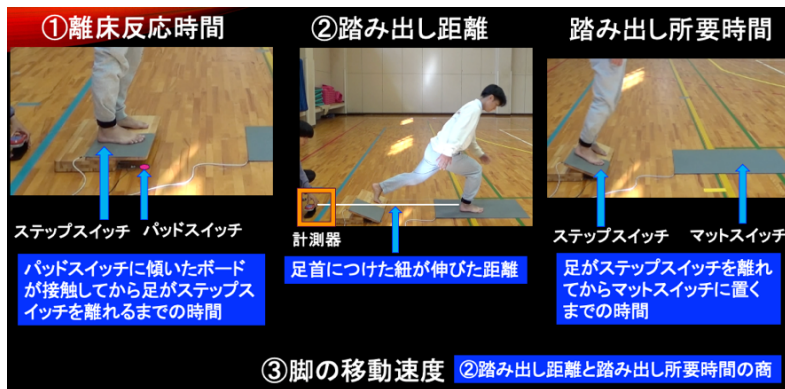


図 2 転倒誘発装置における値の算出方法

より、本測定において立位姿勢で前方へ倒れる時や脚を前方に踏み出す時には、転倒を回避するためにバランスをとる動作が深く関係しているものと考えられた。

また、転倒歴と握力には関連を有すると示されている研究が多く(小野田ら, 2019; P. A. Stalenhoef et al., 2002), 本研究においても、踏み出し距離と右手握力, 脚の移動速度と左右の握力に正の相関が示された。全身筋力を間接的に評価する握力と本

装置における測定値に相関が示されたことより、転倒誘発装置は、転倒予防や運動介入効果の検証に貢献できるものと考えられる。

最大一步幅や 10m 全力歩行などの移動能力と脚の移動速度にも相関が認められた。転倒群が非転倒群よりも最大一步幅や歩行速度が有意に低かった報告(村田ほか, 2005)があることから、転倒誘発装置も転倒リスクが高い者ほど、踏み出し速度が低下する可能性が推察された。

左足足指筋力と脚の踏み出し速度にも正の相関が認められた。足指筋力においても転倒リスクとの相関が示されており(河相ほか, 2020), 転倒回避動作を伴う本測定の脚の移動速度の値で、転倒リスクを推測できる可能性が示された。

研究 2

<結果>

小学校中学年の児童 20 名を対象に、転倒誘発装置での測定と体力・運動能力測定(開眼片脚立ち, 反復横とび, 上体起こし, 長座体前屈)を実施させた。転倒誘発装置と体力測定値の相関について分析した結果を表 3 に示した。

離床反応時間と上体起こしに有意な負の相関が認められた ($r = -0.596$, $p = 0.006$)。

<考察>

児童の場合は、研究 1 の大学生と傾向が異なり、脚の移動速度と踏み出し距離には、体力測定値

表 1 離床反応時間と各測定の相関

	相関係数	p値
閉眼片足立ち	-0.082	0.616
長座体前屈	0.089	0.584
握力(右)	-0.122	0.452
握力(左)	-0.137	0.401
FR	-0.029	0.860
10m全力歩行	0.061	0.707
TUG	0.095	0.560
最大一步幅	0.019	0.907
足指筋力(右)	0.022	0.891
足指筋力(左)	0.078	0.633
開眼総軌跡長(cm)	0.159	0.327
開眼外周面積(cm ²)	0.315	0.048*
閉眼総軌跡長(cm)	0.151	0.353
閉眼外周面積(cm ²)	0.214	0.185

表 2 脚の移動速度と各測定の相関

	相関係数	p値
閉眼片足立ち	-0.470	0.773
長座体前屈	0.213	0.187
握力(右)	0.379	0.016*
握力(左)	0.325	0.003**
FR	0.194	0.083
10m全力歩行	-0.317	0.046*
TUG	-0.173	0.284
最大一步幅	0.336	0.034*
足指筋力(右)	0.261	0.103
足指筋力(左)	0.343	0.030*
開眼総軌跡長(cm)	-0.152	0.349
開眼外周面積(cm ²)	-0.095	0.559
閉眼総軌跡長(cm)	-0.460	0.776
閉眼外周面積(cm ²)	0.238	0.140

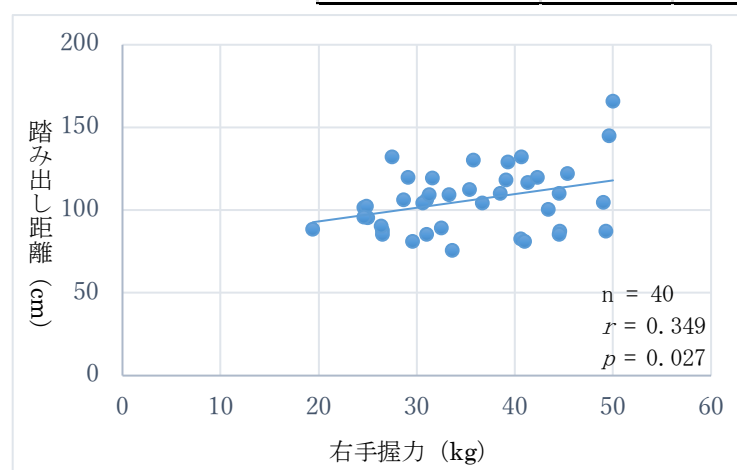


図 3 踏み出し距離と右手握力の相関図

との相関関係が認められなかった。一方で、離床反応時間と上体起こしに相関が認められた。上体起こしは全身筋力を測定する項目である。前方へ倒れゆく身体を保持しながら転倒しないように素早くボードから足を離す動作には、上体起こしで発揮するよ

表 3 転倒誘発装置の値と体力測定値の関係

	離床反応時間		脚の移動速度		踏み出し距離	
	相関係数	p値	相関係数	p値	相関係数	p値
開眼片脚立ち	0.099	0.971	0.136	0.569	-0.306	0.189
反復横とび	0.035	0.883	0.163	0.491	-0.221	0.35
上体起こし	-0.596	0.006**	0.405	0.076	0.02	0.932
長座体前屈	-0.135	0.571	0.155	0.514	0.074	0.756

うな全身の筋力を対象児童は要したものと考えられた。大学生を対象に実施した研究1において、離床反応時間には開眼両脚立ちとの相関が示されたため、大学生と児童では異なる傾向を示したことが明らかになった。

研究全体の結論

転倒回避動作との類縁性に配慮した「とっさの一步」誘発する転倒誘発装置で算出できる測定値と転倒予防と関連の深い体力・バランス能力測定値との相関より、大学生と児童で傾向は異なったものの、離床反応時間と脚の移動速度、踏み出し距離の3つの値は、転倒歴や転倒リスクを評価している測定との有意な相関が明らかになった。そのため、転倒予防研究において、既存の測定法に加えて、本研究で検討した転倒誘発装置を用いることで、実際の転倒状況に近い動作で転倒回避能力を評価できる可能性が示唆された。

<引用文献>

- 1) 独立行政法人日本スポーツ振興センター (2018) 学校の管理下の災害 [平成 28 年度版] 平成 28 年度データ, 東京.
- 2) 長谷川 ちゆ子・堀 清和・南 哲 (2008) 学校管理下における障害事例の分析, 安全教育学研究, 8(1): 21-29.
- 3) 檜皮 貴子・菅原 知昭・長谷川 聖修 (2020) 転倒予防を目的とした小学校体育授業に関する研究: 動的バランス運動介入の効果, 日本転倒予防学会誌, 7 (1): 53-63.
- 4) 檜皮 貴子・井上 映子・松浦 稔・長谷川 聖修 (2023) 転倒回避動作を伴う「とっさの一步」誘発装置の検討: 若年者を対象として, 日本体育・スポーツ・健康学会大会第 73 回大会予稿集
- 5) 河相 てる美・中田 智子・金森 昌彦 (2020) 地域在住男性高齢者の転倒リスクに関連するロコモ評価・足趾運動機能の検討, 心身健康科学, 16 (2): 63-71.
- 6) 正木 健雄(1979) 子どもの体力. 大月書店: 東京, pp. 72-73.
- 7) 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説保健体育編. 東山書房, 京都.
- 8) 村田 伸・津田 彰・溝田 勝彦 (2005) 在宅障害高齢者の転倒に影響を及ぼす身体および認知的要因. 理学療法学, 1108.
- 9) 小野田 知夏・入山 渉・加藤 啓祐・小林 凌 (2019) フレイルの指標を基準とした握力と転倒との関係性, 関東甲信越ブロック理学療法士学会抄録集.
- 10) 大築 立志(1988) 現代の体育・スポーツ科学「たくみ」の科学. 朝倉書店: 東京, p. 97.
- 11) P.A. Stalenhoef, et al. (2002) A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study, Journal of Clinical Epidemiology, 55(11):1088-94.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 檜皮貴子 菅原知昭 長谷川聖修	4. 巻 7
2. 論文標題 転倒予防を目的とした小学校体育授業に関する研究～動的バランス運動介入の効果～	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本転倒予防学会誌	6. 最初と最後の頁 53-63
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 檜皮貴子 , 井上咲子 , 松浦稜 , 長谷川聖修
2. 発表標題 転倒回避動作を伴う「とっさの一步」誘発装置の検討：若年者を対象として
3. 学会等名 日本体育・スポーツ健康学会第73回大会
4. 発表年 2023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	長谷川 聖修 (Hasegawa Kiyonao) (10147126)	筑波大学・体育系・教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------