

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：22702

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K17995

研究課題名(和文) スマートフォンアプリを用いた歩行中の注意機能評価による効果的な転倒予防戦略

研究課題名(英文) Assessment of attentional demands during walking using the smartphone-based application

研究代表者

鈴木 智高 (SUZUKI, Tomotaka)

神奈川県立保健福祉大学・保健福祉学部・准教授

研究者番号：00576382

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)：研究代表者らは、自由に歩いている時に、簡便かつ繰り返し反応時間課題を行うことができるスマートフォンアプリケーションを開発した。このアプリを使用することによって注意需要に及ぼす歩行課題の影響を評価することができる。
研究代表者らは、歩行中に杖を使用するとさらなる注意需要の増加が生じるが、注意需要に及ぼす杖の効果は歩行安定性に依存することを明らかにした。下肢の左右非対称性が歩行中の注意需要に及ぼす影響を調べた研究では、補高による下肢の非対称制御が、歩行中の注意需要を増加させることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動機能だけでなく注意機能が低下すると転倒リスクが高くなるといわれている。この研究では歩いている時の状況がどの程度注意に負担を与えるかを簡便な方法で調べた。杖を使って歩くと、それ自体が課題となることから、注意の負担は増えた。しかし、杖が歩いている時の不安定性を減らすのに貢献していると、杖による注意への負担は増えなかった。また、脚の長さが左右異なることで、歩行が左右非対称になる状況においては、その差がわずかであっても注意への影響が生じていた。転倒リスクを高める歩行中の注意に関する知見は、転倒予防を考える上で重要なデータとなり得る。

研究成果の概要(英文)：We developed a smartphone-based application that performs a simple and repeatable reaction time task under free walking conditions. Using this application, the attentional demands of walking task can be assessed.

We found that cane use during walking requires additional attention; however, the effect of cane use on attentional demands depends on walking stability. The study investigating the effect of leg length discrepancy on attentional demands during walking suggested that the control of asymmetry in the legs from the shoe lifts increases attentional demands during walking.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：注意 歩行 転倒 反応時間

1. 研究開始当初の背景

転倒による骨折は要介護状態に至る主要因であり、転倒による負の連鎖を防ぎ健康寿命の延伸を図ることは、超高齢社会において必要不可欠である。転倒を予防するためには、転倒要因に関連した戦略が必要であるが、転倒には多くの要因が関連しているため、転倒のスクリーニングと予防戦略はいまだ確立されていない。

運動機能、歩行能力の低下が転倒リスクを高めることは明らかである一方、認知機能、特に注意機能の低下が転倒リスクに関連することが報告されている。日常生活において多くの課題を同時に遂行するためには、限られた注意資源を適切に分配する能力が必要であり、このような機能の低下が転倒を引き起こすと考えられる。

転倒リスクのスクリーニングとしては、転倒リスクの運動機能面のみを評価したものが多く、一方、注意機能面のみでの評価法だけでは転倒リスクのスクリーニングには不十分である。歩行と認知課題を同時に行う二重課題能力と転倒との関連が着目されているが、転倒リスクのスクリーニングとして有用な二重課題能力の評価法は存在しない。二重課題は運動機能と注意機能の両面を内在したものであり、歩行と認知課題のパフォーマンスは相互に影響を受けてしまう。そのため、二重課題能力を指標とした場合、転倒要因との関連が不明瞭になりやすい。

以上のことから、効果的に転倒予防を図るには、注意機能を考慮した戦略が必要であり、注意機能を含む二重課題能力を量的かつ簡便に評価する方法を確立する必要がある。

2. 研究の目的

課題中の注意機能を量的に評価するには、反応時間課題を用いた二重課題パラダイムが有用である。研究代表者は、広く臨床応用するために歩行課題中であっても簡便に反応時間課題を繰り返すことができ、注意機能を評価することができるスマートフォンアプリケーションを開発した。本研究では、開発したアプリケーションの運用実験を行い、歩行中の二重課題能力を量的に評価し、転倒リスクの評価法として有用であるかを検討した。

(1) 注意機能面における杖の使用と転倒リスクの関係を明らかにするために、歩行中の注意需要に及ぼす杖使用の影響を評価した。一本杖は最もシンプルで安価な移動補助具である。杖の使用は支持基底面を拡大させるが、転倒予防に効果があるかは明らかではない。杖は適切なタイミング、位置に制御されなければならない、これらの課題は注意需要を増加させると考えられる。そこで、杖の使用、側方に不安定な歩行環境が歩行中の注意需要に及ぼす影響を検討した。

(2) ひとの歩行は概ね左右対称性の交互運動によって遂行されるが、下肢長が左右等しいひとの割合は多くない。多くの先行研究では、身体運動学の観点から、下肢長における左右差の程度に従い、歩行運動が左右非対称なものになると報告されている。わずかな非対称性であれば代償的な身体制御によって影響を抑えることができると考えられるが、注意需要に及ぼす影響については明らかではなく、転倒リスクを増大させる要因になり得ると考えられる。そこで、本研究は下肢長の左右差に伴う非対称性が歩行中の注意需要に及ぼす影響を評価した。

3. 研究の方法

(1) 本研究は、研究代表者所属機関研究倫理審査委員会の承認後実施され、若年健常者 16 名が本研究に参加した。参加者は杖の使用経験がないものとした。歩行中の反応時間課題は開発したスマートフォンアプリケーションを用いて計測した。歩行条件は 4 条件で、1 つ目は、通常の靴で、杖を使用しない条件、2 つ目は、通常靴で杖を使用する条件、3 つ目は、側方に不安定な靴で、杖を使用しない条件、4 つ目は、不安定な靴で杖を使用する条件とした。本研究において、側方への動揺を誘発するために靴の底面が円柱状の不安定な靴を製作し、参加者らは不安定靴条件においてこれらを着用した。歩行路は、平地の直線コースとし、参加者は快適な速度を維持しながら、反応時間課題を同時に、繰り返し遂行した。杖の使用練習前後において各条件 3 セットの計測を行った。測定項目は反応時間と歩行速度とし平均を算出した。統計解析は、3 つの要因、杖、安定性、練習前後において反復測定三元配置分散分析を使用した。

(2) 本研究は、研究代表者所属機関研究倫理審査委員会の承認後実施され、直線歩行実験に 14 名、円周歩行実験に 16 名の若年健常者が本研究に参加した。補高のない一足の靴と、右足用の靴に各々 10mm、20mm、30mm、40mm の補高が施された 4 つの靴を使用した。直線歩行実験では参加者は 68.4m の平坦な廊下を歩いた。円周歩行実験では 1 周約 22.8m の円周路を右回りに 3 周歩いた。これまでと同様のプロトコルを用いて、課題中の反応時間を計測した。加えて、3 軸加速度センサを第 3 腰椎背面に貼付し、ステップ時間と体幹動揺性の指標とした。統計解析は、補高の要因と歩行路の要因による二元配置分散分析を使用した。

4. 研究成果

(1) 反応時間と歩行速度の結果を示す(図 1)。通常靴条件において杖の要因により反応時間は統計学的有意に延長した。また、杖不使用条件において不安定靴の要因により反応時間は有意に延長した。一方、両方の要因が合わさった杖使用、不安定靴条件において反応時間の更なる増

加は生じなかった。歩行速度においても類似した結果が認められ、反応時間が遅延する条件において歩行速度が低下した。本研究の結果から、杖の制御や不安定な姿勢の制御は注意需要を増加させるが、杖が安定性の向上に寄与している場合には、注意需要の増加は相殺されることが示唆された。すなわち、注意需要の全体的な変化は、移動補助具が歩行安定性に及ぼす効果に依存することが示された。広く普及している杖ではあるが、杖の不適切な使用や杖が原因の転倒も少なくない。注意機能面への増大する負荷は、危険に対する反応を困難にし、転倒リスクを増加させうる。よって、転倒予防において移動補助具の適切性は専門職に評価、フォローされるのが望ましいことが示唆された。

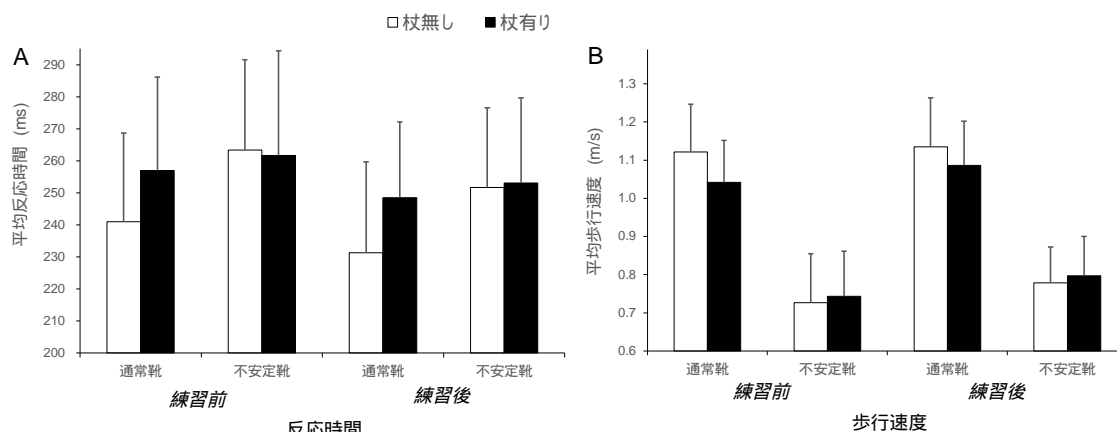


図1 反応時間と歩行速度

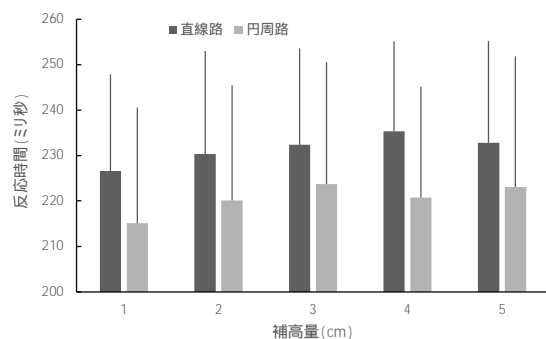


図2 反応時間

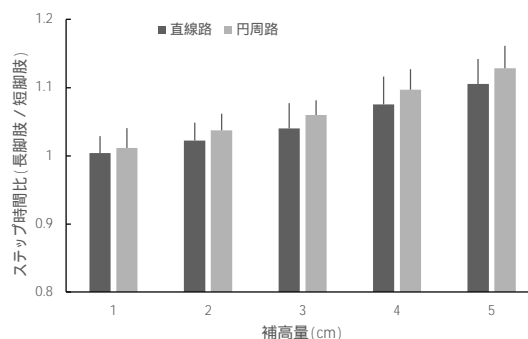


図3 ステップ時間比

(2) 下肢長の左右差が10mmであっても、歩行中の注意需要を増大させる因子であることが示された(図2)。ただし、40mmであっても反応時間の遅延は10ミリ秒も生じておらず、先行研究と比べても少ないことから、注意需要の増加量は限定的であると考えられた。加えて、歩行路によって生じる歩行の非対称性は必ずしも注意需要に影響を及ぼさないことが示された。ステップ時間に関して、補高が施された長脚肢に比べて、短脚肢のステップ時間が短縮し、ステップ時間の比が非対称になった(図3)。このステップ時間の非対称性は、補高量に応じて段階的に増大することが推察された。さらに、垂直および左右方向における体幹動揺の非対称性は、補高と歩行路の影響により増大することが示された。本研究の結果から、即時的な下肢の非対称性の制御は、歩行中の注意需要を増加させることが示唆された。しかし、左右下肢長の差が徐々になる場合、初期においては左右差を代償し、適応的な歩行を獲得している場合が考えられる。このような代償は、対称性を保つメリットがある一方で、腰痛や関節変形といった二次的な症状を誘発させるかもしれない。先行研究では、高齢者の方がより大きな脚長差への適応が困難であると示唆しており、身体機能が低下している者の場合、脚長差が注意需要に及ぼす影響は増大すると推察され、転倒リスクを増大させうるものと考えられた。

上記の研究において使用したスマートフォンアプリケーションによる反応時間計測の方法は、歩行課題の難易度に応じた注意需要の変化を明らかにすることができた。この方法は、自由な課題設定が可能であり、簡便な計測で注意需要を評価することができる。今後、歩行を伴う二重課題能力の評価や負荷量の評価、介入効果の評価といった運用が可能であり、注意機能を考慮した効果的な転倒予防戦略に寄与することが期待される。

<引用文献>

- Holtzer, R., Verghese, J., Xue, X., & Lipton, R. B. Cognitive processes related to gait velocity: Results from the Einstein Aging Study. *Neuropsychology*, 20, 2006, 215-223.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. Attentional demands for static and

dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97, 1993, 139-144.

3) Chen, H. C., Schultz, A. B., Ashton-Miller, J. A., Giordani, B., Alexander, N. B., & Guire, K. E. Stepping over obstacles: Dividing attention impairs performance of old more than young adults. *Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 51, 1996, M116-122.

4) Liu, H. H., Eaves, J., Wang, W., Womack, J., & Bullock, P. Assessment of canes used by older adults in senior living communities. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52, 2011, 299-303.

5) Stevens, J. A., Thomas, K., Teh, L., & Greenspan, A. I. Unintentional fall injuries associated with walkers and canes in older adults treated in U.S. emergency departments. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57, 2009, 1464-1469.

6) Suzuki, T., Hiraishi, M., Sugawara, K., & Higashi, T. Development of a smartphone application to measure reaction times during walking. *Gait and Posture*, 50, 2016, 217-222.

7) Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait and Posture*, 15, 2002, 195-206.

8) Kaufman K.R., Miller L.S., Sutherland D.H. Gait asymmetry in patients with limb-length inequality. *J. Pediatr. Orthop.*, 16, 1996, 144-150.

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 Suzuki Tomotaka, Ogahara Kakuya, Higashi Toshio, Sugawara Kenichi	4. 巻 51
2. 論文標題 The Effect of Cane Use on Attentional Demands During Walking	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Motor Behavior	6. 最初と最後の頁 19 ~ 24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/00222895.2017.1408560	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木智高, 小河原格也, 東登志夫, 菅原憲一
2. 発表標題 杖の使用が歩行中の注意需要に及ぼす影響 転ばぬ先の杖は安全で効果的か
3. 学会等名 第36回関東甲信越ブロック理学療法士学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木智高, 平石雅裕, 小河原格也, 東登志夫, 菅原憲一
2. 発表標題 歩行課題中の注意需要を評価するスマートフォンアプリケーションの開発と実証
3. 学会等名 第26回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------