

原 著

二重課題歩行における認知課題の難易度は歩行速度と Toe Clearance に影響を及ぼすか？ ～三次元動作解析装置を用いた定量的評価～

大山 永晃¹⁾ 藤井 琢斗²⁾ 有田 誠³⁾ 藤井 幸乃⁴⁾
村山 明彦¹⁾ 新谷 益巳¹⁾

- 1) 群馬医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法専攻
2) 有限会社さくらファミリー多機能ハウスひなたぼっこ
3) 合同会社むすび訪問看護ステーションむすび
4) 株式会社カルム訪問看護リハビリテーションおだやか

要 旨

【目的】 転倒の最大のきっかけは「つまずき」である。つまずきには、歩行中の Toe Clearance の低下が関連する。Toe Clearance は転倒予防において重要な指標の一つである。また、日常での歩行では注意を適切に分配することが求められる。このため、介護予防では二重課題歩行が広く実施されている。しかし、二重課題歩行と Toe Clearance について検討した報告は限定されており、特に認知課題の難易度と Toe Clearance の変化について援用できる知見が少ない。そこで本研究は健常大学生を対象に、平地歩行における二重課題中の認知課題の難易度が歩行速度と Toe Clearance に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】 本研究は、実験的研究として実施した。対象は健常大学生 35 名とした。測定と解析には三次元動作解析装置を用い、①通常歩行、②低難易度認知課題条件の二重課題歩行（100 から 2 を引く減算）、③高難易度認知課題条件の二重課題歩行（100 から 13 を引く減算）の 3 条件での歩行を 3 施行ずつ測定した。各条件 3 施行の測定データを用い、歩行速度および Toe Clearance の代表値として中央値を算出した。さらに、Toe Clearance のばらつきの指標として四分位範囲を算出した。統計解析には Friedman 検定を用い、有意差が認められた場合には事後検定として Wilcoxon の符号付順位検定を行い、Bonferroni 法による補正を行った。有意水準は 5 % とした。なお、群馬医療福祉大学人を対象とする医療・福祉系研究倫理審査委員会の承認を得ている（番号：19B-19）。

【結果】 歩行速度は、通常歩行、低難易度認知課題条件、高難易度認知課題条件の順に低値を示し、3 条件間に有意差が認められた。各条件の中央値は、通常歩行 1.20 m/s、低難易度 1.11 m/s、高難易度 1.05 m/s であった。一方、Toe Clearance の中央値およびばらつきには 3 条件間で有意な差は認められなかった。

【結論】 健常大学生は、二重課題歩行中、歩行速度は低下しても Toe Clearance およびそのばらつきは維持される可能性が示唆された。認知課題の難易度が高まり認知負荷が増大した際に、歩行速度を低下することで Toe Clearance を安定させ、つまずきのリスクを低減している可能性が示唆された。

キーワード

Toe Clearance 二重課題 歩行 認知課題の難易度

連絡先：群馬医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法専攻 大山永晃
〒371-0023 群馬県前橋市本町 2-12-1 前橋プラザ元気 21 内 6-7F
TEL：027-210-1294 FAX：027-260-1294 E-mail：ooyama-n@shoken-gakuen.ac.jp
受付日：2025. 10. 24 受理日：2026. 3. 18

I はじめに

2022年の国民生活基礎調査によると、介護が必要となった主な原因は、第1位が「認知症」、第2位が「脳血管疾患」、第3位は「骨折・転倒」である¹⁾。中でも「骨折・転倒」は身体機能の低下が生じやすく、転倒予防への取り組みが我が国における社会的課題の一つである。転倒は日常生活動作や基本動作に影響するだけでなく、生活の質に関わる重要な因子であり、これに関する調査や研究は数多く行われてきた。地域で自立した生活を営んでいる高齢者において、転倒の最多のきっかけは「つまずき」であると報告されている²⁾。そのため、つまずきのメカニズムを解析することは転倒予防を実施する上で重要である。

つまずきは、歩行の遊脚期に足先が歩行面に接触することで発生する。このつまずきのリスクを直接的に評価する指標として、Toe Clearance が用いられている。Toe Clearance とは「遊脚期における、地面と遊脚中の足先の最も低い点との垂直距離が最小値に達する点」と定義されている^{3) 4)}。この Toe Clearance が最小となる瞬間は、足の前方推進速度が最大に達する非常に動的な局面である⁴⁾。したがって、このタイミングで足先が微小な障害物に接触した場合、大きな衝撃となり、バランスを崩しやすく、転倒につながる危険性が極めて高い。このことから、Toe Clearance を評価することは転倒予防において重要である。

日常生活における歩行は単に移動するだけでなく、周囲の状況を認識したり会話をしたりと、常に何らかの認知課題を同時に遂行する二重課題歩行が求められる。1997年 Lundin-Olsson らは、平均年齢が80歳の施設入所高齢者を対象とした研究において、歩行中に「What's your age?」と話しかけられた際に立ち止まってしまう対象者ほど転倒するリスクは高くなることを報告した⁵⁾。これは二重課題歩行の遂行能力低下が転倒リスクの増大を示唆するものであり、近年の systematic review においても、二重課題歩行能力の低下が転倒の予測因子であることが確立されている⁶⁾。

二重課題歩行中は、注意や実行機能を司る背外側前頭前野が活発に活動することが機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いた研究で示されている⁷⁾。さらにこの前頭前野の活動レベルは、より難易度の高い認知課題を遂行する時ほど有意に増加することが報告されている⁸⁾。このことから、認知課題の難易度上昇に伴う負荷の増大は、Toe Clearance の制御に何らかの影響を招く可能性が挙げられる。

二重課題歩行中における認知課題難易度の変化が Toe

Clearance にどのような影響を及ぼすかを検証した研究は限定的である。我々が調査した範囲では、トレッドミル上で視覚に基づく認知課題を用いた研究が1件報告されているのみであった⁹⁾。Toe Clearance に関する systematic review では、トレッドミル歩行は平地歩行と比較し Toe Clearance のばらつきが小さくなるなど、歩行の質の違いが指摘されている³⁾。

本研究の目的は三次元動作解析装置を用い、二重課題歩行における認知課題の難易度の変化が歩行速度と Toe Clearance に与える影響を捉えることである。本研究の新規性は、実生活に近い平地歩行において、認知課題の難易度が Toe Clearance に与える影響を検証した点にある。今回は前頭前野の活動に影響を及ぼす加齢などの要因が少ない健常大学生を対象とし、課題には先行研究で広く用いられている減算課題を採用した⁶⁾。

II 対象および方法

1. 対象

対象は、群馬医療福祉大学の学内でポスター掲示にて募集した。本研究の包含基準は健常大学生であることとし、除外基準は、現在の歩行機能に影響を及ぼす整形外科的疾患または神経疾患の既往のある者とした。

2. 倫理的配慮

本研究を実施するにあたり対象者には、研究の目的、方法、リスクなどについて十分に説明し、書面による同意を得た。また本研究は、群馬医療福祉大学人を対象とする医療・福祉系研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：19B-19）。

3. 測定機器

歩行の撮影に使用した機器は、三次元動作解析装置 (Vicon system version2.7.0) と解析用ソフトに NEXUS (version2.7.1) を使用した。対象者には、皮膚に密着したコンプレッションウェアを着用させた。体表へのマーカーの貼付時には、医療用テープ (白十字株式会社, FC 防水フィルム フリーカット) を使用した。

4. 方法

本研究は実験的研究として実施した。場所は群馬医療福祉大学リハビリテーション学部の動作解析室を使用し、室温は25℃程度とした。会場設定としては、動作解析室に設置されている歩行路が7m程度とその前後に抗菌レザーマット (株式会社酒井医療, 1800 mm × 900 mm) を5枚配置し、歩行路として10mを確保した。

課題条件は、①通常歩行、②低難易度認知課題条件の二重課題歩行として100から順次2を引く減算課題、③

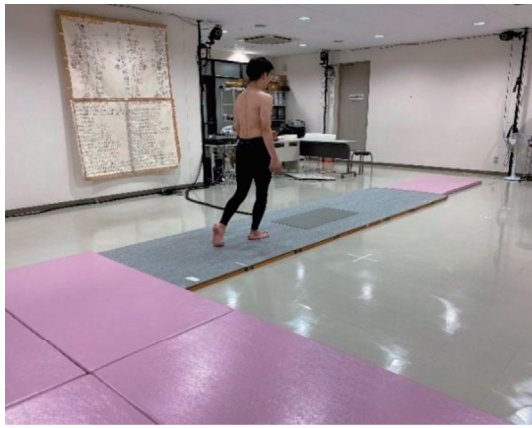


図1 三次元動作解析装置を使用した測定風景



図3 第1趾先端部マーカー

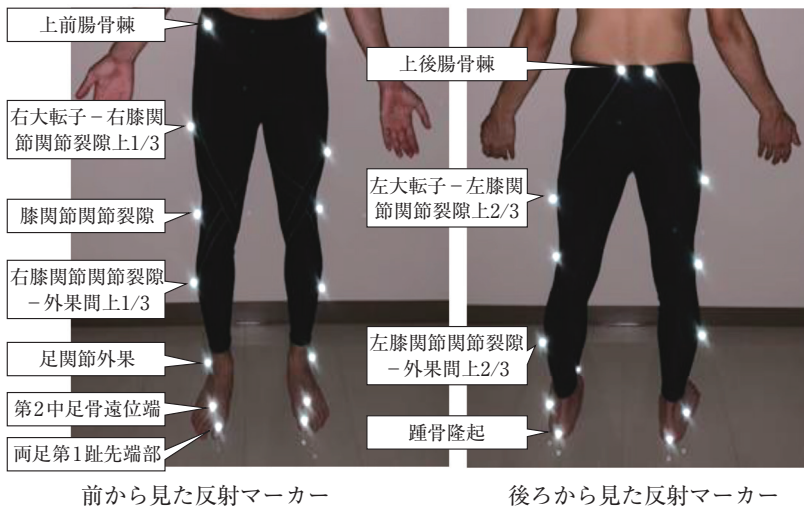


図2 反射マーカーとランドマーク

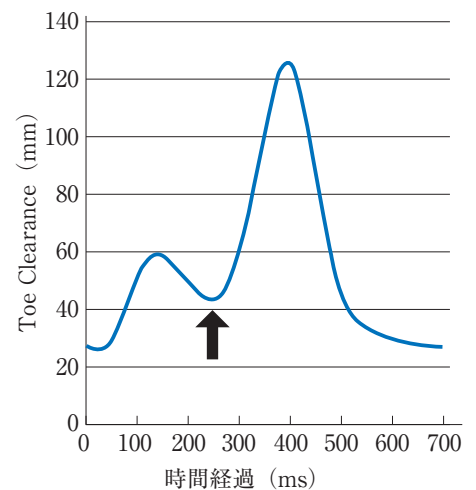


図4 遊脚期の第1趾先端部マーカーの軌跡

高難易度認知課題条件の二重課題歩行として100から順次13を引く減算課題の3条件とし、各条件3施行ずつ測定を行った。測定手順は、通常歩行、低難易度認知課題条件、高難易度認知課題条件の順で実施した。疲労の影響を考慮し、各条件間3施行測定後に休息を設けた。課題の優先順位については、歩行と認知課題のいずれか一方を優先させるような特定の指示は行わず、歩行と減算を同時に遂行するよう教示した。

今回、三次元動作解析には、Vicon社から提供される国際規格化されたテンプレートモデルであるPlug-In Gait Lower Bodyを用いた¹⁰⁾。さらに、本研究の評価指標であるToe Clearanceを算出するためこの標準モデルへの拡張とし、両足第1趾先端部にマーカーを追加した。貼付したマーカーの位置は、両上前腸骨棘、両上後腸骨棘、両膝関節関節裂隙、両足関節外果、両第2中足骨遠位端、両踵骨隆起、右大転子-右膝関節関節裂隙上1/3、右膝関節関節裂隙-外果間上1/3、左大転子-左膝関節関節裂隙上2/3、左膝関節関節裂隙-外果間上2/3、両足第1趾先端部とした。

測定範囲としては、最も接地や離地のタイミングが正確に測定できる2枚の床反力計を含む歩行路中央の左右それぞれ1歩行周期とした。サンプリング周波数はカメラ、床反力計ともに100 Hzとした。

Toe Clearanceは、遊脚期における足先の最下点と歩行面との間の最小垂直距離と定義されるが、測定部位による違いが指摘されており、特にToe Clearanceを用いた転倒リスク評価のためには「つま先」で評価することが有用であるとされている¹¹⁾。このことから本研究では、三次元動作解析装置を用いてつま先でToe Clearanceを評価した大泉らの先行研究¹²⁾と同様に、第1趾先端部マーカーの軌跡が描く2峰性の凹みの最小点の高さをToe Clearanceと定義した(図4)。指標は、左右それぞれの足について算出した。

5. 統計解析

3条件の比較のために、Shapiro-Wilk検定にて歩行速度およびToe Clearanceの各変数の正規性を確認したところ、一部正規分布に従わない項目があった。そのため3条件の比較には、ノンパラメトリック検定である

Friedman 検定を用いた。有意水準は 5 % とし、有意差が認められた場合には事後検定として Wilcoxon の符号付順位検定を用い、Bonferroni 法による補正を行った。解析には各条件 3 施行ずつのデータを用い、歩行速度についてはその中央値を代表値とした。Toe Clearance に関して Barrett らの報告によれば、非正規分布のデータでは代表値およびそのばらつきの指標として中央値と四分位範囲 (IQR) が一般的に用いられている³⁾。そのため先行研究に基づき、本研究においても Toe Clearance の代表値およびばらつきの指標として、各条件における 3 施行の中央値と IQR をそれぞれ用いた。統計解析には EZR (version 1.68)¹³⁾ を使用した。

III 結果

応募のあった健常大学生 35 名 (男性 27 名, 女性 8 名) の全員が減算課題を実施できたため、これら全 35 名のデータを解析の対象とした。対象の年齢は 20.2 ± 0.7 歳, 身長は 169.4 ± 7.2 cm, 体重は 63.3 ± 8.9 kg であった。解析には、床反力計上のデータが使用できる歩行路中央の左右それぞれ 1 歩行周期を抽出した。全測定を通じてデータの欠損はなく、全対象者の測定結果を解析に用いた。3 条件の歩行速度, Toe Clearance およびそのばらつきの中央値と四分位範囲を表 1 に示す。

歩行速度は、通常歩行, 低難易度認知課題条件, 高難易度認知課題条件の順に低値を示し, 3 条件間に有意差が認められた ($\chi^2(2) = 29.31, p < 0.001$)。事後検定にて多重比較を行った結果, 通常歩行と低難易度および高難易度の間, さらに低難易度と高難易度の間すべての条件間において有意差が認められた。

一方 Toe Clearance については, 左右いずれの足においても 3 条件間で有意差は認められなかった (右足 $\chi^2(2) = 3.49, p = 0.175$, 左足 $\chi^2(2) = 4.29, p < 0.117$)。

Toe Clearance のばらつきについても, 同様に左右ともに有意差は認められなかった (右足 $\chi^2(2) = 0.69, p = 0.710$, 左足 $\chi^2(2) = 1.09, p = 0.581$)。

IV 考察

本研究では, 健常大学生の通常歩行および認知課題難易度の異なる二重課題歩行における歩行速度と Toe Clearance を測定し, 条件間で比較した。本研究の結果, 歩行速度は, 通常歩行, 低難易度認知課題条件, 高難易度認知課題条件の順に低値を示した。高齢者を対象とした二重課題歩行に関する systematic review⁶⁾ の結果では, 二重課題による歩行速度の低下率が 15 % から 30 % に及ぶことが示されている。本研究における歩行速度の低下率は, 低難易度認知課題条件で約 7.5 %, 高難易度認知課題条件で約 12.5 % であった。本研究の対象者は健常大学生であるため高齢者とは直接比較できないものの, 認知課題が歩行速度を低下させるという点では共通していた。

本研究の主要な着目点である Toe Clearance およびそのばらつきに関して, 認知課題の難易度が高まっても有意差が認められなかった点は Killeen ら⁹⁾ の報告と一致した。彼らはトレッドミル歩行中のストループ課題において, 認知課題の難易度が変化しても若年者の Toe Clearance およびそのばらつきに有意な変化が認められなかったことを報告している。本研究では, 減算課題や平地歩行といった先行研究と異なる課題や環境条件下においても, 若年者が認知負荷の増大に対して Toe Clearance を安定して維持することを示した。これらの結果は, 若年者においては二重課題歩行中に認知課題の難易度が高まると歩行速度を低下させる代償戦略を用いることで, つまずきに直結する Toe Clearance を安定して維持している可能性を示唆する。この歩行速度を低下させる戦略は, cautious gait mode と呼ばれるより安全な歩行パターンで説明することができる¹⁴⁾。cautious gait mode は, 健康な若年者および高齢者が二重課題を遂行する際に採用する戦略であり, 歩行速度の減少, 歩隔の増大が特徴である。これは限られた注意資源の中で身体への動揺を最小限に抑え, 転倒リスクを減少させるための適応反応であると結論付けられている¹⁴⁾。本

表 1 各条件における歩行パラメータの比較

測定項目	通常歩行	低難易度認知課題条件	高難易度認知課題条件	p 値
歩行速度 (m/s)	1.20 (1.12 - 1.33)	1.11 (1.04 - 1.25)	1.05 (0.96 - 1.15)	<.0001
右 TC (mm)	47.1 (43.3 - 52.0)	46.0 (41.7 - 51.0)	48.3 (44.3 - 54.3)	0.175
左 TC (mm)	47.3 (42.8 - 50.6)	46.9 (43.7 - 51.6)	48.2 (44.9 - 53.1)	0.117
右 TC ばらつき (mm)	3.8 (2.4 - 6.1)	3.6 (2.2 - 5.1)	3.9 (2.3 - 6.0)	0.710
左 TC ばらつき (mm)	3.0 (1.7 - 5.1)	2.3 (1.2 - 4.1)	2.4 (1.4 - 4.5)	0.581

※1 各セルの値は中央値 (第 1 四分位点 - 第 3 四分位点) で記載

※2 p 値は Friedman 検定の結果

研究で観察された歩行速度の低下は、この cautious gait mode の一環として Toe Clearance の安定性を確保するための適応戦略であったと解釈できる。

二重課題歩行中に Toe Clearance やそのばらつきが維持される傾向は、健全な高齢者を対象とした複数の先行研究においても報告されている^{12) 15) 16)}。これは認知的負荷が増加した際に転倒を防ぐため、Toe Clearance を制御し安定性を確保しようとする適応反応であると考えられる。これらの知見と本研究の結果を併せて考えると、Toe Clearance は認知課題の難易度が高まり認知的な負荷が増大しても、歩行速度などの他の歩行パラメータと比較して維持されやすい安定した指標である可能性が考えられる。大泉¹²⁾や Hamacher¹⁶⁾の研究においても、Toe Clearance はつまずきに直接的に関与するため、歩行制御において非常に優先度高く保たれるパラメータであると推察されている。

本研究において、認知課題の難易度上昇に伴う歩行速度の低下量には個人差が観察された。具体的には、通常歩行と比較し、高難易度認知課題条件において最大で 0.59 m/s の低下を示した対象者がいた一方で、速度が変化しない (0.00 m/s) 対象者も認められた。認知機能が保たれていると推察される健常大学生において、このように個々で反応が異なった点は興味深い。高齢者を対象とした研究では、認知機能が高いほど課題の種類による歩行の変化が現れにくいことが報告されている¹⁷⁾。本研究では詳細な認知機能評価を行っていないため、速度低下の個人差と認知特性について言及はできない。このような研究の課題はあるが、今回得られた知見は転倒予防を目的とした二重課題歩行を適用する際に、集団としての反応だけでなく、個人の能力を評価し、個々に合わせた課題設定を行うことの必要性を示唆するものである。今後は同様の条件下で高齢者、または複数回の転倒経験者を対象とした検討を行い、知見を集積していく方針である。

本研究にはいくつかの限界がある。まず課題提示において、運動課題である歩行と認知課題のどちらを優先すべきかという指示を行わなかった影響が否定できない。Yogev-Seligmann らは、二重課題歩行において運動課題および認知課題に対する優先順位の教示が歩行速度に影響を及ぼすことを示している¹⁸⁾。今回、個々で優先順位が異なっていた可能性もあり、今後は教示方法の違いも含めた検討が必要である。加えて安全確保を優先し、二重課題の測定順序を難易度の低い条件から順に実施した。この手順では、課題への習熟に伴う学習効果が後半の課題条件における測定結果に影響を及ぼし

た可能性も否定できない。今後は実施順序をランダム化するなどの厳密な検証が必要である。次に計測環境に関しては、今回は裸足で実施した。Davis らは、高齢女性において適切に固定された履物は裸足と比較して Toe Clearance を約 4 mm 有意に増加させると報告しており¹⁹⁾、履物の有無についても留意が必要である。また、利き足は非利き足と比較し Toe Clearance が低いとの報告がある²⁰⁾。本研究では利き足を同定しておらず、その影響を十分に考慮できていない。対象に関しては、募集期間内に応募のあった 35 名を対象としたことでサンプルサイズが十分とは言い難く、サンプリングバイアスの影響を阻却できていない点も課題である。最後に、Toe Clearance のばらつきを 3 施行のみで評価したが、実際の日常生活における歩行の中ではごく稀に生じる極端に低い Toe Clearance の発生頻度が重要となる可能性もあり、今後はより多くの歩行周期を用いた検証が望まれる。以上の限界から、今回の結果の一般化については慎重な解釈を要する。しかし、平地歩行における課題難易度と Toe Clearance に着目した知見は限定的であり、本研究で得られた知見は転倒予防において一定の意義を有するものと言える。

今後の展望として、本研究の結果が高齢者や転倒経験者においても同様に見られるのか、データを蓄積し検証することが挙げられる。これにより対象者一人ひとりの能力に適した認知課題難易度の設定や、二重課題歩行時における Toe Clearance の特徴を解明し、より効果的な転倒予防策を講じるための一助となることが期待される。

V 結論

本研究では、健常大学生を対象に、平地歩行において認知課題難易度の変化が二重課題歩行時の歩行速度と Toe Clearance に与える影響を検証した。結果、歩行速度は、通常歩行、低難易度認知課題条件、高難易度認知課題条件の順に低値を示したが、Toe Clearance およびそのばらつきは有意に変化しなかった。このことから、健常大学生は認知課題の難易度が高まり認知負荷が増大した際に、歩行速度を低下することで Toe Clearance を安定させ、つまずきのリスクを低減している可能性が示唆された。

VI 謝辞

本研究にご協力いただきました方々に深く感謝いたします。

VII 利益相反および研究助成

本研究に関連して開示すべき利益相反はない。本研究は特定の研究助成金による支援を受けていない。

● 参考文献

- 1) 厚生労働省. 令和4年 国民生活基礎調査の概況. 2023. 入手先 <<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa22/index.html>>, 参照 2025-10-04.
- 2) Yamada M, et al. Characteristics of falls in Japanese community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int.* 24 (11) : 1181-1188, 2024.
- 3) Barrett RS, et al. A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. *Gait Posture.* 32 (4) : 429-435, 2010.
- 4) Delfi G, et al. A Scoping Review on Minimum Foot Clearance Measurement : Sensing Modalities. *Int J Environ Res Public Health.* 18 (20) : 10848, 2021.
- 5) Lundin-Olsson L, et al. Stops walking when talking as a predictor of falls in elderly people. *Lancet.* 349 (9052) : 617, 1997.
- 6) Muir-Hunter SW, et al. Dual-task testing to predict falls in community-dwelling older adults : a systematic review. *Physiotherapy.* 102 : 29-40, 2016.
- 7) Bishnoi A, et al. Brain Activation Changes While Walking in Adults with and without Neurological Disease : Systematic Review and Meta-Analysis of Functional Near-Infrared Spectroscopy Studies. *Brain Sci.* 11 (3) : 291, 2021.
- 8) Hill A, et al. Prefrontal Cortex Activity During Walking While Multitasking : An fNIR Study. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet.* 57 (1). 2013.
- 9) Killeen T, et al. Minimum toe clearance : probing the neural control of locomotion. *Sci Rep.* 7 : 1922, 2017.
- 10) Davis RB, et al. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Mov Sci.* 10 (5) : 575-587, 1991.
- 11) 稲井卓真ほか. 転倒経験者と非転倒経験者を判別するための最適な歩行特徴の特定～足部クリアランス測定部位の違いと遊脚期の最大・最小クリアランスに着目して. *日本転倒予防学会誌.* 9 (2) : 13-24, 2022.
- 12) 大泉真一ほか. 若年者および地域在住高齢者の二重課題歩行における toe clearance の最小値のバラつきと認知機能との関連性. *石川県理学療法学雑誌.* 22 (1) : 1-5, 2023.
- 13) Kanda Y. Investigation of the freely-available easy-to-use software “EZR” for medical statistics. *Bone Marrow Transplant.* 48 : 452-458, 2013.
- 14) Soangra R, et al. Dual-Task Does Not Increase Slip and Fall Risk in Healthy Young and Older Adults during Walking. *Appl Bionics Biomech.* 1014784, 2017.
- 15) Santhiranayagam BK, et al. The effect of a cognitive task on minimum toe clearance variability during treadmill walking in healthy young and older adults. *Gait Posture.* 42 (4) : 509-514, 2015.
- 16) Hamacher D, et al. The effect of a verbal cognitive task on variability of minimum toe clearance in the elderly. *Hum Mov Sci.* 38 : 205-214, 2014.
- 17) 大泉真一ほか. 付加課題による二重課題歩行での歩容への影響. *石川県理学療法学雑誌.* 20 (1) : 19-22, 2021.
- 18) Yogev-Seligmann G, et al. How Does Explicit Prioritization Alter Walking During Dual-Task Performance ? Effects of Age and Sex on Gait Speed and Variability. *Phys Ther.* 90 (2) : 177-186, 2010.
- 19) Davis AM, et al. Effect of footwear on minimum foot clearance, heel slippage and spatiotemporal measures of gait in older women. *Gait Posture.* 44 : 43-47, 2016.
- 20) Nagano H, et al. Ageing and limb dominance effects on foot-ground clearance during treadmill and overground walking. *Clin Biomech.* 26 : 962-968, 2011.

Original

Does Cognitive Task Difficulty in Dual-Task Walking Affect Walking Speed and Toe Clearance?: A Quantitative Evaluation Using Three-Dimensional Motion Capture

Nobuaki OYAMA¹⁾ Takuto FUJII²⁾ Makoto ARITA³⁾ Yukino FUJII⁴⁾
 Akihiko MURAYAMA¹⁾ Masumi SHINGAI¹⁾

1) Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation, Gunma University of Health and Welfare

2) Sakura Family Limited Company-Multifunctional House Hinatabokko

3) Musubi Limited Liability Company-Home visit nursing station, Musubi

4) Karumu corporation-Home visit nursing station, Odayaka

Abstract

[Objective] Tripping, the most common cause of falls, is associated with reduced toe clearance during walking and is a crucial index for fall prevention. Although dual-task walking is used in preventive care, its effects on toe clearance, particularly with respect to cognitive task difficulty, remain unclear. This study clarifies the effects of cognitive task difficulty on gait speed and toe clearance during dual-task walking.

[Methods] This experimental study included 35 healthy university students. A three-dimensional motion capture system measured the gait under three conditions (three trials per condition) : ① normal walking, ② dual-task walking under a low-difficulty cognitive task condition (serial subtraction of 2 s from 100 s), and ③ dual-task walking under a high-difficulty cognitive task condition (serial subtraction of 13 s from 100 s). The median values of the three trials for each condition represented the gait speed and toe clearance. The interquartile range was used to determine the toe clearance variability. Statistical analyses used the Friedman's test. If significant differences were found, the Wilcoxon signed-rank test with a Bonferroni correction was used as a post hoc test. Significance was set at 5 %. The study was approved by the Ethics Committee of Gunma University of Health and Welfare (No. 19B-19).

[Results] Gait speed differed significantly among conditions, decreasing in the order of normal walking, low-difficulty cognitive task condition, and high-difficulty cognitive task condition (median : normal walking = 1.20 m/s, low-difficulty = 1.11 m/s, and high-difficulty = 1.05 m/s). In contrast, no significant differences were found in the median toe clearance or toe clearance variability.

[Conclusion] Healthy university students can maintain toe clearance and variability during dual-task walking by reducing their gait speed. This suggests that slowing down when the cognitive task difficulty and cognitive load increase stabilizes toe clearance and reduces the risk of tripping.

Keywords

Toe Clearance, Dual-Task, Gait, Cognitive Task difficulty

Corresponding author : Nobuaki OYAMA, Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation, Gunma University of Health and Welfare

Maebashi Plaza Genki 21 6-7F, 2-12-1 Hon-machi, Maebashi-shi 371-0023, Gunma, Japan

TEL : +81-27-210-1294 FAX : +81-27-260-1294 E-mail : ooyama-n@shoken-gakuen.ac.jp

Received : October 24, 2025 Accepted : March 18, 2026