

令和 6 年 5 月 20 日現在

機関番号：32728

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2023

課題番号：20K23268

研究課題名（和文）高齢者の歩行安定性向上を目的とした新たなリハビリテーションプログラムの開発

研究課題名（英文）The development of a new rehabilitation programme to improve gait stability in the elderly.

研究代表者

土田 将之（Tsuchida, Masayuki）

湘南医療大学・保健医療学部リハビリテーション学科理学療法学専攻・助教

研究者番号：30881221

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：歩行安定性向上を目的とした歩行練習において、従来の定速歩行を中心としたものに代わる、変速歩行を中心とした新たなプログラムの開発を目的とした研究を行った。具体的には、連続的かつ周期的に歩行速度を変化させる「歩行速度調整課題」に取り組むことで、歩行安定性が增大するという仮説を立て、アウトカムをTUG（Timed Up and Go test）に設定して検証を進めた。その結果、我々が設定した歩行速度調整課題は、健康成人の歩行安定性を即時的に増大させる効果が明らかとなった。この成果は学術論文として2023年に発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

速く歩くことの重要性は以前から知られており、高齢者を対象とした歩行練習においてもその重要性は例外ではない。しかしながら、下肢の関節不安定性の増大や呼吸循環器系の機能低下など、高齢者が速く歩くことを阻害する因子は数多くあり、定速で速く歩き続けることは高齢者にとって難易度の高い歩行課題である。今回の研究成果により、速く歩いたり遅く歩いたりを連続的かつ周期的に繰り返す歩行練習課題が、歩行安定性を向上させることが示唆された。これにより高齢者の転倒予防プログラムへの応用など、健康長寿社会の実現に向けた取り組みに寄与できると考える。

研究成果の概要（英文）：We conducted a research to develop a new programme for gait practice aimed at improving gait stability, based on variable speed gait practice as an alternative to conventional constant speed gait practice. We hypothesised that gait stability would be increased by a gait speed adjustment task in which the gait speed is continuously and periodically changed. The results showed that the gait speed adjustment task had the immediate effect of increasing gait stability in healthy adults. The outcome was published on the scientific paper in 2023.

研究分野：基礎理学療法

キーワード：歩行安定性 高齢者

1. 研究開始当初の背景

高齢者の救急搬送件数は年々増加傾向にある。東京消防庁の報告によると、高齢者の事故原因の実に8割以上が「転倒」であり、そのうち4割以上の方が入院を余儀なくされている。故に高齢者の歩行安定性を高め転倒事故を減らすことは喫緊の社会的課題である。そのため歩行練習プログラムを積極的に導入することは、臨床現場の理学療法士に求められる重要な役割である。しかしながら高齢者の歩行安定性向上に着目した効果的な歩行練習プログラムは少なく、歩行練習の効果は示されておらず、高齢者の転倒事故は依然増加傾向にある。そのため高齢者の歩行安定性を向上させる新たな方法が求められている。

申請者らは、歩行中の速度を任意に変化させる歩行速度調整能力に着目し、速度を無段階に調整できる変速トレッドミル装置を開発した。この装置を用いて、若年成人の歩行速度調整能力と歩行安定性の関係を明らかにする研究を行っているが、高齢者の歩行速度調整能力と歩行安定性の関係は明らかでなく、高齢者の個別性や易疲労性を考慮した新たなプロトコルによる介入研究が必要であると考えた。

2. 研究の目的

当初の目的は、健常高齢者を対象に、歩行速度調整能力の向上が高齢者の歩行安定性を改善させるか検討し、歩行速度調整課題を用いた新たな転倒予防の方法論を確立し、新たなリハビリテーションプログラムの開発につなげることであった。しかしながら、研究開始時から新型コロナウイルスの影響が強く、被験者を予定していた地域在住高齢者の研究施設(大学)への入構が困難であり、実験スケジュールの大幅な見直しに迫られた。そのため対象者を高齢者から若年健常者に切り替え、歩行速度調整課題が歩行安定性向上に与える効果を明らかにすることとした。

3. 研究の方法

本研究には整形外科疾患や神経疾患の既往歴がない13名の若年成人(男性4名、女性9名;平均年齢20.5 ± 0.3歳)が参加した。歩行課題は2つの設定で行われた。1つは歩行速度調整課題(Speed Alternating Task; SAT)で、参加者が歩行速度を繰り返し増減させるものであり、もう1つは一定速度で歩行する定速歩行課題(Speed Constant Task; SCT)であった。参加者は両方の課題を行うよう指示された。ただし各課題の順序効果を避けるため、参加者はランダムに2つのグループに分けられ、最初のグループはSATから始め、次のグループはSCTから始めた。各課題の間には少なくとも7日間のウォッシュアウト期間が設けられた。

両課題において、参加者はクリック音に合わせて歩行するように指示された。SATでは、参加者はクリック音の間隔が短くなると速く歩き、長くなるとゆっくり歩くよう指示された。クリック音の範囲は、事前に計測した快適歩行と最大努力歩行の10メートル歩行テスト(10MWT)の歩行率を参考に設定した。

SCTでは、クリック音の間隔は10MWTの快適歩行速度の歩行率と等しくなるよう設定した。両課題の歩数は1,440歩とした。

アウトカムはTUG(Timed Up and Go Test)とし、三次元動作解析システム(VICON 612)を用いてTUG実施中の参加者の身体重心の軌跡を記録した。TUG動作の分析区間として3つの主要区間(前進区間;区間A,方向転換区間;区間B,復路区間;区間C)を設定した。各区間はさらに3等分され、合計9つのサブ区間として詳細な加速や減速の要因を分析した。TUGはSAT,SCT各歩行課題の前後に3回ずつ測定され、3回の平均値を代表値として採用した。TUGの遂行時間、速度、身体重心の軌跡において、歩行課題実施前後の変化率(Post/pre ratio)を求め、課題間で対応のあるt検定による比較を行った。有意水準は0.05とした。

4. 研究成果

TUGの全体および主要区間A,B,Cの遂行時間、速度、軌跡の変化率はTable 1に、9つのサブ区間の遂行時間、速度の変化率をTable 2に示す。

Table 1. The post/pre ratio of the parameters in the overall TUG and each major segment

Parameters	Segment	Post/pre ratio of the SAT	Post/pre ratio of the SCT	Effect size (r)
Time	Overall	0.981 ± 0.039	1.028 ± 0.068*	0.645
	A	0.995 ± 0.042	1.041 ± 0.050*	0.650
	B	1.019 ± 0.164	1.042 ± 0.292	0.080
	C	0.960 ± 0.056	1.015 ± 0.077*	0.555
Speed	Overall	1.023 ± 0.037	0.979 ± 0.051**	0.689
	A	1.016 ± 0.063	0.962 ± 0.047**	0.727
	B	1.026 ± 0.049	1.031 ± 0.049	0.063
	C	1.043 ± 0.057	0.987 ± 0.066*	0.624
Trajectory	Overall	1.002 ± 0.014	1.002 ± 0.019	0.006
	A	1.009 ± 0.033	0.999 ± 0.007	0.087
	B	1.049 ± 0.202	1.073 ± 0.319	0.072
	C	0.999 ± 0.010	0.997 ± 0.020	0.107

Mean ± SD. TUG: Timed Up and Go test; SAT: speed alteration task; SCT: speed constant task; SD: standard deviation. *p<0.05, **p<0.01.

遂行時間について、SATでは全体および区間A,Cでの変化率がSCTと比較して有意に改善された(p=0.013, r=0.645; p=0.012, r=0.650; p=0.040, r=0.555)。また、サブ区間a-1およびa-2でも遂行時間が有意に改善された(p=0.003, r=0.723; p=0.024, r=0.597)。一方、区間Bでは遂行時間に有意な差は認めなかった。

Table 2. The post/pre ratio of the TUG time and speed divided by subsegments

Parameters	Subsegment	Post/pre ratio of the SAT	Post/pre ratio of the SCT	Effect size (r)	
Time	a-1	0.992 ± 0.068	1.066 ± 0.060**	0.723	
	a-2	0.995 ± 0.048	1.034 ± 0.054*	0.597	
	a-3	0.998 ± 0.042	1.012 ± 0.060	0.206	
	b-1	1.017 ± 0.157	1.007 ± 0.281	0.037	
	b-2	1.043 ± 0.189	1.033 ± 0.322	0.030	
	b-3	1.006 ± 0.172	1.012 ± 0.283	0.056	
	c-1	0.984 ± 0.049	1.019 ± 0.062	0.362	
	c-2	0.984 ± 0.047	1.016 ± 0.059	0.494	
	c-3	0.920 ± 0.083	1.007 ± 0.145	0.503	
	Speed	a-1	1.009 ± 0.051	0.945 ± 0.054**	0.728
		a-2	1.006 ± 0.047	0.968 ± 0.050*	0.587
		a-3	1.003 ± 0.039	0.984 ± 0.054	0.298
b-1		1.036 ± 0.089	1.041 ± 0.078	0.041	
b-2		1.025 ± 0.058	1.027 ± 0.051	0.027	
b-3		1.028 ± 0.062	1.020 ± 0.079	0.079	
c-1		1.016 ± 0.044	0.978 ± 0.038	0.512	
c-2		1.012 ± 0.046	0.986 ± 0.046	0.489	
c-3		1.103 ± 0.117	1.012 ± 0.139	0.494	

Mean ± SD. TUG: Timed Up and Go test; SAT: speed alteration task; SCT: speed constant task; SD: standard deviation. *p<0.05, **p<0.01.

サブ区間 a-1 および a-2 で時間の変化率が改善されことは、SAT 実施後に TUG の遂行時間が短縮されたことを示している。また、TUG 全体、区間 A および C、サブ区間 a-1 および a-2 で速度の変化率が改善され、SAT 後に TUG の歩行速度が有意に増加したことを示している。すなわち、本研究で設定した歩行速度調整課題が、定速歩行課題に比べて TUG の遂行時間と速度を即座に改善することが示唆された。特に区間 A および C の遂行時間と速度の効果量の大きさから、TUG 全体の改善に寄与した可能性がある。直線区間である区間 A および C における改善効果が方向転換区間である区間 B よりも高いことは、SAT が特に直線区間での時間と速度の改善に効果的であることを示している。区間 A および C を詳細に調査するために各サブ区間に焦点を当てると、サブ区間 a-1 および a-2 で時間と速度の両方において有意な改善が見られた。TUG においてこれらのサブ区間は、参加者が椅子から立ち上がり歩き始め、徐々に加速して最大歩行速度に達するフェーズである。対照的に a-3 では遂行時間と速度に有意差が見られなかった。これは SAT 後の TUG の歩行速度が前進区間の初期フェーズから中間フェーズまで有意に増加し、方向転換の準備のために後期フェーズで急激に減速することを示唆している。

TUG は、実行中に数秒間で加速と減速が繰り返される複雑な歩行課題である。Kurosawa らは、前進および復路区間での歩行速度の減速の難しさが TUG の歩行速度の低下および所要時間の増加の原因であると報告している。この研究では、参加者は SAT で直線歩行において最大速度にスムーズに増加し、遅い速度に減少する運動スキルを習得した。この運動学習が、加速と減速の間をスムーズに切り替えることが要求される TUG のパフォーマンス向上につながった可能性がある。もう一つの可能性は歩行率の改善である。歩行速度は歩幅と歩行率によって決定されるため、歩行速度を改善するためには歩幅と歩行率を増加させる必要がある。SAT では、参加者は一時音の増加に応じて速く歩くように指示された。これは、SAT の繰り返しが歩行率を迅速に増加させる運動学習を強化したことを意味する。この歩行率の増加の即時効果が、課題後に行われた TUG の歩行速度の増加と時間の短縮に寄与した可能性がある。一方、SCT では、参加者は快適な歩行速度に合った一定の歩行率を維持していたため、歩行率の改善や歩行速度の増加が妨げられた可能性がある。

結論として、SAT を用いた歩行速度調整課題は、TUG の遂行時間を短縮し、歩行速度を増加させた。TUG の歩行安定性の指標としての高い信頼性から、SAT を用いた歩行速度調整課題は歩行安定性を向上させる効果的な方法であることが示唆される。本研究では歩行速度調整課題の有効性を検証するために特定の実験環境が設定されたが、本質的には特別な機器を必要としない簡単な歩行課題である。今後の研究では、歩行速度調整課題が歩行安定性および安全性に与える影響を明らかにし、病院や施設での歩行訓練だけでなく、地域社会で生活する高齢者の家庭での運動にも利用できるようにすることが求められる。

速度についても SAT では全体、および区間 A、C での変化率が SCT と比較して有意に改善された (p=0.006, r=0.689; p=0.006, r=0.727; p=0.017, r=0.624)。サブ区間 a-1 および a-2 でも速度が有意に改善された (p=0.003, r=0.728; p=0.027, r=0.587)。区間 B およびサブ区間 b-1, b-2, b-3 では有意な差は認めなかった。

身体重心の軌跡については、全体、全ての主要区間、および全てのサブ区間で変化率に有意な差は認めなかった。

歩行課題間で身体重心の軌跡の変化率に有意な差は見られなかったにもかかわらず、SAT 後の TUG 全体、区間 A および C、

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsuchida Masayuki, Takenaka Yuma, Kokue Tomoya, Suzuki Tomotaka, Kurosawa Chihiro, Yokouchi Yuya, Kai Yoshihiro, Sugawara Kenichi	4. 巻 35
2. 論文標題 Evaluating the immediate effect of the speed alteration task on walking stability using the Timed Up and Go test	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 281 ~ 288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.35.281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yuya Yokouchi, Yoshihiro Kai, Masayuki Tsuchida, Kenichi Sugawara	4. 巻 12
2. 論文標題 A Walking Support System to Improve the Elderly's Ability to Change Their Walking Speed	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Advanced Intelligence	6. 最初と最後の頁 103-112
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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小久江 智耶, 竹中 悠真, 松江 優河, 黒澤 千尋, 土田 将之, 菅原 恵一
2. 発表標題 能動的な歩行速度調整に関わる運動学的要因
3. 学会等名 第27回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Yokouchi, Yoshihiro Kai, Masayuki Tsuchida, Kenichi Sugawara
2. 発表標題 A Walking Support System Equipped with a Variable Speed Treadmill and a Lift Device
3. 学会等名 The 15th International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣田 耕二郎, 竹中 悠真, 小久江 智耶, 土田 将之, 甲斐 義弘, 菅原 憲一, 鈴木 智高
2. 発表標題 認知負荷を伴う変速歩行制御が注意需要と歩行パターンに及ぼす影響
3. 学会等名 第42回関東甲信越ブロック理学療法士学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柳瀬 美空, 安武 快, 小久江 智耶, 竹中 悠真, 土田 将之, 菅原 憲一
2. 発表標題 能動的な歩行速度調整に関わる運動学的要因
3. 学会等名 第28回日本基礎理学療法学会学術大会
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

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