

変速トレッドミルによる歩行トレーニングの効果 —高齢者の歩行能力向上を目的とした新型トレッドミルの開発と効果—

Effect of the step training on adjustable-speed treadmill —Development of a new treadmill for improving the walking ability of elderly persons—

永吉英記*, 渡辺剛**, 清水敏寛***
松岡正夫****, 山内忠行****, 江木俊輔*

Hideki NAGAYOSHI *, Tsuyoshi WATANABE **, Toshihiro SHIMIZU ***
Yukio MATUOKA **** Tadayuki YAMAUCHI **** and Syunsuke EGI *

はじめに

高齢者の歩行動作の一般的特徴は、脚を高く上げての歩行動作が出来ないこと、さらにストライドが小さく腰が曲がり視線が地面に向いていることなどがあげられてる。また、歩行時の速度や動作に不安定性がみられることなども報告されている³⁾。これら、高齢者の歩行動作の特徴は、脚筋力の低下や、バランス能力の低下、また、姿勢制御能力の低下に伴う動作の変容によるものといえる。このような高齢者の歩行の特徴をふまえ、本研究では、高齢者の歩行能力向上のためのトレーニング器具として、ベルトの回転速度が不規則的に変速するトレッドミルの開発を行い、基礎的データの分析を行いその効果について検討してきた⁵⁻⁸⁾。これまでの研究では、30分間のトレッドミル歩行時の心拍数は、定速歩行時より不規則的な変速歩行時が低い傾向を示し、経時的な変化において定速歩行時の心拍数は緩やかな上昇が観察される一方で、不規則的な変速時はその上昇が確認できないことを報告した⁵⁾。さらに、歩行距離を同

一にして30分間の総酸素摂取量を測定したところ、定速歩行時と不規則的な変速歩行時には違いがみられないことなども報告した⁶⁾。この結果から、トレッドミルでの不規則的な変速歩行は一定速歩行と比べ負荷量に大きな違いはないばかりか、逆に、変速にすることで長時間の歩行運動に対して様々な負担の軽減につながる可能性が示唆された。さらに、その後の研究においては、不規則的な変速に伴う身体重心位置の乱れがどの程度起こり、また、その調節機能の適応がみられるかを、腰部に固定した3次元加速時計により調査し、この歩行開始から10~15分で前後方向の身体動揺が少なくなり、不規則的な変速における速度調節が適切に行われはじめることを確認した⁷⁻⁸⁾。これらの変速トレッドミルの基礎的な研究により、高齢者における歩行能力向上の有効な方法となりえる可能性が示唆された。したがって、本報告では、実際に中高年者を対象とした変速トレッドミルでの歩行トレーニングによる効果について検討を行う。

* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate school of sport system, Kokushikan University)

** 国士舘大学体育学部運動生理学教室 (Lab. of Exercwase Physiology, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

*** 国士舘大学工学部 (Lab. of Statistics Technology, Faculty of Engineering, Kokushikan University)

**** ミナト医科学株式会社 (MINATO medical department studies Co., Ltd.)

研究方法

1. 被験者

被験者は、世田谷区在住の中高年男女8名を対象とした。被験者は、健康診断及び心電図による検査に異常がない者であることを確認し、実験の主旨及び具体的内容、緊急時の対応等を説明会の開催を行い説明した。その後、参加の意向がある者に対して同意書によって参加の同意を得た。被験者らのプロフィールを表1に示した。

表1 被験者らのプロフィール

被験者	年齢 才	性別	身長 cm	体重 kg	至適歩行速度 km/h
a	68	女性	158.0	51.0	2.2
b	64	女性	155.3	49.8	1.8
c	73	女性	162.1	54.8	2.4
d	58	女性	161.5	52.6	2.8
e	60	女性	159.0	55.4	3.2
f	72	女性	153.0	50.4	2.2
g	63	女性	155.5	52.6	1.8
h	74	男性	171.0	66.8	1.8

2. 測定条件と測定場所

測定は、温度、湿度を一定の水準で管理維持できる実験室内で行い、周期的コンディションの変化を考慮し、被験者の測定は、同じ曜日の同じ時間帯で行った。実験室内の温度は25℃、湿度は40%で設定し、午前9時から午後16時の日中に測定を行った。測定場所は被験者らの居住地にある実験施設内で行った。

3. トレーニング内容

トレーニングは、トレッドミル上で最も歩きやすい至適速度を個々に確認させ、その個別の至適速度を基準に、上下30%の速度変化で3～6秒間隔で不規則的に変速するプロトコルを設定した。設定されたプロトコルによって、トレッドミル上での歩行を40分間、毎週2回行わせ、2ヶ月の期間間継続した。したがって、トレーニング回数はひとり16回となった。

4. トレッドミル

ミナト医科学社製トレッドミル (AUTO RUNNER AR-100) を用い、外部出力のRS-232C ケーブルからトレッドミルの速度制御を任意に変更可なプログラムによって、被験者ごとの変速速度の設定をおこなった。

5. 分析内容と方法

1) 通常歩行への影響

通常の歩行動作への影響を分析するために、トレーニング開始前とトレーニング終了直後に歩行時のビデオ撮影を行った。歩行方向に対し右側方から毎秒60コマで撮影し、得られた映像をフィジカルソフト社製 モーションビューワProによって2次元動作解析を行い、ストライド、踵接地時の爪先高、爪先離地時の体感角度、踵着地時の足関節角度を算出し分析を行った。

2) 変速歩行中の身体動揺

トレッドミル上での変速歩行に伴う身体動揺として、前後方向に焦点を絞り、歩行方向に対し左側方から毎秒60コマで撮影し、得られた映像をフィジカルソフト社製 モーションビューワProによって、肩峰と大転子点の2点の2次元座標から身体動揺の分析を検討した。

3) 平衡機能

トレーニング開始前とトレーニング終了後に、閉眼片足立ちによる平衡機能の調査を行った。

結果及び考察

1. 通常歩行への影響

変速トレッドミル上での40分間の歩行運動が、通常の歩行動作にどのような影響があるのかを検討した。図1は被験者aにおける1回のトレーニング開始前と終了後の通常歩行時の連続動作である。この連続動作の比較では、腕振り動作においてトレーニング終了時は開始前に比べ大きくなっていることがわかる。このような腕振り動作が大きくなる特徴が現れた被験者は、8名中5名であ

った(表2)。また、映像より2次元動作解析を行い、ストライド、踵接地時の爪先高、爪先離地時の体幹角度、踵着地時の足関節角度を算出したところ、ストライド、踵接地時の爪先高において、16回のトレーニング終了後が開始前に比べいずれも有意に高い値を示した(表2)。

この結果は、十分に脚を伸ばした状態で移動に伴う左右脚の交互動作がおこなわれていることを

示し、腕振り動作が大きくなったこととの関係性からも明らかであるといえる。また、有意な差は認められなかったものの、体幹角度においては、図2の被験者bのように、胸を張り視線を前に向けた歩行動作に改善されたケースもみられた。この体幹角度の変化は、歩行時の重心位置を適切に保つための重要な要素であることから、不規則的な変速トレッドミルにおける前後方向の重心位置の乱れを、体幹角度を広げることで適切な状態を

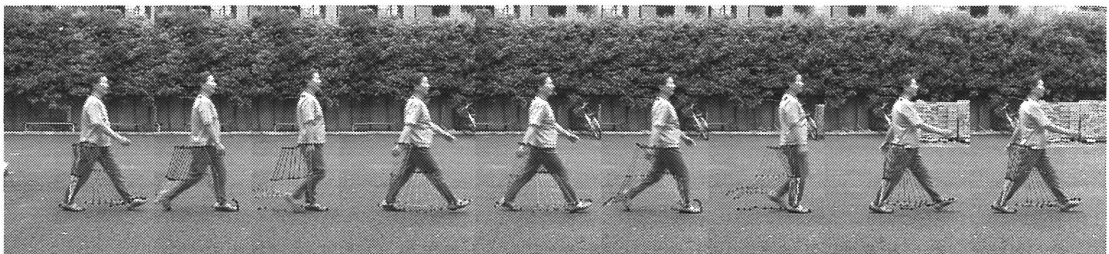


図1 被験者aにおけるトレーニング開始前(上)と終了後(下)の歩行動作の変化

表2 トレーニング開始前と終了後のストライド、踵接地時の爪先高、爪先離地時の体幹角度、踵着地時の足関節角度の比較

被験者	ストライド(cm)		踵接地時の爪先高(cm)		爪先離地時の体幹角度(度)		踵着地時の足関節角度(度)	
	前	後	前	後	前	後	前	後
a	38.2	38.6	8.2	8.6	2.1	2	98.2	98.4
b	34.6	36.2	7.2	7.3	2.4	2.3	103.2	97.5
c	39.7	39.6	8.6	8.7	3.2	2.1	97.3	105.1
d	42.1	43.5	9.6	10.5	4.2	3.2	98.3	99.8
e	40.3	41.2	8.3	9.3	4.3	4.5	97.2	98.4
f	37.1	37.2	7.6	7.3	3.6	3.5	103.1	97.2
g	35.7	35.9	6.9	7.3	1.4	2.5	105.3	103.3
h	33.6	34.2	8.5	8.8	2.4	1.5	99.6	96.2
平均	37.7	38.3	8.1	8.5	3.0	2.7	100.3	99.5
±標準偏差	3.0	3.1	0.9	1.1	1.0	1.0	3.1	3.1
P	0.022*		0.048*		0.369		0.630	

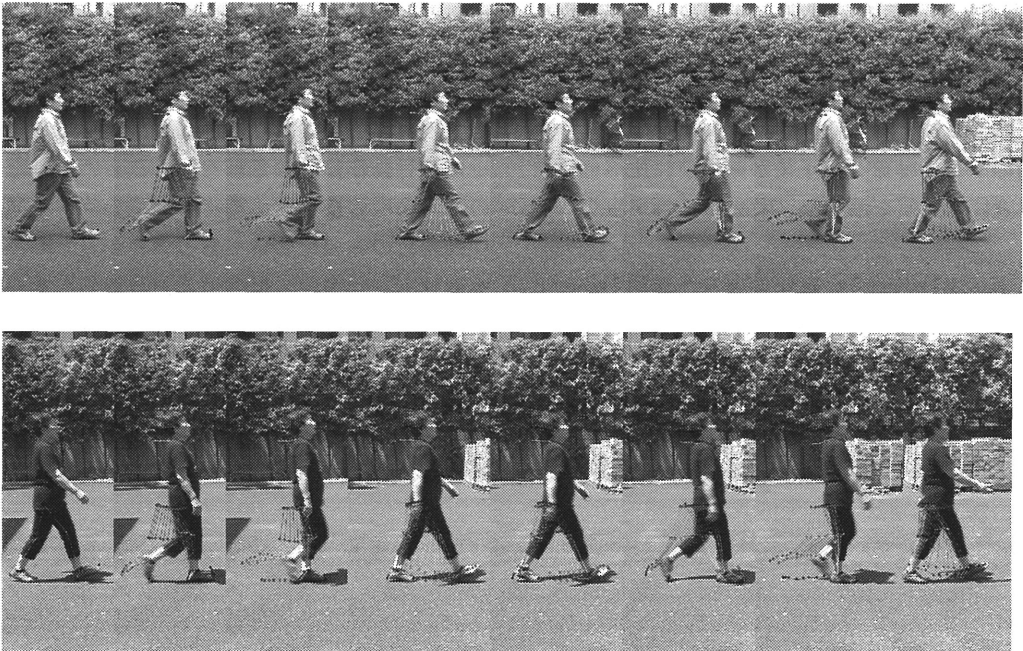


図2 被験者bにおけるトレーニング開始前(上)と終了後(下)の歩行動作の変化

つくりあげたものと考えることができる。一般的な高齢者の歩行動作の特徴としてあげられている、ストライドが小さく、腰が曲がり、視線が下を向いている動作は、今回の16回でのトレーニングでいずれも効果があるといえる。

2. 変速歩行中の身体動揺

これまでの研究より、変速歩行開始から10~15分で前後方向の身体動揺の減少がみられたことから、今回の40分間の歩行運動においても開始10~15分に着目して分析を行った。肩峰と大転子点の2点のXY座標の変化を平均化するため、各験者の平均XY座標を原点にして標準偏差の平均値を算出し、一定速と変速との比較を行った。一定速と変速での違いは肩峰の前後方向にのみ認められ、変速が一定速より大きな前後方向の動揺があることが認められた(図3)。

大転子の前後、上下方向に両者の違いが認められないことから、変速に伴う動的な姿勢調節能と

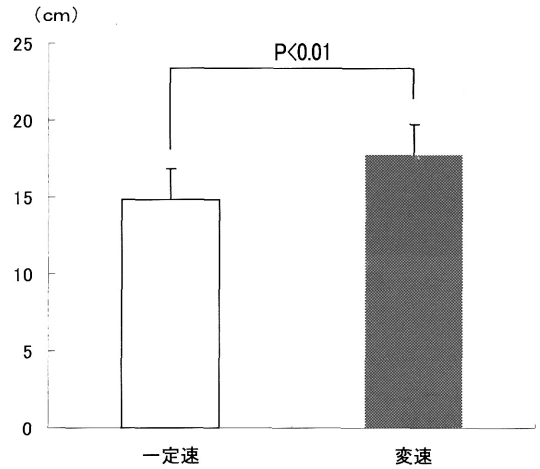


図3 肩峰におけるX軸動揺の比較

して上半身の体幹前後角度によって調節し、速度変化に適応しているものと考えることができる(図4)。通常歩行で確認された体幹角度の変化の特徴からも、トレッドミルの速度調節に体幹の前後の傾きでバランスを保っていると考えることが

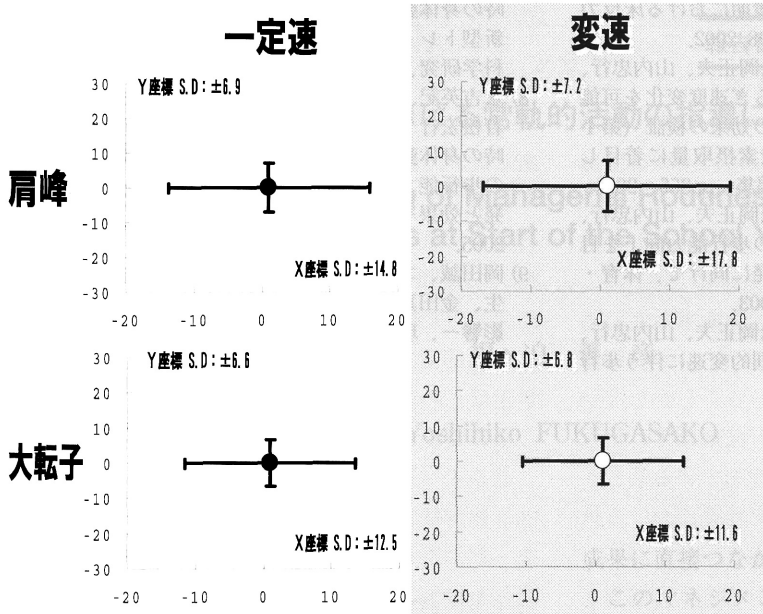


図4 一定速・変速歩行にみられる肩峰・大転子のX・Y軸動揺

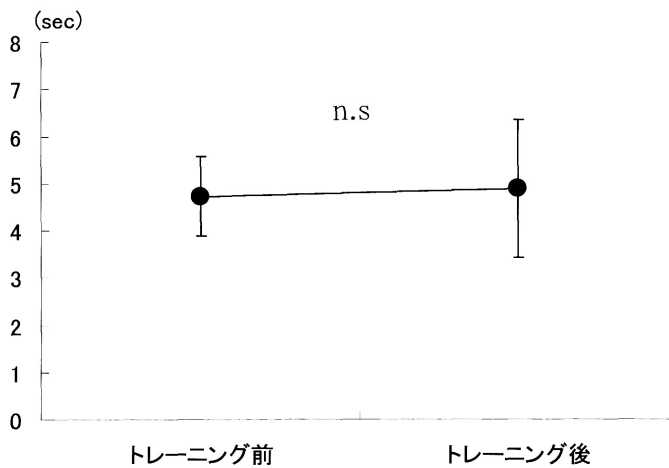


図5 閉眼片足立ちの変化

平均 4.73 ± 0.84 秒とトレーニング終了後の 4.87 ± 1.46 秒に有意な差は認められなかった(図5)。閉眼片足立ちは、静的姿勢調節能力の測定であるといえるが、本調査からはその関係は確認できなかった。

まとめ

本報告では、高齢者の歩行能力向上を目的とした変速トレッドミルの開発に際し、実際に中高年者を対象に、2ヶ月間、16回の変速トレッドミルにおける歩行トレーニングを実施し、通常歩行への影響、動的姿勢調節への影響、静的バランス能力への影響と4つの視点から検討を行った。結果から、トレーニングにより、通常の歩行動作のストライドを広げ、踵接地時の爪先高を高くさせ、腕振り動作を大きくする影響があった。また、変速歩行中は体幹角度で動的な姿勢調節を行い、この機能向上へのトレーニング方法として有効である可能性が示唆された。

できる。これらの歩行中の動作の変容と動的姿勢調節は、高齢者における歩行中の転倒予防のトレーニングとなり得ると考えられる。

3. 閉眼片足立ち

閉眼片足立ちの時間は、トレーニング開始前の

引用・参考文献

- 1) 枝松千尋：歩調と頭部動揺周期の規則性の関係，第17回日本バイオメカニクス学会大会号，2002。
- 2) 酒田岳臣：高齢者における床振動時の予測的姿勢調節適応能，金沢星陵大学人間科学研究所，第35号，4-26，2003。

- 4) 見波静、大道等：歩速の増減過渡期における床反力応答特性，*体力科学*，51(6). pp798, 2002.
- 5) 永吉英記、渡辺剛、清水敏寛、松岡正夫、山内忠行、若松宏行、木村真優子：1/fゆらぎ速度変化を可能とするトレッドミルの開発とその効果の検証（第1報）一歩行運動時の心拍数・酸素摂取量に着目して一，第59回日本体力医学会予稿集，pp355, 2004.
- 6) 永吉英記、渡辺剛、清水敏寛、松岡正夫、山内忠行、若松宏行、木村真優子：高齢者の歩行能力向上を目的とした新型トレッドミルの開発に向けて，*体育・スポーツ科学研究*，4，69-73，2003.
- 7) 永吉英記、渡辺剛、清水敏寛、松岡正夫、山内忠行、若松宏行：トレッドミルの不規則的変速に伴う歩行時の身体動揺一高齢者の歩行能力向上を目的とした新型トレッドミルの開発と効果一，*体育・スポーツ科学研究*，5，79-83，2005.
- 8) 永吉英記、渡辺剛、清水敏寛、松岡正夫、山内忠行、若松宏行：トレッドミルの不規則的変速に伴う歩行時の身体動揺とピッチとストライドの関係一高齢者の歩行能力向上を目的とした新型トレッドミルの開発と効果一，*国士舘大学体育研究所報*，23，55-59，2005.
- 9) 岡田誠、才藤栄一、櫻井宏明、鈴木由佳理、寺西利生、金田嘉滴：トレッドミル歩行分析一歩行速度の影響一，*理学療法学*，27，pp64，2000.