トレッドミルに乗り移る際の運動調節

Regulation of Step Length and Walking Velocity on Gait in Mounting a Treadmill

下重 孝幸¹⁾ 谷 浩明²⁾

TAKAYUKI SHIMOJU, RPT¹⁾, HIROAKI TANI, RPT²⁾

¹⁾ Kaigoroujinhokenshisetsu Onsenrihabicenter Nijinooka: 93-1 Yada, Daigo-machi, Kuji-gun, Ibaraki 319-3552, Japan.
TEL +81 295-72-4564

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science Odawara, International University of Health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 22(1): 163-166, 2007. Submitted Sep. 11, 2006. Accepted Nov. 10, 2006.

ABSTRACT: The objective of this research was to examine whether regulation of step length and walking velocity were observed as a timing control before mounting a moving surface, by-comparing mounting of a motorized treadmill with that of a stopped treadmill. Twenty healthy young adults participated in this experiment. We measured step length and walking velocity before mounting the motorized treadmill moving at a velocity of 1.8 km/h and a stopped treadmill. Coefficient of variation (CV) was the index of variance of step length. We found that although there was no difference in walking velocity between a motorized treadmill and a stopped treadmill, CV increased on nearing the treadmill in mounting both the motorized treadmill and the topped treadmill ($F_{4,190}=13.61$, $p<0.01$) and that CV increased at 2 steps before mounting the motorized treadmill ($p<0.01$). These results suggest two significant points. First, the gait in mounting the treadmill was affected by regulation of step length for transfer. Second, in mounting the motorized treadmill, regulation of step length was seen earlier than in mounting the stopped treadmill.

Key words: timing control, regulation of step length, treadmill

要旨: 本研究の目的は、動く支持面に乗り移るときのタイミング調節に歩幅調節、歩行速度が関与しているかどうかを検討することである。そのために作動しているトレッドミル（作動課題）と停止しているトレッドミル（停止課題）に乗り移る課題の歩幅の変化を比較することとした。対象は健康成人20名とした。作動課題と停止課題それぞれにおいて、トレッドミルに乗り移る前の歩行時の歩幅、歩行時間を計測した。歩幅のばらつきの程度は変動係数（CV）を用いて示した。また歩行距離と歩行時間から歩行速度を求めた。結果、作動課題、停止課題いずれにおいてもトレッドミルに近づくにつれ歩幅のばらつきが有意に変化した（ $F_{4,190}=13.61$, $p<0.01$ ）。特に作動課題では、トレッドミルに乗り移る-2歩手前において歩幅のばらつきが有意に増加した（ $p<0.01$ ）。歩行速度においては両課題間で差が認められなかった。これらのことから、床上からトレッドミルに乗り移る際の歩行は、踏み切りの歩幅調節の影響を受けることが確認され、作動課題ではより早期から歩幅調節が行われていることが確認された。

キーワード: タイミング調節、歩幅調節、トレッドミル

¹⁾ 介護老人保健施設 温泉リハビリセンター虹の丘；茨城県久慈郡大子町矢田93-1（〒319-3552）TEL 0295-72-6331

²⁾ 国際医療福祉大学 小田原保健医療学部理学療法学科

I. はじめに

高齢者の歩行において、転倒は大きなリスクである。実際の日常生活の中では、砂利道、濡れた地面、階段など高齢者の転倒を招くような歩行環境が数多く存在している。快適な移動手段として設置されているエスカレータも、動いている踏み面に乗り移るという動作が要求されるため高齢者やバランス障害がある方にとって安全に利用されているか疑問である。歩行中の環境と転倒の危険性について調べたものには、歩行障害物を想定した跨ぎ動作についての研究¹⁾⁴⁾やトレッドミル上歩行において外乱刺激を加えることでその姿勢制御反応を調べた研究⁵⁾などが知られている。エスカレータに関する研究は数少ないが、たとえば千葉ら⁶⁾は、障害者の屋外活動範囲拡大を目的とし、脳卒中片麻痺患者を対象にエスカレータへの乗り移り動作の観察を行った。そこで彼らは、エスカレータへの乗り移り動作ではどちらの下肢を先に出した方が乗りやすいかを検討すること、一側下肢を踏み出してから他側を離すまでの時間(両脚支持期)を短縮させるような動作練習をすることが必要であると述べている。このように、エスカレータへの安全な乗り移りに必要な要素を検討していくことは、移動能力が低下している人々の活動範囲を拡大させるためにも意義のあることである。

エスカレータに乗る際には、一定のリズムで次々に出てくる踏み面にタイミングを合わせて足を踏み出す必要がある。健常者の乗り移り動作を観察しているとエスカレータの前で一旦立ち止まらず、歩行から続けて踏み面に乗り移る場面をよく見かける。動く踏み面に対して、歩行しながらタイミングを合わせていると考えられるような調節がなされているのか興味深い。そこで本研究では、実際にエスカレータを使用する前段階としてトレッドミルを使用し、動く支持面と動かない支持面に乗り移ろうとする歩行時の歩幅と歩行速度に焦点を当てて比較検討することとした。

1. 対象

被験者は、異常歩行を呈するような神経疾患や整形外科疾患のない健常成人20名(男性10名、女性10名)とした。平均年齢は 23.9 ± 3.5 歳、平均身長は 165.0 ± 7.4 cm、平均体重は 59.1 ± 8.0 kgであった。なお、研究の目的と方法を十分に説明し、同意を得た被験者のみが実験に参加した。

図1 歩行路の区分

II. 方法

1. 課題

課題は、支持面の動かない床上歩行路から、作動しているトレッドミルに乗り移る作動課題と停止しているトレッドミルに乗り移る停止課題(コントロール課題)の2課題とした。

2. 手順

トレッドミルはOG GIKEN社製UA-Rを使用し、その手前に、パレット(1,500 mm×900 mm×120 mm)を縦方向に5台並べることでトレッドミルの高さに合わせた7.5 mの歩行路を作成した。模式図を図1に示す。

被験者は歩行路の末端に立ち、実験者からの開始の掛け声で「できるだけ速い」速度の歩行を開始した。被験者は7.5 mの床上歩行から続けてトレッドミルに乗り移った。トレッドミル作動課題で3試行、停止課題で3試行の合計6試行を行い、試行順序のランダム化を行った。なお、作動課題におけるトレッドミルの速度は分速30 m(時速1.8 km)とした。

7.5 mの歩行路のうち、はじめの2.5 mとあとの5 mの間にテープで境界線を引き、被験者は2.5 mを予備歩行し、残りの5 mの歩行において歩幅、歩行時間を計測した。歩幅は、被験者の靴底(踵部)に白絵の具を染み込ませたスポンジを装着しマーキングすることで、その距離をメジャーにより計測した。マーカーを見やすいようにするため歩行路には緑色のビニールマットを敷いた。歩幅の測定は、テープを跨いだ時点の歩幅から、床上とトレッドミル間を跨ぐ歩幅より一歩手前の歩幅までの値

を記録した。トレッドミルに乗り移る際、施行毎に歩幅が大きくなったり小さくなったり変化が大きい場所ほど歩幅によるタイミング調節をしている可能性があるため、本研究では、ばらつきの程度を示す変動係数(Coefficient of Variation: 以下CVとする)をパラメーターとして算出した。作動課題、停止課題それぞれ3回測定した歩幅の実測値からCVを求めた。CVの算出に使用した歩幅の値については、トレッドミルに踵接地した時のステップを0歩、その直前の踵接地時のステップを-1歩として、-1歩から-5歩までの5歩分の値を用いた。歩数の定義を図2に示す。また、歩行時間はテープを跨いだ時点の踵接地から、トレッドミルに移った踵接地までをストップウォッチにて計測し歩行速度を算出した。

3. 統計解析

CVにおいては、統計処理ソフトウェア「Stat View」を用いて二元配置分散分析を行い作動課題、停止課題を比較した。ステップ間の比較においては、多重比較検定(Tukey-Kramer)を行った。さらに、各ステップの作動課題と停止課題のCVについては統計ソフト「Excel」を用いて対応のあるt検定で比較した。歩行速度においては、統計ソフト「Excel」を用いて対応のあるt検定を行い、作動課題、停止課題を比較した。統計処理はいずれ

も有意水準5%未満とした。

III. 結 果

結果を表1に示す。表1は被験者20名のトレッドミル停止課題と作動課題における平均のCVと歩行速度を示している。二元配置分散分析の結果、CVは作動課題、停止課題に関わらず同じような変化を示した($F_{4,190}=13.61$, $p<0.01$)。また多重比較検定の結果、作動課題、停止課題の両者において-5歩、-4歩、-3歩、-2歩と-1歩の間に有意差が確認された($p<0.05$)。各ステップでのCVの比較では、対応のあるt検定の結果、-2歩目において作動課題のCVが停止課題に比べ有意に大きいことが確認された($p<0.01$)。歩行速度の比較では、対応のあるt検定の結果、両課題間に差は見られなかった。

IV. 考 察

今回は、作動している時と停止している時の2パターンのトレッドミルに乗り移る前の歩行に、運動学的調節としての歩行速度変化による調節、また歩幅調節が生じるかどうかについて比較検討した。

今回の結果から、両課題間に歩行速度の差は見られず、動く支持面の影響を受けた速度の変化は示すことができなかった。本研究で使用したトレッドミルでの課題設定が歩行速度に変化を及ぼすまでに至らなかった可能性があるが、今回測定した歩行速度は歩行距離5 m内の平均速度であったため、トレッドミルに近づくにつれての歩行速度の変化までは把握しきれていない。よって、測定方法を検討し歩行中の速度変化にも注目することで、より細かな歩行調節の評価を行う必要がある。

歩幅値のCVの比較においては、両課題ともに同様の変化を示し、-1歩の時点でCVが最大となった。トレッドミルの作動の有無に関わらず、トレッドミルに移る直前でばらつきが大きくなるということは、床上とトレッドミル間の境界部を適度な歩幅間隔で跨げるように歩幅を大きくしたり小さくしたりする調節、いわゆる踏み

図2 歩数の定義

トレッドミルに踵接地した歩数を0歩、その直前の踵接地時の歩数を-1歩として、-1から-5歩までの5歩分の歩幅値を使用した。

表1 トレッドミル停止課題と作動課題のCVと歩行速度の平均(n=20)

トレッドミル課題	step(単位:%)					歩行速度(単位:m/sec)
	-5	-4	-3	-2	-1	
停止課題	3.0 ± 0.3	2.7 ± 0.5	2.3 ± 0.3	2.8 ± 0.3	5.4 ± 0.8 ^{††}	1.44
作動課題	2.7 ± 0.5	2.6 ± 0.2	2.9 ± 0.4	4.7 ± 0.6	6.8 ± 1.1 ^{††}	1.45

**: $p<0.01$, ^{††}: $p<0.05$

切りに合わせるような歩幅調節を行っていたと考えられる。踏み切りにおける歩幅調節の研究は、走り幅跳び等のスポーツ分野で多くなされている。走り幅跳びにおける助走動作の研究⁷⁾でも、踏切板に近づく助走終末段階において歩幅のばらつきが確認されている。また、踏み切り直前に歩幅を大きくすることで踏み切り調節をしていることも確認されている⁸⁾。

各ステップでのCVの比較においては、作動課題の1-2歩目のCVが有意に大きかった。このことから、作動しているトレッドミルに乗り移る課題では歩幅のばらつきがより早い時期から生じていることが確認された。中村⁷⁾は、走り幅跳びの助走動作の研究において、踏切板を踏み切ってから跳躍した場合は踏切板4歩手前から、また踏切板を踏み切ってからそのまま走り抜けた場合は踏切板1歩手前から歩幅が調節されていることを確認し、歩幅調節がその後の運動パターンによって影響を受けることを示唆した。森ら⁸⁾は、走り幅跳びにおける助走の局面と踏み切りの局面のそれぞれの動作調節について述べている。助走においては、練習の繰り返しによって得られた運動プログラムによって説明され、踏み切りにおいては、視覚的な直接知覚によって歩幅の微調整が行われていると説明している。つまり、今回の研究結果で示された歩幅のばらつき変化も床上・トレッドミル間に近づくまでは一定の歩行パターン(歩行という運動プログラム)をとっており、床上・トレッドミル間直前では、視覚的影響により歩幅調節を行っている可能性が考えられる。また、作動課題における歩幅調節が停止課題よりも早い段階から行われるという結果も、床上・トレッドミル間を跨いだ後の状況が動いている支持面という影響を受けていると考えられ、乗り移る直前のステップではなく、それより前のステップの段階から歩幅調節を行い、よりスムーズに床上とトレッドミルの間を

跨ぐ準備をしていたと考えられる。

本研究では、歩行速度に変化が見られず、歩幅による調節をCVの変化によって考察したが、両課題における歩行の調節については歩行開始時、あるいはトレッドミルへの接地時の左右足部の踏み出し順序や利き足の確認、床上歩行路とトレッドミル境界部への足部の接地の有無、歩行時の視線の位置などコントロールすべき要素は数多く存在している。今後はそれらの要素や年齢の差による変化、またトレッドミルの速度変化時の影響などを考慮し検討していく必要がある。

引用文献

- 1) 日下部良邦, 松永隆信, 喜久生明男・他: またぎ動作における床反力の検討—自由歩行との比較—. 整形外科バイオメカニクス, 1990, **12**: 289-288.
- 2) 日下部良邦, 松永隆信, 糸数万正・他: またぎ動作における床反力の検討—障害物の高さを変えた場合—. 整形外科バイオメカニクス, 1991, **13**: 125-129.
- 3) 日下部良邦: またぎ動作における床反力の検討. 岐阜大医紀, 1994, **42**: 292-303.
- 4) 渡部和彦: 高齢者歩行時の障害物への対応. 保健の科学, 1993, **35**(2): 93-97.
- 5) 酒井美園, 大淵修一, 柴 喜崇・他: 歩行時の外乱刺激適応課題にみられる姿勢制御反応—高齢者と若年者の筋反応パターンの比較—. 第18回バイオメカニズムシンポジウム, 2003, pp9-19.
- 6) 千葉かづ子, 秋山純和: 脳卒中片麻痺患者のエスカレーター使用に関する調査. 東北理学療法学, 1992, **4**: 51-54.
- 7) 中村祥子: 走り幅跳びにおける助走動作の制御メカニズムとは?—下肢の協応構造からの検討—. 運動学習研究会報告集, 2002, **12**: 10-16.
- 8) 森 司朗, 岡田敬榮: 走り幅跳びにおける歩幅調節に関する研究—踏切板の有無に関して—. 東京学芸大学紀要1部門, 1999, **50**: 209-214.