

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：83903

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19335

研究課題名（和文）トレッドミルと平地歩行の歩容解析に基づいたトレッドミル歩行介入効果の検証

研究課題名（英文）Effectiveness of Treadmill Walking Intervention Based on Gait Analysis of Treadmill and Flatland Walking

研究代表者

相本 啓太 (AIMOTO, Keita)

国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・病院・理学療法士

研究者番号：00790495

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）：本研究では、平地歩行とトレッドミルの歩行を解析し、その類似度と身体機能との関連を検討した。

トレッドミル歩行に対する平地歩行の比（歩行比）を算出した（歩行比が1に近いと類似性が高い）。解析対象としたトレッドミル歩行は、0.5～1.0倍の6種類の速度のうち、快適に歩くことができた速度（快適速度）と1.0倍の2種類とした。“快適速度”、“1.0倍”の両条件において、歩行比を算出した。結果は、快適速度、1.0倍のトレッドミル歩行比とともに統計的に有意に関連した身体機能評価は、ケイデンスであった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トレッドミル歩行と平地歩行の特徴的な違いとして、ケイデンスが上げられる可能性が示唆された。ケイデンスを元にトレッドミル歩行の速度を調整したり、トレッドミル歩行ではなく平地歩行を優先的に実施することで、効率的な運動学習を促せる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, I analyzed ground walking and treadmill walking, and examined their similarity and relationship to physical function. The ratio of ground walking to treadmill walking (gait ratio) was calculated. Six types of treadmill walking were performed, ranging from 0.5 to 1.0 times. Of these, two types were included in the analysis: 1.0x and the speed at which the subject was able to walk comfortably (comfortable speed). Gait ratios were calculated for both the "comfortable speed" and "1.0x" conditions. The results showed that the physical function assessment that was statistically significantly associated with both comfortable speed and 1.0x treadmill gait ratio was cadence.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：歩行 トレッドミル

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーションにおける歩行練習として、トレッドミルは非常によく使用されている。脳卒中片麻痺患者に関する systematic review において positive な効果が報告され (Mackay-Lyons M, 2013) 脳卒中治療ガイドライン 2015 においても、“トレッドミル訓練は脳卒中患者の歩行を改善するので勧められる”としてグレード B とされている。

歩行動作の獲得、つまり運動学習の効果を決める重要な要素の 1 つに課題の類似性があげられる (才藤, 2004)。健常者であれば容易にトレッドミル上で歩行でき、その際のキネマティクスも類似している (Stolze H, 1997 Alton F, 1998) ことから、トレッドミルと平地は区別されずに使用されている。しかしながら、臨床の場では、トレッドミルでの歩行練習を行った際に著明に歩幅や単脚支持時間が減少し、平地での歩容と全く異なる患者に遭遇することが多い (図 1)。特に、身体機能が低い患者において、平地歩行とトレッドミル歩行の差が顕著になる印象を感じる。トレッドミルと平地で歩容が異なっている (類似性が低い) と、適切な運動学習につながりにくいことが考えられる。したがって、トレッドミル歩行練習の効果が出やすい人と効果が出にくい人がいると考える。実際にトレッドミルは歩行練習の効果に個人差があるという報告 (Mehrholz J, 2014) もある。トレッドミル歩行練習の効果には、歩容の個人差による影響が含まれると考えた。

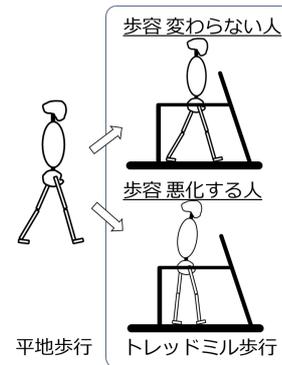


図1 トレッドミル歩行による歩容が変わる例

2. 研究の目的

本研究では、平地歩行とトレッドミルの歩行を解析し、その類似度と身体機能との関連を検討し、平地とトレッドミル歩行の類似性に影響を与える身体機能を同定することである。

3. 研究の方法

当センター回復期リハビリテーション病棟入院患者 44 名 (年齢 72 ± 10 歳、男性 21 名) を対象とした。疾患は、脳血管疾患 26 名、骨関節疾患 18 名であった。選択基準として、病棟歩行が自立しており、トレッドミル上の歩行を杖・手すりなどを使用せず理学療法士の監視の下で行うことができ、今回の研究に関するインフォームドコンセントが得られた患者とした。なお、トレッドミル上の歩行に対する“慣れ”を考慮するため、対象者は前日までに合計 10 分以上のトレッドミル上での歩行練習を実施した。除外基準としては、コントロール不良の高血圧者 (収縮期血圧 180mmHg 以上あるいは拡張期血圧 120mmHg 以上)、安静時心拍 120/分以上の者、心機能・呼吸機能障害により運動制限のある者、高次脳機能障害もしくは認知症により説明内容の理解が不十分な者とした。

1) 平地歩行の解析

平地歩行 (約 8m) を通常速度で行い、歩行路を取り囲むように設置した 9 台のビデオ (sony, RX0-) での撮影を行った。なお、8 台のビデオは、パソコンから有線 LAN ケーブルにて接続し、専用のアプリケーションにて同期させて一括録画をすることができる。動画のサンプリング周波数は 60Hz とした。撮影した歩行動画を、LAN ケーブルを通じてパソコンにインポートした。インポートした動画から、THEIA markerless 社のマーカレス動作解析ソフト Theia3D を用いた座標推定にて行った。肩関節、股関節、膝関節、足関節などの推定された特徴点の座標から解析ソフトウェアの Visual3D (c-motion 社) を用いて、歩行周期、歩幅、ストライド長、ケイデンス、歩隔の平均値と標準偏差を算出した。なお、接地、離地のタイミングについては、JA Zeni Jr らの報告 (2008) をもとに決定し、歩行開始直後と終了直前のそれぞれ約 2 歩行周期を除いた区間を解析対象とした。

2) トレッドミル歩行の解析

トレッドミル歩行はトレッドミルを取り囲むように設置した 7 台のビデオで撮影した。トレッドミルの歩行速度は、トレッドミル歩行実施直前に快適速度での 10m 歩行を実施し、その歩行速度の 0.5 倍、0.6 倍、0.7 倍、0.8 倍、0.9 倍、1.0 倍の 6 種類とした。動画は各速度において 30 秒ずつ撮影した。トレッドミルには、Virtual Reality 付きトレッドミルの GRAIL (Gait Real-time Analysis Interactive Lab) を使用した。対象者には、6 種類の速度のうち最も快適に歩けると感じる歩行速度を聴取した。

歩行解析は、平地歩行と同様の手順で実施した。

3) 評価項目の算出

トレッドミル歩行に対する平地歩行の比（歩行比）を算出した（歩行比が1に近いと類似性が高い）。解析対象としたトレッドミル歩行は、0.5~1.0倍の6種類の速度のうち、快適に歩くことができた速度（快適速度）と1.0倍の2種類である。“快適速度”、“1.0倍”の両条件において、歩行比を算出した。

対象者の歩行・バランスを中心とした身体機能評価は以下の項目を実施した。

【身体機能評価項目】

- ・歩行評価 : 平地 10 m 歩行速度（通常速度、最大速度）
- ・バランス評価 : Functional Reach Test、Timed Up & Go Test、SIDE(Standing Test for Imbalance and Disequilibrium)
- ・筋力評価 : 膝伸展筋力、握力

身体機能評価と歩行解析による時間距離因子データからの歩行比との関連を相関分析にて検討し、歩行比と関連の強い機能評価を抽出した（有意水準 5%）。

4. 研究成果

対象者の身体機能を、表1に示す。

トレッドミルでの“快適速度”および“1.0倍”での歩行比と各心底機能との相関係数を表2、3に示す。また各歩行条件での歩行解析の結果を表4に示す。

表1 対象者の身体機能

評価項目	値
10m快適歩行速度	1.19 ± 0.20 m/秒
10m最大歩行速度	1.50 ± 0.29 m/秒
TUGT	9.04 ± 2.65 秒
FRT	28.7 ± 6.6 cm
SIDE	3 [3-4]
握力（左右平均）	19.3 ± 8.8 kgf
膝伸展筋力（左右平均）	23.2 ± 10.1 kgf

平均値±標準偏差 中央値 [四分位範囲]
TUGT : Timed up & Go Test
FRT : Functional Reach Test
SIDE : Standing Test for Imbalance and Disequilibrium

表2 : 快適速度トレッドミルでの歩行比と各身体機能との相関係数

	快適歩行速度	最大歩行速度	TUGT	FRT	SIDE	握力	膝伸展筋力
歩行周期_平均	-0.16	-0.11	-0.11	0.10	0.00	0.04	0.21
歩行周期_標準偏差	-0.24	-0.24	-0.20	-0.15	0.09	0.01	0.06
ステップ長_平均	-0.18	-0.24	-0.14	0.26	0.17	0.13	0.26
ステップ長_標準偏差	-0.18	-0.16	-0.14	0.05	0.26	0.01	-0.05
ケイデンス_平均	0.18	0.17	0.19	-0.13	-0.07	-0.16	-0.37*
ストライド長_平均	-0.12	-0.20	-0.08	0.25	0.10	0.13	0.22
速度	-0.06	-0.16	-0.06	0.24	0.12	0.14	0.14
歩隔_平均	-0.09	-0.03	-0.06	0.11	0.24	-0.01	-0.12
歩隔_標準偏差	-0.21	-0.28	-0.19	0.00	0.24	0.06	0.32

* : p<0.05

TUGT : Timed up & Go Test

FRT : Functional Reach Test

SIDE : Standing Test for Imbalance and Disequilibrium

表 3 : 1.0 倍トレッドミルでの歩行比と各身体機能との相関係数

	快適歩行速度	最大歩行速度	TUGT	FRT	SIDE	握力	膝伸展筋力
歩行周期_平均	-0.23	-0.26	-0.05	0.01	0.01	0.05	0.08
歩行周期_標準偏差	-0.13	-0.09	-0.05	-0.20	0.02	-0.01	-0.07
ステップ長_平均	0.05	-0.05	-0.01	0.19	-0.06	0.16	0.27
ステップ長_標準偏差	-0.12	-0.12	-0.08	-0.02	0.17	-0.01	-0.09
ケイデンス_平均	0.10	0.15	0.11	-0.21	-0.09	-0.21	-0.43*
ストライド長_平均	0.02	-0.07	-0.02	0.21	-0.10	0.18	0.26
速度	0.18	0.10	0.00	0.13	-0.13	0.16	0.09
歩隔_平均	-0.01	0.04	0.03	-0.02	0.11	-0.11	-0.20
歩隔_標準偏差	-0.21	-0.28	-0.21	0.00	0.24	0.05	0.32*

* : p<0.05

TUGT : Timed up & Go Test

FRT : Functional Reach Test

SIDE : Standing Test for Imbalance and Disequilibrium

表 4 : 各条件での歩行解析の結果

	快適速度トレッドミル	1.0 倍トレッドミル	平地歩行
速度 (m/秒)	0.84	1.17	1.21
歩行周期 (秒)	1.02	0.93	1.01
ケイデンス (歩数/分)	119.5	130.0	119.5
ストライド長 (m)	0.85	1.09	1.22
歩隔 (m)	0.17	0.17	0.13

相関係数において、統計的有意差が認められたのは、快適速度トレッドミルにおけるケイデンスと膝伸展筋力、1.0 倍トレッドミルにおけるケイデンスと膝伸展筋力、歩隔の標準偏差と膝伸展筋力であった。ケイデンスが、トレッドミルのどちらの速度条件においても、筋力と有意な相関関係を認めた。

平地歩行に対して、快適歩行速度トレッドミルの特徴は、歩行速度は遅く、その要因としては、ケイデンスが平地歩行と一致する一方でストライド長が約 0.7 倍であることに由来していた。Central Pattern Generators によりヒトの歩行は律動的である (Dimitrijevic M et al, 1998 Dietz V et al, 2002) とされ、主観的に快適であると捉える歩行には歩行のリズムを示すケイデンスが影響している可能性がある。1.0 倍トレッドミルの特徴は、速度は平地歩行と同程度であるものの、ケイデンスは約 1.1 倍で、ストライド長は 0.9 倍であった。快適速度トレッドミル、1.0 倍トレッドミルにおいてそれぞれの特徴が見られた。

本研究より、トレッドミル歩行における特徴的な因子として、ケイデンスが考えられた。ケイデンスを元にトレッドミル歩行の速度を調整したり、トレッドミル歩行ではなく平地歩行を優先的に実施したりすることで、効率的な運動学習を促せる可能性が考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 相本啓太
2. 発表標題 マーカレスモーションキャプチャと臨床応用
3. 学会等名 第5回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相本啓太、加藤健治
2. 発表標題 ロボット技術・AIを活用した介護支援とリハビリテーションへの展開
3. 学会等名 第5回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 晨太郎、相本 啓太、松村 純、大脇 駿平、浅井 裕介、伊藤 直樹、近藤 和泉
2. 発表標題 平地歩行と複数速度条件下におけるトレッドミル歩行との比較
3. 学会等名 第5回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
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
---------	---------