

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11386

研究課題名（和文）脳卒中患者にVRを使用し歩行速度誤認識を形成させた、トレッドミル歩行介入の効果

研究課題名（英文）Effect of the treadmill walking intervention that formed walking speed misrecognition to stroke patients using Virtual reality device

研究代表者

高見 彰淑（Takami, Akiyoshi）

弘前大学・保健学研究科・教授

研究者番号：80610691

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者において、実際の歩行速度と事前に提供された仮想現実（Virtual Reality；以下VR）の歩行映像に、意図的に速度差をつけ、速度の誤認識を形成させた直後、後進歩行練習を実施した。この介入方法について、歩行やバランス能力に関する効果について検証すべく、ランダム化比較対照試験を実施した。対象は歩行可能な脳卒中患者41名で介入群19名、対照群22名でランダムに割り付けた。介入期間は3週間であった。結果、介入群が対照群と比較して、バランス機能や歩行など移動能力に有意な改善が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中患者において、仮想現実（Virtual Reality；以下VR）を用い、速度誤認識を形成させた際の後進歩行の介入効果に関する、3週間のランダム化比較対照試験を実施した。対象は歩行可能な脳卒中患者41名で介入群19名、対照群22名でランダムに割り付けた。介入期間は3週間として効果を比較した。移動能力やバランス能力が改善した。また、前頭前野を中心とした脳血流量の増加も認めたことは、リハビリテーション上科学的見地に立った、脳卒中患者の歩行能力向上やADLの早期獲得の一助になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Stroke patients intentionally created a difference in speed between their actual walking speed and a virtual reality (VR) walking video provided in advance, and immediately after that they formed a false perception of speed, and then practiced backward walking. carried out. A randomized controlled trial was conducted to test the effects of this intervention on walking and balance ability. Forty-one ambulatory stroke patients were randomly assigned to the intervention group (19) and the control group (22). The duration of the intervention was 3 weeks. As a result, compared with the control group, the intervention group showed significant improvement in mobility, such as balance function and walking.

研究分野：脳卒中リハビリテーション

キーワード：脳卒中 仮想現実 後進歩行 脳血流量 ランダム化比較対照試験

1. 研究開始当初の背景

脳卒中急性期患者に申請者のグループは、トレッドミル後進歩行を部分免荷にて実行し、その効果があるかランダム化割り付けを用いた比較臨床試験 (controlled clinical trial) を行い比較検討した。3 週間の介入結果、部分免荷トレッドミル後進歩行トレーニング群が、平地歩行練習群や部分免荷トレッドミル前進歩行群と比べ、歩行速度と移動能力が有意に改善する結果となり、一定の介入効果を説明できた¹⁾。しかし、脳賦活など介入効果の原因解明に至っておらず、さらに身体パフォーマンス全体の底上げには結びついていない。

また、仮想現実には現実におきている事象や現象について錯覚を利用して、疑似体験するものである。この錯覚を逆にとり、実現実意と仮想現実で速度 (歩行) の誤差を形成させ活用した運動療法介入は見当たらない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、従来のトレッドミル前進および後進歩行練習を、Virtual Reality (VR) を使用した仮想現実後に行い、事前の速度と仮想現実の速度を誤認識させることで、脳卒中患者に介入効果として期待できるのか比較臨床試験 (controlled clinical trial) を通じ、明らかにすることである。

また、その根拠の一助として、上記手段での脳血流量変化について近赤外線分光法を用いて測定し、脳科学的見地から有用性について解明することも目的としている。

3. 研究の方法

(1) 歩行速度誤認識の介入効果究明の一手段として、光トポグラフィーによる脳局所活性化に変化があるか、仮想現実下でのトレッドミル前進歩行と後進歩行の比較を行うべくデータ収集した。測定は機能的近赤外分光法 (fNIRS) による光イメージングで行った。

実験 1; 対象は、健常成人 18 名。方法は、近赤外線分光分析装置 (OEG-16、Spectratech) を用い、トレッドミル前進歩行 20 秒間、および後進歩行 20 秒間、実施頻度は 1 回ずつ。光イメージング装置での計測は前後 20 秒間を含め 60 秒計測する。上記 2 条件は実施にあたり、連続して行う際は、前条件の影響を除外するため 3 分以上の休息を安静座位にて行う。仮想現実用に歩行場面を映像でながす仮想現実 (Virtual Reality; 以下 VR) 用グラスを装着した。なお、測定部位は前頭前野、運動前野、補足運動野近辺で、測定項目は酸素化ヘモグロビン値、脱酸素化ヘモグロビン値 (血流量変化) を測定し比較した。

実験 2; 対象は脳卒中患者 21 名。方法は実験 1 と同様に実施した。

(2) 脳卒中に対する Virtual Reality 下の疑似的錯覚を使用した歩行映像が実際の歩行に及ぼす即時的効果として、本研究の目的は脳卒中患者に対し、実測での歩行速度より速い歩行映像を VR で視聴させ、錯覚を生じさせることで歩行への影響を知ることである。対象は、脳卒中患者 12 名 (63.3 ± 10.0 歳) ですべて初発脳卒中の者とした。対象者への映像の提供は快適歩行時間の実測値を測定しておき、所要時間よりも 1 段階速い VR 映像を対象者に 2 分間視聴させた。視聴直後、快適条件での 10m 歩行を再度 1 回計測し即時効果をみた。十分な休息後、同じ条件で

再度歩行映像を視聴させ今度は最大歩行速度で所要時間を測定した。解析は、介入前後の歩幅・歩行率・歩行速度を比較検討した。

(3)脳卒中患者において、仮想現実にて速度誤認識を形成させた際の後進歩行の介入効果に関する研究を行った。実際の歩行速度と事前に提供された仮想現実 (Virtual Reality ; 以下 VR) の歩行映像に、意図的に速度差をつけ、速度の誤認識を形成させた直後、後進歩行練習を実施した。この介入方法について、歩行やバランス能力に関する効果について検証すべく、ランダム化比較対照試験を実施した。対象は歩行可能な脳卒中患者 41 名で介入群 19 名、対照群 22 名でランダムに割り付けた。介入期間は 3 週間として、歩行速度や歩数、移動性指数、バランス能力をアウトカムとして効果を比較した。

4 . 研究成果

(1) 歩行速度誤認識の介入効果究明の一手段として、光トポグラフィーによる脳局所活性化に変化があるか、仮想現実下でのトレッドミル前進歩行と後進歩行の比較を機能的近赤外分光法 (fNIRS) による光イメージングで行った。

実験 1 ; 対象は、健常成人 18 名。分析項目は、血流量変化と賦活部位の特定 (情報処理) 、安静立位および前進と後進レッドミル歩行の仮想現実視聴前後の比較を検証している。結果は VR 視聴後の後進歩行実施時のみ脳血流量が有意に向上していることが判明した ($p=0.04$) 。 VR 視聴後の後進歩行でのみ前頭前野の脳活動の増加が認められた。これは、VR 視聴により速度誤認識が形成されたことによる影響であると考えられる。対象者は時速 3 km の歩行映像視聴後に、速度を誤認識した状態で実歩行を行う際、歩行速度を適応させる、いわば運動の補正が必要になることが考えられる。前進歩行については、高度に自動化された動作であり、大脳皮質が積極的に動員されるとは考えづらい。それに対し、後進歩行は進行方向の視覚情報が乏しく、バランスを崩しやすい動作であり、また下肢の振り出しに股関節伸展運動を必要とする非日常的な歩行パターンをとるため、自動化されていない動作であると考えられる²⁾。そのため、その運動の補正は自動的には行われず、大脳皮質、とりわけ前頭前野や運動前野を中心に、随意的側面が強く作用して行われることが推察される。

実験 2 ; 対象は脳卒中患者 21 名。方法は実験 1 と同様に実施した。結果は、VR 視聴中の後進歩行および VR 視聴後の後進歩行で右前頭前野の有意な脳賦活が確認された ($p=0.037$) 。 VR 視聴後の歩行においても右前頭前野の有意な活動の増加が認められた。これは健常例同様、VR 視聴により映像と実歩行の速度誤認識が生じたことで脳賦活が生じたと考えられる。前進歩行と後進歩行の比較では、VR 視聴後の後進歩行時に両側、特に右前頭前野の活動が増加する結果であった。後進歩行は非日常的な自動化されていない動作であると考えられるため、その遂行には、前進歩行時よりも高い姿勢制御機能や視空間性能力、空間性の注意機能が必要となり、それらに關与する右半球の前頭前野の活動が有意に増加したことが推察される³⁾。前進歩行と後進歩行の比較では有意な脳活動の増加は認められなかったが、後進歩行条件での結果から考えると、前進歩行に比べ後進歩行の脳賦活への効果性は高いと判断できると考えられた。

(2) 脳卒中患者 12 名 (63.3 ± 10.0 歳) ですべて初発脳卒中の者とした。対象者への映像の提

供は快適歩行時間の実測値を測定しておき、所要時間よりも1段階速いVR映像を対象者に2分間視聴させた。視聴直後、快適条件での10m歩行を再度1回計測し即時効果をみた。十分な休息後、同じ条件で再度歩行映像を視聴させ今度は最大歩行速度で所要時間を測定した。解析は、介入前後の歩幅・歩行率・歩行速度を比較検討した。結果、快適歩行では介入前後で、歩行率が有意に向上した($p < 0.05$)。歩行速度、歩幅は差がなかった。また、最大歩行速度も同様に差を認めなかった。歩行率が有意に増加した原因として、VR映像を視聴することによって生じる、オプティックフローや視覚誘導性自己運動錯覚により⁴⁾、錯誤で生じた賦活された補足運動野や運動前野が直後の歩行に影響を及ぼしたのではないかと推察された。

(3)脳卒中患者において、仮想現実にて速度誤認識を形成させた際の後進歩行の介入効果に関する研究を行った。実際の歩行速度と事前に提供された仮想現実(Virtual Reality; 以下VR)の歩行映像に、意図的に速度差をつけ、速度の誤認識を形成させた直後、後進歩行練習を実施した。この介入方法について、歩行やバランス能力に関する効果について検証すべく、ランダム化比較対照試験を実施した。対象は歩行可能な脳卒中患者41名で介入群19名、対照群22名でランダムに割り付けた。介入期間は3週間として、歩行速度や歩数、移動性指数、バランス能力をアウトカムとして効果を比較した。結果はBBSの改善度で有意差が認められた(それぞれ介入群 5.8 ± 5.4 vs コントロール群 2.6 ± 2.6 ; $p = 0.03$, 効果量 $r = 0.34$)。また、RMIの改善においても有意差が認められた(それぞれ介入群 2.5 ± 1.8 vs コントロール群 1.2 ± 2.4 ; $p = 0.02$, 効果量 $r = 0.36$)。更に、歩行速度においても改善度で有意差が認められた(介入群 22.8 ± 15.9 vs コントロール群 14.6 ± 16.4 ; $p = 0.04$, 効果量 $r = 0.32$)。有意差が認められた3項目における効果量については、いずれも0.3以上と中等度の効果量であった。また、副次的アウトカムのFIM運動項目については、移動と入浴動作に関連する項目で、介入群・コントロール群ともに改善が認められたが、改善度の比較では、群間比較で有意差は認められなかった。結論として3週間の介入を実施した結果、Berg Balance Scale、Rivermead Mobility Index、歩行速度の有意な改善が認められ、回復期脳卒中患者に対するVRと後進歩行を組み合わせた介入は、バランス機能やモビリティの改善に有効である可能性が示唆された。

引用文献

- 1) Takami A et al : Effects of Partial Body Weight Support while Training Acute Stroke Patients to Walk Backwards on a Treadmill - A Controlled Clinical Trials Using Randomized Allocation . J.Phys. Their. Sci.22 : 177 - 187 , 2010.
- 2) Naitou I et al: The Dynamics of Blood Oxygen in the Brain of Healthy Young Adults in the Performance of Various Walking Styles . Rigakuryoho Kagaku 28(4): 435-440, 2013
- 3) Utiyama Y : The clinical features of attention deficits, Japanese Journal of Neuropsychology 34; 155-162, 2018 .
- 4) Maiko Uesaki et al : Computational neuroanatomy of human stratum proprium of interparietal sulcus , Brain Struct Funct 223:489-507 , 2018

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Taguchi Jun, Takami Akiyoshi, Makino Misato	4. 巻 34
2. 論文標題 Changes in cerebral blood flow before, during, and after forward and backward walking in stroke patients trained using virtual reality walking videos with deliberately induced inaccuracies in walking speed estimations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 668 ~ 672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.34.668	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 Takami Akiyoshi, Watanabe Koh, Makino Misato	4. 巻 33
2. 論文標題 Immediate effect of video viewing with an illusion of walking at a faster speed using virtual reality on actual walking of stroke patients	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 560 ~ 564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.33.560	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 Takami Akiyoshi, Taguchi Jun, Makino Misato	4. 巻 33
2. 論文標題 Changes in cerebral blood flow during forward and backward walking with speed misperception generated by virtual reality	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 565 ~ 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.33.565	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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田口惇, 阿部愛, 齋藤祐希, 牧野美里, 高見彰淑ほか
2. 発表標題 仮想現実にて速度誤認識を形成させた際の前進および後進歩行の脳血流量変化に関する検討.
3. 学会等名 第19回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口惇、阿部愛、佐藤元哉、宮沢有希子、松村和幸、松本幸樹、森山武、外館洸平、牧野美里、山本賢雅、佐々木都子、岩田学、高見彰淑
2. 発表標題 仮想空間における後進歩行速度の知覚
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊洸、牧野美里、山本賢雅、佐々木都子、岩田学、高見彰淑
2. 発表標題 Virtual Reality視聴を用いた歩行時の疑似的錯誤が、脳卒中患者の歩行パラメーターに及ぼす影響
3. 学会等名 第18回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口惇・牧野美里・山本賢雅・佐々木都子・岩田学・高見彰淑
2. 発表標題 仮想現実にて速度誤認識を形成させた際の前進および後進歩行の脳血流量変化に関する検討
3. 学会等名 第18回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊洸、牧野美里、高見彰淑ほか
2. 発表標題 脳卒中に対するVirtual Reality下の疑似的錯誤を使用した歩行映像が実際の歩行速度に及ぼす影響
3. 学会等名 第17回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019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
研究協力者	牧野 美里 (Makino Misato)	弘前大学	
研究協力者	田口 惇 (Taguchi Jun)	弘前脳卒中リハビリテーションセンター	
研究協力者	渡辺 洸 (Watanabe Koh)	弘前脳卒中リハビリテーションセンター	

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
---------	---------