

令和元年6月16日現在

機関番号：35309

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16384

研究課題名(和文)歩行のイメージ化が神経機構と運動学習に与える影響の解明

研究課題名(英文)Effects of imaging gait on neural mechanisms and motor learning

研究代表者

伊藤 智崇 (Ito, Tomotaka)

川崎医療福祉大学・医療技術学部・講師

研究者番号：90587297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、歩行観察中の皮質脊髄路の興奮性に影響を与える因子を検討し、歩行観察中の神経活動の特性を明らかにすることを目的に研究を行った。その結果、観察者が有する歩行観察の経験は、皮質脊髄路の興奮性を増大させることが明らかとなった。この促進効果に関しては、歩行観察の経験がない者でも、歩行観察中の観察部位を1か所に限定することで同様に認められた。さらに、本研究では、観察した歩行と全く同一の足部の動きのみを観察した際に、歩行観察中の皮質脊髄路の興奮性とは異なる変化が認められた。このことから、歩行観察中の神経活動は他の運動観察時とは違った特有の活動を示すことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動観察を繰り返し行うことで脳に可塑的变化が生じることが報告されている。本研究では、歩行観察の経験を有する者はそうでない者と比較して、皮質脊髄路の興奮性が増大した。このことから、歩行観察を繰り返すことで脳の可塑的变化を誘導できる可能性が示唆された。また、観察部位を限定することで歩行観察中の皮質脊髄路の興奮性が増大した。歩行は多くの関節運動からなる複雑な動きであるため、歩行観察を治療として用いる場合は、治療対象となる観察部位を明確に行う必要があると考えられた。歩行能力の改善はリハビリテーションにおける主たる治療目標となるため、歩行観察を用いた治療の基礎的知見を得られたことは意義深いと考える。

研究成果の概要(英文)：We aimed to examine the factors that would affect corticospinal excitability while observing another individual's gait and to elucidate the characteristics of neural activity during gait observation. The corticospinal excitability was found to be augmented by the observer's experience on gait observation. This facilitation effect was also detected in observers without any visual experience on gait when they were instructed to closely observe one site of the lower limbs during gait observation. Furthermore, when they observed only the foot movements that were completely the same as those during walking, alterations in the corticospinal excitability while observing only the foot movements were different from those while observing the gait. Therefore, it was clarified that neural activities during gait observation show specific changes that differ from those during observation of other movements.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：運動観察 歩行 観察経験 模倣 イメージ能力 皮質脊髄路 経頭蓋磁気刺激

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年リハビリテーション分野では、神経疾患や整形外科疾患の患者の運動機能回復を目的に、運動観察や運動イメージを用いた治療が行われている。運動観察を用いた治療の神経基盤となるのがミラーニューロンシステムであり (Buccino et al., 2014) ヒトにおけるこの神経活動を捉える方法の一つとして経頭蓋磁気刺激 (transcranial magnetic stimulation: TMS) が多くの研究で用いられている。

TMS を用いた先行研究では、上肢運動を観察した際には実際の筋活動パターンと一致した形で皮質脊髄路 (corticospinal tract: CST) の興奮性変化が生じたと報告されている (Fadiga et al., 1995; Gangitano et al., 2001)。一方で、歩行観察時の CST の興奮性変化はこれとは異なり、実際の筋活動パターンとは一致しないことが報告されている (Takahashi et al., 2008)。これらのことから、歩行能力の改善を目的とした運動観察治療を効果的に行うためには、歩行観察中の神経活動の特性を理解する必要があると考えられる。

しかしながら、上肢運動や歩行以外のダイナミックな運動と比較し、歩行観察中の CST の興奮性変化を検討した報告は希少である。また、運動観察中の神経活動には、観察方法や観察者がもつ経験、イメージ能力といった因子が影響を与えることが報告されているが、歩行観察中の神経活動にこれらの因子がどのような影響を与えるかについては明らかにされていなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、観察方法や観察者がもつ経験、イメージ能力の違いが歩行観察中の CST の興奮性に与える影響を検討することで、歩行観察中の神経活動の特性を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1)- 歩行観察中の CST の興奮性は、実際の歩行中の筋活動パターンとは異なることを検証するため、前脛骨筋の興奮性変化とヒラメ筋の興奮性変化との関連を検討した。対象は若年健常者 26 名とした。TMS を用いて、安静座位時とトレッドミル歩行を観察中の対象者の前脛骨筋とヒラメ筋の運動誘発電位 (motor-evoked potential: MEP) を測定した。歩行観察中の刺激のタイミングは、歩行者の右踵部に取り付けたフットスイッチの信号をトリガにして、事前に計測した歩行者の立脚時間と遊脚時間のそれぞれ中間点で刺激をした (以下、立脚条件と遊脚条件)。前脛骨筋とヒラメ筋の CST の興奮性変化を示す指標としては、歩行観察中の各筋の MEP を安静時の MEP で除した相対値を用いた。

(1)- 歩行観察の経験の有無や観察方法の違いが CST の興奮性変化に与える影響を検討した。対象者を歩行観察の経験を有する者 13 名と有しない者 13 名の 2 群に振り分けた。対象者には 2 種類の口頭指示を行い、下肢の動きに注目して歩行観察した場合 (passive observation: PO) と模倣を前提に歩行観察した場合 (active observation: AO) の 2 条件で MEP の測定を行った。

(1)- 歩行イメージ能力が AO 中の CST の興奮性変化に与える影響を検討した。対象者は TMS による MEP の測定に加え、メンタルクロノメトリ法による時間的な運動イメージ能力の評価を行った。運動及びイメージ課題には歩行を用いた。このイメージ能力の評価結果を基に、対象者を歩行イメージ能力の高い群と低い群の 2 群に振り分けた。

(2) 歩行がもつ周期的かつ多関節運動であるという特性が CST の興奮性変化に与える影響を検討した。対象は歩行観察の経験のない若年健常者 15 名とした。対象者は安静座位にてモニターに提示される歩行動画を観察した。歩行動画の観察条件は、歩行者の下肢全体を観察する条件 (以下、歩行多関節)、歩行者の足部を注視する条件 (以下、歩行単関節)、歩行者の膝関節以遠のみを映した動画を観察する条件 (以下、単関節運動) の 3 条件とした。MEP 測定時の刺激のタイミングは、歩行者の踵接地時と爪先離地時の 2 条件とした。

### 4. 研究成果

(1)- 歩行観察中の前脛骨筋とヒラメ筋の MEP の変化を調べた結果、安静時と比較して立脚条件と遊脚条件で MEP が増大した。しかしながら、両筋ともに刺激条件間で統計学的に有意な差はなかった (図 1)。

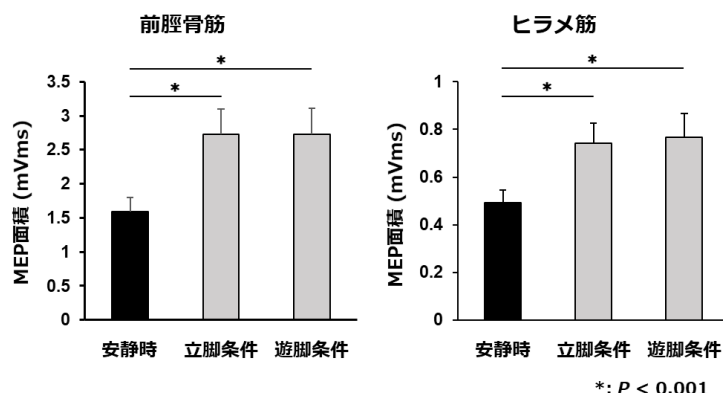


図1 歩行観察中の前脛骨筋とヒラメ筋のMEP変化

立脚条件と遊脚条件のどちらの刺激条件下においても、前脛骨筋の CST の興奮性変化とヒラメ筋の CST の興奮性変化との間に有意な正の相関があった (図 2)。

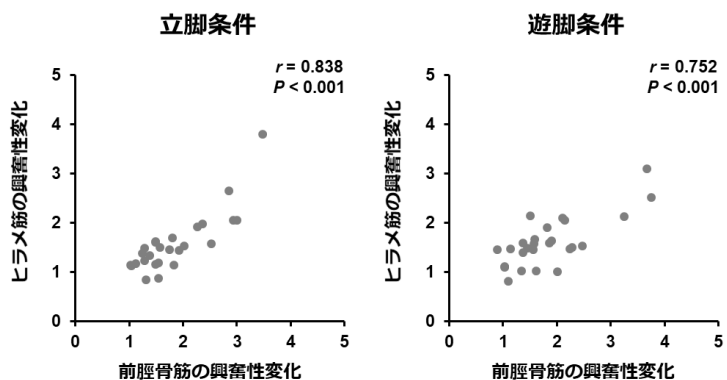


図2 前脛骨筋とヒラメ筋のCSTの興奮性変化の関連

(1)- 歩行観察の経験を有する者では、そうでない者と比較して CST の興奮性が増大した。また、ヒラメ筋の CST の興奮性変化は前脛骨筋とは異なり、観察方法の違いにより異なる変化を示す傾向が認められた (図 3)。

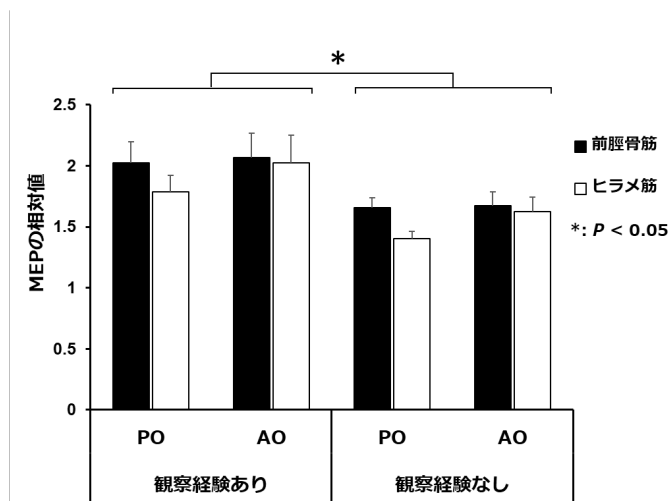


図3 観察経験や観察方法がCSTの興奮性に与える影響

(1)- 歩行イメージ能力の高い群と低い群の両群において、安静時と比較して立脚条件と遊脚条件で MEP が増大した。しかしながら、両群間で各筋の MEP に有意な差はなかった (表 1)。また、歩行イメージ能力と各筋の CST の興奮性変化との間に相関は認められなかった。

表1 歩行イメージ能力の差がMEP変化に与える影響

| 筋    | 群   | 刺激条件          |                 |                 |
|------|-----|---------------|-----------------|-----------------|
|      |     | 安静時           | 立脚条件            | 遊脚条件            |
| 前脛骨筋 | HIA | 1.725 ± 0.345 | 2.861 ± 0.543 * | 2.880 ± 0.580 * |
|      | LIA | 1.386 ± 0.198 | 2.346 ± 0.334 * | 2.407 ± 0.371 * |
| ヒラメ筋 | HIA | 0.508 ± 0.093 | 0.845 ± 0.159 * | 0.963 ± 0.160 * |
|      | LIA | 0.475 ± 0.066 | 0.754 ± 0.141 * | 0.776 ± 0.133 * |

平均値 ± 標準誤差で表示。\*:  $P < 0.05$  (安静時との比較)

HIA: 高い歩行イメージ能力群, LIA: 低い歩行イメージ能力群

(2) 周期性の影響を検討した結果 (歩行単関節 vs. 単関節運動) 単関節運動の観察時にのみ実際の筋活動パターンと一致した形で CST の興奮性が変化した。さらに、多関節運動の影響を検討した結果 (歩行多関節 vs. 歩行単関節) 歩行を多関節運動として捉えるよりも単関節運動として捉えることで CST の興奮性が増大した (未発表のためデータ掲載なし)。

(1)の研究結果から、歩行観察中の各筋の CST の興奮性は、実際の歩行中の筋活動パターンとは異なる変化を示すことが再確認された。また、この興奮性変化に関しては、観察者が歩行観察の経験を有することで増大するが、歩行イメージ能力の影響は受けないことが明らかとなった。

(2)の研究では、周期性の影響を検討した結果、観察した歩行と全く同一の足部の周期的な運動 (単関節運動) を観察した場合にのみ、実際の筋活動パターンと一致した形で CST の興奮

性が変化した。このことは、歩行観察中に認められた CST 興奮性の一定の増大は、歩行の周期性の影響ではなく、歩行特有の神経活動であることを示している。また、多関節運動の影響を検討した結果、歩行観察中の観察部位を 1 か所に限定すること（歩行単関節）で CST の興奮性が増大した。このことから、観察者が有する観察経験（知識）は、トップダウン的に注意を動きの重要な部分に焦点化し、結果として、(1)- の結果のように CST の興奮性を増大させる可能性が示唆された。

<参考文献>

Buccino G. Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2014; 369(1644): 20130185.

Fadiga L, Fogassi L, Pavesi G, Rizzolatti G. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. J Neurophysiol. 1995; 73(6): 2608-11.

Gangitano M, Mottaghy FM, Pascual-Leone A. Phase-specific modulation of cortical motor output during movement observation. Neuroreport. 2001; 12(7): 1489-92.

Takahashi M, Kamibayashi K, Nakajima T, Akai M, Nakazawa K. Changes in corticospinal excitability during observation of walking in humans. Neuroreport. 2008; 19(7): 727-31.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

伊藤智崇, 椿原彰夫, 白神良樹, 鈴木啓太, 木村大輔, 吉村洋輔, 花山耕三, 歩行観察中の皮質脊髄路の活動特性に関する研究, 第 47 回日本臨床神経生理学学会学術大会, 2017 年

Ito T, Shiraga Y, Kimura D, Yoshimura Y, Suzuki K, Osaka H, Hanayama K, Tsubahara A, Does the gait imagery ability affect corticospinal excitability during gait observation?, The 11th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress, 2017 年

Ito T, Shiraga Y, Yoshimura Y, Kimura D, Kobara K, Osaka H, Suzuki K, Tsubahara A, Characteristics of motor cortical activity during gait observation, The 13th Asian Confederation for Physical Therapy 2016, 2016 年

白神良樹, 伊藤智崇, 鈴木啓太, 歩行観察中の運動皮質の活動特性～異なる周期的な歩行観察課題を用いた検討～, 第 30 回中国ブロック理学療法士学会, 2016 年

伊藤智崇, 白神良樹, 中本匡郁, 椿原彰夫, 歩行に関する知識が歩行観察時の皮質脊髄路の興奮性変化に与える影響, 第 45 回日本臨床神経生理学学会学術大会, 2015 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。