

# 論文内容要旨

Effects of volitional walking control on postexercise changes  
in motor cortical excitability  
(随意的な歩行制御が運動後の運動皮質の興奮性変化に与える影響)

保健学専攻 生体運動・動作解析学

(主指導教員：新小田幸一 教授)

保健学専攻 運動器機能医科学

(副指導教員：出家正隆 教授)

保健学専攻 生理機能情報科学

(副指導教員：松川寛二 教授)

伊藤 智崇

## 【背景と目的】

近年、核磁気共鳴画像法や経頭蓋磁気刺激（Transcranial Magnetic Stimulation: TMS）を用いて、運動スキルトレーニングにより大脳皮質に可塑性変化が生じることが明らかとなった。これらの研究は、反復訓練による脳の形態的あるいは機能的変化を示すものであり、運動学習によるリハビリテーションの効果を実証する上で重要な根拠となる。緻密な動きが要求される手指の機能的な役割に対して下肢の主な役割は歩行であり、脳卒中後片麻痺患者の麻痺側下肢に対する治療は、運動スキルトレーニングの実施よりも歩行訓練が中心である。回復過程にある脳卒中患者の歩行訓練の効果として、大脳皮質に可塑性変化が生じることが報告されているが、ヒトの通常歩行は脊髄レベルで生成される自動化された運動であるとされており、歩行と大脳皮質の可塑性との関連や大脳皮質に可塑性変化をもたらす要因について明確に述べた報告は見当たらない。そこで本研究では、歩行を運動学習の観点から捉え、歩行課題に随意的な運動要素を取り入れて歩行様式の制御を行うことで、歩行課題量や随意的な歩行制御が大脳皮質の興奮性に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

健常若年男性 8 名を対象とし、歩行速度 2km/h でトレッドミル上を歩行した際の歩行率を基に、随意的に左立脚時間と右立脚時間の割合を 1:2 に制御した非対称性歩行（Asymmetrical Walking: AW）と、コントロール課題として、通常歩行である 1:1 の対称性歩行（Symmetrical Walking: SW）の 2 つの歩行様式を設定した。評価は 2 日間に分けて行い、条件とする歩行様式の順序はランダムとした。歩行による大脳皮質の興奮性変化の評価は、最大随意収縮による等尺性足関節背屈時の関節トルク値の～15%となる筋活動量で随意収縮中に TMS により右大脳半球の下肢領域を刺激し、左前脛骨筋から得られる運動誘発電位（Motor Evoked Potential: MEP）の振幅変化により行った。課題実施前に MEP のベースラインを測定し、その後、1 施行 10 分間の歩行課題と課題直後の MEP の測定を計 3 回繰り返した。さらに、課題終了後の 10 分ごとに 30 分間、MEP 振幅の経時的な変化を測定した。TMS の刺激強度は、段階的に MEP 振幅が最大値となるまで 10% ずつ上昇させ、各強度で 4 回刺激を行った。ベースラインの MEP の測定結果から、MEP 振幅が最大値を示した強度（TMS<sub>max</sub>）とその 50% に近い値が得られた強度（TMS<sub>half</sub>）の 2 条件を解析対象とした。歩行課題実施前と実施後の大脳皮質の興奮性の比較には反復測定による 1 元配置分散分析を行い、その後の検定には Dunnett 法を用いた。歩行様式の違いによる比較には、ベースラインの MEP 値で除した相対値を使用し、対応のある t 検定を用いて検討した。なお、危険率 5% 未満をもって有意とした。

## 【結果】

歩行課題量と大脳皮質の興奮性との関連については、 $TMS_{max}$  の刺激条件下において、課題実施前と比較し計 20 分間と計 30 分間の AW 課題実施後に MEP 振幅の有意な減少を認められた ( $P<0.05$ )。しかし、SW 課題後や  $TMS_{half}$  の刺激条件下では MEP 振幅に有意な変化を認めなかった。異なる歩行様式が大脳皮質の興奮性に与える影響については、SW 課題と比較して計 20 分間と計 30 分間の AW 課題実施後に、MEP 振幅の有意な減少を示した ( $P<0.05$ )。

## 【考察】

MEP の振幅減少に関しては、神経伝達物質の枯渇による中枢性疲労や運動実施期間との関連が示唆されている。本研究においても AW 課題実施後に、歩行施行回数の増加に伴った MEP の振幅減少を認めており、中枢性疲労が一要因となったと考えられる。SW 課題と比較して AW 課題後に著明な MEP の振幅減少を認めた要因としては、中枢性指令の量が増加したと考える。本研究における AW 課題では、左遊脚時間の延長により 1 歩行周期中の左前脛骨筋の筋活動量は増加したと推測される。そのため、前脛骨筋の制御に必要な中枢性指令の量も増加し、MEP 振幅の有意な減少に繋がったと考えられる。しかし、両側分離型のトレッドミルを用いて複雑な歩行課題を実施した先行研究では、MEP 振幅には増加が認められている。本研究で用いた AW 課題は、SW 課題と比較して大脳皮質の興奮性に著明な変化を生じさせたものの課題の難易度が影響をし、MEP の振幅増加には至らなかったと考える。

## 【結論】

本研究では、歩行訓練時に下肢の制御に必要な中枢からの指令量を変化させることによって、運動野の興奮性に影響を与える可能性をもつことが示唆された。このことから、歩行能力の回復過程においては、大脳皮質の活動量を考慮した治療が必要になると思われた。