

京都大学	博士（人間健康科学）	氏名	富永 渉
論文題目	Activation of the primary motor cortex during observation of a mirror reflection of a hand (手の鏡像観察中の一次運動野活性化に関する研究)		
背景 手の鏡像を用いた鏡治療は疼痛の軽減や運動機能の回復に効果のある手法であるが、その作用機序は十分に明らかにされていない。正中神経に電気刺激を与えると一次運動野（M1）で 20Hz 律動波の振幅の増加（20Hz リバウンド）が生じる。この 20Hz リバウンドは、実際の手の運動で完全に、そして運動イメージや観察によって部分的に抑圧されることが知られており、M1 の活性化を反映すると考えられている。 目的 20Hz リバウンドの抑圧を指標にして、手の鏡像あるいは実際の手を観察することによって M1 がどのように活性化されるかについて明らかにする。 方法 右利き健常成人 22 名を対象とし、20Hz リバウンドを得るために両手首部で正中神経を電気刺激した。4 つの実験条件（a：右手に鉛筆を保持し直接その手を見る、b：右手に鉛筆を保持し鏡に映して左手のように見る、c：左手に鉛筆を保持し直接その手を見る、d：左手に鉛筆を保持し鏡に映して右手のように見る）提示時および安静状態における脳磁場活動を全頭型脳磁計で計測した。各実験条件提示中の 20Hz リバウンドの振幅変化を Temporal Spectral Evolution（TSE）法を用いて求め、安静時の値に対する比で表した（20Hz TSE レベル）。右および左半球ごとのデータについて、どちらの手に見えるかの「見る」要因と鉛筆をどちらの手に持つかの「持つ」要因による反復測定二元配置分散分析を行った。 結果 安静状態において解析可能な 20Hz リバウンドが生じた 13 名のデータについて解析を行った。左半球の 20Hz リバウンドは右手のように見える 2 条件において強く抑圧された。全被験者の 20Hz TSE レベルは各実験条件で、a：94.3±3.7%、b：101.2±2.5%、c：101.9±1.2%、d：95.0±1.7%であった。分散分析の結果主効果「見る」のみ有意であり、主効果「持つ」および「見る」と「持つ」の交互作用において有意性は示されなかった。一方、右半球の 20Hz リバウンドは右手を鏡に映して左手のように見る条件においてのみ強く抑圧された。20Hz TSE レベルは、a：99.3±1.6%、b：89.5±2.1%、c：96.1±1.7%、d：98.6±2.9%であった。主効果「見る」は有意であり、主効果「持つ」は有意ではなかった。そして「見る」と「持つ」の交互作用に有意性が示され、単純主効果の検定で条件 b と c の間に有意差が認められた。 考察 右利き被験者の利き手を支配する左半球 M1 は、鉛筆をどちらの手を持っているかにかかわらず、右側に利き手および利き手のように見える手を観察している時に強く活性化した。一方、非利き手を支配する右半球 M1 は、非利き手や同側右手を観察しているときには活性化せず、左側に利き手の鏡像を観察している時に強く活性化することが示された。これらのことは、手の鏡像および実際の手を観察しているときの M1 の活性化は、①左右の半球で異なり、利き手および身体側との関係性の影響を受ける。②両半球とも同側の手を鏡によって反対側の手のように観察している時に強くなる。ことを示唆している。 結論 手の鏡像あるいは実際の手を観察するとき、M1 の活性化を示す 20Hz リバウンドの抑圧は、左半球 M1 では右手および右手のように見える左手を観察している時に増大し、右半球 M1 では左手のように見える右手を観察している時に増大した。この両半球とも同側手の鏡像を反対側手のように観察するときに活性化が増大することは、鏡治療の治療効果発現の神経機構の一端を示していると考えられる。			

(論文審査の結果の要旨)

鏡治療は、健常な側の上肢を鏡に映して障害のある側の上肢に重ねて見ることで、障害のある側の上肢の疼痛や運動機能障害を改善する手法である。その効果は臨床研究で確認されているものの、錯覚的な視覚入力が患者の中枢神経系にどのような影響を与えているのかは不明な部分が多い。本論文は、随意的運動の発現に重要な役割を果たす一次運動野に焦点を当て、手の鏡像を観察することが左右半球の一次運動野をどのように活性化するかを、右利き被験者を対象とし脳磁場計測法を用いて明らかにした研究である。結果として、鏡治療と類似した実験条件、すなわち鏡に映った一方の手を観察する条件において、鏡に隠された手を支配する一次運動野が活性化することが明らかとなった。またこのことは、左右どちらの半球の一次運動野でも同様に認められた。本論文が示したこれらの結果は、鏡治療の際に、障害のある側の上肢を支配する一次運動野の活性化が生じている可能性を強く示唆するものといえる。また興味深い結果として、被験者の非利き手を支配する右半球一次運動野は、左手を直接観察するよりも、鏡に映った右手を観察する方がより活性化することが明らかとなった。このことは左右半球の一次運動野の機能的非対称性を示すものと考えられる。

以上の研究は鏡治療の治療効果発現の神経機構の解明に貢献し、認知神経科学に基づいたリハビリテーションに寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士（人間健康科学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、本学位授与申請者は、平成25年1月31日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。