

主論文審査の要旨

ヒトの随意運動は多くの筋の協調運動から成り立っていることは広く知られている。前頭葉に生じた運動発現は、様々な運動連合野を経由して一次運動野から目的の多くの筋にその情報が伝達される。それゆえ、この指令情報が筋の活動で発生する筋電図の中に含まれているのではないかという仮説が立てられ、一次運動野と第一背側骨間筋との間にベータ波 (13-30Hz) の周波数帯域で有意なコヒーレンスがあることが報告された。一方、このコヒーレンスが視覚や聴覚などの外部刺激に対してヒトが無視したりカウントしたりすると変化を受ける、すなわち、脳の活動状態の変化が運動系に影響を与えることが報告されている。

本論文は、大脳皮質の一次運動野および一次体性感覚野にシータバースト経頭蓋磁気刺激 (TMS) を与えた際に生じる運動系への干渉作用を大脳皮質運動野-筋コヒーレンスおよび経頭蓋磁気刺激による誘発筋電図 (MEP) を用いて調べ、その作用機序を検討したものである。論文は以下の6章から構成されている。

第1章の序論では、本研究の背景と目的および論文の構成について述べている。

第2章では、本研究論文において必要と思われる運動システムおよび感覚システムに関する解剖学的な基礎事項およびその生理的機能について述べている。また、経頭蓋磁気刺激やコヒーレンス解析についても解説している。

第3章では、単一経頭蓋磁気刺激を一次運動野に与えて第一背側骨間筋から誘発筋電図 (MEP) を記録する。この振幅を指標として、運動閾値の80%の強度で40秒間のTMSを大脳皮質運動野に与えた時、刺激前および2分後、15分後、30分後、60分後、90分後、120分後でMEPの振幅にどのように経時的変化があるかを調べた。その結果、TMS後30分および60分のMEPの振幅は刺激前の振幅に比べて、それぞれ約74%および73%と有意な減少を示し、刺激後120分で刺激前のレベルに戻っていた。一方、Sham刺激を運動野に与えた時にはこのような変化は見られなかった。この結果から、シータバースト刺激により大脳皮質-脊髄における運動ニューロンの興奮レベルが長期間抑制されることがわかった。

第4章では、被験者に右手の親指と人差指で圧センサーを摘む等尺性運動を行わせ、その際の脳波と筋電図間のコヒーレンスを計測する。このコヒーレンスの大きさを指標として、運動閾値の約80%の強度で40秒間のTMSを大脳皮質運動野および感覚野に与えた時、またはSham刺激を与えた時の経時的変化を第3章と同様に調べた。その結果、運動野へのTMS30分後および60分後のコヒーレンスの大きさが刺激前と比較して、それぞれ約54%および52%と有意な減少を示し、第3章のMEPの経時的変化の結果とよく一致していた。一方、TMSを感覚野へ与えた時およびSham刺激時ではこのような経時的変化は起こらなかった。このメカニズムを探るために筋電図のパワーおよび脳波のパワーを δ 波帯域 (0.5-4Hz)、 θ 波帯域 (4-8Hz)、 α 波帯域 (8-13Hz)、 β 波帯域 (13-30Hz)、 γ 波帯域 (30-40Hz) に分け、TMS前後でこれらのパワー値がどのように変化しているかを調べた。その結果、筋電図のパワーについては、いずれの周波数帯域のパワー値も有意な経時的変化を示さなかった。一方、脳波のパワーでは、運動野へのTMS60分後の α 波成分のパワー値のみが有意に減少を示していた。 β 波については刺激前後で有意な経時的変化は認められなかった。以上のことから、運動野のシナプス結合の変化 (ニューラルネットワークの変化) により α 波帯域のパワー値が低下し、同時に、この結合変化が大脳皮質運動野-筋間のコヒーレンスを抑制していることを示唆していた。

最後に、第5章では、本研究で得られた結果を総括するとともに今後の展望および課題について述べている。

以上、本研究は、誘発筋電図および脳-筋コヒーレンスを用いてTMSを運動野および感覚野に与えた際の経時的変化を調べ、運動野へのTMSにより、運動野のニューロン結合が大きく影響され、その効果は運動ニューロンの興奮レベルを長時間に亘って抑制されることがわかり、今後の医療への応用の可能性を示唆するもので臨床の基礎を築くという面でも

大きく貢献するものと思われ、学術的価値は極めて高い。また、これらの研究成果の主要部は、国際会議 ICONIP および IFMBE の Proceedings に 2 編および国際誌 Clinical Neurophysiology に 1 編掲載されている。

以上のことから、本研究の独創的かつ価値ある研究成果は、国際的に高く評価され、博士（学術）の学位を授与するに十分値すると認められる。

【学位審査報告書の 3、論文審査の結果の要旨のみを記入】

審査委員会は学位論文提出者に対して当該論文の内容および関連の専門分野について試問を行った。その結果、該当する研究分野において十分な知識と理解力および研究遂行能力を有していると判断した。さらに、外国語（英語）による論文作成能力ならびに口頭発表能力についても、研究者として十分なレベルの能力を備えていると認めた。

以上の結果に基づき、論文提出者は博士（学術）としての能力を十分備えていると判定した。

審査委員	情報電気電子工学専攻	人間環境情報講座担当教授	村山 伸樹
審査委員	情報電気電子工学専攻	人間環境情報講座担当教授	井上 高宏
審査委員	情報電気電子工学専攻	人間環境情報講座担当教授	宇佐川 毅
審査委員	情報電気電子工学専攻	人間環境情報講座担当准教授	林田 祐樹