

氏名	福本 寛之
学位の種類	博士 (体育科学)
学位記番号	博甲第 7825 号
学位授与年月	平成 28 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	人間総合科学研究科
学位論文題目	運動トレーニングが皮質脊髄路に及ぼす影響

主査	筑波大学教授	學術博士	西平 賀昭
副査	筑波大学教授	理学博士/博士(医学)	武政 徹
副査	筑波大学准教授	理学博士	足立 和隆
副査	筑波大学教授	博士 (体育科学)	前田 清司

論文の内容の要旨

ヒトの随意運動の発現・制御に重要な役割を果たす皮質脊髄路の興奮性を検査するために、経頭蓋磁気刺激法 (transcranial magnetic stimulation: TMS) が開発され、より簡便な大脳刺激法が実現している。また、持続性筋収縮中に TMS を与えると運動誘発電位 (motor evoked potential: MEP) の発現の後に CSP (cortical silent period) が出現し、100 ms 以上続く CSP duration は大脳皮質を起源とする GABA_B 作動性ニューロンを介した皮質脊髄路に対する抑制効果であることが知られている。つまりこの MEP と CSP の両方を測定することで随意運動の発現過程を詳細に評価することが可能となる。これまでに単一運動課題中、または運動イメージ中の皮質脊髄路の興奮性が多く評価されてきたが、実際の日常生活場面やスポーツ場面で遭遇する二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性についてはほとんど明らかにされていない。さらに、一次運動野 (primary motor cortex: M1) や皮質脊髄路は柔軟な可塑性を有することが近年報告されているが、これまでに長期的なスポーツ競技経験者の二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性の変化を報告したものはほとんどなく、さらに、短期的なトレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路に及ぼす影響について検討したものも見当たらない。以上のことから、本研究では二重課題の遂行が皮質脊髄路に及ぼす影響ならびに運動トレーニングが二重課題遂行

中の皮質脊髄路に及ぼす影響を検討し、随意運動発現過程に関する知見を得ることを目的としている。

【研究課題 1-1】では、運動課題（ハンドグリップ把持課題）と認知課題（計算課題）から成る二重課題の遂行が、皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響について検討した。さらにハンドグリップ把持における異なる筋力発揮が、二重課題遂行中の皮質脊髄路の興奮性の変化に及ぼす影響についても検討した結果、二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性の変化は、脊髄レベル以下の運動指令の変化よりも、脊髄より上位の運動中枢での興奮性の変化である知見を得ている。このことから、運動課題を遂行しながら、同時に認知課題を遂行することで注意の分散が起き、M1 からの下行性運動指令に干渉が起きたと考えられる。また二重課題遂行による注意の分散は、筋力発揮が大きくなり、より大きな運動単位が動員され、また動員される運動単位が多くなるほど、M1 からの下行性運動指令に干渉を与えやすくなるということが示唆されている。

【研究課題 1-2】では、健康成人男性を対象に運動課題（ハンドグリップ把持課題）と認知課題（計算課題）から成る二重課題の遂行が、皮質抑制性に及ぼす影響について MEP ならびに CSP を指標として検討した結果、二重課題遂行時には背景筋電図（background EMG: bEMG）面積値の変化はなく、CSP duration が延長したことから、運動課題を遂行しながら同時に認知課題を遂行することでそれぞれの課題に注意が分散し、皮質抑制性がより活動的になった結果として皮質脊髄路の興奮性が低下したことが示唆されている。そして筋力発揮を大きくさせ、また動員される運動単位が多くなるほど二重課題遂行時の皮質抑制性がより活動的になることが考えられる。また遂行機能に関わり M1 に間接的に線維連絡のある前頭連合野背外側部（dorsolateral prefrontal cortex: DLPFC）で干渉が生じていることも考えられ、結果として二重課題遂行時に皮質脊髄路の興奮性が低下したことが示唆されている。

【研究課題 2-1】では、長期的な運動トレーニングを行っているハンドボール選手（アスリート群）と日常的な身体活動習慣のない者（一般群）を対象に長期的な運動トレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響を検討した結果、長期的な運動トレーニングによって、二重課題遂行中の一次課題である運動課題への dual task interference の程度は小さくなり、M1 を含む脊髄上位レベルで可塑的变化が生じていることが示唆されている。

【研究課題 2-2】では、長期的な運動トレーニングを行っているハンドボール選手（アスリート群）と日常的な身体活動習慣のない者（一般群）を対象に長期的な運動トレーニングが二重課題遂行時の皮質抑制性に及ぼす影響について検討した結果、二重課題遂行中の皮質抑制性の変化の程度は長期的な運動トレーニングによって影響を受けないが、大脳皮質ニューロンの興奮と抑制のバランスが群間で異なるということが示された。すなわちアスリート群は興奮性ニューロンをより活動的にすると同時に抑制性ニューロンの活動も亢進させ最終的な筋発揮を維持している。一方で、一般群はアスリート群に比べて抑制性ニューロンの活動を減弱させることで最終的な筋発揮を維持していることが示唆されている。

【研究課題 3】では、一般健康成人を対象に短期間の二重課題トレーニングが皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性に及ぼす影響を検討した結果、MEP ならびに CSP duration の変化は脊髄より上位レ

ベルでの変化と考えられる。短期間のトレーニングは、特に二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性の増大と皮質抑制性の脱抑制現象を引き起こし、脱抑制現象はトレーニング前半から認められた。このことから短期間のトレーニングによって二重課題遂行中に皮質脊髄路の興奮性が低下するという運動出力の干渉を克服するために皮質抑制性を減弱させている（脱抑制をさせている）ことが考えられる。つまり、短期間のトレーニングは皮質脊髄路の興奮性と皮質抑制性のバランスに影響を及ぼすことが示唆されている。本博士論文全体から、運動トレーニングは随意運動の発現に関わる運動中枢である M1、皮質脊髄路に可塑的な変化を生じさせ、二重課題遂行時には運動出力の干渉を克服するために皮質脊髄路の興奮性と皮質抑制性のバランスに影響を及ぼすことが示唆されている。

審査の結果の要旨

(批評)

本論文を通じて運動トレーニングは随意運動の発現に関わる運動中枢である一次運動野、皮質脊髄路に可塑的な変化を生じさせ、二重課題遂行時には運動出力の干渉を克服するために皮質脊髄路の興奮性と皮質抑制性のバランスに影響を及ぼすことを明らかにしたことは新しい知見であると審査委員全員によって高く評価された。今後は児童、高齢者を対象に研究を広げ学校教育の現場と高齢者の認知機能改善に関与する運動と脳に関する研究も押し進め、発展させて欲しい旨の希望が審査委員から提示された。

平成 28 年 1 月 27 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。