

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月15日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300216

研究課題名（和文）筋疲労と運動学習が脳の運動野および感覚野の可塑的变化に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effect of muscle fatigue and motor learning on plastic changes of motor and sensory cortices in cerebrum

研究代表者

丸山 敦夫（MARUYAMA ATSUO）

新潟医療福祉大学・健康科学部・教授

研究者番号：80117548

研究成果の概要（和文）：筋疲労と運動学習が脳の運動野および感覚野の可塑的变化をどのように引き起こすかを明らかにした。数分間での筋疲労と短時間のタイピング学習の組み合わせはより効率的に大脳皮質運動野の皮質内抑制低下を起し可塑的变化が起こることが示唆され、さらに疲労後のタイピング速度が向上したことが認められた。運動野で起こるこの可塑的变化に感覚野からの情報がどのように影響するかを検討した結果、タイピング学習による SEP である P300 変化は見られなかったが筋疲労による P300 は低下する傾向がみられた。脳波からみた体性感覚野変化の結果から、運動野への可塑的变化を起こす筋疲労の体性感覚情報への影響が予測された。さらに末梢神経刺激と磁気刺激を組み合わせた SAI や LAI を検討したが変化しなかった。この点からタイピング練習や筋疲労による末梢からの感覚情報は運動野皮質内抑制の変化に影響を及ぼさないことが示唆された。これらの知見は、筋疲労とタイピング学習は運動野の可塑的变化を引き起こす一方、体性感覚野興奮性の低下を引き起こしたが感覚-運動連関の求心性抑制には変化がないことを示唆した。筋疲労とタイピングのような運動学習の組み合わせは感覚野に可塑的な変化を起こすという明確な知見が得られなかったが運動野の可塑的变化を引き起こすのに有効であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We examined how muscle fatigue and motor learning as typing influenced plastic changes of motor and sensory cortices in cerebrum. Our results were to be shown below that ; 1) the combination of two short typing practices for ten min. and a gripping fatigue for two min. relatively easily induced the decrease of short-interval intracortical inhibition (SICI) during recovery period although only two typing practices or only a gripping fatigue did not change SICI and the second typing velocity after gripping fatigue enhanced compared with the first one, 2) on next stage, we tried how sensory excitability by a gripping fatigue and/or two typing practices contributed to plastic changes in motor cortex by using EEG or the combination of peripheral electric stimulation(PES) and TMS, and the short typing practice did not change P300 in sensory evoked potential (SEP) but the gripping fatigue trended to decrease P300 immediately after it and recovered until 10 min, and 3) the combination of two typing practices and a gripping fatigue did not change short afferent inhibition (SAI) and long afferent inhibition (LAI) by PES and TMS. Muscle fatigue gave the different effects between SEP in EEG and SAI and LAI in sensory cortex. Our finding was that the disinhibition of SICI like plastic change in motor cortex directly depended on muscle fatigue and fingers control practice but this disinhibition would be not influenced by changes of peripheral sensory excitability due to fatigue and control tasks. It is seemed that the combination of muscle fatigue and motor learning would be effective at getting plastic change in motor cortex.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|------|------------|-----------|------------|
| 21年度 | 6,100,000 | 1,830,000 | 7,930,000 |
| 22年度 | 6,100,000 | 1,830,000 | 7,930,000 |
| 23年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 13,600,000 | 4,080,000 | 17,680,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：脳高次機能学

1. 研究開始当初の背景

本研究は、初期段階の運動学習と反復練習に伴う筋疲労が、大脳における運動野の可塑的变化を引き起こす運動野および感覚野の興奮性にいかに貢献するか、即ち、「筋疲労と運動学習が大脳の運動野および感覚野の可塑的变化に及ぼす影響」を明らかにすることを目的とした。

(1) この研究の特徴的な視点は、二重経頭蓋磁気刺激法(A paired-pulse transcranial magnetic stimulation; TMS)を用いて筋疲労が皮質内抑制(short-interval intracortical inhibition; SICI)の低下と運動学習で起こる SICI 低下との組み合わせが大脳運動野皮質内の可塑的变化を引き起こし作業成績の向上につながる可能性に注目したことである。

(2) さらに、大脳運動野皮質内の可塑的变化に影響すると考えられる末梢神経感覚情報による感覚野の可塑的变化を検討するため、これらの運動の組み合わせが脳波を用いて感覚野の興奮性変化および末梢神経電気刺激と TMS による求心性抑制および TMS による皮質内抑制を検討した。

2. 研究の目的

(1) 大脳運動野皮質内抑制による可塑的变化

運動技術の獲得には、繰り返しの技能練習に加えて筋疲労の重要性を運動野の皮質内抑制の変化から明らかにした。

(2) 感覚野の興奮性変化

筋疲労とタイピング学習が前頭前野および視覚感覚野にどのような影響があるかを体性感覚誘発電位(sensory evoked potential; SEP)および視覚誘発電位

(visual evoked potential; VEP)を用いて検

討した。

(3) 求心性抑制および皮質内抑制による可塑的变化

筋疲労とタイピング学習の組み合わせが末梢神経電気刺激とTMSの組合せで評価する感覚-運動連関の求心性抑制と皮質内抑制に及ぼす影響を検討した。

3. 研究の方法

(1) 被験者は1) 10分間タイピング練習を2セット、2) 2分間グリップ運動による筋疲労(約40%MVCで1秒に1回)を1セットのみ、さらに3) 10分間タイピング練習+2分間グリップ運動+10分間タイピング練習を行った。二重TMSのSICIの刺激条件設定: テスト刺激強度は1から1.5mVを誘発できる強度であり、条件刺激は、80% active motor threshold とする。二重TMSのテスト刺激と条件刺激との間隔は、SICIを誘発できる3ms および促通(intracortical facilitation; ICF)を誘発できる10msとした。3つの条件をランダムに組み合わせて1条件10回の刺激を行った。

(2) 被験者に10分間タイピング練習と2分の筋疲労を別々に負荷して、脳波計(ニューロスキャン32ch)を用いてSEPの興奮性変化で検討した。被験者にはリング刺激装置を人さし指に装着し、5秒に1回の電気刺激を計60回出し波形の加算平均を行い、長期成分を抽出しP300に注目した。また、タイピング学習および筋疲労のVEPによる視覚連合野への影響は明確にはみられなかった。

(3) 被験者には、1) 10分間タイピング練習を2セット、2) 2分間グリップ運動による筋疲労を2セット、さらに3) 10分間タイピング練習+2分間グリップ運動+10分間タイピング練習を行わせた。感覚野-運動野連

関の興奮性は短間隔求心性抑制 (Short afferent inhibition; SAI), 長間隔求心性抑制(Long afferent inhibition; LAI)および SICI/ICF について評価した。条件刺激は一連の電気刺激装置によって手首の正中神経上に両性電極の表面刺激電極で陰極を近位部に当てた。テスト刺激と条件刺激の時間間隔は 20ms と 200ms である。20ms では SAI を、200ms では LAI を誘発することができる。さらに SICI/ICF を組み込みランダムに刺激条件を設定した。

4. 研究成果

(1) 10 分間のタイピング練習 - 2 分間の両手グリップ運動による筋疲労 - 10 分間のタイピングの組み合わせを行わせた結果、1 回目のタイピング練習後および筋疲労後では有意な SICI の低下はみられなかった。しかし、2 回目のタイピング後には有意な SICI の低下がみられた。10 分間という短時間の技術練習や 2 分間の筋疲労だけでは SICI の低下が出現しなかった。その後の 10 分間のタイピング練習では皮質内への興奮性変化は起こし、回復後にも有意な低下が続いた。2 分間という筋疲労を加えた状態での 10 分間の 2 回目のタイピング練習後には皮質内興奮性を変化させることができた。組み合わせによって長い時間タイピング練習をしなくとも短い筋疲労を加えることで皮質内抑制の低下を引き起こすことが示された。

(2) 2 分間のグリップ運動を被験者に行使筋疲労に至らせた。コントロール値と比べ筋疲労後に脳波による SEP の P300 が顕著な減衰したことが認められた。このことは筋疲労により末梢電気刺激への感受性が落ち、刺激に対する認知が低下する可能性が推察された。P300 の発生には複数の脳部位が関与することから、筋疲労により特定部位の活動が抑制されていると考えられた。筋疲労によって感覚野からの情報と運動野の情報が相互に作用をし、感覚系の興奮性変化も運動野の可塑的变化を引き起こすと推察された。筋疲労が前頭前野を介する注意に影響することが示唆された。しかし、10 分間のタイピング練習後の SEP の P300 はコントロール値と比べ、わずかに低下する傾向がなく、タイピング後に測定したためか、タイピングに対する注意(認知)は顕著な変化として出現しなかったと推測された。

(3) 10 分間のタイピング練習だけでは、SAI および LAI はコントロール値と比べ、直後、回復 30 分まで変化が見られなかった。同様に SICI も変化しなかった。一方、2 分間のグリップ運動、タイピング練習+グリップ運動+タイピング練習では SAI および LAI

は各直後、回復 30 分まで変化がみられなかったが、SICI は各直後で顕著に低下しその後回復 15 分まで続き 30 分ではコントロール値に戻った。SAI や LAI は変化しなかった点からタイピング練習や筋疲労による末梢からの感覚情報の変化は運動野の皮質内抑制の変化に影響を及ぼさないと考えられた。しかし、脳波からみた体性感覚野興奮性の低下との感覚野-運動野連関の求心性抑制の変化はみられないという結果から筋疲労やタイピング練習が感覚野領域の反応に変化を与える可能性があるが異なる機序が作用していると考えられた。

3 年間の研究を通じて得た知見から、筋疲労とタイピング学習は運動野の可塑的变化を引き起こす一方、体性感覚野興奮性を低下させたが感覚-運動連関の求心性抑制には影響しないという結果であった。感覚野への可塑的变化には明確な知見が見られなかった。筋疲労とタイピングのような運動学習の組み合わせは運動野の可塑的变化を引き起こすのに有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 筋疲労と運動学習が運動野皮質内抑制に及ぼす影響について。丸山敦夫; *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine* 48 (3) pp174-179 (2011)
- ② Takahashi K, Maruyama A, Hirakata K, Maeda M, Etoh S, Kawahari K, and Rothwell J C: Fatiguing intermittent lower limb exercise influences corticospinal and corticocortical excitability in the non-exercised upper limb.; *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*. 4(2)pp90-96 (2011)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 丸山敦夫, 吉田拓矢, 山代幸哉, 佐藤大輔, 衛藤誠二, 川平和美: 筋疲労による皮質内抑制低下が短時間タイピング学習成績に及ぼす影響: 臨床神経生理学 Vol39(5) p459(2011) (第 41 回臨床神経生理学大会 静岡市 抄録集)
- ② 丸山敦夫, 堀内曜子, 中澤 翔, 山代幸哉, 佐藤大輔: 体性感覚誘発電位に及ぼす筋疲労およびタイピング練習の影響 第 11 回新潟医療福祉学会 10.22. (2011)
- ③ 丸山敦夫: 筋疲労および運動学習による皮質内抑制の変化, 第 47 回日本リハビ

リテーション医学学会 シンポジウム3. 磁気刺激のリハビリテーションへの応用, 鹿児島市 S91 (2010)

- ④ Nuruki A, Maruyama A, Rothwell J C: Human cortical excitability during successive Go/NoGo Tasks: a TMS study. International work shop of Synaptic Plasticity PS2-10, (2010)
- ⑤ Maruyama A, Nuruki A, Etoh S, Rothwell JC: Effect of bimanual and unimanual piano playing on connectivity between dorsal premotor (PMd) and motor cortex (M1)., International work shop of Synaptic Plasticity, PS2-28 (2010)
- ⑥ Setogawa S, Maruyama A, Nuruki A, Rothwell J C: Excitability of left Dorsal Premotor cortex and Contralateral Motor Cortex during Coincident Anticipation Timing Task. 15th Congress of European College of Sports Science. p595 (2010)

〔図書〕 (計 1 件)

- ① 「神経の構造と機能」; pp19-60 松本直幸, 丸山敦夫 分担執筆担当, スポーツ・運動生理学概論 明和出版 山地啓司, 大築立志, 田中宏暁 編 2011年2月

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
作成中

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丸山 敦夫 (MARUYAMA ATSUO)
新潟医療福祉大学・健康科学部・教授
研究者番号：80117548

(2) 研究分担者

川平 和美 (KAWAHIRA KAZUMI)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授
研究者番号：20117493

(3) 研究分担者

衛藤 誠二 (ETOH SEIJI)
鹿児島大学・医学部・歯学部附属病院
・講師

研究者番号：20117493

(4) 連携研究者

前田雅人 (MAEDA MASATO)

鹿児島大学・教育学部・教授

研究者番号：20315386