

氏名	宮口翔太		
学位の種類	博士（保健学）		
学位記番号	甲第34号		
学位授与の日付	2017年3月14日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Do differences in levels, types, and duration of muscle contraction have an effect on the degree of post-exercise depression? 運動課題における筋の収縮強度、収縮様式、運動時間が運動後抑制の程度に与える影響		
論文審査員	主査	新潟医療福祉大学	教授 大西秀明
	副査	新潟医療福祉大学	教授 田巻弘之
	副査	新潟医療福祉大学	准教授 佐藤大輔

論文内容の要旨

軽負荷の反復運動により皮質運動野の興奮性が一過性に低下する。この現象を運動後抑制（Post exercise depression；PED）という。PEDは皮質内で生じている現象であり、運動課題の頻度に依存して変動することや随意運動後だけでなく他動運動後にも生じることが明らかになっている。しかしPEDが運動課題の強度や運動様式、運動時間に依存するかどうかは明らかになっていない。そこで本研究は、軽負荷反復運動課題における筋収縮強度および筋収縮様式、運動時間の違いがPEDに与える影響を明らかにすることを目的とした。

被験者は右利き健常成人12名（年齢 23.3 ± 2.7 歳）であった。運動課題は2 Hzの右示指外転運動とした。実験1では、等尺性収縮と等張性収縮の違いによる影響、および最大随意収縮（Maximum voluntary contraction；MVC）の10、20、30%の収縮強度の違いによる影響を検討した。運動時間は2分間とした。実験2では、実験1と同様の右示指外転運動を用いて2分間と6分間の運動時間の違いによる影響を検討した。収縮強度は10% MVCとし、収縮様式は等張性収縮とした。皮質運動野の興奮性の評価には経頭蓋磁気刺激を用いた。被験者の左一次運動野手指領域を磁気刺激し、右第一背側骨間筋から記録される運動誘発電位（Motor evoked potentials；MEP）を皮質運動野の興奮性の指標とした。磁気刺激強度は運動課題前の安静状態の右第一背側骨間筋から1 mVのMEP振幅を導出する強度とした。MEPは運動課題前（pre）および運動課題直後（post-1 min）から10分後（post-10min）に各15波形計測し加算平均値を算出した。また運動課題前のMEP振幅に対する運動課題後の各MEP振幅の割合（MEP ratio）をそれぞれ算出した。運動課題前後のMEP振幅およびMEP ratioの比較には、三元配置分散分析（収縮強度要因、収縮様式要因、時間要因）を用いた。また実験2における運動課題前後のMEP振幅の比較には二元配置分散分析（運動時間要因、時間要因）を用いた。事後検定にはいずれもFisher's LSD法を用いた。

実験1で得られたMEP振幅値に対する三元配置分散分析の結果、収縮強度要因（ $p < 0.05$ ）、収縮

様式要因 ($p<0.01$), 時間要因 ($p<0.01$) に主効果が認められたが, 交互作用は認められなかった。事後検定の結果, pre に比べ post-1 min から post-3 min の MEP 振幅値が有意に低値を示した ($p<0.05$)。MEP 振幅値の低下が認められた post-1 min から post-3 min における MEP ratio を三元配置分散分析 (収縮強度要因, 収縮様式要因, 時間要因) にて比較した結果, 交互作用 (収縮強度要因×収縮様式要因×時間要因) が認められた ($p<0.05$)。事後検定の結果, 10% MVC 条件に比べ 20% MVC 条件と 30% MVC 条件の MEP ratio が有意に低値を示し ($p<0.05$), 等尺性収縮条件に比べ等張性収縮条件の MEP ratio が有意に低値を示した ($p<0.05$)。

実験 2 における二元配置分散分析の結果, 時間要因 ($p<0.01$) に主効果が認められたが, 運動時間要因の主効果および交互作用は認められなかった。事後検定の結果, pre に比べ post-1 min から post-3 min の MEP 振幅値が有意に低値を示した。

本研究により, 軽負荷反復運動課題終了直後の PED は, 等尺性収縮よりも等張性収縮において大きく, 10% MVC よりも 20% MVC および 30% MVC において大きいことが明らかになった。また 2 分間の運動時間と 6 分間の運動時間では, PED の程度は同程度であることが明らかになった。このことから軽負荷反復運動課題終了直後の PED は運動課題の収縮強度や収縮様式に依存するが, 運動時間には依存しないことが示唆された。

キーワード：筋収縮強度, 筋収縮様式, 運動時間, Post-exercise depression, 運動誘発電位

論文審査結果の要旨

本論文は, 軽負荷の反復運動によって惹起される一次運動野の興奮性減弱が運動のどのような要因によって影響を受けるのかを明らかにすることを目的としている。軽負荷の反復運動により一次運動野の興奮性が一過性に低下する。この現象を運動後抑制 (Post exercise depression; PED) といい, 皮質内で生じていることがわかっている。PED は運動の頻度に依存して変動することや随意運動後だけでなく他動運動後にも生じることが明らかになっている。しかし PED が運動課題の強度や運動様式, 運動時間にどのように影響を受けるのかは不明である。本研究では, 軽負荷反復運動課題において,

- 1) 筋収縮強度が強いほど PED が大きくなること。
- 2) 筋収縮様式が等張性収縮の場合に PED が大きくなること。
- 3) 運動継続時間には影響されないこと。

を明らかにした。

本研究の対象者は二十歳以上の健常成人 12 名である。運動課題は 2 Hz の右示指外転運動であり, 2 つの実験を行っている。実験 1 では, 運動時間を 2 分間とし, 収縮強度の違いによる影響と, 等尺性収縮と等張性収縮の違いによる影響を解析している。実験 2 では運動継続時間の違いによる影響を解析している。皮質運動野の興奮性の評価には経頭蓋磁気刺激によって誘発される運動誘発電位 (Motor evoked potentials ; MEP) を用いている。結果, 最大随意筋収縮 (MVC) の 10% 条件に比べ 20% 条件と 30% 条件では PED が大きい (MEP の低下が大きい) ことと, 等尺性収縮課題に比べ等張性収縮課題後に PED が大きいこと, 2 分間の運動と 6 分間の運動では PED の大きさに有意

な差が認められないことを明らかにしている。

学位論文提出者に対し、本論文の内容について説明を求めると共に関連事項について試問を行った結果、

- 1) 軽負荷であっても調節を要する運動後には一次運動野の興奮性が増大する現象 (Post exercise facilitation ; PEF) が認められるとの報告があるが、PED と PEF を惹起する運動の違いは何か。
- 2) PED の大きさには個人差があるのか。
- 3) MEP はどこまで低下する可能性があるのか、本研究結果では床効果などの影響も考えられるのか。
- 4) PED 期間中に脊髄興奮性や皮質内の抑制回路はどのような振る舞いをしていると考えられるのか。

についての質疑が行われ、全ての質疑について適切な解答を得ることができた。

本研究結果は、軽負荷反復運動による一次運動野興奮性変調のメカニズムを探ろうとする研究であり、貴重な基礎的データを提供していると判断できる。PED の機能的な役割は未だ不明であるが、運動学習に関連しているとの報告もあることから、効率的な運動学習を促すための、運動練習前のコンディショニングなどに応用できる可能性を有している。

以上のことから、審査委員会は本論文を博士論文に相応しいと認める。