

## 【助成 41-32】

### 喜び・悲しみ・怒り・恐怖の情動が上下肢筋の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響の解明

代表研究者 東京大学 総合文化研究科 助教 金子 直嗣  
共同研究者 東京大学 総合文化研究科 博士課程 3 年 益城 優芽  
共同研究者 東京大学 総合文化研究科 博士課程 2 年 高橋 涼吾  
共同研究者 東京大学 総合文化研究科 修士課程 2 年 山崎 大輝

#### 〔研究の概要〕

本研究は、情動が運動パフォーマンスに与える影響を解明することを目的とし、特に情動の種類の違いと筋特異性に着目して皮質脊髄路興奮性への影響を調査した。健常男性を対象に、喜び・悲しみ・怒り・恐怖に関する情動想起課題を実施し、上肢筋群(研究 1)と下肢筋群(研究 2)における皮質脊髄路興奮性を評価した。その結果、情動の種類に関係なく皮質脊髄路興奮性が増大することが明らかとなった。また、喜び・怒り・恐怖では脊髄運動ニューロンの興奮性も増大したが、悲しみではその変調は見られなかった。さらに、情動想起時の覚醒度は、単純な運動制御を担う筋では興奮性を高める一方、精密な運動制御を担う筋では逆効果となる可能性が示された。

#### 〔研究経過および成果〕

本研究では、心の状態が身体状態に影響を与えるという「心身相関」に着目する。特に、一時的な感情の変化である「情動」が運動パフォーマンスに与える影響の解明を最終目標とする。先行研究では、情動が運動制御系に及ぼす影響として、脳から筋に対する運動指令の伝達経路(皮質脊髄路)の興奮性を変調させることが報告されている(Mineo et al., 2018)。しかし、この変調が情動の種類や皮質脊髄路が支配する筋により異なるのか(種類の差異・筋特異性)については十分に解明されていない。喜び・怒り・恐怖など様々な情動が存在することから、各情動が皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響を調べる必要がある。また、機能が異なる複数の筋の協調により円滑な運動が成立することから、上肢筋群や下肢筋群につながる皮質脊髄路興奮性を調査することで、情動が運動制御系に及ぼす影響の詳細を明らかにできる。

そこで本研究では、情動の種類の違いと筋特異性に焦点を当て、皮質脊髄路興奮性に対する情動の影響を明らかにすることを目的とした。喜び・悲しみ・怒り・恐怖に関する情動のエピソードをイメージする情動想起課題を採用し、課題実施時における皮質脊髄路興奮性を前腕・上腕筋群・下肢筋群を対象に調べた。

研究 1 では、上肢筋に着目して健常男性 16 名を対象とした実験を行った。皮質脊髄路興奮性は、M1 への経頭蓋磁気刺激より誘発される運動誘発電位(Motor-Evoked Potential, MEP)の振幅値で評価した。MEP は橈側手根屈筋、橈側手根伸筋、第一背側骨間筋、母指外転筋の 4 つの筋から測定した。被験者が喜び・悲しみ・恐怖・怒りの情動を喚起するエピソードを想起している間に MEP を計測し、ニュートラル条件(朝のルーティンの想起)の MEP を用いて正規化した。また、実験後に被験者は、想起内容の覚醒度(興奮の強さ)と感情価(快－不快)を評価した。

2 元配置分散分析(5 情動×4 筋)の結果、情動要因において有意な主効果が見られた( $p<.01$ )。一方で、筋要因の主効果ならびに交互作用は有意ではなかった( $p>.05$ )。事後検定の結果、全ての情動想起条件の MEP 振幅値はニュートラル条件より有意に増大していた( $p<.05$ )。さらに、スピアマンの相関解析の結果、想起内容の覚醒度と MEP 変化量の間には、橈側手根伸筋において正の相関( $\rho=.286$ )、母指外転筋において負の相関が認められた( $\rho=-.296$ )。

次に研究 2 では、下肢筋に着目して健常男性 21 名を対象とした実験を行った。研究 1 と同様に情動想起中における下肢筋の MEP 振幅値を計測した。MEP はヒラメ筋、前脛骨筋、腓腹筋(内側頭・外側頭)、大腿直筋から測定した。また、情動想起中のヒラメ筋、腓腹筋(内側頭)の Hoffmann 反射を計測し、脊髓運動ニューロン(脊髓 MN)の興奮性を評価した。脊髓 MN は脊髓レベルでの運動制御を反映しており、皮質脊髓路興奮性と併せて調べることで、情動想起が運動制御系に及ぼす影響の詳細を明らかにできる。実験後に被験者は、想起内容の覚醒度と感情価を評価した。

MEP 計測における 2 元配置分散分析(5 情動×5 筋)の結果、情動要因および筋要因に有意な主効果が見られた( $p<.01$ )。事後検定では、ニュートラル条件と比較して、全情動想起条件の MEP 振幅値が有意に高かった( $p<.05$ )。また、情動想起中の前脛骨筋の MEP 変化量は腓腹筋よりも有意に高かった( $p<.01$ )。MEP 変化量と覚醒度・情動価に間に有意な相関関係は認められなかった( $p>.05$ )。

反射計測における 2 元配置分散分析(5 情動×2 筋)では、情動要因にのみ有意な主効果が認められた( $p<.01$ )。事後検定では、喜び・恐怖・怒り条件の反射の振幅値がニュートラル条件より有意に高いこと

( $p<.01$ )、怒り条件の反射変化量が悲しみ条件より有意に高いことが示された( $p<.05$ )。また反射変化量と覚醒度との間に有意な正の相関関係が認められた(ヒラメ筋:  $\rho=.320$ , 腓腹筋:  $\rho=.296$ )。

研究 1 と 2 の結果、種類に関係なく、情動想起により皮質脊髓路興奮性が増大することが明らかとなった。喜び・怒り・恐怖の情動想起では、脊髓 MN 興奮性の増大も観察されたことから、皮質と脊髓の双方のレベルで興奮性の変調が起きていたと考えられる。一方、悲しみの情動想起では、脊髓 MN 興奮性の変調が認められなかったことから、主に一次運動野における興奮性変調が、皮質脊髓路興奮性の増大に関与すると考えられる。

筋特異性に関して、情動想起が皮質脊髓路興奮性を増大させる傾向は上下肢間で変わらなかった。しかし、増大傾向の中でも、想起内容の覚醒度と皮質脊髓路興奮性の変化量の相関関係は筋間で異なった。遠位筋である母指外転筋は精密な運動制御を担う一方で、近位に位置する橈側手根伸筋は比較的単純な運動制御に関与する。したがって、高い覚醒度は単純な運動では興奮性を高めるものの、複雑な運動では逆効果をもたらし得ることが示唆された。下肢では覚醒度と皮質脊髓路興奮性の変化量の相関関係はなかったものの、覚醒度と脊髓 MN 興奮性の変化量との間で正の相関が認められた。この結果から、情動想起における覚醒度の変化は主に脊髓レベルでの運動制御系に影響を及ぼす可能性が示された。

今後の研究では、情動想起が脳皮質に及ぼす影響について調べていく。新たに得られた知見と本研究成果を合わせることで、運動制御系に対する情動効果の詳細を解明していく。

[発表論文]なし