

四肢協調運動のメカニズムの解析 - 受動動作を含んだ協調運動 -

中川 剣人、村岡 哲郎、小穴 幸子、坂本 将基、彼末 一之

(早稲田大・スポーツ科学)

The analysis of the mechanism of interlimb coordination - The influence of passive lower limb movement on the active movement of the ipsilateral upper limb -

Kento Nakagawa, Tetsuro Muraoka, Sachiko Koana, Masaki Sakamoto
and Kazuyuki Kanosue (Fac Sport Sci, Waseda Univ)

ヒトは、多肢・多関節を協調させることによって、日常生活やスポーツに要する多様な動きや移動を可能にする。したがって、身体運動の神経制御メカニズムを解明することは、重要な課題であると考えられる。先行研究によると同側手足の協調運動の安定性は、動作方向（同位相・逆位相）や動作速度に影響を受けることが明らかにされている。これらの研究の多くが手関節・足関節ともに能動的に動かして協調させたときを対象としているが、日常生活やスポーツの場面では受動的に身体を動かされ、それに対して能動的に協調する必要がある。協調動作では、それぞれの部位、関節の動作を行う神経制御システムを単純に足し合わせたものではなく、それぞれの神経制御システムが相互に関連しながら働いているために動作遂行の難しさが生じると考えられる。下肢が受動的に動かされる協調運動と、上肢・下肢ともに能動的に動かす協調運動は、一次運動野からの運動指令によって上肢のみを操るか、上肢・下肢ともに操るかという違いがある。そのために協調運動の安定性に違いが生じると考えられる。そこで本研究では、「受動的に動かされた下肢に上肢を協調させる運動では、上肢・下肢ともに能動的に動かす協調運動よりも安定性が増す」という仮説を立てた。

被験者は健康な男性7名・女性3名の計10名である。被験者は椅子に座り、右前腕をゴムバンドで肘掛けに回内位に固定した。足は矢状面上に足関節の底屈・背屈運動が可能な板付きの三脚に固定した。手関節および足関節の関節角度変化は、ゴニオメータを用いて測定した。タスク中の筋活動をしらべるため、長

橈側手根伸筋 (ECR)、橈側手根屈筋 (FCR)、前脛骨筋 (TA)、ヒラメ筋 (SOL) の筋電図 (EMG) を導出した。被験者は閉眼の状態、右手関節の周期的な屈曲・伸展動作および右足関節の周期的な底屈・背屈動作を行った。タスク間では、足関節受動動作の有無、動作の周期速度、動作の方向といった要素の組み合わせを変えて、計8種類のタスクを10試行(3試行は練習試行)ずつ行った。各タスク間の成功率 (SR)、位相差標準偏差 (SD ϕ)、平均絶対誤差 (mAE) を算出し、三元配置の分散分析 (被験者内計画、2 \times 2 \times 2: 受動動作の有無 \times 動作周波数 \times 動作方向) で解析した。

SRには受動動作の有無、動作周波数、動作方向のいずれにも有意な主効果が認められた。SD ϕ には動作周波数に有意な主効果が認められた。mAEには、受動動作の有無と動作周波数に有意な主効果が認められた。mAEの結果は受動動作の有無に関して仮説と対立する結果であったが、これは解析処理の方法によるものである。SRの結果において受動動作の有無に有意な主効果が認められたことから、上肢・下肢ともに能動的に動かす協調運動に対して、受動的に動かされた下肢に上肢を協調させる運動は安定性が増すという仮説は支持された。その結果、受動動作の有無による一次運動野からの運動指令の違いによって協調運動の安定性は変化するということが明らかになった。しかし、動作速度や動作方向の影響を受けて、受動的に動かされた下肢に上肢を協調させる運動でも成功率の低下が見られた。よって、動作周波数の変化や動作方向を知覚する体性感覚情報が協調運動の安定性に影響を与えている可能性も示唆された。