運動時の視知覚修飾の神経科学的メカニズム

小見山高明¹, 呉屋良真², 青山千紗³, 七五三木聡^{1,2,3}

(¹大阪大学全学教育推進機構, ²大阪大学大学院生命機能研究科, ³大阪大学大学院医学系研究科)

スポーツ場面では時々刻々と状況が変化していく中でも、周囲の状況を素早く正確に把握し、判断そして実行することがより良いパフォーマンスに繋がる。そのためスポーツ場面のような運動時には脳機能はその行動文脈に応じた修飾効果を受けていると考えられる。運動は脳機能を一過性に変化させることが知られており、特に脳の高次機能である認知機能に対する運動効果の研究が盛んに行われている。その一方で、認知の基盤となる知覚に対しても運動は修飾効果をもたらすと考えられるが、知覚に対する修飾効果の特性や神経メカニズム、生理的役割などの詳細は依然として未解明なままである。これらの問題に心理物理学的にアプローチするためには、知覚を成立させる心理的プロセスとともに、実態としての脳情報処理の特性が知覚現象に反映される実験モデルを採用する必要がある。

そこで、われわれは瞬間的に呈示しても確実に知覚できるターゲット刺激に対し、それを囲むように妨害（マスク）刺激を呈示することにより、ターゲットの知覚が抑制される現象であるマスキング現象に着目した。さらに、ターゲットよりも後に呈示されたマスク刺激により生じるマスキング現象を逆行性マスキングと呼ぶ。これらのマスキングの時空間特性は、並列階層的な情報処理の中で段階的に進行する視野情報の統合過程の機能特性を反映すると考えられており、視覚情報処理の基本原則とそれを実現する神経回路についての手掛かりが包含されている。そのため、ターゲットとマスクの図形特徴の関係性（類似性）を変更する、そしてマスク刺激を様々な刺激呈示時間間隔（ミリ秒単位）で呈示することで、視覚情報処理における「処理過程」ならびに「異なる処理経路」に対する運動効果を定量評価することが可能となる。われわれはこの視覚の逆行性マスキング現象に着目し、視知覚形成過程としての視野情報統合の特性が強く反映される視覚刺激検出課題を実験モデルとして採用し、視知覚における形成過程ならびに情報処理経路に対して運動がどのような修飾効果をもたらしているのかについて検証を行った。

本研究ではサイン波状に輝度変化する縞刺激をターゲット刺激とした視覚検出課題により、ターゲット刺激の検出率を安静時ならびに運動中に計測を行い、運動に

よる視知覚の変化について実験を行った。ターゲット刺激の検出として、同一のターゲット刺激に対して、ターゲット自体があったかどうかに関するモノの存在を問う存在検出の計測と同時に、ターゲットの縞がはっきりみえたかどうかといったモノの特徴を捉える特徴検出を計測することにより、視知覚形成過程を分離し、まずは形成過程がどのように為されているか検証を行った。その結果、視知覚はモノの存在からモノの特徴の順で時間発達の形成されていることが明らかとなり、視知覚形成過程を分離することができた。これにより、それぞれの知覚形成過程に対して、運動がどのように作用しているのかについて検証を行ったところ、運動はモノの存在の検出に対しては影響せず、モノの特徴の検出に対してのみ改善効果を示した。これらのことから、運動は視知覚の形成過程において特異的に影響している可能性が明らかとなった。

さらに本研究では、視覚情報処理の経路に対しても運動による特異的な影響があるかどうかの検証を行った。視覚情報処理経路は2つの経路に分かれており、ニューロンレベルで異なる性質を有している。例えば、一方の情報処理経路では、特定の刺激の特徴に対して選択的に反応を示す一方で、もう一方の情報処理経路ではすべての刺激に反応するといった“刺激特徴選択性”という違いがある。この刺激特徴選択性を用いることによって、2つの視覚情報の経路に対して運動がどのように作用しているのかについて検証を行った。その結果、運動は一方の情報処理経路に対してのみ特異的な修飾効果をもたらしている可能性があることが明らかとなった。

これまでの研究結果から、運動時には視知覚が高まることが明らかとなり、さらに運動の視知覚に対する効果は、情報処理“過程”さらには“経路”においても特異性がある可能性があることが明らかとなった。これらのことから、運動がもたらす脳機能修飾効果はこれまで考えられてきたよりも複雑な作用であると考えられる。今後、このような神経科学的な観点から運動による脳機能への影響について検証することで、運動による脳機能改善の脳内メカニズムに迫ることができるのではないかと考える。