

京都大学	博士（人間・環境学）	氏名	生田 泰志
論文題目	クロール泳における泳速度の変化と筋活動の関係		
(論文内容の要旨)			
競泳のレース分析に関する先行研究により、レース中の泳速度（SV）の変化をストローク頻度（SR）やストローク長（SL）の増減から検討できるようになった。しかし、SV、SRおよびSLが変化する要因の源である筋活動との関連については十分に解明されておらず、その研究報告は数少ない。そこで本学位申請論文は、200m自由形レースをシミュレートした50m × 4ラップの泳テストにおけるSV、SRおよびSLの変化と上半身および下半身の筋活動の関係について明らかにすることを第一の目的とした。さらに、200m自由形泳中の生理的な疲労によるSVの低下と筋活動間関係を調査することを第二の目的とした。具体的には、200m泳中の疲労状態における遠位－近位間（例えば体幹、肩、肘および手首）、主動筋－拮抗筋間および上肢筋－下肢筋間における筋活動動態の補償関係の存在を調査することを目的とした。併せて、SVの低下の度合いとキネマティクスあるいは筋電図パラメータの変化との関連性についても調査した。 男子大学競泳選手20名を被験者とし、クロール泳にて10秒間の休憩を挟み50m × 4ラップの泳テストを実施した。皮膚表面双極誘導法により上肢7筋、下肢4筋の筋電図を記録し、単位時間当たりの平均振幅値（MAV）を求めた。水中映像からはSV、SR、SL、肩関節屈曲角速度（AAV）および1ストロークサイクルにおける各局面（水中局面、ストローク前半および後半）の割合を算出した。 SV、SRおよびSLの変化は、先行研究同様にラップ1からラップ3にかけて有意に低下したが、その後は有意な変化は認められなかった。泳テスト終了後の血中乳酸濃度の値は、13.1 ± 1.63 mmol L⁻¹であり、200m自由形レース直後の先行研究の結果と概ね一致した。以上のことから、本研究で採用したブローケン泳テストは実際の200mレースの強度を再現することができたと考えられる。 SV、SRおよびSLと同じようにラップ1からラップ2あるいは3にかけてMAVが有意に低下した筋は、尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋後部および大腿直筋の5筋であった。したがって、これら5筋の筋活動量の低下がSRやSLの低下を惹起させ、その結果、SVの低下を招いたことが推察される。ラップ3から4にかけてはSV、SRおよびSLに有意な変化はみられなかったが、それらの変化率（Δ）については、ΔSV₃₄とΔSR₃₄の間に有意な相関関係が認められた。つまり、SRが増加する被験者ほどSVの低下が小さくなることが示され、SRの増大がSVの低下を防いだ要因であったと考えることができる。MAVの変化については、大胸筋のみラップ3から4にかけて有意に増加した。したがって、テスト終盤に疲労が蓄積された局面では大胸筋の活動量が他の筋活動を補うように増大し、その結果、SRの低下を防ぐことに結びついたことが推察される。つまり、大胸筋の活動はテスト中のSVを維持するための補償作用であったと理解できる。			

水中のストローク局面を前半と後半に分けた時に、尺側手根屈筋、上腕二頭筋および広背筋のストローク前半における ΔMAV は、 ΔSV あるいは ΔAAV と有意な相関関係を示したが、ストローク後半においては、いずれの筋の ΔMAV も ΔSV や ΔAAV と有意な相関関係を示さなかった。つまり、ストローク前半における筋活動量の低下がSVの低下に関連していたことが示唆された。下肢筋では唯一、大腿二頭筋の ΔMAV と ΔSV の間に有意な正の相関関係が認められ、大腿二頭筋の活動がSV低下に関与している可能性が示された。

本研究において被験筋の多くがSV、SRおよびSLの増減に関与していることが明らかとなった。そこで、筋活動間の関連を検討するために各筋における ΔMAV_{14} 間の相関関係を調べた。その結果、尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋および広背筋が、相互に有意な正の相関関係を示した。しかしながら、大胸筋との間に相関関係を示した筋はみられなかった。また、いずれの筋間においても有意な負の相関関係は認められなかった。以上のことから、SV、SRおよびSLの増減に強く関与する尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋および広背筋は相互に協調関係にあるものの、大胸筋は他の筋との協調関係は認められず、異なる活動パターンを示すことが明らかとなった。さらに、SVの低下の度合いで被験者を2群に分けて筋活動との関連を調査した結果、SVの低下が小さな群は200mの記録が有意に速く、尺側手根屈筋、大胸筋、大腿直筋および大腿二頭筋のMAVがラップ4で有意に増大した。一方、SVの低下が大きな群は尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、広背筋、三角筋後部および大腿直筋のMAVがラップ1で最も高く、ラップ2、3または4にかけて有意に低下し、特に尺側手根屈筋のMAVの低下が顕著であることが示された。

以上のように、本学位申請論文は200m自由形泳におけるSVの変化と筋活動の関係について検討し、SV、SRおよびSLの変化に関連した筋の活動動態やSV低下に関与する主たる筋あるいはSV低下を防ぐために活動する筋を明らかにした。その成果は、競技力向上を目指してトレーニングに励んでいる競泳選手やコーチに対して強化ポイントを明確にしたり、疲労と筋活動という観点からレース戦略を検討したりする際の基礎資料として活用されることが期待される。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、200m自由形レースを再現した泳テストにおける泳速度 (SV) の変化と筋活動の関係について調査した研究である。論文の内容は国内外の関連論文を網羅した研究小史、研究仮説、実験方法、結果、考察から構成されている。研究小史では、水泳中の筋活動の分析に関する研究のレビューを行い、レースに近い状態を再現した中での研究、レース中のストローク情報の変化と筋活動の関係および下半身の筋活動については十分に調査されていないことを示し、本学位申請論文で取り組むべき課題を明確にした。

実験方法として、男子大学競泳選手20名を被験者とし、クロール泳にて50m × 4ラップ (ラップ間10秒休憩) の泳テストを実施した。筋活動の記録は皮膚表面双極誘導法を採用し、上肢7筋、下肢4筋を被験筋とした。記録した筋電図から、単位時間当たりの平均振幅値 (MAV) を求め、水中映像からはSV、ストローク頻度 (SR)、ストローク長 (SL)、肩関節屈曲角速度 (AAV) および1ストロークサイクルにおける各局面 (水中局面、ストローク前半および後半) の割合を算出した。

このような実験により、200m自由形レースを再現した50m × 4ラップの泳テストにおけるストローク情報 (SV、SRおよびSL) の変化と上半身および下半身の筋活動の関係について詳細な検討を行った。さらに、200m自由形泳中の筋疲労に伴うSVの低下と筋活動間関係についても生理学的、バイオメカニクスの見地から解析を行った。具体的には、200m泳中の疲労状態における遠位-近位間 (例えば体幹、肩、肘および手首)、主動筋-拮抗筋間および上肢筋-下肢筋間における筋活動動態の補償関係の存在を調査することを目的とした。併せて、SVの低下の度合いとキネマティクスあるいは筋電図パラメータの変化との関連性についても調査した。これら一連の実験方法は先行研究には殆ど見られない詳細、かつ総合的な解析を可能にしたもので、高く評価できる。

結果と考察では、まず本研究で採用した50m × 4ラップの泳テストが200m自由形レースの強度を再現したことを証明した後に、ストローク情報の変化と筋活動の関係について考察を進めた。まず、ラップ1からラップ3への変化については、ストローク情報と同様にMAVがラップ1からラップ2あるいは3にかけて有意に低下した筋は尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋後部および大腿直筋の5筋であり、これら5筋の筋活動量の低下がSVの低下を招いたことを推察している。続いてラップ3から4にかけては、ストローク情報に有意な変化はみられなかったが、SVとSRの変化率 (Δ) の間に有意な相関関係が認められ、SRの増大がSVの低下を防いだ要因であったことを示した。MAVの変化は、大胸筋のみラップ3から4にかけて有意に増加した。テスト終盤に疲労が蓄積された局面では大胸筋の活動量が他の筋活動を補うように増大し、このような大胸筋の活動はテスト中のSVを維持するための補償作用であることを示唆した。

最後に、筋疲労によるSVの低下と多チャンネル筋電図解析で得られた筋活動間関係について検討した。その結果、尺側手根屈筋、上腕二頭筋および広背筋のストローク前半における Δ MAVは、 Δ SVあるいは Δ AAVと有意な相関関係を示したが、ストローク後半には、いずれの筋の Δ MAVも Δ SVや Δ AAVと有意な相関関係を示さなかつ

た。つまり、ストローク前半の筋活動量の低下がSVの低下に関連していたことが示された。下肢筋では、大腿二頭筋の ΔMAV と ΔSV の間に有意な正の相関関係が認められ、大腿二頭筋の活動がSV低下に関与している可能性を示した。さらに、筋活動間の関連を検討するために ΔMAV 間の相関関係を調べた結果、尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋および広背筋が、相互に有意な正の相関関係を示したが、大胸筋との間に相関関係を示した筋が認められなかった。また、いずれの筋活動間においても有意な負の相関関係は認められなかった。以上のことから、ストローク情報の増減に強く関与する尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋および広背筋は相互に協調関係にあるが、大胸筋は他の筋との協調関係は認められず、異なる活動パターンを示すことを明らかにした。さらに、SVの低下の度合いで被験者を2群に分けた結果、SVの低下が小さな群は、尺側手根屈筋、大胸筋、大腿直筋および大腿二頭筋のMAVがラップ4で有意に増大したが、SVの低下が大きな群は尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、広背筋、三角筋後部および大腿直筋のMAVがラップ1で最も高く、その後は有意に低下し、特に尺側手根屈筋のMAVの低下が顕著であったことを示した。これらの研究成果は、200mレースに近い条件で筋電図を記録したことや、ストローク情報との関係から検討したこと、さらには上半身だけでなく下半身の筋活動についても同時に検討した独創的な研究であり、**体力科学** (2010) および**European Journal of Applied Physiology** (2012) に掲載され、高い評価を受けている。

以上のように、本学位申請論文は200m自由形泳におけるSVの変化と筋活動の関係について詳細な検討を行い、ストローク情報の変化に関連した筋の活動動態やSV低下に関与する主たる筋あるいはSV低下を防ぐために活動する筋を明らかにしたもので、共生人間学専攻、認知・行動科学講座に相応しい内容を備えていると判断できる。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成25年3月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降