

クロール泳でただ腕を速く回すだけでは速く泳げない理由を解明

研究成果のポイント

1. クロール泳において、ストローク頻度（単位時間あたりに腕をかいた回数）の上昇に伴い泳速度は上昇するが、至適なストローク頻度を超えると泳速度が上昇しなくなることが報告されていました。
2. 本研究により、過度にストローク頻度を上昇させても、泳者の手部において発揮される推進力が低下することにより、泳速度が上昇しなくなることが明らかになりました。
3. 特に手掌側で水から受ける圧力の低下が、推進力の低下を招いているため、より速く泳ぐためには高いストローク頻度でもストローク後半で手部の角度を適切に保つ（手掌面を移動方向に向ける）ことが重要であると結論付けられました。

筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター所属の高木英樹教授と同センターが主導するHHP学位プログラムコース所属の古賀大樹さんらは、圧力分布計測と3次元動作分析の併用により、クロール泳においてストローク頻度を過度に上昇させた際の泳速度停滞要因の解明に取り組みました。

競泳のクロール泳では、下肢動作に比べ上肢動作による推進力発揮割合が高く、上肢によるストローク頻度が泳速度の主な決定因子とされています。しかし、ストローク頻度を上昇させても一定の頻度を超えると泳速度が上昇しなくなることがこれまで報告されてきました。本研究では、そのような過度にストローク頻度を上昇させた際に、なぜ泳速度が上昇しなくなるのかを本研究グループが開発した圧力分布計測（泳者の身体部位表面に圧力を計測する小型のセンサを取り付け、計測された圧力値から生じた力を推定する手法）と水中でのリアルタイム3次元動作分析を併用することで、流体力学的観点から明らかにすることを試みました。

本研究における新たな発見は、至適なストローク頻度を越えて頻度を増加させると、1ストローク当たりの推進距離（ストローク長）が短縮すると同時に、手部で発揮された推進力も低下していました。この時、ストローク後半において手掌面が手部の移動方向と成す角度（迎角）が小さくなり、手掌面が水を切るような動作になっていたのです。ストローク頻度を過度に高くすると、手掌面が水から受ける圧力（動圧）が高まり、それに応じて手部に作用する力も大きくなりますが、同時にその力は手部の移動を阻害してしまいます。そのため、泳者は至適以上の過度なストローク頻度を達成するために、やむなくストローク後半で水を逃がすような動作をして手掌面で受ける動圧を調整し、高い手部速度をなんとか維持しようとしたと考えられます。しかしこのような動作をすると、結果的に推進力やストローク長は低下するため泳速度が上昇しなくなってしまうのです。

しかし裏返せば、ストローク後半に手部の迎角を適切に保ったまま、ストローク頻度を高める筋力と技術を身につけることが出来れば、手部推進力およびストローク長の低下を防ぎ、泳速度の向上が期待できると考えられます。

本研究成果は、2020年9月29日付で英国の国際科学誌 Sports Biomechanics にオンライン先行公開されました。

研究の背景

競泳のレースでは、ストローク（上肢により水をかく動作）を用いて推進する局面が大半を占めます。よって、レースを制するには、このストロークによって泳速度をいかに高められるかが鍵となります。クロール泳では、ストローク頻度の増大に伴い泳速度は上昇しますが、あるストローク頻度を超えると泳速度が上昇しなくなることが報告され、最速で泳ぐことのできる最適なストローク頻度が存在すると考えられます。これまで、最適なストローク頻度を超えて、過度なストローク頻度で泳いだ場合に泳速度が上昇しなくなる要因は明らかとなっておりませんでした。泳者が泳動作によって推進する際、手部は全身の中で最も推進力を発揮します。近年、本研究グループは、圧力分布計測（身体部位表面に小型の圧力センサを取り付け、計測された圧力値から生じた力を推定する手法）と水中でのリアルタイム三次元動作分析を併用することで、手部で発揮される推進力の算出が可能となりました。そこで、手部で発揮される推進力と手部推進力の大きさに影響を与える手部の運動学的指標を同時に計測することで、泳速度が停滞する要因の解明を試みました。

研究内容と成果

本研究では、圧力分布計測と3次元動作分析の併用により、クロール泳における過度なストローク頻度の上昇時の泳速度の変化の要因を解明することに取り組みました。実験は、クロール泳もしくは個人メドレーを専門とする男子大学生の競泳選手を対象に、筑波大学屋内プールにて行われました。その結果、先行研究と同様に、至適なレベルを超えたストローク頻度では泳速度の停滞が認められました。本研究の新たな発見としては、過度なストローク頻度では、1ストローク当たりの推進距離（ストローク長）が短縮するのと同時に、手部で発揮された推進力も低下していました。この時の、手掌が手部の移動方向に向く角度（迎角）が小さくなり（図 1b）、手部平面と手部の移動方向が平行に近くなりました。迎角が大きいと、手部平面と手部の移動方向は垂直に近づき、手掌で受ける圧力は大きくなります（図 1a）。一方で、その大きな圧力は、手部に対しては抵抗力にもなるため、手部の移動速度を低下させる要因になります。ストローク頻度を高めることは、1ストローク当たりの所要時間の短縮を意味するため、迎角を小さくすることで、水中での手部の移動速度を高め、過度に高いストローク頻度に到達していたと考えられました。一方で、迎角が小さいと、手掌側で水を受けることが困難となり、手掌測で計測された力は低下しました。それ故、迎角の減少が、過度にストローク頻度を高めた際、手部での推進力が低下した要因であると考えられました。また、手部での推進力が低下したことで1ストローク当たりの推進距離も低下したと推察されます。ストローク頻度を高める一方で、迎角を適切に維持することで、手部推進力の低下および推進距離の低下を防ぎ、泳速度の向上が期待できると考えられました。

今後の展開

迎角が変化することにより手掌の圧力値が変化したため、水の流れの可視化により、迎角や手部の移動速度が変化することで手部表面の圧力値がどのように変化するか、さらにはそのメカニズムの解明、および手部における推進力を最大化させる泳技術の開発について、研究を進めていきます。

参考図

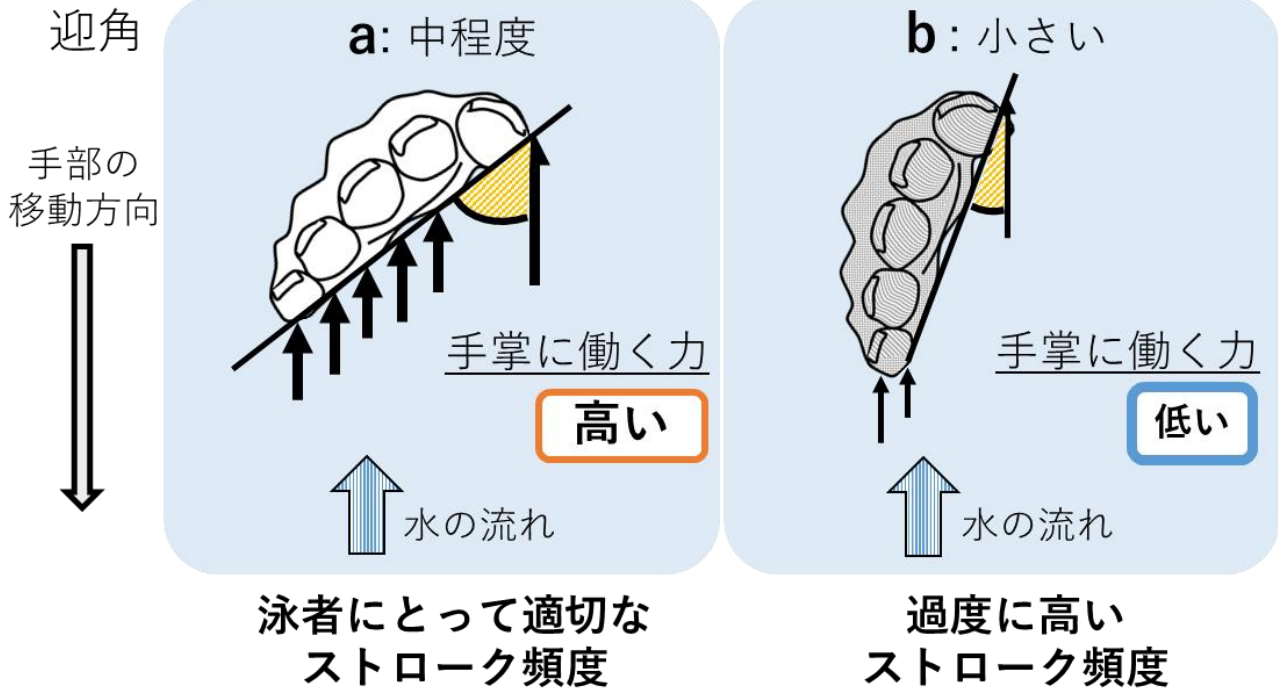


図1. 異なる迎角の模式図. a: 迎角が保たれ, 手部の移動方向と手部平面が比較的垂直に近い. この時, 手掌で計測される圧力値は高い. b: 過度にストローク頻度を高め, 迎角が小さく, 手部平面と手部の移動方向が平行に近い. この時, 手掌で計測される圧力値は低い.

掲載論文

【題名】 Effects of exceeding stroke frequency of maximal effort on hand kinematics and hand propulsive force in front crawl

(最大努力のストローク頻度を越えることがクロールの手部キネマティクスおよび手部推進力に及ぼす影響)

【著者名】 Daiki Koga, Tomohiro Gonjo, Eisuke Kawai, Takaaki Tsunokawa, Shin Sakai, Yasuo Sengoku, Miwako Homma and Hideki Takagi

【掲載誌】 Sports Biomechanics (DOI: 10.1080/14763141.2020.1814852)

問い合わせ先

高木 英樹 (たかぎ ひでき)

筑波大学 体育系 教授

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: takagi.hideki.ga@u.tsukuba.ac.jp

Tel: 029-853-6330