

バタ足の筋活動解析

スポーツ医科学領域
5012A020-0 神館盛充

研究指導教員:金岡恒治教授

【背景】

我々が知りうる限りでは、クロール泳の下肢の筋活動解析に関する先行研究は、ストローク頻度とストローク長の変化を見る際に、前頸骨筋、腓腹筋、大腿直筋、大腿二頭筋の4筋を測定した研究のみである。しかしこの先行研究は、200m泳において50mごとに筋活動を見ているのみであり、バタ足を細かいフェーズに分けて筋活動解析を行っている研究はない。バタ足の詳細な筋活動解析を行うことによって、筋のフェーズごとの活動がわかり、パフォーマンスの向上に役立つと考えられる。また、水中運動は免荷という特性を有しているため、今後リハビリテーションの分野での応用も期待できると考える。

クロール泳の速度を上げると、Stroke Rateが増加し、Stroke Lengthが減少すると報告されている。また、速度が上昇することで上肢の筋活動に変化が見られるが下肢の筋活動には変化が見られないと報告されている。その為、速度を維持するためには、バタ足が重要であるとも考えられる。しかし、速度が異なることで筋活動がどのように変化するか検討を行っている先行研究はない。

そこで本研究の目的は、バタ足キック動作時フェーズごとの筋活動解析を行うこと、速度の違いによって筋活動が異なるかを明らかにすることとした。

【方法】

1.被験者

被験者は競泳経験を有する健康男性15名を対象とした。被験者には、研究に参加するにあたり研究内容に関する説明を実施し、同意を得た者を対象とした。なお、本研究は早稲田大学人を対象とする倫理委員会の承認を得て行った。

2.実験環境

キック動作は2次元矢状面上での動きであると仮定し、1台の水中ハイスピードカメラにて、被験者の右側方より2次元にて撮影した。

体表マーカーは、上前腸骨棘と上後腸骨棘を結んだ骨盤ライン、右側の大転子、大腿骨外側上顆、外果に貼付した。

被検筋は右側の腹直筋、内腹斜筋、中殿筋、脊柱起立筋、大腿直筋、内側広筋、大腿二頭筋、腓腹筋とした。

各被検筋には、防水加工されたデータロガーを皮膚上に両面テープで貼付し、医療用防水シートで防水処理を施した。

3.試技

①最大努力下でバタ足を行う(以下最大努力下バタ足)。

②非最大努力下でバタ足を行う。(以下非最大努力下バタ足)

1,2の試技を十分な休息を挟んで行った。

なお、本研究の非最大努力下とは、最大努力下に比べ速度が遅いことを指す。

4.動作解析

本研究では股関節角度および膝関節角度を以下のように定義した。

股関節角度:大転子と大腿骨外側上顆を結んだ線と骨盤ラインのなす角

膝関節角度:大転子、大腿骨外側上顆と外果のなす角

手動デジタイズ(DIPP-MOTION PRO)によって得られた画像上の座標値から、被験者の股関節角度および膝関節角度を算出した。画像分析によって得られた角度データにおける手動デジタイズや演算に伴うノイズを取り除くため、4次のButterworth Digital Filter法を使用し、遮断周波数6Hzにて平滑化を行った。

また各試技の泳速度を、画像解析ソフト(Image J)を用い、0.1秒間の座標の変化を算出し泳速度を得た。

5.フェーズ分け定義

動作解析で算出した、股関節、膝関節データをもとに全4フェーズに期分けした。

フェーズ分け

	股関節の伸展	股関節の屈曲
膝関節の伸展	アップキック前期	ダウンキック後期
膝関節の屈曲	アップキック後期	ダウンキック前期

6.筋電データの解析

20~500Hzのバンドパスフィルターをかけ、全波整流を行った。その後、各Root Mean Square(RMS)を算出し、MVC時のRMSで除することによって、%MVCを算出し、比較対象とした。MVC時の筋電位は、0.2秒間の振幅の合計が最大となる区画を特定し、その時のRMSを算出した。

7.解析除外基準

①規定したフェーズ通りに行わなかった試技

②機器の水没等によりデータを収集できなかった筋

解析を行った被験者数、被検筋数は以下の通りである。

被験者数:最大努力下(非最大努力下)13(14)名

被検筋:腹直筋 9(11)名、内腹斜筋 12(13)名、中殿筋 12(13)名、脊柱起立筋 13(14)名、大腿直筋 13(14)名、内側広筋 9(10)名、大腿二頭筋 13(14)名、腓腹筋 12(13)名

2-8.統計処理

2試技の泳速度の比較は対応のないt検定を行った。

最大努力下バタ足キック、非最大努力下のバタ足キックに関し、各筋の各フェーズにおける比較を、フリードマン検定を行い、有意差がみられた場合のみ多重比較検定を行った。

各フェーズの筋活動量と2試技の比較を対応のないt検定を行った。

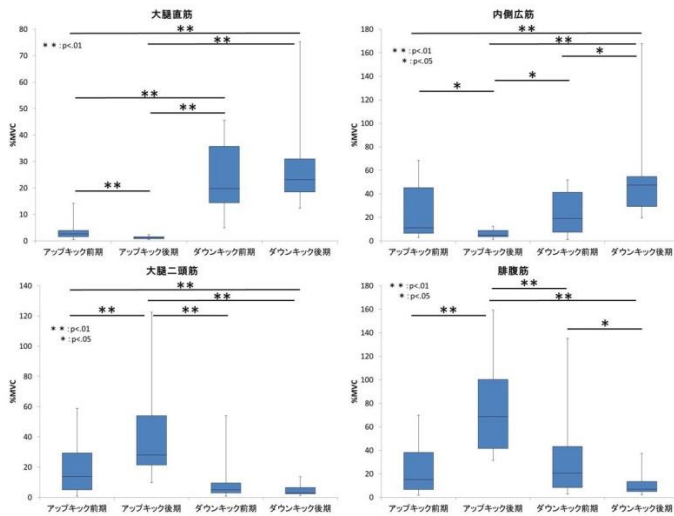
有意水準は5%として検定を行った。統計処理には、統計ソフトウェアSPSS Statistics19を使用した。

【結果】

1.泳速度

最大努力下バタ足の泳速度は $1.36 \pm 0.14 \text{ m/s}$ 、非最大努力下バタ足の泳速度は $0.98 \pm 0.17 \text{ m/s}$ となり、最大努力下バタ足の方が有意に速かった。(p<0.01)

2.非最大努力下バタ足における各筋のフェーズにおける比較

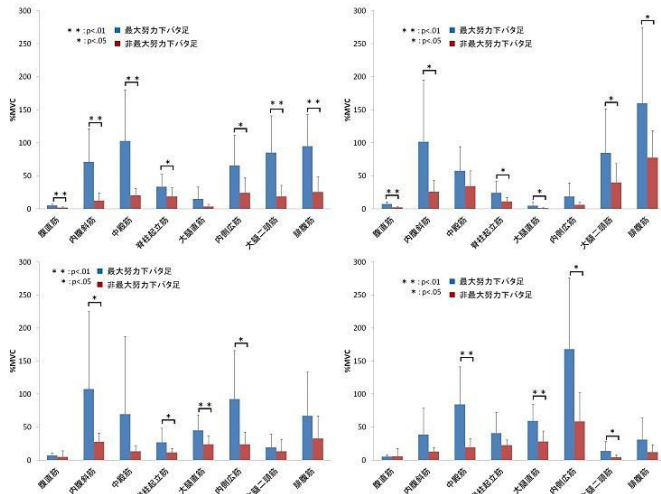


左上:大腿直筋,右上:内側広筋

左下:大腿二頭筋,右下:腓腹筋

大腿直筋に関して、アップキック前期と比較して、アップキック後期は有意に低い値を示した。ダウンキック前期およびダウンキック後期と比較して、アップキック前期とアップキック後期は、それぞれ有意に低い値を示した。内側広筋に関して、ダウンキック後期と比較して、アップキック前期、アップキック後期とダウンキック前期は、有意に低い値を示した。アップキック前期およびダウンキック前期と比較して、アップキック後期は有意に低い値を示した。大腿二頭筋に関して、アップキック後期と比較して、アップキック前期、ダウンキック前期とダウンキック後期は、有意に低い値を示した。また、アップキック前期と比較して、ダウンキック後期は有意に低い値を示した。腓腹筋に関して、アップキック後期と比較して、アップキック前期、ダウンキック前期とダウンキック後期は、有意に低い値を示した。また、ダウンキック前期と比較して、ダウンキック後期は有意に低い値を示した。

3.各フェーズでの試技間での比較



左上:アップキック前期,右上:アップキック後期

左下:ダウンキック前期,右下:ダウンキック後期

【考察】

1.フェーズ間の比較

腹直筋に関してバタ足では他の筋と比較し、各フェーズであまり働いていない傾向にあった。この結果は、腹直筋はストローク動作に合わせ活動している、という先行研究の結果と一致していると考えられる。

大腿直筋は、アップキック両フェーズとダウンキック両フェーズ間に有意差が認められたことから、膝関節の動きではなく、股関節屈曲動作に連動し筋が活動をしていると考えられる。

また、大腿二頭筋も非最大努力下バタ足ではアップキック前期とダウンキック前期に有意差は認めなかったが、最大努力下バタ足において、アップキック両フェーズとダウンキック両フェーズ間に有意差が認められたことから、膝関節の動きではなく股関節伸展動作に連動し筋が活動をしていると考えられる。

内側広筋は、ダウンキック後期において、他の 3 フェーズに対し有意に筋活動量が高かった。よってダウンキック後期は、膝伸展開始局面のため内側広筋は膝の伸展局面で重要な働きをしていると考えられる。

腓腹筋はアップキック後期において、他の 3 フェーズに比べ有意に筋活動が高い結果を示した。アップキック後期は膝関節屈曲開始局面であるので、膝関節屈曲動作に連動し筋が活動していると考えられる。しかしバタ足動作中は、足関節は常に底屈状態であると考えられ、膝関節伸展動作を行っている際は、アップキック前期とダウンキック後期では遠心性の収縮が起こっているとも推察される。

2.速度の違いによる筋活動の比較

先行研究において、歩行速度が上がると筋活動量が増加していると報告されている。本研究も各フェーズ各筋で筋活動の増加を認めることから、水中での運動でも同様のことがいえると考えられる。フェーズ間比較より、大腿直筋、大腿二頭筋は股関節屈曲・伸展動作に連動し、筋活動を行っているおり、内側広筋、腓腹筋は膝関節屈曲・伸展動作に連動し、筋活動していると推察した。これら筋は、速度が上昇すると本来発揮するフェーズの 1 つ前のフェーズから筋活動の増加を認めた。そのため、速度が上昇することによって、これら大腿直筋はアップキック後期、大腿二頭筋はダウンキック後期、内側広筋はダウンキック前期、腓腹筋はアップキック前期で遠心性の収縮を行っている可能性が推察された。

【結論】

本研究では以下の結論を得た。

- ①二関節筋である大腿直筋、大腿二頭筋は、股関節の動きに合わせ、活動していると推察された。
- ②内側広筋、腓腹筋は膝関節の動きに合わせ、活動していると推察された。
- ③速度の上昇により、大腿直筋、大腿二頭筋、内側広筋、腓腹筋はフェーズによっては遠心性の収縮を行っていると考えられた。