

令和元年6月21日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01574

研究課題名(和文) クロール泳におけるキック動作の推進貢献検証と反張膝による影響の調査

研究課題名(英文) Verification of propulsive contribution of kicking motion in front crawl swimming and investigation of influence by genu recurvatum

研究代表者

市川 浩 (Ichikawa, Hiroshi)

新潟医療福祉大学・健康科学部・講師

研究者番号：20375463

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：膝関節角度が通常の伸展角度0度以上に伸展する"反張膝"を有する競泳選手を対象に、その反張膝がクロール泳のキックや泳能力におよぼす影響を検証することを目的とした。男子学生競泳選手対象にクロール泳およびキック泳中の膝関節過伸展角度と泳パフォーマンスとの関係を調査したところ、全力クロール泳中の膝の最大過伸展角度と泳速度との間に有意な相関は見られなかった。また、全力キック泳中の膝の過伸展角度とキック泳速度、さらに過伸展角度とキックによる推進力の間にも有意な相関は観察されなかった。以上から、競泳選手の膝関節の過伸展はクロール泳やキックのパフォーマンスに直接的な影響を及ぼすことはないものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、クロール泳におけるキックの役割に関する議論が高まっており、クロール泳の下肢動作は直接的な推進力をほとんど発揮しないとの見方が強い。上肢による推進力発揮や全身の抵抗による影響が強く、下肢による推進貢献はほとんどないためと考えられる。本研究により、膝関節の過伸展が泳速度や推進力発揮に影響しないことが示唆されたが、これは下肢の推進貢献が相対的に小さく、それぞれへの影響が小さかった可能性も考えられる。今後も継続して推進力推定に関する確実な手法を確立し、下肢キック動作および膝の過伸展による影響および推進貢献を詳細に調査することで、下肢の特性による貢献や役割に関する議論を継続したい。

研究成果の概要(英文)：The purpose was to examine the influence of "genu recurvatum", which knee joints extend to more of the normal extension angle, on the kick and the swimming ability in front crawl swimming. The subjects were twelve well-trained male swimmers. It was investigated that the relationship between knee joint hyperextension angle and kicking and swimming performance in front crawl swimming. It was not significant correlation between the maximum hyperextension angle of knee and swimming speed in crawl swimming with maximum effort. In addition, no significant correlation was observed between the knee hyperextension angle and the kick swimming speed during the kick swimming, and also between the hyperextension angle and the propulsive force of kicking. It was suggested that hyperextension of the knee joint of the swimmer had no direct effect on the performance of front crawl swimming and kicking.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：クロール泳 キック動作 推進力 反張膝

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大きな関節可動域は競泳競技のパフォーマンスに有利に働くと考えられている。膝関節角度が通常の伸展角度 0 度以上に伸展する「反張膝」も同様であり、そのキック動作において「正常膝より多くの水を捉える」ことのできる身体的特徴として好印象をもたれている(栗木 2014、図 1)。

しかしこの反張膝は正常域を逸脱し、過伸展した状態であり、陸上で行われる跳躍や球技において靭帯損傷や捻挫を誘発する要因でもある(佐久間 1998、加藤 2000)。過度の関節可動域は関節の不安定性を惹起し、障害の原因となる可能性があり(片山 2000)。競泳選手にとっても膝関節は肩・腰と並ぶ故障発生部位である(武藤 1982)。しかし、競泳選手はその継続的なトレーニングの影響により反張膝発生率が高く、学齢に伴い過伸展角度は増す(栗木 2011)。

さらに、反張膝の競泳選手はクロール泳中も膝関節が過伸展することが確認されているが(栗木 2014)、膝関節の過伸展がクロール泳のキックなどの泳パフォーマンスに好影響を与えたとする報告はない。競技パフォーマンス向上を目指したトレーニングの継続のため、反張膝を避けられない競泳選手が多数存在することを鑑みると、その泳パフォーマンスとの関係を示した情報は必要であると考えられる。



図 1 競泳選手の反張膝

(栗木 2014)

2. 研究の目的

競泳競技に有利とさせる下肢アライメントの「反張膝」が、クロール泳のキック技術に及ぼす影響を実験により検証することを目的とする。このためにキック動作が発揮する流体力の定量化手法を圧力分布計測により構築し、クロール泳におけるキック技術の貢献について検証をする。さらに、水泳時の膝角度の過伸展角度を定量的に評価し、これが泳パフォーマンスへ及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 男子大学競泳選手を対象に、泳者左足部に小型圧力センサ 4 枚を、左下肢 11 箇所を高輝度 LED による自発光マーカーを装着し(図 2)、足部圧力分布と下肢動作のモーションキャプチャの複合計測を実施することで、キック動作によって足部が発揮する流体力から、推進力成分を抽出することを目指した。試技は水中に固定したアルミフレームを把持した状態で行い、把持したフレームにはストレインゲージを貼り付け、泳者進行方向にかかる力を定量化するものとした。圧力分布とモーションキャプチャから推定した推進力が妥当なものであるかを、フレームを押し力によって検証するものとした。



図 2 高輝度 LED による自発光マーカーを装着した泳者

(2) 男子学生競泳選手 12 名を対象に、クロール泳およびキック泳中の膝関節過伸展角度と泳パフォーマンスとの関係を調査した。泳者に 25m 全力クロール泳試技を行わせ、側方からの水中ビデオ撮影と二次元 DLT 法により大転子の水平速度および膝関節角度を測定した。さらにワイヤ張力の測定が可能な牽引装置を用い、1.2m/s から 2.4m/s までの 5 段階の牽引速度で、けのび姿勢と全力キック泳試技時の平均張力をそれぞれ測定し、キックによる平均推進力を算出した。全力キック泳試技の際にも、側方からの水中ビデオ撮影と二次元 DLT 法を用いることで、泳中の膝関節角度を測定した。

4. 研究成果

(1) 主要な成果

泳中の膝過伸展とクロール泳スプリント能力およびキック能力の関係

全力クロール泳中の膝の最大伸展角度は、被験者 12 名全員が 180 度を超えており、そのうち 6 名が 190 度を超える反張膝であった。しかし、全力クロール泳中の膝の最大過伸展角度と泳速度との間に有意な相関は見られなかった(図 3)。クロール泳は上肢による推進力の影響が強いことが知られており(Hollander 1998)、下肢のさらに最大伸展膝角度のみによってパーフォー

マンスが左右されることはないものと考えられた。

1.2m/s から 2.4m/s までの 5 段階の牽引速度で行った全力キック泳中の膝の最大伸展角度は、泳速度による変化はあまり見られず、その標準偏差は最も大きい泳者でも 2.4 度であった。牽引泳速度ごとに膝の最大過伸展角度と全力クロール泳速度との関係を調べたが、いずれの速度においても有意な相関は観察されなかった。さらに牽引速度ごとに下肢動作が発揮する推進力の平均値を算出した。これと膝の過伸展角度との関係も調査したが、有意な相関は観察されなかった(図 4)。膝の過伸展は推進力発揮の面からもその優位性は観察されなかったことから、競泳選手の膝関節の過伸展はクロール泳やキックのパフォーマンスに直接的な影響を及ぼすことはないものと考えられた。

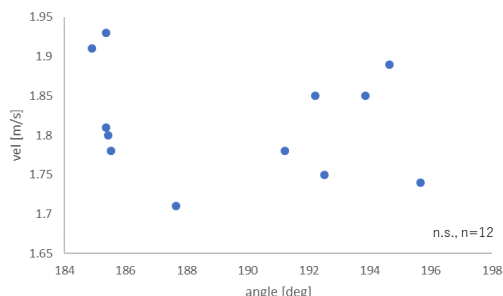


図 3 全力クロール泳試技における最大伸展時の膝角度と泳速度との関係

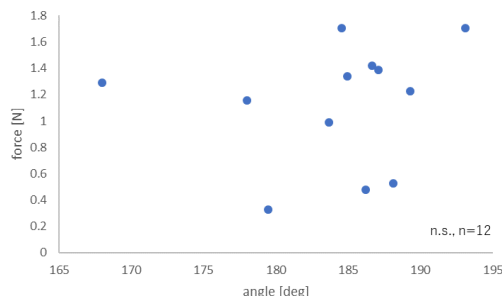


図 4 1.8m/s で牽引した全力キック泳試技における最大伸展時の膝角度と推進力との関係

キックの推進力とキック泳能力の関係

5 段階にわたって測定した牽引力と泳速度の関係から、牽引力が 0 となる速度を算出し、これを V_{kick} と称し、泳者のキック能力の指標とした。5 段階におけるキック推進力と V_{kick} との関係も調査したところ、低速条件では正の相関関係が(1.2m/s 条件: $r = 0.93$, $p < 0.01$, 1.5 m/s 条件: $r = 0.93$, $p < 0.01$)、高速条件では負の相関関係が観察された(2.4m/s 条件: $r = -0.63$, $p < 0.05$)(図 5)。低速条件下において下肢キック動作によって大きな推進力を得ることができたとしても、超高速条件下ではより大きな抵抗を生じられる加納氏があるものと考えられた。有意な負の相関関係が観察された 2.4 m/s は、男子自由形の世界記録を上回る泳速度であるものの、クロールスプリント泳に相当する泳速度での下肢推進力発揮は、低速のそれとは異なる技術である可能性が考えられた。

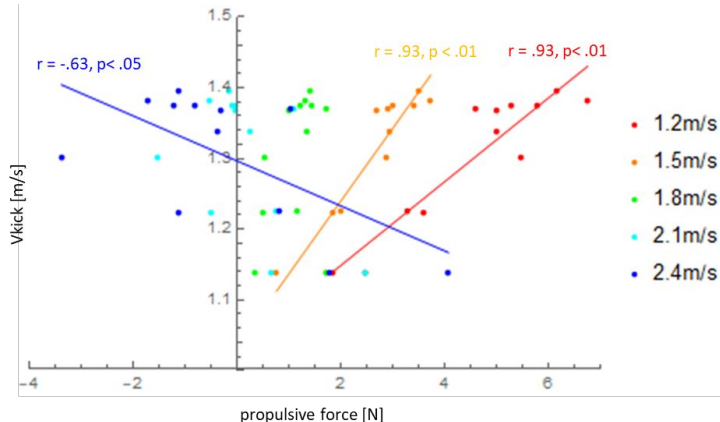


図 5 牽引泳速度ごとのキックによる推進力とキック泳能力指標 V_{kick} との関係

(2) 得られた成果の位置づけと今後の展望

近年、Naritaら(2018)の報告により、クロール泳におけるキックの役割に関する議論が高まっている。クロール泳において、下肢動作による直接的な推進力はほとんどないとの見方が強い。上肢による推進力発揮や全身の抵抗による影響が強く、下肢による推進貢献はほとんどないものと考えられる。

本研究により、膝関節の過伸展が泳速度や推進力発揮に影響しないことが示唆されたが、これは下肢の推進貢献が相対的に小さく、それぞれへの影響が小さかった可能性も考えられる。当初、本研究では動作と圧力の複合計測により、キックによる推進力発揮を定量化する手法を検証することを目指した。しかし、水中でのモーションキャプチャによって足部三次元座標を安定的に定量化することが困難であったため、十分な精度でのデータ取得に至らなかった。今後も継続して推進力推定に関する確実な手法を確立することで、下肢キック動作および膝の過伸展による影響および推進貢献を詳細に調査したい。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

1. 市川浩, 下山好充, 栗木明裕, 永野康治, 競泳選手膝関節の過伸展がクロール泳およびキックの能力におよぼす影響. 日本体育学会第 70 回大会, 2019.
2. Kuriki A., Ichikawa H., Taba S., Tahara R., The characteristic of muscle activities during the transition phase from knee extension to flexion in front crawl swimming. XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, 2018.
3. 市川浩, 下山好充, 栗木明裕, 永野康治, クロール泳におけるキック動作の推進貢献. 九州体育・スポーツ学会第 67 回大会, 2018.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：下山 好充

ローマ字氏名：SHIMOYAMA, Yoshimitsu

所属研究機関名：新潟医療福祉大学

部局名：健康科学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：20375463

研究分担者氏名：栗木 明裕

ローマ字氏名：KURIKI, Akihiro

所属研究機関名：筑紫女学園大学

部局名：現代社会学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：30737979

研究分担者氏名：永野 康治

ローマ字氏名：NAGANO, Yasuharu

所属研究機関名：日本女子体育大学

部局名：体育学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：00548282

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。