

平成 21 年 5 月 8 日現在

研究種目：基礎研究 (C)

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19500526

研究課題名 (和文) 水泳による体力育成のための牽引泳の有用性に関する研究

研究課題名 (英文) A Study on the utility of tethered swim as a training method for physical strength and fitness promotion

研究代表者

柴田 義晴 (YOSHIHARU SHIBATA)

東京学芸大学・教育学部・教授

研究者番号：50107710

研究成果の概要：

本研究では、牽引泳を新たな水泳の持久力トレーニング (体力育成) 法として活用するため、水泳技能レベルの異なる被験者に対していくつかの牽引負荷および牽引方法による牽引泳を行わせ、その際の生理学的応答、知覚的応答およびストロークメカニクスへの影響について調査した。その結果、水泳選手において牽引泳がストロークメカニクスに影響することなく持久的トレーニングレベルの運動負荷を確保することが可能な負荷量を確認した。また、日常的に水泳を実践している者に対しても適切な牽引負荷を設定することにより、試技として用いた牽引泳がストロークメカニクスへ影響することなく、体力育成をねらったトレーニング処方として有意義であることを示唆した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	540,000	2340,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：総合領域 健康スポーツ科学

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：牽引泳 体力育成法 心拍数 血中乳酸濃度 筋電図 主観的運動強度 ストロークメカニクス

## 1. 研究開始当初の背景

水泳の筋力トレーニングは、当初陸上で行われていたが、水泳の特殊性を反映していないとして水中の筋力トレーニング法として牽引泳が用いられるようになった。今日では、牽引泳そのものが通常泳の筋活動と異なっているのではないかと指摘され、運動学的特性 (ストロークメカニクス) との関わりから

牽引泳が研究対象となってきた。しかしながら、今日に至っても牽引泳を水泳トレーニング法として活用するための資料が十分ではないのが現状であるにも関わらず、すでに牽引泳用に改良されたトレーニング器具が市販され、実際のトレーニングの場において筋力トレーニングとして活用されている実態がある。ところで、牽引泳がエルゴメーターとして

生理学的研究手段に活用されてきたことを考えれば、牽引泳が持久的トレーニング法としての可能性を有することを示唆するものであり、持久的トレーニングとしての有用性の検証を試みることは、体力育成の観点から、競技スポーツ、生涯スポーツ、学校体育としての活用が期待される。

そこで、本研究では、こうした現状を踏まえ、水泳選手および日常的に水泳を実践している者を対象に種々の牽引泳を行わせ、生理学的、心理学的、運動学的側面から調査するために計画した。

## 2. 研究の目的

本研究では、その場泳ぎのインターバル牽引泳と牽引時間泳、レジステッド泳およびアシステッド泳時の心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度を測定し、かつストロークメカニクスを筋電図的に分析することによって運動学的特性について調査した。

これにより、水泳選手の水泳トレーニング法および日常的に水泳を行っている実践者の体力育成法としての可能性と牽引泳の運動学的特性を明らかにすることによって、幅広い水泳実践者の水泳トレーニング法あるいは体力育成法として活用するための基礎的資料を提供することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 被験者

被験者は、日本選手権出場の水泳選手（男子4名、女子4名）および日常的に水泳を実施している者（男子2名、女子4名）、いずれも健康な成人を対象とした。

### (2) 測定項目

測定項目は、最大牽引力、心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度、ストロークメカニクス（映像分析、筋電図分析）とした。

### (3) 試技および試技条件

試技は、最大努力泳、フリー泳、その場泳ぎのインターバル牽引泳と4分間牽引泳、レジステッド泳およびアシステッド泳とした。

試技条件は、最大努力泳では側壁に固定設置した紐を10秒間最大努力で牽引して泳がせた。フリー泳では牽引負荷のないクロールを用いて最大努力の80%程度の泳速で泳がせた。インターバル牽引泳では、最大牽引負荷の40~45%程度の牽引負荷でクロールを用い35秒間泳させ、その後20秒間休息を組み合わせ10回繰り返させた。4分間牽引泳では、最大牽引力の20~25%、30~35%、40~45%の牽引負荷でクロールを用いて4分間継続的に泳がせた。レジステッド泳およびアシステッド泳では、最大牽引負荷の40~45%程度でクロールを用いて、牽引方向および牽引逆方向に筋電アンプからのリード線の長さの範囲で（15m程度）泳がせた。

なお、本研究は、実験等に先立ち研究内容の説明後、被験者より参加の同意を得るとともに、本学研究倫理委員会への説明と承認を得て行った。

## 4. 研究成果

本研究は、最大努力泳、フリー泳、その場泳ぎのインターバル牽引泳と4分間泳、レジステッド泳およびアシステッド泳について調査を行い、牽引泳を水泳選手のための水泳トレーニング法および日常的に水泳を行っている実践者の体力育成法として活用するための可能性の検証とともに、牽引泳の運動学的特性を明らかにすることによって、幅広い水泳実践者に対する水泳トレーニング法あるいは体力育成法として活用するための基礎的資料を提供することを目的に行った。

その結果、以下に示したようなその場泳ぎのインターバル牽引泳と牽引時間泳、レジステッド泳およびアシステッド泳の運動学的特性や水泳トレーニング法あるいは体力育成法としての有効性が示唆された。

### (1) インターバル牽引泳について

インターバル牽引泳は、最大牽引負荷の40~45%の牽引負荷で行った。いずれの被験者においても、インターバルが3回目以降にほぼ定常状態が確認された（図1）。また、インターバル牽引泳中の生理学的指標は、心拍数が $155.2 \pm 4.5$  bpm、血中乳酸濃度が $2.9 \pm 0.2$  mmol/L および知覚的指標が $13.2 \pm 0.9$ を示し、これらの指標はいずれも有酸素的持久力向上が期待できる負荷を示した。このことから、インターバル牽引泳は、水泳選手の持久的トレーニングは元より、日常的に水泳を行っている者にとっても体力育成法として有用であることが示唆された。

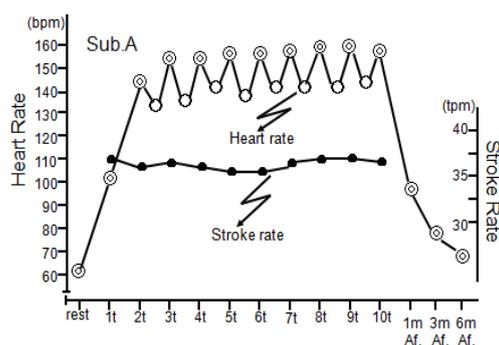


図1. インターバル牽引泳時の心拍数とストロークレートの変化

また、インターバル牽引泳時のストロークメカニクスについて見ると、ストローク頻度、ストローク長、体傾斜角においては、フリー泳と比較して有意な差は認められなかった。筋電図においては、表1に示したように、筋電積分値はインターバル全体を通してほぼ一定していたが、性別および熟練度別にみる

と有意差がみられた。性別では上腕三頭筋と僧帽筋、熟練別では上腕三頭筋で有意差が認められた。しかしながら、筋放電様相および活動機序から見て牽引負荷がストロークメカニクスの崩壊をもたらすものではなかった。

表1. インターバル牽引泳時の筋放電の標準化による統計処理

インターバル牽引泳	インターバル間	性別間	熟練度間	—
	無	有	有	—
交互作用	試技別-性別	試技-熟練度	性別-熟練度	—
	無	無	有	—
	インターバル間	性別間	熟練度間	交互作用
上腕二頭筋	無	無	無	無
上腕三頭筋	無	有	有	性別-熟練度 有
大円筋	無	無	無	無
僧帽筋	無	有	無	インターバル-性別有 性別-熟練度 有

有意差(有):P<0.05

(2)4 分間牽引泳について

最大牽引負荷のおよそ 25%、35%および 45% の 4 分間牽引泳では、心拍数がそれぞれ 104.4 ± 11.2bpm、119.7 ± 12.8bpm および 151.3 ± 11.3bpm、血中乳酸濃度がそれぞれ 3.57 ± 1.59mmol/L、5.59 ± 2.37mmol/L、9.13 ± 2.54mmol/L、主観的運動強度が 10.9 ± 1.8、13.0 ± 1.1、15.9 ± 2.3 であり、35%負荷が有酸素的持久力の向上に最も適している数値を示した。また、それぞれの牽引負荷の間には有意差は認められなかったものの、25%と 45%負荷の間には有意差が認められた。

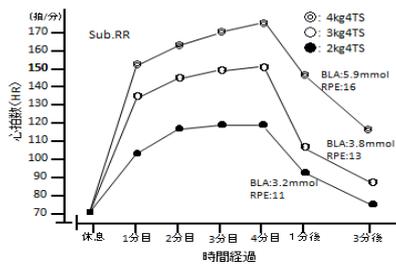


図2. 各4TSにおけるHR変化とBLA、RPE

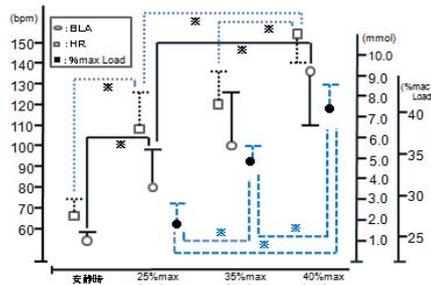


図3. 負荷別4TS時のHR, BLAおよび%Max Load

一方、ストロークメカニクスについては、いずれの試技においても泳ぎの崩壊を招来するものではなかったが、ストロークレイト、ストロークレンス、体後傾度の変動から最大牽引負荷 35%と 45%負荷の間に最もフリー泳に近似したストロークメカニクスの存在が示唆された。また、被検者全員の傾向として最大牽引負荷 4.23kg(最大牽引力の 35.1%)において OBLA-load が見られた (図 4)。

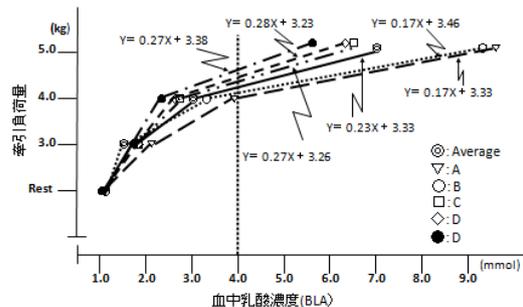


図4. OBLA-Loadの牽引負荷量

なお、ストロークメカニクスについて各筋の筋放電から見ると、負荷別間、性別間および熟練度間において有意差が見られた。負荷別に筋電積分値を見ると、上腕二頭筋と上腕三頭筋では最大牽引力の 25%と 45%の間に有意差が見られたが、大円筋および僧帽筋には有意差は認められなかった。しかしながら、性別間および熟練度間には、いずれの筋の積分値に有意差が見られた。なお、筋放電様相および活動機序から見て、いずれの牽引負荷においてもストロークメカニクスの崩壊を示す指標は認められなかった。

表2. 4分間牽引泳時の筋放電の標準化による統計処理

4分間牽引泳	負荷別間	性別間	熟練度間	—
	有	有	有	—
交互作用	試技別-性別	試技-熟練度	性別-熟練度	—
	無	無	無	—
	負荷別間	性別間	熟練度間	交互作用
上腕二頭筋	L-H 有	有	有	—
上腕三頭筋	L-H 有	有	有	—
大円筋	無	有	有	性別-熟練度 有
僧帽筋	無	有	有	性別-熟練度 有

L:約20%最大牽引力 H:約40%最大牽引力 有意差(有):P<0.05

(3)4 試技による牽引泳について

フリー泳、最大牽引泳、アシステッド泳、レジステッド泳について調査した結果は、表 3 に示した通りであった。

各筋の筋放電様相から、ストロークメカニクスの変化について見ると、試技別間におい

て有意差が認められたが、性別および熟練度別においては有意差は認められなかった。この傾向は、個別の筋放電積分値においても同様であった。試技別間における各筋の放電積分値の有意差は、いずれの筋もフリー泳と最大牽引泳において有意差が認められ、大円筋ではアシステッド泳と最大牽引泳において有意差が認められた。

最大牽引泳時の筋放電は、フリー泳に比較して顕著にストロークメカニクスとの違いが明らかになったが、図4に示したように筋放電様相および筋の活動機序を見ると、アシステッド泳、レジステッド泳ではフリー泳と近似したストロークメカニクスであることが確認できた。

表3. 各種牽引泳時の筋放電の標準化による統計処理

各種牽引泳	試技別間	性別間	熟練度間	—
	F-M, A-M 有	無	無	—
交互作用	試技別-性別	試技-熟練度	性別-熟練度	—
	無	無	無	—
	試技別間	性別間	熟練度間	交互作用
上腕二頭筋	F-M 有	無	無	無
上腕三頭筋	F-M 有	無	無	無
大円筋	F-M, A-M 有	無	無	無
僧帽筋	F-M 有	無	無	無

F:フリー泳 A:アシステッド泳 M:最大牽引泳 有意差(有):P<0.05

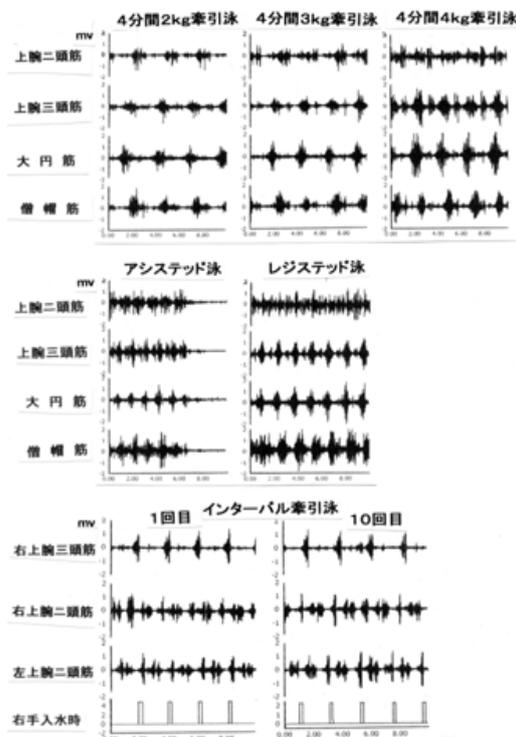


図4. 各種牽引泳時の筋活動放電

以上のことから、最大牽引泳を除く各種の牽引泳は、いずれの技能レベルの泳者においても負荷（牽引力および牽引時間）設定を考慮することにより適切に活用することが可能であり、その場泳ぎの牽引泳（インターバル牽引泳、4分間牽引泳）ではストロークメカニクスを崩壊することなく持続的な効果を見出す運動強度に設定することが可能であると考えられる。また、アシステッド泳ではスピードトレーニング、レジステッド泳ではパワートレーニングとして活用することが可能性であることが示唆された。なお、各試技の牽引負荷量については、著者らの先行研究と同様の目安で、最大牽引力の値から算出することが可能であることを再度確認できた。

したがって、牽引泳では、個々の泳力レベルに応じて適正な負荷設定が可能であり、ストロークメカニクスを崩壊することなくトレーニング効果を見出せる観点から、水泳選手はもとより水泳実践者に対して水泳の体力育成（トレーニング）法として有用であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

- (1) 柴田義晴、五十嵐愛、北川幸夫、米津光治、水泳による体力育成のための牽引泳の有用性について、東京学芸大学紀要 第60巻、2008、Pp. 179-190.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

柴田 義晴 (SHIBATA YOSHIHARU)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：50107710

### (2) 研究分担者

北川 幸夫 (KITAGAWA YUKIO)  
日本女子体育大学・体育学部・教授  
研究者番号：30169859

### (3) 連携研究者