

ハンドパドルと抵抗水着がプルトレーニングに与える影響

— 競泳女子長距離選手を対象として —

田場 昭一郎¹⁾

Influence of the hand paddle and resistant swimsuits in the pull training

— A case study of a female long distance competitive swimmer —

Shoichiro TABA¹⁾

Abstract

In general, training for competitive swimming is composed of three main parts: swim training, kick training, and pull training. During the pull training, swim paddles and resistant swimsuits are often used to increase the load on the upper limb muscles. This study aimed to clarify the effects of the swim paddles and the resistant swimsuits on the load of the pull training assigned for a female swimmer who drastically gained her record recently. A wireless surface electromyography (EMG) logging system (BioLog; S&ME, Inc., Japan) and a heart rate (HR) monitor (RS400; Polar, Kempele, Finland) were used to measure EMG (sampled at 1 kHz) and HR, respectively. We found that a smaller paddle required a greater number of strokes to cover the distance and that the number of strokes further increased when wearing a resistance swimsuit. However, HR was independent from the swim paddle size and from the resistance swimsuit which demanded a greater number of strokes. The integrated EMG (iEMG) systematically decreased with the size of the swim paddle, in which a larger size of the paddle tend to decrease iEMG and the bare hand condition (without paddles) showed the largest iEMG. Therefore, it can be judged that wearing paddles is not effective tool to increase muscle activity during the pull training.

Key words: Distance training, Resistant swimsuits, Hand paddle, Heart rate, EMG

1) 福岡大学スポーツ科学部
Faculty of Sports and Health Science, Fukuoka University

1. 緒言

競泳のトレーニングは、一般的にスイム、キック、プルの3つのカテゴリーで構成され、特に平泳ぎ以外の種目はプルによる推進力が大きい (Maglischo et al., 2003) . その推進力を向上させるために、トレーニング現場では部分的にプルの強化が行われている。その際に、上肢骨格筋群に負荷を与えるためにハンドパドルが用いられている。ハンドパドルは1960年代に考案され、水中動作をできるだけ変えることなく、上肢の筋力発揮を促す事ができるように開発されたものである。宮下らは⁵⁾ 特大パドルを特別に試作して、心拍数と血中乳酸値からハンドパドルの効果について検討したところ、パドルの着用は筋力トレーニングの効果期待できるが、パドルの面積を大きくしても効果が得られるとは限らず、さらにパドル着用泳においてトレーニング効果を得るためには、ある程度高い泳速度で泳ぐ必要がある事を報告している。また松波らは⁴⁾ 異なったサイズのハンドパドルにおいて、クロールのプル泳中の上肢と体幹筋群の筋電図分析を行った際に、パドルサイズの増加にともなう筋放電積分値の増加傾向が一定ではなかったと述べており、プル泳に大きいパドルを使用する時は、ストローク時間をできるだけパドルなしのストローク時間に近づけて泳速度を高めることが筋への負荷増大となること、さらにパドルサイズを変化させる際には個人差があり、個人に適したサイズを選択することが重要であることを指摘している。

競泳において高い泳速度を獲得するためには、ストローク長(stroke length : SL)とストローク頻度(stroke rate : SR)の積が深く関与するため²⁾ 上肢の筋力発揮向上を目的として考案されたパドルも、パドルの選び方や使い方によって意図した効果が得られずに、逆にフォームを崩してしまう可能性がある。したがって、近年では筋力トレーニングの目的だけでなく、技術習得を意図したパドルの開発も進み、トレーニングの現場でも様々な形状のパドルが使用されている。

2. 研究目的

本研究で対象とした被験者のストロークの特徴は、左手のプッシュ局面 (水中でのストローク動作) が終了する前に、右手のプル (手を掻き始める動作) が始まるIDC(Index of Coordination)が正の値を示すタイプ¹⁾ で、さらに2ビートのクロスオーバーキック (左右のキックが交差する) であり、このタイプはSLを高めることが非常に困難であると考えられる。2009年から2011年にかけて、SLを伸ばしながら泳速度を高めるための筋力の向上を狙いとして、水中トレーニングにおいて「水を掻く動作」の際に負荷を増大させるために大きめのパドルを活用した。実際に水中トレーニングで注意したのは以下の点である。

- (1) プル泳のトレーニング時におけるパドルサイズの増大と抵抗水着の着用。
- (2) 大きなパドルサイズを用いたスプリントトレーニングの実施。
- (3) パドル着用時のプル泳のトレーニング時にレース同等のSRを指示しての泳速度の向上。

上記を意識してトレーニングを実施することにより、3年間でレース中のストローク数が顕著に減少し(表2)、さらに従来のベスト記録を大幅に更新した(表1)。そこで本研究は、上記の水中トレーニングで用いたパドルと抵抗水着が主観的及び客観的運動強度、プル泳のパフォーマンス、上肢の筋活動に与える影響を明らかにすることを目的とした。ここで得られたデータは今後のトレーニングを考える上で貴重な基礎資料となることが期待された。

3. 被験者

被験者は、F大学に所属する女子自由形長距離選手 (K. N) とし、プル泳中の心拍数と筋放電測定を実施した。K. Nは全国大会で上位入賞するレベルで、身体特性およびベストタイムを表1に示し、3年間のレースタイムとストローク数を表2に示した。

表1 被験者 K.N の身体特性およびベストタイム

身長	体重	ベストタイム(400m / 800m)
161cm	51kg	4:11.27 / 8:29.94(短水路) 4:16.48 / 8:43.84(長水路)

表2 被験者 K.N のレース結果

2009年度	日本選手権	九州学生	日本学生
レースタイム	8:58:93	9:04:20	8:52:36
ストローク数	863回	869回	849回

2010年度	日本選手権	九州学生	日本学生
レースタイム	8:56:74	8:43:84	8:46:68
ストローク数	849回	819回	816回

2011年度	日本選手権	九州学生	日本学生
レースタイム	8:53:48	8:49:58	8:48:36
ストローク数	809回	822回	819回

4. 方法

実験 I (心拍数分析)

400m×3本×4セットのプル泳を、2種類の水着と2種類のパドルを着用した条件で泳ぎ、その時の心拍数(ポラール社製ハートレートモニターRS400を使用)を記録し、各本数終了後にBorgの主観的運動強度(Rating of Perceived Exertion: RPE)を確認した。また、血中乳酸濃度(簡易乳酸測定器:アークレイ社製Lactate Proを使用)を各セット3本目終了直後に指先より採血した。試技は通常のトレーニング同様3本のディセンディングセットとし、ベストタイムの83・87・91%のペースで泳ぐように指示した。なお、呼吸を全て3回に1回で泳ぐよう指示した。

試技: 400m×12本

- ・400m×3本 小パドル(H19cm×W18cm) + 抵抗水着
- ・400m×3本 中パドル(H21cm×W20cm) + 抵抗水着
- ・400m×3本 小パドル(H19cm×W18cm) + ノーマル水着
- ・400m×3本 中パドル(H21cm×W20cm) + ノーマル水着

実験 II (筋放電分析)

25mのプル泳を、3種類(素手も含む)のパドルを使用し、試技はSRを50, 55, 60 stroke/minの3段階ですべて呼吸無しで泳ぐよう指示した。その際に7つの導出筋(尺側手根屈筋, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 三角筋, 大胸筋, 僧帽筋, 広背筋)に表面電極を装着し、無線によりサンプリング周波数1kHzで計測して筋電測定を行なった。また手の入水時を確認するために手の甲に加速度

計を装着し、全ての試技において完全防水型メトロノーム(FINIS社製Tempo Trainer)を泳者頭部に装着し、SRをコントロールしてトレーニング中と同じテンポで泳がせた。そして25m泳時の筋放電から安定した3ストロークのデータを採用し、各筋すべての全波整流積分値を算出した。試技泳は25m×3本×4セットとし、以下の内容とした。

試技: 25m×12本

- ・25m×3本 素手で3段階(50・55・60 Stroke/min)
- ・25m×3本 小パドル(H19cm×W18cm)で3段階(50・55・60 Stroke/min)
- ・25m×3本 中パドル(H20cm×W19cm)で3段階(50・55・60 Stroke/min)
- ・25m×3本 大パドル(H21cm×W20cm)で3段階(50・55・60 Stroke/min)

5. 結果および考察

5-1. 各設定条件における各泳速度の比較

実験 I の各設定条件における400mプル泳(83%, 87%, 91%)の結果を表3に示した。各400mプル泳中の平均心拍数と、試技終了直後の主観的運動強度は、全ての設定条件において泳速度の増加に伴い高くなる傾向にあり、SR(50m平均ストローク数)も泳速度の増加に伴い多くなる傾向を示した。またSRは小パドル(H19cm×W18cm)着用時よりも中パドル(H21cm×W20cm)着用時のほうが少なく、さらにノーマ

表3 各設定条件における400mプル泳中の測定結果

		83%				87%				91%				
		Time	SR	RPE	HR	Time	SR	RPE	HR	Time	SR	RPE	HR	La
抵抗水着	小パドル	4:59.5	46.1	11	135.3	4:49.1	46.5	12	138.2	4:39.5	48.1	13	149.6	1.4
	中パドル	4:56.7	43.4	11	132.2	4:50.0	44.6	12	135.4	4:39.4	46.6	13	146.4	1.1
ノーマル水着	小パドル	4:58.6	44.8	11	133.4	4:50.5	45.5	11	137.4	4:38.4	47.0	13	147.9	1.0
	中パドル	4:57.9	42.5	10	131.8	4:48.0	44.3	11	138.5	4:39.4	45.8	12	146.5	1.6

Time: 試技のタイム
SR: 50m平均ストローク数
RPE: 主観的運動強度

HR: プル泳中の平均心拍数 (Beats/min)
La: 3本目終了後の乳酸値 (mmol/l)

小パドル: H19cm×W18cm
中パドル: H21cm×W20cm

表4 4試技における最大SR時の各筋の筋放電積分値

	素手	小パドル	中パドル	大パドル
尺側手根屈筋	353.89	341.62	337.26	355.11
上腕二頭筋	341.23	317.37	348.30	279.03
上腕三頭筋	262.08	212.69	222.54	195.35
三角筋	506.34	392.76	355.07	308.91
大胸筋	117.43	79.52	77.07	74.24
僧帽筋	494.70	383.82	389.97	299.55
広背筋	260.78	370.89	181.28	118.84

(mv sec)

ル水着着用時よりも抵抗水着着用時のほうが少ない傾向を示した。このことから、同じペースで泳ぐ際にはパドルの面積が小さいほうがストローク数は増加し、さらに抵抗水着を着用するとストローク数が増加することが解った。また各泳速度別に比較すると、水着の形状やパドルの大きさが異なっても試技中の平均心拍数や主観的運動強度、試技終了直後の乳酸値に大きな差は見られず、91%の試技終了直後の乳酸値は抵抗水着+小パドル時1.4mmol/l、抵抗水着+中パドル時1.1mmol/l、ノーマル水着+小パドル時1.0mmol/l、ノーマル水着+中パドル時1.6mmol/lで、全ての試技においてかなり低い値を示した。これらことから、91%以下の強度では外的な負荷（抵抗水着やパドル）を加えても生理的な影響を及ぼす可能性は低いことが示唆された。また大きめのパドルを着用してレース同等のSRを意識させることによって、泳速度と身体への生理的な影響を高められる可能性が示唆された。したがってプル

泳（上肢のみで行われる比較的運動強度の低い）のトレーニングでより負荷を与えるためには、意図的に泳速度とSRを高める必要がある。

5-2. 91%時の心拍数について

図1は、400mプル泳の91%時の異なる各4試技の心拍数を平均化した際の変動と、その全ての試技の平均値を示した。異なった条件の試技において時系列に伴って、4試技とも泳ぎ開始から60秒後までに心拍数が急上昇し、そこから緩やかに安定しながら若干上昇していくような波形を示した。一定の呼吸のリズムにより安定したSRで泳ぎ続けると、抵抗水着やパドルの大きさに関わらず、距離が長くなるほど心拍数が緩やかに上昇していく傾向を示した。

5-3. 各泳速度の平均心拍数について

図2は、各泳速度（83%、87%、91%）において、異なる各4試技の心拍数を平均化した際の心拍数の変動を示した。91%のプル泳時は前述した

ハンドパドルと抵抗水着がプルトレーニングに与える影響 (田場)

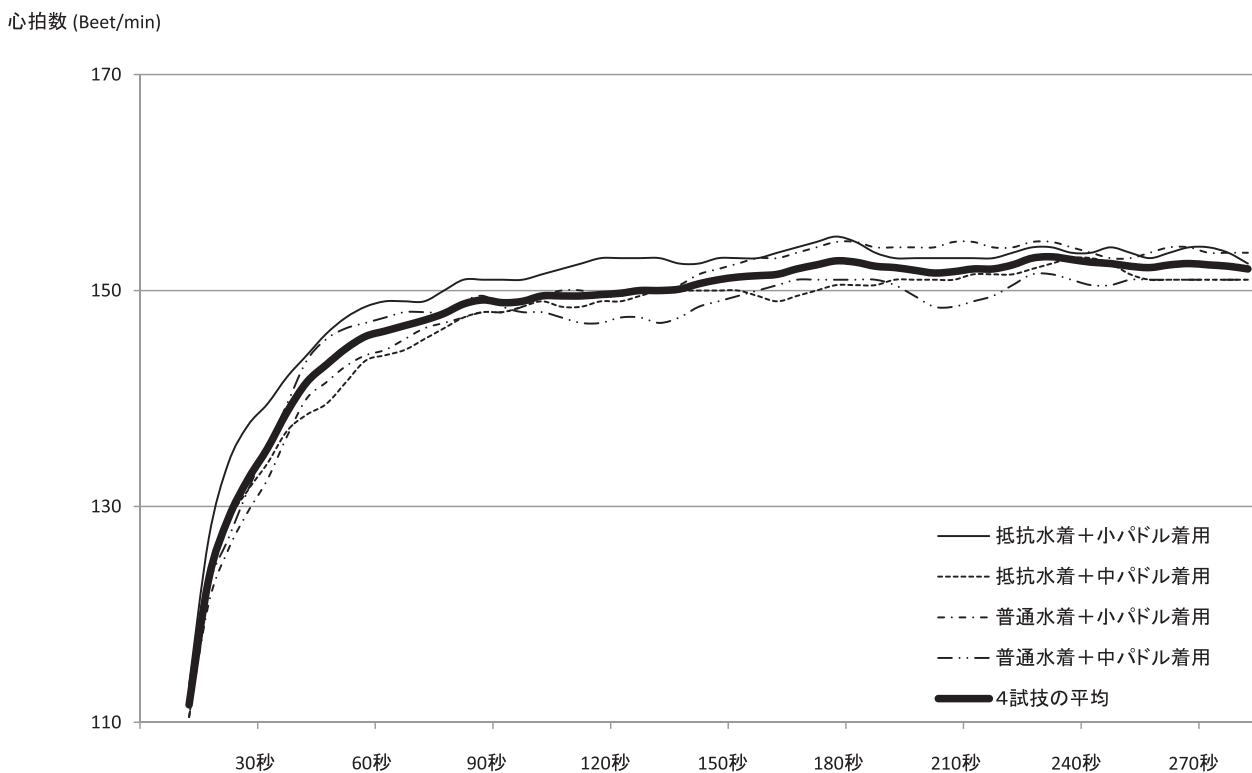


図1 91%時のプル泳の各設定条件における心拍数の変動

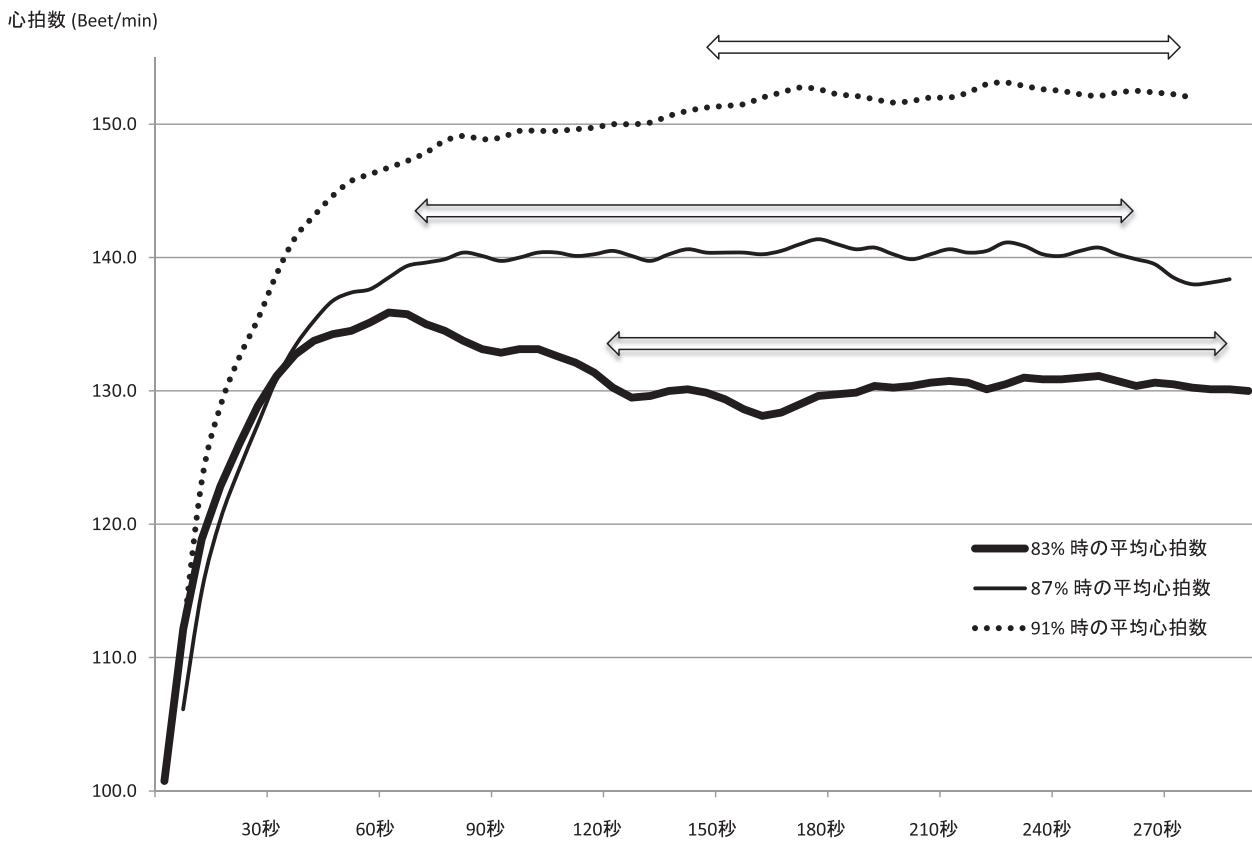


図2 各泳速度(83%・87%・91%)における4試技の平均心拍数

通り60秒後までに心拍数が急上昇し、そこから緩やかに安定しながら若干上昇していくような波形を示したが、87%のプル泳時は60秒を過ぎてからは上昇することなく140 Beet/min前後で最後まで安定しており、83%のプル泳時は60秒を過ぎてからは心拍数が緩やかに低下し、120秒を過ぎたあたりから130 Beet/min前後で安定する傾向を示した。

これらのことから、上肢のみで行われるプル泳のトレーニングにおいては、泳ぎ始めてから60秒を過ぎるまでは心拍数が急上昇し、そこから安定し87%前後の強度を分岐点として心拍数が高くなっていく傾向にあることが明らかとなった。つまり83%のプル泳時は60秒後までは心拍数が増加するが、その後心拍数が安定し始めて徐々に低下する。したがって心肺機能へのトレーニング効果を高めるためには長い距離を設定し、90秒を過ぎたあたりから後半にかけてペースを上げることが望ましいと考えられた。実際のトレーニング現場でも、ネガティブスピリット（後半を速く泳ぐ）ペースを指示することはよくあることである。そして、各泳速度の心拍数の変動の立ち上がりに着目してもわかるように、60秒以下の距離においてはスピード強化を目的として、骨格筋への刺激を意図したSRの設定によってトレーニングを実施することが有効である。また泳ぎ始めてから60秒から120秒の間に心拍数が変化する傾向があるので、そこからSRを指示することも効果的である。被験者K. N選手の通常のトレーニングにおける最大心拍数は196 Beet/minで、在学中にプルのトレーニング中において300mを3分6秒、400mを4分12秒で泳ぐ能力を有するまでに向上し、水中トレーニングでは常にレースと同等のSRを意識して泳ぐように指示していた。

高い泳速度で泳ぐことの必要性については、宮下らによって⁵⁾ 1980年代から報告されているように、古きにわたってトレーニングの現場で確立されてきたことである。近年さまざまな形状のパドルが考案され、定量化されにくい技術的要素に拘りすぎることにより、上肢の部分的な強化が疎か

になってしまっている可能性がある。技術的要素と筋力強化のどちらを優先してトレーニングするのか、コーチングの現場ではその意図を明確にしなければならない。そして筋力強化を目的とした場合は、より負荷が得られるようにトレーニングの内容を考案し、さらに細かく選手に指示しなければならない。

5-4. 各設定条件における筋放電積分値について

図3は、50・55・60 Stroke/minの3段階のSRによる小パドル（H20cm×W19cm）中パドル（H21cm×W20cm）大パドル（H22cm×W21cm）時の被験筋全ての筋放電積分値を示した。どのパドルサイズにおいてもストロークテンポを高めることで筋放電積分値が高くなる傾向を示したが、パドルが大きくなればなるほど筋放電量は低下する傾向にあった。

5-5. 最大SR時における筋放電積分値について

図4は、最大SR時（60 Stroke/min）における4試技の筋放電積分値を示した。筋放電の総積分値は、素手の時が2336.45mvsec、小パドル（H20cm×W19cm）が2098.67mvsec、中パドル（H21cm

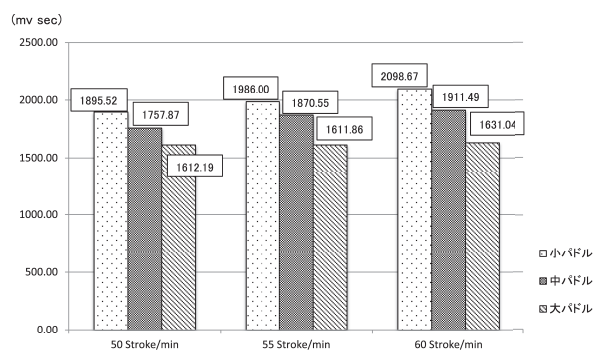


図3 3段階のSRにおけるパドル着用時の筋放電積分値

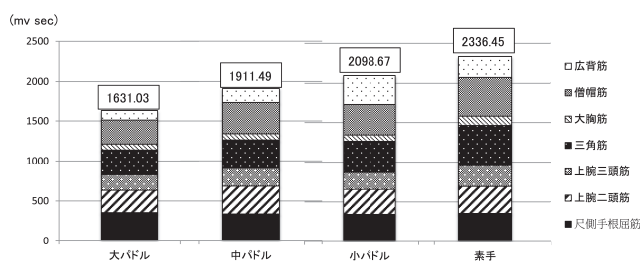


図4 最大SR時における4試技の筋放電積分値

ハンドパドルと抵抗水着がプルトレーニングに与える影響 (田場)



抵抗タイプ水着



ノーマルタイプ水着



小パドル



中パドル



大パドル

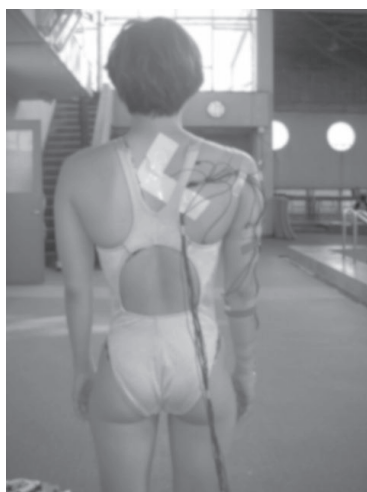
(H19cm × W18cm) (H21cm × W20cm) (H22cm × W21cm)



無線により PC へデータ変換



筋放電分析の実験風景



×W20cm) が1911.49mvsec, 大パドル (H22cm×W21cm) が1631.03mvsecを示した。仮説として, 同一のSRで泳いだ場合は大きめのパドルを装着することによって負荷が増加して筋に与える影響も高くなり, 筋放電量が增加するものと推測していたが, 実際には素手で泳いだ時の筋放電積分値が最も高かった。

これらのことから, どの大きさのパドルでもSRを高める事で筋の活動量が増加することが窺える。しかし, パドルの増大に伴い筋放電積分値が20.0%(705.41mvsec)も低下する傾向を示し, これは松波ら⁷⁾の先行研究を支持した結果と同じく, パドルの水を掻く面積が大きくなることで必ずしも筋の活動量が増加するわけではなく, パドルを利用することで高い泳速度を保つための推進力, とりわけその抗力成分が高まるようなストロークが行われている可能性が考えられる。また逆にパドルサイズの増大に伴いストロークの終末局面まで水を掻き切れていない可能性もある。今後はストローク局面ごとに細かく分析し, パドルを着用することによって変化する「ストローク技術」について考察する必要がある。Rouard & Billat⁷⁾は, プル動作を局面毎に分類して分析した結果, 手が入水してからストロークの中盤までは上腕二頭筋と尺側手根屈筋が活動筋として重要であり, ストロークの中盤から後半にかけては上腕三頭筋の活動が顕著であることを報告している。同様にストローク局面毎に各筋の放電量を比較し, 特に入水からキャッチにかけてのパドルの有効性についても検討する必要がある。

5-6. 最大SR時における各被験筋の筋放電積分値について

図5は, 最大SR時(60 Stroke/min)における4試技の各被験筋の筋放電積分値を示した。パドルサイズの増大に伴い, 主に上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 三角筋, 僧帽筋は筋放電量が減少傾向にあったが, 尺側手根屈筋の筋放電量は, パドルサイズの増大による変化が見られなかった。Rouard & Billat⁸⁾らは, プルのインスイープ局面において多くの筋が動員されるが, その中で最も活動する

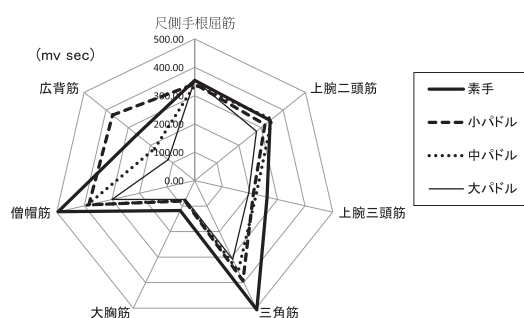


図5 最大SR時における4試技の筋放電積分値

筋は上腕二頭筋で, ストローク時間が短縮しても筋活動量が高くなることを報告している。今回の実験結果から, パドルサイズの増大に伴う上腕二頭筋の筋活動量の増加は見られなかった。また, 尺側手根屈筋はいずれのSRでも同様な筋活動量を示し, これは尺側手根屈筋が主に手根の掌屈・尺屈を行なう筋であることから, パドルサイズの増大に伴い肘を立てたキャッチを行なっている可能性があり, 入水後のストロークは前腕部の屈曲動作がなく, 肘の使い方が一定であることが推察される。今回の実験における各筋の放電量の減少は, 骨格筋の活動低下を示すものではあるが, これはパドルの活用, さらにパドルサイズの増大に伴って推進効果を得るようなストロークが実施されている可能性があり, 1ストローク中の局面ごとに筋放電量を比較することも要される。

6. まとめ

実験 I (心拍数分析)

- (1)400mプル泳ではパドルサイズの増大と抵抗水着の着用による心拍数への影響は見られなかった。
- (2)すべての試技においてスタートして60秒後から120秒後に心拍数が変化する傾向が見られた。
- (3)87%の負荷を分岐点として, 後半まで心拍数が低下することなく負荷が継続される可能性が示唆された。

実験 II (筋放電分析)

- (1)3種類のパドル着用時すべての試技において,

SRの増加に伴い筋放電積分値が増加する傾向を示した.

- (2)全てのSRにおいて, パドルが大きくなればなるほど筋の放電量は低下する傾向を示した.
- (3)最大SR時では, パドルが増大に伴い筋の放電量は低下する傾向にあり, 素手が最も高い値を示した.

本研究の被験者は特徴的なストロークを有する選手であったが, 大学在学中に飛躍的に記録が向上し, 結果的に日本選手権において上位に入賞するレベルまでパフォーマンスが改善された選手である. このような事例は, 個々の選手の特徴をより多く含むデータであり, 全ての女子長距離選手に当てはまる結果とは言い難いがコーチング現場の一事例としての貴重なデータである. 今後のトレーニングにおいてはパドルの必要性について検討し, さらに素手で泳ぐことも考慮しなければならない. また研究においては筋放電および画像分析によって得られたデータから1ストローク中の各局面における筋の作用時系列やストローク動作の分析を実施し, 競泳のトレーニングに繋がる情報収集のための実践研究を進めていきたい.

7. 謝辞

本研究を実施するにあたって, ご協力いただいた福岡大学水泳部員および関係者の方々に心より感謝申し上げます.

参考文献

- 1) Chollet, D. Cjalies, S. Chatard, JC. (1999):A New Index of coordination for the crawl: description and usefulness. *Int J Sports Med* 20, 54-59.
- 2) 生田泰志, 松田有司, 山田陽介, 来田宜幸, 小田伸午(2010):クロール泳における泳速度, ストローク頻度およびストローク長の変化と筋活動の関係. *体力科学*59, 427-438.
- 3) Maglischo, E. W. (2003):Swimming Fastest.
- 4) 松波勝, 田口正公, 星子和夫, 田場昭一郎 (1997):ハンドパドルのサイズが異なったプル泳時の筋放電分析. *身体運動のバイオメカニクス*, 406-411.
- 5) 宮下充正(1986):泳速・心拍数・血中乳酸値からみたハンドパドルの効果. *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告. 競技種目別競技力向上に関する研究-第10報-No7 水泳*, 131-134.
- 6) 小笠原一彰, 嶋田和人, 立正伸, 若吉浩二 (2009):水球選手および競泳選手を対象としたスイム, プルおよびキックにおける Critical Velocity の決定およびその比較. *水泳水中運動科学*Vol. 12, No1, 10-17.
- 7) Rouard, A. H., Billat, R. P. (1990):Influences of sex and level of performance on freestyle stroke an electromyography and kinematic study. *Int J sports Med* 11(2), 150-155.
- 8) Rouard, A. H., Clarys, JP. (1995):Contraction in the elbow and shoulder muscles during rapid cyclic movements in an aquatic environment. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 5. 177-183.

(平成26年10月3日受付)
(平成26年11月28日受理)