

大学女子競泳選手における上肢および下肢の陸上トレーニングが泳パフォーマンスに及ぼす影響

Effects of arm and leg power training on swimming performance in female collegiate swimmers

甲斐裕子¹⁾ 湯田 淳²⁾ 森山 進一郎³⁾
定本 朋子⁴⁾ 北川 幸夫⁴⁾

Yuko KAI, Jun YUDA, Shinichiro MORIYAMA, Tomoko SADAMOTO, Yukio KITAGAWA

Abstract

The purpose of this study was to examine effects of dry land training with upper and lower limb on swimming performance. Fifteen female collegiate swimmers were divided into training group and non-training control group. Before and after 4weeks training session, 100m crawl performance measured in the 25m pool, mean power by arm and leg were measured by using arm ergometer and bicycle ergometer. Peak blood lactate concentration and rate of decline of the power were measured all tests. No significant changes found 100m crawl performance. Training group significantly improved arm mean power. In contrast, control group improved leg mean power. Results indicate that 4wk of leg training may significantly improve anaerobic power. The effect is not seen immediately, but an effect will be given in the future.

Keywords: *Swimming, training effect, leg resistance training, arm resistance training*

I. 緒 言

競技力を効果的に向上させるには、競技特性を考慮し、科学的知見に基づいたトレーニングを計画することが重要となる。現場に即したトレーニング計画を立案することによって、シーズンの適切な時期にパフォーマンスをピークに持ってくるのが可能となる。また、チームが主要なゴールに到達するためには、選手の体力や技術の改善を目指したトレーニング内容を適切に準備する必要がある⁶⁾。

体力的観点からみた競泳のトレーニング計画においては、一般的準備期では、基礎的持久力の獲得のために比較的低い強度で長い距離を泳ぎ続けるようなトレーニングが行われている。この時期は、自由形や個人メドレーでの泳トレーニングが中心となる。その

後、専門的準備期において、短距離選手では短い距離での高強度泳トレーニングによる泳速度の向上、中・長距離選手では持久力を中心としながら同時に泳速度の向上も強化していく。この時期からは、個人の専門種目での泳トレーニングが中心となる。試合期では、レースペースを意識した練習や持久力に合わせてスピード系のトレーニングが行われるようになってくる。一方、技術的観点においては、ストロークドリル、キックおよびプルなどの基礎的な動作の練習を通して、抵抗の少ない効率的な泳ぎを習得する必要がある^{5), 10), 11)}。競泳では、種目によって泳動作が異なるため、それぞれの種目における動作改善を目指した泳トレーニングが日々の練習の中で行われているのが一般的である。

競泳におけるトレーニング手段は水中での泳動作を用いて準備されることが多いが、近年では、泳トレーニングのみでは得られないより大きな刺激を筋に与えるために陸上でのウエイトトレーニングなどといったレジスタンストレーニングも用いられるようになって

1) 日本女子体育大学 (助手)
2) 日本女子体育大学 (准教授)
3) 日本女子体育大学 (講師)
4) 日本女子体育大学 (教授)

きた^{1), 3), 4), 7), 8), 13)}。上肢については、スイムベンチを用いたプル運動があり、これは泳動作に近く水中運動に近い等速性の負荷をかけられるという特徴をもっている¹¹⁾。また、下肢については、自転車エルゴメーターを用いた高強度のペダリング運動がある。陸上でのレジスタンストレーニングが泳パフォーマンスに及ぼす影響を検討した研究は数多く行われているが、それらの見解は一致しておらず、陸上と水中のパフォーマンスに関係があるとする報告^{3), 8), 16)}が多くみられる一方で、関係がないとする報告^{10), 15)}も散見される。また、先行研究の多くは被検者が男子選手のみや男女混合であり、女子選手に焦点を当てた研究は著者の文献収集範囲ではほとんど見られなかった。このように、先行研究においては、レジスタンストレーニングが競泳のパフォーマンス向上に及ぼす効果が未だ明確になっていないが、競技現場においては陸上での様々な運動を用いたレジスタンストレーニングが取り入れられているというのが実状である。また、このようなレジスタンストレーニングが生体に及ぼす影響は大きいと考えられるが、これらをどのように効果的に年間のトレーニング計画に組み入れていくかは現場において模索されているというのが現状である。したがって、レジスタンストレーニングが競泳パフォーマンスに及ぼす影響については、現場のトレーニング状況を考慮した上で再検討する必要がある。

本研究の目的は、大学女子競泳選手を対象とした一般的準備期における4週間の上肢および下肢による陸上トレーニングが泳パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにし、女子競泳選手の競技力向上を目指したトレーニング計画の立案に役立つ知見を得ることである。

Ⅱ. 方 法

1. 被 検 者

被検者は、日常的にトレーニングを継続しており、日本選手権出場者から地区大会出場者までの競技レベルを有する大学女子競泳選手15名とした(表1および表2)。また、実験前に実験の目的と手続きを文章および口頭で詳しく説明し、すべての被検者から実験に参加することの同意を得た。また、本研究は、日本女子体育大学倫理委員会の承認(承認番号:2008-11)を受けて実施した。

2. トレーニングの設定およびデータの収集法

被検者は競技レベルに偏りの出ないように陸上トレーニング群(7名)および非陸上トレーニング群(8名)に分け(表2)、陸上トレーニング群に対しては平成20年10月28日から4週間の陸上トレーニングを行った。なお、泳トレーニングについては15名全員が同じ内容のトレーニングを実施するものとした。陸上トレーニングは週に2回実施し、トレーニング手段は上肢ではゴムチューブ(以下チューブ)によるプル運動(写真1)、下肢では自転車エルゴメーターによるペダリング運動を用いた。陸上トレーニングのプロトコルは、Tabata et al.の報告¹⁴⁾を基にいずれも間欠的な短時間最大運動(10秒間の休息を挟んだ20秒間全力運動を3回繰り返し、これを2セット実施)とし、上肢のトレーニング後に引き続き下肢のトレーニングを行わせた。セット間および種目間のインターバルは8分とした。いずれの群も設定した4週間の陸上トレーニング期間の前後で陸上における上肢および下肢の運動、そして水中における泳パフォーマンスを測定した。これらの能力の測定は、トレーニング前では平成20年10月21日から10月23

表1 被検者の身体的特徴

	年齢 (yrs)	身長 (m)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
陸上トレーニング群 (n = 7)	19.0 ± 0.8	1.63 ± 0.05	56.5 ± 2.8	21.9 ± 3.2
非陸上トレーニング群 (n = 8)	18.6 ± 0.7	1.62 ± 0.06	56.4 ± 5.4	24.7 ± 2.1
差	ns	ns	ns	ns

表2 被検者の専門種目およびパフォーマンスレベル

	専門種目	競技レベル
陸上トレーニング群	A 自由形	インカレ出場
	B 自由形	日本選手権出場
	C 自由形	インカレ出場
	D 背泳ぎ	日本選手権出場
	E 平泳ぎ	インカレ出場
	F 自由形	インカレ出場
	G 自由形	関東地区大会出場
非陸上トレーニング群	H 自由形	インカレ出場
	I 自由形	インカレ出場
	J 背泳ぎ	日本選手権出場
	K 自由メドレー	インカレ出場
	L 背泳ぎ	日本選手権出場
	M 自由形	インカレ出場
	N 背泳ぎ	日本選手権出場
	O 個人メドレー	関東地区大会出場

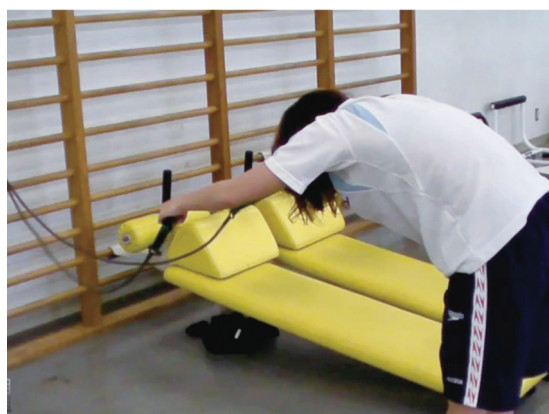


写真1 チューブによるプル運動

日の3日間、トレーニング後では平成20年11月25日から11月27日の3日間で実施した。

本研究で実施したトレーニングは、年間計画の一般的準備期に相当する時期に実施した(表3)。一般的準備期は、基礎的な持久力を向上させることを主たる目的としており、泳トレーニングは比較的低強度で長い距離を泳ぎ続ける内容であった。そこで、陸上トレーニングでは基礎体力向上の意味を含めて、また、Tabata et al.のプロトコル¹⁴⁾の効果でもある有酸素性能力および無酸素性能力の両方を高めることを目

的とした。4週間というトレーニング期間は、当該年度において設定した一般的準備期の第1段階に相当するものであった。

3. 測定項目および測定法

3.1 泳パフォーマンス

測定は25m室内プール(9コース)で行った。はじめに本測定の説明を行った後、身体機能が十分に働くように20分以上のウォーミングアップを被検者ごとに任意に行わせた。試技は、有酸素性エネルギー供給系と無酸素性エネルギー供給系の比率がおおよそ50%ずつとなる100mクロール⁹⁾の最大努力泳とし、1台のデジタルビデオカメラ(SONY社製、HDR-HC)を用いて水上の側方から被検者をパニング撮影した(撮影スピードは60fps、露出時間は1/350s)。100mを4局面(0-25m、25-50m、50-75mおよび75-100m)に分け、ストップウォッチを用いて各局面の所要時間を計測した。その後、得られた映像から各局面の中間地点における6ストローク(1ストロークは、手の入水から引き続く反対側の手が入水するまで)を基に1ストロークの平均所要時間を算出し、その逆数をストローク頻度とした。

表3 年間トレーニング計画

	10/9-11/11	11/12-11/18	11/19-1/27	1/28-2/3	2/4-4/6	4/7-4/20
期分け	一般的準備期	移行期	鍛錬期	移行期	専門的準備期	調整期
競技会			東京都記録会		東京都記録会 JAPAN OPEN 冬季公認記録会	日本選手権
トレーニング課題	泳法基礎練習		基礎持久力向上		専門的持久力向上 乳酸系持久力向上	
トレーニング量 (m)	3,788	4,036	5,628	5,600	4,892	4,867

	4/21-4/27	4/28-5/18	5/19-7/6	7/7-7/13	7/14-8/24	8/25-9/7
移行期		一般的準備期	鍛錬期	移行期	専門的準備期	調整期
		春季公認記録会	三体育大学対抗戦 JAPAN OPEN 夏季公認記録会		関東学生選手権	日本学生選手権
	基礎持久力向上				専門的持久力向上 乳酸系持久力向上	
	4,639	4,528	5,138	5,422	5,202	4,390

注) トレーニング量 (m) : 各期ごとの平均を算出

3.2 上肢の運動によるパフォーマンス

本測定の説明を行った後、被検者ごとにウォーミングアップを任意に行わせた。試技は、スイムベンチ (vasa 社製, ergoMETER) を使用した両手同時での60秒間の全力プル運動とした (写真2)。一般的に無酸素性能力を評価する際は、30秒全力運動 (Wingate Test) が用いられるが、本研究では100m 泳パフォーマンスのおおよそのタイムと合わせることで泳パフォーマンスとの関係を検討した。負荷は、先行研究⁸⁾において最も大きなパワー発揮

のみられた9段階のうちの3段階目に設定した。パフォーマンス指標として1ストロークごとの平均パワー (両手による合計パワー) を測定した。得られたデータから4局面 (0-15秒, 15-30秒, 30-45秒および45-60秒) ごとの平均パワーを算出した。また、以下の式により、第1局面に対する第4局面のパワーの低下率を算出した。

低下率 = $\{1 - (\text{第4局面の平均パワー} / \text{第1局面の平均パワー})\} \times 100$

3.3 下肢の運動によるパフォーマンス

本測定の説明を行った後、被検者ごとにウォーミングアップを任意に行わせた。試技は、自転車エルゴメーター (コンピュエルネス社製, PowerMaxV II) を使用し、上肢と同様の理由から60秒間の全力ペダリング運動とした。サドルの高さは被検者自身がペダリング運動をしやすい高さに調節し、運動開始時のペダル踏み出し位置は床から45度の角度となるように指示した。負荷設定において通常のWingate Testでは体重の7.5%であるが予備実験より、60秒間全力で漕ぎ続けられる負荷として判断できた体重の5%とした。自転車エルゴメーターによって計測された発揮パワーを0.1秒ごとにコンピューターに取り込み記録した。パフォーマンス指標として得られたデータから、



写真2 スイムベンチによるプル運動

4局面 (5-15 秒, 15-30 秒, 30-45 秒および 45-60 秒) ごとに平均パワーを算出し, 前項と同様の式を用いて第1局面に対する第4局面のパワーの低下率を算出した。なお, 自転車エルゴメーターについてはピーク値が出現するまでに5秒程度の時間を要するため, 本測定における第1局面は5秒から15秒に設定した。

3.4 血中乳酸濃度

無酸素性能力の指標として, 泳パフォーマンス測定, 上肢および下肢のパフォーマンス測定では血中乳酸濃度を計測した。運動終了後1, 3, 5, 7, 10分後に指先から微量の血液を採取し, 簡易型血中乳酸測定装置 (アークレイ社製, ラクテートプロ) を用いて血中乳酸値を測定した。本研究ではここで得られた最も大きな値を最高血中乳酸値として採用した。採血は被検者自身に行われた。

4. 統計処理

トレーニング前後の差は対応のあるt検定とした。なお, 泳パフォーマンス測定における各局面の所要時間およびストローク頻度, 上肢および下肢の運動による無酸素性能力測定における各局面の平均パワーについては, 測定時期 (トレーニング前および後) と局面 (各測定項目の経時的変化に沿ったいくつかの局面) を要因とする繰り返しのある二元配置の分散分析を行った。交互作用が有意であった項目は2要因のすべての群間における差の検定を, 交互作用が有意でなかった項目では各要因の主効果を分析した後, 主効果が有意であった場合はその要因内における群間の差の検定を行った。多群の差の検定ではいずれも Least Significant Digit (LSD) 法を用いた。これらの有意水準はいずれも危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

1. 泳パフォーマンス

表4に100m泳におけるパフォーマンスを示した。陸上トレーニング群では泳タイム, 低下率および最大血中乳酸値のいずれにおいてもトレーニング前後で有意差はみられなかった。一方, 非陸上トレーニング群では, 100m泳タイムおよび低下率においてはトレーニング前後で有意差はみられなかったが, 最大血中乳酸値は, トレーニング前よりトレーニング後の方が有意に小さかった。

表4に100m泳における各局面の平均所要時間の变化を示した。トレーニング前後での比較において, 両群ともにいずれの局面においても有意差はみられなかった。また, 各局面のストローク数においても (表6), トレーニング前後において有意差は認められなかった。

2. 上肢のパフォーマンス

表5に上肢のパフォーマンスを示した。陸上トレーニング群では平均パワー, 低下率および最大血中乳酸値のいずれにおいても有意差はみられなかった。一方, 非陸上トレーニング群では, 低下率および最大血中乳酸値においてはトレーニング前後で有意差はみられなかったが, 平均パワーにおいてトレーニング前よりトレーニング後の方が値は有意に大きかった。

表5に上肢の運動における各局面の平均パワーの变化を示した。陸上トレーニング群では, トレーニング前後での比較において, いずれの局面においても有意差はみられなかった。一方, 非陸上トレーニング群では, トレーニング前後での比較において, 第1および第2局面においてトレーニング前よりトレーニング後

表4 泳パフォーマンス結果

【泳パフォーマンス】		100m泳タイム	低下率 (%)	局面ごとの平均所要時間				最大血中乳酸値 (ml/L)
				0-25m	25-50m	50-75m	75-100m	
陸上トレーニング群	Tr 前	62" 36 ± 3" 47	-16.7 ± 3.4	14" 0	15" 7	16" 2	16" 4	13.5 ± 2.0
	Tr 後	62" 41 ± 3" 30	-15.8 ± 4.1	14" 1	15" 7	16" 3	16" 3	12.7 ± 2.1
非陸上トレーニング群	Tr 前	63" 20 ± 1" 64	-13.4 ± 4.6	14" 5	15" 9	16" 4	16" 4	12.5 ± 1.7
	Tr 後	63" 38 ± 2" 21	-12.7 ± 5.6	14" 5	15" 9	16" 7	16" 3	10.8 ± 2.2

* : $p < 0.05$

表5 上肢および下肢のパフォーマンス結果

【上肢のパフォーマンス】		平均パワー (w)	低下率 (%)	局面ごとの平均パワー (w)				最大血中乳酸値 (ml/L)
				0-25m	25-50m	50-75m	75-100m	
陸上トレーニング群	Tr 前	48.0 ± 3.4	17.2 ± 7.2	51.4	49.5	45.9	42.4	5.8 ± 0.8
	Tr 後	47.3 ± 4.3	19.9 ± 5.6	51.9	48.4	45.1	41.5	5.4 ± 1.2
非陸上トレーニング群	Tr 前	47.3 ± 5.3	20.1 ± 4.2	51.8	48.4	45.4	41.3	5.2 ± 1.0
	Tr 後	49.3 ± 4.6	19.8 ± 3.1	54.0	50.0	46.9	43.2	5.0 ± 0.9
【下肢のパフォーマンス】		平均パワー (w)	低下率 (%)	局面ごとの平均パワー (w)				最大血中乳酸値 (ml/L)
				0-25m	25-50m	50-75m	75-100m	
陸上トレーニング群	Tr 前	304.7 ± 16.0	41.6 ± 7.9	401	333	278	233	13.7 ± 1.9
	Tr 後	320.9 ± 23.1	38.8 ± 5.7	409	358	292	249	13.0 ± 1.9
非陸上トレーニング群	Tr 前	294.8 ± 31.4	39.4 ± 4.8	381	328	271	230	13.1 ± 1.4
	Tr 後	300.5 ± 31.5	36.3 ± 3.7	385	327	273	245	12.7 ± 0.9

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

表6 100m泳の各局面におけるストローク数

		局面			
		1	2	3	4
陸上トレーニング群	Tr 前	16.3 ± 1.7	19.4 ± 2.1	19.8 ± 2.0	20.8 ± 1.4
	Tr 後	16.1 ± 1.3	19.0 ± 1.8	19.4 ± 1.6	20.4 ± 1.8
非陸上トレーニング群	Tr 前	15.5 ± 3.0	19.5 ± 2.7	19.6 ± 2.4	20.8 ± 2.6
	Tr 後	15.5 ± 2.7	19.4 ± 2.5	20.0 ± 2.3	20.9 ± 2.5

の方が有意に大きく、第4局面においてトレーニング前よりトレーニング後の方が大きい傾向がみられた。

の比較において第4局面でトレーニング前よりトレーニング後の方が大きい傾向がみられた。

3. 下肢のパフォーマンス

表5に下肢のパフォーマンスを示した。陸上トレーニング群では、低下率および最大血中乳酸値においてトレーニング前後で有意差はみられなかったが、平均パワーにおいてはトレーニング前よりトレーニング後の方が有意に大きかった。一方、非陸上トレーニング群では、平均パワー、低下率および最大血中乳酸値のいずれにおいても有意差はみられなかった。

表5に下肢の運動における各局面の平均パワーの変化を示した。陸上トレーニング群では、トレーニング前後での比較において第2局面においてトレーニング前よりトレーニング後の方が値は有意に大きく、また第3および第4局面においてトレーニング前よりトレーニング後の方が値は大きい傾向がみられた。一方、非陸上トレーニング群では、トレーニング前後で

IV. 考 察

1. 上肢および下肢の陸上トレーニングによるパフォーマンスの変化

下肢のパフォーマンスの変化について、陸上トレーニング群では60秒間の平均パワーが増大し(表5)、前半からトレーニング前よりも高い値を示していることから、エネルギー供給能力が向上したことが示唆される。しかし、最大血中乳酸値にトレーニング前後で有意差はみられなかった(表5)。短時間最大運動後の血中乳酸濃度は運動中に使用した解糖系からの無酸素性エネルギーを反映すること²⁾を考慮すると、陸上トレーニング群では有酸素系からのエネルギー供給の割合が増大したことによって、同じ強度で運動をした時の血中乳酸濃度が低下し、後半においても大き

なパワーを発揮できるようになったことが推察される。このような有酸素性能力向上の要因としては以下の2点が挙げられる。1点目は水中での泳トレーニングの影響である。本研究ではいずれの群も、測定の前後では泳トレーニングの量や強度が徐々に増加している(表3)。本研究におけるトレーニング時期は11月下旬であり、基礎持久力の向上を主たる目的としていた。トレーニング内容は、マグリスコの方法⁶⁾を参考にし、事前の測定より推定した個々人のATレベルを越えない範囲の強度を中心としていた。すなわち、ATレベルを越えない低強度のトレーニングを実施することで、有酸素性能力の向上につながった可能性が考えられる。2点目は本研究で用いた陸上トレーニングのプロトコルの影響である。本研究で用いた10秒間の休息を挟んだ20秒間全力運動を3回繰り返すといった間欠的な短時間最大運動は、有酸素および無酸素エネルギー供給の両方に刺激を加えられるトレーニング手段として位置づけられているため¹⁴⁾、このことも陸上トレーニング群の有酸素性能力の向上を引き起こしたと推察される。また、水泳選手が通常のトレーニングにおいて自転車エルゴメーターを用いることが少ないことを考慮すると、陸上トレーニング群では、ベダリング運動でのパワー発揮に慣れ、効率よく大きなパワー発揮ができるようになった可能性(動作の変化)も挙げられる。一方、非陸上トレーニング群では、トレーニング前後で60秒間の平均パワーに有意差はみられず、最大血中乳酸値にも有意差はみられなかった(表5)。しかし、トレーニング後で第4局面における平均パワーが僅かに増大しており(表5)、このこともまた前述のような泳トレーニングによる有酸素性能力の向上の影響と推察される。

上肢のパフォーマンスの変化については、陸上トレーニング群では、60秒間の平均パワー、各局面におけるパワーおよび最大血中乳酸値のいずれにおいてもトレーニング前後で有意差はみられなかった(表5)。しかし、非陸上トレーニング群では、トレーニング前後において第1局面からパワーは有意に大きく、60秒間の平均パワーも増大していた(表5)。上肢のパフォーマンス測定における最大血中乳酸値は、下肢の測定でみられた値と比較して低いことから、上肢のプル動作による短時間最大運動が解糖系への十分な負荷をかける運動としては十分ではないことを示しているといえる(表5)。水藤ら¹³⁾は、大学生(男子10名、女子12名)を対象に腕・脚作業による無酸素

性・有酸素性作業能力(最大発揮パワー・最高酸素摂取量)の測定を行い、スイム・プル・キックの100m全力泳中の平均泳速度との関連について検討した結果、100m泳パフォーマンス(スイム・プル)と腕作業による最大発揮パワーとの間に男女とも有意な相関関係($p<0.05\sim0.01$)が認められたことを報告している。本研究では、上肢のトレーニング手段としてチューブによるプル動作を用いたが、上述した通りこの動作では解糖系に強い刺激が加わりにくく、いずれの群においてもパフォーマンスは十分に向上しなかったと考えられる。これらを踏まえて両群の陸上トレーニング前後の変化を考察すると、非陸上トレーニング群について運動中のパワーの増大がみられた要因としては、下肢における考察同様に、泳トレーニングによる有酸素性能力の向上が挙げられる。また、泳ぎこみによる上肢のプル運動の強化が上肢の運動による平均パワー向上に繋がったことも考えられる。一方、陸上トレーニング群については、本来は非陸上トレーニング群と同様に平均パワーは増大すると考えられるが、プル運動によるパワー発揮において、チューブによる負荷様式の相違が上肢のパワー測定値に負の影響をもたらした可能性も考えられる。本研究では、高価な機器を必要とせずに簡便にトレーニングに組み込むことができ、かつ競泳のトレーニング現場では腕の筋持久力向上を目的として広く行われているチューブトレーニング^{12), 17)}を採用したが、チューブトレーニングではスイムベンチで測定する等速性筋力を高めることができなかったのかもしれない。すなわち、スイムベンチでは泳動作同様にストローク開始(プル動作開始)から上肢に負荷がかかる(初動負荷)のに対して、チューブでは動作初期の負荷は極めて小さく、むしろストローク中盤以降に大きな負荷がかかる(終動負荷)という特徴が挙げられる。このようなチューブ動作による慣れがスイムベンチでの測定値増大を妨げた可能性も考えられる。

以上のことから、本研究で設定した4週間という短期間での陸上トレーニングにおいては、下肢では運動中のパワーの増大という効果がみられ、陸上トレーニングとしての有効性が示唆された。しかし、上肢では、十分なトレーニング効果が得られたとは言い難く、チューブでのトレーニング内容やトレーニング負荷などを再検討する必要があることが示唆された。

2. 上肢および下肢の陸上トレーニングが泳パフォーマンスに及ぼす影響

非陸上トレーニング群については、トレーニング前後において泳タイムに変化はみられなかったが、最大血中乳酸値はトレーニング後において有意に低下していた（表4）。前項で述べた通り、本研究でのトレーニング期間は11月という泳ぎこみによる持続的トレーニング期であることを考慮すると、非陸上トレーニング群でみられたこのような変化は、持続的な泳トレーニングによる有酸素性能力の向上によって最大血中乳酸値の低下として現れたと考えられる。一方、陸上トレーニング群については、泳タイム、各局面の所要時間、ストローク指標および最大血中乳酸値のいずれにおいてもトレーニング前後で有意差はみられなかった（表4）。下肢の陸上トレーニングにみられたエネルギー供給能力の向上があるとすれば、出力パワーの増大によって前半の泳タイムが向上し、後半も高いスピードを持続できることが予想されるが、このような変化はみられなかった。また、泳パフォーマンスのストローク指標についてみると、全ての局面においてストローク数はトレーニング前後で有意な変化がなかった（表6）。以上の結果をまとめると、陸上トレーニング群では、トレーニングによって下肢の平均パワーは向上したものの、それを効果的に泳パフォーマンスに反映できていない可能性が考えられる。このため、最大スピードでの泳技術の改善によって泳タイムが大きく向上する可能性が十分にあるものと考えられる。

本研究で実施した陸上トレーニングは、オフシーズン（9月上旬から10月上旬の約1ヶ月間）が終わり、冬場の泳ぎこみ（特に持続的なトレーニングを中心とする）のための一般的準備期間に相当する時期であった。この時期は、競技会も少ないため継続的な陸上トレーニングを行うことが可能である。しかし、試合期へ近づくにつれて水中での泳トレーニングに時間を割くことが多くなるため、数ヶ月という長期間に渡って陸上トレーニングを組み入れるのは難しい。このことを考慮すると、4週間という短期間であっても下肢の陸上トレーニングはエネルギー供給能力の向上を引き起こすという本研究の結果は、水泳競技における一般的準備期のトレーニング計画を検討するうえで役立つ知見といえる。ただし、本研究においては、短期間の陸上トレーニングによるエネルギー供給能力の向上が

トレーニング期間終了後即座に泳パフォーマンス向上として現れる（泳タイムに直結する）ものではなく、その後の泳パフォーマンス向上の可能性を高めるというものであることが示唆された。このため、高めたエネルギー供給能力による出力を有効に推進力に変えるための高強度での泳技術の獲得などが要求されるといえる。今後さらに詳細な検討を進めるためには、動作の指標としてストローク頻度およびストローク数のみでは不十分であるため、今後は力学的仕事量などの泳動作における出力の変化を詳細に検討していく必要があるだろう。

V. まとめ

本研究の目的は、大学女子競泳選手を対象とした一般的準備期における4週間の上肢および下肢によるエネルギー供給能力向上のための陸上トレーニングが泳パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにし、女子競泳選手の競技力向上を目指したトレーニング計画の立案に役立つ知見を得ることであった。主な結果は、以下の通りである。

- 1) 上肢のパフォーマンスにおいて、陸上トレーニング群では、60秒間の平均パワー、各局面における平均パワーおよび最大血中乳酸値のいずれにおいてもトレーニング前後で有意差はみられなかった。一方、非陸上トレーニング群では、最大血中乳酸値には変化はみられなかったにも関わらず、トレーニング後においては第1局面からパワーは有意に大きく、60秒間の平均パワーは増大していた。
- 2) 下肢のパフォーマンスにおいて、陸上トレーニング群では、最大血中乳酸値にトレーニング前後で有意差はみられなかったが、60秒間の平均パワーおよび第2局面での平均パワーがトレーニング前よりトレーニング後の方で有意に大きかった。一方、非陸上トレーニング群では、トレーニング前後で60秒間の平均パワーに有意差はみられず、最大血中乳酸値にも有意差はみられなかった。
- 3) 泳パフォーマンスにおいて、陸上トレーニング群では、泳タイム、各局面の所要時間、ストローク指標および最大血中乳酸値のいずれにおいてもトレーニング前後で有意差はみられなかった。一方、非陸上トレーニング群では、トレーニング前後で泳タイムに有意差はみられなかったが、最大血中乳酸値はトレーニング後において有意に低下していた。

以上の結果は、競泳選手の一般的準備期における下肢の陸上トレーニングがエネルギー供給能力を向上させる可能性を示すものである。しかし、このようなエネルギー供給能力の向上を泳パフォーマンスに反映させるためには、高強度での泳技術の獲得などが必要であると考えられた。

今後さらに、上肢のトレーニング内容を再検討することも含めて、泳パフォーマンス向上につながる一般的準備期の陸上トレーニングのあり方について検討する必要があると考えられる。

謝辞

本実験に被検者として協力していただいた日本女子体育大学水泳部選手各位に深く感謝の意を表します。

文献

- 1) 葛西拓司, 清田隆毅, 国井実 (1993) 一流競泳選手のスイムベンチによるアームプルパワー出力特性—オリンピック日本代表選手と中国選手との比較—, 日本体育学会第44回大会号 p331.
- 2) 加藤健志, 森谷暢, 菊地真也, 寺尾保, 中野昭一 (1994) 競泳レース後における血中乳酸濃度, 東海大学紀要体育学部 24 : 27-33.
- 3) 北川幸夫, 湯田淳, 森山進一郎, 甲斐裕子, 松本晃裕 (2008) 上肢および下肢の乳酸性エネルギーと泳パフォーマンスとの関係性, 日本女子体育大学二階堂奨励研究大学共同研究報告集 5 : 12-13.
- 4) 国井実, 鈴木陽二 (1989) スイムベンチによるパワー出力と水泳パフォーマンスとの関係 (第3報), 日本体育学会第40回大会号 p292.
- 5) Maglischo, E.W. (2005) Swimming fastest, p.532-533, Human Kinetics, Champaign.
- 6) E. W. マグリシオ : 野村武男, 田口正公監訳 (1999) スイミングイーブン・ファースター, p.69-138, ベースボールマガジン社, 東京.
- 7) 森谷暢, 吉村豊, 高橋雄介 (1995) 競泳選手の競技力向上を目的としたSemi-tethered Swimmingの活用, トレーニング科学 7 (2) : 85-96.
- 8) 森山進一郎, 甲斐裕子, 湯田淳, 北川幸夫 (2008) 上肢および下肢のパワーと25mクロール泳パフォーマンスとの関係, 日本スポーツ方法学会第19回大会号 p51.
- 9) Ogita, F., T.Onodera, H.Tamaki, H.M.Tussaint, A.P.Hollander, K.Wakayoshi (2003) Metabolic profile during exhaustive arm stroke, leg kick, and whole body swimming lasting 15s to 10min, Biomechanics and Medicine in Swimming IX p361-366.
- 10) Roberts, A.J., Termin, B., Reily, M.F., Pendergast, D.R. (1991) Effectiveness of biokinetic training on swimming performance in collegiate swimmers. Journal of Swimming Research 7 (3) : 5-11.
- 11) Sharp, R.L., Troup, J.P., Costill, D.L. (1982) Relationship between power and sprint freestyle swimming, Medicine and Science in Sports and Exercise 14 (1) : 53-56.
- 12) 柴田義晴 (2003) 上達する! 水泳, p.202-203, ナツメ社, 東京.
- 13) 水藤弘吏, 杉田正明, 八木規夫 (2005) 水泳選手における泳パフォーマンスと有酸素性能力, 無酸素性能力との関連性について, トレーニング科学 17 (2) : 139-150.
- 14) Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, and Yamamoto K (1996) Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO2max, Medicine and Science in Sports and Exercise 28 (10) : 1327-1330.
- 15) 田中弘文, 金久博昭 (1993) 競泳選手におけるレジスタンストレーニングの効果, トレーニング科学 5 (2) : 75-78.
- 16) Toussaint, H.M., Vervoorn, K. (1990) Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. International Journal of Sports Medicine 11 (3) : 228-233.
- 17) 吉村豊, 高橋雄介 (1997) スイミング, p.154-155, 池田書店, 東京.

(平成24年9月12日受付)
(平成24年12月19日受理)

