



Tokyo Gakugei University Repository
東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	背泳ぎの呼吸特性とその指導法に関する研究
Author(s)	柴田, 義晴; 花木, 敦; 細江, 文利
Citation	体育科教育学研究, 21(2): 21-30
Issue Date	2005-08-24
URL	http://hdl.handle.net/2309/95329
Publisher	日本体育科教育学会
Rights	

■原著論文

背泳ぎの呼吸特性とその指導法に関する研究

柴田 義晴 (東京学芸大学), 花木 敦 (都立あきるの学園養護学校)
細江 文利 (東京学芸大学)

A study on the breathing characteristics of the backstroke for establishing teaching methods

Yoshiharu SHIBATA
Atsushi HANAKI
Fumitoshi HOSOE

Abstract

The purpose of this study was to clarify the breathing characteristics of backstroke swimming and to establish some teaching methods of the backstroke. An experiment was conducted to examine the relationship between breathing pattern and stroke motion by investigating nasal pressure while swimming and videotaping the stroke motion in the water. Thus, nasal pressure was measured while swimming the backstroke using an air-pressure transducer and the stroke motion was filmed using a digital video camera, investigating the breathing pattern, stroke mechanics, and their relationship. The results are as follows:

- 1) Two types of breathing in the backstroke were observed: 1 stroke cycle 1 breath (Type A) and 1 stroke cycle 2 breathes (Type B). Irregular breathing type was observed in the inexperienced (Type C). The incidence of Type B was 37.5% for trained swimmers and 40.0% for the inexperienced. There were diverse breathing patterns in the inexperienced.
- 2) The exhalation rate of the experienced was significantly smaller than that of the trained in fast-paced swimming and in slow-paced swimming ($p < 0.05$). There was no significant difference with the inexperienced. The exhalation rate of the trained in slow-paced swimming was significantly longer than that in fast-paced swimming ($p < 0.05$).
- 3) The time for the maximum exhalation in terms of nasal pressure was the moment that one hand entered the water for Type A and the moment that one hand began to stroke for Type B. The nasal pressure appeared greater in the fast-paced swimming of the trained (3.0 ± 1.2 cmH₂O) compared to the slow-paced swimming of the trained (2.3 ± 0.8 cmH₂O) and the untrained (2.2 ± 1.1 cmH₂O). There was a significant difference between fast-paced swimming and slow-paced swimming of the trained ($p < 0.05$).

4) The nasal pressure of the trained was greater in fast-paced swimming ($3.2 \pm 1.4 \text{ cmH}_2\text{O}$, $2.5 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O}$) than in slow-paced swimming ($2.5 \pm 0.9 \text{ cmH}_2\text{O}$, $1.9 \pm 0.4 \text{ cmH}_2\text{O}$) for both Type A and Type B; a significant difference ($p < 0.05$) was observed between the two kinds of pace in all breathing types. The nasal pressure of the experienced appeared slightly greater in Type A ($2.7 \pm 1.0 \text{ cmH}_2\text{O}$) than in Type B ($1.4 \pm 0.2 \text{ cmH}_2\text{O}$) and Type C ($1.3 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O}$). There was very little difference between Type B and Type C.

The above findings showed that when teaching the backstroke one needs to fully understand what type of breathing, Type A or Type B, the swimmer excels at and to teach in line with the characteristics of individual breathing patterns.

Key word: backstroke, nasal pressure, breathing characteristics, teaching method

キーワード：鼻腔内圧、背泳ぎ、呼吸特性、呼吸法の指導

1. 緒言

背面泳ぎは、いつでも呼吸ができることから古い時代より種々の場面において背浮き平泳ぎとして用いられてきた(大塚, 1906, pp.29-30)。今日ではそうした背面泳ぎはエレメンタリー・バックストローク(京田, 1927, p.128)と呼ばれ、サバイバル泳法として活用(日本体育・学校健康センター, 1999, p.79)されている。その一方で、近代的な背泳ぎは、1900年代クロールが飛躍的な発展を極めた時期に、背面泳ぎの際両手を交互に頭上に出して水を掻き、足はばた足を用いた泳ぎ方、すなわちクロールを裏返しにしたバック・クロール(Armbruster, 1973, pp.92-93)に始まった。いずれにしても、背泳ぎがいつでも呼吸できる泳ぎ方であったことによるものか、著者らの文献渉猟の範囲では背泳ぎの呼吸法に関する記述は他の泳法に比較して少なく、かつ呼吸特性について科学的検証を試みた研究報告では平泳ぎを対象にしたHaraら(Hara et al, 2003, pp.63-67)の報告が見られるものの、背泳ぎに関してはほとんど見当たらないのが現状である。したがって、この種の研究は、水泳中の呼吸測定法を改良したHaraらの研究報告(Hara et al, 1999, pp.135-139)の成果によるものと考えられると同時に、それ以前に見られる水泳の呼吸法に関する指導法の多くが経験則に基づいた表記(宮畑・杵淵, 1958, p.99)であることが容易に伺い知ることができる。

また、背泳ぎに関する記述は、古い年代では関正次(1923)の著書「水泳法及び水泳生理学」において、左右の手を同時に水面上で前方へ戻して水をかき、足は左右同時にかえる足で水を蹴り挟むとした背泳ぎの解説が見られるが、文部省(1923)では「水泳指針」において今日行われているばた足を用いた背泳ぎの解説を行っている。背泳ぎが教材として文部省の学習指導書に取り上げられたのは昭和22年の学校体育指導要綱(文部省, 1947)からのことであるが、小学校では平成10年に発行された小学校学習指導要領(文部省, 1998)において運動の取り上げ方が弾力化される中で第5, 6学年において取り扱うことができることになった。この点については、昭和44年発行の小学校体育指導書(文部省, 1969)に泳いで進めるようになるための指導の工夫として背泳ぎ等の指導を取り入れてもよいとしており、背泳ぎの取り扱い方については既に考えられてきたところでもある。しかしながら、今回教材として取り上げられたことを考えると、これまで教材としての背泳ぎの認識がなかったことから、特に小学校では背泳ぎの指導法の研究や工夫が十分されていないことが容易に推察できる。その意味で、背泳ぎの技術的特性、特に呼吸法については検証を試みる必要があると考える。

そこで、本研究は、背泳ぎ中の鼻腔内圧の調査およびストローク動作を水中撮影し、呼吸様相とストローク動作との関係を調べることによって

背泳ぎの呼吸特性を明らかにし、背泳ぎの指導法の確立に資することを目的とした。そのため、背泳ぎ時の鼻腔内圧については空気圧カトランスジューサーを用いて測定し、ストローク動作についてはデジタルビデオカメラを用いて水中撮影を行い、呼吸様相、ストロークメカニクス、かつ両者の関係について分析・調査を行った。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は、鍛錬者群として大学水泳部員 8 名、非鍛錬者群として大学生 9 名：内訳は背泳ぎで 25m 程度泳げる者を初級者として 5 名、測定実施可能な 10m 程度泳げる者を初心者として 4 名、計 17 名を対象とした。

2.2. 測定方法

呼吸圧変化の測定には、空気圧カトランスジューサー (DX-300：日本光電) を用い、呼吸圧変化はオリジンラブ社製の解析ソフトウェア (ORIGIN6.0J) を用いて呼吸圧曲線について解析した。背泳ぎ中の呼吸圧の変化は、被験者の鼻腔内に空気圧カトランスジューサーを貼付けて測定した (以下、呼吸圧を鼻腔内圧という)。また、測定によって得られたデータは、電圧表示から cmH_2O 表示に単位変換した。この変換は、水深 0, 10cm, 20cm の各位置での圧力変化を測定し、得られた数値から回帰式を導き、それに電圧数値を代入することによって cmH_2O 数値を求めた。なお、この測定方法は、Hara et al (1999) の方法論を用い、背泳ぎ中の呼吸圧の測定を行ったものである。

測定の模式図は、図 1 に示した通りであった。水中動作の撮影は、モニター区間をカバーできる 18m 側方から、プール中央をはさんだ前後 5m 間を調査対象の範囲とした。

試技の際は、鍛錬者には緩速泳 (ストロークメカニクスが崩壊しない程度にできるだけゆっくり泳ぐこと) および速泳 (指定された距離をできるだけ速く泳ぐこと) を指示し、非鍛錬者には緩速泳 (指定された距離を自分のペースで泳ぎ切ること) を指示した。

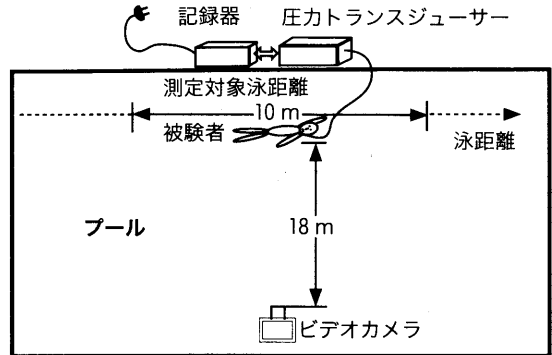


図 1 実験場の模式図

2.3. 分析方法

鼻腔内圧曲線は、止息を示す 0 を基線にして、上方の場合は呼息を示し、下方の場合は吸息を示すものである。呼吸圧の変化とストローク動作の関係は、録画映像により左手の入水時を鼻腔内圧曲線上に電気的信号により表した (図 2 参照)。

1 ストローク中の呼息時間と呼息圧は、鼻による呼息を対象とし、1 回の呼息中で最も高い鼻腔内圧に基づいて、その時々呼息の強さを表わす指標とした。なお、1 ストローク中に、鼻腔内圧が陽圧になった後 0 に戻るまでの時間を呼息時間、1 ストロークの所要時間から呼息時間を減じたものを吸息時間とし、また 1 ストロークの所要時間に占める呼息時間の割合を算出し、呼息比率とした。

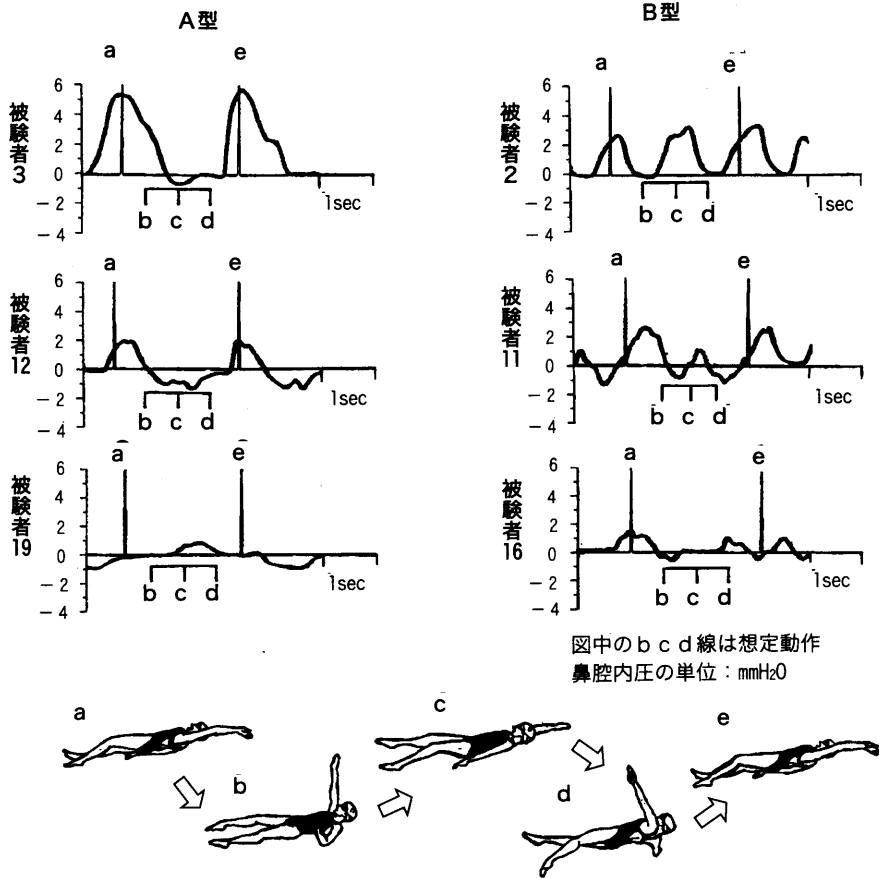
2.4. 統計処理

統計処理は、統計解析ソフト SPSS 11.0 を用い、鍛錬者の試技条件の違いによる差の検定には対応のある t 検定を用い、グループ間の差の検定にはマン・ホイットニー検定を用いた。なお、統計的な有意水準は $p < 0.05$ とした。

3. 結果

3.1. 呼吸様相について

表 1 は、本実験において被験者が示した呼吸様相を類型別にまとめたものである。鍛錬者では、図 3 に示したように速泳時や緩速泳時にかかわらず、いわゆる 1 ストロークサイクル中に 1 回呼吸をする A 型が 5 名、1 ストロークサイクル中に 2 回呼吸する B 型が 2 名であったが、非鍛錬者では



図中のb c d線は想定動作
鼻腔内圧の単位：mmHg

図2 背泳ぎの呼吸類型別に見た呼吸様相

表1 背泳ぎの呼吸様相の種類

呼吸様相	鍛錬者								非鍛錬者											
	1	2	3	4	5	6	7	8	初級者			初心者								
種類	A	B	A	B				B	B	A	A	A								
利手	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右

A: 1ストロークサイクル1回呼吸
B: 1ストロークサイクル2回呼吸
C: 不規則呼吸

初級者3名がA型、2名がB型で、初心者4名はいずれも明確かつ一定の呼吸様相を示さなかったことからC型として示した。

3.2. 呼吸時間と呼吸比率について

表2は、鼻腔内圧曲線図の基線に対して、上方の曲線部分（呼吸）を時系列に読みとった呼吸時間と1ストロークサイクル中の所要時間に対する

割合（呼吸比率）の平均値と標準偏差を導き、それぞれの項目間の差の有意差検定を行った結果を示したものである。

これを見ると、鍛錬者では速泳時に対して緩速泳時のほうがいずれの呼吸様相の種類においても顕著に長かった ($p < 0.05$)。また、呼吸比率は、全体的に見ると、鍛錬者の緩速泳および速泳では、非鍛錬者（初級者）に比較して顕著に大きかった ($p < 0.05$)。

3.3. 呼吸様相とストロークメカニクスについて

図2は、被験者の各グループの代表例を示したものである。図中の左段は1ストロークサイクル1回呼吸のA型、右段は1ストロークサイクル2回呼吸のB型を示し、図中の上段は鍛錬者、中段は非鍛錬者（初級者）、下段は非鍛錬者（初心者）の呼吸様相の種類を示したものである。図中の背

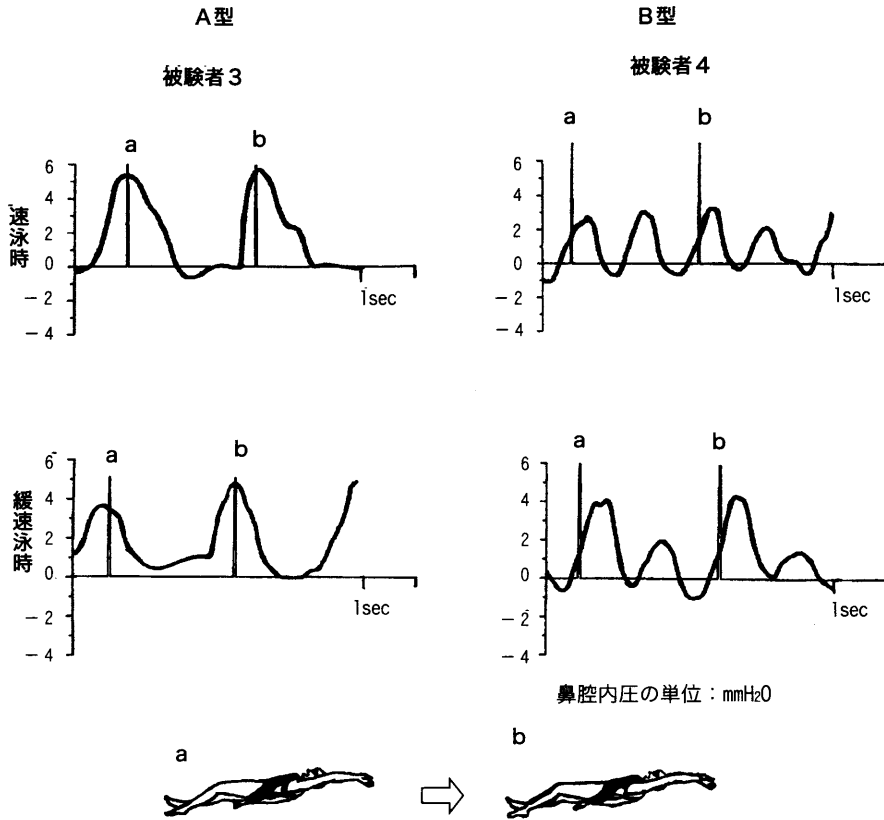


図3 速泳時と緩速泳時の呼吸様相の変化

表2 背泳ぎの呼吸時間・比率の平均値と差

項目	呼吸様相の種類				全体
	A	B	C		
鍛錬者	呼吸時間	1.47 ± 0.22 ■	1.63 ± 0.07 ●	—	1.53 ± 0.19 ◆
	呼吸比率	64.2 ± 14.0	72.5 ± 6.9	—	67.3 ± 12.0 ○
	呼吸時間	0.98 ± 0.30	1.27 ± 0.06	—	1.09 ± 0.27
	呼吸比率	56.3 ± 19.4	80.6 ± 8.8	—	65.4 ± 19.9 ◇
非鍛錬者	呼吸時間	1.09 ± 0.41	1.26 ± 0.76	—	1.20 ± 0.55
	呼吸比率	38.0 ± 10.0	42.3 ± 7.7	—	39.4 ± 8.4
	呼吸時間	—	—	0.95 ± 0.26	0.95 ± 0.26
	呼吸比率	—	—	48.5 ± 10.3	42.9 ± 12.7

○, ◇: それぞれ非鍛錬者(初級者)の呼吸比率に対する有意差 有意水準: p<0.05
 ●, ◆, ■: それぞれ鍛錬者速泳時の呼吸時間に対する有意差

泳ぎの動作は、左手が入水した時(a)と左手が再び入水した時(e)の動作を電気的信号により表示した。なお、(b)~(d)は、時系列によって想定される動作を示したものである。したがって、左手の動作で見ると(a)~(b)がキャッチ~プル局

面、(b)~(c)がプッシュ~フィニッシュ局面、(c)~(d)がリカバリー前半局面、(d)~(e)がリカバリー後半局面となる。これらを見ると、呼吸様相の種類は、鍛錬者だけでなく非鍛錬者(初級者)にも確認できることと、呼吸様相が明確かつ一定でない非鍛錬者(初心者)においてもいずれかの類型が想定される原形を示した。また、A型では一方の手が入水するとき最大呼息期となり、B型では一方の手がかき始めるとき最大呼息期となる傾向が見られた。なお、こうした傾向は、図3に示したように鍛錬者において泳速を変えた場合でも呼吸様相の種類やストロークメカニクスと呼吸のタイミングは同様の傾向を示した。

表3 背泳ぎにおける呼吸時鼻腔内圧の平均値

呼吸時鼻腔内圧: cmH₂O

項目	呼吸時鼻腔内圧: cmH ₂ O				
	A	B	C	全体	
鍛錬者	緩速泳	2.5 ± 0.9	1.9 ± 0.4	—	2.3 ± 0.8 [○]
	速泳	3.2 ± 1.4	2.5 ± 0.7	—	3.0 ± 1.2
非鍛錬者	初級者	2.7 ± 1.0	1.4 ± 0.2	—	2.2 ± 1.1
	初心者	—	—	1.3 ± 0.7	

○: 鍛錬者の速泳全体に対する有意差
有意水準: p<0.05

表3は、モニター区間に被験者が呼吸を行った際の鼻腔内圧の平均値と標準偏差を導き、さらにカテゴリー別に有意差検定を実施した結果を示したものである。

これを見ると、鍛錬者では速泳時 (3.0 ± 1.2 cmH₂O) が緩速泳時 (2.3 ± 0.8 cmH₂O) に対して統計学的に有意 (p<0.05) に高く、非鍛錬者 (初級者, 初心者) では 2.2 ± 1.1 cmH₂O であったが他との有意差は認められなかった。また、呼吸様相の類型をカテゴリー別に見ると、鍛錬者では呼吸様相がA型, B型ともに緩速泳時 (2.5 ± 0.9 cmH₂O, 1.9 ± 0.4 cmH₂O) に比較して統計的な有意性は見られなかったものの、速泳 (3.2 ± 1.4 cmH₂O, 2.5 ± 0.7 cmH₂O) のほうが大きい傾向を示した。非鍛錬者 (初級者, 初心者) では、統計学的に有意な差は見られなかったが、B型 (1.4 ± 0.2 cmH₂O), C型 (1.3 ± 0.7 cmH₂O) に比較してA型 (2.7 ± 1.0 cmH₂O) では大きく現れ、B型とC型の間にはほとんど差は見られなかった。なお、非鍛錬者 (初級者, 初心者) の呼吸様相の各類型は、鍛錬者の緩速泳時の同類型と比較しても有意な差は見られなかった。

4. 考察

本研究では、背泳ぎの呼吸特性を明らかにすることによって、背泳ぎの指導法の確立に資することを目的としている。そこでまず、背泳ぎの呼吸指導が水泳の指導書においてどのように扱われているのかについて検討する必要がある。背泳ぎの呼吸法に関するわが国の一般水泳指導書では、

「呼吸は手足の動作と調和させ、どちらかの手が水面上にあるとき口から吸気し、かき始めるとき呼気する」(宮畑・杵淵, 1972, p.99)

「一方の手の動作に合わせて、リカバリー中に吸気し、ストローク中に呼気する。あるいは一方の手のリカバリー時に吸気し、他方の手のリカバリー時に呼気する」(柴田, 2003, p.14)

とした内容が多く、また欧米では、

“Inhaling during the recovery of one arm and exhaling on the other arm. The inhalation takes less time than the exhalation” (Counsilman, 1968, pp.109-110; Magrischo, 1993, pp.468-471)

“Breathing in just about as when walking” (Armbruster, 1973, pp. 92-93)

“Inhalation takes place during recovery of one arm and breath is exhaled during the recovery on the one arm” (The amateur swimming association, 1976, pp.98-99)

等の説明内容が多く見られ、これら記述された内容のほとんどはA型の呼吸法についての説明である。しかしながら、数少ないものの

「呼吸は1かきごとに行うべし、かき手が体側から大腿にかけて力強く吐くべし」(斉藤, 1929, pp.96-97)

「手のフィニッシュの直後に鼻から短く吐き出す」(高橋, 木村, 1934, pp.115-137)

等の文献等のように、B型の呼吸法を解説している書物も見られる。ただし、これらの文献は、「1かき」の解釈によってはA型の呼吸法の説明ともとれることは否定できない。また、文部省で発行された学校体育指導要綱 (1947) および学習指導要領 (1953, 1960, 1969, 1978, 1989, 1998) における背泳ぎの呼吸に関する指導法を見ると、呼吸の重要性については言及しているものの、呼吸がどのようになされているか、どのように指導すればよいかと言った記述はほとんど見られない。実は、こうした背泳ぎの呼吸法についての説明や指導法の解説が記載されていない一般水泳指導書

が数多く見られることも事実である。

ところで、今回、背泳ぎの解説を記載した古い書物としては明治時代のもの（大塚，1906）が確認されたが、先述したようにいわゆる背浮き平泳ぎの解説であった。最近の内外の指導書（Counsilman, 1968; Magrischo, 1993; 宮畑・杵淵, 1972; 柴田, 1979, 1995）によると、背泳ぎの呼吸法に関する指導法は1ストロークサイクル（左右の手でそれぞれ1回ずつ水をかいて元に戻す一連の動作）中に1回呼吸をする方法、すなわち本研究のA型の呼吸法に関する指導法が多く見られた。背泳ぎの指導法に関して、Counsilman, J. E. (1968)によれば、

“He may breathe when he wants to, this in itself presents a problem. He may breathe too shallowly…”とし、“may enter into a panting or very fast breathing pattern in which he exchanges as little as a half pint of air…”

として背泳ぎの1ストローク中の呼吸数を増やすことに警鐘を鳴らしている。このことについては、肺胞換気率 = (1回換気量 - 死腔量) × 呼吸回数である（東京大学教養学部体育研究室, 1971）ことを考えれば、1回換気量を少なくして呼吸回数を増やすことは望ましくないとする先述の意見は理解できることである。しかしながら、本研究において1ストロークサイクル2回呼吸、すなわちB型の呼吸法を行っている者が確認されたことは無視できない事実であり、検討を試みなければならない。この点については、撮影技術の進歩によって映像が鮮明に確認できるようになり、それによりオリンピック・シドニー大会やアテネ大会においても背泳ぎ選手の呼吸法が容易に観察でき、何人かのトップ選手によって用いられていることも確認できることでもある。したがって、現実的にこのようにB型の呼吸法を用いる選手が多く存在していることは、A型とB型の鼻腔内圧に有意な差がなかったことを考えると、B型では1回換気量を増した形で呼吸回数を増やし、結果的に肺胞換気率の低下を抑制しているものと考えられる。しかも、本研究では、B型の呼吸法は鍛錬者のみならず非鍛錬者（初級者）

においても確認され、B型の出現率が鍛錬者では37.5%、非鍛錬者（初級者）では40.0%で、ほぼ同様な高い出現率を示している。さらに、非鍛錬者（初心者）においても、呼吸様相は明確かつ一定した類型は見られないものの、A型、B型の呼吸様相の原形と思われるような兆しが確認できる。

したがって、これらのことから、背泳ぎの呼吸指導の際には、指導書に見られるようなA型の呼吸法を前提とした指導を画一的に進めるのではなく、対象者の呼吸動作の特徴を十分観察し、生得的に身に付いているA型あるいはB型と言った呼吸法の確認ができればそれを助長するような指導や、A型とB型の両呼吸法を体験させながら対象者が受け入れやすい呼吸法を身につけさせる指導の展開が必要ではないかと考えられる。

つぎに、呼息時間と呼息比率について検討を進める。これらを見ると、鍛錬者の速泳時では緩速泳時に比較して、A型、B型および全体の呼吸様相の類型において有意な短縮が見られた。このことは、速く泳ぐことの条件を力学的法則（仕事 $W = F \cdot S$ 、運動のエネルギー $(Ek) = 1/2mV^2$ ）から見ると、出力 (F) 、作用距離 (S) 、速度 (V) のうち、速度 (V) の増加すなわちピッチを上げた結果によるものと考えられる。また、ピッチが上がれば呼吸相が影響を受けて呼息時間が短縮するとした Cureton (1930) の報告と一致するところでもある。非鍛錬者については、鍛錬者の速泳時とほぼ同様の呼吸時間を要したが、これは非鍛錬者がゆっくり泳げないこと、精一杯泳いでいること、あるいは水のかき込みがないことによりストロークのピッチが上昇したこと等が考えられる。呼息比率を呼吸類型全体から見ると、鍛錬者の緩速泳時および速泳時と非鍛錬者の間に有意な差が見られ、呼息比率はB型ではA型に比較してやや大きく、A型では速く泳ぐほど小さくなる傾向を示した。なお、B型では速泳によって呼息時間は短くなるものの呼息比率に大きな変化は見られなかった。

これらのことから、動作に合った呼吸法の重要性 (Garlando, 1985) を考えるならば、B型で

は先述のような「ピッチ」を上げた泳ぎ方の泳者には呼吸時間の短縮による呼息時間への影響を考えると不適であり、A型では先述のように作用距離(S)を重視した「大きな」泳ぎ方の泳者に適していると考えられる。すなわち、呼吸類型を知ることが指導の際の重要な目安づくりとなり得ると考えられる。また、非鍛錬者では、呼息時間に対して呼息率が小さい点について、鍛錬者の呼息時間に対する呼息率を考え合わせると、いずれの呼吸型においても息を吐き出す時間をやや長くすることや手の後方への十分なかき込みを指示することが必要であると考えられる。この点については、息を吐き出す時間は吸い込む時間より長くすること(松沢, 1948)、息は鼻から短く吐き出すこと、かき手を体側から大腿までかき込むところまで力強く吐くこと(高橋・木村, 1934)等の指示内容を支持するところでもある。

さらに、呼吸様相とストロークメカニクスについて検討を進める。先述の呼吸様相では主として類型について検討を加えたが、ここでは鼻腔内圧の変動と背泳ぎの動作の関係について検討を加える。図中には、左手が入水した時(a)と左手が再び入水する時(e)の電気信号を表示しているが、A型では一方の手が入水したとき最大呼息期となり、B型では一方の手がかき始めるとき最大呼息期となる傾向が見られ、ややA型のほうのタイミングが早いことがわかる。すなわち、A型では左手のリカバリー中に呼息が行われていることが考えられ、これは逆に右手のリカバリー中に吸息が行われていることを示すものであり、かつ被験者全員が右利きであったことを考えれば、種々の指導書に見られる背泳ぎの呼吸法、すなわち利き腕側の手の動作に呼吸動作を合わせる指導法(柴田, 2000, 2003)を支持する資料でもある。また、B型では、左手のグライドからかき始めに最大呼息期になることから、逆に右手を考えれば後方へのかき込みからリカバリー開始時に当たる。そのため、左右の手のそれぞれのかき込みからリカバリー開始までの動作に、呼息動作を合わせるような指示が動作と呼吸を容易に整合させる指導の一つと考えられる。このことは、多くの指導書にお

いて、吸気より呼気に意識を持たせること、呼気は大腿への手のかき込みに合わせること等の意見(高橋・木村, 1934)を支持する点でもある。

ここで、背泳ぎ中の鼻腔内圧の変動について考える。鼻腔内圧は、鍛錬者では緩速泳時に比較して速泳時のほうが統計学的に有意($p < 0.05$)に高く、非鍛錬者(初級者, 初心者)では鍛錬者の緩速泳時とほぼ同数値を示した。このことは、通常の呼吸が約4秒に1回の割合で行われるのに対して、背泳ぎではおよそ1.5秒(速泳時)~2.0秒(緩速泳時)に1回の割合となり、短時間に同量の換気を求めればその分呼吸動作にも吸息力や呼息力を必要とし、その結果呼息(鼻腔内)圧が上昇したものとする。また、鍛錬者の速泳では、呼吸時間がさらに短縮(約75%)されており、これによって鼻腔内圧の有意($p < 0.05$)な上昇が見られたものと思われる。この点については、指導対象が背泳ぎの鍛錬者への提言となるが、水泳では極めて短時間に呼息、吸息をしなければならないことから、水泳中だけでなく陸上においても短時間の呼息や吸息動作によって呼吸筋を鍛えることも必要であろうとした意見(Margaret, 1993; 柴田, 1979)を支持するものである。

また、鍛錬者のA型とB型における鼻腔内圧の比較では、統計学的な有意差は認められなかったものの、明らかにA型の鼻腔内圧が高かった。この点については、非鍛錬者(初級者)も同様傾向を示したが、呼吸時間の短縮に関わらず換気量の増加を求める場合、A型の呼吸法ではより呼吸筋力の必要性が増してくることを意味し、特に女性や子どもの呼吸機能の特性(柴田, 1979)を考えると成人男性に比較してやや困難さを要するものと考えられる。したがって、この点を考慮するならば、女性や子どもの場合むしろB型の呼吸法が適しているのかもしれない。ところで、非鍛錬者全体の鼻腔内圧は、表3のように鍛錬者と比較して有意な差は見られなかったものやや低く、非鍛錬者(初心者)ではこの傾向がさらに顕著で、かつ呼息時間が最も短時間であった。このことは、特に初心者では口による呼息が予測されるが、口からの呼息では呼気が加速されやすく呼吸器官の

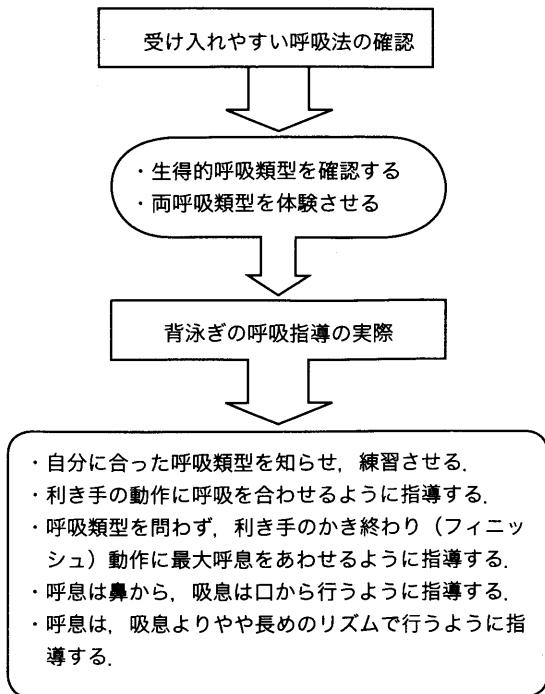


図4 背泳ぎの呼吸に関する指導

空気圧のバランスを失わせて気管支がつぶれ、それによって体の他の部分から肺に血液が移動してわずかに鬱血状態となり、むしろ息苦しさに加え危険性をはらむ結果（小林，1975）となる。したがって、初心者には、口をすぼめて呼気の出口に空気抵抗をつけると気管支内圧が高くなり、気管支がつぶれにくくなって息が楽に吐けるようになる。そのため、背泳ぎの呼吸指導の際には、呼気は口から出すような意見（松沢，1948）も見られるが、むしろ鼻から息を出すことによって楽に呼吸ができる方法を指導したほうがよいと考える。

以上のことから、総じて図4に示したような背泳ぎの呼吸に関する指導展開が考えられた。

5. 結論

本研究は、背泳ぎ中の鼻腔内圧の調査およびストローク動作の水中撮影を行い、呼吸様相とストローク動作との関係を調べることによって背泳ぎの呼吸特性を明らかにし、背泳ぎの指導法の確立に資することを目的とした。そのため、背泳ぎ時の鼻腔内圧については空気圧カトランスジュー

サーを用いて測定し、ストローク動作についてはデジタルビデオカメラを用いて撮影し、呼吸様相、ストロークメカニクス、かつ両者の関係について分析・調査を行った。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 背泳ぎの呼吸様相は、1ストロークサイクル1回呼吸（A型）および1ストロークサイクル2回呼吸（B型）の二類型が確認された。B型の出現率は、鍛錬者では37.5%、非鍛錬者（初級者）では40.0%であった。なお、非鍛錬者（初心者）では一定した呼吸様相は見られなかった。
- 2) 非鍛錬者（初級者）の呼息比率は、鍛錬者の速泳および緩速泳時より有意（ $p<0.05$ ）に小さく、非鍛錬者（初心者）との間には有意な差は認められなかった。鍛錬者の呼息時間は、速泳時に比較して緩速泳時のほうが有意（ $p<0.05$ ）に長かった。
- 3) 鼻腔内圧から見た最大呼息時は、A型では一方の手の入水時、B型では一方の手のかき開始時であった。鼻腔内圧は、鍛錬者の速泳時（ $3.0 \pm 1.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）、緩速泳時（ $2.3 \pm 0.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）、非鍛錬者（初心者・初級者）（ $2.2 \pm 1.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）の順で強く表れたが、鍛錬者の速泳時と緩速泳時の間に有意（ $p<0.05$ ）な差が認められた。
- 4) 鍛錬者の鼻腔内圧は、A型およびB型ともに緩速泳時（ $2.5 \pm 0.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、 $1.9 \pm 0.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）に比較して速泳（ 3.2 ± 1.4 、 $2.5 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）のほうが大きく、呼吸類型全体的には両者に有意な差（ $p<0.05$ ）が見られた。非鍛錬者（初級者）では、B型（ $1.4 \pm 0.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）、C型（ $1.3 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）に比較してA型（ $2.7 \pm 1.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ ）ではやや大きく現れたが、B型とC型の間にはほとんど差は見られなかった。

以上のことから、背泳ぎの指導の際には、個々の得意とするA型およびB型という呼吸様相の類型を把握し、それぞれの類型の特性に応じた背泳ぎの指導展開が必要であることがわかった。

<引用・参考文献>

- 1) Armbruster David A., Allen Robert H. (1973) Billingsley Hobert S. : Swimming and Diving, The C. V. Mosby Company, saint Louis, pp.92-93.
- 2) Counsilman, James E. (1968) The science of swimming. Prentice-Hall, NJ., pp.109-110.
- 3) Cureton, Thomas K. (1930) Relationship of respiration to speed efficiency in swimming. Research Quarterly 1, pp.54-70.
- 4) Garlarando F., Kohl J., Koller E. A., Pietsch P. (1985) Effect of coupling the breathing and cycling rhythms on oxygen uptake during bicycle ergometer. Eur, J. Appl. Physiology 54, pp.497-501.
- 5) Hideki Hara, Shou Onodera, Yoshiharu Shibata (1999) The Development of measuring nasal pressure in water, Biomechanics and medicine in swimming VIII , pp.135-139.
- 6) Hideki Hara, Ritsuko Watanabe, Atsushi Hanaki, Yoshiharu Shibata, Shou Onodera (2003) A study on nasal pressure influenced by swimming speed in breaststroke, Biomechanics and medicine in swimming IX , pp.63-67.
- 7) 小林庄一 (1975) 環境科学叢書, 人と潜水. 共立出版, 東京, pp.22-25.
- 8) 京田武男 (1927) 泳ぎ方の新研究, 駿南社, 東京, p.128.
- 9) Magrischo Ernest W. (1993) Swimming Even Faster. Mayfield Publishing Company, CL. pp.468-471.
- 10) Margaret Broucek (1993) Grabbing large breaths and exhaling slowly are keys to winning races. Swimming Technique Vol.29, No.3, pp.28-29.
- 11) 松沢一鶴 (1948) 水上競技, 技術と理論. 朝日新聞社, 東京, pp.192-194.
- 12) 宮畑虎彦・杵淵政光 (1958) : 水泳. 不味堂出版, 東京, p.99.
- 13) 宮畑虎彦・杵淵政光 (1972) 水泳. 不味堂出版, 東京, p.99.
- 14) 文部省 (1928) 水泳指針. 山海堂, 東京, pp.19-22.
- 15) 文部省 (1947) 学校体育指導要綱. 東京書籍, 東京, pp.6-15.
- 16) 文部省 (1953) 小学校学習指導要領体育科編. 明治図書出版会社, 東京, pp.174-181.
- 17) 文部省(1960) 小学校体育指導書. 大日本図書株式会社, 東京, pp.272-287.
- 18) 文部省 (1969) 小学校指導書体育編., pp. 43-45, 72-75.
- 19) 文部省 (1978) 中学校学習指導要領. 東山書房, 東京, pp.44-48.
- 20) 文部省 (1989) 中学校学習指導要領. 大日本図書株式会社, 東京, pp.30-33.
- 21) 文部省(1998) 小学校学習指導要領. ぎょうせい, 東京, p.108.
- 22) 文部省(1999) 中学校学習指導要領. ぎょうせい, 東京, p.111.
- 23) 日本体育・学校健康センター (1999) 学校における水泳事故防止必携. 日本体育・学校健康センター, 東京, p.79.
- 24) 大塚正之助 (1906) 水泳術. 海事書店, 東京, pp.29-30.
- 25) 齊藤巍洋 (1929) 水泳. 三省堂, 東京, pp.96-97.
- 26) 関 正次 (1923) 水泳法及水泳生理学. 中文館書店, 東京, pp. 84-85.
- 27) 柴田義晴 (1979) 泳者の呼吸機能特性について. 東京学芸大学紀要, 第5部門, 第31, pp.219-228.
- 28) 柴田義晴 (1995) 長期間の水泳が子どもの身体発達に与える影響について. 一呼吸動作を視点として一, スポーツ方法学研究 8 (1), pp.21-28.
- 29) 柴田義晴 (2000) 基礎からの水泳. ナツメ出版, 東京, pp.138-140.
- 30) 柴田義晴(2003) 上達する水泳. ナツメ出版, 東京, p.14.
- 31) 高橋勝男・木村象雷 (1934) 水泳日本. 改造社, 東京, pp.115-137.
- 32) The Amateur Swimming Association (1976) The Teaching of Swimming, Educational productions LTD, London, pp.98-99.
- 33) 東京大学教養学部体育研究室 (1971) 保健体育資料. 東京大学出版, 東京, p.18.

[平成 16 年 10 月 8 日受付]

[平成 17 年 3 月 16 日受理]