

# 鼻腔内圧の変化から見た背泳ぎの呼吸法

花木 敦 (Atsushi HANAKI) 東京都立あきる野学園  
柴田 義晴 (Yoshiharu SHIBATA) 東京学芸大学  
原 英喜 (Hideki HARA) 国学院大学

## 【要旨】

The purpose of this study was to present the data of the characteristics of breathing patterns during backstroke swimming. Eleven college swimmers trained and fourteen college students untrained were participated in this experiment. Their nasal pressure during a backstroke swimming was measured by the pressure strain gauge, and the pictures during swimming were recorded by means of Video tape recorder.

As a result, it appeared to be clear that backstroke include two types of breathing patterns. One was one breathing while one stroke (Called Pattern I), another was two breathings while one stroke (Called Pattern II). Moreover, maximal nasal pressure in one breathing during a backstroke was significantly higher in trained than untrained and expiratory interval was longer than inspiratory through the nose. We concluded that it was important to teach breathing methods corresponding to their own breathing pattern, and to let expiratory interval longer through the nose.

◆キーワード：背泳ぎ、呼吸法、テンポ、鼻腔内圧

## 1. 緒言

呼吸は、生命現象の維持を司る最も基本的な運動であり、日常的には無意識に行なわれている。しかし、水の中では呼吸確保のために意識的な身体操作を必要とし、陸上とは異なった呼吸法を身に付けなければならない<sup>9,18)</sup>。

背泳ぎの呼吸法については、これまでも数多くの指導書<sup>5,9,10,11,17,22,24)</sup>に「片方の手がリカバリーから入水するまでに吸息し、水中をかく間に呼息する」と言うように腕の動作に合わせた呼吸の仕方が記載されているが、背泳ぎの呼吸法を対象に研究した報告は極めて少ないのが現状である。背泳ぎでは、顔が水面上に出ているため常に呼吸ができる状態にあるが、動作に合わない呼吸をしていたり、顔に水がかかったりして呼吸が妨げられ、長く続けて泳ぐことができない原因となっている。したがって、背泳ぎは、常に顔が水面上に出ているいつでも呼吸ができるものの、他の泳法と同様に正しい呼吸法を身につけさせるための指導法の確立は極めて大切な課題であると考えられる。

そこで、本研究では、背泳ぎを苦手とする原因の一つに「鼻に水が入って痛い・苦しい」とする理由が数多く

挙げられていることを考慮し、背泳ぎの呼吸特性について鼻腔内圧の変化とストローク動作の関係を調査し、習熟度別に比較分析・検討することによって、背泳ぎの指導法の確立を図るための基礎的資料を提供することを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 被験者

被験者は、T.G.大学の学生、男子8名(年齢20.4±2.6歳)、女子18名(年齢20.2±1.4歳)を対象とし、その内水泳部に所属して年間を通じて定期的にトレーニングを行っている者11名(男3名、女8名)を熟練者群、それ以外の者14名(男5名、女9名)を未熟練者群として分類した(表1)。

### 2) 日時および測定方法

実験は、2001年8月から9月にかけてT.G.大学屋外25mプールで行った。

鼻腔内の圧力変化(以下、鼻腔内圧とする)の測定には、圧力センサー(DX-300:日本光電)とひずみ圧力用アンプ(AP-601G:日本光電)を用いた。圧力センサーに繋がれた

チューブ（外径3mm、内径1.5mm）の先端を鼻孔口から約5mmの位置（呼吸圧変化の測定が可能かつ装着の違和感が少ない部位）に置き、チューブをサージカルテープで鼻下と頬に貼り付け、固定した（図1）。鼻腔内圧の変化は、ひずみ圧力用アンプによって増幅した後、レコーダー（WR8500：GRAPHTEC）に記録し、鼻腔内圧の単位にはcmH<sub>2</sub>O<sup>21</sup>を用いた。水中映像は、デジタルビデオカメラ（DCR-PC5：Sony）を用いて録画した

表1 被験者のプロフィール

グループ	被験者	性別	年齢	水泳の学習経験*				
熟練者	A	女	20	小	高	大	ス(4-18歳)	
	B	女	21	小	中	大	ス(6-18歳)	
	C	男	24	小	中	高	大	ス(3-18歳)
	D	女	22	小	中	高	大	ス(5-18歳)
	E	女	19	小	中	高	大	ス(3-18歳)
	F	女	20	小	中	高	大	ス(5-18歳)
	G	女	23	小	中	高	大	ス(4-18歳)
	H	女	22	小	中	高	大	ス(6-18歳)
	I	男	19	小	中	高	大	ス(6-17歳)
	J	女	21	小	高	大	ス(6-18歳)	
	K	男	19	小	中	高	大	ス(2-18歳)
未熟練者	L	男	19	小				
	M	男	20	小	中	高	ス(小1-6)	
	N	女	19	小			ス(幼-小3)	
	O	男	19	小	中	高	大	ス(小1-6)
	P	女	19	小	中	高	大	ス(小4)
	Q	男	18	小	中			
	R	女	19	小	中	高	大	ス(小2-6)
	S	女	19	小	中	高		ス(小1-6)
	T	女	18	小	中	高		ス(小1-5)
	U	男	25	小	中	大		
	V	女	19	小	中	高	大	ス(小3)
W	女	21	小	中	高		ス(小1-3)	
X	女	21	小	中	高	大	ス(幼-中1)	
Y	女	21	小	中	高		ス(小1-6)	

\*小:小学校 中:中学校 高:高等学校 ス:スイミングスクール  
■ 背泳ぎの学習経験有り

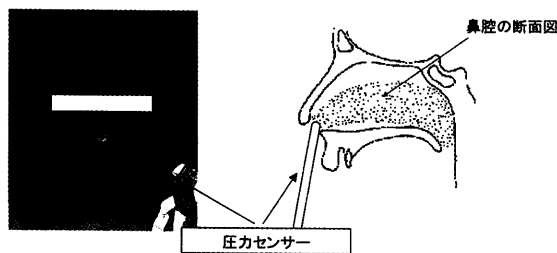


図1 鼻腔内圧の測定方法

### 3) 映像と圧力変化の同期方法

ビデオカメラにより撮影した映像とレコーダーに記録した鼻腔内圧の変化は、ビデオカメラに懐中電灯の電光を映像とともに撮影し、同時にレコーダーにその時の電流を記録させることによって同期させ、作動中の記録紙に記録した。

### 4) 試技

試技は、未熟練者には楽な速さの背泳ぎ（以下、緩速泳とする）を、熟練者には緩速泳および全力の背泳ぎ（以下、速泳とする）を設定し、スタート・ターンの影響を避けるためプール中央部の10m間の試技を分析対象とした。背泳ぎ中の呼吸と動作の関係を明らかにするために、左手の入水から次の左手入水までを1ストロークとし、その間の鼻腔内圧の変化の様相について分析した。

### 5) 分析方法と統計処理

呼吸圧変化の解析には、解析ソフトウェアORIGIN6.0J（OriginLab製）を使用して、呼吸圧変化を示すための呼吸圧曲線を導出し、分析を試みた。

熟練者の試技条件間の差の検定は対応のあるt-検定を用い、グループ間の差の検定にはマン・ホイットニ検定を用いた。なお、統計学的な有意水準は、危険率5%未満（p<0.05）とした。

## 3. 結果

### 1) 呼吸パターンの分類

図2は、鼻腔内圧の変化を呼吸圧曲線として表し、実験によって観察された3つの呼吸パターンの典型的な代表例を示したものである。呼吸圧曲線中の縦線は、左手の入水を示したものである。呼吸圧曲線が止息を示す0（ゼロ）基線より上方、すなわち陽圧（+）の場合は呼息を表し、陰圧（-）の場合は吸息を表している。

被験者Kは、1ストロークの間に鼻から1回の呼息を行う1ストローク1回呼吸（以下、I型とする）。また、被験者Bは、左手が1ストロークする間に2回の呼息を行う1ストローク2回呼吸型（以下、II型とする）を行っている。さらに、被験者Qは、止息後、吸息と呼息が見られ、その後再び止息してしまうという不規則な呼吸の傾向が見られた（以下、不規則型とする）。

表2は、3つの呼吸パターンに基づいて被験者を分類したものである。熟練者群では、I型が7名、II型が4名であり、不規則型は見られなかった。未熟練者群では、I型が5名、II型が3名、不規則型が6名であった。なお、

未熟練者および熟練者の呼吸パターンに、男女の性別による差異は見られなかった。

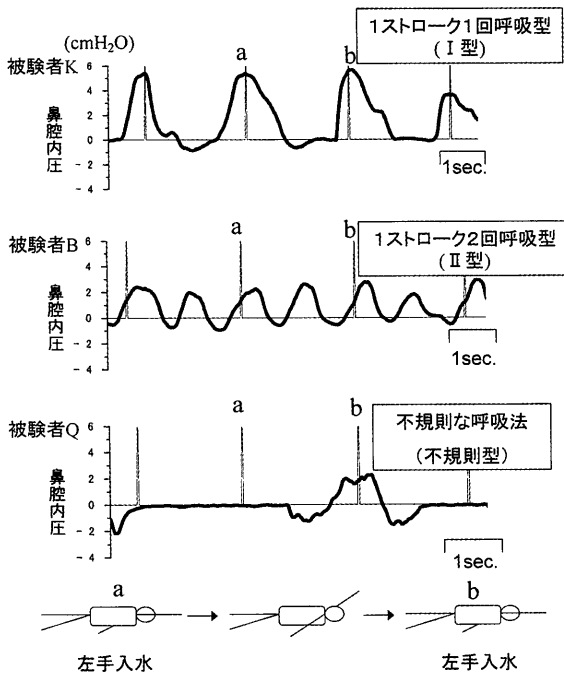


図2 I型、II型および不規則型の呼吸パターン例

表2 呼吸パターンによる被験の分類

	I型	II型	不規則型
熟練者	7	4	0
未熟練者	5	3	6

(人)

## 2) 鼻腔内圧の変化から見た呼息時間の比較

図3は、1ストローク中の所要時間当たりの呼息時間と止・吸息時間の割合を示したものである。

熟練者の呼息時間の割合は、未熟練者よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に大きかった。未熟練者では、呼息時間と止・吸息時間の割合に有意な差は見られなかったが、熟練者では、緩速泳と速泳のいずれにおいても呼息時間の割合が止・吸息時間より有意 ( $p < 0.05$ ) に大きかった。熟練者の緩速泳と速泳には、有意な差は見られなかった。

図4は、熟練者の1ストローク中の所要時間当たりの呼息時間が占める割合について、呼吸パターン別に比較したものである。未熟練者および熟練者の緩速泳または速泳のどちらの呼吸パターンにおいても、1ストローク中の所要時間に対する呼息時間の占める割合は、I型とII型の間に有意な差は認められなかった。止・吸息時間においても、同様の結果であった。

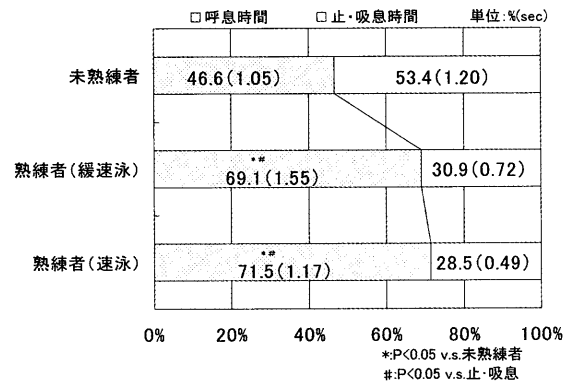


図3 呼・吸時間比の比較

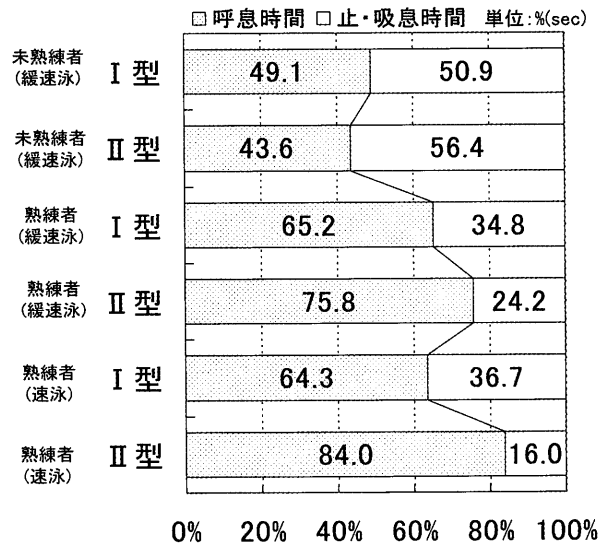


図4 呼・吸時間比の呼吸パターン別の比較

## 3) 鼻腔からの呼息の強さの比較

図5は、未熟練者と熟練者の呼息時の鼻腔内圧を比較したものである。呼息時の鼻腔内圧は、未熟練者の緩速泳時では $1.67 \pm 1.14$  (cmH<sub>2</sub>O)であり、熟練者の緩速泳で

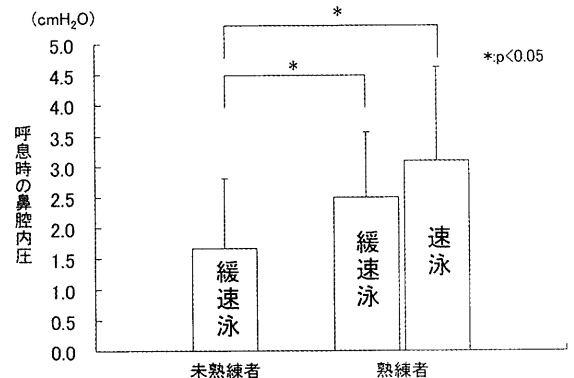


図5 呼息時の鼻腔内圧の比較

は $2.50 \pm 1.06$  (cmH<sub>2</sub>O)、速泳では $3.10 \pm 1.53$  (cmH<sub>2</sub>O)であった。熟練者の緩速泳では、呼息時の鼻腔内圧が、未熟練者の緩速泳に比較して有意 ( $p < 0.05$ ) に高い値を示した。しかし、呼息時の鼻腔内圧は、熟練者の緩速泳と速泳の間には有意な差は認められなかった。

図6は、呼息時の鼻腔内圧を呼吸パターンによって比較したものである。熟練者および未熟練者の呼息時の鼻腔内圧については、両者間の差の有意検定を行ったが、いずれも統計学的に有意な差は認められなかった。

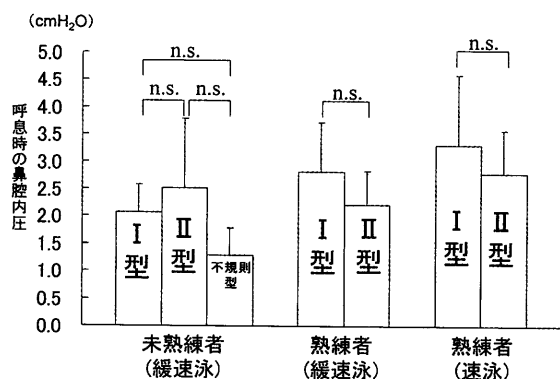


図6 呼吸パターン別に見た呼息時の鼻腔内圧の比較

#### 4. 考察

これまで、背泳ぎの呼吸指導の際には「左右の手の動作に合わせて呼息と吸息を行う<sup>10, 11, 17</sup>」方法が一般的に取り上げられ、多くの指導書においても左右の手がそれぞれ1かきする間に1回の呼息と吸息を行う1ストローク1呼吸型 (I型呼吸法) が記述されている。しかしながら、本研究の結果 (図2) から、I型呼吸法の背泳ぎをする者とほぼ同数の1ストローク2回呼吸型 (II型呼吸法)、すなわち一方の手の動作中に呼息と吸息を行う者が存在することが明らかになった。こうしたII型呼吸法は、筆者の文献渉猟の範囲において、いずれの研究報告あるいは指導書においても見出すことができなかった。また、II型呼吸法は未熟練者においてもI型呼吸法と同様に数多く見られたが、その点を考え合わせると背泳ぎの呼吸法は単に学習や練習によって身に付け改善されるものだけではなく、自己の動作に応じた固有の呼吸法を有することが考えられ、その意味で背泳ぎの呼吸指導の際にはII型呼吸法についても十分認識しなければならない。

安静時の1回換気量はおよそ500mlで、ガス交換ができない解剖学的死腔量<sup>7, 12, 23, 25</sup>が約150mlとされており、深くゆっくり呼吸をする方が効率よくガス交換を行える<sup>8, 25</sup>。

一方、運動中の筋出力については、吸息時に比較して呼息時の方が力を発揮しやすい<sup>2, 7, 20</sup>といわれている。そこで、I型呼吸とII型呼吸で泳いでいるときの出力について、両者の関係を比較し、検討を試みた。その結果、背泳ぎの際に最も泳速度が高くなるのは、手を肩の横から腰の下にかけてかき進め、離水に移るころ (セカンドダウンスイープ時)<sup>11</sup>とされており、この間に呼息を行った方がストロークの出力が最大に発揮され、大きな推進力を得るために有効であると考えられる。したがって、左右それぞれの手で水をかくときそれぞれ1回ずつ呼息を行い、特に左右それぞれの手のセカンドダウンスイープ時にかけて呼息を行うII型の呼吸法は効率のよい呼吸法であると考えられる。また、背泳ぎは、左右交互に水をかく泳ぎであることから、一方の手がセカンドダウンスイープ時には、同時にもう一方の手は入水時となり、手の入水時に呼息を行っていることになり、II型呼吸の指導法の際には左右の手がそれぞれ入水時またはセカンドダウンスイープ時に呼息のタイミングを合わせることを指ポイントとして挙げるができる。

しかし、I型呼吸法は、背泳ぎの呼吸法として数多くの指導書に記述され、特に背泳ぎの呼吸法についての問題性が提起されることなく、多くの人に受け入れられてきた呼吸法である。今回対象とした被験者の半数以上が結果的にI型呼吸法を行っている点を考え合わせると、背泳ぎの呼吸指導の際には対象者がI型、II型のいずれかの呼吸型を得意としていることを認識した上で、個々に応じた指導展開を図ることが必要である。背泳ぎの呼吸法を見ると、熟練者のそれはI型呼吸法とII型呼吸法に大別できたが、未熟練者ではいずれの呼吸法にも当てはまらない不規則型がみられた。不規則型呼吸法の多くは、呼吸を止め続けている際に突発的に呼吸を行う様式を示したが、こうした呼吸法では必要な換気が得られないため長く続けて泳ぐことが困難となることが推測できる。不規則型呼吸法を行う者は、未熟練者においてのみ見られ、熟練者全員とも規則的に呼吸を行っていることから、背泳ぎの呼吸法の規則性は学習によって身に付けられるものと考えられる。したがって、背泳ぎは、顔が水面から出ているためいつでも呼吸ができるが、未熟な段階では呼吸を止めてしまったり、それによって不規則な呼吸様式を引き起こしてしまうことからそこに学習性が考えられ、背泳ぎの呼吸法についての指導法の確立が焦眉の急と考える。

水泳中の呼吸に関する調査については、水中の運動時には鼻腔内圧を水圧より高くすることによって鼻腔内への水の浸入を防いでいること<sup>6)</sup>が明らかにされている。未熟練者では、鼻腔から呼息を行う呼吸技術が未熟であるために鼻腔内に水が浸入しやすく、背泳ぎの学習を困難にする原因とも成り得ると考える。したがって、初心者指導には、水慣れ、浮くこと、進むこと、泳ぐことの段階があり、呼吸法は水慣れ段階から指導する<sup>4,13,22)</sup>ことが望ましいとした意見は、こうしたことが根底にあるものと考えられ、背泳ぎを学習する際には、顔、特に鼻に水がかかった時に鼻からの呼息によって対応できるようにすることが必要である。

熟練者では、緩速泳時と速泳時の呼吸様相を比較すると、呼息時間、止息時間、吸息時間ともに高速泳では短縮した。このことは、ストローク数が増加してピッチが上がれば特に呼気相が影響を受け、一般に呼息時間は短縮する傾向が見られるとしたCureton<sup>3)</sup>の報告と一致するものであった。1ストローク当たりの所要時間に対する呼息時間がしめる割合は、未熟練者では約44.5%、熟練者では約70%と有意な差が見られたものの、熟練者の緩速泳時と速泳時のそうした割合には差が見られず、またⅠ型とⅡ型の呼吸パターンの違いについても有意な差は見られなかった。熟練者では、緩速泳時と速泳時で1ストロークの所要時間では短くなっているにもかかわらず、呼息時間の割合が変化せず、泳ぎ全体の動作速度の調節によって泳速度を変化させていることが示唆された。このことから、熟練者が競技力向上を目指す場合には、ストローク頻度を高める<sup>19)</sup>ことと同時に短時間に吸息を行わなければならない、吸息時に働く外肋間筋などの筋力の向上も必要である<sup>15,16)</sup>と考えられる。水泳の未熟練者に多く見られる呼吸法は、吸息した状態でとめてしまうこと<sup>4,14)</sup>であり、本研究における未熟練者でも止息をする局面が熟練者より多く見られた。呼息が行われず、空気を取り込んだままの肺では、十分な換気が行われないため、長時間泳ぐことは困難であると考えられる。したがって、未熟練者においては、熟練者とは異なり吸息よりも呼息を長く行うことをねらいとして、鼻腔からの呼息時間の長さ短時間の吸息を表現する「ウン、パッ」というこれまでクロールや平泳ぎには用いられていた指導法が背泳ぎにも有効であると考えられる。

最後に、背泳ぎの呼吸について見ると、呼吸のパターンでは呼吸は鼻腔と口腔で行われていことから、背泳ぎ

の呼吸は口と鼻のどちらで行うのかという点について検討する必要がある。口呼吸の利点は、口は内径が大きいことから短時間に多くの吸息が可能であり<sup>14)</sup>、鼻に水が入ると止息してしまうため鼻からの吸息は望ましくないと考えるが、鼻からの呼息は口に比較して口径が小さいため、同じ量の空気でも口からより呼息時間を長くでき、鼻への水の浸入が避けられるものと考えられる。したがって、背泳ぎ中の呼吸は、他の泳法種目と同様に、口からの吸息と鼻からの呼息によって背泳ぎができるように指導することが望ましいと考えられる。

## 5. 結論

背泳ぎの呼吸法は、呼吸器官が水面上に出ているため常に呼吸ができる状態にあるが、クロール、平泳ぎおよびバタフライと同様に、学習の必要性を有していることが明らかとなった。すなわち、背泳ぎの呼吸指導の際には、初歩段階においてすでにⅠ型あるいはⅡ型のいずれか得意な固有の呼吸型を有していることから、指導者はその点について認識を深めるとともに個々の呼吸特性を把握し、その上で個々に応じた呼吸指導を展開することが必要である。また、初歩段階の泳者を指導する際には、吸息時間に比べて呼息時間が長くなるように、漸増的に空気を吐き出した後素早く空気を吸い込む呼吸法（ウン、パッ方式）が有効であり、熟練者では競技力向上のためさらに素早い吸息を必要とすることが明らかとなったが、そのためには吸気時に用いられる呼吸筋を強化するようなトレーニングが必要であると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 荒木豊(1976) 現行学習指導要領と水泳指導の問題、学校体育29(9):24-29.
- 2) Baechle, Thomas R. (1999) ストレングストレーニングと補助のテクニック. Baechle, Thomas R.編:石井直方総監修NSCA決定版ストレングストレーニング&コンディショニング. ブックハウスHD:東京、117-137.
- 3) Cureton, Thomas K, JR., B.S., B.P.E. (1930) Relationship of respiration to speed efficiency in swimming. Research Quarterly 1:54-70.
- 4) 船木幸博 (1999) 水遊びから水泳へー無理なくできるクロールの息継ぎー、学校体育52(7):10-14.
- 5) 古橋廣之進 (1974) 水泳. 講談社:東京、41-54.
- 6) Hara Hideki, Shou Onodera, Yoshiharu Shibata (1998) The development of measuring nasal pressure in water. Biomechanics and medicine in swimming Ⅲ:135-137.
- 7) 石井直方総監修 (2001) トレーニング用語辞典. 森永製菓:東京、Pp.584.

- 8) 金尾洋治 (1996) 運動と酸素摂取, 勝田茂編著 運動生理学20講, 朝倉書店:東京、67-75.
- 9) 木庭修一・山川岩之助 (1996) 新水泳の段階的指導と安全管理, ぎょうせい:東京、Pp.278.
- 10) 今野純 (1990) スイミング・コンセプト、アクアダイナミックス研究所編:神奈川、pp.71-89.
- 11) マグリシオE.W.: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, ベースボールマガジン:東京、393-431.
- 12) McAdele, William D., Frank I.Katch and Victor L.Katch(1996) Exercise Physiology:energy, nutrition,and human performance-4th ed. LIPPINCOTT WILLIAMS&WILKINS:Pp.850.
- 13) 日本水泳連盟編 (1996) 新水泳指導教本, 大修館書店:東京、Pp.249.
- 14) 佐野裕 (1977) 水泳指導法覚書, 横浜国立大学教育紀要17:99-129.
- 15) 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5 (31) :219-228.
- 16) 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-呼吸動作を視点として-, スポーツ方法学研究 8(1):21-28.
- 17) 柴田義晴 (2000) 基礎からの水泳, ナツメ社:東京、Pp.231.
- 18) 杉原潤之輔 (1970) 水泳ークロールの呼吸の教え方-, 学校体育23(9):102-107.
- 19) 杉田正明・岡本敦・桜井信二 (1995) スポーツにおける動きのテンポ、体育の科学45(1):52-57.
- 20) 高橋賢一・比佐仁監修 (1985) ウィダートレーニング・バイブル, 森永製菓:東京、150.
- 21) 戸川清 (1985) 鼻腔通気度検査法, 設楽哲也・飯沼壽孝編 耳鼻咽喉科Q&A・2 鼻、口腔・咽頭、喉頭、気管・食道、頭頸部、発声言語、全身疾患, 金原出版株式会社:東京、108-111.
- 22) Whiting H.T.A.:杉原潤之輔・坂田勇夫・田崎常之 訳 (1978) 「かなづち」の水泳指導 その科学的アプローチ, 泰流社:東京、Pp.110.
- 23) Williams, Mark A. (1999) 心臓血管系と呼吸循環系の解剖学および生理学:運動に対する応答, Baechle,Thomas R.編:石井直方総監修NSCA決定版ストレングス・トレーニング&コンディショニング, ブックハウスHD:東京、117-137.
- 24) 山本敏行・鈴木泰三・田崎京三(1995)新しい解剖生理学, 南江堂:東京、271-287.
- 25) 吉村豊・高橋雄介 (1996) スイミング, 池田書店:東京、45-59.