

水泳指導法の実験的研究

藤江善一郎*・酒井志郎*・佐野 裕*

The Experimental Study about the Teaching Method of Swimming

—from the Aspect of Respiration—

Zenichirō FUJIE, Shirō SAKAI and Hitoshi SANŌ

SUMMARY

How comes a beginning swimmer can not continue swimming. According to our studies about the analysis of the spirogram of his respiratory habit, he does not or can not enough expire, so inspiration becomes shallow and expire level goes up step by step. It invites him to Hypoventilation that means to decrease tidal volume and to increase breathing frequency and dead space too. We say that he has difficulties in breathing.

We assert that explosive expiration is rational for quick inspiration on the physiological function and motor innervation. But, generally speaking, a poor swimmer can not enough to expire under water, therefore, it is better that beginning swimmer should be taught not only to inspire but also to expire explosively in air than to expire under water.

はじめに

筆者らは、これまで、水泳指導における呼吸法の取扱い方に関して理論的な検討を進めてきた^{1)~3)}。スポーツに於て、呼吸法が大切なのは、水泳運動に限らないが^{4),5)}、しかし、水泳は陸上運動とは異って、水という特殊な環境下で実施されるために、水泳初心者の呼吸コントロールを難しくする種々の反射がある。一般に冷水は呼吸数を増加させたり⁶⁾、止息時間を短かくしたり、**gasp**ingを導いたり、また鼻や口に冷水刺激が加ると呼吸が抑制されるというプロテクティブな反射もあり **choking** や溺れるという意識と相俟って、ますます呼吸コントロールを難しくする悪循環が形成され易い⁷⁾。そのために初心者指導法に於ける呼吸法の取扱い方は、指導方法論上の重要な問題領域ともなっている⁸⁾。筆者らの初心者指導に於ける呼吸法の取扱い方については、次の様である。

1) 呼息は、口また鼻からの水中に於ける「前駆的呼息」の有無に拘らず、素早く吸息するためには、吸息の直前に「パッ」と空気中に瞬間的に呼息させることが、呼吸筋の感覚神経支配の仕組みから合理的と考えられる。

2) 初歩泳時の呼吸法は、技術の難易性という点で未確定であるが、経験的には水中で

* 保健体育教室 (Dept. of Physical Education and Health)

の前駆的呼息のないドル平式呼吸法が浮力を十分に活用できる意味でも有効であろう。

3) しかし、初心者指導の呼吸法のメニューとしては、水中呼息も含めて多様な呼吸法を準備すべきであろう、というものであった⁹⁾。本実験は、こうした考え方の妥当性を検証するための一連の研究作業の中の一つである。

ところで、水泳の呼吸のリズム、パターンにはどのようなものがあるのだろうか。Aycockらは、競泳選手のそれを類型化して (1) *explosive type*, (2) *prolonged type*, (3) *mixed type* の三つに分類しているが、しかし、初心者 (*beginner*) が呼吸につまづき、初級者 (*advanced beginner*) の多くが、呼吸が苦しくて長く続けて泳ぐことができないという時、その呼吸運動がどのような特徴をもっているかが、明らかにされねばならないだろう。初級者が、息が苦しくなって泳ぎを中止し、最初にみせる呼吸運動の特徴はなにか。それは一般に息を吸うことではなくて、むしろ「フー」とかなり多量の息を吐いてから呼吸を整えるという事実である。勿論、呼吸は水泳運動という全体的な「身体の動き」と切離しては考えられない。「浮く」ことや「進む」こととの関連で、「運動の内的論理」¹⁰⁾から導かれる姿勢や手足の使い方に併せた呼吸法の、合目的性や経済性が問われなければならないといえるだろう。しかし、さしあたって、本実験では、初級者の呼吸運動の特徴点を洗い出す現象的把握にとどまらざるを得ない。

注

- 1) 佐野 裕「水泳指導法に関する理論的検討—呼吸法の取扱い方」野外運動研究, 2-1, p. 1-16, 昭 51。
- 2) 佐野 裕「Research Quarterly に於ける水泳研究の指導法的解釈」水泳研究紀要, No. 1, p. 6-20, 1977, 3。
- 3) 佐野 裕「水泳指導法覚書」横浜国立大学教育紀要, No. 17, p. 99-129, 1977, 10。
- 4) 中島克行他「呼吸法に関する実験的研究 (2)」日本体育学会大会 27 発表抄録 p. 189 及び発表資料。
- 5) 坪井三郎「剣道における動作と呼吸の研究」体育学研究, 18(1), p. 23-29, 1973。
- 6) K.E. COOPER, *et al.* 「Respiratory and other response in subjects immersed in cold water」*J. Appl. Physiol.*, Vol. 40, No. 6, p. 903-910, 1976。
- 7) Cureton 「Relationship of respiration to speed efficiency in swimming」*Res. Quart.*, Vol. 1, p. 58-60, 1930, 5。
- 8) 学校体育同志会編「水泳の指導」ベースボールマガジン社 (1972) には各種呼吸法が批判的に検討されている。前述注 1), 3) はその批判の一面性についての反批判的検討の中で呼吸法の取扱い方の理論的整理を試みたので参照されたい。
- 9) その理論的背景は前出注 1, 3 を参照されたい。
- 10) この用語、「運動の内的論理」*Inneren Logik der Bewegung* は、K. Minel の「*Bewegungs Lehre*」1971 の B 章-1。運動学の対象領域の (2) *Die sportliche Motorik* (s. 95) に姿勢 *Haltung* を照射する視点としてみられる。即ち、「スポーツ運動における姿勢は、動きと条件づけられて (*bewegungsbedingt*) いる」という運動形態学的把握であるが、原著を通読していない筆者らの研究不足もあり、一知半解な引用は避けられなければならないだろう。しかし、ここでは、その運動課題の克服過程において、所謂「無駄のない動き」というものは、単に物理的一力学的系、運動生理学的な系からだけでは説明されつくせないものであり、史的・社会的に、また美学的、教育学的なアプローチも必要であり、更には、価値観や心理的ファクターも無視しえないという考え方を首肯する立場から、「運動の内的論理」とは、こうした生成変化する諸要因が塗り込められて現実に存在し、今後も歴史的に発展していくものととらえておく。

1. 基礎実験 空气中及び静水中の体位変換による肺活量の変動と止息時間

実験日時

1978年7月11日(火) 12.00 AM~, 気温 29°C, 気圧 1014 mb

1978年7月12日(水) 12.00 AM~, 気温 30°C, 気圧 1013 mb

被験者

横浜国立大学教育学部体育科学生6名(表1参照)

実験方法

Sanwa Uni Spiro UHO-90 を用いて、六体位の変換における肺活量の変動を、空气中及び静水中について調べた。(Fig. A) 静水中、仰臥位、伏臥位、側臥位(右、左)については、ライフジャケット、フロート等の補助具を使用した。補助具の浮力はコントロールしていないので、被験者の体重により、身体の水面上における分界線は若干異なる。測定は、それぞれ一回であった。止息時間は、座位で安静時吸息位で止息し、呼吸した時点までを測定した。身体の水中浸入部は、立位、座位共に肩の高さまでである。

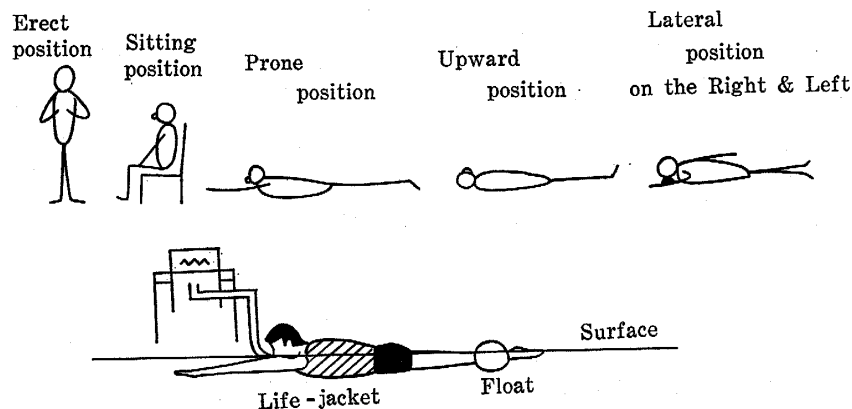


Fig. A.

結果と考察

Table 1 は、被験者の年齢、身長及び体位変換による肺活量の変動、止息時間について、平均値(\bar{x})と標準偏差(SD)を示した。平均年齢は 21.5 ± 2.56 才、平均身長 167.7 ± 4.83 cm、平均止息時間は、水中で 86.95 ± 11.62 sec 空气中 127.33 ± 36.96 sec であった。この結果は、向井らの報告¹⁾に較べて優れた成績を示している。また肺活量は、空气中で立位が最大の値を示し、立位肺活量平均 4426 ± 646 ml、最小は側臥位左下肺活量平均 4103 ± 550 ml であった。しかし静水中では、最大肺活量出現体位は、立位1例、座位2例、仰臥位2例、側臥位左、右各1例づつと、空气中とは異って混沌とした結果を得たが、六体位の平均でみても、座位が最大の平均値 4283 ± 496 ml の数値を示し、最少は伏臥位の 3896 ± 598 ml という傾向を示した。姿勢により肺活量に変化することは知られてい

Table 1. The exchange of vital capacity and breath holding

Sub.	Sex	Age	Height		Breath holding time (sec)	Erect position (ml)	Sitting position (ml)	Upward position (ml)
O	♂	20	172.0	In air	186.0	(4840)	4780	4460
				In water	94.3	4320	4460	4420
				Water/air%	50.69	89.25	93.30	99.10
N	♂	21	171.6	In air	125.0	(4700)	4380	4400
				In water	88.6	4240	4540	4300
				Water/air%	70.88	90.21	103.65	97.72
K	♂	21	170.2	In air	158.8	(4580)	4520	4360
				In water	96.8	3960	*4000	3940
				Water/air%	60.95	86.46	88.49	90.36
T	♂	27	168.5	In air	101.9	(5120)	5080	5060
				In water	95.1	4860	*5100	4980
				Water/air%	93.32	94.92	100.39	98.41
Oi	♂	21	166.5	In air	124.0	(4200)	4080	4080
				In water	84.1	3660	3720	*3900
				Water/air%	67.82	87.14	91.17	97.05
Sw	♀	19	157.8	In air	71.6	(3120)	3060	2920
				In water	62.8	*2960	2880	*2960
				Water/air%	87.7	94.87	94.05	101.36
\bar{x}		21.5	167.7	In air	127.88	(4426)	4316	4213
				In water	86.95	4000	*4283	4093
S D		2.56	4.83	In air	36.96	646	642	648
				In water	11.62	591	469	613

る。それは姿勢により、血流循環のシフトが変化し²⁾、たとえば肺にうっ血が来て、その分だけ空気量が減少したり、機械的に胸郭運動に物理的な制限が加わったり、あるいはまた圧迫皮膚部分からの圧反射による等、多様な理由が挙げられている³⁾。体位の変化は胸部の拡張性に影響し、FRC位を変化させる。仰臥位ではFRCが小さく、座位、立位の場合はより大きい値をとる⁴⁾。姿勢と呼吸量に関する高木の報告 (Table 2) 及び筆者らの測定結果によれば、一回換気量、肺活量共に立位が最大の傾向を示した。ところで、静水中では、空気中と異って、肺活量の最大値を示す体位が異なるのは、立位に於て既に水圧により胸腔容量 (圧縮体) は減少しており、その姿勢変化による容量の変動が少ないためと考えられるが、最大値肺活量を示す体位が各被験者に於て多様である理由は不明である。肺活量測定値は、測定誤差 100 ml 以下とし、その平均値をとることが原則であるので、測定回数や被験者数等を今後はコントロールする必要がある。加えて、静水中の最大値出現体位が多様であるばかりではなく、静水中肺活量が、空気中に比較してより高い値を示す被験者もあり、角田らの研究報告⁵⁾と較べて矛盾した事例を示している。一般には、

time by changing body position in air and under water

Prone position (ml)	Lateral position on right (ml)	Lateral position on left (ml)	Ability of swimmer	Sport club	\bar{x} (ml)	SD (ml)	
4520	4600	4220	Intermediate	Judo	4570	206	
4100	*4620	4520			4406	164	
90.70	100.43	107.10			—	—	
4520	4420	4320	Intermediate	Base-ball & gymnastic	4456	124	
4120	4280	*4600			4346	168	
91.15	96.83	106.48			—	—	
4180	4080	4180	Advanced beginner	Volley-ball	4316	185	
3980	3940	3920			3956	26	
95.21	96.56	93.77			—	—	
4680	4880	4860	Advanced beginner		4946	154	
4740	4940	4740			4893	129	
101.28	101.22	97.53			—	—	
4000	4060	4020	Advanced beginner	Volley-ball & soccer-foot ball	4073	63	
3680	3800	3860			3760	103	
92.0	93.59	90.01			—	—	
3020	3060	3020	Intermediate	Gymnasitic & figure-skating	3083	60	
2760	2900	2900			2893	66	
91.39	94.77	96.02			—	—	
4153	4183	4103	Subjects are major in physical education of Yokohama National University.				
3896	4080	4090					
556	577	550					
598	653	627					

Table 2. 姿勢と呼吸量と肺胞気

姿	勢	数/分	振幅 (1回呼吸量)	1分換気量	肺胞 CO ₂
仰	臥	13.0	406 cc	5.3 l	5.49%
あ	ぐ	15.0	424	6.49	5.07
坐	位	17.7	355	6.27	5.09
立	位	16.0	466	7.46	5.02

高木健太郎: 新体育 p. 634 より引用 (注3)

身体の水没部位が増大するに従って肺活量は減少するが、静水中の呼吸位の変化、IRV, TV, ERV, VC, 1 秒率等の静水中の体位変換による肺機能の変化等については、その現象的把握は勿論であるが、その本質的解明が、水泳の指導法確立のためには必要と思われる。

2. 初級者の呼吸法について

実験日時

1978年9月1日, 12.00 AM, 温度 26°C, 757 mmHg (於横浜国立大学プール)

1978年9月2日, 12.00 AM, 温度 27°C, 761 mmHg

1978年9月3日, 12.00 AM, 温度 33°C

被験者

横浜国立大学教官2名, 学生3名 (表3参照)

実験方法

Sanwa Uni Spiro UHO-90 を用いて, クロール, プレスト, バックストロールと三種目の泳法について, その呼吸曲線を分析した。(写真1) 被験者は Fig. B の様にプールのロープ・フックから腰ベルトを取り付け, 牽引負荷 5~10 kg の位置を保つ様に, 約 20 秒, ノースグリップ, 水中メガネを使用して泳いだ。スパイロメーターには, 純酸素を 50% 注入し, 直径 3 cm, 全長 4 m の蛇腹管を使用した。

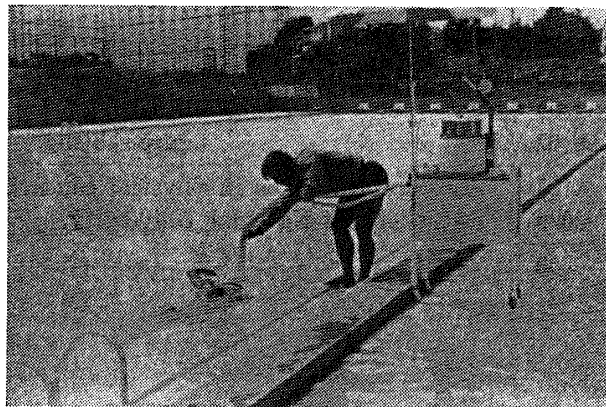


写真 1

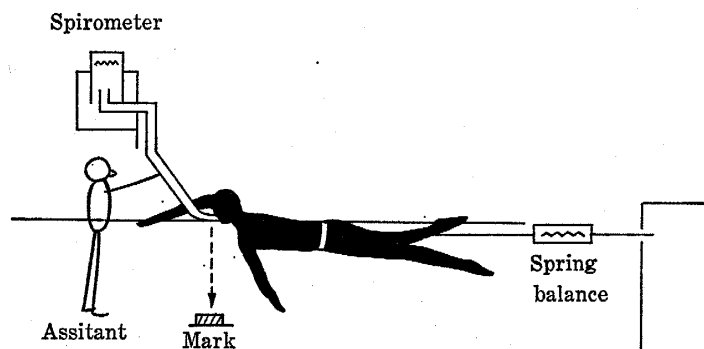


Fig. B.

結果と考察

被験者の平均年齢 30.6 ± 9.76 才, 平均身長 167.2 ± 6.2 cm, 平均体重 60.7 ± 6.67 kg であった。水泳能力の区分は, 初心者 (beginner) 25 m 以下, 初級者 (advanced beginner) 25 m~50 m, 中級者 (intermediate) 50 m 以上の可泳距離を一つの泳法について示すものとし, 上級者は四つの泳法について 50 m 以上の可泳距離を示すものとした。swimming instructor は, 日本水泳連盟第一種指導員の資格を有するか, それと同等の能力を有するものとした。被験者の水泳能力は Table 3 の如くである。

Table 3

Sub.	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Ability of swimming
M	♂	22	162.0	60.0	advanced beginner
So	♂	20	168.0	62.0	intermediate
S	♂	39	177.5	65.0	swimming instructor
SaK	♂	45	160.0	68.0	swimming instructor
T	♂	27	168.5	49.5	advanced beginner
	\bar{x}	30.6	167.2	60.7	
	S D	9.76	6.12	9.67	

Table 4 のクロールに於て初級者, Sub. M の換気量は他の者に較べて少なく, 平均吸気量 995 ± 330 ml, 平均呼気量 959 ± 349 ml を示し, 上級者, Sub. Sak は, 平均吸気量 1716 ± 276 ml 平均呼気量 1723 ± 276 ml であった。また吸気-呼気量は, 上級者がいずれも, Sub. S は -27 ml, Sub. Sak は -7.0 ml と呼気量が大きく, あるいは殆んど変化がないのに較べ, 初級者 Sub. M $+36.1$ ml, Sub. T は $+67$ ml の値を示した。呼吸時間は, 各被験者に於ていずれも呼息時間 0.89 ± 0.16 sec に較べ, 吸息時間 0.77 ± 0.12 sec と短かく, 素早く吸息していることが窺われる。クロールの呼吸時間は, 他の二泳法に比較して全般的に短時間という傾向を示しており, 一回呼吸に 1.67 ± 0.25 sec であった。また, Table 5 のプレスト・ストロークでみると, 初級者 M は平均吸気量 1754 ± 426 ml 平均呼気量 1615 ± 424 ml, その差は $+357$ ml という吸息過剰を示している。同様の傾向は, Sub. T にもみられ, $IV(\bar{x}) = 1168 \pm 116$ ml, $EV(\bar{x}) = 1083 \pm 200$ ml, $IV - EV = +357$ ml であった。全体的にもクロール・ストロークに比較して, 呼吸時間が長く, $It(\bar{x}) = 0.94 \pm 0.24$ sec, $Et(\bar{x}) = 0.94 \pm 0.18$ sec, 一回呼吸量も全体平均で, 吸気量 1601 ± 339 ml, 呼気量 1532 ± 347 ml であった。吸息過剰は, 予備吸気量の減少を意味し, 胸腔内圧が高まった状態で換気が行なわれ, 吸息過剰の累積は, ついには息を吸うことが苦しくなるという状況を引き起こす。従ってある局面での吸息過剰も, 別の局面では呼息位を下げるなどして, ベテランスイマーは呼吸コントロールをしていると考えられるが, 初心者や初級者の場合は, 呼息が充分にできないため, この吸息過剰は, 経時的に累積していくものと考えられる。Fig. 5 はその一つの典型例であるが, その画像の分析は後述す

Table 4. Respiratory volume

Sub.		Phase No.					
		1	2	3	4	5	6
M	Inspired volume (IV)	920 cc	1022	741	1124	746	1457
	Expired volume (EV)	971 cc	383	1278	945	1124	1431
	Inspired time (It)	0.6 sec	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6
	Expired time (Et)	2.0 sec	0.8	0.8	0.6	1.0	1.0
	IV-EV	-51 cc	639	-537	179	-378	26
	It+Et	2.6 sec	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6
So	Inspired volume (IV)	1227 cc	1482	1303	1329	1431	1533
	Expired volume (EV)	1559 cc	1150	987	1482	1840	1227
	Inspired time (It)	0.8 sec	0.7	0.9	1.0	1.0	0.9
	Expired time (Et)	1.4 sec	0.6	0.9	0.8	1.0	0.8
	IV-EV	-331 cc	332	3060	-153	-409	306
	It+Et	2.2 sec	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0
S	Inspired volume (IV)	744 cc	851	1117	1170	1542	1755
	Expired volume (EV)	851 cc	1117	1117	1542	1755	1702
	Inspired time (It)	1.0 sec	0.8	1.2	1.2	1.0	1.2
	Expired time (Et)	1.2 sec	1.8	1.4	1.4	1.2	1.2
	IV-EV	-106 cc	-266	0	-372	-212	53
	It+Et	2.2 sec	2.6	2.6	2.6	2.2	2.4
SaK	Inspired volume (IV)	1276 cc	1542	1489	1596	1542	1170
	Expired volume (EV)	1010 cc	1276	1489	2021	1117	1915
	Inspired time (It)	1.0 sec	1.2	0.8	0.8	1.0	0.8
	Expired time (Et)	1.2 sec	1.2	1.6	1.6	1.0	1.8
	IV-EV	266 cc	266	0	-425	425	-744
	It+Et	2.2 sec	2.4	2.4	2.4	2.0	2.6
T	Inspired volume (IV)	744 cc	1722	798	1436	1117	1064
	Expired volume (EV)	798 cc	1596	957	1064	1010	1010
	Inspired time (It)	0.6 sec	0.8	0.4	0.8	0.6	0.4
	Expired time (Et)	0.8 sec	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8
	IV-EV	-53 cc	106	-159	372	106	53
	It+Et	1.4 sec	1.6	1.2	1.4	1.4	1.2

Figure below the first place of decimals uncalculated in lung volume.

る。バック・ストロークに於ては、Sub. M は、 $IV(\bar{x})=1693\pm 359\text{ ml}$, $EV(\bar{x})=1678\pm 382\text{ ml}$, $IV-EV=+133\text{ ml}$, Sub. T は $IV(\bar{x})=1540\pm 211\text{ ml}$, $EV(\bar{x})=1461\pm 188\text{ ml}$, $IV-EV=+151\text{ ml}$, であった。中級者の Sub. So は、呼吸量に於ては上級者と著しい差が認められないが、呼吸時間を見ると、吸息時間が、呼息時間に比較して長く、それは Fig. 6 のスパイログラムにみる様に、必ずしもスムーズな呼吸パターン・リズムとはみられない。

flow & respiratory time

(Form: crawl)

Phase No.										
7	8	9	10	11	12	13	14	15	\bar{x}	S D
1227	715	1380	1303	818	1406	1099	164	306	995	330
766	1073	1227	894	1227	1150	971	76	869	959	349
0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.4	0.62	0.12
0.8	1.0	0.6	1.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.81	0.38
461	-358	153	409	-409	256	128	588	-563	+36.1	—
1.4	1.4	1.4	1.8	1.2	1.4	1.2	1.2	0.8	1.48	0.39
1482	1380	1482	1523	1380	1380	1533	971	1227	1378	152
1329	1482	1840	1278	1687	1354	818	1533	766	1356	328
0.8	1.0	0.8	1.1	1.1	0.8	0.8	0.4	0.4	0.84	0.20
0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0.7	0.4	0.8	0.4	0.76	0.25
153	-102	-358	255	-307	26	715	-562	461	522	—
1.6	1.8	1.6	1.6	1.9	1.5	1.2	0.9	1.8	1.60	0.30
1755	1915	1436	1596	1542	1436	1436	1064	1223	1372	337
1649	1330	1596	1436	1489	1489	1649	957	1223	1393	281
1.0	1.0	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.6	0.84	0.27
1.2	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	1.04	0.33
106	585	-159	159	53	-52	-302	106	0	-27	—
2.2	1.8	1.6	1.2	1.4	1.6	1.2	1.2	1.4	1.88	0.54
2128	1968	1968	1862	1755	2021	1702	1862	1862	1716	276
1968	2234	1702	1862	1808	2128	1702	1755	1862	1723	357
1.4	1.2	1.0	0.8	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6	0.93	0.23
1.4	1.2	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.13	0.34
159	-266	266	0	-532	-106	0	106	0	-7.0	—
2.8	2.4	2.2	1.0	2.0	1.6	1.6	1.4	1.4	2.06	0.45
1276	1330	1170	1170	1330	1542	1117	1436	1702	1262	282
1276	1004	1276	1330	1276	1064	1755	1542	904	1194	274
0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0.6	0.65	0.15
0.8	0.4	0.8	0.6	0.8	1.4	1.0	0.8	0.6	0.72	0.16
0	266	-106	-159	53	478	-638	-106	798	+67	—
1.6	1.2	1.6	1.2	1.6	1.2	1.6	1.2	1.2	1.37	0.18

呼吸のリズム、パターンは、スパイログラムの画像をみると直観的にも認識できる。比較のために、クロール及びバックストロークについて、初級者MとT、上級者Sのスパイログラムを紹介する。(Fig. 1, 2)

Fig. 1 に於て、Sub. M と T を比較すると、共に運動時呼息位が次第に上昇しているが、特に Sub. M は呼吸のリズムがスムーズでなく、一回換気量が各呼吸相 (Respiratory phase) に於て不安定であることがわかる。また呼息が不十分な時は、必らず次の吸息も

Table 5. Respiratory volume

Sub.		Phase No.					
		1	2	3	4	5	6
M	Inspired volume (IV)	2351 cc	2173	2300	1636	1482	2249
	Expired volume (EV)	1891 cc	2275	2275	1508	1482	1782
	Inspired time (It)	0.7 sec	1.6	1.6	0.1	0.8	0.6
	Expired time (Et)	0.8 sec	2.0	1.6	1.0	1.0	0.8
	IV-EV	460 cc	-102	25	128	0	460
	It+Et	1.5 sec	3.6	3.2	1.1	1.8	2.4
So	Inspired volume (IV)	1533 cc	1380	2173	2249	2147	2300
	Expired volume (EV)	715 cc	2351	2300	2147	2300	2300
	Inspired time (It)	1.6 sec	1.4	2.0	1.6	1.4	1.4
	Expired time (Et)	0.6 sec	2.0	1.2	1.4	1.6	1.6
	IV-EV	818 cc	-971	-127	102	-153	0
	It+Et	2.2 sec	3.4	3.2	3.0	3.0	3.0
S	Inspired volume (IV)	1372 cc	1584	1478	1320	1240	1188
	Expired volume (EV)	1531 cc	1531	1320	1372	1188	897
	Inspired time (It)	0.8 sec	0.8	1.0	0.8	0.8	1.2
	Expired time (Et)	1.2 sec	1.2	1.4	1.6	1.6	1.2
	IV-EV	-158 cc	52	158	-52	52	200
	It+Et	2.0 sec	2.0	2.4	2.4	2.4	2.4
SaK	Inspired volume (IV)	2006 cc	2006	1900	1639	1161	2164
	Expired volume (EV)	1848 cc	1636	2455	844	1689	1689
	Inspired time (It)	2.0 sec	1.6	1.2	0.8	1.2	1.2
	Expired time (Et)	1.6 sec	1.2	2.0	1.6	1.0	1.2
	IV-EV	158 cc	369	-554	844	-528	475
	It+Et	3.6 sec	2.8	3.2	2.4	2.8	2.4
T	Inspired volume (IV)	1267 cc	1161	1108	1267	1214	1214
	Expired volume (EV)	739 cc	792	1478	1161	1108	1056
	Inspired time (It)	1.8 sec	0.4	0.4	0.8	0.6	0.8
	Expired time (Et)	1.2 sec	0.8	1.0	0.6	0.8	0.8
	IV-EV	528 cc	369	-369	105	105	158
	It+Et	2.0 sec	1.2	1.4	1.4	1.4	1.6

Figure below the first place of decimals uncalculated in lung volume.

充分に行なわれず、呼と吸が一体性のものであることが理解できる。即ち十分な吸息のためには十分な呼息が必要であり、呼息に意識の焦点をおく指導法の合理性がこの画像から現象的に把握される。Sub. T は M に較べて、かなりクロールの呼吸法を習熟しつつある段階と思われるが、 $IV-EV=+67\text{ ml}$ と徐々に運動時呼息位が上昇し、吸息過剰が累積していつている。このまま続けると、ついには呼吸困難に陥入るのであるが、上級者 S の如く、運動時呼息位のレベルをある局面では下げる等することが、その際、呼吸のテク

flow & respiratory time

(Form: breast)

Phase No.										
7	8	9	10	11	12	13	14	15	\bar{x}	S D
1891	1636	1789	1431	1278	1994	1891	1354	869	1754	426
1891	2045	1124	1329	1533	1738	1278	722	1278	1615	424
0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.9	0.9	0.6	0.6	0.88	0.42
0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.6	0.6	0.95	0.37
0	-409	665	102	-255	256	613	562	-409	+357	—
1.8	1.8	1.6	1.4	1.4	1.8	1.7	1.2	1.2	1.78	0.69
2249	2300	2275	2198	2096	2147	1942	1585	1994	2037	299
2121	2556	1815	2249	2173	1687	1533	2096	1994	2022	449
1.2	1.2	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	1.2	0.37
1.4	1.6	0.8	0.8	0.8	0.8	1.8	1.0	0.8	1.1	0.42
128	-256	460	-51	-77	460	409	-511	0	+5	—
2.6	2.8	1.6	1.6	2.0	1.6	1.6	2.0	1.6	2.3	0.67
1056	1161	1056	450	1161	1056	1214	1372	1372	1238	176
1214	1003	1108	950	1214	1214	5267	1161	1003	1198	190
1.2	0.4	0.6	0.6	0.8	0.4	0.6	0.6	0.4	0.73	0.25
0.8	0.6	0.6	0.8	0.4	0.6	0.6	0.8	0.6	0.93	0.39
-158	158	-52	0	-52	-158	-52	211	369	+40	—
2.0	1.0	1.2	1.4	1.2	1.0	1.2	1.4	1.0	1.66	0.57
1689	1795	1900	2059	1795	1531	1689	1900	1900	1812	244
1742	2059	1689	1795	1636	1689	1636	1848	1900	1743	328
1.2	1.2	1.6	1.2	1.2	1.4	0.8	1.2	1.0	1.25	0.30
1.2	1.4	0.8	1.4	1.0	0.8	1.2	1.0	0.8	1.25	0.35
-52	-264	211	264	158	-158	52	52	0	+68	—
2.4	2.6	2.4	2.6	2.2	2.2	2.0	2.2	1.8	2.52	0.45
1214	1161	1161	1214	1372	1214	1056	1003	897	1168	116
1320	1214	1214	1214	1161	897	1003	897	1003	1083	200
0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0.4	0.64	0.17
0.8	0.8	0.6	0.8	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.69	0.23
-105	-52	-52	0	211	316	52	105	-125	+83	—
1.6	1.6	1.2	1.4	1.2	1.2	1.2	0.8	0.8	1.33	0.30

ニックとして必要と思われる。即ち、安定した呼吸法というのは、必ずしも運動時一回換気量（振巾）、呼息位が安定して同じということではなく、特に運動時呼息位は静的平衡 (static equilibrium) ということよりも、むしろある一定のリズムで上下する動的平衡 (dynamic equilibrium) を保っているように思われる。Fig. 3 は、Sub. M と S の吸息位と吸息位レベルの変化を図式化したものであるが、Sub. M の呼吸曲線の不安定、不規則な動揺と、Sub. S の滑らかな変化のちがいが読図できる。

Table 6. Respiratory volume

Sub.		Phase No.					
		1	2	3	4	5	6
M	Inspired volume (IV)	1559 cc	1124	1278	1763	1789	1533
	Expired volume (EV)	1252 cc	920	1789	1738	1585	1840
	Inspired time (It)	1.0 sec	0.8	1.2	0.8	1.2	0.8
	Expired time (Et)	1.0 sec	0.4	1.0	1.4	0.8	1.2
	IV-EV	307 cc	204	-511	25	204	-307
	It+Et	2.0 sec	1.2	2.2	2.2	2.0	2.0
So	Inspired volume (IV)	1994 cc	1738	1840	1942	1840	2300
	Expired volume (EV)	1789 cc	1942	1891	2019	1968	1994
	Inspired time (It)	0.4 sec	1.2	1.6	1.2	1.4	1.2
	Expired time (Et)	1.6 sec	1.2	1.2	1.4	1.6	1.4
	IV-EV	205 cc	-204	-51	-77	-128	306
	It+Et	2.0 sec	2.4	2.8	2.6	3.0	2.6
S	Inspired volume (IV)	1117 cc	1117	957	1161	1276	1117
	Expired volume (EV)	1161 cc	1223	1161	1223	1478	633
	Inspired time (It)	1.2 sec	1.6	1.2	1.6	1.2	0.8
	Expired time (Et)	1.6 sec	1.6	1.2	1.6	1.2	0.8
	IV-EV	-44 cc	-106	-204	-62	-201	483
	It+Et	2.8 sec	3.2	2.4	3.2	2.4	1.6
SaK	Inspired volume (IV)	2164 cc	2006	1584	1795	1584	1953
	Expired volume (EV)	2164 cc	1584	1848	1689	1942	1689
	Inspired time (It)	1.2 sec	1.6	1.2	1.2	1.2	1.0
	Expired time (Et)	1.6 sec	1.2	1.2	1.6	1.4	1.2
	IV-EV	0 cc	422	-264	105	-158	264
	It+Et	2.8 sec	2.8	2.4	2.8	2.6	2.2
T	Inspired volume (IV)	1531 cc	1689	1636	1372	1330	1531
	Expired volume (EV)	1636 cc	1584	1276	1223	1636	1689
	Inspired time (It)	1.2 sec	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	Expired time (Et)	1.2 sec	0.8	1.2	0.8	1.2	0.8
	IV-EV	-105 cc	105	360	149	-306	-158
	It+Et	2.4 sec	2.0	2.4	2.0	2.4	2.0

Figure below the first place of decimals uncalculated in lung volume.

Fig. 4 は、上級者がクロール、ストロークを全力で泳いだ時のスパイログラムであるが、泳ぎはじめに呼息位が上昇し、次いで下降して、また上昇するという様に運動時呼息位の変動は一方向ではなく、IRV, ERV を交互に減少させつつ、やはり動的平衡を保って呼吸を継続している様に理解される。

これまでの論考で既に明らかであるが、次に呼吸法につまづく初級者の多くが、呼息が不十分のために生起する吸息過剰にあることを示す一つの典型例を、Fig. 5 にみてみよ

flow & Respiratory time

(Form: back)

Phase No.										
7	8	9	10	11	12	13	14	15	\bar{x}	S D
2045	2300	1840	1482	1942	1994	1994	1022	1738	1693	359
2147	1942	1687	1585	1891	1994	1656	971	2198	1678	382
1.2	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.4	0.8	0.96	0.21
1.2	1.2	0.8	1.2	1.2	0.8	0.6	0.8	1.6	1.01	0.31
-1020	358	153	-103	52	0	358	51	-46	+133	—
2.4	2.4	1.6	2.0	2.0	1.6	1.4	2.2	2.4	1.97	0.36
2045	2249	1738	1585	2198	2147	1866	2454	1687	1974	252
2249	1891	1789	1738	2147	2147	2198	1687	1636	1939	189
1.4	1.4	1.0	0.6	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	1.01	0.35
1.4	1.6	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	1.14	0.36
-204	358	-51	-153	51	0	-352	707	51	+36	—
2.8	3.0	1.8	1.4	1.6	1.4	1.4	1.6	1.6	2.13	0.62
1223	1267	1117	1415	1425	1848	2006	1968	1689	1380	338
1117	1223	1014	1330	2006	2006	1689	1425	1689	1361	366
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	1.2	1.04	0.28
0.8	0.8	0.8	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.4	1.16	0.29
106	43	53	95	-580	-158	316	542	0	+18	—
1.6	1.6	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.6	2.2	0.55
1531	1425	1532	1267	1795	1101	1584	1636	1478	1630	272
1531	1425	1478	1101	1689	1161	1636	1584	1478	1590	249
0.8	0.6	0.6	0.4	0.8	0.8	0.4	0.6	0.6	0.80	0.35
1.0	0.8	0.6	0.8	0.4	0.8	0.8	1.4	0.6	1.02	0.37
0	0	52	105	105	0	52	52	0	+42	—
1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.6	1.2	2.0	1.2	1.89	0.65
1968	1989	1372	1584	1372	1900	1223	1531	1372	1540	211
1531	1425	1742	1531	1372	1372	1372	1478	1056	1461	188
1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.98	0.20
0.8	0.8	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.90	0.18
437	264	-369	52	0	527	-149	52	316	+151	—
2.0	1.6	2.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.89	0.31

う。Fig. 5 は、初級者 T と上級者 S のブレスト・ストロークにおける運動時吸息位と呼息位の変化を、静水中安静時呼息位 (Standard expiratory level in water) を基準に作図したものである。ちなみに Sub. T の平均一回吸気量は、 $IV(\bar{x})=1168\pm 116\text{ ml}$ 、平均一回呼気量 $EV(\bar{x})=1083\pm 200\text{ ml}$ 、また各呼吸相に於ける吸息量と呼気量の差の平均 $(\bar{x})IV-EV=+83\text{ ml}$ 、一回吸息平均時間 $It(\bar{x})=0.64\pm 0.17\text{ sec}$ 、一回平均呼息時間 $Et(\bar{x})=0.69\pm 0.23\text{ sec}$ 、一回平均呼吸時間 $Rt(\bar{x})=1.33\pm 0.30\text{ sec}$ であり、Sub. S は、 $IV(\bar{x})$

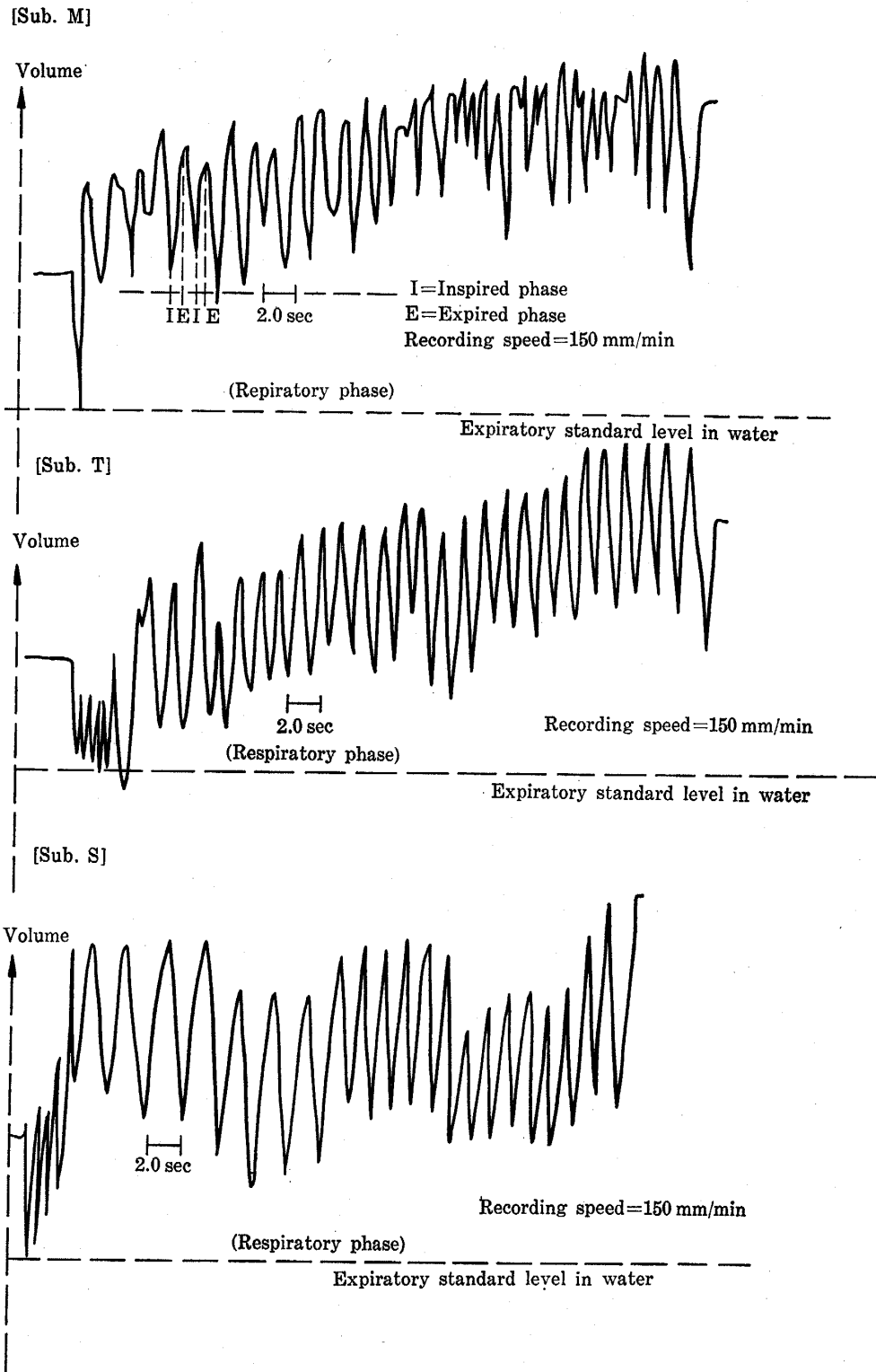


Fig. 1. Respiratory pattern on spirogram [crawl].

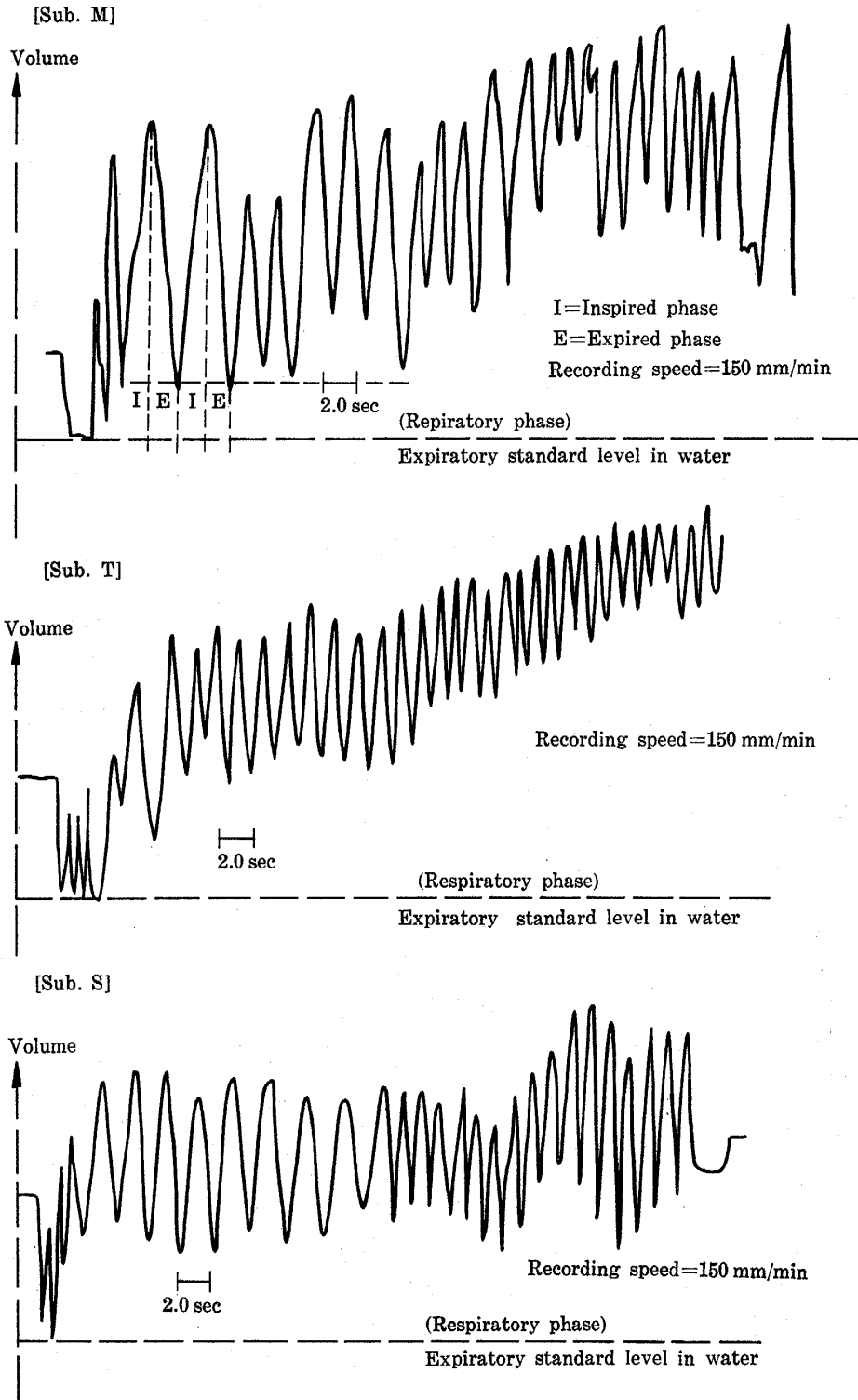


Fig. 2. Respiratory pattern on spirogram [breast].

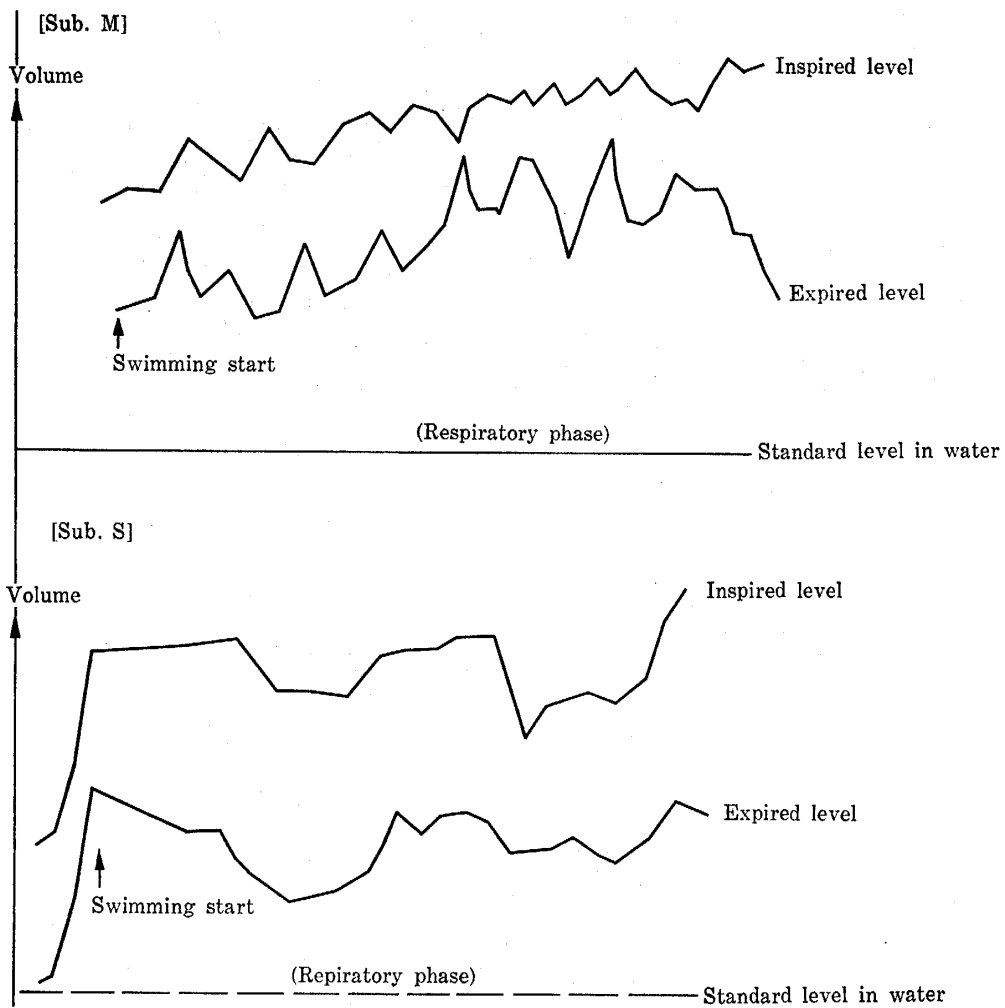


Fig. 3. Various phase of inspired and expired level in crawl stroke.

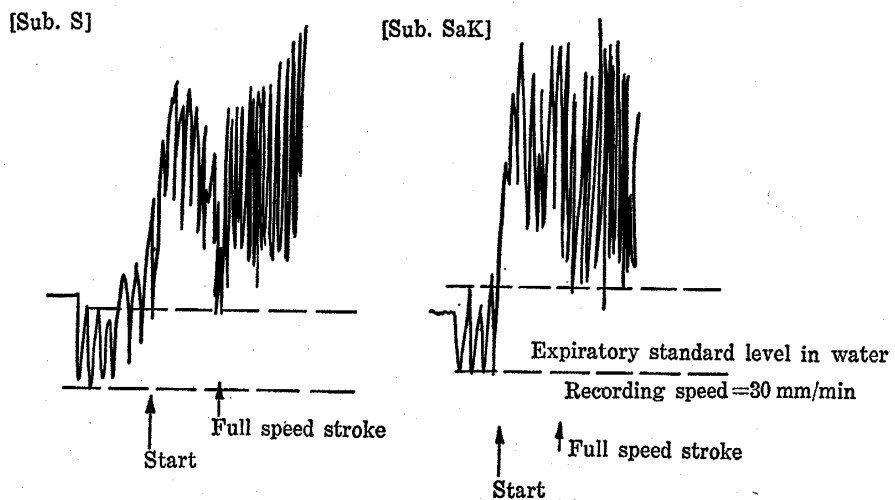


Fig. 4. Spirogram in crawl stroke.

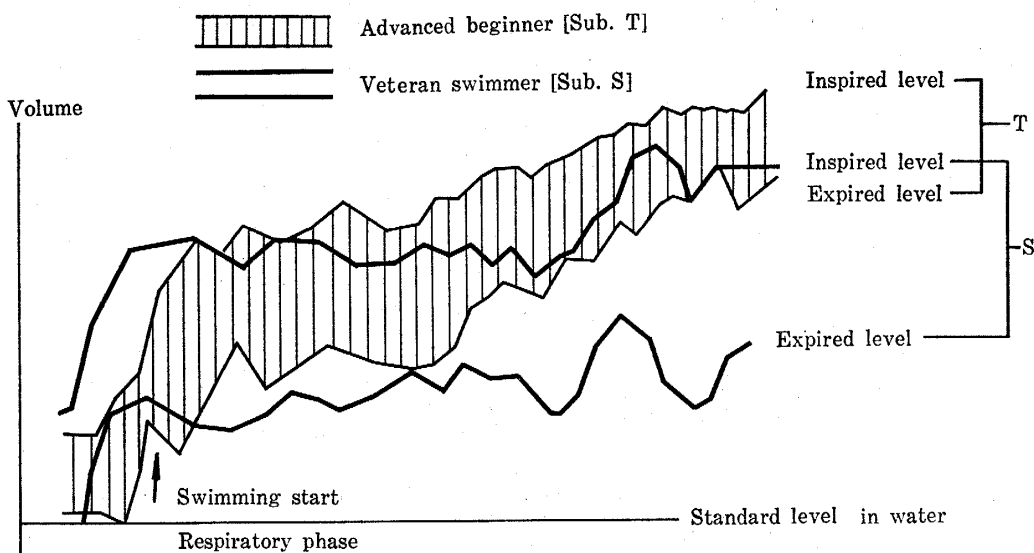


Fig. 5. Compared with the various phase of inspired and expired level in breast stroke.

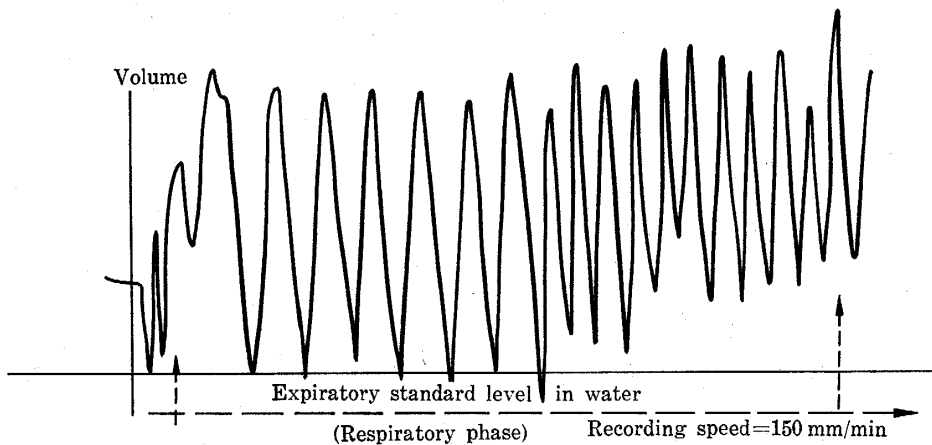


Fig. 6. (Sub. So.) breast stroke spirogram.

$1238 \pm 176 \text{ ml}$, $EV(\bar{x}) = 1198 \pm 190 \text{ ml}$, $IV - EV(\bar{x}) = +40 \text{ ml}$, $It(\bar{x}) = 0.73 \pm 0.25 \text{ sec}$,
 $Et(\bar{x}) = 0.93 \pm 0.39 \text{ sec}$, $Rt(\bar{x}) = 1.66 \pm 0.57 \text{ sec}$ であつた。Sub. T の運動時呼吸位は経時的に上昇し、吸息位もまた、予備吸気量を減少させつつ上昇する。そしてついには、これ以上息を吸うことができないという上限に達するのであるが、呼吸が充分でないため、呼吸位も増々上昇し、息を吸うことも吐くこともできない極めて振巾の浅い、頻呼吸を招来し、死腔量も増大して換気効率は著しく低下し、所謂呼吸困難で、腕き苦しむという状

態になる。即ち、**Sub. T** にみる様に、運動時呼息位が上昇して、先細りのスパイログラムとなる。そして、呼吸法に未熟であればある程、この運動時呼息位の立ち上がり、上昇角度は急勾配となり、短時間で呼吸困難になると考えられるのである。初心者の呼吸困難となる一つのメカニズムが、こうした呼息不足と吸息過剰による運動時呼息位の上昇にあると読図されるのであるが、更に研究を進めて、より一層の正確な現象記述がなされる必要があろう。

注

- 1) 向井泉士「潜水時間、静止時息こらえ、肺活量の関係について」山梨大学学芸部研究報告、第13号、p. 226-231、昭37。
- 2) 本田良行編「臨床呼吸生理学」真興交易医書出版所収、小山富康「肺循環」p. 338、肺血管系の血液量、伸展性。
- 3) 高木健太郎「身体活動と呼吸・循環系」新体育所収、p. 634、Vol. 46, No. 8, 1976。
- 4) 前出注 2) 大久保隆男「換気力学」p. 332。
- 5) 角田泰造「徒人方式潜水に従事している海女の肺機能」第29回日本体育学会、運動生理学・キネンオロジーシンポジウム、水泳の科学発表資料。

3. まとめにかえて

初心者は勿論、初級者の多くは、水泳という特殊環境下において、溺れるという意識と相俟って、とかく息を吸うことに意識の焦点が偏ると考えられる。加えて、水圧もあって、水中で息を吐くことは仲々に難しい。しかも息は素早く吸わなくてはならないが、筋の感覚神経支配の仕組みからいえば、素早く吸息するためには、素早く呼息しなければならない。ところでベテランスイマーは、水中で鼻または口から徐々に「前駆的呼息」を行ない、水面を切る瞬間に爆発的に呼息して、一気に吸息するという呼吸のテクニックを身につけているが、技術の難易性という点からみれば、初心者には難しいテクニックといえよう。そこで吸息は勿論であるが、呼息も空気中で行なう呼吸法が、初心者指導では有効と考えられるのであるが、この呼息に指導（意識）の焦点をおいた指導法の有効性は、初級者の呼吸法のスパイログラムの画像分析からも明らかとなった。即ち、呼息不足、相対的な吸息過剰（絶対的には吸息不足）と運動時呼息位の上昇から結果する呼吸困難というメカニズムである。

今後は、更に多面的な初級者の呼吸法に於ける問題点の解明、各種呼吸法の換気効率の問題、あるいは角田らの報告¹⁾にみられた呼息位及び吸息位のレベルと適応の問題等、合理的な呼吸法を求めての問題点はつきないが、次報では水泳呼吸法のガス分析について報告する予定である。

Table 7. Spirography

	Sub. M		Sub. So	
	in air	in water	in air	in water
VC, predicted (ml)	4076	4076	4303	4303
VC (ml)	3550	3774	4550	4309
%VC	87.1	92.6	106	100
FVC (ml)	3654	3774	4446	4309
FEV _{1.0} (ml)	3289	2481	3930	2616
FEV _{1.0%}	90	66	81	61
FMF (l/sec)	4.2	3.6	5.7	2.6
MVV (l/min)	140	121	160	136

初級者 M, 中級者 So の肺機能検査結果を参考として報告する。いずれも異常はなく, 他の被験者についても同様である。(Table 7)

最後に本稿をまとめるに際して, 本学体育教室, 渡辺俊男教授に御指導いただいたことを記して深謝する次第である。

(1979 年 5 月 30 日投稿)

注

- 1) 前出注 2)-5), p. 5。