テレメーター法による運動中の心搏週期の変動に関する研究

第 2 編

50m, 100m 及び 400m 水泳中の心搏週期の変動経過について

徳島大学医学部第一生理学教室 (主任: 岡 芳包教授)

木 村 勝

(受付 昭和 45 年 5 月 10 日)

A STUDY BY TELEMETERING ON THE VARIATION OF THE CARDIAC CYCLE DURING MUSCULAR EXERCISE PART 2 ON THE COURSE OF VARIATION OF THE CARDIAC CYCLE DURING 50, 100 AND 400 METER SWIMMING

Masaru Kimura

*The First Department of Physiology, School of Medicine, Tokushima University
(Director: Prof. Y. Oka, M. D.)*

Electrocardiograms during 50, 100 and 400 meter swimming were recorded by means of specially designed all-transistorized underwater transmitter by modulated carrier current of high audiofrequency (about 10 kc/s), and the course of variation of the cardiac cycle during swimming was examined.

The results may be summarized as follows.

- 1) The variation of the cardiac cycle was rather similar in grade to that found in the middle-long distance running than to that in the short distance running.
- 2) Immediately after the start or 10~15 seconds after the start the cardiac cycle was slowly shortened, and then it stayed at a certain level for 10~20 seconds.
- 3) During 100 and 400 meter swimming the duration of the cardiac cycle showed the tendency of being prolonged at the turning, and, in general, as time goes in swimming, it showed the tendency of being shortened.
- 4) The degree of the shortening of the cardiac cycle was remarkably large in free style swimming as compared with those in breast, back and butterfly strokes.
- 5) It was found the difference in the variation of the cardiac cycle during 400 meter swimming between the trained and the untrained swimmers.

スポーツ医学の実験的研究は、いわゆる戦後、即ち 20 年余り前から盛になってきたが、そのうちで特に注目に値すると思われるものは、新しい方法としてテレメーター法を導入し、続々新知見を開発していることであろう。以前でも、運動開始直前までと終了直後からの心搏動や呼吸の動態を

調べた研究は数多く行なわれ、その結果から運動中における呼吸循環の様相を推論しているが、これでは実証性に乏しいのは勿論であって、運動中の身体機能の実態を直接とらえる方法の開発は、この方面の研究者のひとしく渴望するところであった。もっとも、位置の移動をしない運動について

ては、従来の方法によって、例えば運動中の心電図を有線的に記録することも可能であるが、対象となる運動がごく少数の特殊なものに限られるのは云うまでもない。自転車エルゴメーターやトレッドミルを利用することによって、この制限は僅かに緩和されたが、この場合、運動あるいは労作の強度や量を調整ないし規格化することができるという利点はあるものの、運動あるいは労作が模倣的ないし要素的であるという弱点はまぬがれない。

著者らの教室では十数年前から、実際の陸上スポーツ運動中、したがって又実際の一般作業動作中の心電図や呼吸運動の模様を、短波無線搬送方式 **telemetry** でとらえることを志し、得られた知見を逐年、岡ら¹⁾²⁾、宇都山³⁾⁴⁾、野田⁵⁾⁶⁾、著者⁷⁾が、主として本誌に発表してきた。同様に猪飼ら⁸⁾は、トレッドミル法による全身持久性の評価の研究にテレメーター法を応用し、又、Hansonら⁹⁾はテレメーター法で、スキー競技の全経過にわたる心搏数の変動を追跡した研究を報告している。

このように、陸上運動についてのテレメーター法による研究は、国の内外を問わず、次第に増加しているが、水泳など水上ないし水中の運動についてのテレメーター法的研究は殆んど見当たらない。それは第1に、在来の陸上テレメーター方式と装置が、水中テレメタリングにはそのまま適用できないからである。そこで著者らの教室では、1つの新しい水中テレメーター方式と装置について工夫と試作を重ね、これによって得られた成果を、岡・宇都山・野田・木村¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾や、岡・宇都山¹⁴⁾が発表してきた。

水泳あるいは一般に水中での運動は、環境のみならず、位置移動のための身体推進機構が、陸上運動とはまるで違い、浮揚や潜水などの特殊状態もあって、呼吸循環機能の動態にも当然陸上運動の場合と異なった点があると考えられる。ところが、水泳運動中の呼吸循環動態の研究は、今まで著者の知る限り殆んどない。ただ、Hunt¹⁵⁾は短距離(110ヤード)競泳の前後の循環機能の変化を心電図でとらえているが、テレメーター法ではないので競泳中のデータはない。又、宮下・松井ら¹⁷⁾はインターバル水泳中の心搏数を心電図記録

によって連続的に求めた成績を報告しているが、このときの心電図記録法は、導線を竿で支えた補助者がプールサイドを泳者と平行に走るという有線導出方式である。

次に述べる実験と成績は、著者らの教室独自の方式と装置によって、50m、100m、400mの各距離で、自由型、平泳、バタフライと背泳の4種目の競泳について、水泳中ならびにその前後にわたって、無線搬送による心電図を連続記録し、その結果から水泳中の心搏週期の変動経過を追求考察したものである。

実験方法

著者らの教室で考案自作した心電図の水中無線搬送装置¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾を使用した。胸部誘導による被検者のEkgで、約15000c/sの搬送波電流を周波数変調し、更に電力増幅して、被検者の腰部側面に取付けた2枚の送信用電極によって水中に流し、これをプールのコースロープの下、水面下数cmに張った2本の裸銅線によって受信、増幅してテープレコーダーに録音し、あとで再生、周波数弁別器により復調してオシログラフに記録した。

このようにして得た水泳中の心電図について、そのR-R間隔を宇都山³⁾の方式で計測し、又これによって心搏週期の変動経過図を作製した。

実際の水泳競技では、自由型、平泳、およびバタフライのいずれも、スタート台から飛びこんで競技を行なうのであるが、空気中から水中へ(又その逆向きに)連続的に、心電図などを無線搬送する方法は、残念ながらまだ研究途上にある。そこでこの実験では、各種目ともあらかじめ水中に入り、水中からスタートするという方式をとらざるを得なかった。従って、後に述べる水泳開始前の心搏週期というのは、水中での立位におけるものである。

被験者は、50m泳については年令21~23才の徳島大学の学生ならびに一般の男子5名、100m泳については第17回国民体育大会徳島県選手で17~28才の男子8名と女子4名、400m泳については第17回国民体育大会徳島県選手16~19才の男子3名と徳島大学医学部水泳部の学生4名で年令は22~23才の合計24名であった。又、水泳種目は、50mでは自由型と平泳の2種目、100mでは

Table 1. The temperature of the air and of the water in the swimming pool, as well as the names of swimmers with each swimming distance, in each date of the experiment.

Condition Date	Temperature	Water temperature	Subject	Distance
Sept.13,1961	30.0°C	26.0°C	Nishii, Kohama, Oda, Fujimura, Yoshida	50 M
Aug.20,1962	29.0°C	25.0°C	Fujimura, Abe, Inoue	100 M
Aug.21,1962	31.0°C	25.5°C	Saiki, Noda, Akita, Takeuti	
Aug.22,1962	30.0°C	26.0°C	Sano, Kohara, Ōtuka, Sugihara	
Aug.23,1962	31.5°C	26.5°C	Ishiyama	
Aug.22,1962	30.0°C	26.0°C	Sakai, Horada, Uragami	400 M
Aug.23,1962	31.5°C	26.5°C	Nakamura, Kuramoto, Ōtuka, Takagi	

自由型, 平泳, 背泳, バタフライの4種目, 400 m では自由型だけについて実験した。実験日時, 気象条件等は Table 1 に示した通りである。実験には徳島大学教育学部の 25m プールを使用した。

実験成績

Fig. 1~5 は, 50m, 100m, 400m 水泳競技について得た心電図の R-R 間隔の計測値から, 心搏週期の変動を経時的に示したものである。又, この変動経過図から, 心搏週期の变化と, 動揺の現われるまでの時間, および動揺の振幅, 持続時間などについて計測した結果を, Table 2~4 に示した。

1. 水泳中およびその前後の心搏週期の一般的变化

50m, 100m, 400m 水泳開始前の心搏週期は 0.6 秒以上の者が多く, かなり大きい動揺が認められる。これは呼吸性動揺と思われる。

3 種目とも, スタートと同時に, 心搏週期には陸上運動の疾走時にみられるような激しい動揺³⁾はなく, 階段状に短縮(又は下降, 以下同様)しつつ第1次下降, 第2次下降に向い, 次いで一定のレベルを保ちつつ一定時間経過後, 第3次下降に移行するものが多い。その後 steady state に達するが, いずれも全経過を通じて, 心搏週期は振

幅 0.01~0.03 秒の微細動揺を示しながらゴールに達する。このゴール到着直前に殆んどすべての例で, 心搏週期は steady state での値より若干延長する傾向がある。ゴール到着後は, 再び大きい動揺をくり返ししながら, 全例とも水泳停止直後から回復に向い, 3 種目とも大体 2 分以内に, スタート前の心搏週期の値にまで回復する。なお, ターンの時に心搏週期が若干延長する傾向があるが, 長距離泳の場合, 競泳時間の経過とともに, このターン時の心搏週期の延長は減少する。

2. 50m 水泳競技時の心搏週期の変化

(Fig. 1, Table 2 参照)

A 50m 水泳開始前の心搏週期の変動

水泳開始前の平均心搏週期は 0.65 ± 0.28 秒 ($\alpha = 0.05$, 以下同様)で, 心搏週期の動揺の振幅は 9 例中 2 例が 0.02 秒, 他の 7 例では 0.05~0.25 秒というように著明な動揺を示すが, これらの動揺は呼吸性動揺と考えられる。水泳開始前の心搏週期が 0.6 秒以上の者では, 宇都山³⁾の報告と同様に大きい呼吸性動揺を認めるが, 0.5 秒以下の者については, この動揺はあまり著明でない。

B 50m 水泳中の心搏週期の変動

i) 水泳開始直後の心搏週期の変動

水泳開始と同時に心搏週期は急激に短縮し, し

Fig. 1. The time-course of variation of the cardiac cycle during 50 meter swimming in free style and in breast stroke, shown as example.

Table 2. Experimental data for 50 meter swimming in free style and in breast stroke.

		Free style					Breast stroke				
Unit(Sec)	Subject	Nishii	Kohama	Oda	Fuji-mura	Yoshida	Kohama	Oda	Fuji-mura	Yoshida	Limit of reliability($\alpha=0.05$)
Aver. cardiac cycle before start		0.80	0.61	0.50	0.52	0.72	0.63	0.70	0.66	0.73	0.65±0.28
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle before start		0.12	0.08	0.02	0.02	0.25	0.05	0.07	0.08	0.17	0.10±0.02
Terminal point of rapid shortening of cardiac cycle immediately after start			0.50		0.46	0.49	0.58	0.52	0.49	0.56	0.53±0.08
Rapid fluctuation of cardiac cycle during swimming	Greatest amplitude				0.72						
	Level of amplitude				0.55						
	Time of appearance				2.5						
	Time of continuation				2.5						
Aver. cardiac cycle immediately after start (not rapid fluctuation)		0.61	0.52	0.47		0.49	0.59	0.57	0.50	0.54	0.54±0.03
Terminal point of shortening of the second stage	Aver. cardiac cycle	0.49	0.41	0.38		0.45	0.48	0.44	0.46	0.43	0.44±0.03
	Time of appearance	15	11	15		8	9	14	8	10	11 ± 3
	Amplitude of fluctuation	0.02	0.01	0.01		0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	
Steady state of cardiac cycle	Aver. cardiac cycle	0.44	0.38	0.36		0.40	0.41	0.38	0.41	0.40	0.39±0.07
	Time of appearance	39.3	26.5	43.0		39.0	36.0	60.0	74.5	45.0	45.0±13.0
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle in the steady state		0.01	0.01	0.01		0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	
Minimum cardiac cycle during swimming		0.43	0.32	0.34	0.34	0.38	0.40	0.37	0.39	0.39	
Aver. minimum cardiac cycle during swimming	Cardiac cycle	0.44	0.37	0.35	0.39	0.40	0.41	0.38	0.40	0.39	0.39±0.02
	Time of appearance	39	34	33	49	40	38	60	70	55	48 ± 13
	Time of continuation	6.0	10	5.0	2.5	9.0	17.5	12.5	10	7.5	
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle in middle stage		0.03	0.02	0.01	0.11	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	
Aver. cardiac cycle prior the goal		0.47	0.41	0.35	0.42	0.40	0.41	0.38	0.41	0.40	0.41±0.03
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle prior the goal		0.05	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Aver. cardiac cycle immediately after the goal		0.48	0.40	0.35	0.42	0.41	0.43	0.39	0.40	0.40	0.41±0.02
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle immediately after the goal		0.05	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	
Aver. cardiac cycle at 30 seconds after the goal		0.54	0.42	0.40	0.41	0.43	0.49	0.44	0.50	0.46	0.45±0.04
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at 30 seconds after the goal		0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	
Aver. cardiac cycle at one minute after the goal		0.80	0.50	0.44	0.46	0.51	0.61	0.46	0.55	0.53	0.54±0.08
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at one minute after the goal		0.19	0.01	0.01	0.10	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	
Aver. cardiac cycle at two minutes after the goal						0.59		0.54			
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at two minutes after the goal						0.03		0.03			
Record time		49.0	49.0	53.2	50.0	51.8	57.5	80.4	84.0	65.5	
Recovery time		58.0			70.5		82.0		99.0		

かも立位安静時において心搏週期の延長が著明なものほど、急激に短縮している。この心搏週期の急激な短縮については、自由型と平泳の泳法による差は認められず、両者とも殆んどの者ではほぼ直線的に急短縮しているが、1例のみに宇都山³⁴⁾や野田⁵⁶⁾の報告した陸上競技の疾走時にみられるような心搏週期の急激な下降動揺を認めた。急下降を示した8例の第1次下降終点では平均心搏週期は 0.54 ± 0.03 秒であった。第2次下降は水泳開始より 11 ± 3 秒まで続き、第2次下降終点での平均心搏週期は 0.44 ± 0.03 秒であった。

ii) 水泳中期の心搏週期の変動

9例中7例で、第2次下降終点到着後、即ちスタート開始より 11 ± 3 秒以後、心搏週期は5~15秒位の間短縮せず、一定の水準即ち $0.38 \sim 0.49$ 秒の心搏週期を保っている。この一定水準持続時間を自由型と平泳の両者について比較すると、自由型の方が平泳よりも持続時間は短かく、第3次下降に早く移行する。第3次下降に移行してから心搏週期は徐々に短縮し、水泳開始から 45 ± 13 秒でsteady stateに達する。自由型ではsteady stateに達するのが平泳の場合よりも約17秒早い。steady stateでの平均心搏週期の値には差はみとめられず、 0.39 ± 0.07 秒であった。なお、50m水泳での最小心搏週期の値は、0.35秒にまで短縮しているものが1例だけあったが、最小心搏週期の平均値は 0.39 ± 0.02 秒で、これ以下には下らなかった。

iii) 水泳停止直前の心搏週期の変動

水泳停止直前の平均心搏週期は 0.41 ± 0.03 秒で、水泳中期以後に比していくらか延長の傾向を示している。

C 50m 水泳停止後の心搏週期の変動

心搏週期は、水泳競技終了後30秒位までゆるやかに回復し、以後急速に回復の途をたどり、1分後には 0.54 ± 0.08 秒にまで回復している。9例中3例では、スタート前の心搏週期の値に回復するまで記録していないので不明であるが、4例では60~90秒でスタート前の心搏週期にまで回復し、残りの2例では回復に2分以上を要している。

水泳競技所要時間は、自由型で平均50.4秒、平泳では平均71.9秒であった。

3. 100m 水泳競技時の心搏週期の変化

(Fig. 2, Fig. 3, Table 3 参照)

A 100m 水泳開始前の心搏週期の変動

水泳開始前の平均心搏週期の値は 0.73 ± 0.10 秒で、心搏週期の動揺振幅は 0.08 ± 0.03 秒であった。水泳開始前の平均心搏週期が0.6秒以上の者では、心搏週期の呼吸性変動が著明であった。

B 100m 水泳中の心搏週期の変動

i) 水泳開始直後の心搏週期の変動

宇都山³⁴⁾と野田⁵⁶⁾は、陸上競技において疾走開始と同時に、心搏週期の急激な下降動揺が出現する者が多いと報告しているが、本実験においてもこのような急激な下降動揺が、スタート後0.5~4.5秒の間に12例中5例に出現した。100m水泳におけるスタート前後の心搏週期の変動経過は次の4型に分類することができる。

第1型：スタート後心搏週期はゆるやかに階段状に短縮し、心搏週期の動揺は著明でないもの。

第2型：水泳開始前の心搏週期の値が0.5秒程度に短縮しているにもかかわらず、スタート後心搏週期の急激な下降動揺が現われるもの。

第3型：スタート直後心搏週期が一時上昇(延長)し、1~2回著明に動揺した後、ゆるやかな下降(短縮)に移行するもの。

第4型：スタート前より心搏週期の動揺が著しく、スタートの約5秒後にこの動揺が著しく減少し、ゆるやかな下降に移行するもの。

以上4型とも、スタートより約20秒後には、心搏週期は10~20秒間一定水準を保ち、後再びゆるやかな短縮に移行する。この一定水準における心搏週期の値は $0.4 \sim 0.6$ 秒で、自由型では平泳やバタフライに比して短縮が著明であった。

ii) 水泳中期における心搏週期の変動

スタート後約20秒で心搏週期が一定水準、即ち平均 0.47 ± 0.04 秒に達し、以後10~20秒間この水準を持続するが、心搏週期は再び徐々に短縮し、 78 ± 17 秒後にsteady stateに達する。steady stateでの平均心搏週期の値は 0.40 ± 0.02 秒で、それが出現する時間は自由型が最も早く、次いで背泳、平泳、バタフライの順となっている。男子と女子について、steady stateに達するまでの時間を比較すると、女子では53~55秒で全員steady stateに達するが、男子ではおそく、60秒以上か

Fig. 2. The time-course of variation of the cardiac cycle during 100 meter swimming in free style and in breast stroke, shown as example.

Fig. 3. The time-course of variation of the cardiac cycle during 100 meter swimming in back stroke and in butterfly stroke, shown as example.

Table 3. Experimental data for 100 meter swimming in each style or stroke.

		Free style					Breast stroke			Back stroke			Butter-fly	
Unit(Sec)	Subject	Sugi-hara	Fuji-mura	Noda	Ôtuka	Kohara	Inoue	Take-uti	Akita	Abe	Saiki	Ishiyama	Sano	Limit of reliability($\alpha=0.05$)
Aver, cardiac cycle before start		0.75	0.57	0.57	0.56	0.56	0.74	0.61	0.77	0.87	0.96	0.70	1.04	0.73 $\pm$ 0.10
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle before start		0.13	0.02	0.04	0.04	0.06	0.06	0.07	0.15	0.08	0.14	0.05	0.09	0.08 $\pm$ 0.03
Terminal point of rapid shortening of cardiac cycle immediately after start			0.48	0.47	0.50				0.69	0.69	0.66		0.71	0.61 $\pm$ 0.08
Rapid fluctuation of cardiac cycle during swimming	Greatest amplitude	0.35		0.19						0.10	0.13		0.13	0.16 $\pm$ 0.21
	Level of amplitude	0.73		0.50						0.66	0.64		0.70	0.63 $\pm$ 0.08
	Time of appearance	4.50		0.50						2.50	1.50		2.50	
	Time of continuation	5.00		4.00						4.00	3.00		5.00	3.80 $\pm$ 1.00
Aver, cardiac cycle immediately after start (not rapid fluctuation)			0.50			0.51			0.66					
Terminal point of shortening of the second stage	Aver, cardiac cycle	0.55	0.41	0.41	0.41	0.43	0.56	0.44	0.43	0.49	0.52	0.42	0.54	0.47 $\pm$ 0.04
	Time of appearance	21.0	17.0	16.0	26.0	21.0	13.0	20.0	18.0	18.0	18.0	23.0	30.0	20.0 $\pm$ 3.00
	Amplitude of fluctuation	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	
Steady state of cardiac cycle	Aver, cardiac cycle	0.45	0.36	0.37	0.39	0.40		0.40		0.45	0.42	0.37	0.46	0.41 $\pm$ 0.03
	Time of appearance	86.0	72.0	52.0	53.0	55.0		63.5		60.5	95.0	82.0	115	73.0 $\pm$ 15.0
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle in the steady state		0.01	0.01	0.02	0.01	0.02		0.01		0.01	0.01	0.01	0.02	
Minimum cardiac cycle during swimming		0.43	0.34	0.34	0.58	0.37	0.41	0.38	0.36	0.43	0.41	0.34	0.44	0.40 $\pm$ 0.01
Aver, minimum cardiac cycle during swimming	Cardiac cycle	0.45	0.36	0.37	0.39	0.38	0.42	0.39	0.37	0.44	0.41	0.37	0.45	0.40 $\pm$ 0.02
	Time of appearance	86.0	72.0	52.0	53.0	58.0	96.0	72.0	102	87.0	78.0	82.0	115	78.0 $\pm$ 17.0
	Time of continuation	7.50	18.2	17.0	59.7	5.00	4.00	7.50	11.0	4.20	5.50	39.0	5.50	
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle in middle stage		0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	
Aver, cardiac cycle prior the goal		0.44	0.35	0.38	0.39	0.41	0.42	0.39	0.37	0.44	0.42	0.36	0.46	0.40 $\pm$ 0.02
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle prior the goal		0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	
Aver, cardiac cycle immediately after the goal		0.45		0.37	0.39	0.41	0.42	0.39	0.37	0.43	0.43	0.36	0.46	0.41 $\pm$ 0.02
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle immediately after the goal		0.02		0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	
Aver, cardiac cycle at 30 seconds after the goal		0.52	0.41	0.45	0.46	0.54	0.52	0.49	0.47	0.54		0.41	0.61	0.49 $\pm$ 0.04
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at 30 seconds after the goal		0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.05	0.04	0.04		0.01	0.04	
Aver, cardiac cycle at one minute after the goal		0.63	0.45	0.70	0.58		0.57		0.87		0.58	0.50	0.93	0.65 $\pm$ 0.12
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at one minute after the goal		0.04	0.02	0.06	0.05		0.04		0.12		0.02	0.01	0.06	
Aver, cardiac cycle at two minutes after the goal												0.59		
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at two minutes after the goal												0.04		
Record time		98.6	90.2	87.8	112.7	129	102.8	104	116.2	91.2	111.4	121.8	129.5	
Recovery time		73.0	93.0	51.0	54.0	34.0	94.0	40.0	58.0		113		74.0	

かっている。しかし、心搏週期の短縮度には有意差は認められない。水泳中の心搏週期の微細動揺は、自由型で最も小さく、かつその動揺週期も短かいが、平泳、背泳に次いでバタフライでは最も大きく、動揺週期も長い。水泳中の最小心搏週期の値が0.34秒という者が3例あったが、平均最小心搏週期は 0.40 ± 0.02 秒であった。このようにsteady stateに達した後は、このレベルのままでゴールに達するが、変動経過図では全例に、ターンの後若干の心搏週期の延長が認められる。但しゴールに近づくに従ってこの延長の程度が少なくなる傾向がある。

iii) 水泳停止直前の心搏週期の変動

50m水泳の場合には、ゴール前に心搏週期がやや延長する傾向があったが、100mの場合は、このようなことはなく、停止直前における平均心搏週期の値は 0.40 ± 0.02 秒であった。

C 100m 水泳停止後の心搏週期の変動

水泳停止後、初期の回復が現われるまでの時間は一定せず、平泳、背泳、バタフライでは停止直後から回復が始まるが、自由型ではやや遅れる傾向にあり、ゴール到達後約8秒で回復に入る。しかし水泳停止直後の平均心搏週期の値は 0.41 ± 0.02 秒で、全例においてsteady stateでの値よりも0.01秒延長している。水泳停止後30秒では、平均心搏週期は 0.49 ± 0.04 秒、1分後には 0.65 ± 0.12 秒と急速に回復に向かい、1例を除けば殆んどすべて、1分前後で水泳開始前の平均心搏週期の値にまで回復している。なお水泳停止後30秒での心搏週期の動揺の振幅は、平泳、背泳、バタフライではやや大きい、自由型では最も小さい。しかし1分後になると、自由型でも他の泳法と同様に、心搏週期の動揺は著明になり、回復が進むにしたがって心搏週期の動揺の振幅も大きくなっていく。

4 400m 水泳競技時の心搏週期の変化

(Fig. 4, Fig. 5, Table 4 参照)

A 400m 水泳開始前の心搏週期の変動

被検者7例のうち、水泳開始前の心搏週期の値が0.5秒前後の者が2例で、4例は0.6~0.8秒、他の1例は徐脈の傾向にあり、水泳開始前の平均心搏週期の値は 0.65 ± 0.14 秒、心搏週期の動揺の振幅は 0.04 ± 0.02 秒であった。50m, 100mの

場合と同様に、スタート前の平均心搏週期の値が0.6秒以上の者では著明な呼吸性動揺を示すが、0.5秒程度の者では動揺はあまり著明でない。

B 400m 水泳中の心搏週期の変動

i) 水泳開始直後の心搏週期の変動

水泳開始と同時に心搏週期の短縮が始まるが、開始直後急激に短縮するものは3例で、他の4例では徐々に短縮している。しかもこの3例のうち1例では急激な下降動揺が認められた。この急短縮の3例では、水泳開始と同時に心搏週期は急激に直線的に一度下降し、次いで第2次下降に移行した後一定水準を保ち、更に第3次下降に移行する。他の4例では、心搏週期は水泳開始後階段状に短縮し、以後第2次下降、第3次下降に移行する。前記急短縮の3例は全部国体選手であり、階段状下降の4例は徳島大学医学部の選手であった。急激な下降動揺を示した1例での心搏週期の動揺の最大振幅は0.07秒で、出現時間は水泳開始の2.5秒後で、その持続時間は2.5秒であった。

ii) 水泳中の心搏週期の変動

第2次下降終点の出現は水泳開始後 22 ± 11 秒で、このときの平均心搏週期の値は 0.44 ± 0.04 秒となり、以後10~15秒の一定水準を保った後第3次下降に移り、水泳開始後76~390秒でsteady stateに達する。steady stateの出現と泳いだ距離の関係を見ると、早いものでは70m附近で、遅いものでは250mあたりから現われている。このときの平均心搏週期の値は 0.41 ± 0.04 秒であった。400m水泳でも100m水泳の場合と同様に、ターン時に心搏週期の一時延長が認められた。又、国体選手と医学部選手を対比すると、steady stateに達するまでの時間に差は認められなかったが、steady stateでの平均心搏週期の値は医学部選手で0.35~0.39秒、国体選手で0.41~0.49秒と著明な差がある。又、国体選手の水泳中の最小心搏週期の値は殆んどすべて0.34秒以上で0.38~0.48秒、医学部選手では0.32~0.38秒であり、心搏週期の短縮の程度は医学部選手の方が強い傾向にあった。水泳中期での心搏週期の動揺は少なく、平均動揺振幅は 0.02 ± 0.01 秒で、一般に国体選手の方が動揺は大きい。

iii) 水泳停止直前の心搏週期の変動

水泳停止直前における心搏週期の変動は、水泳

Fig. 4. The time-course of variation of the cardiac cycle during 400 meter swimming in free style, shown as example. (swimmer : Takagi)

Fig. 5. The time-course of variation of the cardiac cycle during 400 meter swimming in free style, shown as example. (swimmer : Nakamura)

Table 4. Experimental data for 400 meter swimming in free style for group A and B.

Group A : Champions of the Japan National Athletic Meeting.

Group B : Swimming club members of the medical school.

		Group A			Group B				Limit of reliability ($\alpha=0.05$)
Unit (Sec)	Subject	Kura-moto	Naka-mura	Sakai	Omura	Ura-gami	Hara-da	Taka-gi	
Aver. cardiac cycle before start		0,65	0,76	0,92	0,61	0,48	0,62	0,53	0,65 $\pm$ 0,14
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle before start		0,03	0,06	0,09	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04 $\pm$ 0,02
Terminal point of rapid shortening of cardiac cycle immediately after the start		0,54	0,65	0,53			0,55		0,57 $\pm$ 0,09
Rapid fluctuation of cardiac cycle during swimming	Greatest amplitude		0,07						
	Level of amplitude		0,62						
	Time of appearance		2,50						
	Time of continuation		2,50						
Terminal point of shortening of the second stage	Aver. cardiac cycle	0,44	0,51	0,48	0,49	0,39		0,43	0,44 $\pm$ 0,04
	Time of appearance	12,0	23,0	33,0	29,0	22,0		10,0	21,5 $\pm$ 9,5
	Amplitude of fluctuation	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01		0,01	
Steady state of cardiac cycle	Aver. cardiac cycle	0,41	0,49	0,44	0,38	0,35	0,39	0,39	0,41 $\pm$ 0,04
	Time of appearance	172	240	201	390	76	190	206	210 $\pm$ 88
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle in the steady state		0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	
Minimum cardiac cycle during swimming		0,36	0,41	0,40	0,34	0,32	0,36	0,34	0,36 $\pm$ 0,03
Aver. minimum cardiac cycle during swimming	Cardiac cycle	0,38	0,48	0,43	0,37	0,34	0,38	0,38	0,39 $\pm$ 0,04
	Time of appearance	64	65	270	420	147	359	268	228 $\pm$ 130
	Time of continuation	12,0	7,0	11,0	164	333	75,8	10,5	
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle in middle stage		0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02 $\pm$ 0,01
Aver. cardiac cycle prior the goal		0,41	0,48	0,45	0,37	0,36	0,38	0,38	0,40 $\pm$ 0,04
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle prior the goal		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	
Aver. cardiac cycle immediately after the goal		0,44	0,48	0,47	0,37	0,36	0,38	0,38	0,40 $\pm$ 0,04
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle immediately after the goal		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	
Aver. cardiac cycle at 30 seconds after the goal		0,54	0,68	0,78	0,42	0,41	0,42	0,43	0,53 $\pm$ 0,14
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at 30 seconds after the goal		0,03	0,08	0,09	0,02	0,02	0,01	0,02	
Aver. cardiac cycle at one minute after the goal		0,78		0,92	0,48	0,42	0,53	0,48	0,60 $\pm$ 0,21
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at one minute after the goal		0,05		0,12	0,01	0,02	0,02	0,03	
Aver. cardiac cycle at two minutes after the goal					0,55				
Amplitude of the fluctuation of cardiac cycle at two minutes after the goal					0,01				
Record time		385,4	455,8	443,2	584,3	480,3	434,8	440,5	
Recovery time		35,0	55,0	52,0			83,0		

中期とあまり変わりがなく、小さい動揺をくり返しつつゴールに達し、水泳停止後数秒で回復に向かう。

C 400m 水泳停止後の心搏週期の変動

水泳停止直後の平均心搏週期の値は 0.40 ± 0.04 秒で、医学部の水泳選手では水泳停止後数秒間、停止直後の心搏週期の値を持続し、約2.0～5.5秒後に初期回復に入る。一方、国体選手は水泳停止直後の心搏週期の値が $0.44 \sim 0.48$ 秒で、停止直前よりやや延長し、従って停止と同時に、遅くとも0.5秒後には回復に向っている。水泳停止後30秒で平均心搏週期は 0.53 ± 0.14 秒まで急速に回復するが、国体選手では回復が非常に早く、1分以内には全員が水泳開始前の平均心搏週期の値にもどっている。これに反し、医学部の選手では回復の早い例で83秒、遅い例では2分経過しても水泳開始前の状態に回復していない。

考 察

1. 水泳中の心搏週期の変動経過

Fig. 1～5の経過図とTable 2～4から水泳中の心搏週期の変動経過を3つの距離(50m, 100m, 400m)について比較すると、スタート直後の急激な下降動揺の出現率は、100m水泳の場合が50m, 400m水泳のときよりも大である。これは100m水泳の場合に、50m, 400m水泳に比べて水泳開始前の平均心搏週期の値が大であるために、宇都山³⁾⁴⁾や野田⁵⁾⁶⁾が述べた如く、運動開始直後運動筋からの反射による心臓抑制神経の抑制の解除が一層強く働いて、すみやかに心搏週期の急下降(急短縮)、すなわち心搏数増加が起り、分時搏出量が増加する。次いで大動脈反射や頸動脈洞反射などの心臓反射によって心搏週期の延長が起るために、心搏週期は大きく動揺し、これが心搏週期の下降動揺の出現を招来したのであろう。50m水泳では、100m, 400m水泳より第2次下降終点の出現時期が早い、これは100m水泳に比べて距離が短いためにスタートして直にスパートをかけ、強い負荷が加わる結果、運動初期の心搏週期の短縮が著明に現われたのであろう。以上のように初期動揺、第2次下降終点の出現時期などには泳ぐ距離による差が認められたが、平均最小心搏週期、回復経過などには、このような距離による差が認めら

れなかった。これは水泳においては、50m水泳のように距離が短かくてもピッチ数が多いため、心搏週期の初期短縮が急であり、しかも競技時間が約50秒も要したために、100m, 400m水泳と同じ程度まで心搏週期が短縮したものと考ええる。

次に、宇都山⁴⁾と野田⁵⁾の報告した陸上競技の中長距離疾走時の心搏週期の変動経過と比較すると、運動初期の心搏週期の階段状短縮とか、第2次下降、第3次下降、steady stateの出現、および経過中の微細動揺の出現などは、心搏週期の短縮度や出現時期にいくらかの差はあるものの、陸上競技の中長距離疾走時における経過と非常によく似ている。これは水泳においては、距離は短かいが水の抵抗、浮力、水圧など運動負荷が大きく、更に呼吸運動の制限に加えて、運動所要時間が長いことなどの諸因により、呼吸循環機能への影響が陸上競技の中長距離疾走におけると同じ程度にまで加わったためと考ええる。

2. 水泳開始直後の心搏週期の短縮

一般に運動開始と同時に心搏週期が短縮することはいくよく知られているが、この起因について、宇都山³⁾⁴⁾と野田⁵⁾⁶⁾は最初運動筋からの直接反射で心臓抑制神経の抑制解除が起り、更に促進神経の興奮やアドレナリンの内分泌で心搏週期の短縮が起ると報告しているが、著者の実験でも水泳開始と同時に心搏週期の短縮が起り、3距離のうちでは50m水泳の場合に最も強く短縮し、次いで100m, 400m水泳の順になっている。これはスタート時の運動の強さ、すなわち負荷の大きさやトレーニング効果の影響と考える。

3. 水泳開始直後の心搏週期の下降動揺

宇都山³⁾⁴⁾と野田⁵⁾⁶⁾は陸上での疾走時には、スタート前の平均心搏週期の値が0.6秒以上の例では、スタート直後の心搏週期が2～3回大きく動揺する例が多いと報告しているが、50m水泳では1例、100m水泳では5例、400m水泳では1例の動揺しか出現しなかった。このように水泳では、スタート前に心搏週期が延長しているにもかかわらず、下降動揺の出現率が低いのは、水泳中は激しい運動をするとは云え、先に実験方法の項で述べたとおり、スタート方法が水中での立位からのスタートであり、陸上競技のときほどスタート時の運動が激しくなかったために、自律神経緊張のバ

ランスが大きく動揺しないまま心搏週期が短縮し、第2次下降終点に達したものと考える。しかし実験成績の項に述べた100m水泳の第2型の場合には、水泳開始前の心搏週期が0.57秒と割合短縮しているにもかかわらず、急激な下降動揺があり、しかも心搏週期の動揺の振幅水準は0.5秒で、陸上競技(疾走)時に宇都山³⁾は疾走開始直後の急激な下降は運動筋から反射的に心臓抑制神経の抑制の解除が強くなるため、これによる心搏週期の短縮は0.5秒までであろうと述べているが、この値と一致しているところをみると、水泳開始時の負荷の強さだけでなく個人差も、心搏週期の下降動揺の要因の一部をなすのではなからうかと考える。また100m水泳の第3型では、止息の状態スタートしたために心搏週期の延長がおこり、その後運動筋からの反射による心搏週期の短縮や、スタート直後の心搏週期の延長に対して頸動脈洞反射、大動脈反射等の心臓反射による心搏週期の短縮が起り、自律神経系のバランスがくずれて心搏週期の値が動揺したのであろう。なお第4型については、その後心疾患を認めたので、このような特異な波型を示したのであろう。

4. 初期下降後の一定水準

50m, 100m, 400m水泳の全例とも、心搏週期の第2次下降終点、すなわち50m水泳ではスタート後 11 ± 3 秒、100m水泳では 20 ± 3 秒、400m水泳では 22 ± 11 秒後からは、心搏週期は余り短縮せず、一定の水準を保ちつつ約10~20秒間経過するが、更にその後再び第3次下降に移行する。この一定水準は、初期の心搏週期短縮、すなわち運動筋からの反射による心臓抑制神経の抑制の解除によって起った循環機能の乱れが、これに続いて起る心臓反射と促進神経の興奮によって自律神経緊張のバランスが保たれることにより、循環系のアンバランスが調整される一方、同程度の負荷運動の持続によって、心搏週期はしばらく急激な短縮も延長も起らず、一定水準に維持されるものとする。しかし更に運動が続くために生じた筋の疲労物質、あるいは中間代謝産物などの影響によって、心搏週期は第3次下降に移行するものとする。50m, 100m水泳において、自由型の場合が他の泳法に比して、この一定水準の持続時間が最も短かくて、第3次下降に早く移行しているの

は、ピッチが速いため筋運動が激しく、従って筋からの疲労物質、あるいは中間代謝産物の生成が多いためであろうと考える。

5. steady state

50m, 100m, 400m水泳のいずれの場合でも、第3次下降に続いて心搏週期はsteady stateに達するが、steady stateの出現時期は泳法の差および距離、すなわち運動の強度、運動持続時間などによっていくらか差があり、50m水泳で 45 ± 13 秒、100m水泳で 71 ± 15 秒、400m水泳で 210 ± 88 秒であって、また泳法の差、すなわちピッチが速く運動が激しいほど、steady stateは速く出現している。steady stateの出現時間を陸上競技の場合と比較すると、水泳の場合の方が早く出現するが、宇都山⁴⁾と野田⁵⁾は陸上競技の中・長距離疾走におけるsteady stateの出現時期は距離が短かいほど速く現われると報告しており、これは以上の実験結果と一致する。しかし水泳がかなり激しい全身運動であるにもかかわらず、心搏週期が陸上競技のときほど短縮していない理由として、次のようなことが考えられる。

1) 水泳では、水の抵抗や浮力の影響により、運動のスピードが減弱し、これに伴って運動量が少なくなる。

2) 水中運動であるため、体温上昇も陸上競技のときほどではない。

3) 本能的に浮力を維持するため、吸息を速く呼息を徐々に行なうことにより、胸腔内圧の上昇が起る。

しかし、これらの諸要素のほかに、運動の時間も若干影響しているように思う。

6. 水泳中の心搏週期の微細動揺

Fig. 1~5に見られるように、50m, 100m, 400m水泳の全経過において、心搏週期の微細動揺(0.01~0.04秒)が認められ、しかも50mおよび100m水泳では、自由型の場合が他の種目に比して微細動揺が小さく、かつ週期も短い。これはピッチの差、すなわち呼吸頻度の差によるものと思われる。陸上での疾走時、心搏週期の微細動揺が出現するが、これは心電図と呼吸運動の同時記録をした宇都山⁴⁾の成績で、明らかに心搏週期の呼吸性変動であることが認められた。したがって水泳においても、この心搏週期の微細動揺は呼吸

性的変動であろうと考えられる。

7. ターン時における心搏週期の変動

100m と 400m 水泳のターン時において、心搏週期が延長する傾向にあるが、ターンをする毎に、すなわち時間の経過とともにこのターン時の心搏週期の延長は漸減して現われなくなる。土屋¹⁸⁾の実験では、息こらえのため、始め呼吸すると脈搏数は一時多くなるが、呼吸の間にやや減少し、吸息状態で呼吸を止めると、強い遅脈が起ると述べている。また、著者ら¹⁶⁾は潜水泳の実験で、潜水すると著明に心搏週期の延長が起り、浮上すると心搏週期は短縮すると報告した。したがって、著者の実験におけるターン時の心搏週期の延長は、ターン時の潜水泳と止息のためと、ターン時の運動中断など種々の要因によって、出現したものと考えられる。

8. 水泳停止後および回復期の心搏週期の変動

宇都山⁹⁾と野田⁵⁾は、陸上競技の短距離疾走の場合には、運動停止後心搏週期は直には回復せず、平均最小心搏週期を若干時間持続した後、初期回復に入ると述べ、速水¹⁹⁾は労作末期の脈搏数が130以上に達する労作を行なった場合における脈搏数の回復過程は、環境温度ならびに労作時間に大差がなければ、大体において労作末期の脈搏数が大きいほど遅延する傾向を示すと報告している。著者の実験で、50m 水泳ではすでにゴール直前において、若干の心搏週期の延長を示していたが、100m と 400m 水泳ではこのようなことはなく、心搏週期は水泳停止後ただちに初期回復に入っているものが多い。しかも回復所要時間も非常に短い。これは 400m 水泳の場合、医学部選手以外はほとんど国体選手であるために、常に激しいトレーニングをしており、循環系の調節能力、および回復能力が高まっているためであろう。

9. 400m 水泳における国体選手と医学部選手との比較

Hanson ら⁹⁾は、スキー競技において、運動後の心搏数の回復の速さは、その被験者のトレーニングの度合、および運動の激しさに関係があり、トレーニングされた競技者の心搏数は比較的速く安静時の値に回復すると報告している。また、宇都山⁹⁾は、石段を駆け登る短距離疾走において、スポーツマンと非スポーツマンを較べると、心搏

動の初期回復はスポーツマンの方が速いと報告しているが、著者も 400m 水泳において同様な結果を得た。すなわち、国体選手と医学部選手の間には次のような差を認めた。

i) 競技開始前の心搏週期の値に比し、第2次下降終点における心搏週期の短縮度は国体選手の方が大きい。

ii) steady state における心搏週期の値は、医学部選手の方が短縮している。

iii) ゴール到達後、国体選手はただちに初期回復に入り、回復所要時間も非常に短かいが、医学部選手はゴール到達後もお数秒間、停止前の心搏週期の値を持続し、回復所要時間も長い。

このように種々の点でトレーニング効果の差と考えられる面があった。

10. 50m, 100m, 400m 水泳の距離による比較

スタート直後の心搏週期の急激な下降動揺は、100m 水泳の場合に出現率が高い。これは運動開始前に心搏週期が延長しているため、運動開始によって運動筋からの反射による心臓抑制神経の抑制の解除が強くなって心搏週期は急激に短縮し、この短縮が強くなれば分時搏出量も増加して反射的に心搏週期の延長が起るといふ一連の現象の回復生起によって、著明な下降動揺が出現したものと考える。

また、心搏週期が一定水準に達するまでの時間は、50m 水泳ではスタート後 11 ± 3 秒で最も早く、400m では 22 ± 11 秒で最も遅い。この一定水準は、運動筋からの反射で起った自律神経緊張のアンバランスが調整され安定した状態を示すものと考えられ、この水準に達するまでの時間は、運動開始時の負荷の強弱に関係するのでであろうと考える。すなわち、スタート時の負荷の強さは、距離が短かいほど強くなるのが普通であって、負荷が強く加わると心搏週期も早く強く短縮するから、運動初期の心搏週期の短縮の強さ、すなわち負荷が強いほど、先に述べたように心搏週期の急激かつ著明な下降動揺を起すが、一方それだけ早く自律神経緊張のバランス調整が行なわれて、一定水準に達する時間が早くなるのではないかと考える。

steady state に達する時間も水泳距離により差があり、又運動の強さが激しいほど早く steady

state に達し、しかも心搏週期そのものも運動が激しいほど著明な短縮を示すのは当然であろう。

11. 泳法による比較

50m, 100m 水泳開始後の心搏週期の急下降(急短縮)終点の心搏週期の値は自由型で最も小さい。すなわち心搏週期が最も強く短縮しているが、平泳、背泳、バタフライでは自由型と比較して、急下降終点における心搏週期は短縮の程度が少なく、又一定水準の持続時間も長く、しかもそのときの心搏週期の値も、自由型のものが他の泳法でのそれらに比してより小であり、その持続時間も短かく、steady state に達する時間も最も早い。このような種々の点から、自由型が全身運動としては最も激しく、心臓への負荷も最も強い種目であると考えられる。

要 約

著者らの考案した心電図水中無線搬送記録装置を使用して、50m, 100m, 400m 水泳で、自由型、平泳、背泳、バタフライの4種目につき、国体選手および医学部学生など合計 24 名を被検者として、25m プールを使用して、水泳中の心電図を記録した。この心電図記録から水泳中の心搏週期の変動経過図を作り、心搏週期の変動経過について考察して、次の結論を得た。

1) 水泳中の心搏週期の変動経過は、初期の階段状下降(短縮)とか、第2次下降、第3次下降、steady state の出現、および経過中の微細動揺の出現などに若干の時間的な差はあるが、ほとんど陸上競技の中・長距離疾走における変動経過と類似している。

2) 水泳中の心搏週期の変動経過は、スタート前後の心搏週期の変動経過によって、次の4型に分類し得る。

第1型：スタート後、心搏週期はゆるやかに階段状に短縮し、ほとんど動揺のないもの。

第2型：水泳開始前に心搏週期が0.5秒程度に短縮しているにもかかわらず、急激な下降動揺が出現するもの。

第3型：スタート直後一時心搏週期が延長し、1～2回著明に動揺した後、ゆるやかな短縮に移行するもの。

第4型：スタート前から動揺著しく、スタート

後5秒位でこれが著減し、ゆるやかな短縮に移行するもの。

3) 水泳開始直後、心搏週期の急下降(急短縮)、および下降(短縮)動揺の出現には、運動初期の負荷の強さや開始前の心搏週期の大きさが関係する。

4) 水泳競技での心搏週期の初期下降(初期短縮)は、陸上競技の疾走時ほど急激ではないが、これはおそらく、水中で立位からスタートしたため、運動初期の負荷があまり強くなかったためであろう。

5) 50m, 100m, 400m 水泳ともに、心搏週期は第2次下降後、一定の水準を10～20秒間保つが、この時期は、運動初期に筋からの反射により起る抑制神経の抑制の解除によってアンバランスになった循環機能動態が、心臓反射および促進神経の興奮によって調整され安定した状態となった時期であろう。

6) 自由型水泳では、他の種目のときに比べて、スタート直後の心搏週期の急下降終点の値が最も著明に短縮しており、一定水準の持続時間も短かく、steady state に達する時間、およびそのときの心搏週期も最も短い。このことから心臓への負荷が最も強いのは種目としては自由型であることが判った。

7) 水泳中に0.01～0.04秒の心搏週期の微細動揺が出現するが、これは呼吸性の変動であろう。

8) 100m, 400m 水泳で、ターン時に心搏週期が一時延長するが、ターンをくりかえした後にはこの延長度は低減する。

9) 国体選手と医学部選手の間に、トレーニング効果の差が非常によく現われており、特に循環機能調節能力、および回復能力においてトレーニング効果が著明であった。

10) 水泳は全身の激しい運動であるにもかかわらず、心搏週期の短縮が陸上競技疾走のときほど強くないのは、水中運動であるために、身体推進のための筋力発揮様式や水の抵抗、浮力などの関係で、運動が陸上のときほど激しくなく、加うるに体温上昇率の低下、胸腔内圧の上昇、水圧なども影響するのであろう。

この論文の要旨は昭和36年10月第15回日本体力医学会総会(秋田), 昭和37年10月第16回日本体力医学会総会(岡山), 昭和38年10月第17回日本体力医学会総会(山口)において口演発表した。

終りに臨み, 岡芳包教授の御指導と御校閲に深甚なる感謝を捧げるとともに, 宇都山登講師, 野田幸作博士の御助言と御鞭撻, ならびにこの研究に対して御協力を与えられた第17回国体徳島県水泳選手, および徳島大学医学部水泳部員の各位に厚く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 岡芳包, 宇都山登, 関根惟和, 野田幸作(1955): 運動中及びその後の心搏数変動経過について(第1報)。体力科学, 第5巻, 第1号, 学9
- 2) 岡芳包, 宇都山登, 関根惟和, 野田幸作(1958): 運動中の心電図の無線搬送について(続報)。体力科学, 第7巻, 第6号, 学299~300
- 3) 宇都山登(1961): 運動中の心搏週期の変動に関する研究。第I編 短距離全力疾走中の心搏週期の変動経過について。体力科学, 第10巻, 第1号, 81~89
- 4) 宇都山登(1961): 運動中の心搏週期の変動に関する研究。第II編 長距離全力疾走中の心搏週期と呼吸の変動経過について。体力科学, 第10巻, 第1号, 90~98
- 5) 野田幸作(1966): テレメーター法による運動中の心搏週期と呼吸運動の変動に関する研究。第I編 100m 及び 400m 全力疾走中の心搏週期と呼吸週期の変動経過について。四国医学雑誌, 第22巻, 第4号, 617~626
- 6) 野田幸作(1966): テレメーター法による運動中の心搏週期と呼吸運動の変動に関する研究。第II編 跳躍競技と投擲競技の心搏週期と呼吸週期の変動経過について。四国医学雑誌, 第22巻, 第4号, 627~637
- 7) 木村勝(1970): テレメーター法による運動中の心搏週期の変動に関する研究。第1編 重量挙げ競技における心搏週期の変動経過について。体力科学, 第19巻, 第1, 2合併号, 6~17
- 8) 猪飼道夫, 吉沢茂弘, 中川功哉(1961): トレッドミル法による全身持久性の評価について。体力科学, 第10巻, 第4号, 227~238
- 9) Hanson, J. S., and B. S. Tabakin (1964): Electrocardiographic telemetry in skies anticipatory and recovery heart rate during competition. New Eng. J. Med., 271, 181~185
- 10) 岡芳包, 宇都山登, 野田幸作, 木村勝(1962): 短距離游泳中における心搏週期の微細動揺経過について。体力科学, 第11巻, 第1号, 学24
- 11) 岡芳包, 宇都山登, 野田幸作, 木村勝(1963): 100m 水泳における心搏週期の微細動揺経過について。体力科学, 第12巻, 第3号, 学118
- 12) 岡芳包, 宇都山登, 野田幸作, 木村勝(1964): 400m 自由型水泳における心搏週期の変動経過について。体力科学, 第13巻, 第2号, 学58
- 13) 岡芳包, 宇都山登, 野田幸作, 木村勝(1962): 疾走, 跳躍, 水泳中の心電図及び呼吸運動の無線記録法による我々の研究。医用テレメーションシンポジウム講演論文集, 52~63
- 14) 岡芳包, 宇都山登(1963): スポーツと医学エレクトロニクス—特にスポーツ医学におけるテレメーターの応用について—一診療, 第16巻, 65~72
- 15) Hunt, E. A. (1963): Electrocardiographic study of 20 champion swimmers before and after 110 yard sprint swimming competition. Canad. Med. Ass. J., 88, 1251~1253
- 16) 岡芳包, 宇都山登, 野田幸作, 木村勝(1964): 潜水中の心搏週期の変動経過について。体力科学, 第13巻, 第2号, 学57~58
- 17) 宮下充正, 松井秀治, 三浦望慶, 星川保, 亀井貞次(1969): インターバル水泳中の休息期の違いによる心搏数及び水泳スピードの変動。体力科学, 第18巻, 第1号, 1~8
- 18) 土屋重郎(1952): 呼吸運動と脈搏数(会)。日本生理誌, 第14巻, 第4号, 176
- 19) 速水清治郎(1956): 脈搏数を指標として見た筋労作の疲労回復過程に就いて。体力科学, 第6巻, 第5号, 206~212