

# 健康小児・成人における 水泳中の心電図変化に関する研究

金沢医科大学 浅井利夫  
(共同研究者) 同 森田正人  
同 栗倉真

## ECG Changes during Swimming Exercise in Healthy Children and Adults

by

Toshio Asai, Masato Morita and Makoto Awakura  
*Kanazawa Medical University, Department of Pediatrics*

### ABSTRACT

The continuous electrocardiogram recordings were made during the swimming exercise for the individuals of the total of 80 people, who were consisted of 40 healthy adults and 40 children (junior high school students).

The study of the heart rate changes and occurrences of arrhythmia at diving into deeper water and ordinarily swimming were made from the above ECG recordings.

The summary of the study findings are listed as follows:

1) There was no case which had heart rate change and arrhythmia at the diving in the study group.

2) As the results ECG changes during the diving into deeper water, cases of diving bradycardia were found, which had 50% heart rate reduction in both adult and pediatric cases. Also, there were cases of PVC and sever bradycardia during this exercise.

3) The heart rate change during the ordinary swimming were;

The heart rate was increased for one minute from the start of the swimming and stayed at constant after on for the pediatric group. For the adult group, the heart rate was increased for 40 seconds from the start of the swimming and stayed at constant after on.

4) There were large differences of heart rates among the individuals, especially the differences were significantly large in the adult group. Some cases exhibited arrhythmia during the ordinary swimming.

5) Normal values of heart rate change during the swimming exercise were calculated and showed them along the time axis which starts from the beginning of the exercise.

6) Many cases exhibited transit tachycardia when coming out of water after swimming.

We studied cardiological status during the swimming exercise from a view point of sport medicine, however, from a view point of clinical medicine, we found there were some people who were not suitable to do swimming and diving into deeper water even though they are healthy.

From the above study findings, there is a need to record ECG during the swimming in order to provide better health care management, and a further need to establish a system for such management for individual swimmer.

## 要 旨

著者らが開発したテレメータ方式による水泳中心電図記録装置を用いて、成人40人、小児40人、計80人の水泳中の心電図を連続的に記録し、以下の結果をえた。1) 飛び込みにより心拍数の変化はなかった。2) 水泳中の心拍数の経時的変化を検討し、成人・小児での水泳中の心拍数変化の正常値・パターンを報告した。また、水泳中のみに不整脈の出現する例があった。3) 潜水性徐脈は、成人・小児ともに約50%の減少率でみられた。最も徐脈化した例は成人では34/分、小児では21.4/分でおおの71.2%、82.9%の減少率であった。潜水中、潜水後に不整脈のみられた例があった。4) 水泳後プールサイドに上がると一過性に平均6~7/分の水泳終了時より頻脈化になる例が高頻度に見られた。

以上より、水泳教室などに参加している健康人も一度は水泳中の心電図記録を行い、健康管理する必要性が判明し、そのシステム作りの必要性が

判明した。

## 緒 言

今日、スポーツは健康管理の1つとして日常生活に取り入れられ、各種のスポーツ教室などに通っている人口が増加している。この傾向は成人ばかりでなく小児でも見られ、小児科臨床医としてこの現象を無視出来る状況でなくなっている。一方、整形外科疾患を中心に成人ばかりでなく、小児でもスポーツによる各種の障害例が数多く報告<sup>1)</sup>されている。著者らは小児循環器を専門とする立場から、小児のスポーツの日常生活への導入により生ずる諸問題として解決しなければならない問題が多数ある。具体的には、第1に不整脈児、先天性心疾患児、先天性心疾患術後児などの小児心疾患児のスポーツへの参加の限界と安全性の確立、第2にはスポーツ中の心性突然死の原因究明と防止、第3にはスポーツを行っている健康小児の健康管理などがある。中でも最も悲劇的な突然死を統計的にみる<sup>2)</sup>と、全国で年間100~150

人の児童・生徒が学校内で突然死しており、突然死を起した場所をみると約25%の児が水泳中であつた。

このような現状の中で著者らは、これまでほとんど臨床医学的に研究されたことのない水泳中の循環動態の解明と突然死事故原因の解明と防止に注目し研究を開始した。今回はこれらの研究の基礎的研究として健康成人、小児（中学生）の水泳中の心拍数の変化、心電図変化を中心に検討したので報告する。

### 対象および方法

対象は本研究に共鳴し、協力してくれた成人40人（男性：38人，女性：2人，年齢：18～32歳）と中学生1年生40人（全例男子）の計80人である。対象者は水泳中の心電図記録をする時点で特に病的訴えもなく、内科的検診でも特記すべき異常はなかった。

心電図記録時の外界条件は外気温 29～31.5°C で水温は、26～27°C のプールで行った。

方法としては、著者ら<sup>3-5)</sup>が開発し、フクダ電子株式会社より市販されるようになったテレメータ方式の水泳中心電図記録装置（図1、2）を用いて行った。

心電図の記録は、まず始めに被検者に飛び込みをしてもらい、次いで被検者ができるだけ潜水をしてもらった。その後安静時心拍数にもどった時点で、本人ができる最大のスピードで平泳ぎにて水泳をしてもらい、おのおのの状態での心電図を連続的に記録した。

検討した内容は、飛び込み時の心拍数の変化と不整脈出現の有無、潜水中の心拍数、特に潜水性徐脈と不整脈出現の有無、水泳中の心拍数の変化として水泳前、水泳後10秒、20秒、30秒、40秒、50秒、1分、1分30秒、2分の各心拍数を3心拍平均法で求め、不整脈出現の有無を検討した。最後に水泳後の心拍数の変化も検討した。

なお、これらの対象の内、興味ある心電図所見を呈した例を提示する。

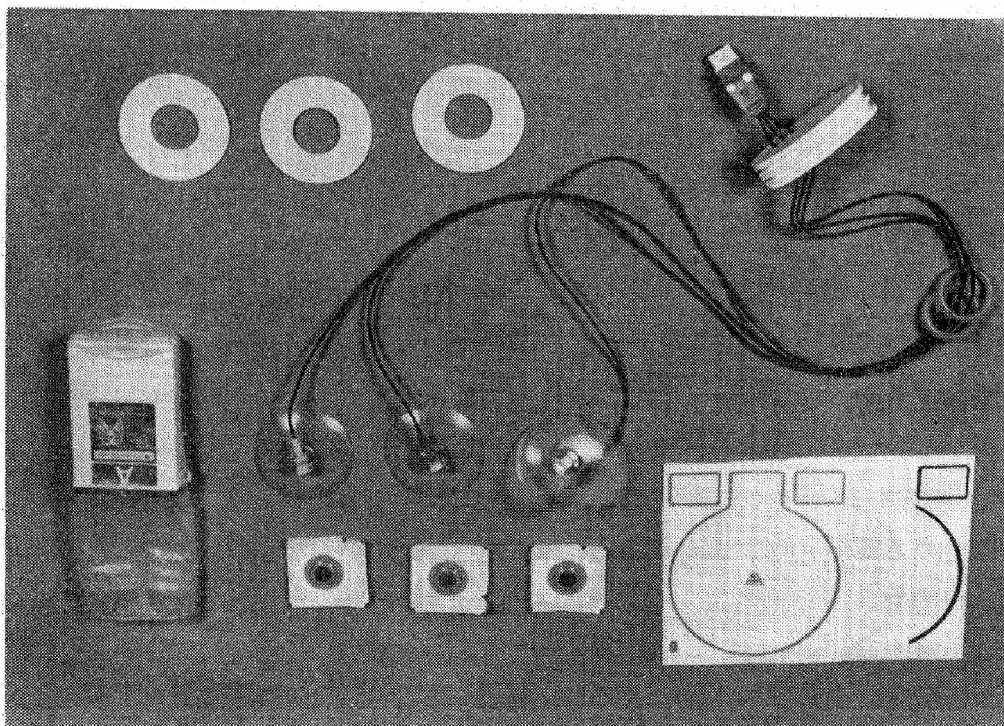


図1 水泳中心電図記録用セット

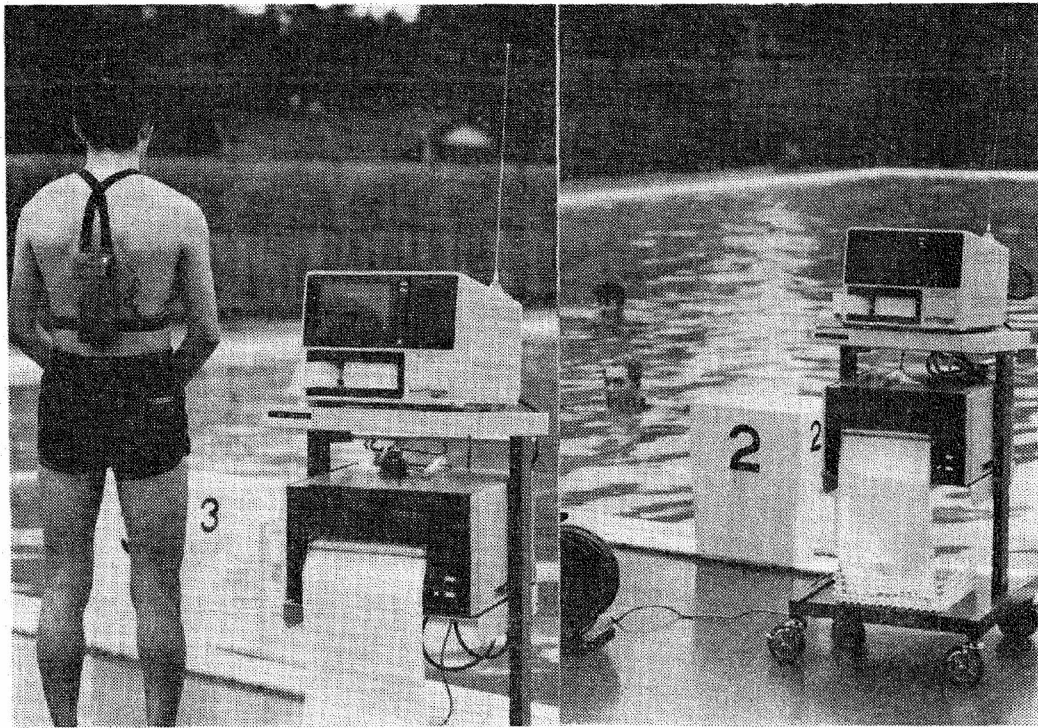


図2 水泳中心電図記録状況  
右側：被検者 左側：プールでの状況

## 結 果

### • 飛び込み時の心拍数の変化と不整脈の出現について

成人，小児各40人，計80人で飛び込み時に連続的に心電図を記録した結果，80人全例で有意な心拍数の変化はみられなかった．同時に飛び込みにより不整脈が出現した例は1例もなかった．

### • 潜水による心拍数の変化と不整脈の出現について

被検者にできるだけ潜水するように指示を出し行った．連続的に記録した心電図中，最も徐脈化した時の潜水時間と心拍数を計測した結果を図3に示した．

被検者の平均潜水時間は小児では平均  $25.4 \pm 7.7$  秒 (12.8秒~38.4秒) であり，成人では平均  $35.2 \pm 14.6$  秒 (12.0秒~71.6秒) であった．

小児での潜水による心拍数の変化は潜水前平均心拍数が  $112.4 \pm 15.11$  分であったものが潜水中最

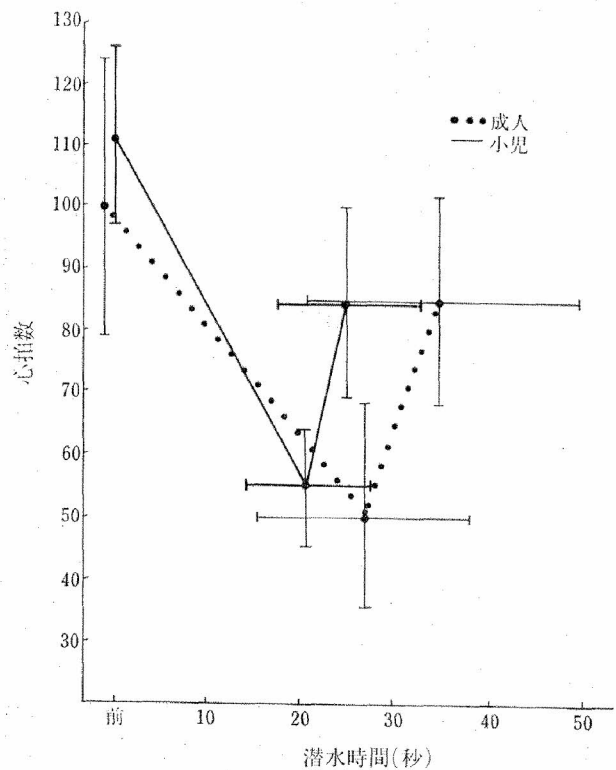


図3 最大潜水性徐脈を示した時の潜水時間と心拍数  
(左側点：潜水前，中央：最も徐脈化した時，  
右側点：潜水終了時)

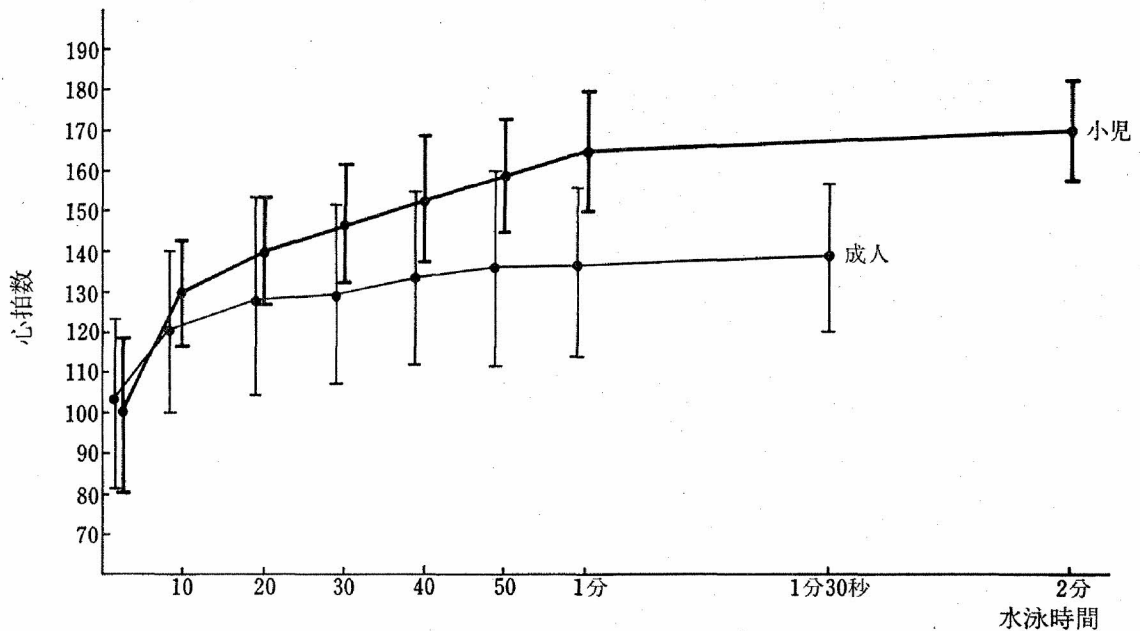
も徐脈化した時間は  $21.2 \pm 6.9$  秒 (11.4秒~32.0秒) で平均心拍数は平均  $56.5 \pm 15.6$ /分と潜水前より平均49.7%の減少が認められ、潜水後の心拍数は平均  $85 \pm 16.3$ /分であった。最も著しい変化を示した例は潜水前の心拍数が125/分であった児で、潜水18秒後に、21.4/分になり82.9%の減少がみられた。逆に最も減少率の少なかった児は潜水前の心拍数が110/分であったものが潜水30.8秒後に72/分になり、34.6%の減少しかみられなかった。

成人での潜水による心拍数の変化は潜水前の平均心拍数が  $101.4 \pm 22.8$ /分であったものが潜水中最も徐脈化した時間は平均  $26.9 \pm 11.6$  秒 (48.0~11.0秒) での心拍数は平均  $51.7 \pm 15.5$ /分となり小児とほぼ同じ平均49.0%の減少率をみ、潜水後の心拍数は  $85 \pm 19.1$ /分であった。最も著しい

変化を示した例は潜水前の心拍数が118/分であった成人で潜水後24秒後に34/分になり、71.2%の減少がみられ、逆に最も減少率の少なかった成人は潜水前の心拍数が110/分であったものが、11秒の潜水で87/分になり20.9%の減少しかみられなかった。

水泳中の心電図で不整脈がみられた例は成人40人中3人(7.5%)、小児40人中4人(10.3%)であった。7人中5人(71.4%)が心室性期外収縮で、残る2人は第1度房室ブロック、ORSパターンの変化をみた例であった。これら不整脈を認めた例では地上での運動負荷心電図では不整脈はみられなかった。不整脈を呈した症例はまとめて後に提示する。

- 水泳中の心拍数の変化と不整脈の出現について  
被検者にできるだけ早いスピードで平泳ぎをし



小 児	平均値	100.0	130.9	140.0	147.3	153.0	158.7	165.0		168.4		170.1
	最大値	116.0	148.0	155.0	170.0	170.0	180.0	190.0		190.0		180.0
	最小値	72.0	105.0	110.0	120.0	120.0	132.0	135.0		145.0		145.0
	標準偏差	19.0	13.4	13.4	15.0	15.7	13.6	14.6		16.5		12.1
成 人	平均値	104.8	120.4	128.9	128.9	134.7	136.7	137.8		138.8		
	最大値	160.0	150.0	170.0	170.0	170.0	175.0	175.0		155.0		
	最小値	80.8	95.0	105.0	100.0	115.0	95.0	100.0		108.0		
	標準偏差	21.8	19.6	24.8	22.4	21.0	24.7	23.1		17.9		

図4 水泳中の心拍数の経時的変化

てもらい心電図を連続的に記録した。記録した心電図より水泳前、水泳後10秒後、20秒後、30秒後、40秒後、50秒後、1分、1分30秒、2分の各心拍数を3心拍平均法で求めた(図4)。

小児での水泳中の心拍数の変化は、水泳前の心拍数は100.0±19.0/分、10秒後は130.9±13.4/分、20秒後は、140.0±13.4/分、30秒後は147.3±15.0/分、40秒後は153.0±15.7/分、50秒後は158.7±13.6/分、1分後は165.0±14.6/分、1分30秒後は168.4±16.5/分、2分後は170.1±12.1/分であった。小児では水泳開始後1分まで徐々に心拍数が増加しており、以後一定になるパターンがえられた。

成人では水泳中の心拍数の変化は、水泳前の心拍数は104.8±21.8/分、10秒後は120.4±19.6/

分、20秒後は128.9±24.8/分、30秒後は128.9±22.4/分、40秒後は134.7±21.0/分、50秒後は136.7±24.7/分、1分後は137.8±23.1/分、1分30秒後は138.8±17.9/分であった。成人では水泳開始後40秒後まできわめて徐々に心拍数は増加し、その後一定化するパターンがえられた。また、小児に比し標準偏差が大きく、個人差の大きいことも特色的所見として見い出された。

• 水泳後の心拍数の変化について

プールサイドに上がると一過性に頻脈になることに気付き、成人20人、小児10人計30人で水泳後、直ちにプールサイドに上がり、心拍数の変化を観察した。最も頻脈になった時の心拍数を検討したところ、表1に示したように、最も増加した例は、17/分増加し、最も少ない例は同じであり、

表1 プールサイドに上った時の心拍数の変化

対 象 番 号	成 人			小 児		
	水泳終了時 心 拍 数	プールサイド に上った時の 心 拍 数	増 加 数	水泳終了時 心 拍 数	プールサイド に上った時の 心 拍 数	増 加 数
1	131	131	0	160	169	+9
2	150	150	0	164	171	+7
3	124	130	+6	170	171	+1
4	111	125	+14	160	168	+8
5	121	128	+7	154	170	+16
6	140	142	+2	145	149	+4
7	140	148	+8	147	147	0
8	137	137	0	149	150	+1
9	175	180	+5	173	173	0
10	108	122	+14	145	155	+10
11	145	145	0			
12	135	145	+10	156.7	162.3	5.6
13	137	138	+1	±9.75	±10.09	±5.04
14	120	137	+17			
15	150	163	+13			
16	123	135	+12			
17	126	126	0			
18	108	118	+10			
19	155	170	+15			
20	170	175	+5			
平 均 標準偏差	135.3 ±18.23	141.75 ±16.60	6.95 ±5.73			

平均 6~7/分の増加がみられた。

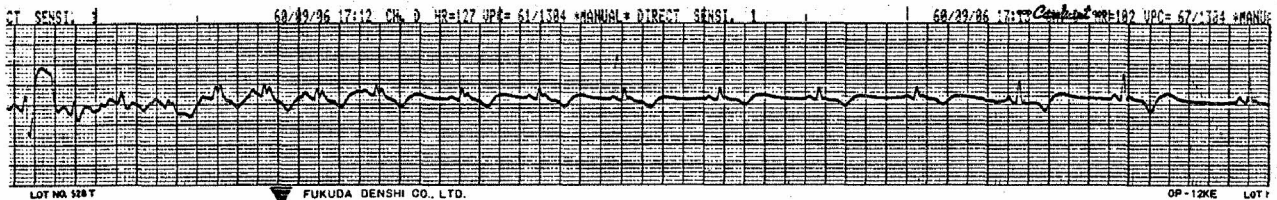
### 症例の供覧

今回の被検者80人の中で不整脈など心電図上興

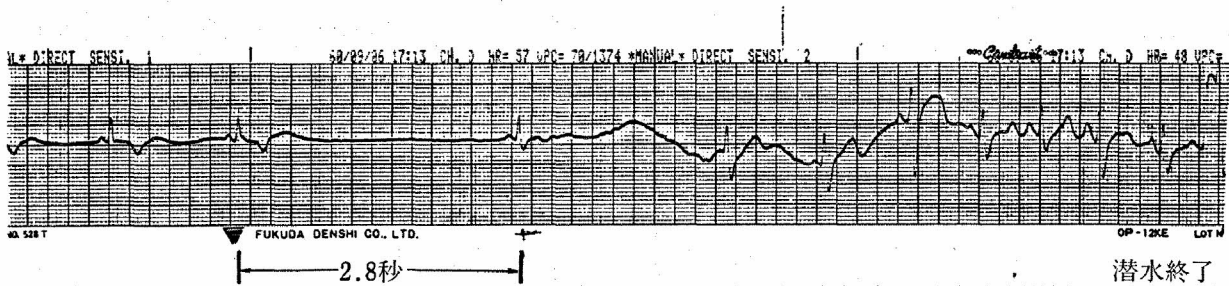
味ある所見を呈した例を図5~10に示した。

症例1：著しい潜水性徐脈を呈した例

症例は中学1年生男子で、図5に示したように  
潜水18秒後に2.8秒の心停止というような徐脈が



潜水開始



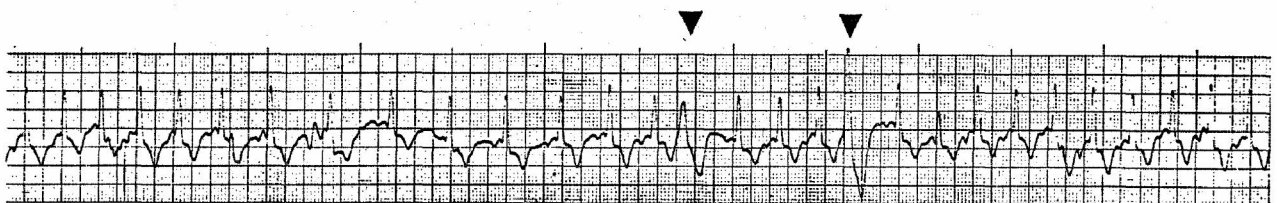
潜水終了  
中学1年生男子

図5 著しい潜水性徐脈を呈した小児例



水泳開始

145/分



潜水性徐脈

100/分

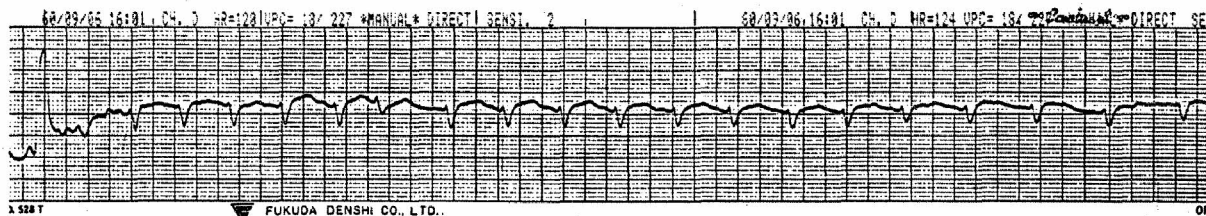


潜水性徐脈

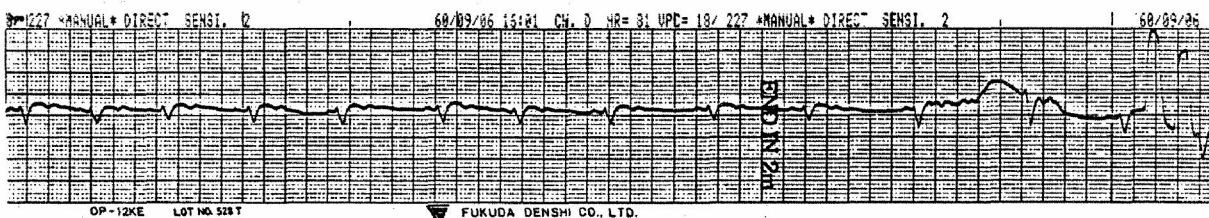
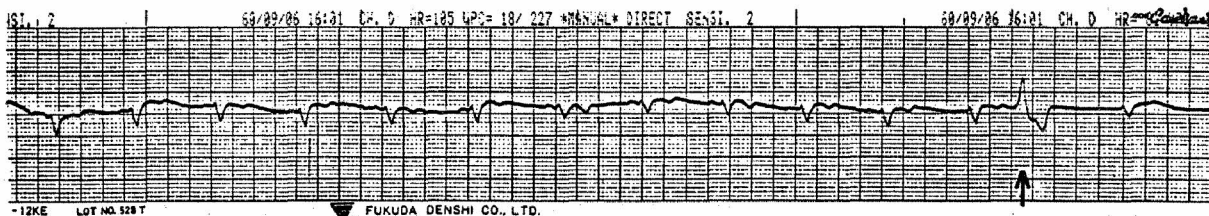
120/分

140/分

図6 潜水中に心室性期外収縮(矢印)を認めた成人例

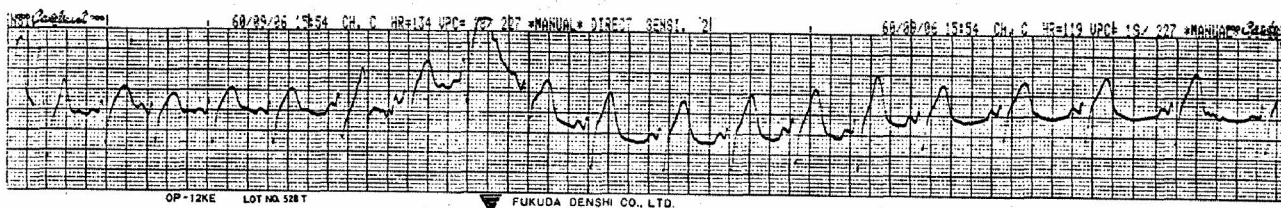


潜水開始

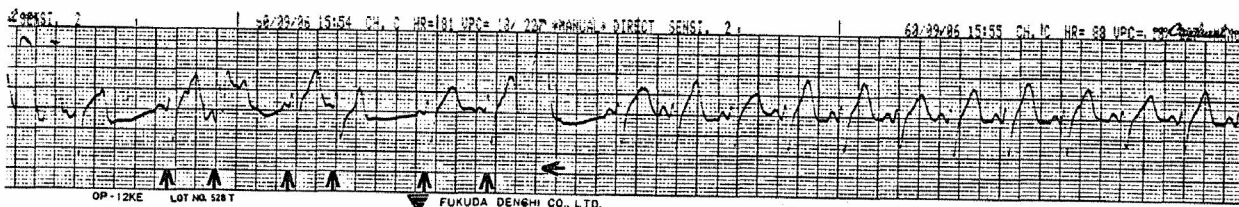


潜水終了  
中学1年生男子

図7 潜水中に心室性期外収縮(矢印)を認めた小児例



潜水開始



潜水終了

中学1年生男子

図8 潜水後に不整脈(矢印)の認めた小児例



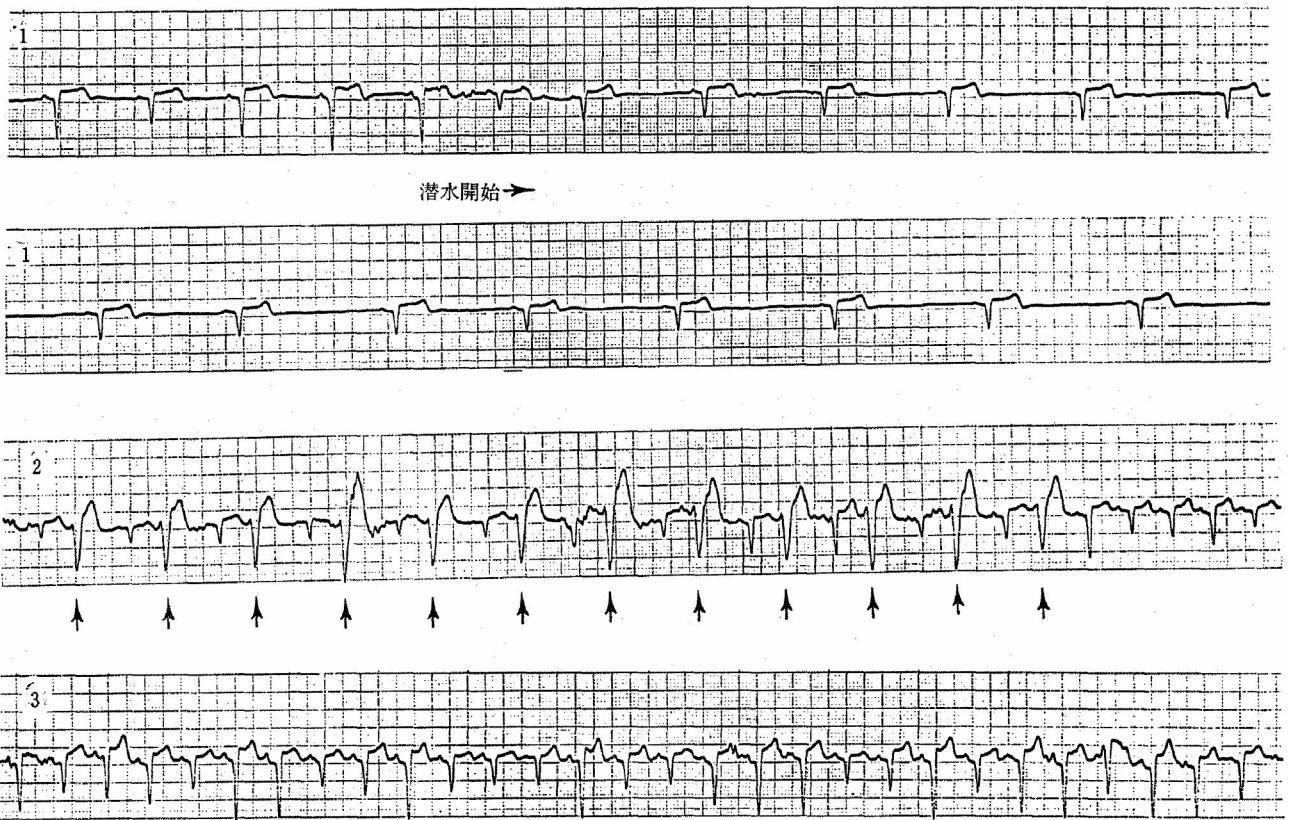


図9 水泳中(心電図2)に心室性期外収縮(矢印)の認められた成人例

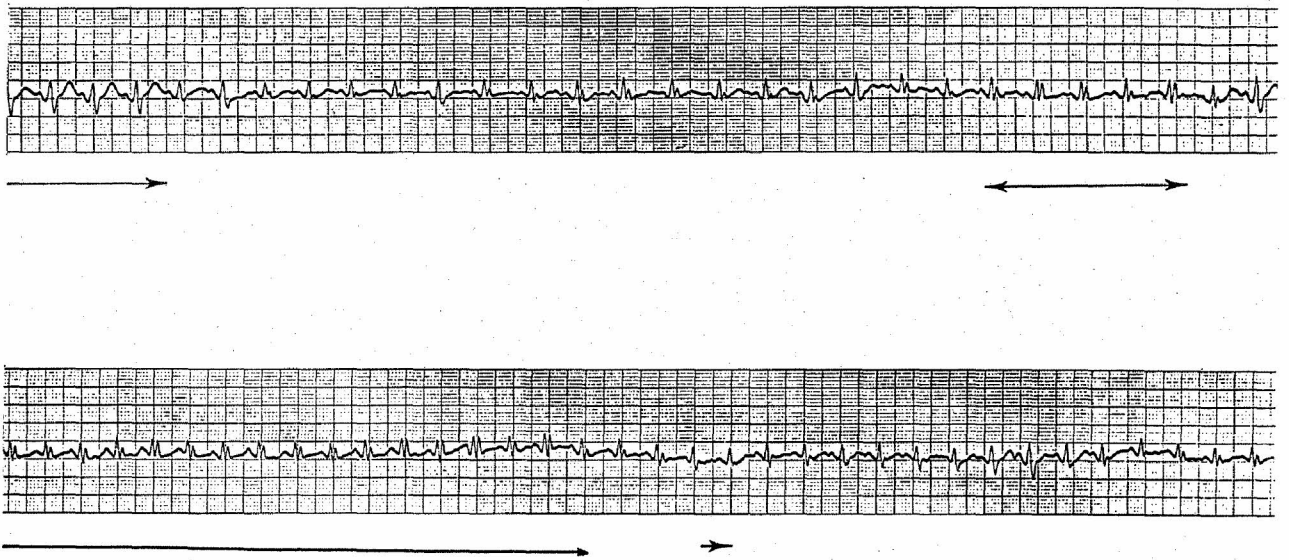


図10 水泳中にQRSパターンの変化した成人例

みられた。本人はまったく無症状であった。

症例 2, 3: 潜水中に心室性期外収縮を認められた例

症例は中学1年生と成人の各1例である(図

6, 7)

症例 4: 潜水後に不整脈の認められた例

症例は中学1年生の男子である(図8)。

症例 5: 水泳中に心室性期外収縮の認められた

例

成人の1例で潜水中は徐脈しかみられなかったが、水泳になり不整脈がみられた(図9)この例で、地上でジャンプ運動負荷心電図を撮ったが心室性期外収縮は出現しなかった。

症例6：水泳中にQRSパターン

成人の1例で、水泳中にQRSパターンが目まぐるしく変化した例があった(図10)。このQRSパターンの変化の原因は不明であった。

考 按

成人、小児の水泳中の諸心電図変化についての結果を述べる前に、今回の研究に用いた著者らのテレメータ方式による水泳中の心電図記録装置について簡単に解説する。これまでは、水泳中の心電図を記録する努力が数多くなされてきた。しかし、いずれの方法も被検者に著しい負担をかける方法で、具体的には皮膚にスプレー様のもの<sup>6)</sup>とか特殊なバンソーコで何重にも固定する方法<sup>7)</sup>がある。また同時にこれらの方法は大変に繁雑である。このようによい記録方法がなかったことより、水泳中の循環動態の研究、特に健康人の循環動態の研究は進んでいなかった。そこで、著者らは被検者に負担をかけず、簡単でよい心電図を記録できるような装置の開発に着手した。まず始めに心電図記録に必要な防水電極を作った。防水電極は合成樹脂で壁用吸盤形カバーを作り、内側上部に磁石を植え込み、コードを出した。皮膚にはフクダ電子社製マグネローデ電極をつけ、防水両面接着テープを用いて壁用吸盤形カバーとマグネローデ電極皮膚と固定、防水した。送信器はゴム袋を用いて防水した。

著者ら<sup>8-5)</sup>が開発しフクダ電子社より市販されるテレメータ方式による心電図記録装置は被検者に負担かけることがなく、小児でも水泳中の心電図を記録しえるようになった。なお、本装置は水泳中の心電図を記録する以外に表2に示したよう

表2 水泳中心電図記録装置の応用

1) 水泳中の循環動態の解明
→突然死防止
→心疾患学童の運動管理
→各種疾患の水泳トレーニングの計画
2) リハビリテーション, 入浴負荷心電図など
入水中のすべての循環動態の解明
→ホルター心電図計などの併用
3) 健康人またはスポーツ選手の健康管理とトレーニング管理

な利用方法がある。

水泳中の循環動態については、これまでも数多くの知見が報告されている。しかし、いずれの報告も真珠とり<sup>8)</sup>、水泳選手など<sup>9)</sup>特殊な対象をしたものであり多数の健康人、特に小児を対象としたものは、手元の文献で調べた範囲ではなかった。今回の報告は世界で最初と思われる。

今回得た知見について述べる。まず始めに飛び込み時の変化である。今回は飛び込みにより著しい心拍数の変化はみられなかったことは、著者らの予想に反した結果であった。この原因としては、今回著者らが行った方法はただ飛び込みをして、すぐに顔を水面上に出してしまい、数秒で負荷がとれてしまい循環動態に変化の生じない内に終了してしまうためと考えられた。

次に、潜水性徐脈について述べる。潜水性徐脈については古くより研究されており欧米ではScholanderら<sup>8)</sup>、本邦では田中ら<sup>10)</sup>の詳細な研究報告がある。潜水性徐脈の機序については(1)息こらえ(Breath Holding)(2)水圧による(3)寒刺激(4)鼻・口のWetting(5)顔面反射などの関与が考えられている。田中ら<sup>10)</sup>は息こらえの関与は少ないと述べている。今後、潜水性徐脈の機序・原因の確立が望まれる。さらに、徐脈化の程度は、Scholanderら<sup>8)</sup>は潜水前の心拍数の50%、田中ら<sup>10)</sup>は40%と報告しているが、著者らの今回の成績とはほぼ一致していた。次に潜水中の不整脈

である。Scholander ら<sup>8)</sup>は心室性期外収縮成人例、Idioventricular Rythmus 成人例を報告している。著者らの今回の成績でも不整脈例があった。しかも小児でも成人同様の変化がみられたことは新知見である。

次に、水泳中の心拍数の変化についてである。水泳中の心拍数は Hólmer<sup>11)</sup>の報告によると  $\dot{V}O_2$  と一致すると報告している。今回、著者らが行ったような連続的に心拍数、特に小児も含めては手元の文献で調べた範囲ではなかった。さらに、水泳中の心拍数は水温など諸条件により変化し、さらに泳ぎ方にも左右されることより、個人差の大きいことが予想され、成人ではこのパターンがみられた。

水泳後の心拍数の変化は、水泳後プールサイドにすぐに上がると一過性に頻脈になることが高頻度でみられた。この一過性頻脈の機序は水圧による負荷がとれるためと思われた。

以上の結果を臨床医学的に検討すると、健康成人、小児でも、一見安全そうに見える水泳中に不整脈や著しい徐脈を呈する例があった。このようなことより、現在水泳教室などに通っている人々も、一度は水泳中の心電図を記録し、安全性を確認する必要がある。幸にも簡単に記録し得ることよりシステムの確立が望まれるものである。

## 結 論

健康な成人40人、小児（中学生）40人、計80人の飛び込み時、潜水時、水泳時の心電図を連続的に記録し、心拍数の変化、不整脈について検討し以下の結果をえた。

- 1) 飛び込み時には心拍数の変化した例は1例もなく、不整脈の出現した例もなかった。
- 2) 潜水中の心電図変化として潜水性徐脈は成人、小児ともに、潜水前の約50%に心拍数が減少した。潜水中に心室性期外収縮の出現する例、著しい徐脈になる例があった。

3) 水泳中の心拍数の変化は、小児では水泳1分間まで増加し、以後一定化していた。成人では水泳後40秒まで増加し、以後一定化するパターンであった。心拍数には個人差があるようで、特に成人で著しかった。水泳中に不整脈の出現する例があった。

4) 水泳中の心拍数の変化をいわゆる正常値として経時的に出した。

5) 水泳後、地上に上ると一過性に頻脈となる例が高頻度でみられた。

以上、スポーツ医学的に水泳中の循環動態を検討したが、臨床医学的には、健康人の中にも水泳や潜水がかなり危険と思われる人がいることが判明した。このようなことより今後水泳などを行う人は水泳中の心電図を記録し、健康管理する必要性が明らかになり、そのシステム作りの必要性が明らかになった。

## 文 献

- 1) 高槻先歩他；成長期スポーツ障害としての斜指について、東日本スポーツ医学研究会誌，5：157—160（1983）
- 2) 日本学校健康会編；昭和57年度障害・死亡事故事例集，日本学校健康会，146—151（1985）
- 3) 浅井利夫他；水泳中の心電図変化に関する研究，日本小児循環器学会雑誌，1：28—34（1985）
- 4) Asai T.; A Development of ECG Recording System during the Swimming Exercise. *M.A. Journal*, 6：6—9（1985）
- 5) 浅井利夫；児童・生徒に対するメディカルチェックの必要性，*Japanese Journal of Sports Sciences*. 4：555—564（1985）
- 6) 浅沼義英他；全身水浸漬における多チャンネル ECG テレメトリングの開発，*医用電子と生体工学*，23：450（1985）
- 7) Deroanne R. et al.; Erogospirometry and Cardiac Telemetry Associated for the Determination and Control of Resistance Work during Swimming. *Biotelemetry*, 1：157—170（1974）
- 8) Scholander P.F. et al.; Circulatory Adjustment in Pearl Divers, *J. Appl. Physiol.*, 17：184—190（1962）

- 9) Frampton C. et al.; A ECG Telemetry System for Physiological Studies on Swimmers. *Bio-medical Engineering*, **11** : 87—90 (1976)
- 10) 田中英彦他；潜水性徐脈の機構に関する基礎的研究, 東京教育大学体育学紀要, **14** : 135—145 (1975)
- 11) Hólmer I.; Oxygen Uptake during Swimming in Man, *J. Appl. Physiol.*, **33** : 502—509 (1972)