

水泳中の心電図変化に関する研究 —特に心電図記録装置について—

(昭和59年11月6日受付)

(昭和60年1月22日受理)

金沢医科大学小児科

浅井 利夫 森田 正人 栗倉 眞

key words : 水泳中心電図, 水泳中心電図記録装置, 心臓病児の管理指導

要 旨

学童心疾患児の管理上, プール授業は小児循環器専門医がプールに入ってもよいと指導しても, 学校現場に入れてもらえないことがよく起こる. さらに学童の突然死の起こった場所をみると約1/4がプールなど水泳中である. 今日, 学童心疾患児がプールなどに入ってもよいかどうかの判断根拠は, 運動の消費エネルギー, 各種運動負荷心電図又は24時間心電図検査所見などより得た成績である. しかし, 水泳中には潜水性徐脈などのような特殊な変化もある. そこで学童が心疾患児のプール授業の安全性の確立, 突然死の原因究明の目的で, 水泳中, 特に飛び込みから水泳終了まで連続的に心電図を記録する装置の開発を試みた. 結果, 飛び込み時から水泳中の心電図を記録しえる防水電極及びシステムの開発に成功したので報告する. 記録した心電図はP波の判読も可能なものであった. なお, 若干の臨床例も合せ報告した.

はじめに

学童心疾患の管理状況をみると, 当然, 水泳授業を受けてもよい学童の4人に1人は水泳授業が受けられないでいることが, 著者ら¹⁾の調査で判明している. 一方, 軽症学童心疾患児が水泳授業を受けても安全であるという学問的根拠は, 各種の運動負荷心電図検査, ホルター心電図検査結果などに加え, 消費エネルギーの面より検討された結果の結論²⁾である. しかし, 水泳中の循環動態は潜水性徐脈³⁾のように, 水泳中に特異的な変化も数々見られる. このような特異的な変化に加え, 正常学童及び不整脈児などの水泳中の正確な変化が不明な今日, 軽症学童心疾患児の水泳中の安全性を, 実際に水泳中の心電図を記録して証明することは, より一層これまでの学問的根拠を確実にし, さらに水泳授業が受けられない児を, 1人でも減少させるのに, 有用でないかと考えた.

そこで, 著者らは, 飛び込み時を含めた水泳中学童

の心電図を撮ることを目的として, 研究を開始した. 水泳中の心電図記録で一番問題になる, 防水電極を作ることから始め, 新しい型の防水電極を開発し, 試用したところ, よい結果が得られたので報告する.

方 法

水泳中の心電図記録用電極として, 以下の5つの条件を満足する電極が必要であり, 種々の工夫をし試作した.

- 1) 防水性が確実な電極
- 2) 飛び込みなど水泳中の激しい運動に耐えられる電極
- 3) 長時間, 少なくとも50m以上の水泳に耐えられる電極
- 4) 取りつけが簡単で, 被検者に負担のかからない電極
- 5) 筋電図の混入, 基線の動揺などのない安定しQRSパターン, P波の判読が可能な心電図記録のみられる電極

いくつかの型の電極を試作し, 用いてみた. 実用化電極の第1号としては図1に示したような家庭で用いる

別刷請求先: (〒920-02) 石川県河北郡内灘町字大学
町1-1

金沢医科大学小児科学教室 浅井 利夫

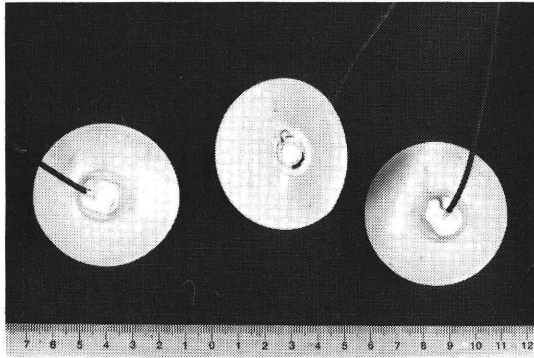


図1 試作した心電図記録用防水電極
(左右：外側，中央：内側を示す)

壁用吸盤と脳波電極を用いた電極を試作し、用いた。著者らの実験に協力してくれた成人被検者では、十分に満足しえる水泳中の心電図を記録することが出来た。しかし、高校生から小学生までの心電図記録を試みた所、対象の内には胸骨部がわずかに変形している児もいて、脳波電極部が強力な両面接着テープを用いているにもかかわらず、十分に皮膚に接着しない例や、接着が不十分で、水泳中に体動と共に皮膚と電極が離れてしまう例があった。

このような結果より、電極と皮膚の接着を安定させるために、フクダ電子社製小児用マグネローデを用いた実用化防水電極を試作した。

試作した防水用電極は、直径5.5cm、高さ2cmの家庭で用いる壁用吸盤の上部に穴をあけ、そこにマグネローデを埋め込み生じた穴の周囲を家庭又はフロ用の

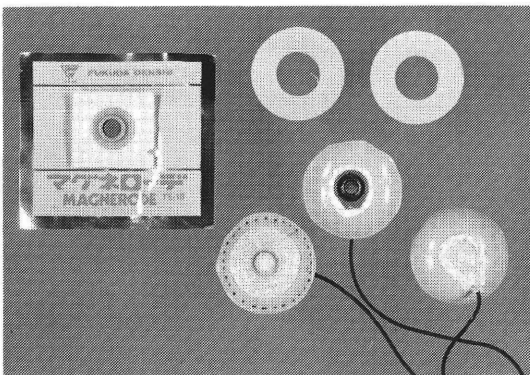


図2 実用化水泳中心電図記録用防水電極
左上段：皮膚につける小児用マグネローデ，右上段：両面接着テープ，右下段：防水電極，左：点線部に両面接着テープをつけマグネローデをつけた状態，中央：電極の内側，右：電極の外側

防水充てん剤で固定、防水した電極である(図2)。電極は3つよりなり内1つはアース用電極用である。

試作した防水電極を成人に装着し、プールで水泳をさせ、試用してみた。電極の固定方法は、まず始めに、電極を固定する胸骨正中線部をフクダ電子社製皮膚抵抗減少剤スキングリーナ OA-426にて十分前処置した。次に、小児用マグネローデを前処置した胸骨正中線上の皮膚に接着した。次に、防水電極部の内側の周

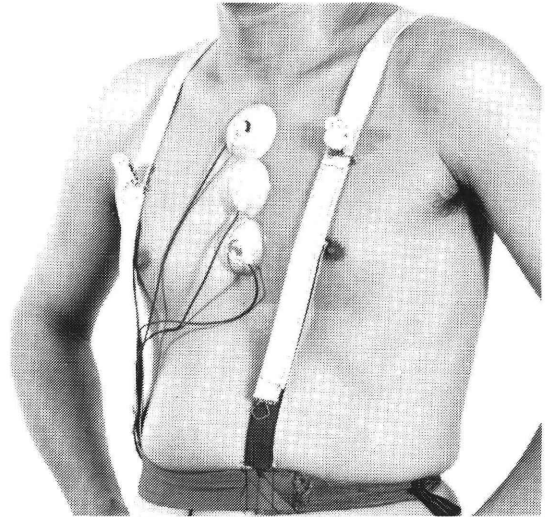


図3 被検者に電極，送信器，ジャケットを装着した正面像

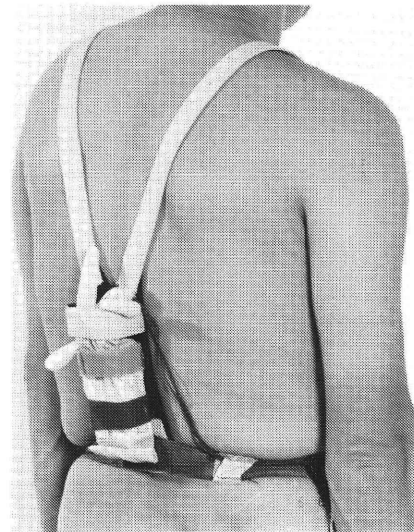


図4 被検者に電極，送信器，ジャケットを装着した背面像

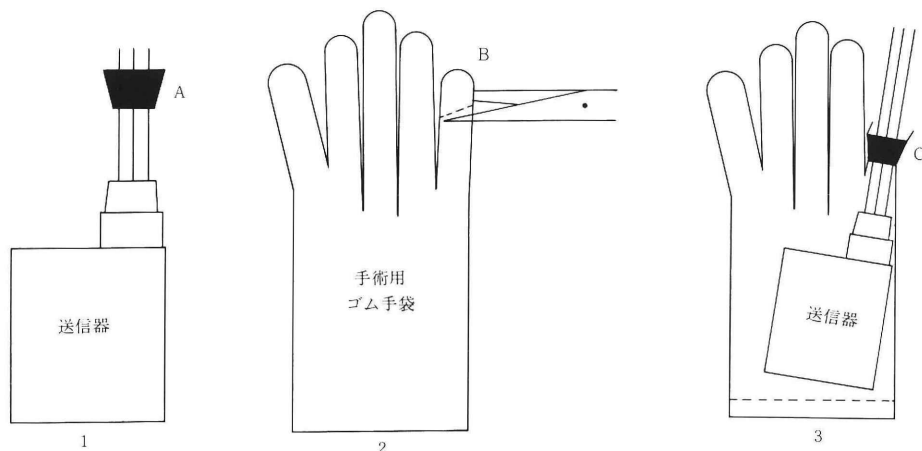


図5 送信器の防水

1. 送信器につけるコードをゴム栓の内を通したもの(A)を作る.
2. 手術用ゴム手袋の指の部分を取り取る(B).
3. 送信器をゴム手袋内に入れて、切り取った指にコードを通し、ゴム手袋とゴム栓部分を瞬間接着剤で固定防水.(C)、手袋の反対側も折曲げて瞬間接着剤で固定防水する.

冊に強力で、軟かい両面接着テープ(直径5.0cm, 穴径2.4cm)をはり、先につけたマグネローデ電極上に固定し、上から軽く圧迫し皮膚に固定した。マグネローデを装着する際に、電極が筋肉がほとんどない胸骨正中線上になるように注意した。電極を固定した後に、送信機及びコードなどを固定するジャケットを装着した(図3, 4)。

なお、送信器の防水は、手術用ゴム手袋を用いて防水した(図5)。

次に、対象として健康な高校生を選び、本人が出来るだけ長く潜水した潜水中及び25m平泳ぎの水泳中の心電図を開発した装置を用いて記録した。

記録された心電図について、潜水性徐脈と水泳中の心拍数の変化について検討した。

今回の実験で用いたその他の機器は、送信機はフクダ電子社製テレメーター用送信機, ST-17と、受信機はフクダ電子社製ダイナスコープを用いた。

受信器には筋電図除去用フィルターとして、25Hz 18dB/OCTを入れた。

結果

1) 装置の性能について

第1に、防水性と耐久性を検討した。この目的のために被検者に飛び込みをさせた所、飛び込み後も電極ははずれることもなく、防水性と耐久性があることが判明した。

第2に、長時間の使用に耐えられるかを検討した。

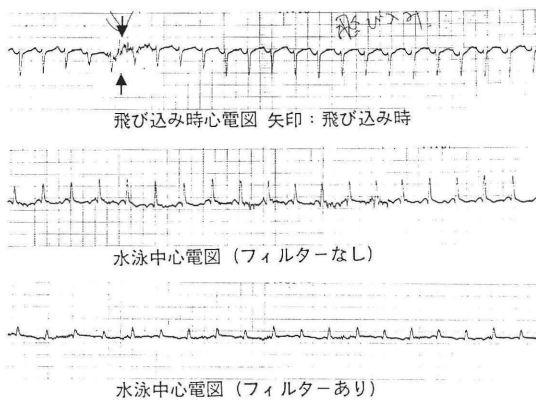


図6 記録した心電図

この目的のため、被検者を50m以上クロール、平泳ぎ等で泳がせた結果、1回の装着で50m以上泳いでも、電極ははずれなかった。

第3に、安定した心電図記録をえられるかを検討した。飛び込み時には、着水と同時に少し筋電図が混入すること、水泳中に人によって、特に泳ぎ方のへたな人で、大胸筋性の筋電図が少し混入するが、QRSのパターン、P波の判定は十分に出来、基線の動揺はほとんどなく記録しえた(図6)。

2) 潜水中及び水泳中の心電図

潜水で見られる潜水性徐脈について最も徐脈になった時の心拍数と潜水時間と潜水後の心拍数について15例の高校生を対象とし検討した。結果は図7に示した。

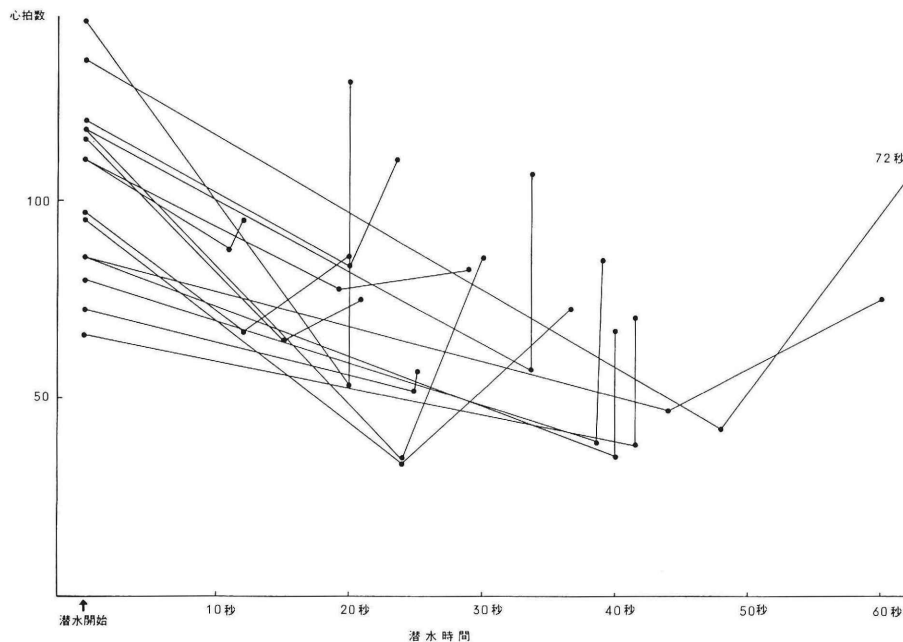


図7 潜水性徐脈（高校生）

注：各個人で第1点は潜水開始時の心拍数、第2点は最も徐脈になった時の時間と心拍数、第3点は潜水終了時の時間と心拍数を表現している。

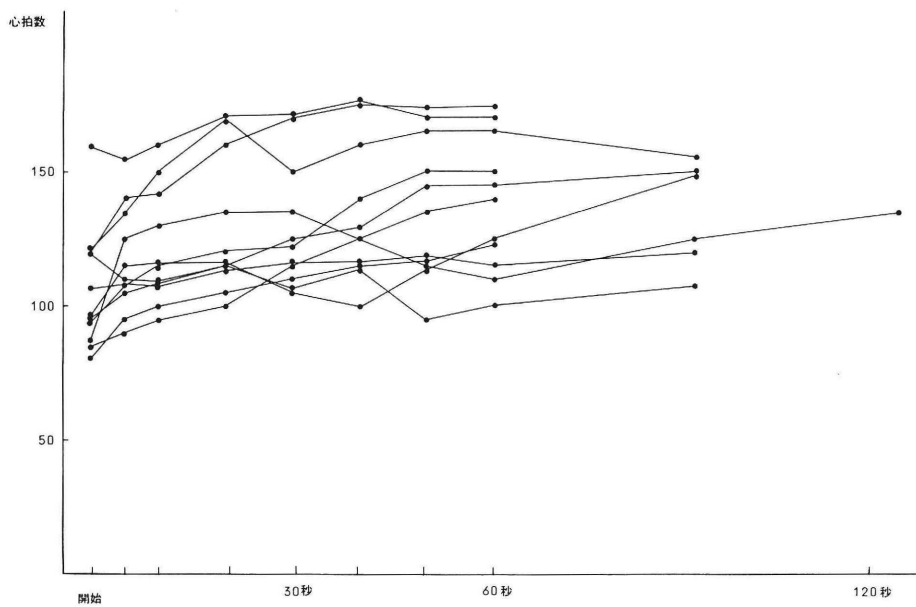


図8 水泳中の心拍数の変化（高校生）

潜水時間は、最も短い児で14秒、最も長い児で72秒と個人差が大きかった。潜水性徐脈は、潜水を始める前の心拍数より20～50%の減少が起こり、潜水性徐

脈の心拍数で最も徐脈になった例は、33/分であった。潜水後の心拍数をみると全例で心拍数は潜水前より徐脈であった。いずれにせよ、かなり個人差のある反応



図9 水泳中のみ期外収縮のみられた症例

1：潜水中の心電図で潜水性徐脈がみられる。2：水泳中にみられた期外収縮（2段脈）。3：地上で運動負荷をかけた時の心電図で期外収縮なし。

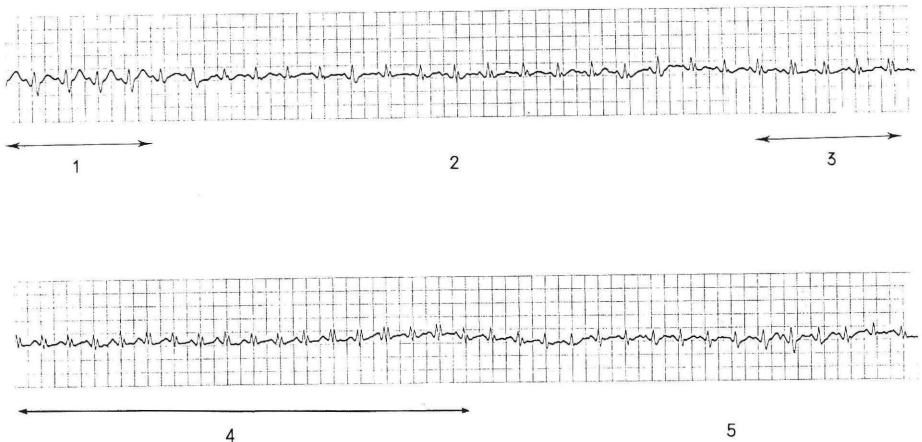


図10 QRSパターンが変化した症例

1：QRSパターンが変化する前にみられた基本QRSパターン。2：QRSパターンが一定しない部分。3，4：M型QRSパターンになった部分。5：基本QRSパターンにもどった部分。

であるようであった。

水泳中の心拍数の変化は、水泳開始後5秒、10秒、20秒、30秒、40秒、50秒、1分、1分30秒、2分の心拍数を11例で求め図8に示した。25m平泳ぎと全例同じ条件での水泳中の心拍数についても、潜水性徐脈同様に、かなり個人差があることが推定される結果で

あった。内でも、興味ある変化として原因を明らかにするような変化が観察されないのに心拍数が水泳の途中で減少する児が11例中4例で見られた。さらに、この対象の内でも興味ある例として水泳中のみ期外収縮（2段脈）がみられた例（図9）特別に水泳の変化もなく、平泳ぎを続けていたにもかかわらず、水泳中に

表1 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) 健康人又, スポーツ選手の健康管理とトレーニング管理 |
|--|

QRS パターンが変化した例 (図10) が各々1例ずつあった。

考 案

これまでに水泳中の心電図を記録する装置, 記録された心電図の検討についての報告⁴⁾⁵⁾はいくつかある。しかし, 電極については詳細に報告されたものはない上, 多くは絆創膏などで電極を胸壁に固定する方法で記録している。水泳中の心電図をとるための簡単に装着出来る特殊な防水電極を試作したという報告は, 著者らの調べた範囲ではなかった。

今回の試作した装置では, 既製の部品を集め作ったため, 条件の1)—4)は十分に満足したが, 5)については, 受信器に筋電図除去用フィルターを入れても対象泳ぎ方によっては, 若干の筋電図混入が見られた, 現時点でも十分に臨床応用しえるが, 今後, さらに実験を進め改良していくつもりである。

さらに, 小学生低学年用として, アース電極を耳に装着するシステムも開発中である。

臨床的に検討した潜水性徐脈, 水泳中の心拍数の変化については, どうも個人差が大きいようで, 正常児の反応を決めるには今回の対象数では少なく, 症例数を増す必要があることが判明した。但し, 症例として示したように, これまで考えられないような異常所見を示す例もあるようで, 今後, 症例数を示して検討するつもりである。

著者らの開発した防水電極の意義は, 冒頭に述べた研究目的ばかりでなく, 表1に示したように水泳中の循環動態生理の解明より, 小児の突然死の大きな原因の1つになっている飛び込み時, 水泳中の突然死の原

因究明にも役立つ可能性がある。このように小児循環器学領域ばかりでなく, 喘息児などの水泳トレーニングの有用性の報告もあり, 各種の疾患の水泳トレーニング, 小児の水泳スポーツ医学の分野でも用いることも出来る。さらに小児科領域ばかりでなく, 成人では入浴リハビリテーションなどの研究にも用い, より循環器系に負担のかけないリハビリテーション計画の立案, ホルター心電図と組み合わせ, 入浴中の心電図変化などにも応用することが出来, あらゆる条件での入水中の心電図記録が出来るということより, 広くその応用方法があると考えている。

結 語

水泳中の心電図を記録するための防水電極と関連するシステムを試作, 試用した所, 臨床応用可能な装置を開発したので, ここに報告した。

本文の要旨は第20回日本小児循環器学会 (松山1984年6月)にて報告した。なお, 本研究には, フクダ電子社北陸販売, 中谷靖博氏, 本田 健氏, フクダ電子社, 井上普勝氏, 東京都予防医学協会, 浦 清氏, NHK 金沢放送局, 隈本邦彦氏, 石川県西部プールの職員などの協力をえた。ここに, これらの諸氏に心より深謝する。

本装置については, フクダ電子社にて市販用として改良中である。

文 献

- 1) 浅井利夫: 心臓病児の学校での管理と実態, 東京都予防医学協会年報 (昭和55年度版) 東京都予防医学協会, 東京, 1982, p. 23—27.
- 2) 田中英彦, 藤田紀盛, 宮下 節, 斉藤和男, 徳田修司: 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部紀要, 14: 135—147, 1975.
- 3) 日本学校保健会: 学校心臓検診の実際, 予防医学事業中央会, 東京, 1980, p. 149—154.
- 4) Frampton, C., Riddle, H.C. and Roberts, J.R.: An ECG telemetry system for physiological studies on swimmers. Biomedical Engineering, 11(3): 87—90, 1976.
- 5) Deroanne, R., Leloup, M., Pirnay, F. and Petit, J.M.: Ergospirometry and cardiac telemetry associated for the determination and resistance working during swimming. Biotelemetry, 1(3): 157—170, 1974.

A Development of ECG Recording System During the Swimming Exercise

Toshio Asai, M.D., et al.

Department of Pediatrics, Kanazawa Medical University

Purpose

There has been very limited reports available regarding the status of cardiac functions during the swimming exercise, such as the reports of heart rates before & after the swimming. The lack of data was mainly due to the reason that there was no suitable method or devices to record the ECG during the swimming including diving activities continuously and conveniently. However, there has been a quite few accident cases of pediatric sudden deaths during swimming. It was needed to develop an ECG recording system to get clear ECG during the swimming in order to study the cardiac function, medical care of heart disease school children and to investigate the reason of those sudden deaths.

Method

The developed ECG recording system is using the telemetry system. The transmitter is inserted in a rubber bag to get waterproofed. The special electrode is consisted of 2 parts. One part is that a magnetic electrode is attached in the center of the wall sucher. The other part is a monitor electrode which is put on the swimmer's chest. The both parts are connected by using a strong dual-sided adhesive tape. The system employs 3 electrodes, the 3 electrodes are attached on the sternal center line.

Results

The system was tested by the various swimmers including 7 years old pediatric and adults who did 50 m or more swimming and diving. The results showed good durability and water proof characteristics of the electrode. The recorded ECG was a very good quality by showing clear P waves.

Conclusions

The developed system is very useful to study the cardiac functions during swimming. Also, it can be useful for various research fields including the medical research of the sport activities.
