

心電図電送と24時間対応、応答を組み合わせた新しい診断対応システムの有用性

Usefulness of the Newly Developed Transtelephonic Electrocardiogram and Computer-Supported Response System

島田 恵
赤石 誠
朝倉 恵子
馬場 彰泰
岩永 史郎
朝倉 靖
宮崎 利久
三田村秀雄
小川 聡

Megumi SHIMADA, MD
Makoto AKAISHI, MD
Keiko ASAKURA, MD
Akiyasu BABA, MD
Shiro IWANAGA, MD
Yasushi ASAKURA, MD
Toshihisa MIYAZAKI, MD
Hideo MITAMURA, MD
Satoshi OGAWA, MD, FJCC

Abstract

The "Cardiophone System" is a system designed to expand the relationship between patients and medical services using a transtelephonic electrocardiogram and computer-assisted answering system. The transtelephonic electrocardiogram, or so-called "Cardiophone", developed by Nihon Kohden, Inc., allows the patients to carry a "Cardiophone" to record electrocardiograms during paroxysmal occurrences of palpitation, chest pain, and other symptoms. The Cardiophone may function as a terminal of the host computer at the hospital, which stores the electrocardiogram and print it as soon as the computer receives the electrocardiogram over the phone. Cardiologists can examine the electrocardiogram immediately after it is printed. Cardiologists and operators are on duty 24 hours a day. Judgments based on the electrocardiogram are made by the cardiologist on duty, and stored in the computer by the operator. The patients may listen to the judgment over the phone within 30 min of sending the electrocardiogram. In the case of potentially lethal findings on the electrocardiogram, the cardiologist on duty calls the patient directly to give a medical advice.

We studied 184 outpatients who were enrolled in the Cardiophone System of our hospital. The average number of transtelephonic electrocardiograms was 10 per day. Abnormal electrocardiographic changes were observed in 42 patients, and the diagnoses were as follows: paroxysmal supraventricular tachycardia in 18 patients, paroxysmal atrial fibrillation in 17, ventricular tachycardia in 3, and angina in 7. Among seven patients in whom ST changes were documented by Cardiophone, six were diagnosed as variant angina. In several patients with diagnoses already made by Holter monitoring, the Cardiophone was used to monitor the drug effects and the correlations between symptoms and arrhythmic events.

We conclude that the Cardiophone System is useful for diagnosing the causes of paroxysmal cardiac symptoms in some patients and for improving home medical services.

Key Words

diagnostic techniques, electrocardiography, Cardiophone, transtelephonic electrocardiogram, 24-hour-support system, computer-assisted instruction

慶應義塾大学医学部 呼吸循環器内科・中検心機能室：〒160 東京都新宿区信濃町 35

Cardiopulmonary Division, Department of Internal Medicine and Laboratory Medicine, Keio University School of Medicine, Tokyo

Address for reprints: SHIMADA M, MD, Cardiopulmonary Division, Department of Internal Medicine and Laboratory Medicine, Keio University School of Medicine, Shinanomachi 35, Shinjuku-ku, Tokyo 160

Manuscript received January 17, 1996; accepted January 23, 1996

はじめに

不整脈や心筋虚血発作の診断率は Holter 心電図の普及により向上した。しかし、発作頻度が少ない症例では Holter 心電図では発作をとらえられない場合が多く、診断困難なことがまれではない。また、発作を起こしてもその場で診断されるわけではなく、即座対応が必要な心疾患の場合、対応が遅れてしまうこともありうる。そこで、われわれは心電図電送と 24 時間対応、応答を組み合わせた新しい医療システムを考案し、日本光電の協力を得て開発した。

本システムは新しく開発された携帯型心電図記憶電送装置(カルジオフォン)、ホストコンピューターと病院の診断チームから構成されている。このカルジオフォンは小型で常時携帯が可能で、発作時の心電図を患者自身が簡単に記録し、ただちに電話で送信することができる。そして、病院側の診断チームによる迅速な診断により即座対応が可能である。本研究では、カルジオフォンシステムを運用することにより、心疾患の診断精度の向上および在宅医療への応用の可能性を検討し、更なる改善のために本システムの問題点を明らかにすることを目的とした。

対象と方法

1. カルジオフォンについて

カルジオフォンは縦 105 mm、横 58 mm、厚さ 18 mm の大きさで、重量 120 g の小型で軽量の携帯型心電図記憶電送装置である (Fig. 1)。本装置は心電図記録用のボタン、送信用のボタン、および回答を聞くためのボタンの 3 つのボタンを有しており、装置の裏には送信用の音響カプラーがある。また、本体の左右には陰極の電極を、上側には陽極の電極を有している。患者が右手で本体の左右の電極を持ち、上側の電極を左手に当て記録ボタンを押すと、肢誘導の第 I 誘導が記録できる。患者が右手で本体の左右の電極を持ち、上側の電極を前胸壁に当て記録ボタンを押すと、胸部誘導類似の双極誘導 (V_s 相当) を記録することができる。原則として、不整脈が疑われる症状を有する患者には肢誘導を、心筋虚血が疑われる症状を有する患者には胸部誘導を記録するように指導した。

記録ボタンを 1 回押すことにより 30 秒間心電図を記録ことができ、また 30 秒間の記録を計 4 回まで

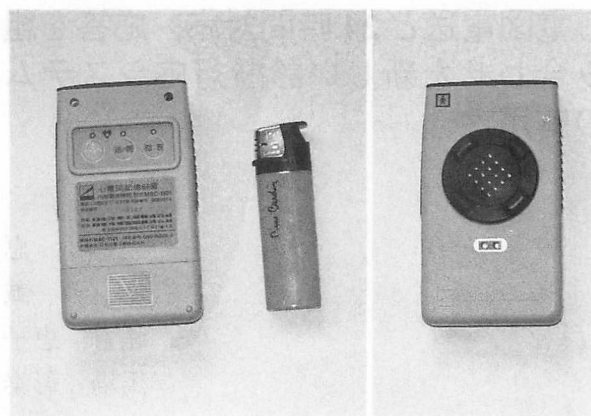


Fig. 1 Photograph of the Cardiophone
A: the front, B: the back side

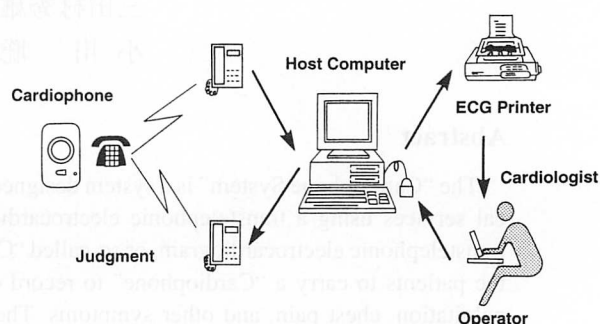


Fig. 2 Schema of the Cardiophone System

記憶可能である。患者は自覚症状を認めた場合、前述の方法ですぐに心電図の自己記録を行う。記録した後に、患者は電話回線を用いて、最寄りの電話から病院のホストコンピューターへ心電図を電送することができる (Fig. 2)。心電図の電気信号は周波数変調によりカプラー信号に変換され、電話回線を通じて患者の ID 番号とともにホストコンピューターに入力される。そして、自動的に着信を示す合図と同時に、心電図がプリントアウトされる。患者から送られてきた心電図を、オペレーターは 24 時間体制で待機している医師のもとへ届ける。医師は心電図を判読し、また患者の臨床背景を患者ファイルで閲覧しながら、最終診断を行う。医師は Table 1 の回答の中から患者へ送る回答を選択する。もし、患者と会話をしたほうがよいと判断される場合には、患者が事前に登録しておいた電話番号へ直接医師から電話をする。回答が選択された場合には、オペレーターはその回答をホストコンピューターに入力する。患者は再度センターに電話をしてコ

Table 1 Judgment comment of the Cardiophone

01	心電図に特に異常ありません。症状があれば再度記録してください。
02	心電図に特に異常ありません。次回の外来でご相談ください。
03	記録状態が不良です。もう一度記録し直して送ってください。
04	軽度の不整脈ですが、危険ではありません。様子を見てください。
05	不整脈があります。症状が強ければ病院へおいでください。
06	危険な不整脈ではないが脈が早いようです。1時間後再送してください。
07	不整脈があります。今すぐ病院においでください。
08	不整脈持続の様子。午前中外来へ来るか、症状が強ければすぐ病院へおいでください。
09	不整脈が認められます。1週間以内に主治医の外来へおいでください。
10	心電図に異常があります。舌下錠を試し5分後に再送してください。
11	狭心症が疑われます。今すぐ病院へおいでください。
12	心電図に異常ありませんが、念のため、明朝外来へおいでください。
13	心電図に異常ありませんが、1週間以内に主治医外来を受診してください。
14	今すぐ医師とお話してください。電話番号は3353-1211内線2525です。
15	今すぐ医師とお話してください。電話番号は3353-1217です。
16	機械が不調のようです。平日の日中にお持ちください。
17	電池が消耗しています。交換してください。
18	心房細動が出現。対処法を実行するか症状が強ければ病院へおいでください。
19	発作性頻拍が出現。対処法を実行するか症状が強ければ病院へおいでください。

ンピューターにより回答を聞くことができる。患者はとくに緊急の事態ではない限り医師と話をしなくてもよいので、気楽に心電図を送ることが可能である。

2. 対 象

対象は1992年11月-1995年7月の期間、当院外来でカルジオフォンを使用した184例である。性別は男92例、女92例で、年齢は17-82歳(平均51.2±15.8歳、男51.4±14.8歳、女51.0±17.0歳)であった。外来受診時の主訴は動悸106例、胸痛49例、失神9例、脈の不整16例、めまい6例であった。またカルジオフォンを貸与した時点で基礎心疾患が明らかなものは33例で、その内訳は狭心症6例、陳旧性心筋梗塞9

例、弁膜症3例、肥大型心筋症3例、拡張型心筋症1例、WPW症候群11例、また基礎心疾患が不明な例は151例であった。

3. 利用状況の検討

1995年6月1日-7月31日の期間、当院コンピューターに入力された記録より、平均利用件数および時間帯別の利用状況を検討した。また、併せてシステム稼働に必要とした医師およびオペレーターの参加人数についても検討した。

4. 診断確定への有用性

登録された184例の記録より異常の有無を検討し、不整脈および冠動脈疾患の診断の検出能、診断までの期間、Holter心電図診断との比較を検討した。

結 果

1. カルジオフォンの利用状況

1995年6月と7月の全送信件数はおおの296件、306件で、平均利用状況は10件/日であった。時間帯別利用状況は、Fig. 3に示すように、1日のうち朝7-9時台と夕方17-19時台の2つのピークが認められた。また電送心電図の90%以上は正常であり、同一の患者が何回も電送することもあった。病院側は夜間当直を含めて医師24人/月、オペレーター18人/月が参加した。

2. 診断結果

カルジオフォンで異常を検出できた症例は184例中42例(23%)であった。異常例には単発の期外収縮のみの症例は除外した。その結果、不整脈では一過性心房細動18例(9%)、発作性上室性頻拍17例(9%)、心室頻拍3例(2%)が検出できた。なお、心室頻拍の症例はいずれも非持続性のもので緊急を要するものは認められなかった。一方、ST変化は7例(4%)に認め、ST上昇6例、ST低下1例であり、それぞれ異型狭心症、不安定狭心症の症例であった(Fig. 4)。

Fig. 5は、カルジオフォンからの心電図により患者に緊急連絡を取り速やかに対応することが可能であった症例の電送心電図の記録である。本患者は胸痛を主訴に当院外来に通院していた31歳の男性である。Holter心電図などの検査で診断が困難であったため、

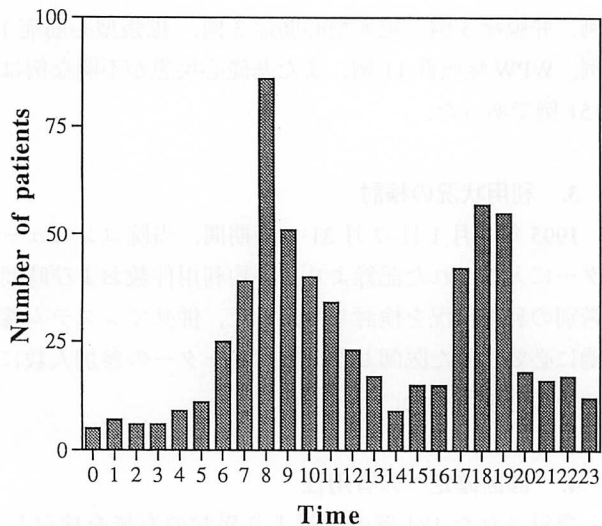


Fig. 3 Frequency of Cardiophone calls

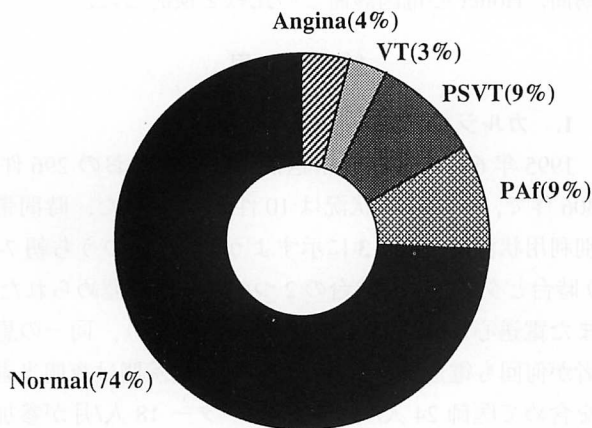


Fig. 4 Diagnoses of abnormal recordings

PSVT=paroxysmal supraventricular tachycardia; PAF=paroxysmal atrial fibrillation; VT=ventricular tachycardia.

カルジオフォンを使用した。Fig. 5 に示すように、胸痛発作時にカルジオフォン使用により電送された心電図でST上昇の所見を認めた。ただちに入院し、Ca拮抗薬による治療が行われた。当院入院後、心臓カテーテル検査でacetylcholine 負荷テストが陽性であり、異型狭心症と診断された。

3. 異常 42 例の検討

カルジオフォンで不整脈を検出しえた 35 例中 9 例は、Holter 心電図によっても同一不整脈を検出しえた。その内訳は発作性上室性頻拍 2 例、一過性心房細動症例 7 例で、いずれも発作頻度の高い症例であった。一方、心室頻拍、狭心症症例では外来施行時の Holter 心

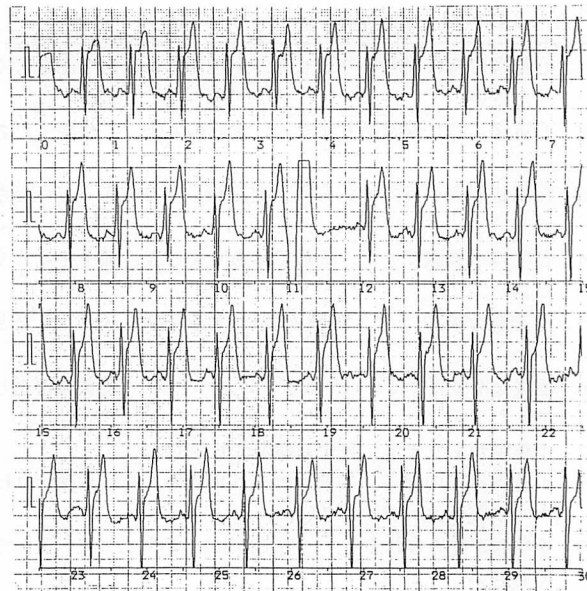


Fig. 5 Electrocardiographic recordings from the Cardiophone in a case of variant angina

電図では異常を検出できなかった。これらの発作頻度はいずれも低かった (Fig. 6)。

Holter 心電図で診断がなされた不整脈例においてもカルジオフォンは使用された。その場合には、患者が今生じている発作がなんであるかを正確に知り、医師によりあらかじめ教育されている対処法を実行するための指針として利用されていた。

4. 診断までの日数

異常例 42 例中、検討が可能であった 33 例の平均診断期間は 2.1 ± 2.7 カ月 (0.1-11 カ月) で、カルジオフォン使用から 2 カ月以内に 27 例で診断ができた。しかし、6 例では 3 カ月以上経過してからカルジオフォンで異常が検出された (Fig. 7)。

考 察

本研究では、カルジオフォンシステムを運用することにより、Holter 心電図では検出しえないような頻度の少ない不整脈や心筋虚血を検出することが可能になり、診断精度の向上に有用であったことが確認された。また、呈示した症例のように速やかな診断により患者へ連絡し、緊急対応が可能なること、すでに Holter 心電図で診断された不整脈に関しては治療面でも応用が可能であることという本システムの有用性が示唆された。

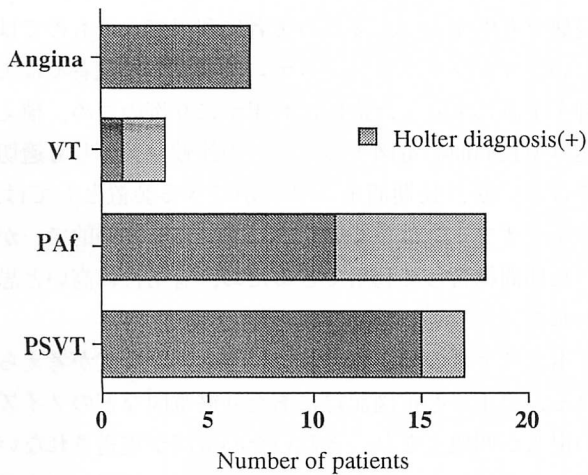


Fig. 6 Frequency of the patients who had the episodes detected by Holter monitoring among the patients who had the episodes detected by the Cardiophone
Abbreviations as in Fig. 4.

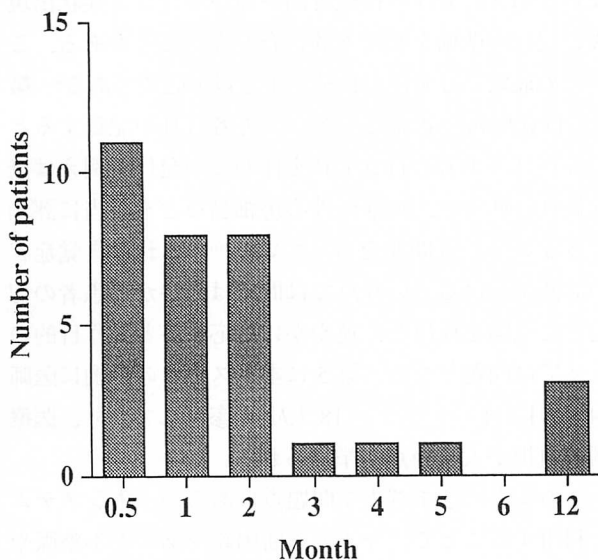


Fig. 7 The time period required for obtaining the abnormal records

動悸や脈の不整を主訴とする外来患者の不整脈診断はHolter心電図の普及により向上したが³, 発作頻度が少ない症例では必ずしも診断は容易ではない。Fig. 4に示したように, カルジオフォンの使用によりHolter心電図では検出できなかった不整脈の診断が可能となった。不整脈の内訳は発作性上室性頻拍, 発作性心房細動, あるいは心室頻拍といった頻拍性不整脈である。これはカルジオフォンを使用した外来患者の主訴のうち, 動悸を訴えて行った患者が106例と多いためと考えられた。一方, 本装置により不整脈を検出した症例の中には, すでにHolter心電図により不整脈が診

断されていた患者も含まれていた。このような症例では, カルジオフォンが不整脈の診断のために用いられたのではなく, 不整脈発作が起きたときに, 患者がその不整脈がどのような不整脈であるかを認識し, 適切に対処するための手段として使用されていた。具体的には, 患者は不整脈を感じたときに, カルジオフォンを使用するように指導されていた。さらにその不整脈が単なる上室性期外収縮の頻発であれば, なんにもせずに経過をみるように, 心房細動であれば, あらかじめ患者に手渡された抗不整脈薬を頓服するように説明されていた。また, 別の例ではWPW症候群で, 発作性上室性頻拍が出現したときに, それが幅広いQRSの発作か狭いQRSの発作かをカルジオフォンで知り, 幅が狭い上室性頻拍であればCa拮抗薬を頓服し, 幅が広い上室性頻拍であれば来院するように指示されていた。従来までの外来での電話電送心電図は, ペースメーカー植え込み後や心筋梗塞の診断, 不整脈の検出などに利用されることが多いとされている¹⁻³が, 本システムでは24時間いつでも対応できるため, 患者自身の積極的対応も可能とした。

胸痛を主訴とする患者で狭心症が疑われた場合は, 通常トレッドミル運動負荷テストが施行され, この方法は労作性狭心症の診断に有用である。一方, 冠攣縮による異型狭心症の場合には, このような運動負荷試験では検出できない場合が多く, 患者の病歴から推測する以外にいい方法がない。本システム使用によりST変化は7例に認められ, うち6例は異型狭心症の症例であった。労作性狭心症の症例が少なかったのは, 問診で診断がつき, 対応する心電図変化はトレッドミル運動負荷心電図により検出されるためと考えられた。一方, 異型狭心症は非典型的な胸痛の訴えが多いため, 他検査で検出するのは困難なことが多く, 本システムのよい適応と考えられ, これは過去の報告とも一致するものであった⁴。

カルジオフォン使用による24時間対応のシステムは, ST上昇などの緊急時にはすぐに医師が患者と電話連絡することにより迅速に判断ができ, さらに患者に対する指示を早期に与えることが特徴である。呈示した症例のように, 緊急対応が必要な場合は, とくにこのカルジオフォンシステムは有用であると考えられる。また本システムでは, 病院側のコンピューターの自動着信システムを導入することにより, 医師が判断

した回答を患者が電話でコンピューターによる音声で聞くことができるため、患者は医師と直接話さなくてもよい。このため患者は受診行動の抑制なく、気軽に本システムを利用することができ、在宅患者の不安の解消に役立ち、ひいては在院日数の短縮につながるものと期待される。

本研究で対象とした184例中142例では、症状出現時のカルジオフォン記録で不整脈や虚血性変化を認めず、正常と判定された。患者は症状と心電図変化の整合性を心電図を電送してすぐに正すことができるため、心疾患の診断のみでなく、在宅患者自身の不安の解消にも有用であると考えられた。

カルジオフォン利用開始から診断までの期間は、半数以上が2ヵ月以内であった。しかし診断まで3ヵ月以上かかった例が6例認められた。これらの症例では発作頻度が少なく、従来のようなHolter心電図による診断方法では検出不能と考えられた。また、Holter心電計を携帯する不便さも併せ考えれば、カルジオフォンの有用性は高いと考えられた。

患者が携帯して症状発現と同時に心電図を撮るという機械は、ハートコーダー心電計といわれ、テープレコーダーを応用したものが20年前から開発されており、その有用性についても報告がある^{5,6)}。また、現在でも同様なものが各種市販されている。とくに最近ではICメモリーを利用しループ機能を有する装置も開発され、不整脈の診断に役立っている⁷⁾。これらの装置は電極を常時体に着けていなくてはならないという不便さを有しているが、脈の欠滞など、一瞬にしか出現しない自覚症状の検出には役立つものである。多くの場合、治療対象となるのはある程度連続して出現する不整脈や数分間持続する胸痛であるため、四六時中、患者に電極を装着するデメリットを考慮すると、カルジオフォンのほうがより実用的であると考えられる。

近年、植え込み型長期間心電図モニターが、診断困難な失神の診断に有用であることが報告された⁸⁾。この論文では、Holter心電図、ヘッドアップチルト試験、電気生理学的検査を施行しても原因を確定できなかった16例の失神患者を対象として皮下に心電図モニターを植え込み、植え込み後4.4±4.2ヵ月後に15例に失神の再発が認められ、診断が可能であったとしている。この方法はカルジオフォン同様、長期間のモニターに有用な方法であるが、心電計を皮下に植え込む

侵襲を考慮すると、多くの患者に利用できるものではない。カルジオフォンシステムに登録した患者では失神を主訴に来院した症例はわずかに9例のため、植え込み型長期間心電図モニターとの比較は必ずしも適切ではないが、長期間モニターができる装置としては、カルジオフォンは多くの患者において非侵襲的で、かつ長期間携帯して利用できるため、有用性は高いと思われた。

本システムの問題点として以下のような点が考えられる。第1に心電図記録にあたり筋電図などのノイズの混入が問題となり、きれいな心電図が電送されない場合がある。このため、カルジオフォン使用には患者の多少の熟練が必要となる。第2に誘導が1ヵ所であるため、STの変化を見逃す危険を有している。この点については今後さらに検討を加えていかななくてはならない。第3に発作の持続時間が短い場合は、症状出現後に記録の準備をしても間に合わないことがある。このため最低でも発作の持続が1分以上必要である⁹⁾。第4に自覚症状を認識してから、患者自身が記録するという点は、患者の自覚症状を伴わない発作、例えば無症候性心筋虚血、無症候性心房細動などを正當に評価できないという問題を有している¹⁰⁾。これは自覚症状の診断をつけるという点では問題はないが、患者の切迫した危険を検出し、速やかに対応するという目的のうえでは問題となる。第5に本システムの稼働に医師24人/月とオペレーター18人/月が参加しており、医療側の負担が大きい点が挙げられる。

このようにさまざまな問題点はあるが、本システムを利用することで、今まで診断困難であった不整脈や狭心症の診断が可能となり、治療面でも応用が期待され、カルジオフォンが開発された意義は大きい。今後はいくつかの問題点を勘案し、1) 症状をコード化して自動的に送信できる端末の開発と、2) 単一の施設のみで対応するシステムでは採算の点で限界があることより、3) システムを大きくしてセンター化し、採算がとれる方法、4) 保険によるバックアップの可能性などを検討していく予定である。

結 論

カルジオフォン使用症例184例を対象に検討し、42例で異常を検出できた。不整脈症例では他検査で検出困難な頻拍性不整脈の検出に有用であり、また冠動脈

疾患では異型狭心症 6 例の診断に有用であった。カルジオフォン利用で 24 時間体制を維持するには医療側の負担は大きい。心疾患の診断精度の向上および在宅医療の促進に有用なシステムであり、かつ ST 上昇

などの緊急時にも遅延なく患者と連絡がとれ、心疾患患者の診断対応にふさわしい方法と考えられる。よって、今後積極的に開発していくべき手段であると結論した。

要 約

われわれと日本光電で共同開発したカルジオフォンシステムは、患者が携帯する心電計(重量 120 g)により自己収録した心電図を病院のホストコンピューターへ電話電送し、病院の 24 時間体制の医師がただちに判読、指示を作成し、自動着信システムで診断された内容を音声回答できるシステムである。患者は医師と話をしなくても結果を知ることができるので、胸部症状を感じたときに、気軽にいつでも心電図を記録送信可能である点が特徴である。

本研究ではカルジオフォンシステムにエントリーした 184 例を対象として、心疾患の診断精度の向上、および在宅医療への本システムの有用性を検討することを目的とした。送信件数は平均 10 件/日であった。診断に有用であった症例は 42 例であった。

不整脈症例では、発作性上室性頻拍、一過性心房細動、心室頻拍などの頻拍性不整脈の診断に有用であり、Holter 心電図ですでに診断されていた一部の患者では、治療の指針として利用された。冠動脈疾患では異型狭心症 6 例の診断に有用であった。診断確定までの日数は半数以上が 2 ヶ月以内であったが、3 ヶ月以上経過して異常を検出できた症例も認められた。ST 上昇などの緊急時には、医師が患者と直接連絡を取ることで対応することが可能であった。

本システム稼働には医療側の負担は大きい。心疾患の診断精度の向上、治療への応用、緊急時対応という点で有用なシステムであると考えられた。

J Cardiol 1996; 27: 211-217

文 献

- 1) Rubin JW, Ellison RG, Moore HV, Pai GP, Frank MJ, Killam HAW : Influence of telephone surveillance on pacemaker patient care. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; **79** : 218-226
- 2) Hasin Y, David D, Rogel S : Diagnostic and therapeutic assessment by telephone electrocardiographic monitoring of ambulatory patients. *Br Med J* 1976; **11** : 609-612
- 3) Kereiakes DJ, Weaver WD, Anderson JL, Feldman T, Gibler B, Aufderheide T, Williams DO, Martin LH, Anderson LC, Martin JS, McKendall G, Sherrid M, Greenberg H, Teichman SL : Time delays in the diagnosis and treatment of acute myocardial infarction: A tale of eight cities : Report from the pre-hospital study group and the Cincinnati heart project. *Am Heart J* 1990; **120** : 773-779
- 4) Ginsburg R, Lamb IH, Schroeder JS, Harrison DC : Long-term transtelephonic electrocardiographic monitoring in the detection and evaluation of variant angina. *Am Heart J* 1981; **102** : 196-201
- 5) Uhley HN : An inexpensive portable ECG transmitter. *Am Heart J* 1975; **90** : 607-610
- 6) Uhley HN : A low cost ECG cassette tape library. *J Electrocardiol* 1976; **9** : 191-192
- 7) Brown AP, Dawkins KD, Davies JG : Detection of arrhythmias : Use of a patient-activated ambulatory electrocardiogram device with a solid-state memory loop. *Br Heart J* 1987; **58** : 251-253
- 8) Krahn AD, Klein GJ, Norris C, Yee R : The etiology of syncope in patients with negative tilt table and electrophysiological testing. *Circulation* 1995; **92** : 1819-1824
- 9) Reiffel JA, Schulhof E, Joseph B, Severance E, Wyndus P, McNamara A : Optimum duration of transtelephonic ECG monitoring when used for transient symptomatic event detection. *J Electrocardiol* 1991; **24** : 165-168
- 10) Grodman RS, Capone RJ, Most AS : Arrhythmia surveillance by transtelephonic monitoring : Comparison with Holter monitoring in symptomatic ambulatory patients. *Am Heart J* 1979; **98** : 459-464