

医療とコンピュータ

Vol.13 No.11

株式会社日本電子出版

<http://www.epj.co.jp/medcom/>

家庭用伝送心電図の診断精度 「うらら」システムの第1誘導での評価

小沢友紀雄、托哈依加孜那、笠巻裕二

日本大学医学部内科学講座内科II部門

KEY WORD 家庭用心電計、在宅健康管理ネットワークシステム、ホームドクター「う・ら・ら」

背景

心電図はひと昔前までは特殊な検査法として、主として循環器専門医が関与するものであったが、最近では健康診断をはじめ、広い分野で利用される一般的な検査法になった。その背景には、心電図検査の簡便性と再現性の良さがあり、また技術の発展による機器の小型化と自動化などがある。

また、従来患者を対象として病院や診療所を中心に行われていた心電図検査が、携帯用伝送心電図の開発により病院外の任意の時空間においても可能になりつつある。更に、健康者を含めた日常生活中における健康管理を目的とした家庭用心電計の開発があり、将来は「家庭用血圧計」と同様に「家庭用心電計」が普及する時代になると思われる。

しかし、ここで注意すべきは生体の心電情報を如何に正確に検出し、信号化し、評価するかである。その方法論は、心電図検査の目的や方法により差が生じるのは当然である。心臓の活動電位の経時的変化を体表の電場から誘導して増幅記録する通常的心電図は、ミリボルト単位の電位差の変化をみたものであるが、マイクロボルト単位的心電現象を検討しようとする方法論もある。また、通常的心電図がわずか10秒前後の記録の検討であり、それを補うために日内変動や日差変動などの時間軸上の変化や、ある時間内の所見の定量化などのために長時間心電図（ホルター心電図など）があり、最近ではいつでもどこでも検討できる携帯用伝送心電計が開発されている。

すなわち、コンピューター技術の進歩により、心電図信号処理がミリボルト単位からマイクロボルト単位まで、またミリ秒単位から年余の長期間に渡るまで、あるいは2次元から3次元表示や多種の周波数解析法などに至る数多くの手法が開発されている。

このような数多くの心電図信号処理の方法では、その目的に応じた体表からの誘導法にも種々の工夫がなされている。当然のことであるが、体表からの誘導点が多いほど心電情報が多く診断精度が高まるが、あまり多過ぎると日常検査として煩わしく現状では12誘導が標準心電図になっている。

被検者が自分で記録する家庭用心電計や携帯用心電計では、機器の取り扱いの簡便さは勿論、誘導数もなるべく少くして、一つの誘導で検討するものが多い。この場合、心疾患の患者では最初から特定の誘導を選択することもあるが、一般人を対象とした健康管理システムではある定められた誘導のみで評価することが多い。では、一つの誘導のみの検討で日常の心臓の健康管理を行うことの妥当性はどうか？

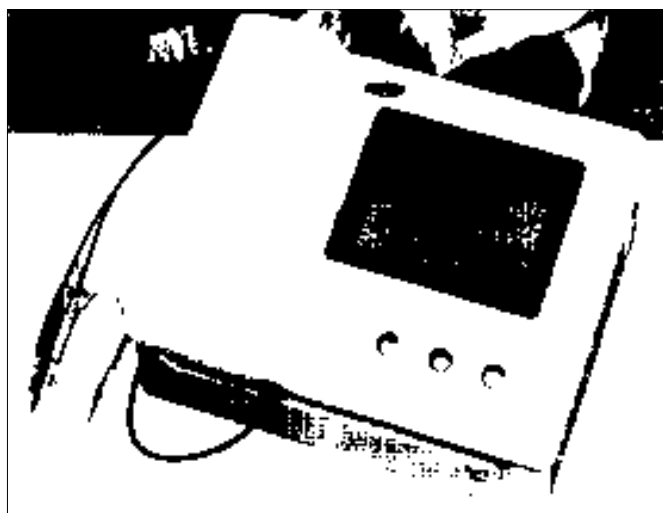


図1 「うらら」システムの端末機

心電計の誘導コードが下方から出て、右手首と左手首に挟む2つの電極が見える。左側に血圧測定用のマンシェットが入っている。



図2 うらら健康づくりサポートセンター

スタッフ達がネットワークを通じて送信されてきたデータを解析、整理し、報告書を作成する。また、被検者へ送信するための健康に関するメッセージを作成している。

目的

現在、家庭用心電計として全国の市町村を中心として圧倒的に多く使用されているのが、在宅健康管理ネットワークシステム「うらら（ナサ・コーポレーション）」であり、血圧計など他の機能とともに組み込まれた心電計は第Ⅰ誘導を標準としている。我々は本システムを使用する機会を得たので、「うらら」の心電計の第Ⅰ誘導のみの記録でも、「家庭用心電計」として十分に日常生活における心臓健康管理が可能であるという仮説を立て、12誘導心電図を標準として検証した。

方法

「うらら」システムの概要

在宅健康管理ネットワークシステムであるナサ・コーポレーションのホームドクター「う・ら・ら」（「うらら」と略す）は、心電計・血圧計・問診機能・その他の生体情報収集機能、などを備えた移動可能な生体情報測定ユニットと、データを自動的に伝送する通信電源ユニットから構成されている端末機（図1）を家庭内に設置し、各市町村などの保健関係のセンターのホストコンピュータとNTT回線などのネットワークを通じて接続されている。また、それらの各センターをサポートする「うらら健康づくりサポートセンター」がナサ・コーポレーションに設置されており（図2）、多忙な市町村の保健センターの業務をサポートできるようにしてある。

各家庭での生体情報の収集時には、生体情報測定ユニットを通信電源ユニットから取り外して心電図や血圧測定を行い、胸痛や動悸などの自覚症の有無を問う問診機能などを、すべて機器の画面に表示された操作ガイドと音声ガイドに従って（はい）・（いいえ）・（選択）の3つのボタンを押すだけで進めることができるようになっている。測定終了後はデータを保存し、測定ユニットを通信電源ユニット上に乗せると、保存された1日分の心電図データは、1日1回設定された時間（通常夜間）に自動的に通信回線を通じてホストコンピュータに各家庭から送信される。ホストコンピュータはデータを受信し、保存し、定期的に心電図の解析結果やメッセージなどを利用者に報告する。心電図は右手首と左手首に軽く挟む板状電極を装着して第Ⅰ誘導（双極誘導）で60秒間記録される。記録中の心電図は測定ユニットの画面上で観察することができる。

対象と心電図の記録

今回のような検討では、母集団の種類により成績に差が出ることが予想される。すなわち、健康管理を目的とする「うらら」システムは、健常者を大多数とする母集団での利用が主体であり、そのような母集団では良い成績が得られ

ることが予想される。しかし、種々な異常に遭遇したときにそれを如何に判定できるかを検討するためには、多数の異常心電図を含む母集団での検討が望まれる。そこで先ず、日本大学附属板橋病院循環機能検査室で、2002年3月18日から6日間（月曜日～土曜日）に記録された全例、連続646例の12誘導心電図のコピーを作成した。次いで同病院循環器科外来の著者の診察室に「うらら」を設置し、2002年2月5日から同年5月2日までの期間に、合計191例（男性105例、女性86例）の患者を適時（外来が混雑しているため連続は不可）選択し、座位で第Ⅰ誘導の心電図を画面上のモニターを観察しながら測定ユニットで記録した。その記録前後で同一患者の12誘導心電図が心電図室で記録された。測定ユニットに記録保存された診察日の心電図データは、診察終了後に著者のofficeに設置された通信電源ユニットに接続され、夜間に自動的に通信回線を通じて「うらら健康づくりサポートセンター」のホストコンピューターに送信保存された。ホストコンピューターの保存データから、定期的に心電図を出力プリントして、12誘導心電図と比較した。

心電図の比較

心電図診断は、心電図判読のトレーニングを受けた専門医が行った。

- 1) 先ず初めに、連続646例の外来患者の12誘導心電図の診断結果を、同一心電図の12誘導中の一つの誘導のみでどの程度評価できるかを検討した。選択した誘導は、第Ⅰ誘導のほかに、携帯用伝送心電計などで繁用されるV5誘導、及びそれに隣接するV4誘導の計3誘導で、それ

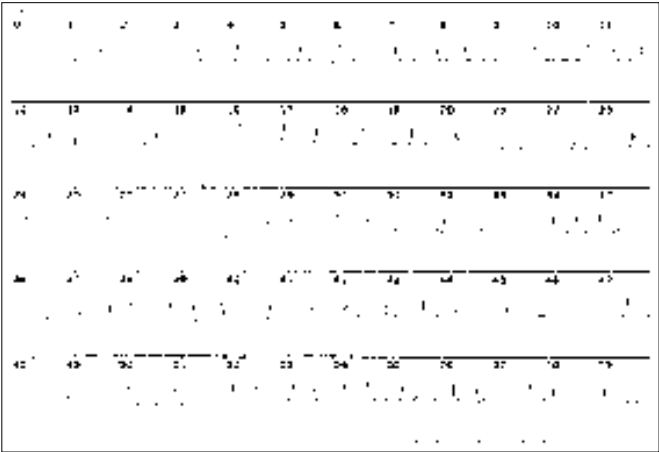


図3 「うらら」システムの心電計で記録送信されてきた60秒間の心電図の実例。容易に心房細動と診断できる。

- ぞれ単独での診断結果を比較した。
- 2) 次に「うらら」システムの心電計による191例の第Ⅰ誘導の診断結果と、同患者の12誘導心電図の第Ⅰ誘導での診断結果の合致率を検討した。
- 3) 更に、「うらら」システムの第Ⅰ誘導のみで、標準12誘導心電図の診断結果を如何に評価できるかを検討した。

図3に「うらら」による心電図記録例を示す。

結果

連続646例の12誘導心電図の診断結果と、同一心電図の第Ⅰ誘導のみでの診断結果の一致率（表1）

12誘導心電図で正常と判定されたものは236例（36.5％）で、何らかの異常ありと判定されたものは410例（63.5％）

表1 12誘導心電図の診断結果と単一の誘導（Ⅰ、V4、V5）での診断結果の一致率

評価内容	異常心電図410例中	全誘導との一致率（％）		
		第Ⅰ誘導	V4誘導	V5誘導
不整脈	155例	148例	148例	148例
		95.5％	95.5％	95.5％
ST異常	77例	60例	40例	68例
		77.9％	51.9％	88.3％
T波の異常	184例	149例	118例	163例
		81.0％	64.1％	88.6％

であった。この結果を一つの誘導のみでスクリーニングしたときの「異常あり」の一致率は、第Ⅰ誘導のみでは320例（78.0%）であった。またV4誘導のみでは315例（76.8%）であり、V5誘導のみでは357例（87.1%）であった。

異常ありの中には、左脚ブロック・右脚ブロック・WPW症候群などは診断可能であったが、左室肥大や右室肥大などで診断困難なものもあった。しかし、これらの多くはすでに慢性に存在していたものが多く、心臓健康管理の立場から重要なのは、不整脈の診断と虚血性心疾患の重要な所見であるST-Tの評価である。

12誘導心電図の記録で不整脈のあったのは155例で、その内訳は心房細動56例（36.1%）、上室頻拍1例（0.6%）、上室期外収縮24例（15.5%）、心室期外収縮24例（15.5%）、洞徐脈32例（20.6%）、洞頻脈9例（5.8%）、洞不整脈1例（0.6%）、補充収縮1例（0.6%）、異所性調律7例（4.5%）であった。これらの不整脈を第Ⅰ誘導、V4誘導、V5誘導のそれぞれ単独で診断した場合の一致率を表1に示す。各誘導ともに148例（95.5%）で一致し、診断不一致例は異所性調律7例（4.5%）のみであった。

12誘導心電図でST異常ありと診断されたものは77例で、第Ⅰ誘導のみでST異常ありと診断されたものはその内60例（77.9%）であった。またV4誘導のみでは40例（51.4%）、V5誘導のみでは68例（88.3%）でST異常ありと診断された。

12誘導心電図でT波の異常を認めたものは184例で、第Ⅰ誘導のみでの診断では149例（81.0%）でT波の異常を認めた。また、V4誘導のみでは118例（64.1%）、V5誘導のみでは163例（88.6%）にT波の異常を認めた。

「うらら」システムの第Ⅰ誘導「うららⅠ」と12誘導心電図の第Ⅰ誘導「Ⅰ誘導」との診断一致率（表2参照）

「うらら」システムで検討した外来患者191例の「うららⅠ」を、その前後（約1時間前後）で記録された12誘導心電図の第Ⅰ誘導「Ⅰ誘導」と比較した。

12誘導心電図で不整脈ありと診断されたものは74例で、「Ⅰ誘導」と「うららⅠ」で診断が一致したものは67例（91.8%）であったが、不一致の例はいずれも期外収縮などがどちらかで一過性に出現し、12誘導心電図記録時と「うららⅠ」記録時の時間帯が異なるのが原因であり、その条件を除外すると100%の一致率であった。

「Ⅰ誘導」でST異常のあったものは24例で、そのうち20例（83.3%）が「うららⅠ」でも異常ありと診断された。不一致例はわずかなST低下と上昇例で、いずれも境界領域の変化であった。

また、「Ⅰ誘導」でT波の異常を認めた65例では、「うららⅠ」で47例（72.3%）で異常ありと診断された。不一致例の殆どが「Ⅰ誘導」のT波平低化例であり、これは「うららⅠ」システムでノイズ軽減のフィルターによりR波に対してT波が相対的に増高することによる差と思われる。

「うららⅠ」と12誘導心電図（全誘導）との診断一致率（表2参照）

まず、12誘導心電図の「全誘導」での診断と同一心電図の「Ⅰ誘導」のみでの診断一致率を、結果1)の646例での検

表2 12誘導心電図の診断結果と「うらら」の第Ⅰ誘導での診断結果の一致率

12誘導心電図		一致率（%）		
評価内容	191例中	「Ⅰ誘導」／全誘導	「うららⅠ」／全誘導	「うららⅠ」／「Ⅰ誘導」
不整脈	74例	73例／74例	68例／74例	67例／73例
		（98.6%）	（91.9%）	（91.8%）
ST異常	33例	24例／33例	20例／33例	20例／24例
		（72.7%）	（60.6%）	（83.3%）
T波の異常	74例	65例／74例	47例／74例	47例／65例
		（87.8%）	63.5%	72.3%

討に準じて行った。不整脈は「全誘導」74例に認め、「I誘導」では73例（98.6%）で一致した。不一致例は1)の成績と同様に異所性調律であった。ST異常は「全誘導」で33例に認められ、「I誘導」では24例（72.7%）で診断が一致した。また、T波の異常は「全誘導」で74例に診断され、「I誘導」のみでは65例（87.8%）で診断が一致した。不一致の原因として他の誘導のST-Tの異常が第I誘導に反映されないものが、ST異常に関して27.3%、T波異常に関して12.2%存在したことを意味している。

次に、「全誘導」での診断と「うららI」での診断一致率を検討した。「全誘導」で診断された不整脈74例中、「うららI」では68例（91.9%）で診断が一致したが、不一致例は異所性調律の1例と「うららI」と「全誘導」の記録時間の相違によるものであった。ST異常は「全誘導」で33例に認め、「うららI」では20例（60.6%）で診断が一致した。また、T波の異常は「全誘導」で74例に認め、「うららI」では47例（63.5%）で診断が一致した。

不整脈やST-T以外の異常所見としては、右脚ブロックと左脚ブロックが29例、WPW症候群4例などがあり、いずれも「うららI」で診断が可能であった。人工ペースメーカー中の患者5例では、「うらら」システムの記録特性によりペースメーカーのスパイクが記録されず、左脚ブロック様心電図を呈するので注意が必要であるが、既往歴から簡単に判別が可能である。

考察

近年、遠隔医療の一端として、家庭に設置した端末心電計で被検者が自分で心電図を記録し、それがネットワークを通じてセンターに伝送され、心臓健康管理のためのデータとして活用されるようになった。一方では、患者や心臓に不安のある人を対象とした小型の携帯用伝送心電計が開発され、利用が進んでいる。これらに共通しているのは、心電図を被検者が記録送信しなければならず、機器の取り扱いが老人でも容易にできる簡便なものでなければならない。そのために、実際にはこうした「家庭用心電計」では、一つの誘導だけで検討される場合が多い。

一般的に成人健診などでは12誘導心電図が標準として使用されている。多誘導が使用される大きな理由は、心臓電気現象を立体的に把握することで、より多くの病態の解析が可能となるからである。12誘導を如何に簡略化できるかは、その検査目的により異なる。例えば、CCUなどでの心電図モニターでは一つの誘導が使用されることが多いが、その主な目的は不整脈の監視である。心臓の病態を立体的に把握するためには、少なくとも前後（Z軸）・左右（X軸）・上下（Y軸）の3軸に投影できる3個の誘導が最低限必要である。そして心臓の病態が心電図で診断される。

「家庭用心電図」の目的は何か？ それにより誘導法も選択される。「家庭用心電図」は病気の心電図診断を前提としたものではないと考えるとよい。それよりも被検者が記録送信したデータから、何らかの変化を察知して主治医を訪問させるタイミングを緊急度別に判断したり、適切な健康に対するアドバイスの資料としたり、あるいは経過観察で初期の病変を察知したり、心臓健康管理の面からは一つの誘導のみでもこうした判断は可能と思われる。

例えば今回の検討で、第I誘導単独で12誘導心電図の全ての異常を予測すると、78%で診断が一致する結果が得られた。もし、V5誘導で検討すると一致率は87.1%に上昇することもわかった。また、不整脈の診断を目的とすれば、検討したどの誘導でも95.5%の診断一致率が得られることが示された。不一致の原因となった異所性調律は、上下軸の誘導（II,III,aVFなど）でのみ診断できるものであったが、臨牀的には殆ど問題のない不整脈であり、不整脈の診断ではほぼ100%に近い診断一致率が得られると解釈してよい。心臓突然死の殆どが心室性不整脈を中心とする不整脈死であることを考えても、「家庭用心電図」で早期に危険な不整脈を発見することの重要性は容易に理解されよう。

不整脈とともに日常の心臓健康管理で重要なのは、虚血性心疾患に対する配慮である。高血圧・糖尿病・高脂血症・喫煙・家族歴・ストレスなどの冠動脈危険因子のコントロールとともに、虚血性心疾患の存在を示唆する心電図のST-Tの異常を早期に察知することは、早期診断、早期治療に直結する重要な「家庭用心電図」の役割であろう。しかし、一つの誘導のみで虚血性心疾患の診断を行うのは、理論的に困難であることが予想される。それは冠動脈の病

変の部位により異常所見が投影される誘導が様々なためである。しかし一方では、病的所見がある拡がりを持つことが多く、広い範囲の誘導にST - Tの変化が表れることで、単一の誘導でもかなりの判定が可能なのも予想される。今回の検討では、V5誘導に12誘導心電図のST異常の88.3%が反映されており、第I誘導にも77.9%が反映されている成績が得られている。T波の異常もほぼSTと同様の成績が得られている。

例えば、急性下壁心筋梗塞は第I誘導で診断できない代表的な重要な病態と考えられ、心電図のII,III,aVFの誘導の典型的な心筋梗塞の波形の出現で診断される。すなわち、第I誘導のみでは心筋梗塞の診断が困難な場合があるが、II,III,aVFでのST上昇の対側変化として第I誘導にST低下が起こり、心筋梗塞の病名診断ができなくても新しい異常所見として認識することが可能で、適切な指示で早期対処が十分可能である。

このような事実を背景として、家庭用心電図が一つの誘導のみで検討しても、不整脈はほぼ問題無く評価できるし、虚血性心疾患の評価も制限はあってもかなり有用であることが判明した。

「家庭用心電計」の次の問題は、機器が簡便でなるべく安価なものでないといふ一般に普及しないということである。そして機器の特性により12誘導心電図と多少異なる波形が得られることが予想される。また、簡単に電極を装着するためにペーストを使用せず、直接皮膚に電極を着けることが多く、ノイズの混入が問題になる。「うらら」は第I誘導のみを使用した在宅健康管理ネットワークシステムで、現在本邦で最も広く利用されている。そこで、「うらら」の家庭用心電計の診断精度を12誘導心電図診断を標準として検討した。

不整脈の診断では、結果で述べたように、記録時間の差による診断の相違を除外すると、異所性調律を除きほぼ100%に近い診断一致率を示した。「うらら」は特に不整脈評価に優れていることが明らかに示された。心電図記録が60秒間という長さにも診断精度を上げる要因がある。不整脈の診断に重要なP波は小さい波形で不明瞭なことが少なくないが、60秒間の記録ではP波や心房細動のf波が不明でも、R - R間隔の変動の解析でかなりの不整脈の診断が可能になる。人工ペースメーカーのスパイクが「うらら」では

記録されないが、被検者がペースメーカーの植え込みを行っていることは事前にわかることであり問題ない。うらら健康づくりサポートセンターのスタッフ（保健師と看護師）はかなり難解な不整脈診断をもうまく扱っている。

ST異常（ST上昇・ST低下）の評価に関しては、12誘導心電図の第I誘導のST異常と83.3%で一致した。不一致例は境界領域のわずかなST偏位の例であった。臨床的には12誘導心電図の全ての誘導のST異常の63.5%が「うらら」の第I誘導に反映され、これは予想を上回る良い成績であった。

「うらら」をはじめ、携帯用心電計など他のあらゆる「家庭用心電計」に共通することは、ノイズ低減のためにフィルターが使用されていることである。そのためにR波は減高し、相対的にT波が増高する。「うらら」も同様にT波がやや高く記録されるために、12誘導心電図でT波の減高があっても、正常T波と診断することがある。しかし見逃してはならない陰性T波は100%診断が可能である。

「うらら」の心電図でもST - Tに異常があれば、まず間違いなく12誘導心電図でST - Tに異常があると考えてよい。すでに述べたように、他の誘導のST - Tの変化が全て第I誘導に投影される心電計などあり得ないので、「うらら」のST - Tの評価は極めて妥当な線と思われる。また、本システムの問診機能で狭心症などの症状を把握できること、および定期的（毎日定時刻記録など）な血圧や心電図測定などで従来と異なる状況の把握が早期に可能となることが予想される。

一般的にST - Tの変化の検討には必ずV5誘導が含まれる。それは、12誘導心電図でST - Tの変化を最も多く捉える誘導であるからである。実際に今回の検討でも、V5誘導単独が他の誘導単独よりST - Tの評価に良いことが示されている。しかし、被検者がV5誘導の正しい位置で心電図を記録するのは決して簡単ではない。定期的記録でも胸部では常に記録部位が多少移動することを避けたい。今回の検討でも、V5のやや内側のV4誘導では、ST - T異常の診断精度が第I誘導より劣る結果が得られている。第I誘導は右手と左手の間の双極誘導であり、腕の付け根より末梢であればどこに電極を着けても同じ波形が再現性よく記録される利点があり、装着が簡単で冬季などでも寒い思いをしなくて済む。「うらら」の心電図の誘導が第I誘導である妥当性が

そこにみられる。

次に不整脈やST - T異常以外の心電図異常を「うらら」の第Ⅰ誘導でどのように把握できるかを「うらら」の使用経験に基づき考察する。

右脚ブロックは第Ⅰ誘導のS波の幅が広くQRS幅も広いことで診断できる。左脚ブロックはQRSの幅が広く頂点付近に平坦な部分や結節の存在で診断される。WPW症候群ではデルタ波とPR時間の短縮とQRS幅の増大で診断可能であるが、デルタ波の小さなものでは診断困難なこともある。第Ⅰ誘導でR波<S波があれば、右軸偏位を示唆しており、右室肥大、左脚後枝ブロックなどの可能性がある。左室肥大ではR波が増大し、ST - Tが逆転することがある。一般に左房拡大や右房拡大の所見は鑑別し難い。理論的には第Ⅰ誘導の僧帽Pの存在で左房拡大が診断可能に思われるが、V1誘導での評価を上回るものではない。また、心房の拡大の所見が、健康管理面で極めて有用とは言えない。もし、陰性U波が記録されれば明らかに異常で、心筋虚血や左室負荷を疑う必要がある。QS型やQR型は側壁や高位側壁を含む心筋梗塞の存在が考えられる。

最後に、老人などで皮膚が乾燥しているとノイズの混入が多いことが問題に挙げられるが、繰り返しの指導や、濡れたガーゼの小片を電極と皮膚の間に置くことなどの工夫でかなり改善される。

総括

「うらら」システムの心電図が第Ⅰ誘導を使用しているのは、被検者が一般人で老人も多く含まれることから、装着の簡便さ、再現性の良さなどを考えると妥当である。また、不整脈の診断精度に優れ、ST - Tに異常のある場合は明らかに12誘導心電図に異常があることを示した。そして、これらの心電図所見の定期的な経過観察は、血圧測定や問診機能などを含めて、心臓の健康管理面で極めて有用なシステムとして活用できることが証明された。

参考文献

- [1] Ozawa Y, Iijima K, et al.:The study of the transtelephonic electrocardiography compare with the 12-lead electrocardiogram. Jpn J Electrocardiology. 16,15,1996
- [2] 小沢友紀雄;携帯用電話伝送心電図、臨床医、23; 634, 1997
- [3] 小沢友紀雄、谷川直、飯島潔;万年筆サイズ携帯用電話伝送心電計の開発と医療臨床の有用性 共済エグザシナー通信、9~19, 1997
- [4] 鎌田弘之、平盛勝彦;家庭の心電図波形と血圧値の通信・医療サービスの運用と評価、医療情報学、17, 481,1997
- [5] 小沢友紀雄;携帯用電話伝送心電図 trans-telephonic ECG(TTE),心電図の新しい読み方 中外医学社 P 272, 1999
- [6] Zhang Jiang Yi, Ozawa Y, et al.; Clinical study on pen-sized handy transtelephonic electrocardiography. Nihon Univ. J.Med43,77,2001
- [7] 托哈依加孜那、小沢友紀雄、笠巻祐二、他;心電図・血圧を中心とした電話伝送在宅健康管理システムは発作性心房細動患者の精神面にいかなる影響を与えるか? 医療情報学、22; 141, 2002
- [8] 托哈依加孜那、小沢友紀雄、笠巻祐二、他 ;難治性発作性心房細動患者を対象とした電話伝送心電図による無症候性と症候性心房細動発作の評価、心電図、22; 182, 2002
- [9] 小沢友紀雄;家庭用心電計、患者のためのやさしい心電図の見方 医薬ジャーナル社 P 69, 2002