

グラフ

ECG の読み方

(1) 自動診断の利点と欠点, および予後の推定

渡邊 英一*

内容紹介

心電図検査(ECG)は、安全かつ簡便で、短時間で行える、すぐに結果が得られる、くり返し行える、情報量が多いなど、数多くの利点があり、さまざまな臨床の場で用いられている。

心電図記録後に表示される自動診断は、循環器を専門としない医療従事者にとっては頼もしい助っ人である。しかし、自動診断は完璧ではなく、ときに不適切な判断を下すおそれもある。また、循環器を専門としない医療従事者は、自動診断が何を意味しており、その診断結果から次に何をすべきか、悩むことも多いのではないだろうか。

そこで本シリーズでは、健診や日常臨床でしばしば遭遇し、その判断に迷う心電図について述べる。初回の本稿では、心電図自動診断の利点や欠点、心電図による予後推定の可能性について述べる。

はじめに

心電計は、心臓病の診断や治療に不可欠な検査機器である。非侵襲的、かつ、くり返し心電図を記録できることに加え、自動診断機能によりすぐに結果が得られることから、循環器科のみならず、術前検査や健診などのさまざまな場面で用いられ

ている。現在、12誘導心電図をはじめ、モニター心電図、ホルター心電図、長時間イベント心電図、着用型心電図など、用途に応じて多種多様な心電計が使用されている。さらに最近では、心房細動を検出できるアップルウォッチが「家庭用医療機器」として承認された。このように日常臨床に広く浸透している心電計であるが、その自動診断の精度は100%とは言えず、循環器医のオーバーリードが必要となる場合がある。

そこで、心電図自動診断の正確性、信頼性、臨床的有用性を高めることを目的に、2015年に「心電図自動診断を考える会」(代表:日本医科大学名誉教授・加藤貴雄先生)が設立された。以降、同会は心電図自動診断の現状とその問題について検討を続けている^{1)~3)}。今回、同会で検討された内容を含め、心電図自動診断の利点や欠点について述べる。

I. 心電図自動診断の歴史と不適切診断

今日、至極当然のごとく使用されている心電図自動診断は、約60年前に米国で研究が開始された。その後、本邦においても研究が重ねられ、産学共同研究を通して、実用化に至った。数多の研究の中でも、安井・岡島らを中心とする名古屋大学グループの貢献が大きかった¹⁾。年月を経て、現在の自動診断精度は、フクダ電子によると健診では95%、臨床では約80%とされ、正常範囲の診断は確定的とも言えるレベルになっている⁴⁾。

心電図自動診断のシステムについて、簡単に説

— Key words —

期外収縮, 心房細動, 心筋梗塞, ペーシングスパイク, 人工知能

* Eiichi Watanabe : 藤田医科大学ばんだね病院循環器内科

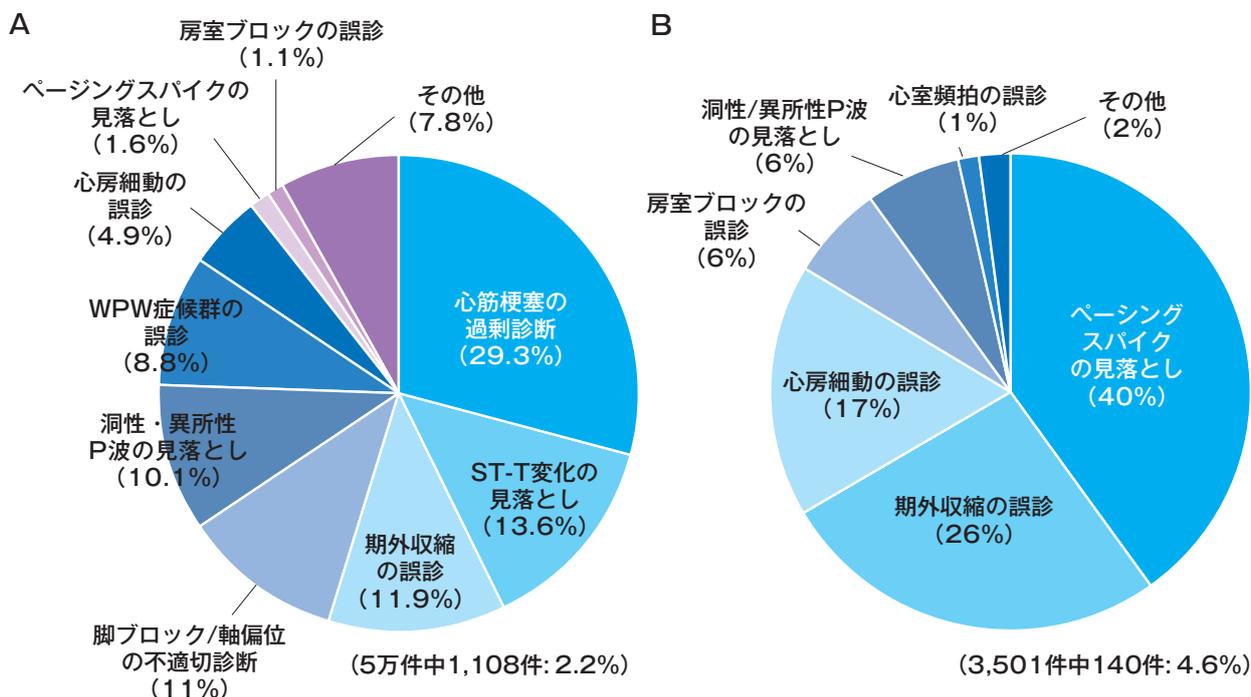


図1 心電図自動診断における不適切診断の統計

A：健診例における不適切診断心電図の内訳。「心電図自動診断を考える会」において収集された20～50代の一般企業社員5万例の結果

B：市立秋田総合病院の自動診断解析結果。2015年の3カ月間の結果。健診例(A)の約2倍に当たる4.6%に不適切診断が認められた。主に調律判読に注目して解析された。診断精度は有病率(検査前確率)によって異なるため、健診と病院の別集団を示した。

(A：文献3より引用，B：文献10より引用)

明する。心電計にはコンピュータが内蔵されており、心電図記録が終了すると、ただちに自動診断を行う。たとえばフクダ電子の12誘導心電図の場合、8誘導の心電図波形(サンプリング周波数500Hz、最小分解能488 μ V、10秒間)を数値化し、ノイズやドリフトを補正した上で波形計測し、メーカー独自のアルゴリズムを用いて診断を下す。

しかしながら、P波やR波の波高が低い場合や、筋電図や交流障害などのノイズが混入した場合などは波形認識がうまく成されず、診断精度が低下する。そのため、循環器を専門としない医療従事者は、自動診断の限界として、不適切な自動診断が成される頻度やパターンを把握しておくことが重要である^{2,5)}。

図1に、「心電図自動診断を考える会」において収集された、一般企業の社員健診5万例の結果(A)と、一般病院で集計された不適切な自動診断

解析結果(B)を示す。

一般企業の社員健診(図1A)における不適切所見は、心筋梗塞の過剰診断(29.3%)、ST-T変化の見落とし(13.6%)の順で頻度が高かった。これは、それぞれ胸部誘導のR波高が低いこと、S波の終点あるいはT波の始点の同定が困難なことが原因であると思われる。さらに、normal variantであるIII誘導やaVF誘導のQ波を認識して、下壁梗塞と診断していたものもあろう。

一方、一般病院(図1B)においてもっとも頻度の高い不適切所見は、ペースメーカーの見落としとしてであった(40%)。これは一般企業の社員健診とは異なり、ペースメーカー植込み患者の心電図検査が多かったためと考えられる。なお、期外収縮の誤診、心房細動の誤診、洞性/異所性P波の見落としについては、両者共に頻度が高かった。図2に、不適切所見の具体例を示す。

II. 心電図自動診断で使用される用語の整理

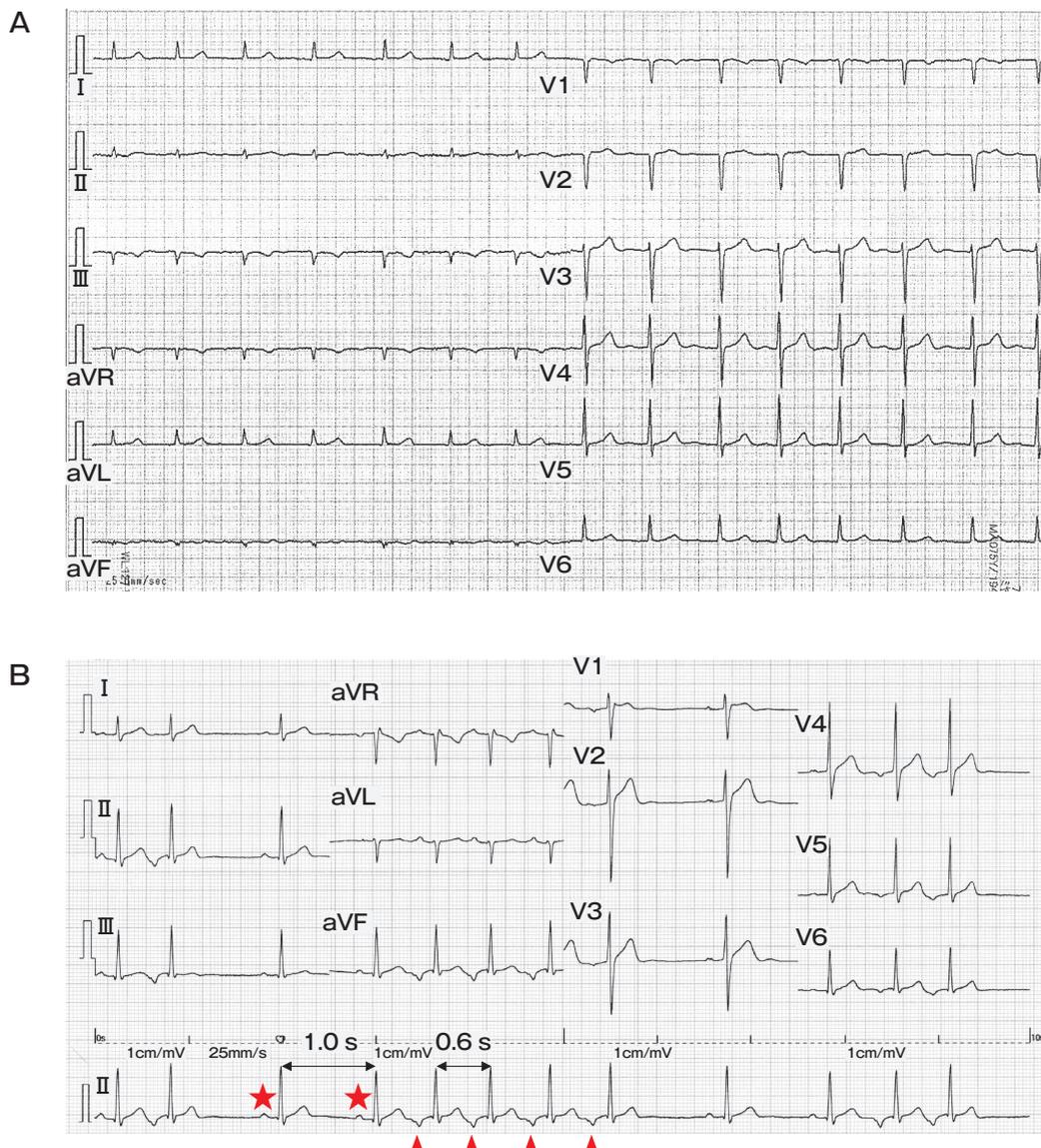
従来、心電図自動診断に使用されていた用語には、「所見名」と「診断名」が混在しており(例: PR 延長は所見名, 第 1 度房室ブロックは診断名), これが循環器を専門としない医療従事者を混乱させてきたことは否めない。

そこで、「心電図自動診断を考える会」では、心電図自動診断に示される用語について討議し、コンセンサスステートメントを発表した⁵⁾。これまで、心電計メーカーごとにさまざまな用語が使用されていたため、同一所見であっても表記の異なる

場合が多かった。例として、PR 間隔、PQ 間隔、PR 時間、PQ 時間などがあげられるが、本ステートメントでは、これらを「PR 間隔」に統一するよう示した。さらに、推奨用語と非推奨用語を定めると共に、新たな所見名や診断名を導入した(例: 早期再分極、J 波、促進心室固有調律など)。詳細は、文献 5 を参照されたい。

III. 心電図による予後の推定

本邦では、学校検診、職場検診、市民健診などの健康診断がいたるところで実施され、心電図検査が行われる機会が多い。このように、健常と思



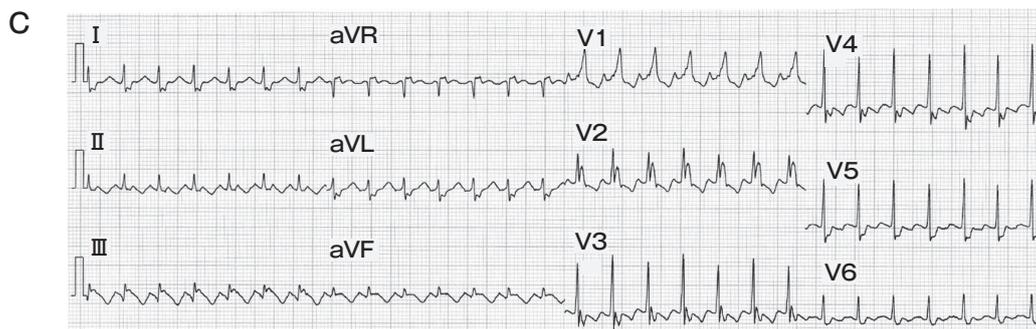


図2 心電図自動診断における不適切診断

A：心房細動＋前壁中隔梗塞。70歳男性。細動波の電位が低く，RR間隔に大きな差がないため，自動診断は洞調律と判断した。前壁中隔梗塞の疑いも記載されていた。このような場合，自覚症状と心不全の有無を確認する。さらに専門医を受診させ，塞栓症予防やアブレーションを含めた治療方針を決定するのが望ましい。

B：洞調律と心房頻拍。心電図下段の★は洞調律P波で，▲のP波極性は，II，III，aVFで陰性であることより，冠静脈洞起源と思われる。自覚症状を確認し，専門医の受診前に，ホルター心電図で心房頻拍の発生頻度や総心拍数を確認するとよい。

C：心房粗動。QRS幅が広く，RR間隔が一定であること，頻脈(164/分)であることより，自動診断は心室頻拍と判読したと考えられる。II，III，aVFには粗動波がみられており，2：1の伝導比である。紹介で，発作性心房細動に対してシベンゾリンを投与されて以降，頻脈と動悸が増悪した。Ic群薬による副作用であり，心房細動と心房粗動に対してカテーテルアブレーションを行った。

(自験例)

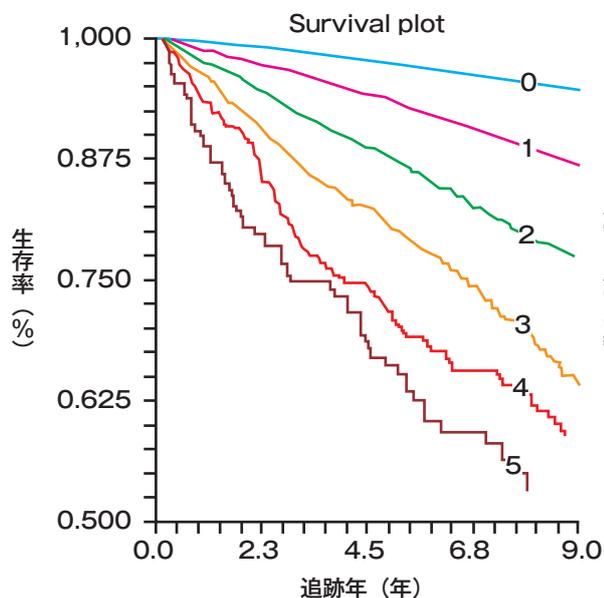


図3 心電図所見と予後推定

29,320例の退役軍人を平均7.5年間追跡した。Cox解析の結果，予後予測の独立因子として，左室肥大(2.4)，右室肥大(2.8)，完全右脚ブロック(1.3)，完全左脚ブロック(2.5)，心室内伝導障害(1.8)，Q波(2.0)，ST低下(1.9)，心房細動(1.4)，左房負荷(2.0)，右軸偏位(1.8)，左軸偏位(1.3)，QTc間隔>450ms(1.9)が明らかになった。異常の所見の総数(図中の0～5)により，予後が推定できる。()内はハザード比

(文献7より引用)

われる者を対象として心電図検査を定期的に行っている国は，世界を見てもごく少数である。

米国予防医学作業部会は，心血管疾患リスクの低い者には心電図検査を実施しないことを推奨している⁶⁾。これは，心電図検査による疾患の早期発見が予後改善に結びつくというエビデンスが少

ないこと，心電図異常に対して追加検査を行うことによる医療コストの増加，侵襲的検査を行った場合に生じる合併症のリスクを総合的に評価した結果である。

低いコストパフォーマンスと少ないエビデンスの中でも，本邦では健診における心電図検査を実

施し続けられると思われが、それでも得られる利点とは何であろうか。ひとつは、予後改善につながると思われる疾患を検出することであろう(例：心房細動，左脚ブロック，重度の左室肥大，先天性 QT 延長症候群，突然死の家族歴のあるブルガダ症候群など)。もうひとつには，生命予後の推定があげられる。心電図異常所見は，一つひとつを見ると予後への影響は小さいかもしれないが，複数を有すると予後不良となることが示されており，そのような場合に追加検査を促す機会が得られることは利点と考えられる(図 3)⁷⁾。最近では，大量の心電図データを収集し，そこに機械学習を応用して，心房細動や脳梗塞の発生，さらに総死亡の予測など，多くの研究が成されている^{8,9)}。本邦の大量の心電図検診データは，将来さまざまな研究に応用できる可能性がある。

おわりに

先人たちの努力により，心電図自動診断はこの 60 年で長足の進歩を遂げたが，未だ完成の域には達していない。各心電計メーカーは自動診断技術について改良し続けるであろうが，従来の方法では，もはや限界のように思われる。今後は，データベースとなる心電図を可能な限り多く収集して，人工知能の技術を取り入れた次世代型自動診断技術の開発が望まれる。

次回以降の「グラフ ECG の読み方」では，健診や日常臨床でしばしば遭遇する心電図を例にあげ，いかに対処すべきかを述べていきたい。

利益相反

本論文に関して，筆者が開示すべき利益相反はない。

文献

- 1) 加藤貴雄ほか：心電図自動診断の精度評価ならびに有用性向上へのアプローチ 第 1 報：心電図自動診断に用いられる診断名・所見名の検討．心電図 2019；**39**：69-84.
- 2) 加藤貴雄ほか：心電図自動診断の精度評価ならびに有用性向上へのアプローチ 第 2 報：汎用心電計による自動診断精度の現状と問題点．心電図 2019；**40**：263-271.
- 3) 加藤貴雄ほか：汎用心電計による心房細動関連不適切診断の現状と問題点．心電図 2021；**41**：5-13.
- 4) フクダ電子ホームページ：心電計物語 - 熱き憶い出 - . https://www.fukuda.co.jp/company/about/history_e10.html
- 5) 平岡昌和：心電図自動診断の限界．心電図 2015；**35**：149-155.
- 6) Curry SJ, et al ; U.S. Preventive Services Task Force : Screening for cardiovascular disease risk with electrocardiography : recommendation statement. JAMA 2018 ; **319** : 2308-2314.
- 7) Tan SY, et al : A simplified clinical electrocardiogram score for the prediction of cardiovascular mortality. Clin Cardiol 2009 ; **32** : 82-86.
- 8) Raghunath S, et al : Prediction of mortality from 12-lead electrocardiogram voltage data using a deep neural network. Nat Med 2020 ; **26** : 886-891.
- 9) Raghunath S, et al : Deep Neural Networks Can Predict New-Onset Atrial Fibrillation From the 12-Lead Electrocardiogram and Help Identify Those at Risk of AF-Related Stroke. Circulation 2021 ; **143** : 1287-1298.
- 10) 小野園美ほか：生理検査システムを導入して一心電計による自動解析結果の現状と対応一. 第 39 回秋田県医学検査学会 2015 ; 46.