



心電図自動診断の限界

東京医科歯科大学・名誉教授
(現・取手北相馬保健医療センター医師会病院・健診センター)
平岡昌和

I. はじめに

心電図自動診断が導入された当初(約40年前)の目的は、正しい心電図診断の普及、客観的判定による診断の正確化、個人差をなくした再現性のある判読などを旨としたものである。そして、心電図に関するある程度の知識をもち、主には内科領域、特に循環器疾患の診療にあたる医師の活用が期待されたのである。しかし、その後医学・医療において専門分化が進むとともに、心電図検査は比較的安価で、その利便性と簡便性から、循環器疾患に限らず各診療科で利用され、ほぼあらゆる規模の医療機関において常備されつつある。そして、今日の日常臨床において、心電図検査は単に循環器疾患の診断にとどまらず、内科系・外科系を問わず疾患や病態の診断、経過の判定、術前・術後評価、薬効評価や副作用の検出、さらには健康診断の基本項目として、有病者のみならず就労者や学童・一般住民らの健康状態を量るバロメーターとしても利用され、その活用範囲と目的は広範にわたっている。このため、自動診断を活用する医療側は必ずしも心電図に精通した医師とは限らず、自動診断の限界・その利点と欠点をよく熟知しないままに、心電図自動診断の結果のみをそのまま採用する、ないしは診断について不十分な理解のままその結果を伝えて、受診者に不安をあたえるなどの傾向が一部には認められる。そこで本稿では、筆者が感じる現時点での心電図自動診断の限界を考えてみたい。

II. 心電図の有用性と限界

①不整脈以外の疾病では、心電図は補助手段にすぎない

心電図は心臓の電気現象を反映したもので、その情報だけで病名を診断できる場合は限られる。心電図単独で病名が確実につけられるのは不整脈のみであり、その他の疾病では有力な補助手段にすぎないことを認識する必要がある。例えば、心電図所見が診断に有力視される心筋梗塞においても、その確定診断は心電図変化、激しい胸痛、血清酵素値の上昇のうち二つの条件を満たすことが必要であり(詳しくは冠動脈造影所見、その他も加わる)、心電図変化のみでは必ずしも確定されない。また疑わしい例では、心電図変化における異常Q波の出現ないしはST-T波の時間的推移が見られることが診断に重要であり、臨床症状やその経過の情報がまったくなく、経時的变化を見ないと診断が困難である、といったことがしばしば経験され、1枚の心電図で正しい診断を確定するには、時に限界がある。また、Q波は誘導電極に面する心室の電気活動がほぼ貫壁性に消失していることを意味しており、同様の状態は心筋梗塞のみならず、高度の心室肥大に伴う線維化(例えば肥大型心筋症や高血圧心)、心筋炎後や慢性炎症性疾患などでも認められる。また、心電図は心臓に生じた起電力を体表面に置いた電極にて記録する

ために、心臓自体には病変がなくとも、心臓と体表面との間に介在する組織によっても波形が影響されることを考慮しておく必要がある。したがって、自動診断で打ち出される診断名は“波形の特徴や計測値から考えられる最も可能性のある診断”を示しているのもであって、あくまでも自覚症状・理学所見・そのほかの検査所見などを参考にして判断すべきことを銘記する必要がある。

②臨床症状・理学的所見なしでの診断には要注意

臨床症状やその経過の情報が心電図診断で重要と述べたが、このことは梗塞だけではない。狭心症では、胸痛発現時において虚血に典型的なST変化があれば診断がつくが、胸痛を伴わない場合には、ST低下だけでは正常亜型、頻脈に伴うもの、不安神経症、電解質異常、その他非特異的変化との鑑別はつきにくい。また、自動診断では年齢・性別は補完情報として考慮されるが、体型(やせ型・肥満型や胸郭の変形など)は考慮されない。このため、例えば左室側の高電位の基準のみで左室肥大の診断を下すことの限界は、容易に理解される。胸郭の変形があっても、そのための心臓の位置異常や変位は考慮されないままで、誤った診断が下される可能性がある(図1)。時には、電極の付け間違いが考慮されずに診断に至ることもある。

③心電図の利点

心電図は機能面での情報を含んでいるという利点がある。例えば、左室肥大において左室側のQRS高電位のみを呈する場合と、QRS高電位にST-T波のStrain patternを有する場合とではその病態が異なり、治療に対する反応性、臨床経過・予後などに有用な情報となる。また、高血圧で高電位を示すみの場合には、良好な血圧コントロールにより電位の減高(リモデリング)が得られる。しかしながら、Strain patternで高度なST-T変化を有する大動脈弁疾患や肥大型心筋症では突然死の可能性もあるので、適した治療と慎重な経過観察が必要となる。右室肥大を示すQRSやST-T波形においても、圧負荷と容量負荷とでは異なる負荷病態が波形から読み取れる。ST-T波のみの変化では、病態により異なる特異的変化と非特異的変化が認められ、波形の特徴から特異的変化の判別がつく場合はあるが、現在の自動診断では、このような利点を詳細に判断する能力は十分とはいえない。また、ST上昇を伴う急性冠症候群では、ST上昇がどの誘導に認められるかによって、責任冠動の推測がある程度つけられるが、現時点の自動診断ではこのような診断プログラムは付与されていない。

Ⅲ. 自動診断機器に関する限界

①機器の解析精度

現在販売使用されている各社の機器は、すべて国際規格の解析精度の項目をクリアーしており、一定以上の波形認識・計測や波形とリズム解析の精度を充たしている。しかし、波形認識や時間計測のアルゴリズムは各社の機器により異なり、そのために小さな波形の認識、P波の認識と開始点、QRSの開始やδ波の認識(図2)、QRSの終了時点(ST junctionの認識)、T波の終了時点などの判別に違いがある。したがって、これらの計測時点を基にした時間計測と判読の違いが指摘される。具体的にはP-Q時間、QRS時間幅から完全・不完全右脚ブロックや左脚ブロックの診断、異常Q波の読みすぎや読み落としなどが挙げられる。特に、薬剤の催不整脈性の指標として用いられるQT時間(間隔)、ないしはQTc間隔には機種間での差異が指摘され、この問題に関する対策を検討する本学会の小委員会が発足し、討議が開始されている。また、複数以上の誘導や数心拍での計測はアーティファクトによる混入を防ぐ意味はあるが、逆に平均化したための誤りも含まれることになる。誘導の選択(代表的な1誘導ないしは

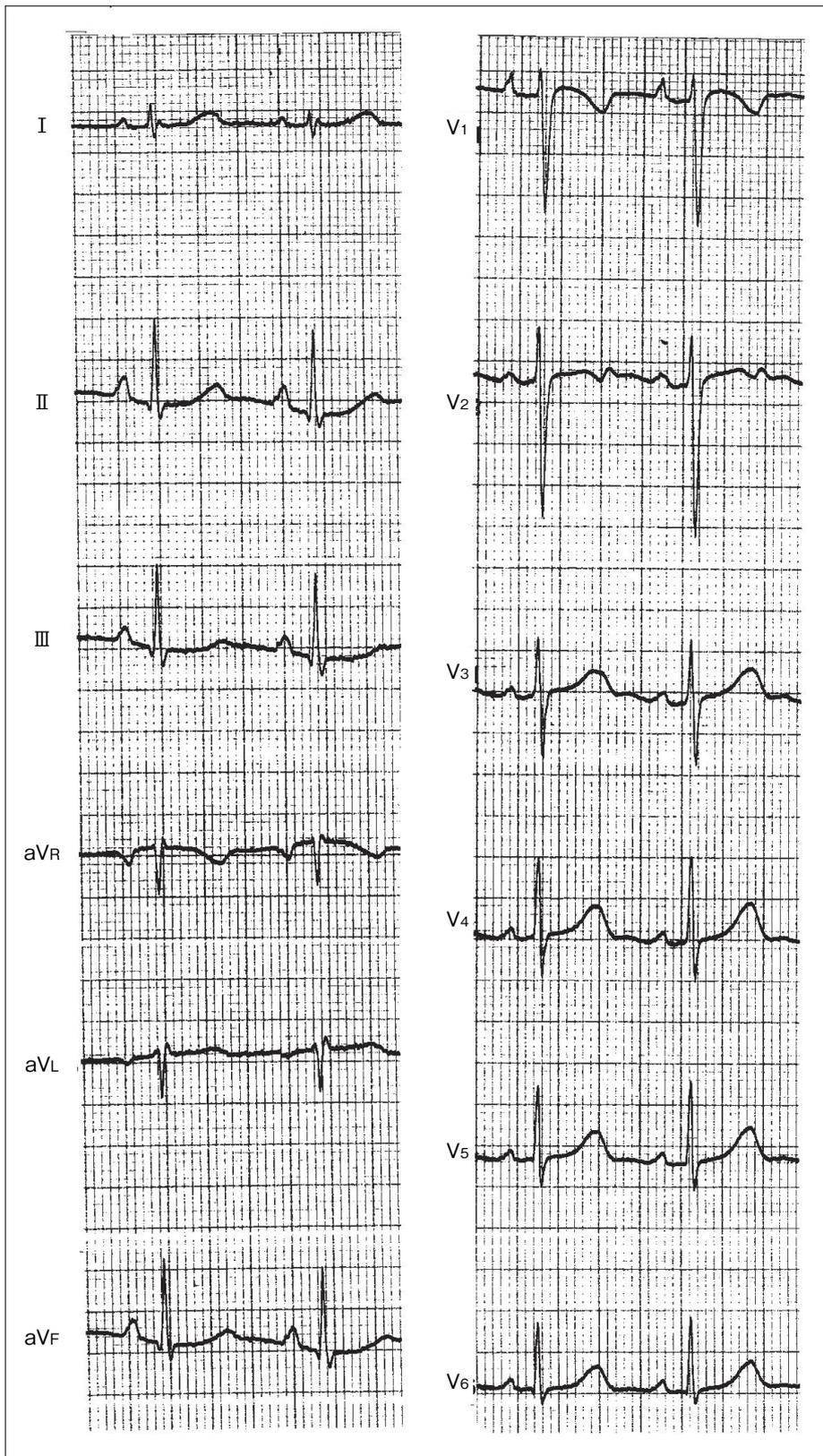


図 1
 44歳，女性，健診での記録。Ⅱ，Ⅲ，aV_F誘導での陽性P波がやや高く，V₁誘導でも陽性P波が目立つところから，自動診断で“右房肥大(負荷)”と診断されている。自覚症状はなく，心エコー検査でも心臓の形態・機能ともに異常はなく，胸郭に軽度の漏斗胸が認められ，胸郭変形が異常P波の原因と考えられる。

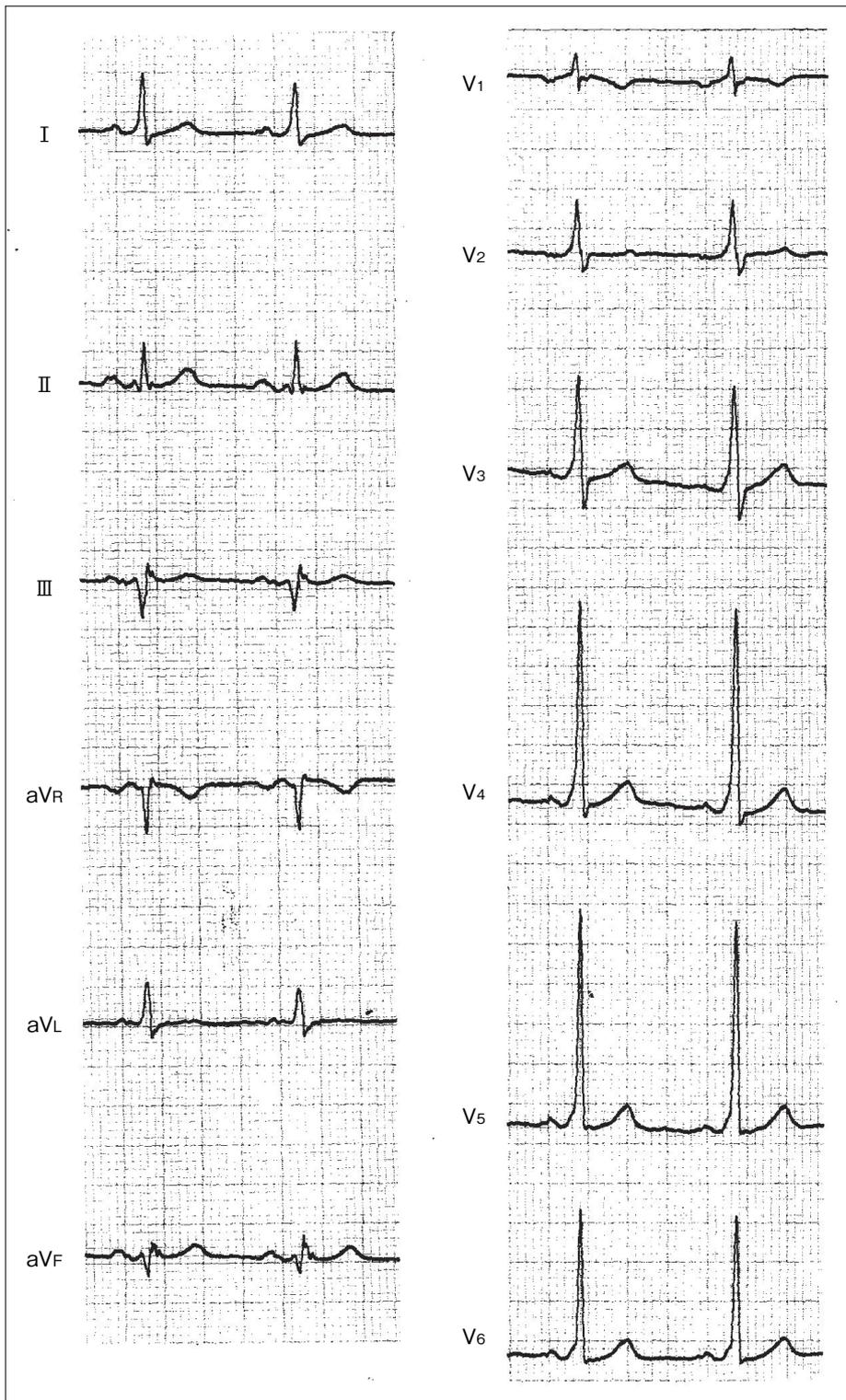


図2
52歳，男性，健診での記録．自動診断では陈旧性下壁梗塞と診断された．II，III，aVF誘導での波形を異常Q波と診断し，胸部誘導でV₂～V₆誘導でのδ波を見落としている．下壁梗塞ではなくWPW症候群が正しい診断である．

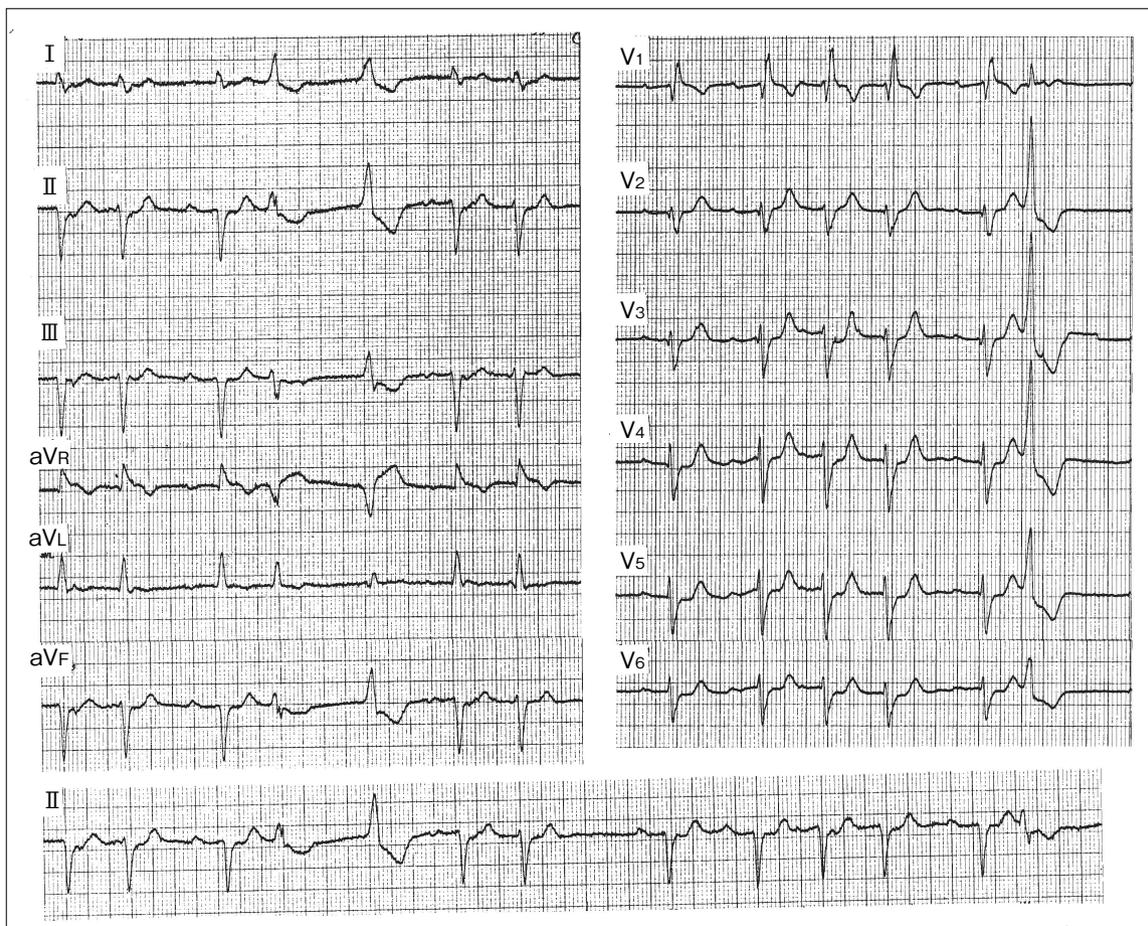


図 3

79歳，男性．高血圧症，高脂血症などで他院にて治療中．自動診断の調律では，“心房細動，心室期外収縮”と診断されている．最下段のリズム記録(Ⅱ)では第3，6，8，9，12拍のQRSに先行して明らかなP波が認められ，心房細動は否定される．4，5，13拍のQRS波形はほかの心拍のQRS波形やST-T波とは明らかに異なり，心室期外収縮と考えられるが，4拍目のQRS波形は，ほかの2拍よりやや時間幅が短くST-T波の変形も少ないこと，先行するT波に軽度の変形(特にⅡ，Ⅲ誘導)が見られることから，心室期外収縮の変行伝導と考えられる．P波の調律も規則的ではなく，第2，7，10，11拍目のQRSに先行するP波は波形・発現間隔も異なり，心室期外収縮と判断される．全体にP波の認識が基線の動揺や先行T波と重なり判別しがたいこと，心室期外収縮頻発のためQRSの発現がまったく不規則に見えることから，自動診断では“心房細動”と誤って判読されたものと思われる．

波形の自動診断では，“完全右脚ブロック，陳旧性前壁中隔梗塞の疑い，左軸偏位”とされている．左軸偏位は -45° 以上であり，aVLに小さなq波を伴うことから，左脚前枝ブロックを合併した完全右脚ブロックの二束枝ブロックと診断される．

複数以上の誘導か，全誘導か)，計測する心拍数などには統一した基準は採用されていない．このため，時間計測だけでなく，呼吸周期の変動に伴う電位波高の変化でQRS電気軸，SV1 + RV5電位波高などの計測値が機器によって異なってくる．現在まで国内で販売使用されている各社の機器について，それぞれの波形や時間計測に関する解析や差異を比較したデータは公表されていないのが現状である．

②小さな波形の認識とアーティファクトとの識別困難

自動診断においては、小さな波形であるP波の検出が時に困難で、心房期外収縮、特に多形性や先行するT波に重なるものの認識、上室頻拍の変行伝導と心室期外収縮の鑑別、心房細動・粗動の診断などにおいて、判読に誤りのあることが指摘される(図3)。また、筋電図混入、振戦、体動変化などに影響されやすく、交流障害などによって誤診が生じやすい。

③解析処理

自動解析には波形計測の処理から得られた所見をMinnesota分類、その他アルゴリズムの処理により診断を導く方式となっており、その方式は各社により異なる診断プログラムが使用されている。診断の提示方法、計測所見の解釈、診断基準、などは統一されておらず、独自の記載にゆだねられている。また、診断と所見が混在して記載される場合もあり、心電図の専門家以外には無用の混乱を与えかねないものも散見される。さらに、波形によっては複数以上の診断が考えられる場合の取り扱い、鑑別診断や除外診断などについての記載も統一されていない。心電図診断を専門としない内科医・他科の医師や看護師などのコメディカルも自動診断を利用することを勧案すると、診断名の統一はもちろん、重篤および稀な症例などに関する臨床的意義の簡単な解説や指示を付け加える必要性が指摘される(機器の使用解説書には詳しく記載があっても、実際の臨床の間では直ちには見出しにくい)。これまで、心電図自動診断に関する機器を製造販売する企業側と、その学術面および医療専門家集団である学会関係者との間において、診断精度改善・向上と利便性・用語の統一などに関する公式の討議がもたれてこなかったことも、限界問題が放置されている原因の一つとして指摘される。

④複雑波形・リズムの診断

心電図の診断は、生化学的検査などの定量的な計測とは異なり、定性的な判断による部分が多い。即ち、数字で表しにくい波形の違いに頼る判読であるといえる。このため、専門家により異なる診断や波形の判読、複雑波形や異常所見が重複した場合(図3)の自動診断には、時に限界がある。例えば、二束枝ブロックや脚枝・脚ブロックに梗塞を合併した場合などが挙げられる。さらに、この欠点が最も顕著なのが不整脈であり、同じ波形や一定の規則性を発揮するものは別にして、規則性のまったくない、またはほとんど見られない複雑不整脈(図3)、時間とともに変化する不整脈などにおける自動診断能力には、いまだ限界がある。最近ペースメーカーを植込まれた患者が、ペースメーカー外来以外の医療機関や健診を受診する機会が増えている。この場合の自動診断は“ペースメーカー調律”のみであって、たとえペーシングやセンシング不全が存在しても、このことを指摘する機能までは備えていない。

IV. 心電図診断そのものの問題

心電図診断基準そのものに未解決の問題を含んでいることも、自動診断の限界となっている。例えば、左室肥大の診断基準について様々な提唱がなされているが、現在最も正確で確実とされるものでも、心エコーの所見に勝るものはないであろう。左脚前枝ブロック・左脚後枝ブロックの診断について、QRS電気軸が重要な判断因子であるが、最初に提唱された電気軸の値とその後の病理所見などと対比して、検討および提唱された軸偏位の値は必ずしも一致せず、報告や研究者間での意見の一致が見られていない。このように、専門家の間でも意見の分かれる場合があることも、自動診断の正確性に疑問が生じることも事実である。さらに成因が不明ながら、低カリウム血症での著明なU波、高血圧や虚血で時に認められる陰性U波などが認められるが、それらを異常と判定する明確な基準はない。また、

比較的新しい疾患ないし病態概念の提唱があり、Brugada症候群ではその心電図波形の特徴づけはなされているが、正常例も多数含まれることから、診断名や所見名としてそのまま単純に提示してよいものか、被験者への影響の大きさから考えると、慎重な配慮が望まれる。同様に早期再分極症候群に見られるJ波の成因、QRSのfragmentationとの鑑別や診断基準はいまだ確定されていない。そのため、多くの正常例を対象とする職場健診・住民健診・学童検診などでは、正常亜型と極めて頻度の低い致死性不整脈をもたらすJ波との鑑別が、現在のところ困難な状況にあることから、その波形の取り扱いや診断の提示方法については、慎重な配慮が必要である。

V. おわりに

心電図自動診断の精度は、その導入初期に比べると相当に進歩したともいえるが、いまだその診断は100%正確なものではなく、ここに述べた種々の限界がある。安価・簡便な検査でありながら、重要な情報を提供する心電図自動診断の利用にあたっては、機械による自動診断名を鵜呑みにするのではなく、波形の詳細な観察、臨床症状や理学的所見との対比、ほかの検査結果を参考にして判断・活用する姿勢が求められる。現在販売使用されている各社の機器間における規格・波形認識・時間計測などの精度管理と信頼限界を明らかにし、診断基準・診断名を統一するとともに、その提示方法への工夫や、心電図判読を専門としない利用者にも理解しうる解説の提供などが望まれる。また、新しい疾患や病態の出現に対する対策も必要となる。そのためには、機器を開発・製造販売する企業側と専門家学術集団である本学会(理工学者・基礎医学および心電図診断を専門とする臨床医学者など)とが常に討議の場を設け、測定精度の向上とその情報の公開、診断精度の改善、自動診断活用の啓発・普及などに努めることが必要であろう。これらの努力を重ねることにより、心電図自動診断のより正確で有効な活用が広がることを期待してやまない。

著者のCOI (Conflict of Interest)開示：本論文発表内容に関連して特に申告なし。