はじめに

日本医科大学 名誉教授/東武鉄道株式会社診療所 所長
加藤貴雄

臨床の現場や健康診断において12誘導心電図を記録すると，ほとんどの機種ではコンピュータによる自動診断プログラムにより，記録終了と同時に診断名や所見名が自動的に記述される．大変効率的で便利な機能であるが，この診断名や所見名に関しては，心電図の専門家ばかりでなく，心電図を専門としない医師や医療従事者も医療行為の一助とする可能性がある．したがって，その自動診断にあたってはより高い精度が求められる．心電計各社の努力によって年々精度向上が図られ，その精度は決して低くはないレベルになってきたが，実際にはいくつかの問題点が指摘されており，最終的にこの自動診断結果を臨床に用いるためには，いまだに専門医のオーバーリードが不可欠である．

本シリーズでは，専門医がみて明らかに不適切であると判断される自動診断心電図について，なぜそのような診断に至ったのかを考察し，その解決法を考えたい．

不適切な自動診断心電図、どう評価し、どう解決するか？

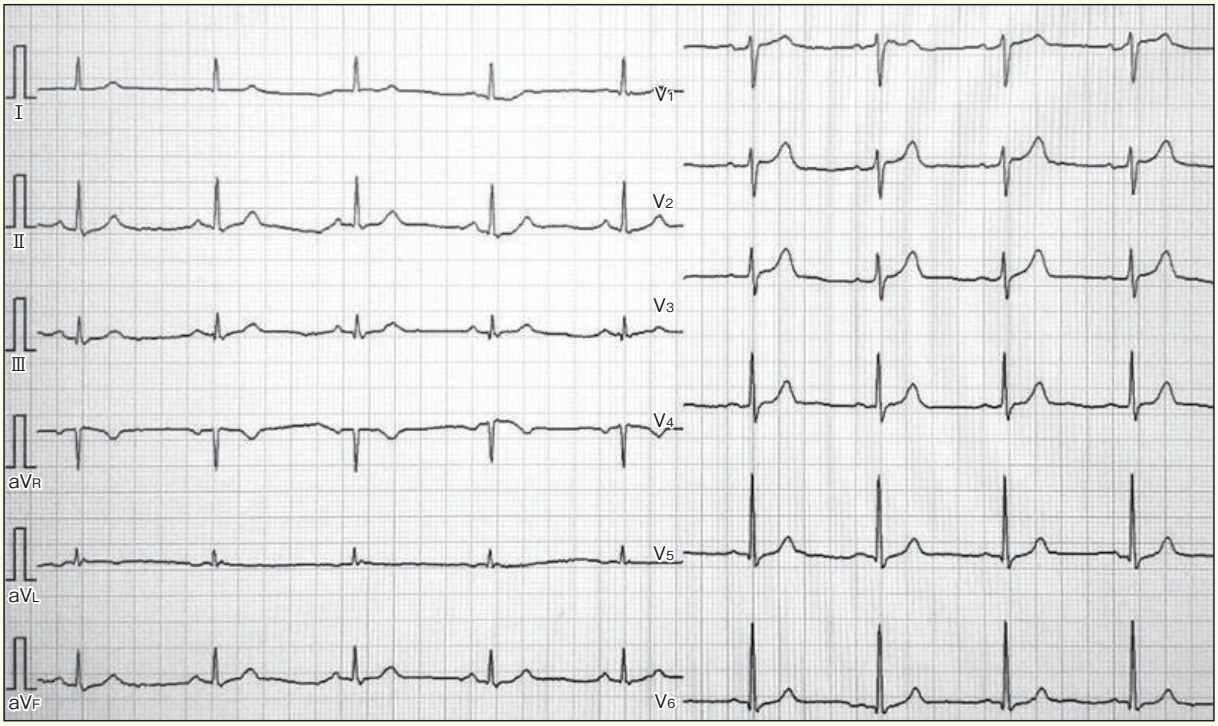
第Ⅰ章

読み過ぎによる誤診

読み過ぎによる誤診

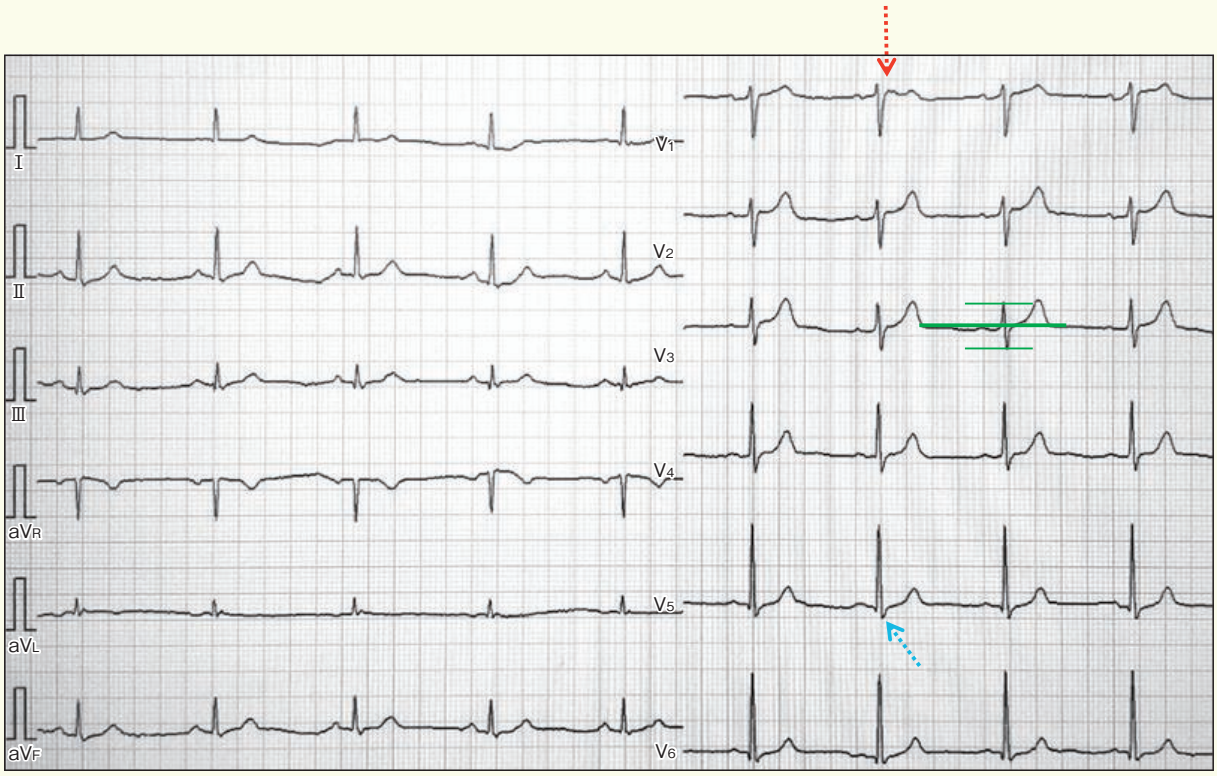
＊重大な所見の見落としを防ぐため、自動診断では多少の読み過ぎは許容されてきた。
＊特に迅速な対応が必要な所見名・診断名に関しては、多少でも可能性があると判定した場合には、「～の疑い」として記載されることが多い。
＊ノイズやドリフトあるいはU波など小さな基線の変化を、f波と読み過ぎた場合は「心房細動」、P波と読み過ぎた場合は「第1度あるいは第2度房室ブロック」と過剰診断することがある。
＊体動などによる一過性の基線の変化をとらえ、正常範囲の心電図に対し様々な不適切診断を下すことも少なくない。
＊早期再分極による正常亜型のST上昇を読み過ぎ、「急性心筋梗塞」と過剰診断する例も多い。
＊下壁誘導に幅の狭い小さなQ波があると、「陳旧性下壁梗塞」と過剰診断することがある。
＊QRSの立ち上がりがやや緩徐な場合、それをデルタ波と捉え、「WPW症候群」と過剰診断することがある。

読み過ぎ-1　Question



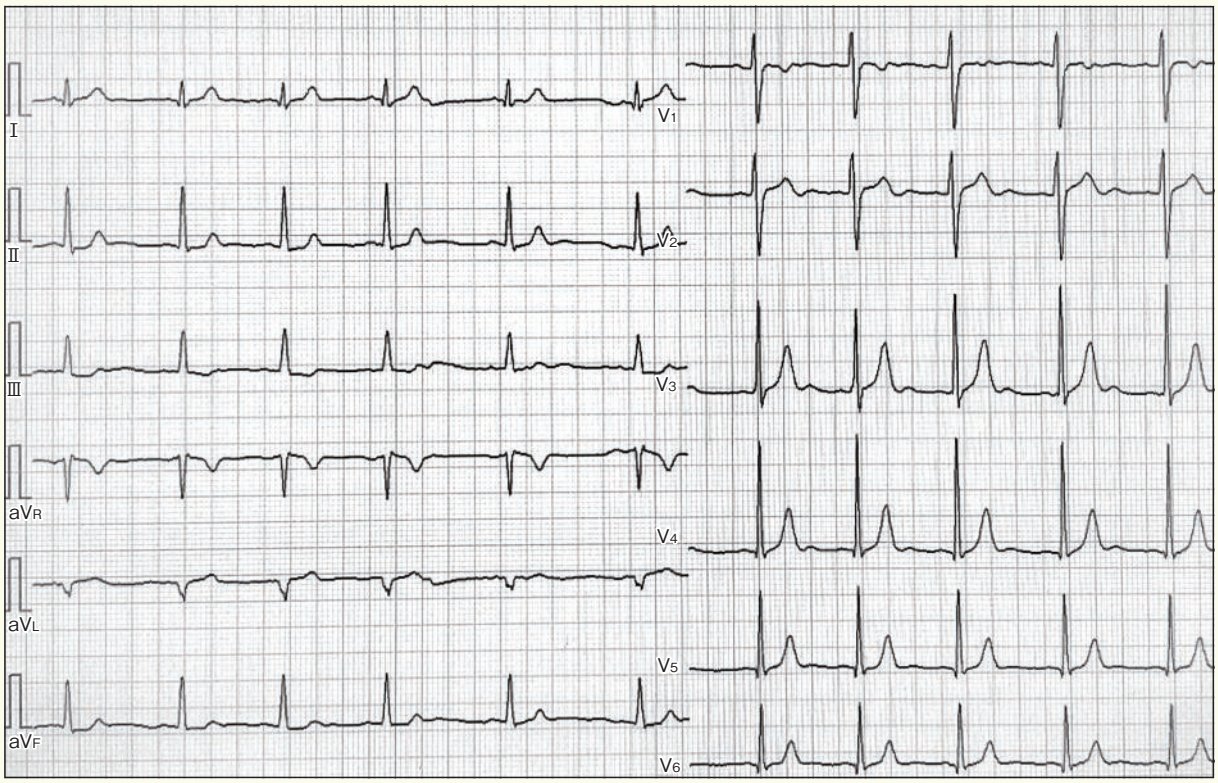
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
69歳の女性。住民健診の際の記録。例年「正常洞調律」と診断されていたが、今年度は「不完全右脚ブロック」「時計回転」と表示され、精密検査を指示された。

読み過ぎ - 1　Answer



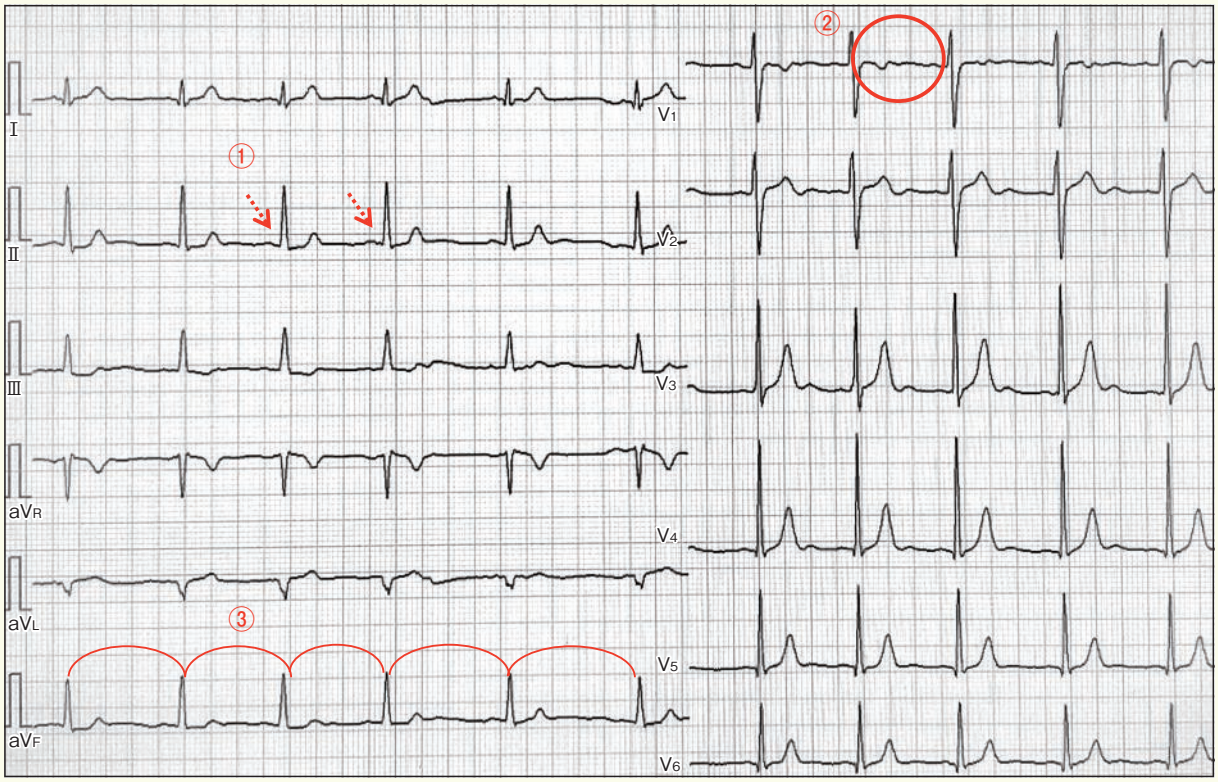
実際の心電図所見は、心拍数60/分の「正常洞調律」である。「不完全右脚ブロック」という自動診断はどこからなされたのであろうか。V_1誘導の第2拍、矢印部分に基線の動揺（ ）があり、これをQRS波の一部ととらえてrSr'型と認識した可能性、V_5誘導のS波（ ）を重要視した可能性、QRS幅を110 msecと長めに測定した可能性などが挙げられるが、いずれも過大評価で「右脚ブロック」とは到底考えられない。「時計回転」に関しても、V_3誘導のR波とS波の振幅がほぼ同じ（ ）で、移行帯がやや上方に偏位しているともいえることから診断されたのであろうが、臨床的にはほとんど意味のない所見である。いずれにしても、心電図所見の読み過ぎによってもたらされた混乱といえよう。

読み過ぎ-2　Question



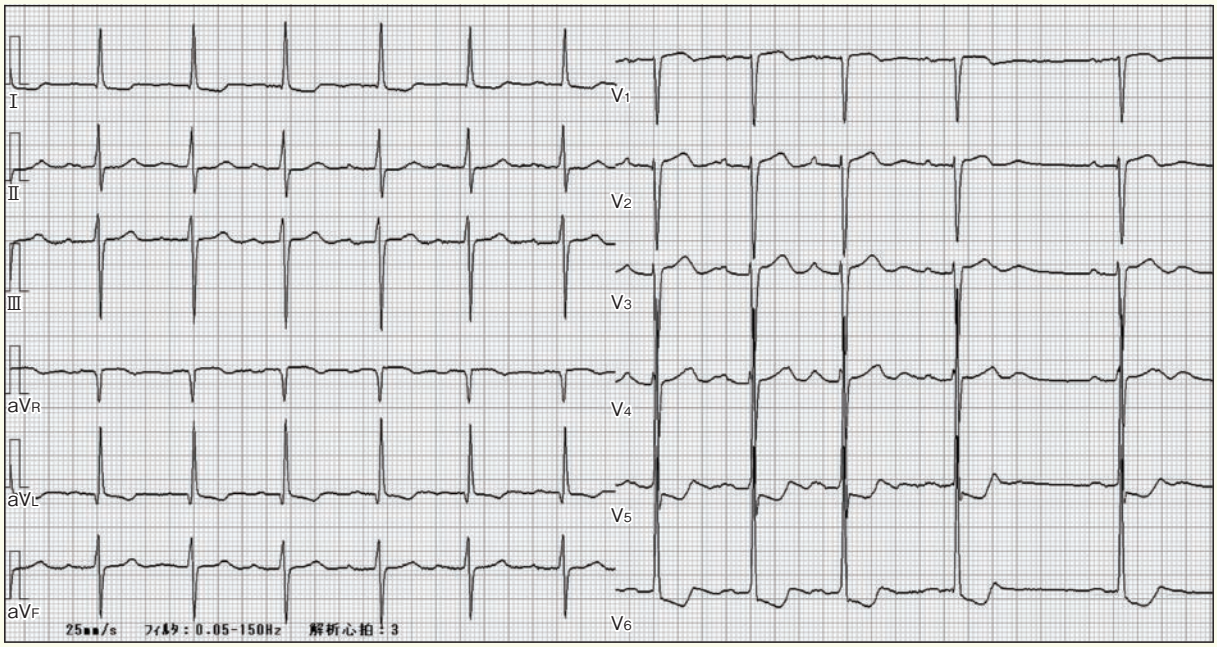
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
19歳の男子学生。健康診断の際の記録。心電図自動診断では「心房細動」と表示されたが、心房細動でないことは一目瞭然である。

読み過ぎ-2　Answer



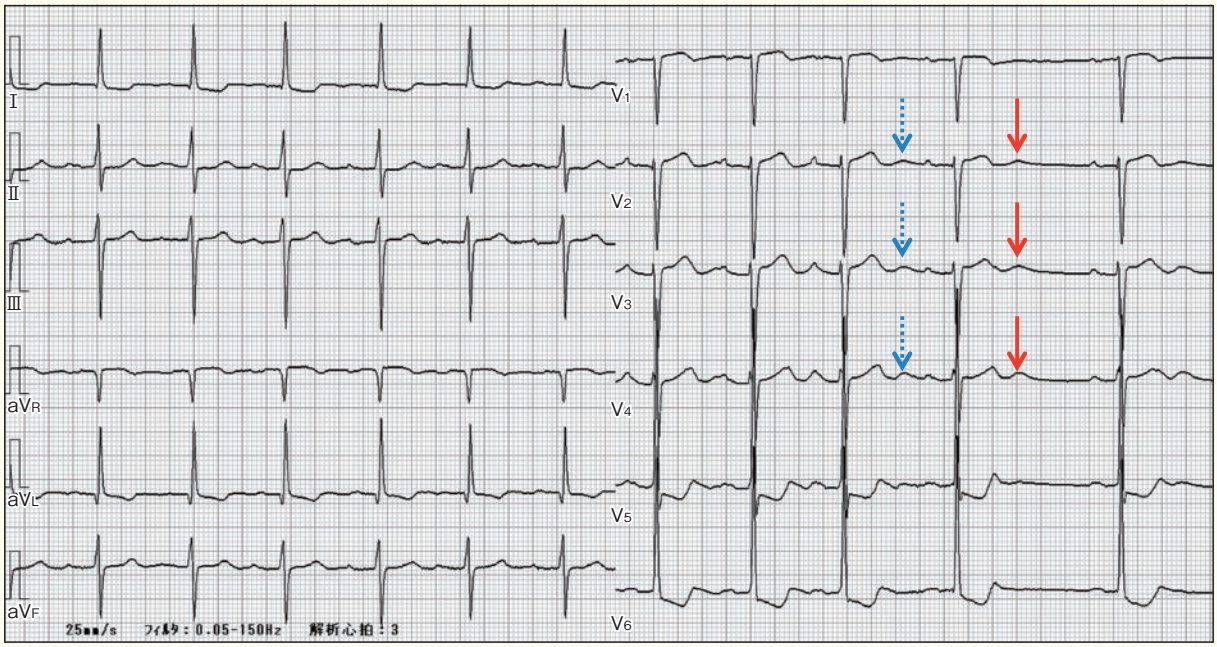
コンピュータが誤診した原因を分析すると、以下の①～③の要因が考えられる。①：洞性P波を見落とした（ ）、②：T波、U波、基線の動揺をf波と誤認した（ ）、③：RR間隔の呼吸性変動を絶対性不整と誤認した（ ）。これらが重なって「心房細動」という不適切診断に結び付いたと考えられる。さらに言えば、①のみであれば房室接合部調律、②のみであれば洞不整脈が鑑別に上がるが、②を過剰診断したことによって「心房細動」という不適切診断に至ったと判断される。洞性P波、異所性P波、T波、U波、ノイズやドリフトなどの基線の動揺を正確に鑑別するアルゴリズムの開発が必要である。

読み過ぎ-3　Question



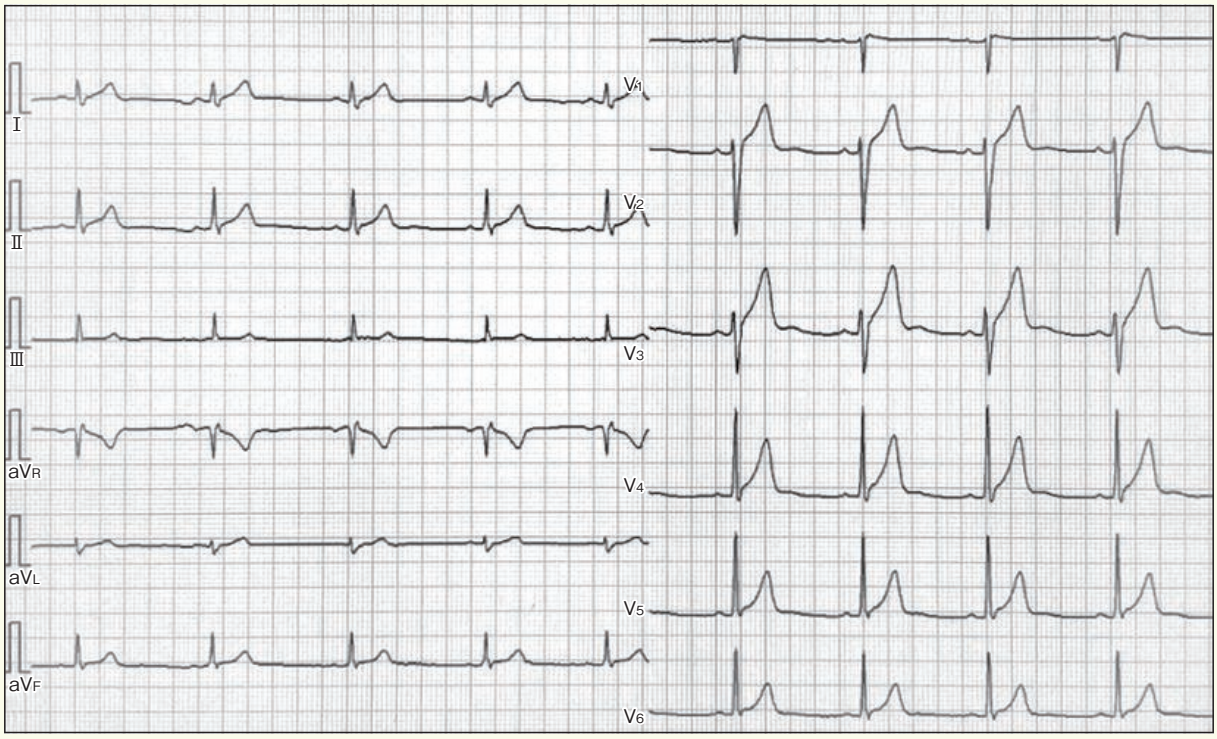
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
86歳の男性。高血圧にて通院中、近医にて記録。心電図自動診断で「第2度房室ブロック（Mobitz Ⅱ型）」と表示され、近医より紹介受診された。

読み過ぎ - 3　Answer



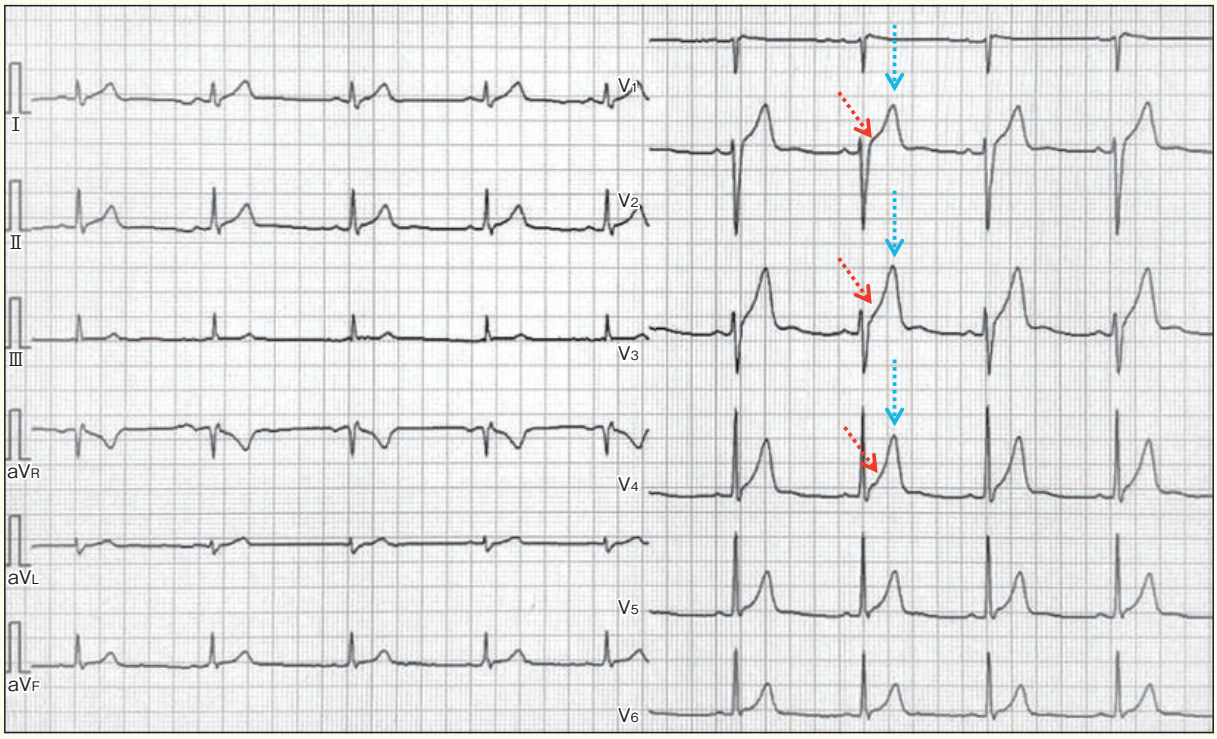
過剰診断の原因として、まず赤矢印部分（↓）にあるU波をP波と誤認し、続くQRS波がないこと、前後の心拍のPR間隔が210 msecで一定であることから、「第2度房室ブロック（Mobitz Ⅱ型）」との診断に至ったと考えられる。虚血性心疾患を疑わせるST低下もあり、担当医は重症度の高い房室伝導障害への進展を憂慮して、患者を転送してきたと思われる。しかし、赤矢印部分（↓）の波形を見ると、他の洞性P波の波形とは明らかに異なっており、先行心拍にも青矢印（↓）のように類似した波形が観察されることから、これらを目視でU波と診断するのは難しくない。自動診断におけるU波とP波の鑑別アルゴリズムを再構築する必要があるかもしれない。また、矢印の2〜3拍前から徐々にPP間隔が長くなっていることから、不整脈診断としては単なる「洞不整脈」と考えてよいであろう。

読み過ぎ-4　Question



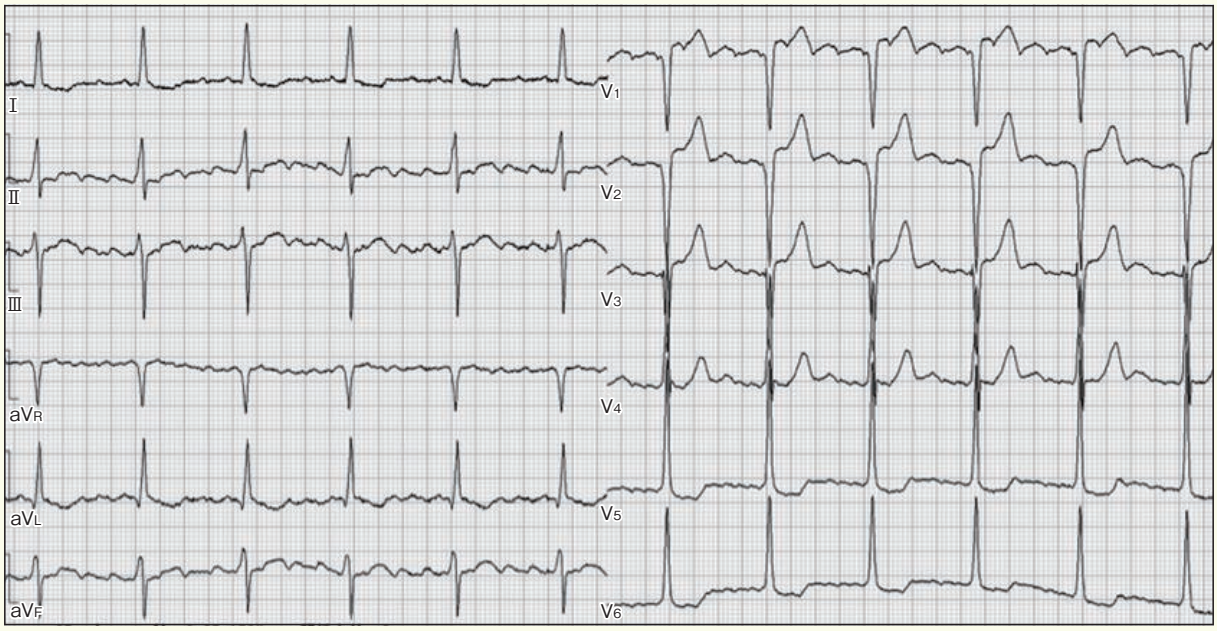
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
32歳の男性。会社の健康診断にて記録。心電図自動診断で「急性前壁梗塞の疑い」と表示されたため、近医より紹介受診された。

読み過ぎ - 4　Answer



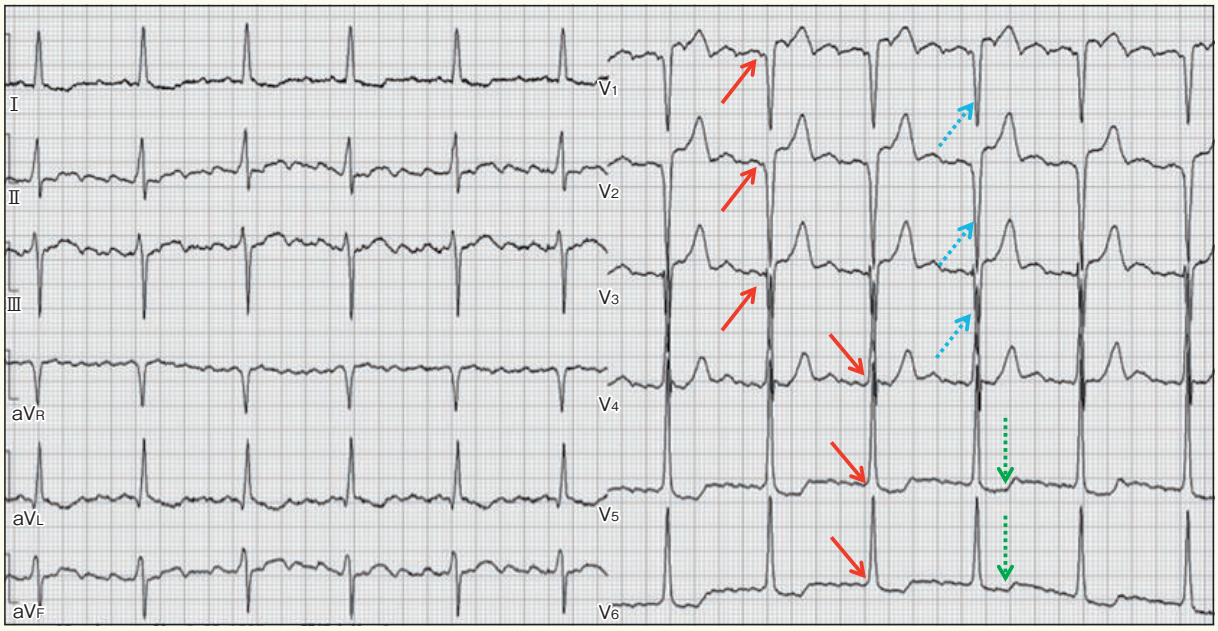
心拍数60/分前後の「正常洞調律」である。胸痛等の自覚症状はなく、急性心筋梗塞を疑う臨床所見はまったくないにもかかわらず、疑いとはいえ「急性心筋梗塞」と自動診断され、至急専門医受診を指示された。このような過剰診断を引き起こした原因としては、有意のST上昇（↘）とT波増高（↓）があると判断されたためであろう。自動診断においては、心筋梗塞のような重大な異常所見を見落とさないために、しばしば正常亜型と考えられるST偏位やT波形の変化を過大に評価する傾向があり、注意が必要である。ST部分やT波の形態に関しての鑑別診断アルゴリズムの改良が必要であろう。

読み過ぎ-5　Question



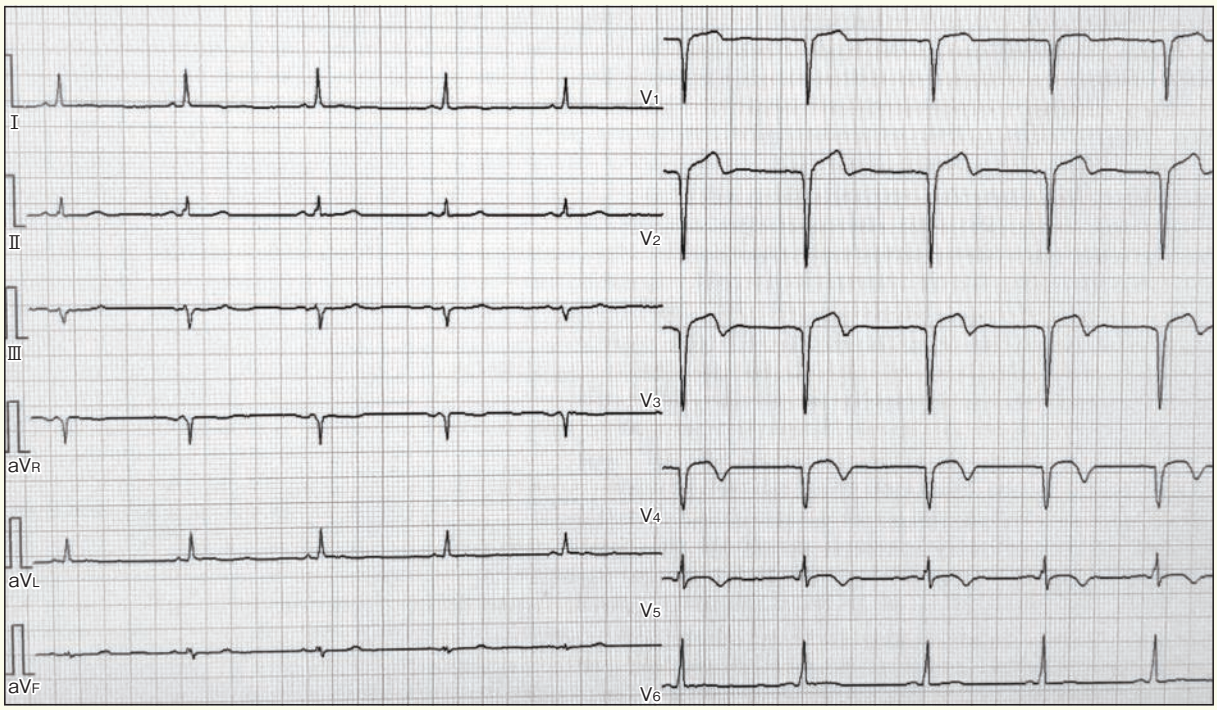
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
83歳の男性。陳旧性心筋梗塞で心房細動、心房粗動を合併し通院治療中の記録。心電図自動診断では「WPW症候群（B型）」と表示された。

読み過ぎ - 5　Answer



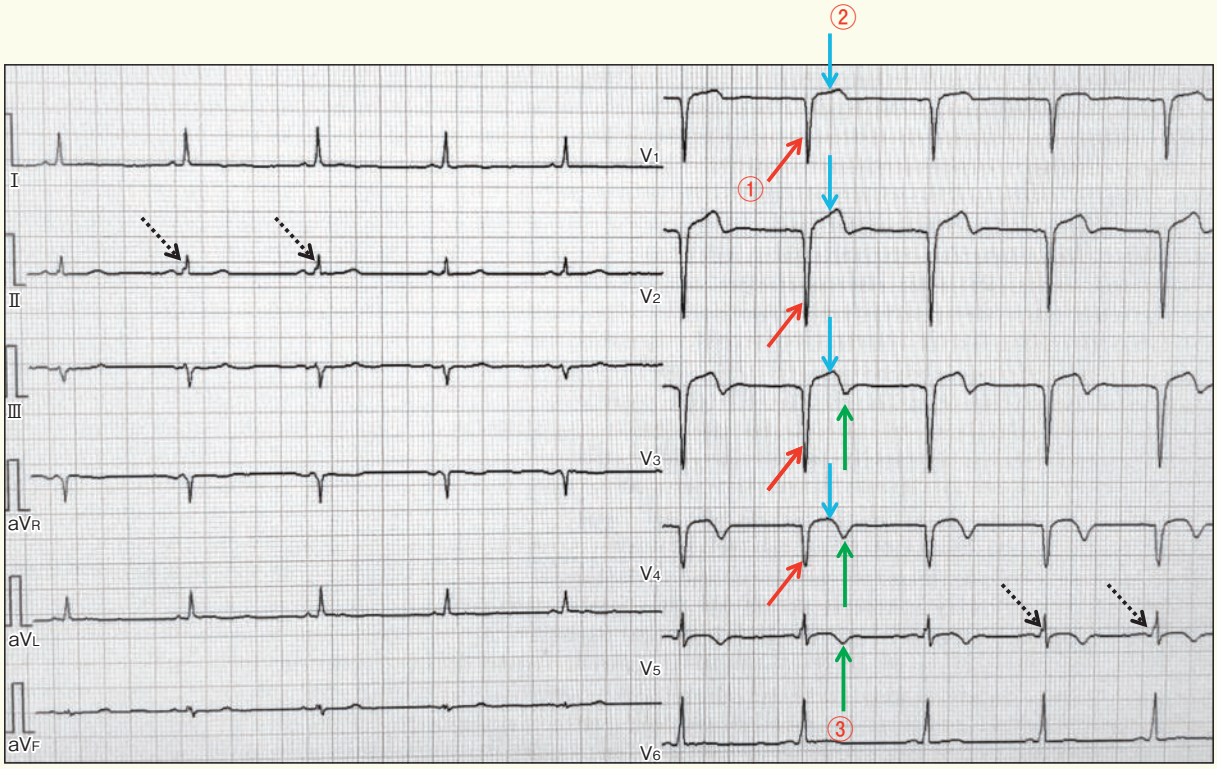
心電図所見からは、リズムは「4対1伝導の心房粗動」で、「陳旧性前壁中隔心筋梗塞」があると診断される。なぜ、「WPW症候群」という不適切診断に至ったのであろうか。まず矢印部分に注目すると、QRS直前に心房粗動によるF波と思われる成分（↗↘）があり、これをWPW症候群におけるデルタ波と誤認した可能性が高い。また本例で特に留意しなければならないのが、WPW症候群と診断したことによって他の重要所見〔V_1〜V_3誘導のQSパターン（↗）やV_5〜V_6誘導のST低下（↓）〕がすべてマスクされてしまっている点である。なおV_5〜V_6誘導のST部分に関しては「盆状低下」であることから、心筋虚血を反映するものではなく、心房細動、心房粗動に対して用いられていたジギタリス製剤の影響と考えられる。本例のように、一つの診断がなされるとほかの異常所見がマスクされてしまう例は多数あり、診断プログラムの改良が必要である。

読み過ぎ-6　Question



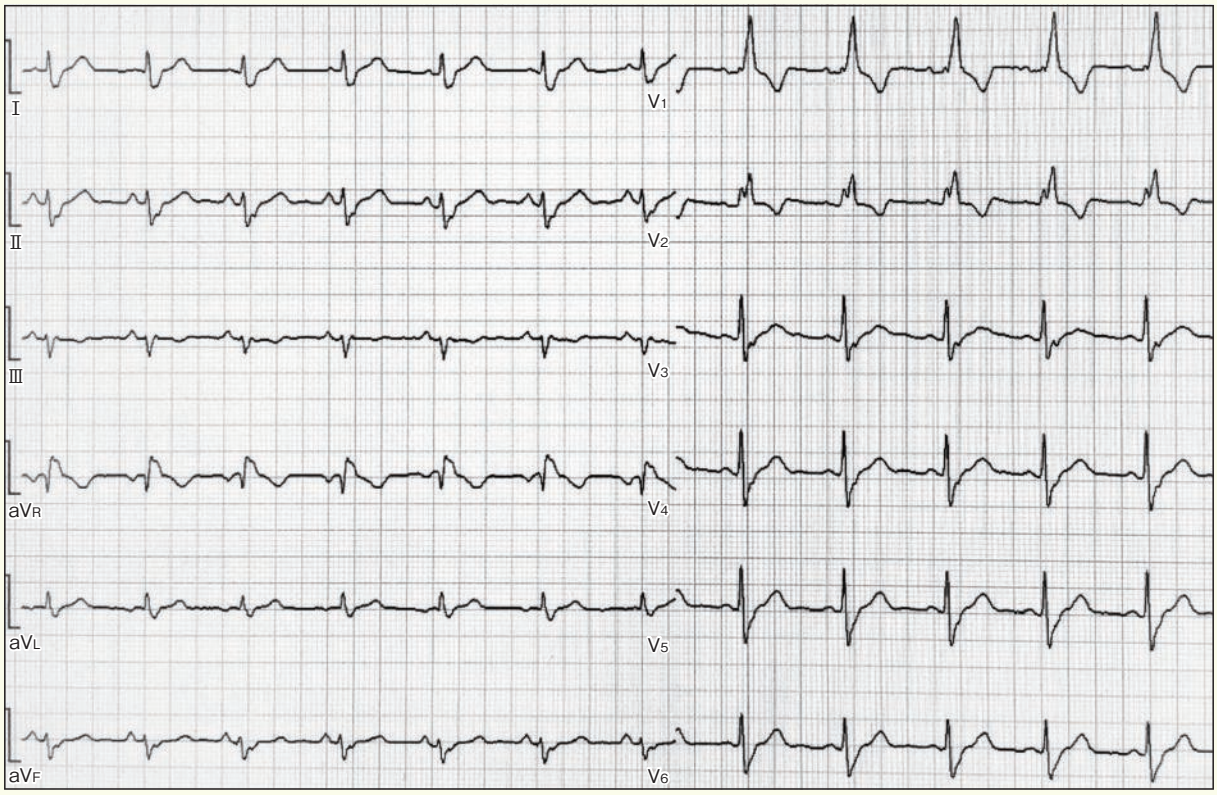
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
46歳の男性。数日前からの胸部圧迫感を主訴に来院した際の記録。心電図自動診断では「WPW症候群」と表示された。

読み過ぎ-6　Answer



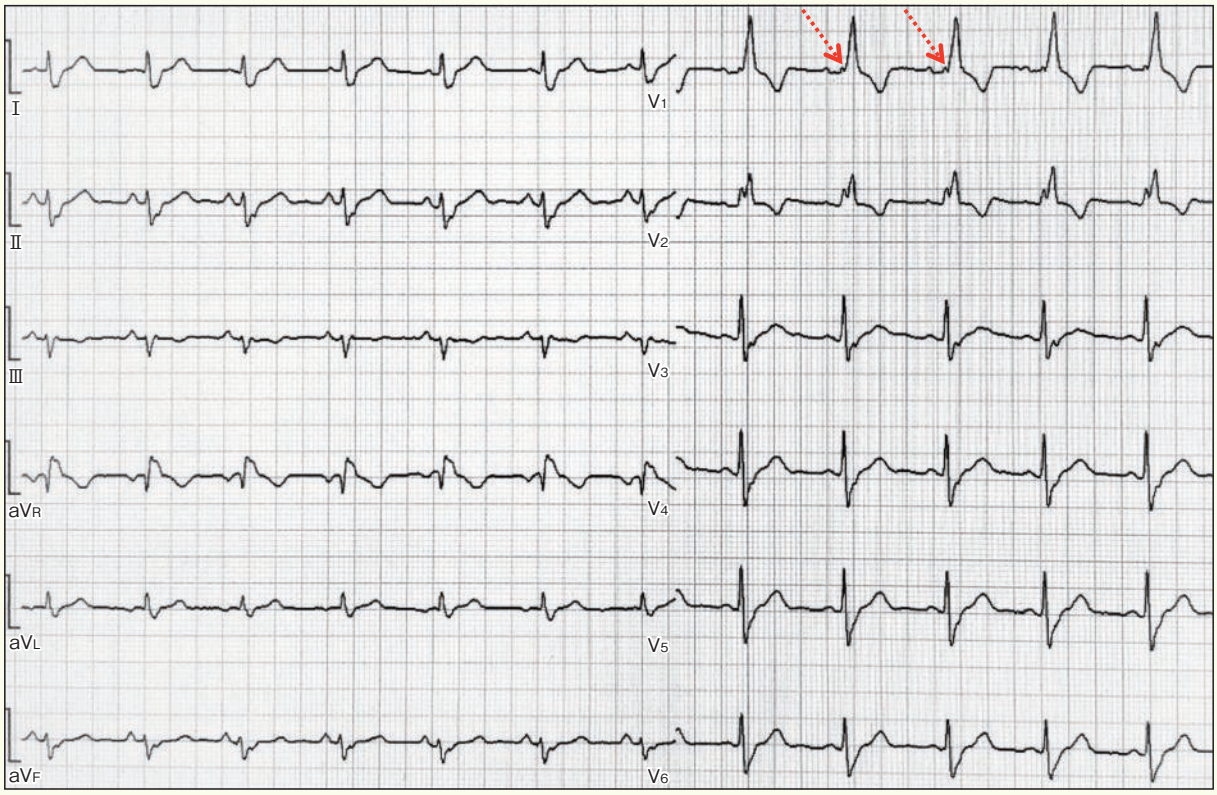
自覚症状に加え、V_1~V_4誘導における①QSパターン（↗）、②軽度のST上昇（↓）、③V_3~V_5誘導の陰性T波（↑）から、「亜急性前壁心筋梗塞」であることは容易に診断できる。しかし自動診断では、Ⅱ誘導やV_5誘導などに見られる緩徐なQRS立ち上がり（↘）を読み過ぎてデルタ波と判断したため、「WPW症候群」の診断が先行し、心筋梗塞を反映する重要所見がすべてマスクされてしまったと考えられる。このような自動診断の不備や誤診による治療の遅れを防止するためには、臨床的意義や重症度を加味した、より臨床現場に即した実戦的診断プロセスの構築が急務である。

読み過ぎ-7　Question



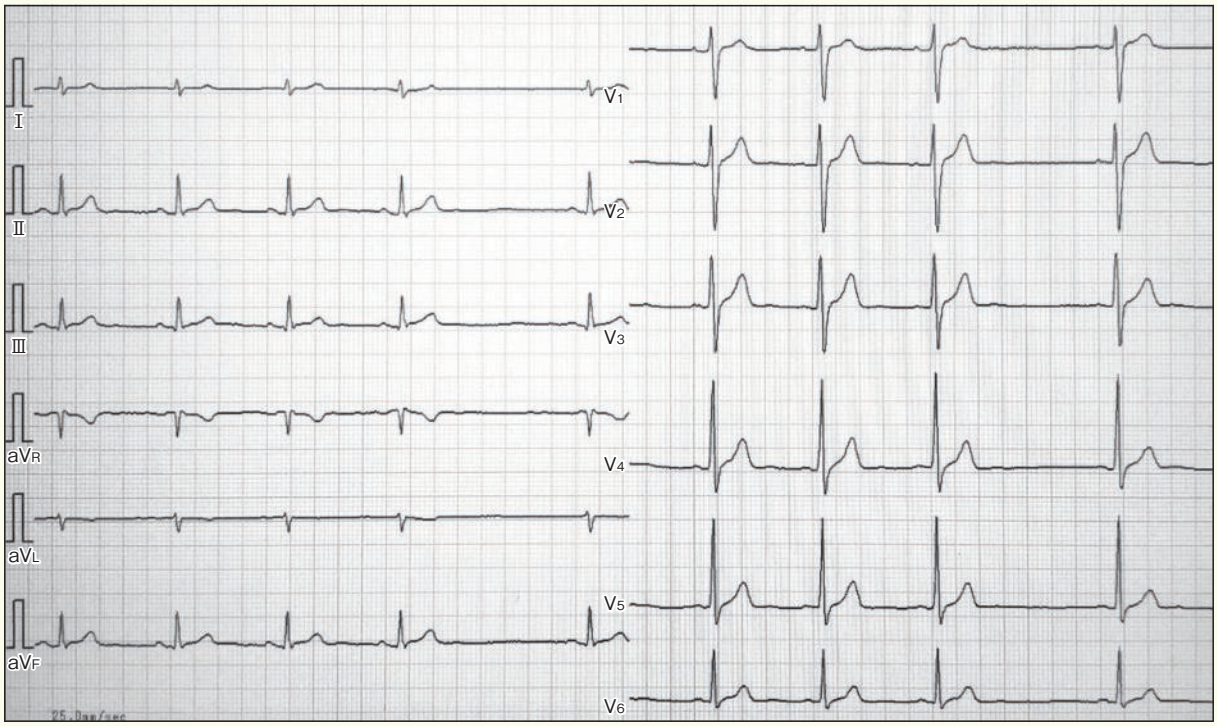
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
54歳の男性。会社の定期健康診断における記録。自動診断では「人工ペースメーカ調律」と表記されたが、ペースメーカ植込み治療を受けた既往はない。

読み過ぎ - 7　Answer



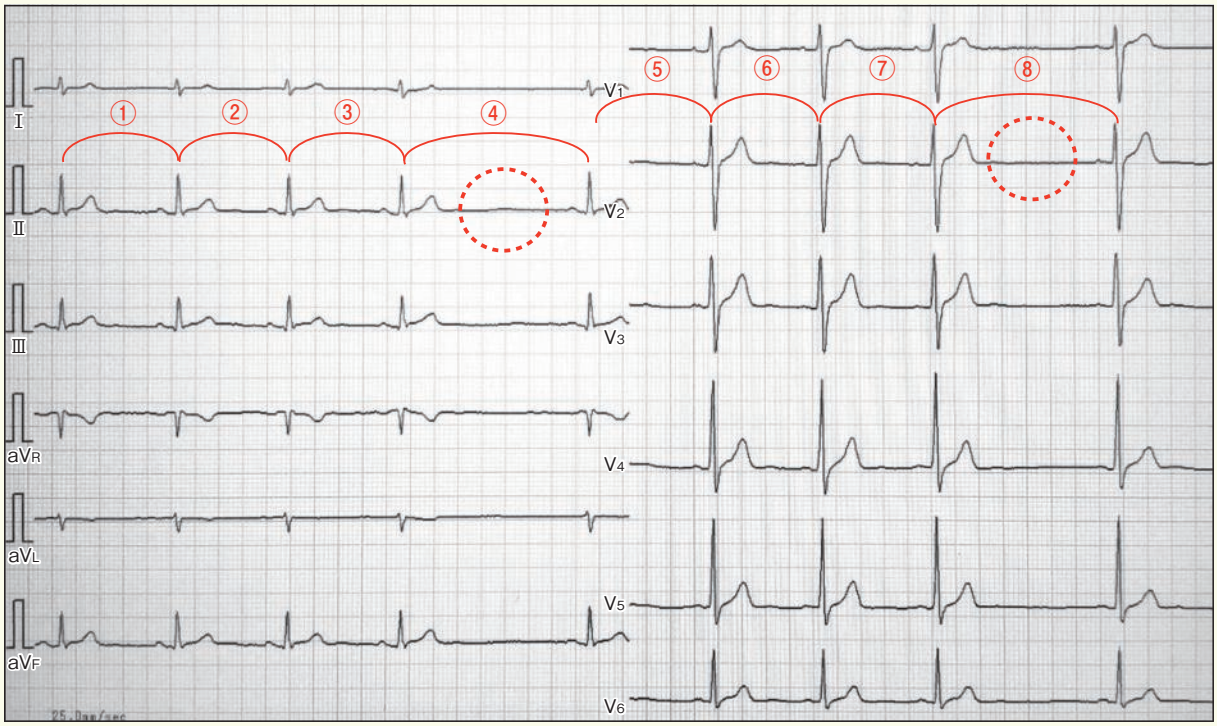
ペーシングスパイクと思われる信号はまったく確認できないが、なぜ「人工ペースメーカ調律」という自動診断がもたらされたのであろうか。ペーシングスパイクに類似した波形として唯一考えられるのは、赤矢印（↘）で示すV_1誘導における小さなr波であろう。しかし、同じタイミングでV_2〜V_6に見られる波形は明らかにR波で、コンピュータがペーシングスパイクと読み過ぎたと判断される。さらに、「完全右脚ブロック」でQRS幅が拡大していることも、心室ペーシングによるQRS拡大として読み過ぎ、「人工ペースメーカ調律」という誤診を生み出したものと考えられる。加えて、多くの自動診断心電計においては、本例のように「人工ペースメーカ調律」という誤った診断が先行すると、他の異常所見がすべてマスクされてしまうことも大きな問題である。本例においては、ペーシングスパイクを読み過ぎたことによって「完全右脚ブロック」「左軸偏位」「二枝ブロック」などの所見が表示されなくなった。ペーシング心電図に関しては、診断アルゴリズムの大幅な改良が必要であろう。

読み過ぎ-8　Question



12誘導を6誘導ずつ連続記録。
50歳の男性。会社の定期健康診断における記録。自動診断で「第2度房室ブロック（モビッツⅡ型）」と表記され、至急専門医受診を指示された。

読み過ぎ-8　Answer



RR間隔（⌒）を見ると④および⑧で突然延長しており、その際の前後のPR間隔が約160 msecで変化がないことから、コンピュータは「モビッツⅡ型第2度房室ブロック」と診断したと考えられる。しかし、房室ブロックの診断に不可欠のP波に続くQRSの脱落は、まったく観察されない。赤丸（◌）で示す基線部分のどこを見ても、P波らしい信号は見当たらず、「モビッツⅡ型第2度房室ブロック」の診断は明らかに誤りである。④および⑧の突然のRR間隔延長がPP間隔の延長によってもたらされていることから、「洞房ブロック」の可能性はないだろうか。本例ではPP間隔とRR間隔が等しいので、④および⑧のRR間隔が③および⑦の2倍ないし整数倍になっていないかを調べると、それぞれ1.7倍、1.6倍程度であり、「洞房ブロック」も否定的である。周期的にRR間隔が微妙に変動している点からも、「洞不整脈」と判断するのが最も妥当なのかもしれない。

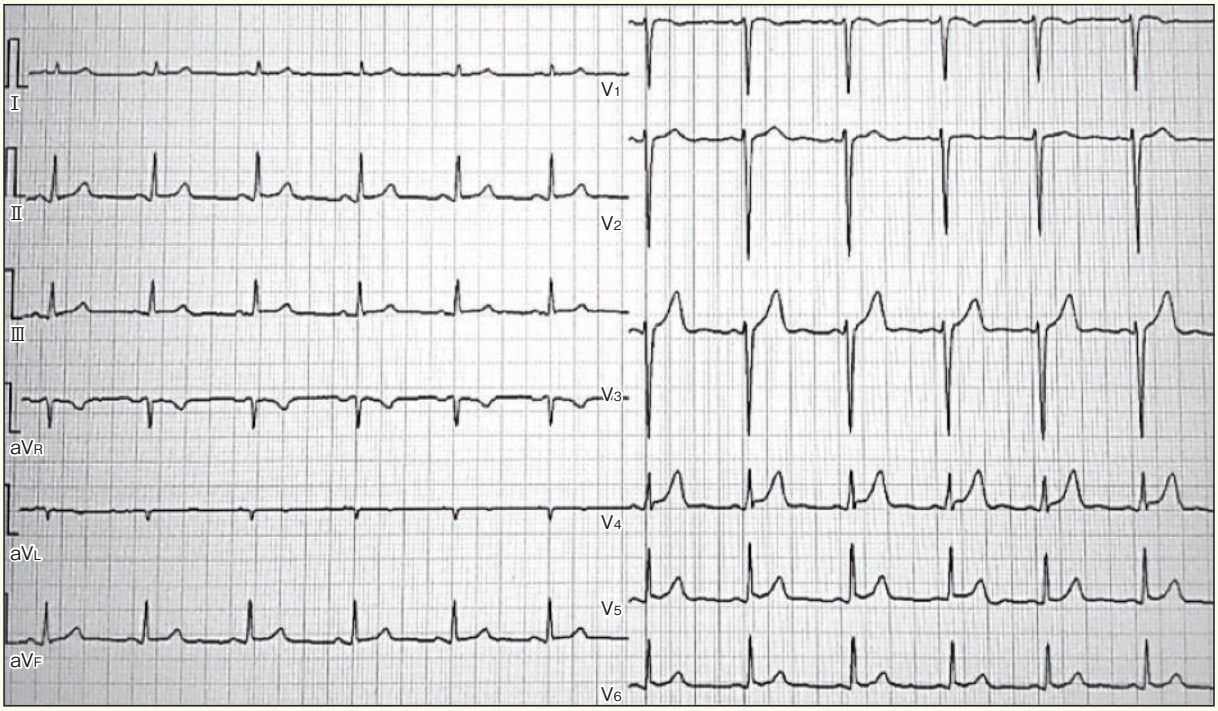
第Ⅱ章

読み落としによる誤診

読み落としによる誤診

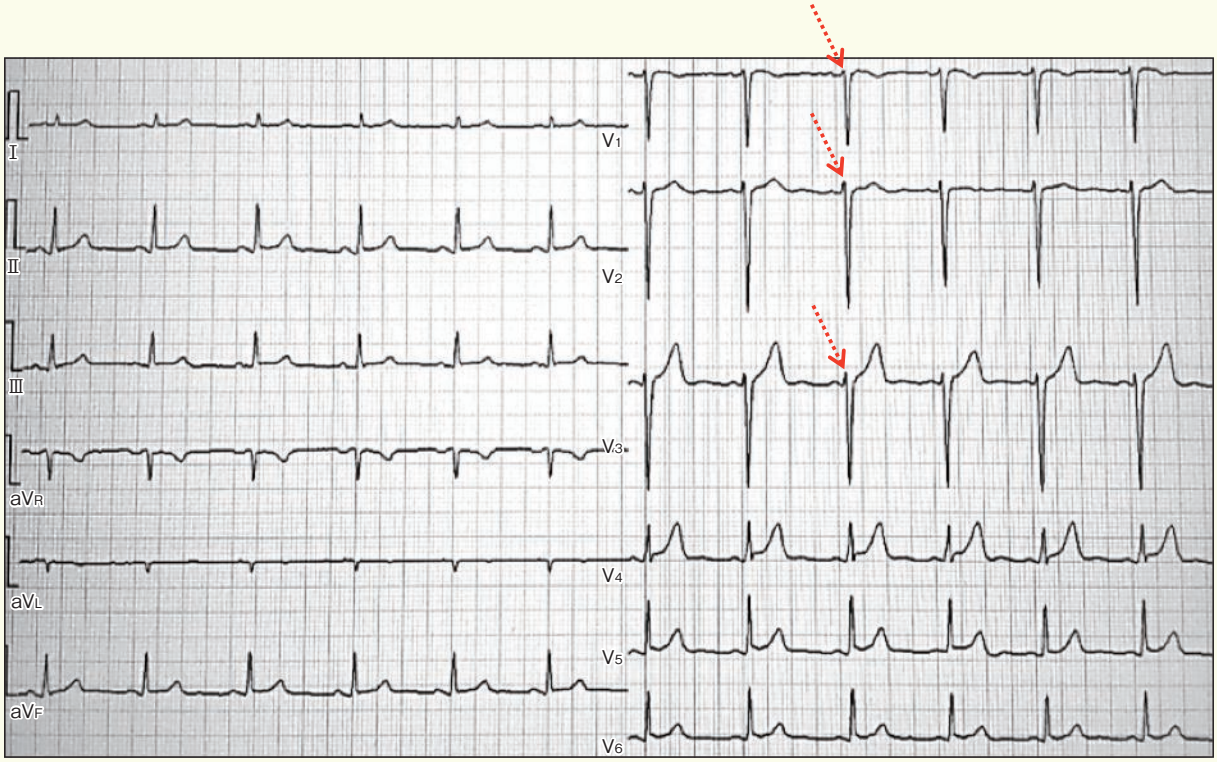
＊振幅の小さな波や微細な波形変化を読み落とすことによる誤診も少なくない。
＊胸部誘導V_1〜V_3のr波の振幅が小さいとQSパターンと誤認し、「前壁ないし前壁中隔梗塞」と誤診することがある。
＊下壁誘導の小さなr波を見落とし、「下壁梗塞」と誤診することがある。
＊洞性P波を見落とすと、「房室接合部調律」「心房細動」などと誤診する。
＊f波を読み取れず「心房細動」と診断できないと、RR間隔が整であれば「正常洞調律」、不整があれば「洞不整脈」と誤診する。
＊非伝導性心房期外収縮の異所性P波を見落とし、RR間隔が急に延長した部分を「洞房ブロック」と誤診することがある。
＊WPW症候群のデルタ波を見落とすと、「脚ブロック」や「心筋梗塞」と誤診することがある。
＊ペーシングスパイクを見落とし、「ペーシングリズム」を心筋梗塞、心室期外収縮、心室頻拍、極端な軸偏位などと誤診することも少なくない。

読み落とし-1　Question



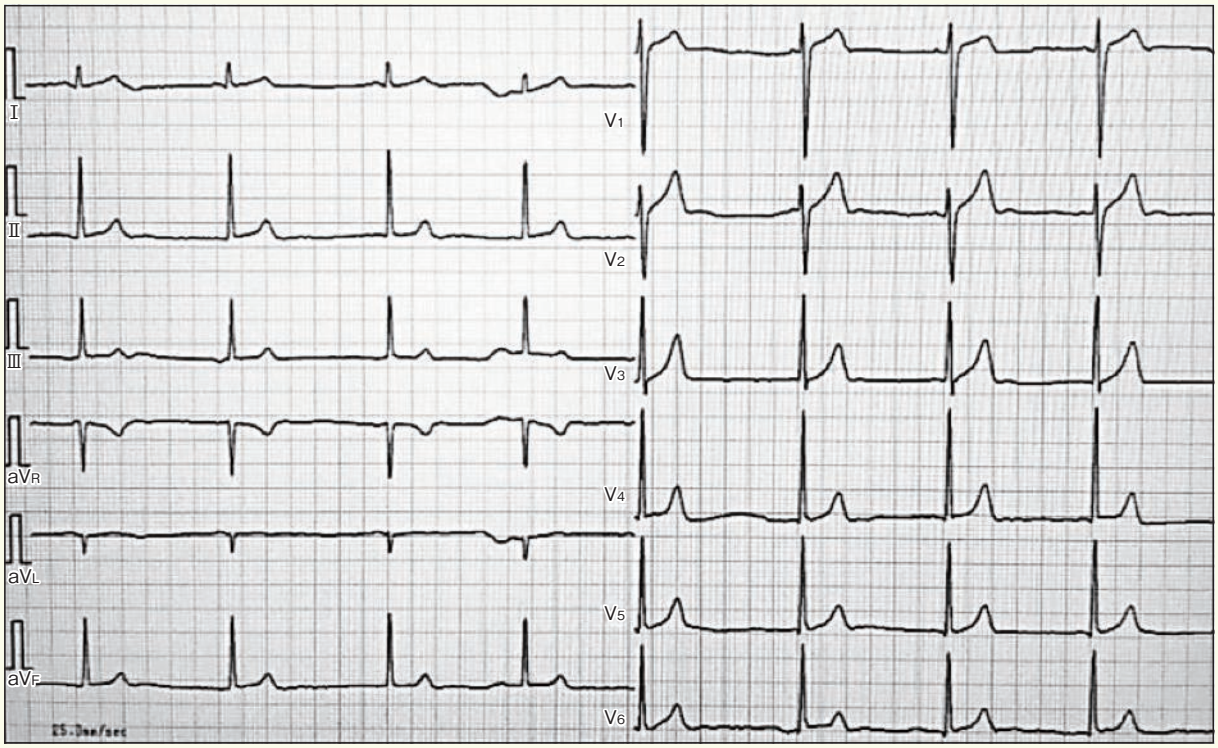
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
37歳の男性。会社の健康診断における記録。心電図自動診断にて「前壁中隔梗塞の疑い」と診断され、精密検査を指示された。

読み落とし-1　Answer



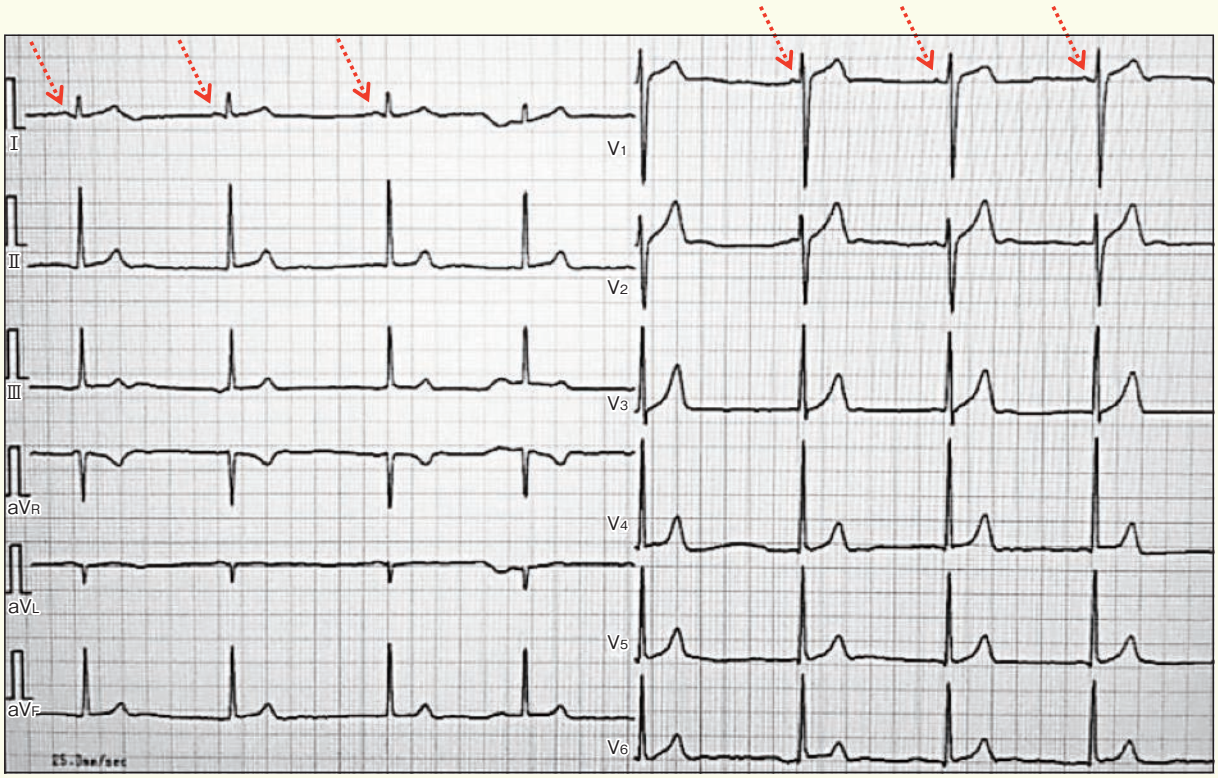
心拍数70/分の「正常洞調律」である。生来健康で、重大な疾患の既往もない。自動診断で前壁中隔梗塞を疑われたのは、おそらく赤矢印（ ）で示すV_1〜V_3誘導の小さなr波（pointed r）をコンピュータが読み落としQS型と判断したため、前壁中隔の陳旧性心筋梗塞の可能性があると診断したものと考えられ、このような誤診は比較的高頻度に見られる。類似した所見として「R波増高不良」と記載されることも多いが、より正確に陳旧性前壁中隔梗塞と診断するにあたっては、明らかにQS型かあるいはR波の振幅がV_1>V_2>V_3でかつST偏位やT波の陰転を伴っている場合に限る、としてもよいかもしれない。

読み落とし-2　Question



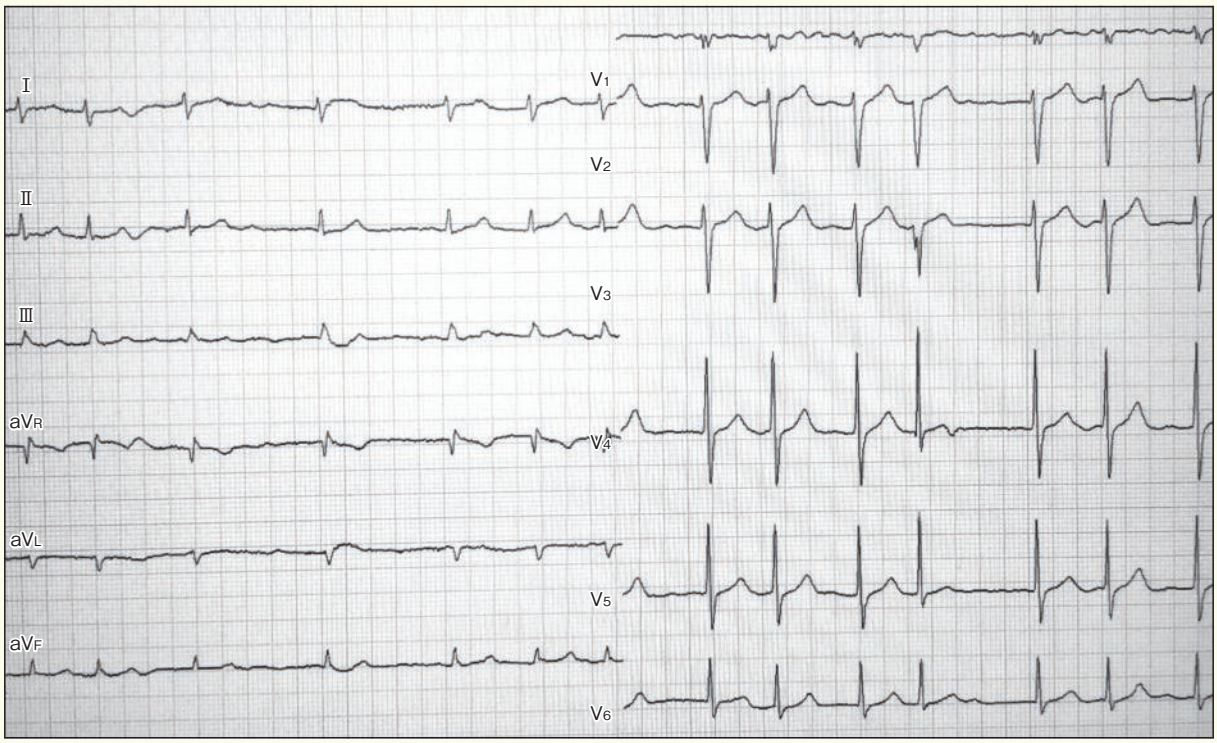
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
19歳の男子大学生、陸上部に所属。健康診断における記録。心電図自動診断にて「心房細動」と診断され、精密検査を指示された。

読み落とし-2　Answer



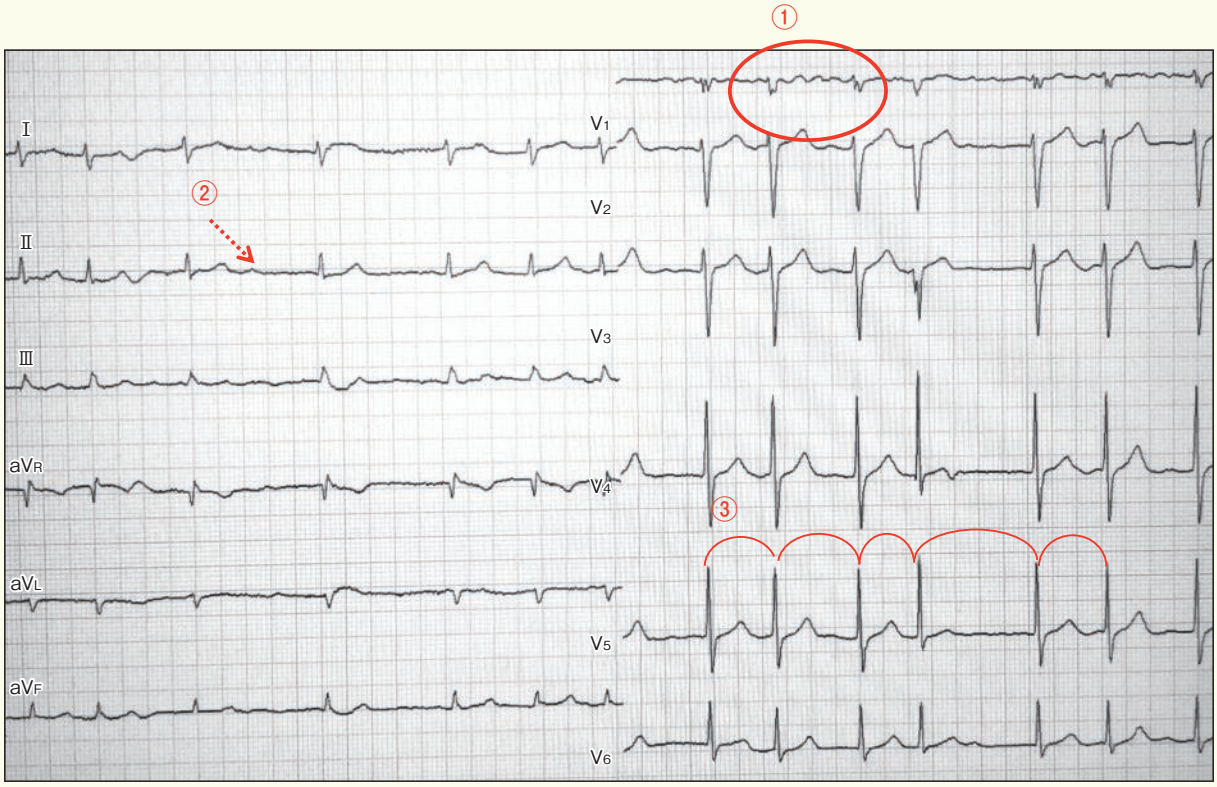
心拍数48/分前後の「洞徐脈」であるが、自動診断では「心房細動」と表示された。本例における誤診の最大の要因は、洞性P波の見落としであろう。多くの誘導でP波の振幅が小さいため、認識し難いのは確かであるが、赤矢印（ ） で示したようにⅠ誘導やV_1誘導では明確なP波を確認することができる。たとえ少数の誘導、少数の心拍であっても明らかな洞性P波が確認できれば、「心房細動」は否定できるため、12誘導すべての心拍をしっかりと観察することが重要である。なお、本例ではスポーツ等による徐脈傾向を認めるが、呼吸性不整脈によるRR間隔の軽度不整を伴っていたことも「心房細動」という誤診に結び付いたのかもしれない。

読み落とし-3　Question



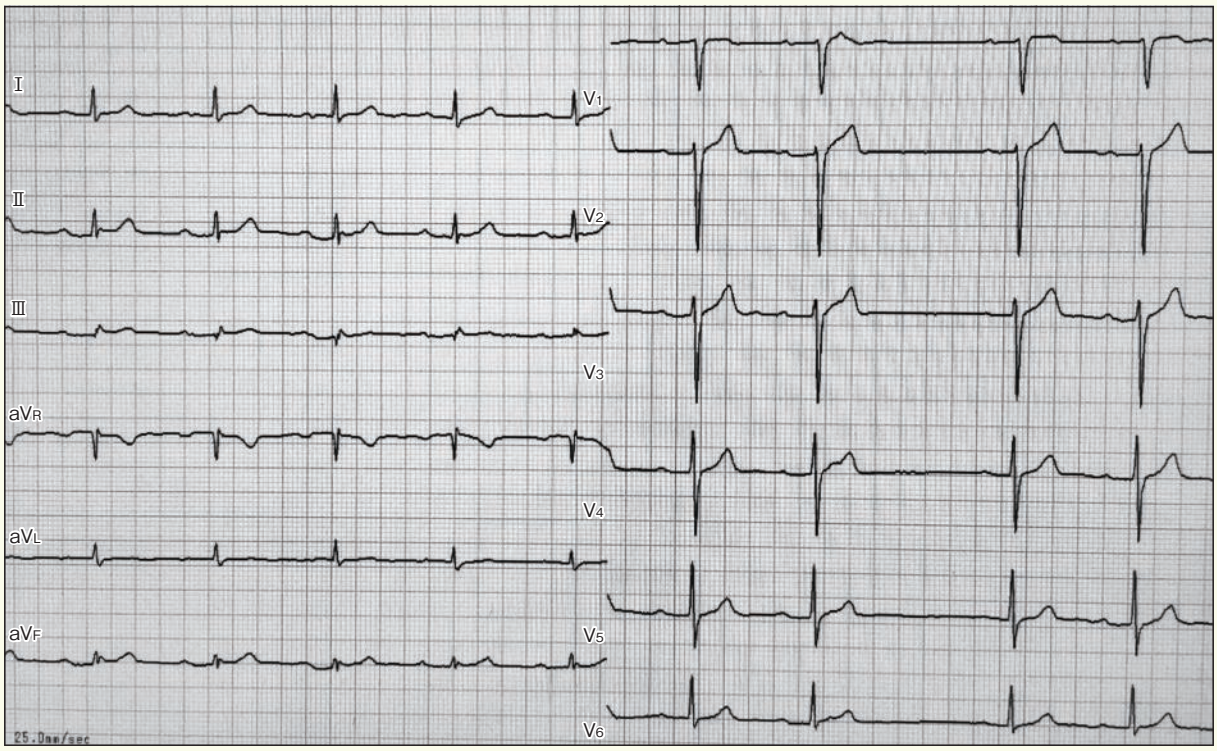
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
65歳の男性。心房細動にて通院加療中、外来受診時の記録。自動診断では「PR延長」「上室期外収縮」と診断された。

読み落とし-3　Answer



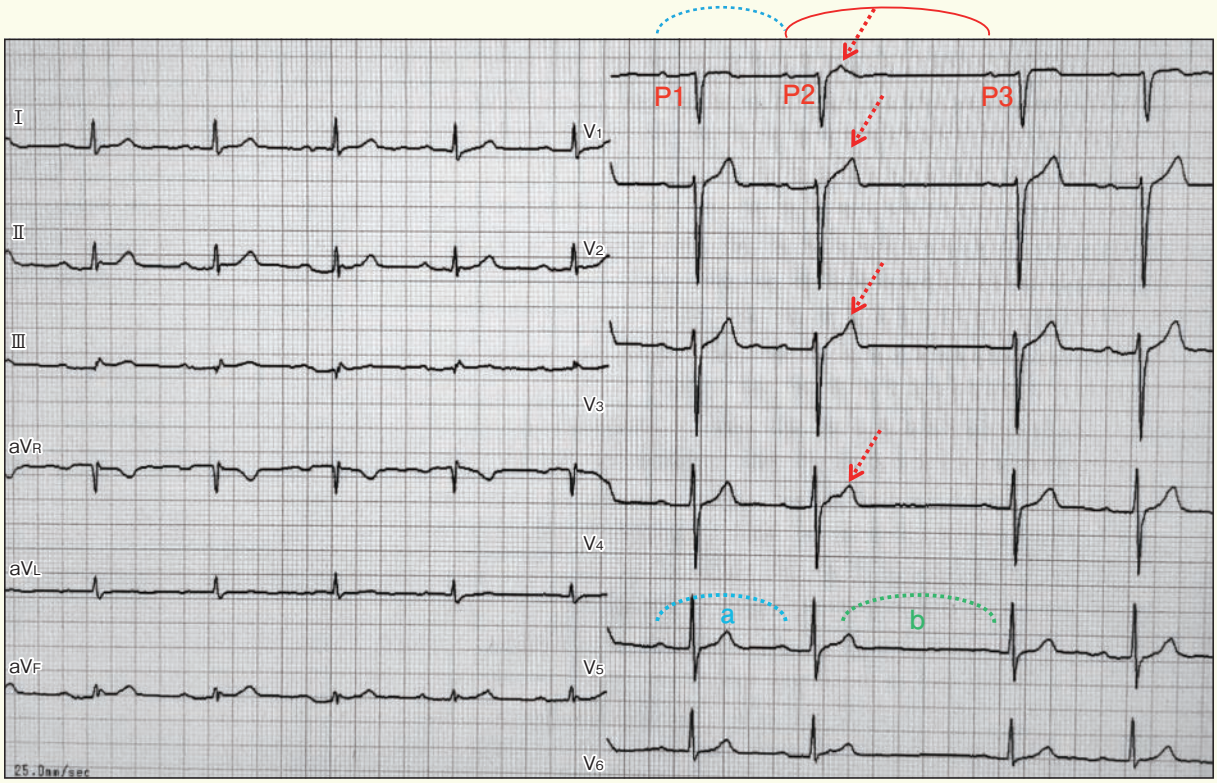
「心房細動」であることは一目瞭然であるが、自動診断ではなぜ上記のような不適切診断に至ったのであろうか。いくつかの要因が組み合わさって不適切診断に至ったと考えられるが、最も大きいのは①のf波の読み落としであろう（○）。次にP波を探しに行き、②の基線の揺れ（〜）をf波ではなくP波と判断し、PR間隔を540 msecと計測して「PR延長」と診断したようである。さらに、③で示すRR間隔の不整（⌒）に関しては、心房細動による絶対性不整ではなく、上室期外収縮の2段脈と判定したと考えられる。f波の認識が正確であれば、防げた誤診であろう。

読み落とし-4　Question



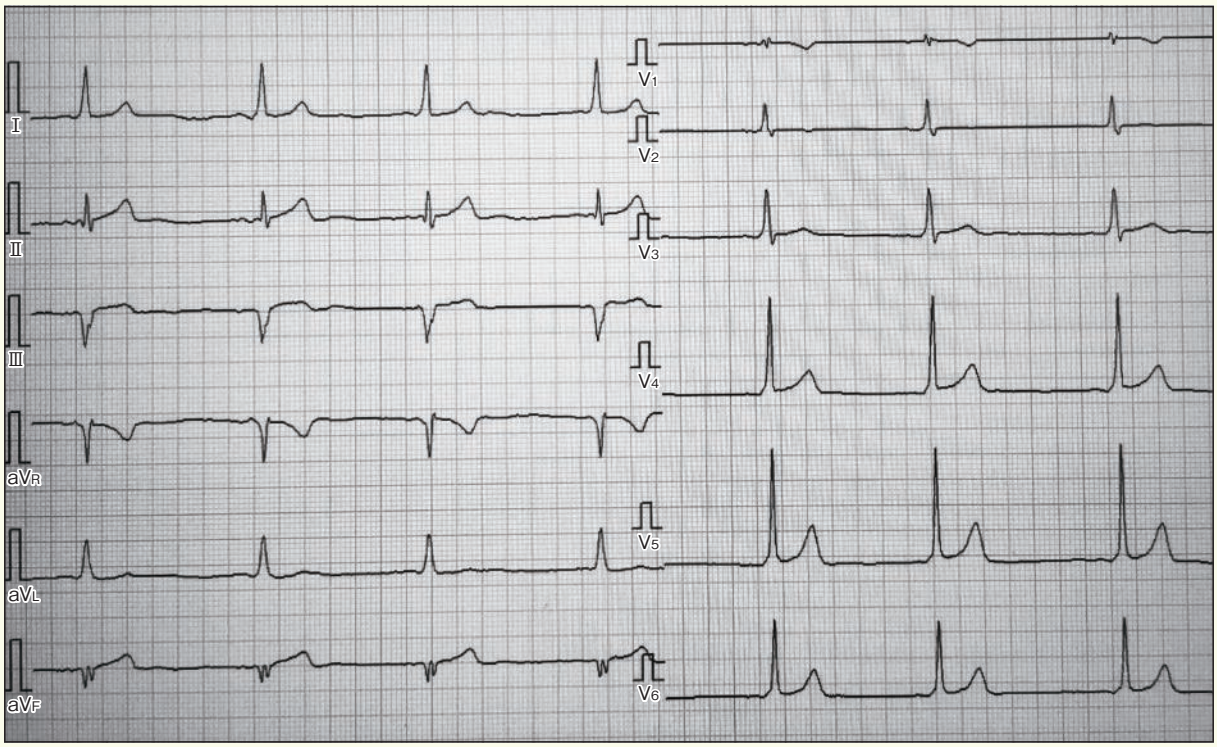
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
63歳の男性。住民健診における記録。自動診断では「洞房ブロック」「房室ブロックⅠ度」と診断された。

読み落とし-4　Answer



自動診断の「房室ブロックⅠ度」に関しては、実際のPR間隔が260 msec程度に延長していることから、正しく診断されているといってよいが、「洞房ブロック」についてはどうであろうか。洞房ブロックであるとすれば、P2-P3間隔（ ）はP1-P2間隔（ ）の2倍ないし整数倍になるはずであるが、実際には2倍に満たないことから「洞房ブロック」の診断は否定的である。P2-P3間隔（ ）が突然延長し一見「洞房ブロック」のように見えるのは、赤矢印部分（ ）に「非伝導性心房期外収縮」があるからである。よく見るとT波の頂点部分がほかとは異なって先鋭化しており、これが心房期外収縮と考えられる。もともと第1度の房室ブロック（PR延長）があり、房室伝導能が低下しているため、心房期外収縮が早いタイミングで起こると心室まで伝導しにくいのである。なお、本例の自動診断とは無関係であるが、このような場合に図右下に示す間隔b（ ）から間隔a（ ）を引いた値が洞房伝導時間の2倍になることは以前のシリーズで述べたところで、Narula法やStrauss法を行わなくても簡易に洞房伝導時間を推定することができる。

読み落とし-5　Question

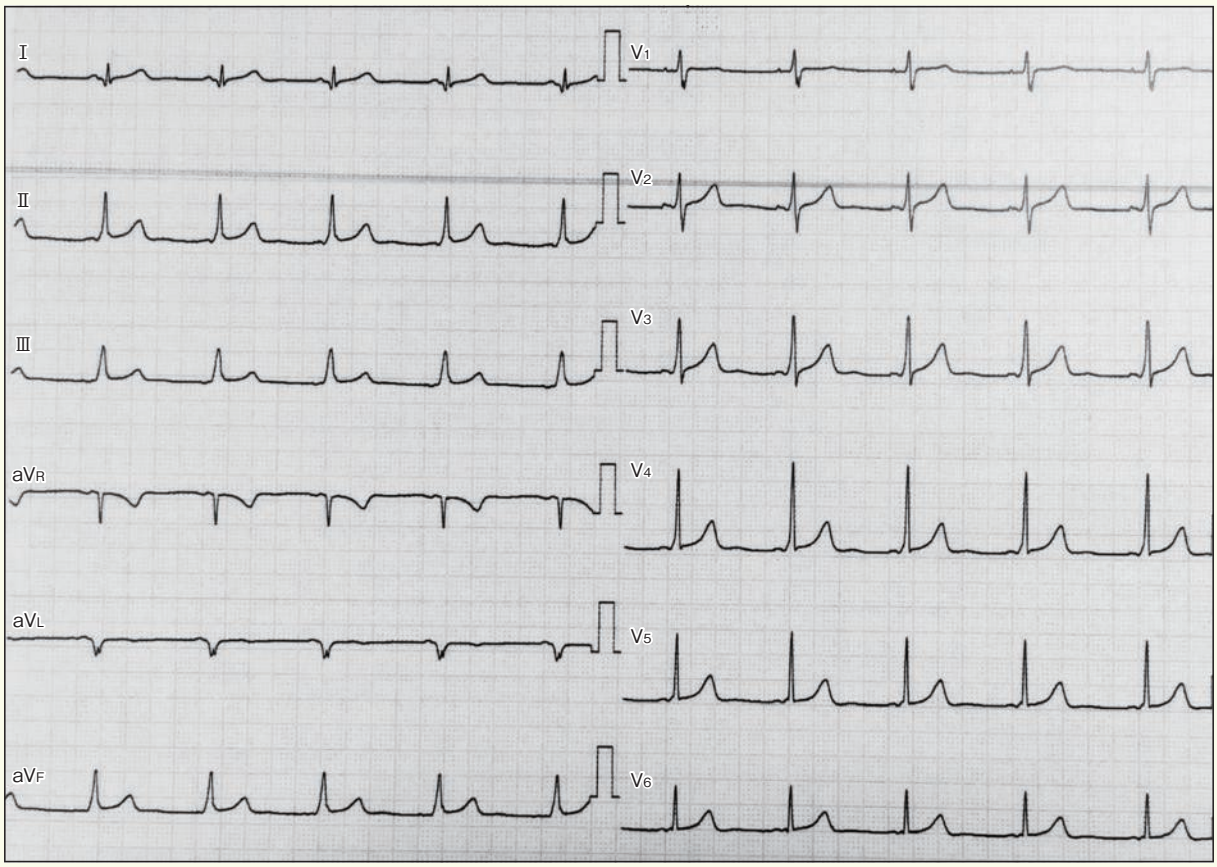


12誘導を6誘導ずつ連続記録。
29歳の男性。会社の定期健康診断における記録。心電図自動診断では「不完全右脚ブロック」「下壁梗塞」「洞徐脈」と診断された。

読み落とし-5　Answer

Ⅰ誘導およびV_4、V_5誘導あたりのQRS立ち上がり部分をよく見ると、赤矢印（↘）で示すデルタ波とみられる緩徐な波が確認され、「WPW症候群」と診断される。自動診断ではデルタ波を読み取ることができず、QRS幅が広いことから「不完全右脚ブロック」と誤診し、さらにⅢ、aV_F誘導のデルタ波（青矢印）（↗）をQ波と誤認した結果、「下壁梗塞」の診断に至ったと考えられる。デルタ波の読み落としから、思わぬ誤診が生じた1例である。

読み落とし-6　Question

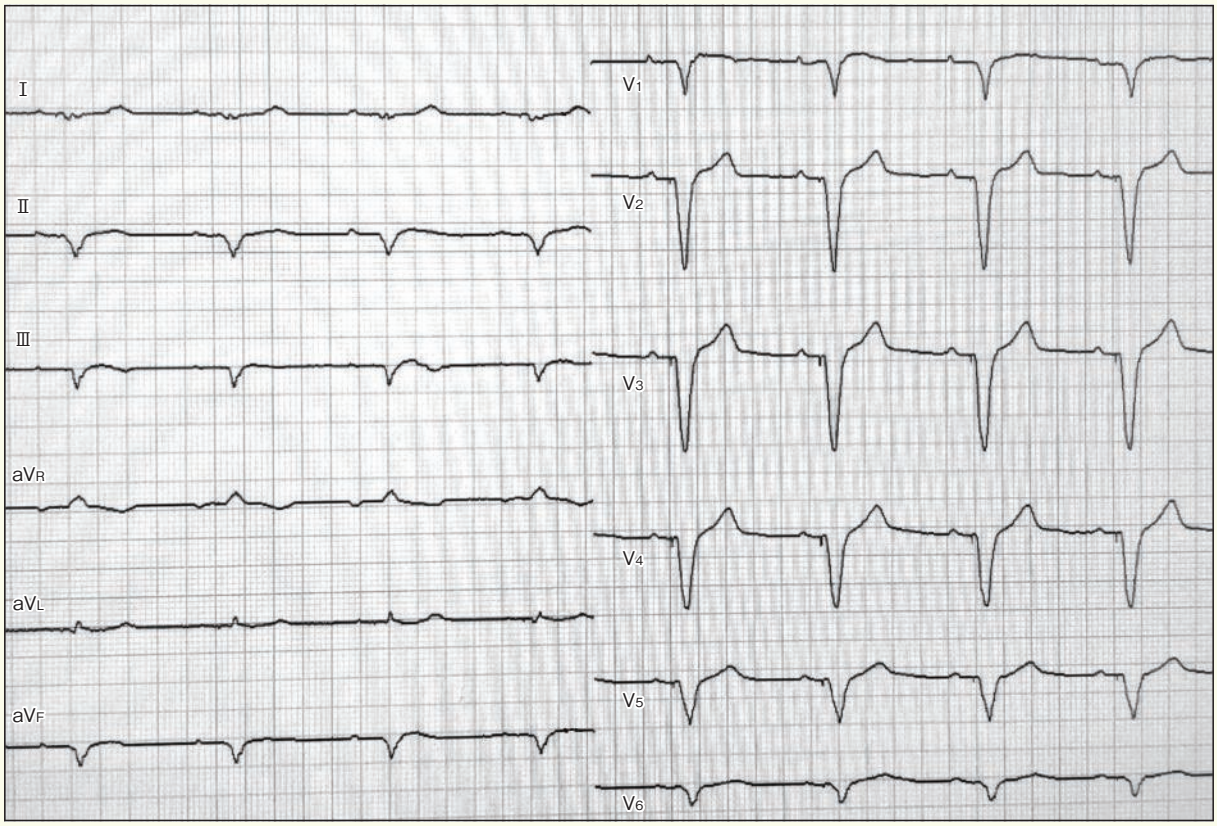


12誘導を6誘導ずつ連続記録。
46歳の女性。人間ドックにおける記録。心電図自動診断で「最近の側壁心筋梗塞」と診断、至急専門医受診を指示され、来院した。

読み落とし-6　Answer

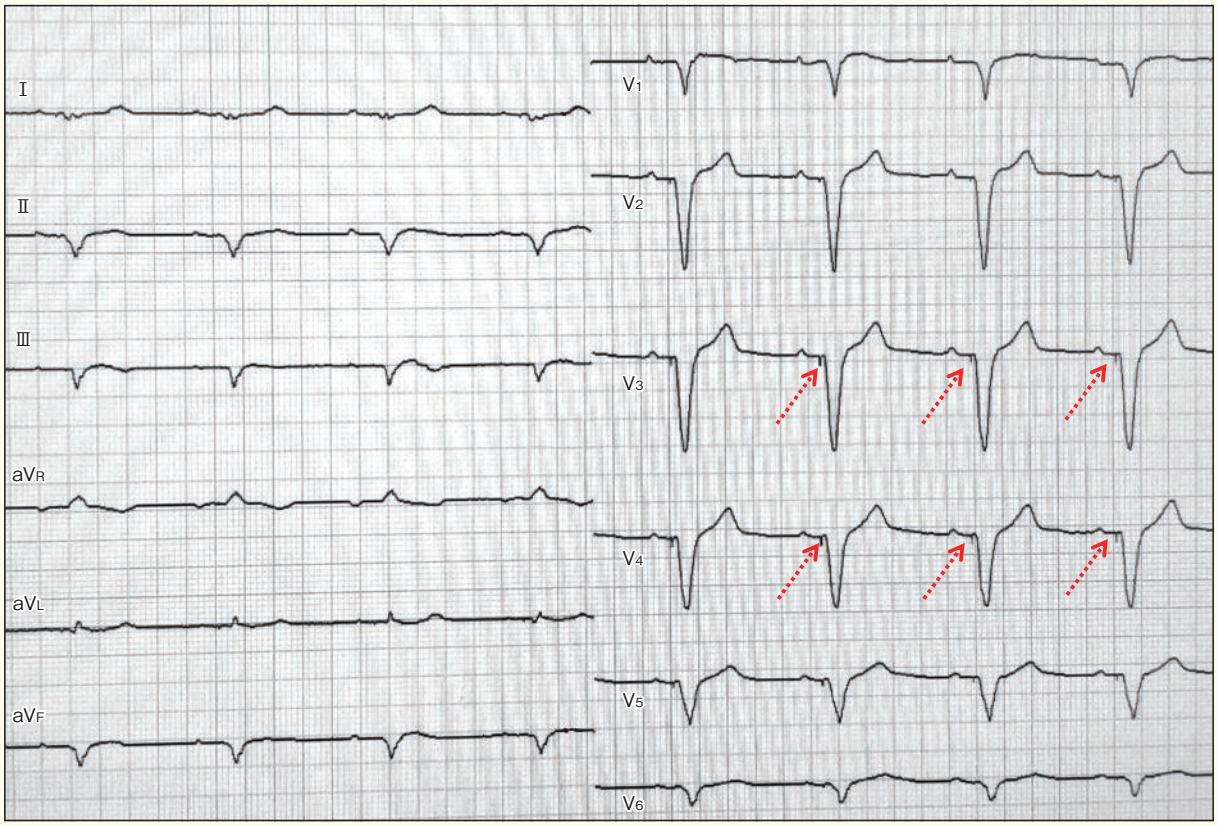
Ⅱ誘導、V_3、V_4誘導などで明らかなデルタ波が観察され、「WPW症候群」との診断は難しくないが、自動診断ではなぜ「心筋梗塞」と誤診したのであろうか。誤診の原因はⅠ誘導およびaV_L誘導に見られる陰性のデルタ波（↗）で、これを異常Q波と判定したことによって「側壁梗塞」としたのであろう。しかし、心筋梗塞を疑うST偏位や陰性T波は見られず、側壁の変化を反映するV_5、V_6誘導にはまったく異常所見がない。デルタ波（↘）を見落とすことがなければ、このような誤診は生まれなかったと考えられる。

読み落とし-7　Question



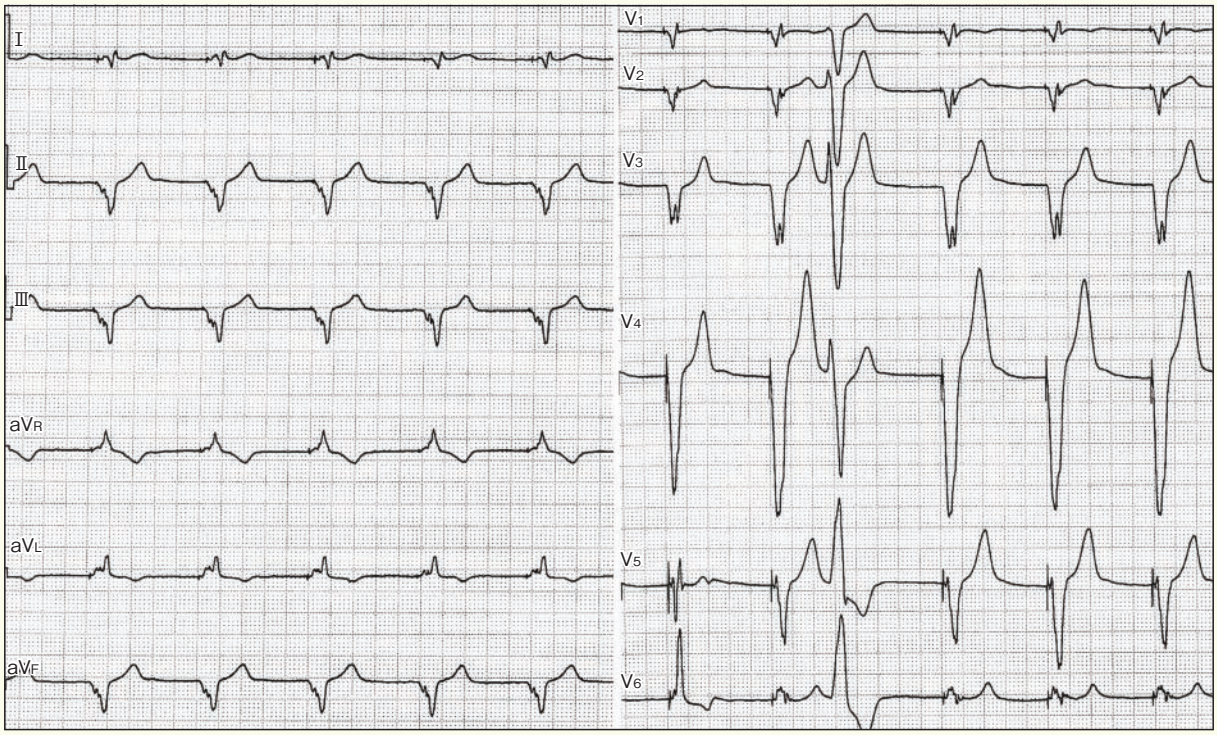
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
56歳の男性。高度房室ブロックに対し、DDDペースメーカ装着。自動診断では、「心室内伝導障害」、「前壁中隔梗塞」、「側壁梗塞」、「下壁梗塞」、「QT延長」と表示された。

読み落とし-7　Answer



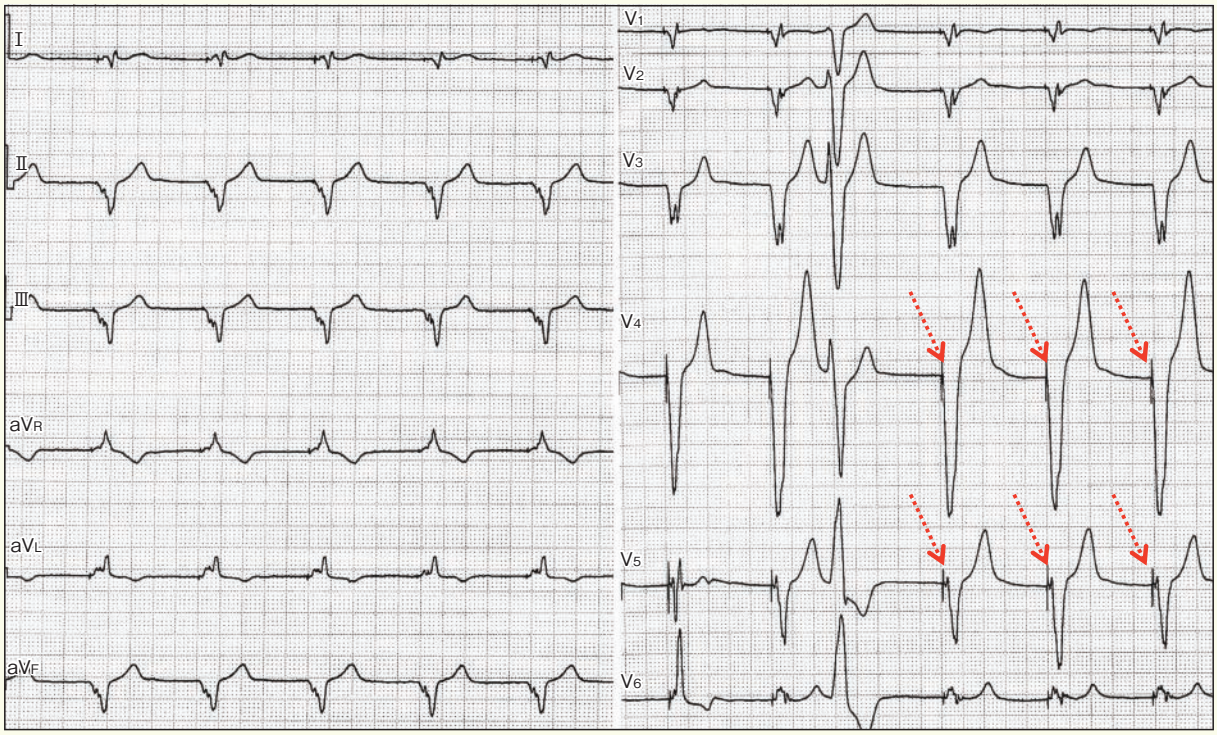
心電図をよく観察すれば、赤矢印（↗）に示すようにQRS直前にペーシングスパイク信号が明確に確認され、「心室ペーシングリズム」であることが明らかである。ペーシングスパイクに続くQRS波は幅広く、左脚ブロック、上方軸型で、右室心尖部からのペーシングであると判断される。自動診断ではペーシングスパイク信号を読み落としたために、Ⅰ、aVR、aVL誘導を除くほとんどの誘導でQS型と判断し、「前壁中隔、側壁、下壁の心筋梗塞」という不適切診断に至ったと考えられる。ペーシングスパイクのような高周波で振幅が小さい信号は、しばしばノイズとの区別が難しく、少しずつ改良されてきたとはいうものの、いまだにコンピュータが最も苦手とするものの一つである。

読み落とし-8　Question



12誘導を6誘導ずつ別々に記録。
77歳の男性。洞不全症候群に対しペースメーカ植込み後の記録。自動診断では、「心室期外収縮」「調律不明」「非特異的心室内伝導障害」「下壁心筋梗塞（時期不明）」「左軸偏位」と表示された。

読み落とし-8　Answer



赤矢印（↘）で示すように、すべてのQRS波の前に明確にペーシングスパイク信号を認め、「VVIペーシングリズム」であることは明らかである。コンピュータがこれを見落としたために、上記のような不適切診断が次々と表示されることになった。胸部誘導の3拍目を「心室期外収縮」としたのはよいとして、まず、洞不全症候群のため明らかなP波が確認できず「調律不明」、QRS幅が140 msecと延長しているものの典型的な右脚ブロックや左脚ブロックパターンには合致しないことから「非特異的心室内伝導障害」、Ⅱ、Ⅲ、aVF誘導で幅広いQS型と判断し「下壁心筋梗塞（時期不明）」、肢誘導の電気軸から「左軸偏位」と表示されたが、いずれも右室心尖部からのVVIペーシングに伴う所見として説明がつくものである。ペーシングスパイクを見落とすと、実に様々な不適切診断が現れることがあり、臨床現場では十分な注意が必要である。

第Ⅲ章

計測ミスによる誤診

計測ミスによる誤診

＊心電図自動診断はP、Q、R、S、T、U各波形の開始点、終了点、振幅の計測およびそれに基づくPR間隔、QRS幅、QT間隔などの計測結果をもとに行われるため、これらの計測が不正確だと当然診断も不正確になる。

＊特にP波の開始点、S波の終了点（J点）、T波の終了点は、基線からの変化が緩徐であるため、自動診断では正確に把握するのが困難なことがある。

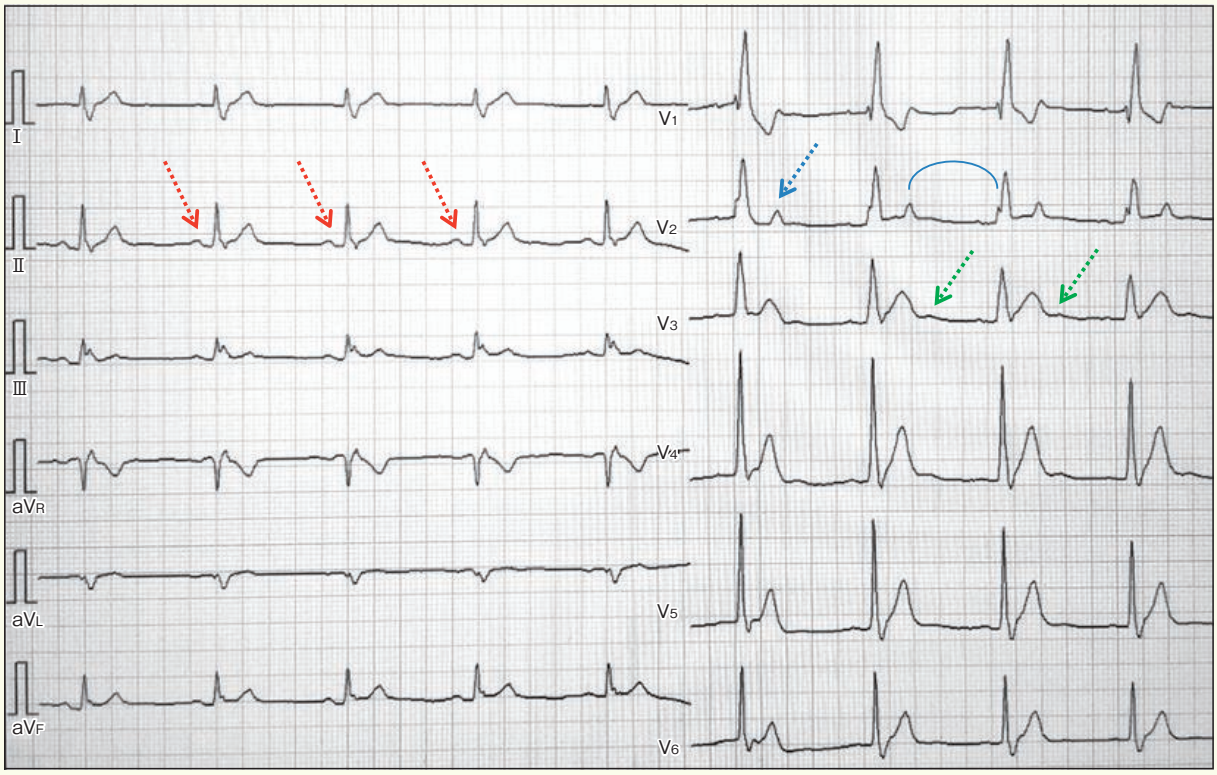
＊そのため、特にPR間隔、QRS幅、QT間隔の計測結果およびそれに基づく診断やST偏位の評価に際しては、細心の注意が必要である。

＊上記のような計測ミスや不正確な計測によって、思わぬ自動診断結果が表示され、心電図の評価に慣れていない医療従事者がその対応に苦慮することも少なくない。

計測ミス-1　Question

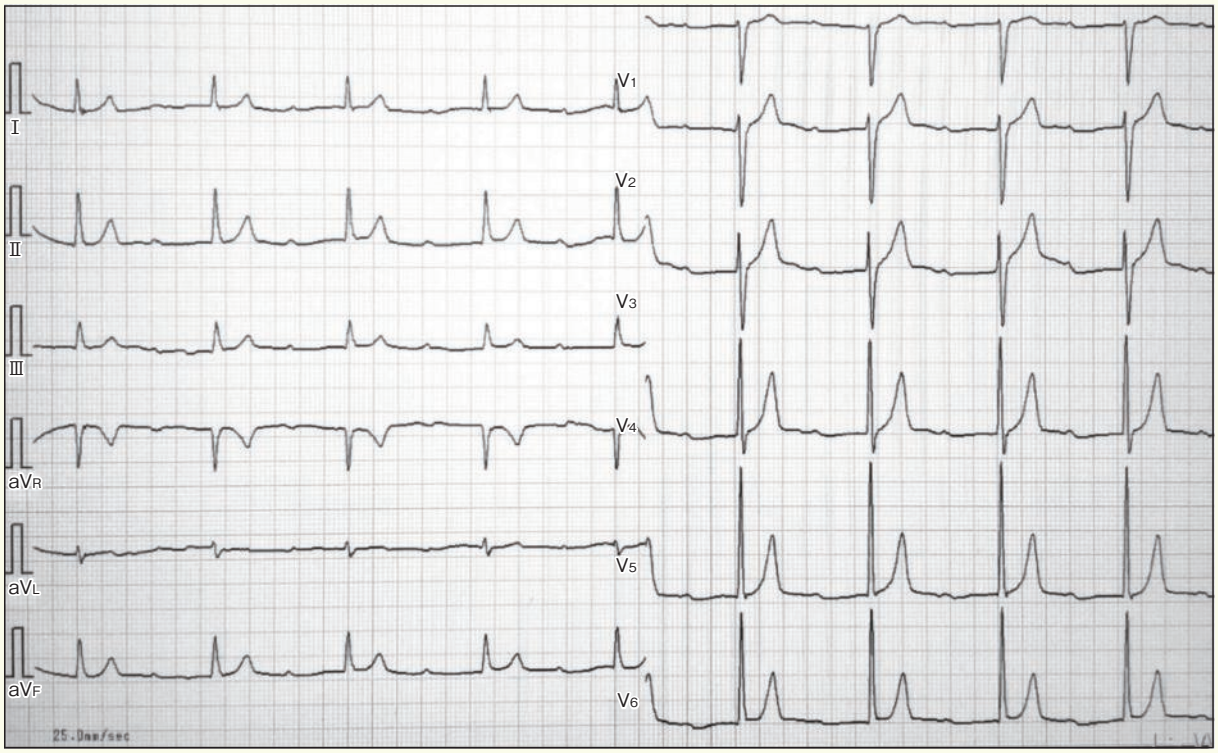
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
54歳の男性。人間ドックにおける記録。自動診断では「第1度房室ブロック」「完全右脚ブロック」と表示された。「第1度房室ブロック」の診断根拠としてのPR間隔は、448 msecと計測されていた。

計測ミス-1　Answer



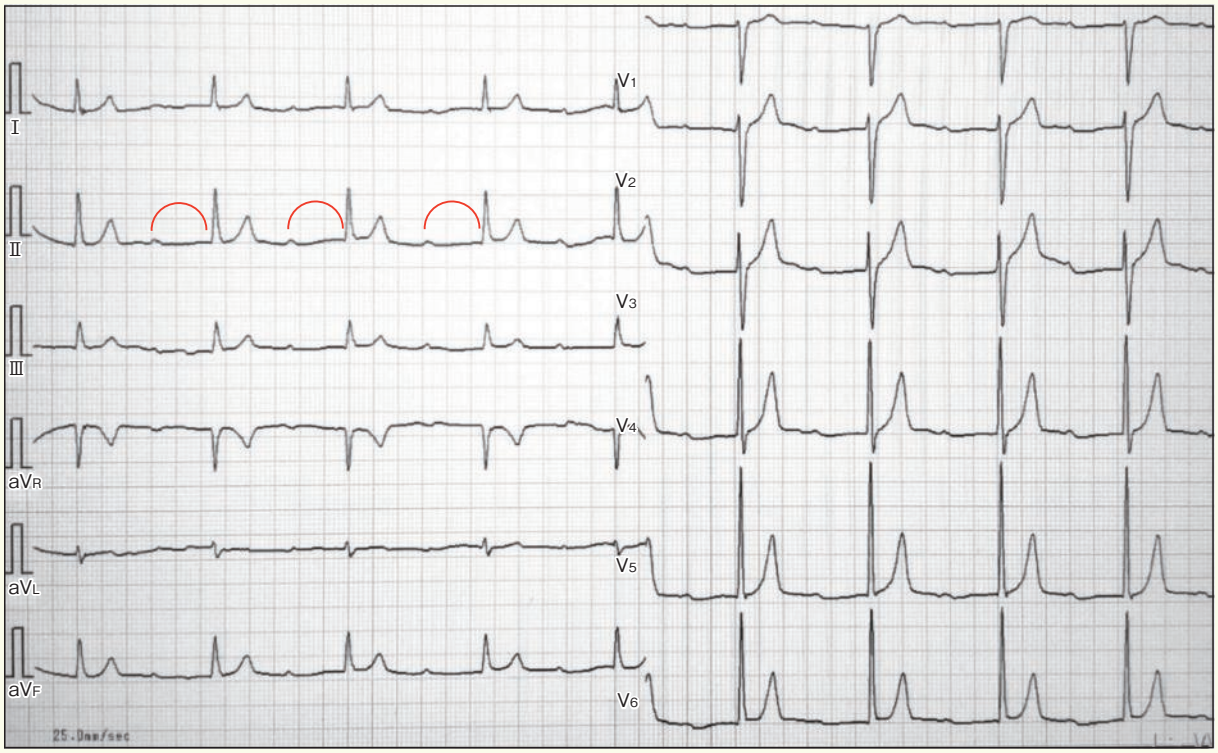
Ⅱ誘導で陽性の洞性P波が赤矢印（ ）の位置に明確に観察される。PR間隔は160 msec程度で、房室伝導時間はまったく正常である。では、コンピュータはなぜPR間隔を448 msecと誤って計測したのであろうか。コンピュータにとってP波との区別が難しい波形としては、U波、幅の狭いT波、基線上のノイズ等が挙げられるが、本例ではそれらに該当するような所見はみられない。あえて言えば、やや狭い尖ったT波（ ）が考えられるが、これを用いた場合PR間隔（ ）は700 msec程度と計測され、自動計測結果とは大きく異なる。また、緑矢印（ ）のU波をP波と誤認した可能性も考えられるが、そうであったとしてもPR間隔は540 msec程度で、コンピュータがどの信号をP波と誤認したのか、詳細は不明である。

計測ミス-2　Question



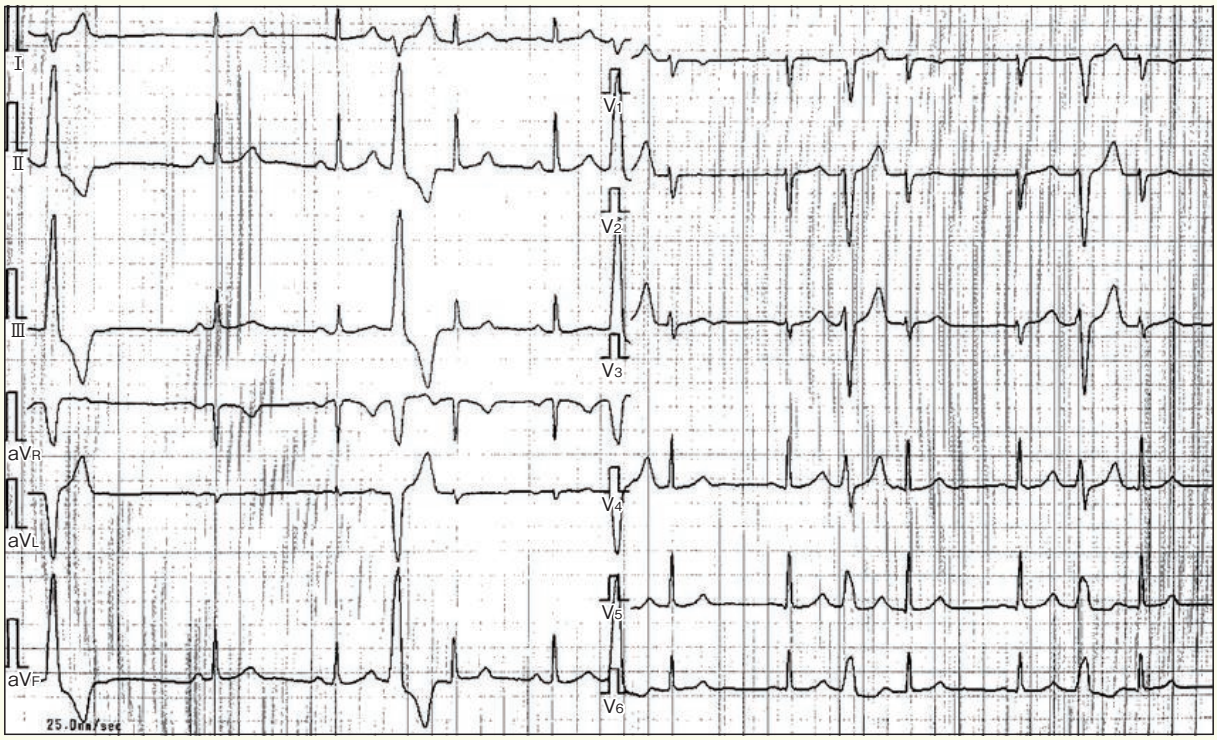
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
56歳の男性。高血圧にて外来通院中の記録。自動診断では「軽度PR延長」と表示され、PR間隔は230 msecと計測されていた。

計測ミス-2　Answer



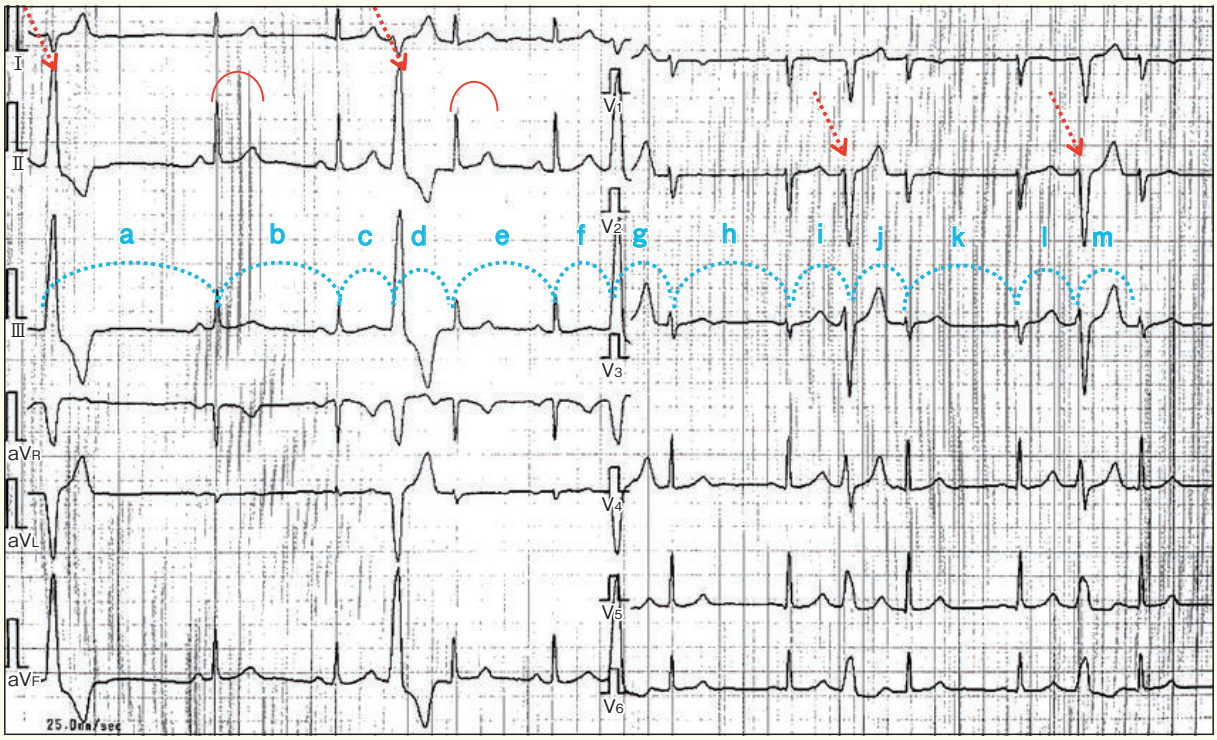
高血圧に対して外来にてβ遮断薬を用いており、房室ブロックの出現に注意しながら心電図の経過を見ていた症例である。赤（ ⌒ ）で示すPR間隔は500 msec程度まで延長しており、薬剤の調整が必要と判断される状態である。自動計測では従来と変わらず230 msecと表示されていたので、あやうく見落とされるところであった。R波の前230 msec前後の部分をよく見てもP波と見間違うような信号はなさそうで、本例においても計測ミスの詳細は不明である。

計測ミス-3　Question



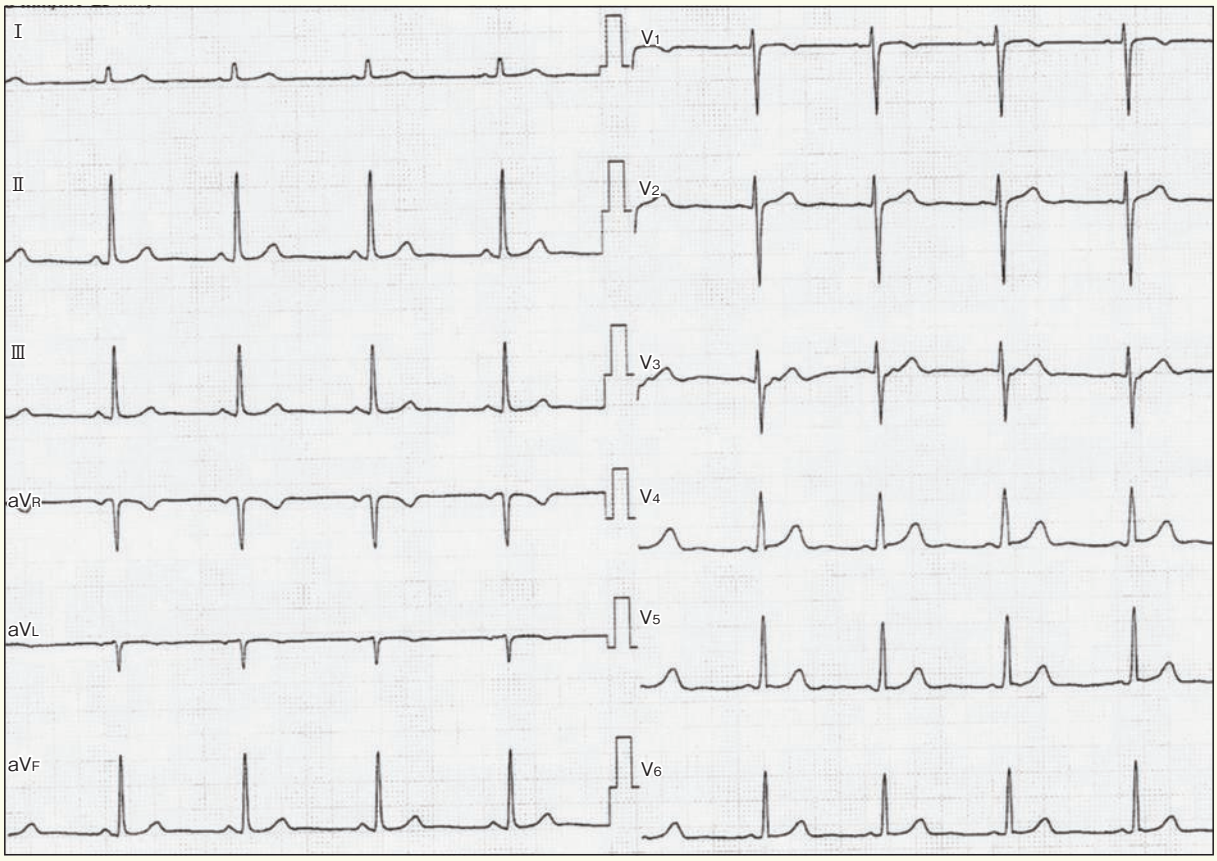
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
50歳の女性。住民健診における記録。自動診断では「心室三段脈」「QT延長」と表記され、精密検査を指示された。

計測ミス-3　Answer



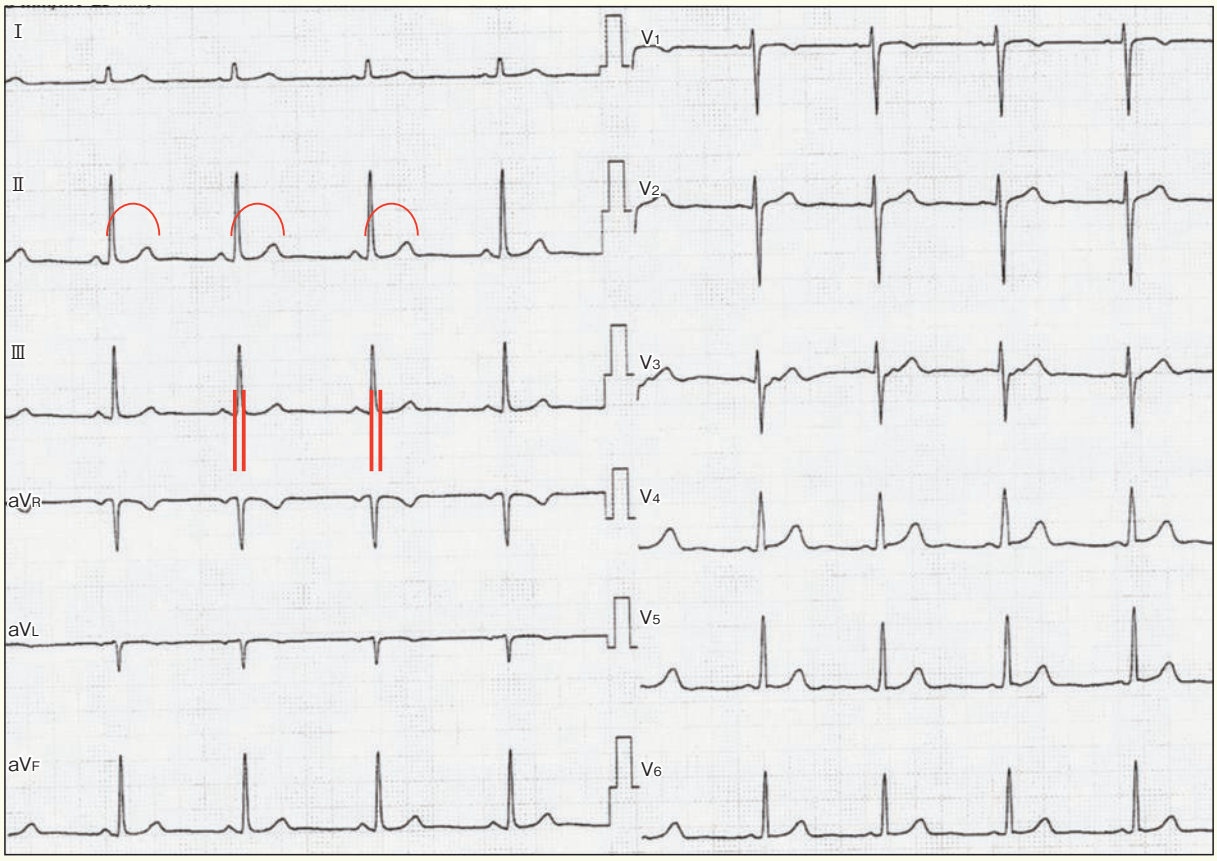
赤矢印（↓）で示す心室期外収縮が多発しており、洞収縮-洞収縮-期外収縮のリズムを繰り返していることから、「心室三段脈」の自動診断は正確である。QT間隔は0.431秒、QTcBは0.516、QTcFは0.486と自動計測され、補正によるQTcの値から「QT延長」との診断に至ったようである。QT間隔を目視で計測すると、心拍によって多少のばらつきはあるが、洞収縮心拍のQT間隔はおおよそ0.42～0.43秒と測定され、自動計測は比較的正確なようである。問題は補正の仕方で、aからmまでの13個のRR間隔（⌒）のうちどれを採用するかによって大きく異なる結果になる。この中で周期aは、先行する心室期外収縮の代償性休止期を含む回復周期であるため、洞周期を大幅に上回る値を示すことになり、補正に用いるには不適切である。一方、周期c、f、i、lは期外収縮の連結期、周期d、g、j、mは間入性期外収縮からの回復周期のために、いずれもRR間隔（⌒）が極端に短く、補正に用いるべきではない。どのRR間隔を補正に用いるべきか、明確な基準はないが、基本的には連続する洞収縮同士の間隔、すなわち本例ではb、e、h、k（⌒）を洞周期として採用し、その平均値（0.94秒）を補正に用いるのが最も適切であろう。その値を補正に用いることによって、QTcBは0.445、QTcFは0.440となり、QT間隔はまったく正常と評価される。本例では期外収縮が多発しているので、補正のための適切な洞周期RR間隔をコンピュータで求めるのが難しく、おそらく全RR間隔の平均値約0.7秒を補正に用いたため、上記のような過補正に至ったものと判断される。心室期外収縮の二段脈などを含めて、補正に用いるべき心拍を特定するのが困難な場合は、不適切診断を招かないためにも無理な補正は行わない方がよく、自動計測結果に疑問がある場合は自身で計測し直すなど、丁寧な対応が必要である。

計測ミス-4　Question



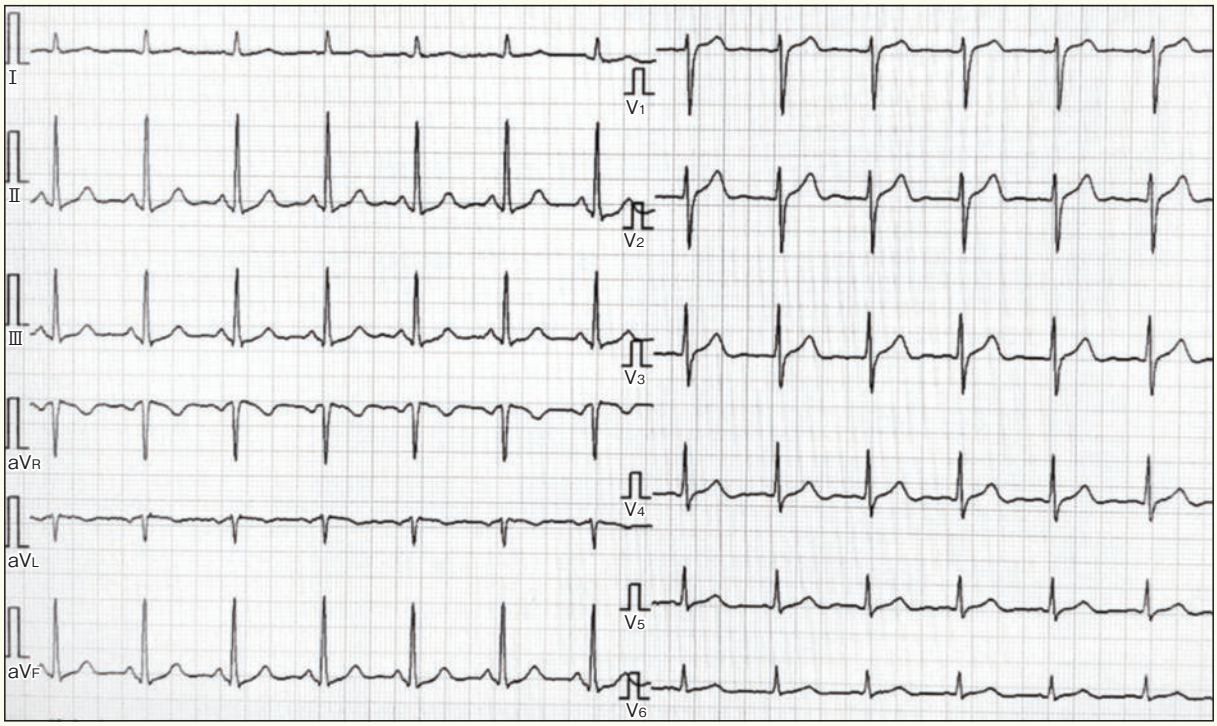
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
15歳の男子中学生。学校健診における記録。自動診断では「QT延長」「心室内伝導障害」と表記され、専門医での精密検査を指示された。

計測ミス-4　Answer



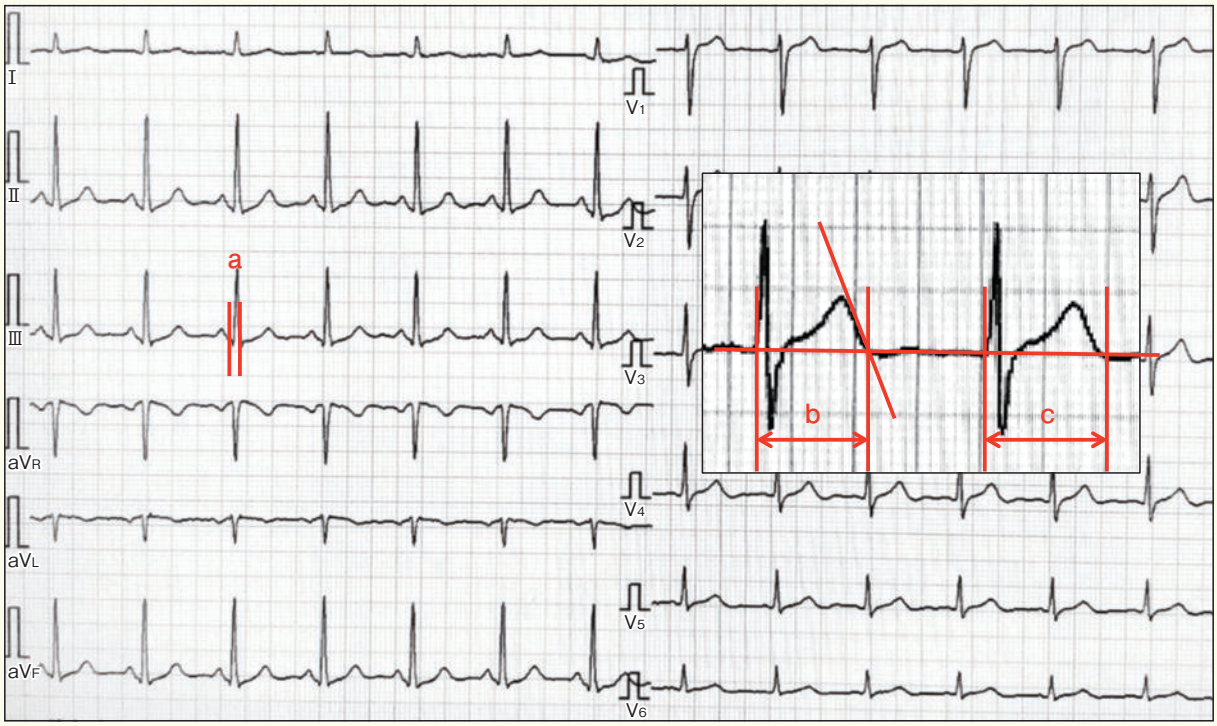
コンピュータは、QT間隔500 msec、QTc522、QRS幅110 msecと自動計測し、「QT延長」および「心室内伝導障害」と診断したが、実際に目視で計測するとQT間隔は370 msec程度でまったくQT間隔は延長しておらず（⌒）、QRS幅も90 msec程度と正常で（||）、ともにコンピュータの計測ミスと考えられる。重症不整脈や突然死の家族歴はなく、運動等も積極的に行っており、問題なしと判断した。Q波の開始点、S波の終了点、T波の終了点は、aV_Lなど一部の誘導を除いて目視でも比較的明瞭であり、コンピュータによる計測ミスが何故起こったのか、原因は詳らかではない。

計測ミス-5　Question



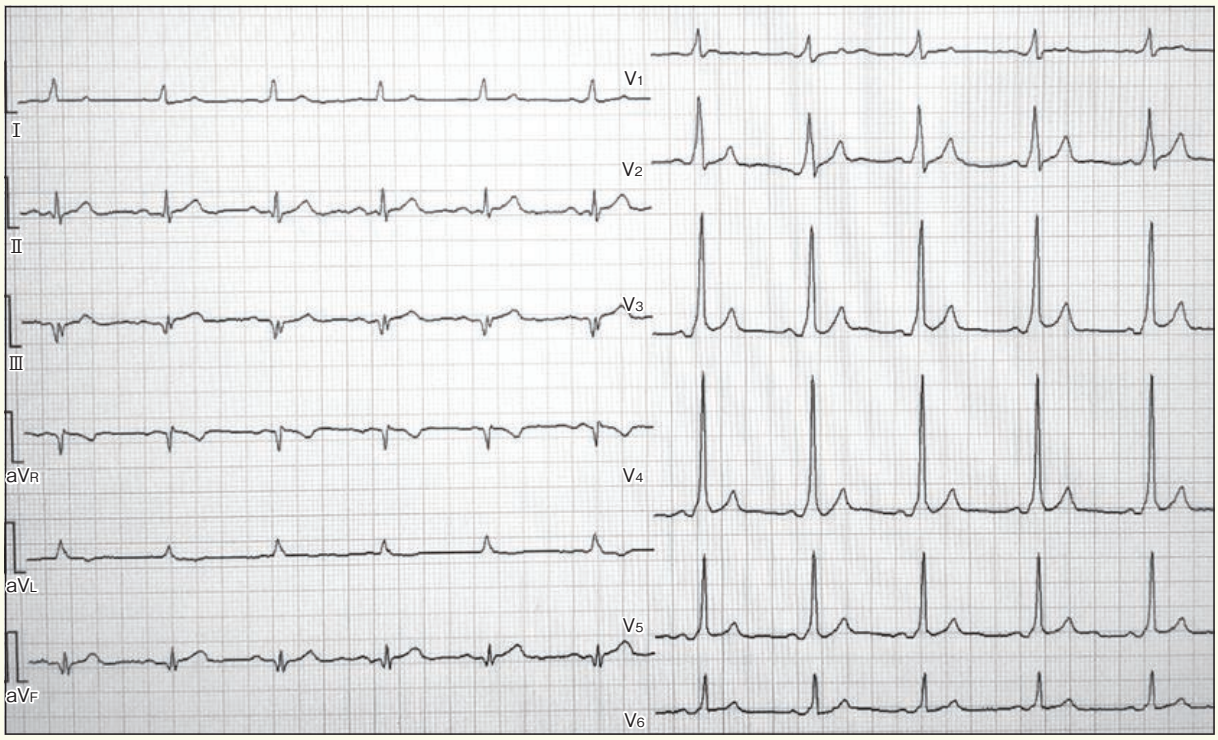
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
56歳の男性。人間ドックにおける記録。自動診断では「左脚ブロック」「QT延長」と表記された。

計測ミス-5　Answer



一見してまったく異常所見のない「正常洞調律」と判断されるが、なぜ自動診断では上記のような診断が下されたのであろうか。コンピュータによる自動計測値を詳細に見ると、診断に関係するQRS幅は120 msec、QT間隔は395 msec、QTcは0.462となっていた。手動で実際の心電図を計測してみると、aに示すように、QRS幅は90 msec前後でまったく延長はなく、胸部誘導のQRSパターンからも「左脚ブロック」の所見はない。一方、QT間隔に関してはV_3誘導の一部を拡大して示すが、左側の接線法による詳細計測（b）では360 msec、右側の閾値法（c）では390 msecと計測される。QTcBはそれぞれ0.42、0.46となり、詳細なQT延長の評価に用いられる接線法ではQT間隔は正常と判断される。T波の終末部は本例のようにしばしば緩徐に基線に移行するため、閾値法では長めに計測されることが多く、たとえ自動診断であってもQT間隔を正確に評価する際には接線法を用いるのが望ましい。

計測ミス-6　Question

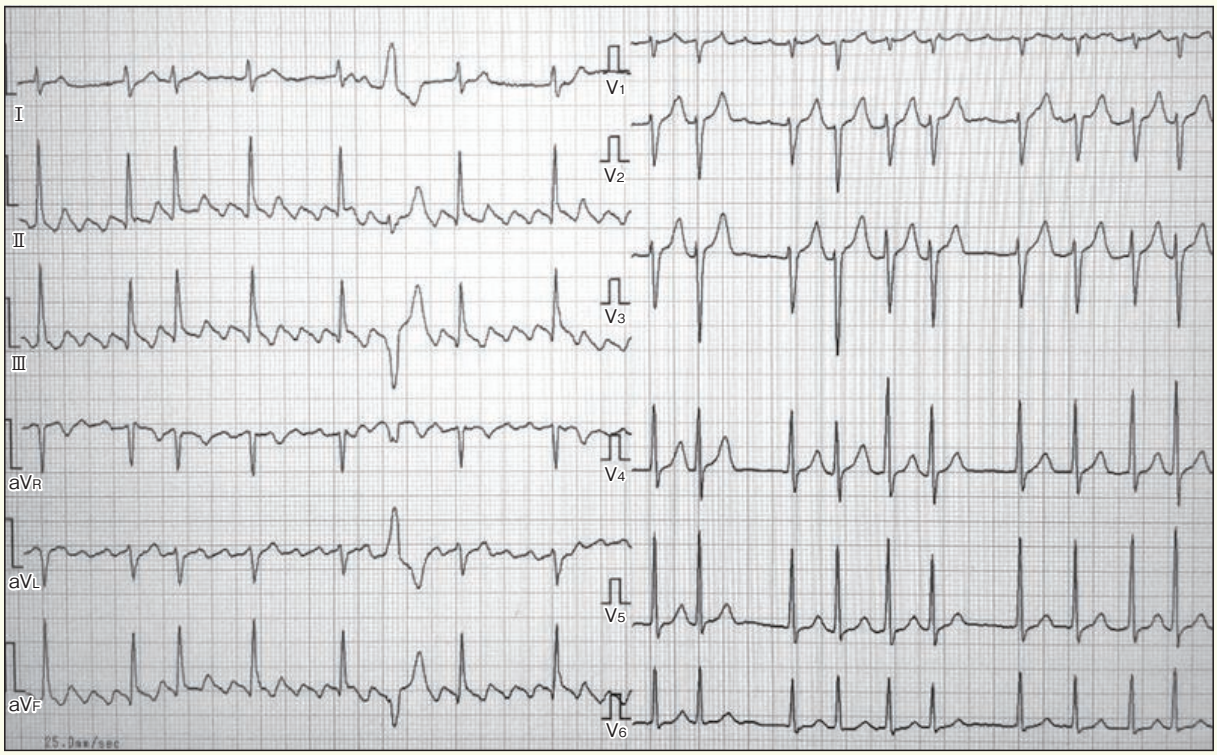


12誘導を6誘導ずつ連続記録。
41歳の男性。会社の定期健康診断における記録。自動診断で「下壁梗塞」と診断され、専門医受診を指示された。

計測ミス-6　Answer

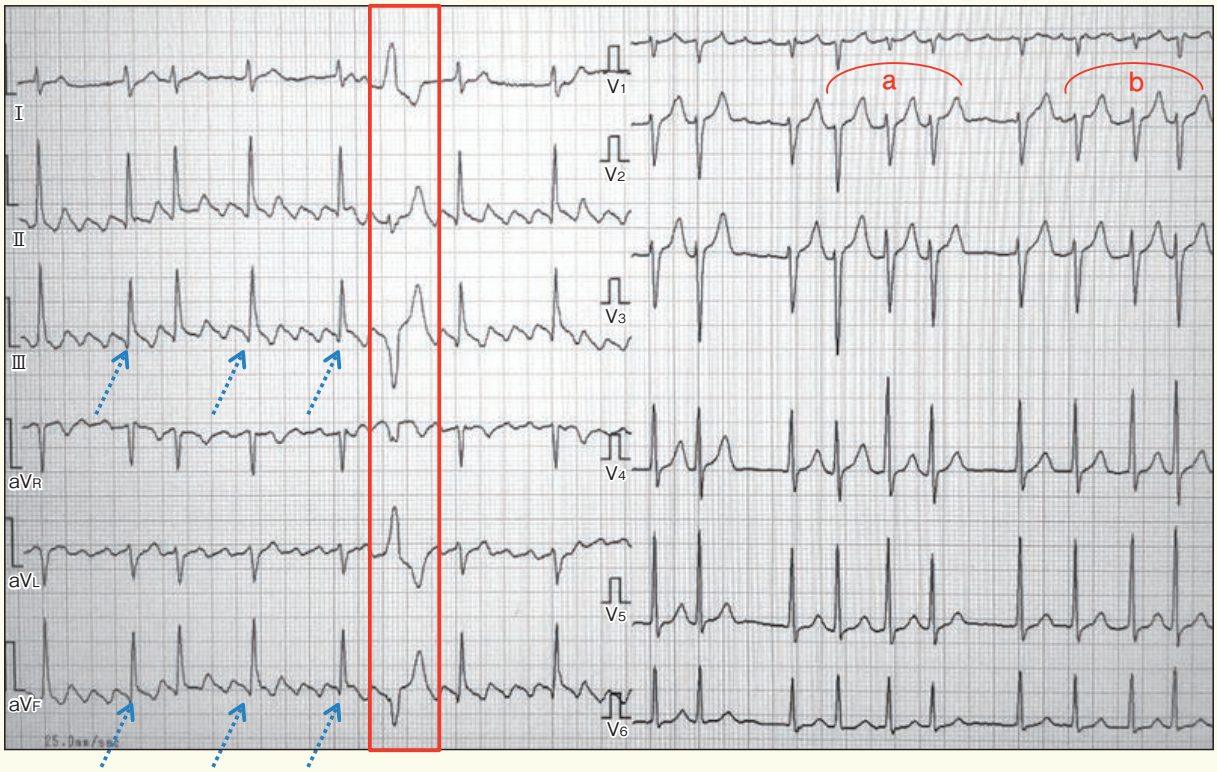
自動診断における計測結果を見ると、PR間隔178 msec、QRS幅106 msecと自動計測されていた。心電図では一見して胸部誘導に明らかなデルタ波（↘）が観察され、PR間隔100 msec、QRS幅160 msecで、「WPW症候群」であることに疑いの余地はなさそうである。自動診断ではこのデルタ波を見落とし、デルタ波があまり明確ではないII誘導あたりでPR間隔、QRS幅の計測を行ったのであろうか。誤った計測の結果、IIIおよびaVF誘導の下向きのデルタ波（↗）を異常Q波と見誤り、「下壁梗塞」と診断してしまった可能性が高い。各波形や間隔を計測する際、たとえ自動計測であっても単一の誘導ではなく複数の誘導を計測して判断することが、不適切診断を防ぐうえで重要である。

計測ミス-7　Question



12誘導を6誘導ずつ連続記録。
66歳の男性。動悸を主訴に受診した際の記録。自動診断では「上室期外収縮ショートラン」「PR延長」「異常Q波」と診断されていた。

計測ミス-7　Answer



心電図を見慣れた方は、一見して「伝導比不定の通常型心房粗動」と診断できるであろう。決して紛らわしい心電図ではない。自動診断で上述のような不適切診断がなされた原因は、どこを取り出してどのように自動計測したのかわからないが、最初にPR間隔0.243秒と誤計測したことがきっかけのようである。そのため明らかな鋸歯状波を伴った「心房粗動」が見落とされ、さらにa、b（ ）あたりを「上室期外収縮ショートラン」とした可能性が高い。また青矢印（ ）で示すようなQRS直前のF波の陰性部分を「異常Q波」と誤認したと考えられる。なお、赤枠（ ）で囲んだ心拍は「心室期外収縮」と考えられるが、自動診断では見落とされている。一つの計測ミスが次々と不適切診断を生み出したと判断される例である。

第Ⅳ章

診断アルゴリズムの不備による誤診

診断アルゴリズムの不備による誤診

＊心電図自動診断は各波形の形態、間隔、偏位の状況などを自動計測し、それらのデータを各種診断のためのコンピュータアルゴリズムに照らし合わせ、合致する場合にその診断が下される。

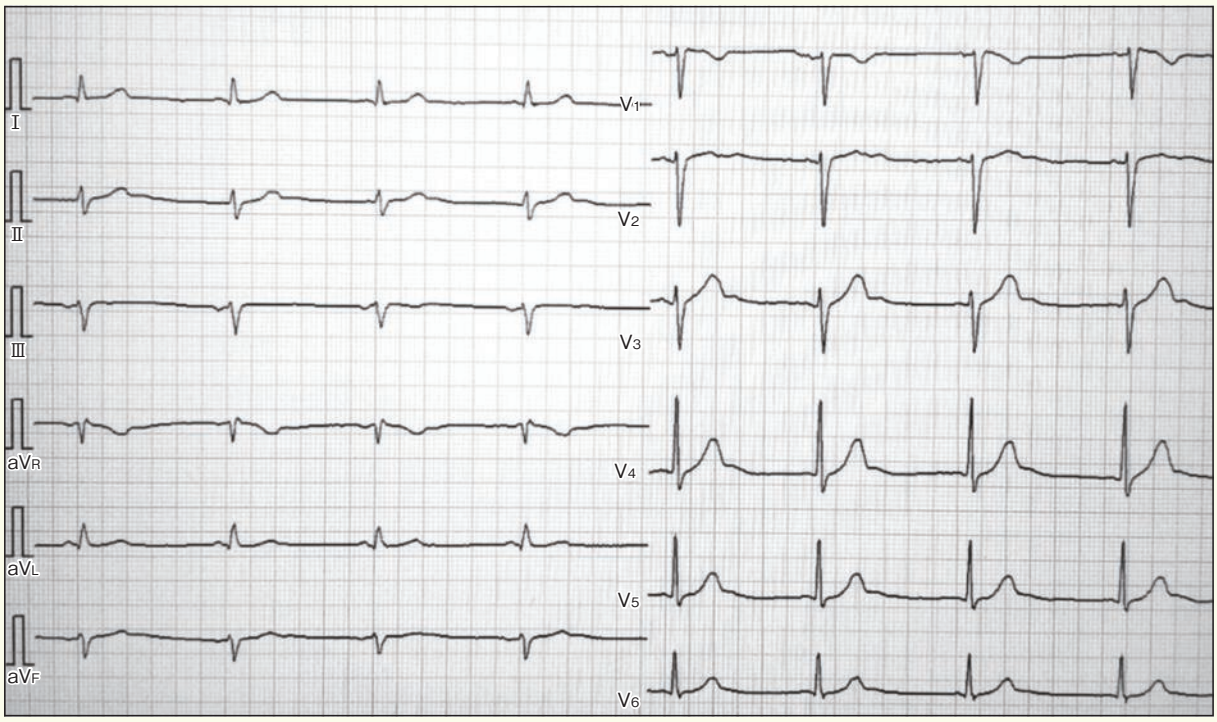
＊それぞれの診断名ごとに詳細なアルゴリズムが構築されているが、そのアルゴリズムそのものに不備があると、導き出されるコンピュータ診断は不適切なものになってしまう。

＊波形の読み過ぎ、読み落とし、計測ミスなどがないにもかかわらず不適切診断がなされた場合には、この診断アルゴリズムに問題がある可能性が高い。

＊多くの場合、この診断過程はブラックボックスで、一部を除いて詳細なアルゴリズムは公開されていない。

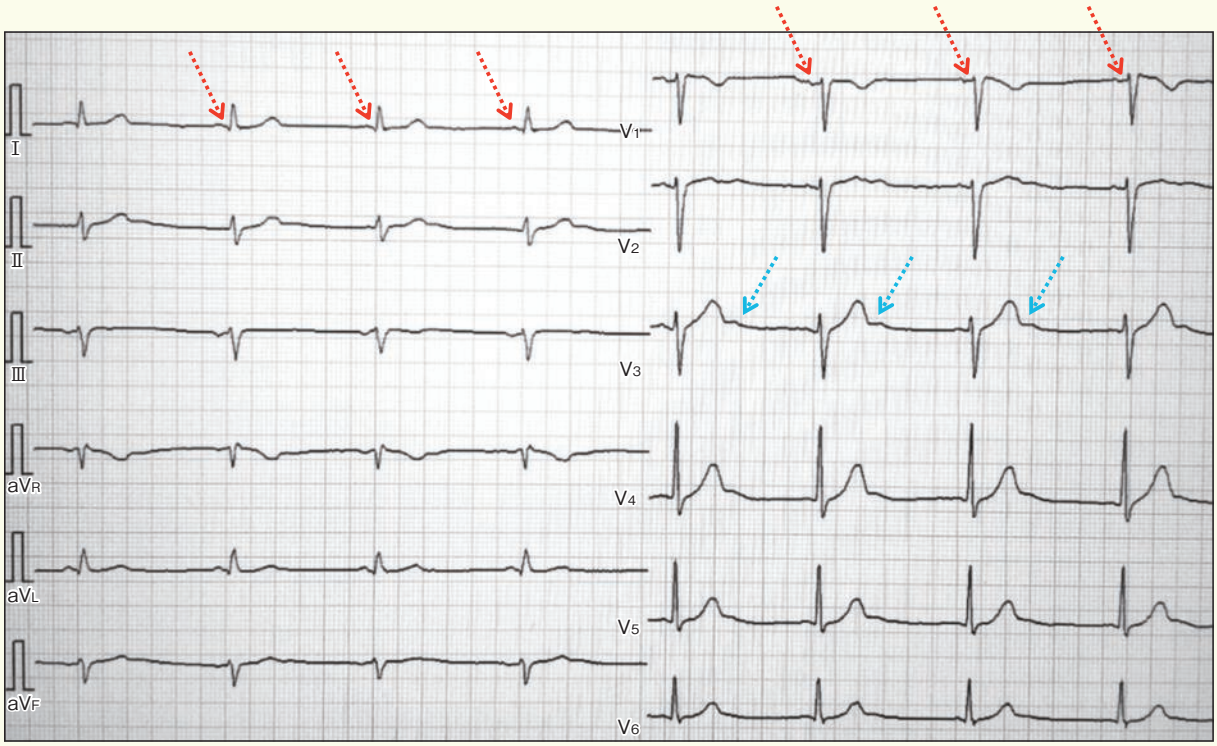
＊心電計メーカー各社は、集積されてくる臨床現場からの膨大なデータを分析し、日々この自動診断アルゴリズムの改良を重ねているが、さらなる改善・改良のためには人工知能（AI）の導入などが不可欠であろう。

アルゴリズム不備-1　Question



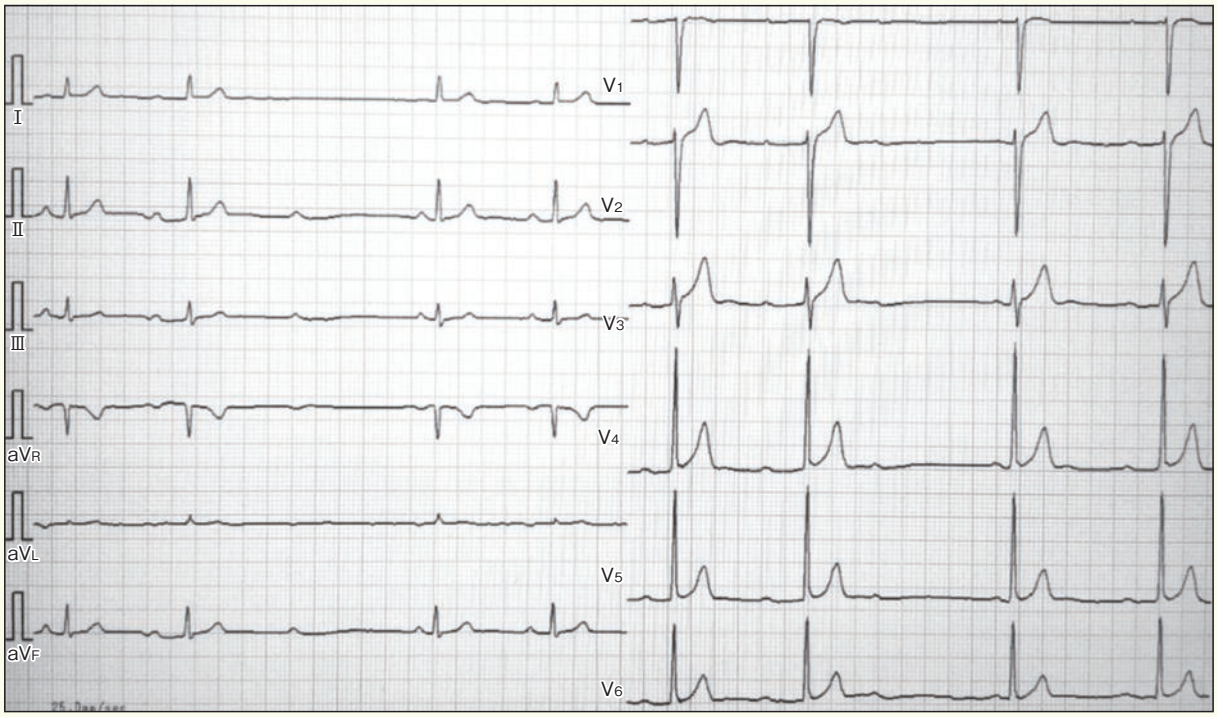
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
36歳の女性。人間ドックにおける記録。自動診断では「完全房室ブロック」と表記され、至急専門医受診を指示された。

アルゴリズム不備 - 1　Answer



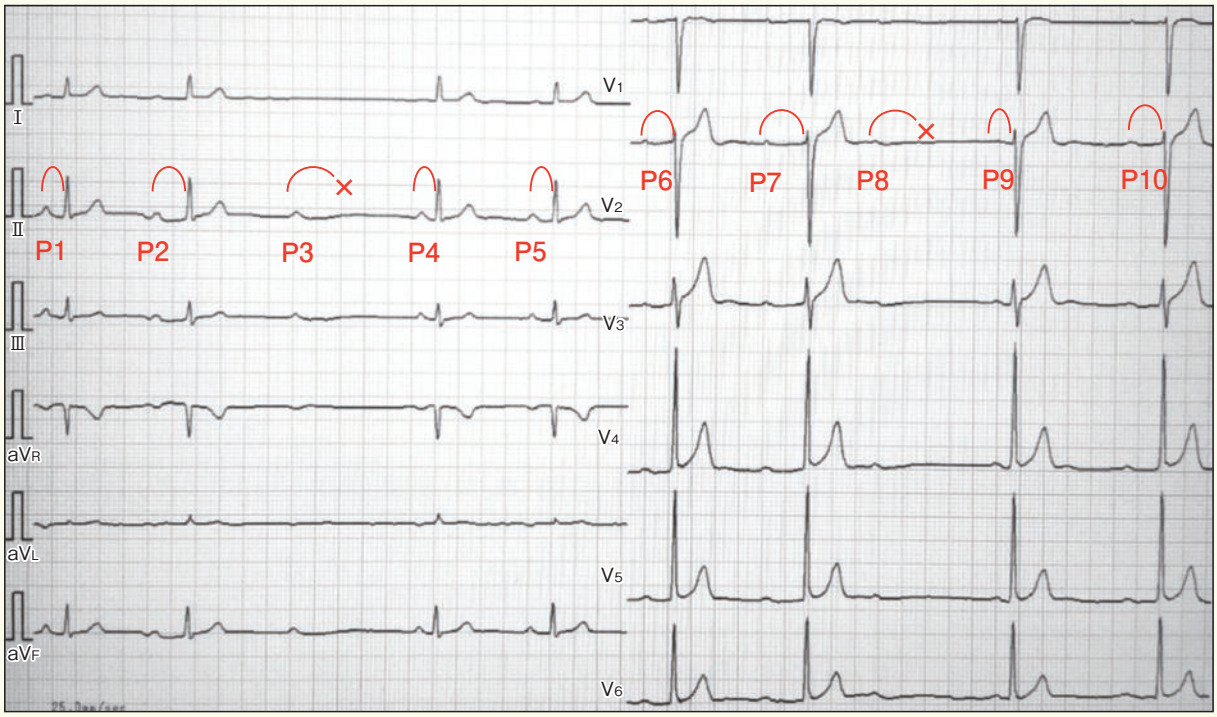
最初は赤矢印（ ）のP波を読み落とし、青矢印（ ）のU波をP波と誤認したためと考えたが、自動計測結果を詳細に見たところ、PR間隔119 msecと正確に計測されており、P波の認識に問題はなかった。心拍数49/分の徐脈ではあるが、洞性P波を認め、やや短いもののPR間隔が一定であることから、単なる「洞徐脈」としてよい所見である。これを「完全房室ブロック」と判断したコンピュータの診断アルゴリズムに問題があると考えざるを得ない。「完全房室ブロック」の診断は、原則として①P波とQRS波が無関係に出現する完全房室解離の状態で、②PP間隔はRR間隔より短く、③RR間隔一定の徐脈（房室接合部性ないし心室性補充調律）を呈することである。本例はいずれにも合致せず、「完全房室ブロック」と自動診断された理由は定かではない。

アルゴリズム不備-2　Question



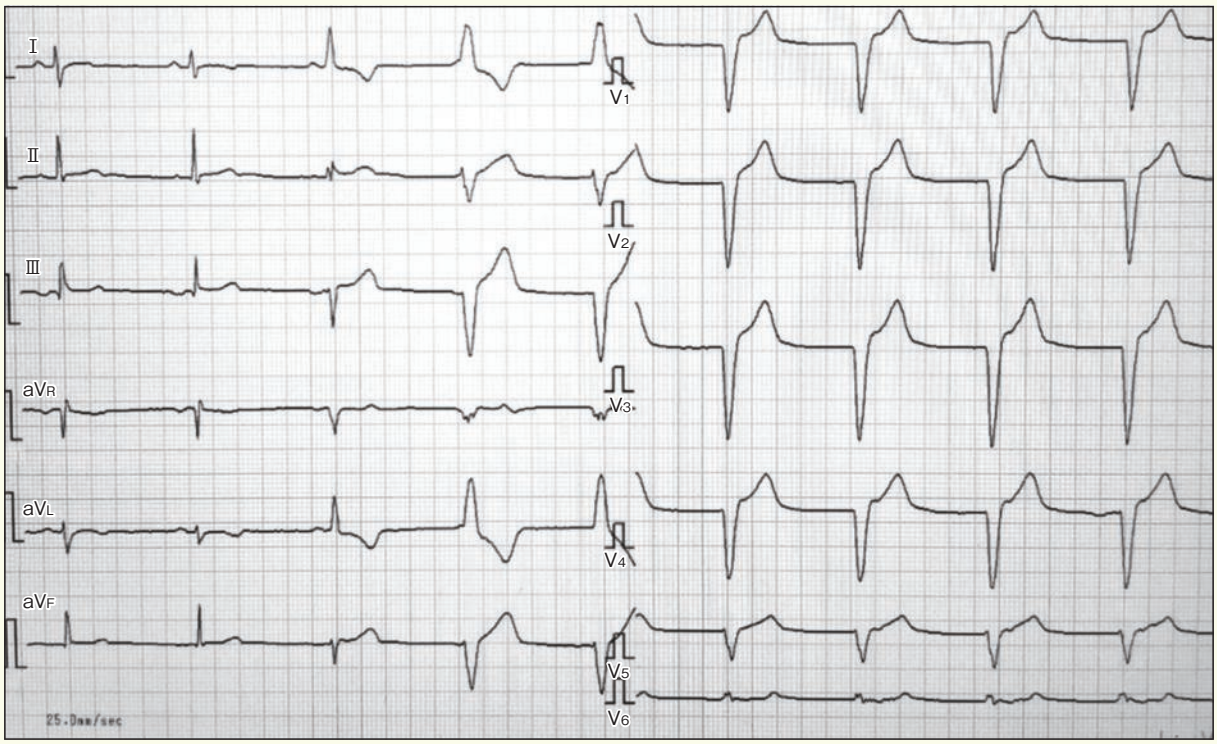
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
28歳の男性。会社の健康診断における記録。自動診断では「洞房ブロック」「PR延長」「QT短縮」と表記され、専門医受診を指示された。

アルゴリズム不備-2　Answer



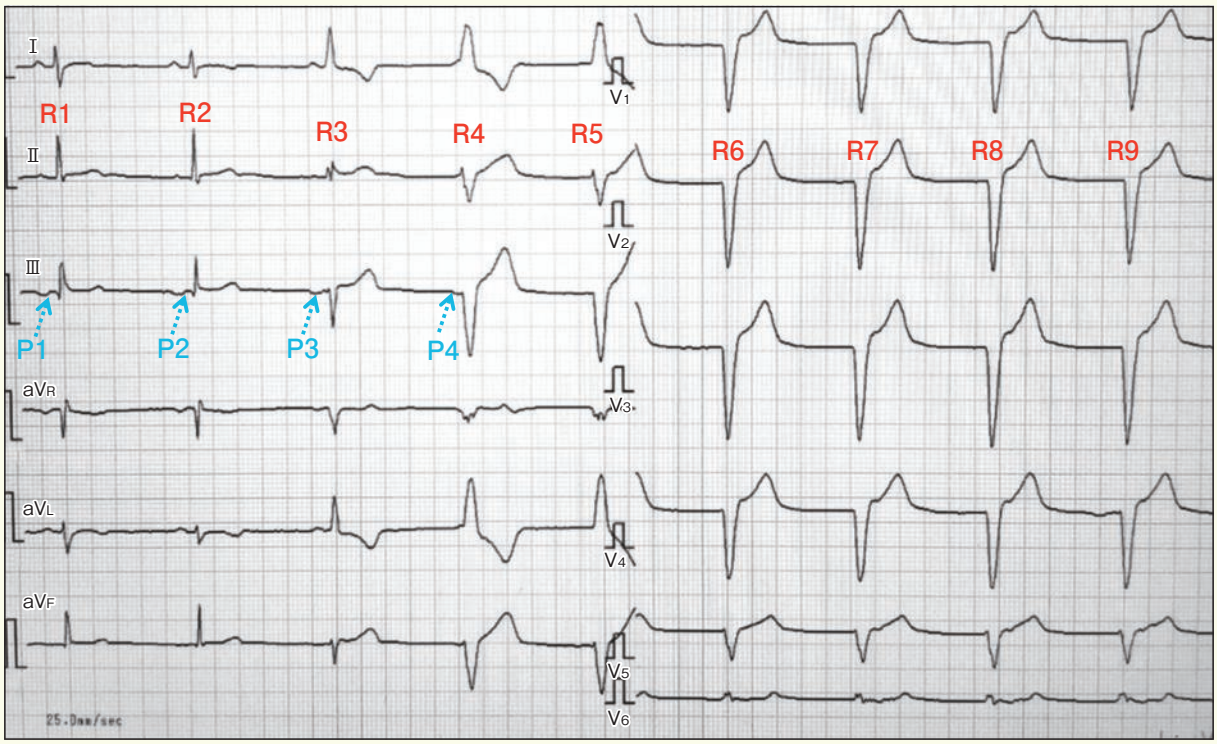
P波はP1からP10まで10個観察され、P3およびP8の後にはQRS波が見られない（×）。PR間隔を計測すると、図（⌒）に示すように【徐々に延長～QRS脱落～短縮～徐々に延長～QRS脱落～短縮】という典型的なウェンケバッハ周期を認め、「モビッツI型（ウェンケバッハ型）第2度房室ブロック」の診断は難しくない。では、なぜ自動診断では「洞房ブロック」という不適切診断に至ったのであろうか。洞房ブロックの診断はPP間隔が突然2倍ないし整数倍になることが条件である。本例では、たとえP3とP8を読み落としたと仮定しても、P2-P4間隔はP1-P2間隔の2.4倍、P7-P9間隔はP6-P7間隔の1.8倍程度で、条件に合致しない。やはり「洞房ブロック」の診断アルゴリズムに問題がありそうである。また、PR間隔の自動計測値が242 msecであったことから「PR延長」と診断されたようであるが、そもそもPR間隔は一定ではなく、計測そのものが不適切である。QT間隔は390 msec、QTc332と自動計測され、「QT短縮」とされているが、QT間隔の補正にどのRR間隔を用いたのであろうか。少なくとも伝導が途絶した心拍を挟む長いRR間隔は補正に用いるべきではなく、コンピュータによる補正の仕方には大いに疑問が残る。

アルゴリズム不備-3　Question



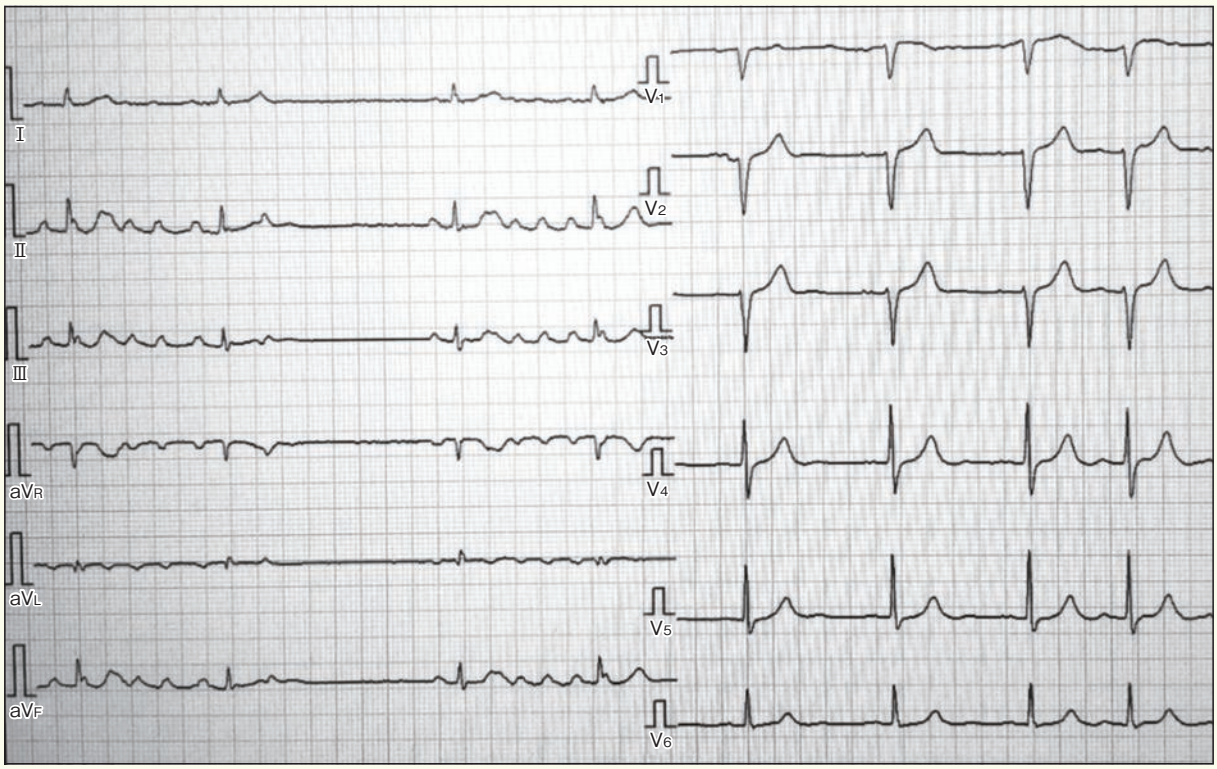
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
43歳の男性。会社の健康診断における記録。自動診断では「心室期外収縮（2連発）」「WPW症候群」「左軸偏位」と表記されていた。

アルゴリズム不備-3　Answer



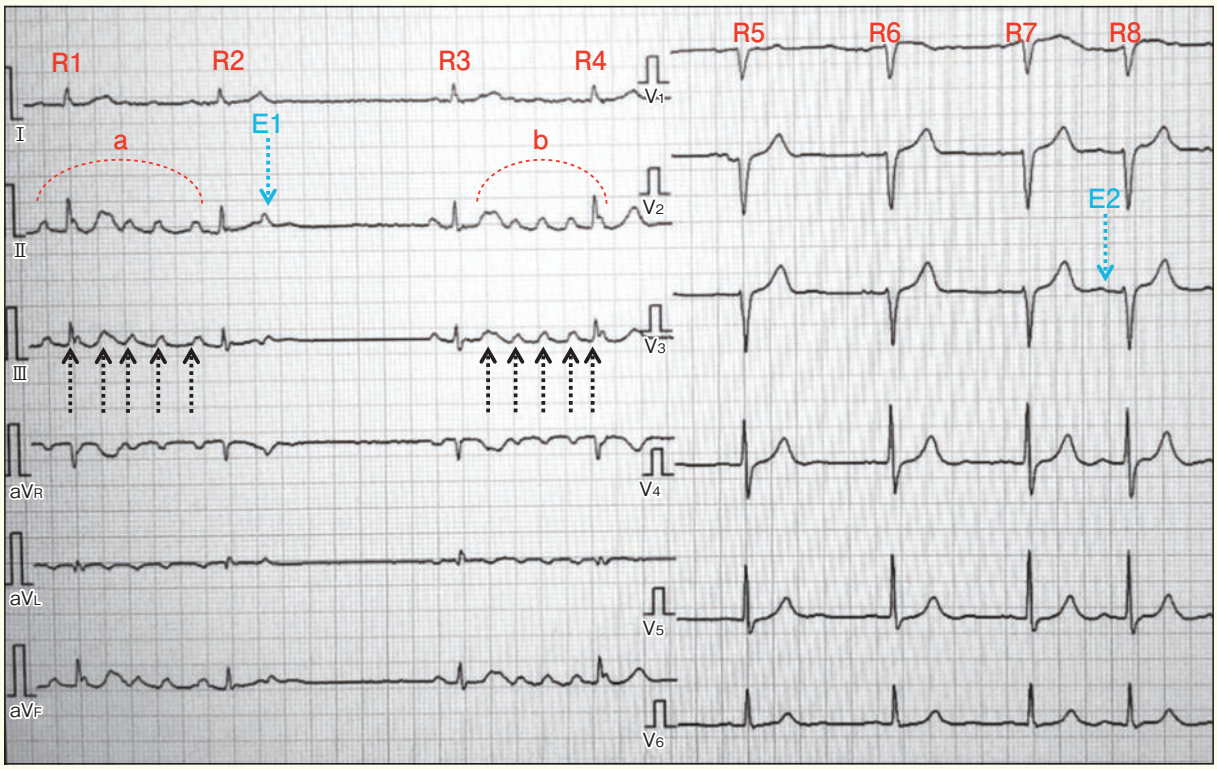
R1からR9まで9個のQRS波が確認されるが、R1、R2とR4～R9はまったく波形が異なり、R3は両者の中間型を呈しているようである。細かく見ていくと、R1、R2はQRS幅正常で洞性P波が先行し、PR間隔160 msec程度の「正常洞調律」である。R4～R9はQRS幅130 msec程度の左脚ブロック型で先行するP波は見当たらず、かつRR間隔は1080 msecで一定であることから、心拍数55/分の右室由来の「心室調律」と判断される。R3はQRS幅90 msecで洞性P波が先行しているが、PR間隔は120 msecと短く、電気軸もR2とR4の中間を示しているなどの点から、洞調律と心室調律の「融合収縮」と考えられる。つまり、一連の記録は洞調律から心室調律に移行して行く瞬間をとらえているもので、前記の自動診断結果はまったく当てはまらない。本例のように、記録の途中でリズムが大きく変わる場合には自動診断はほぼお手上げで、診断アルゴリズムがほとんど整備されておらず、コンピュータ診断の盲点の一つである。なお、この心室調律が「補充調律」であるのか、「促進型心室固有調律」であるのかの判断はなかなか難しいところであるが、視認できるP波（P1～P4）のPP間隔は1140 msec程度でほぼ一定であり、左脚ブロック型QRSのRR間隔1080 msecより明らかに長い点、および心室補充調律は通常心拍数40/分未満である点（本例では55/分）からみて、連続する幅広いQRSは「促進型心室固有調律（AIVR：accelerated idio-ventricular rhythm）」と考えてよさそうである。

アルゴリズム不備-4　Question



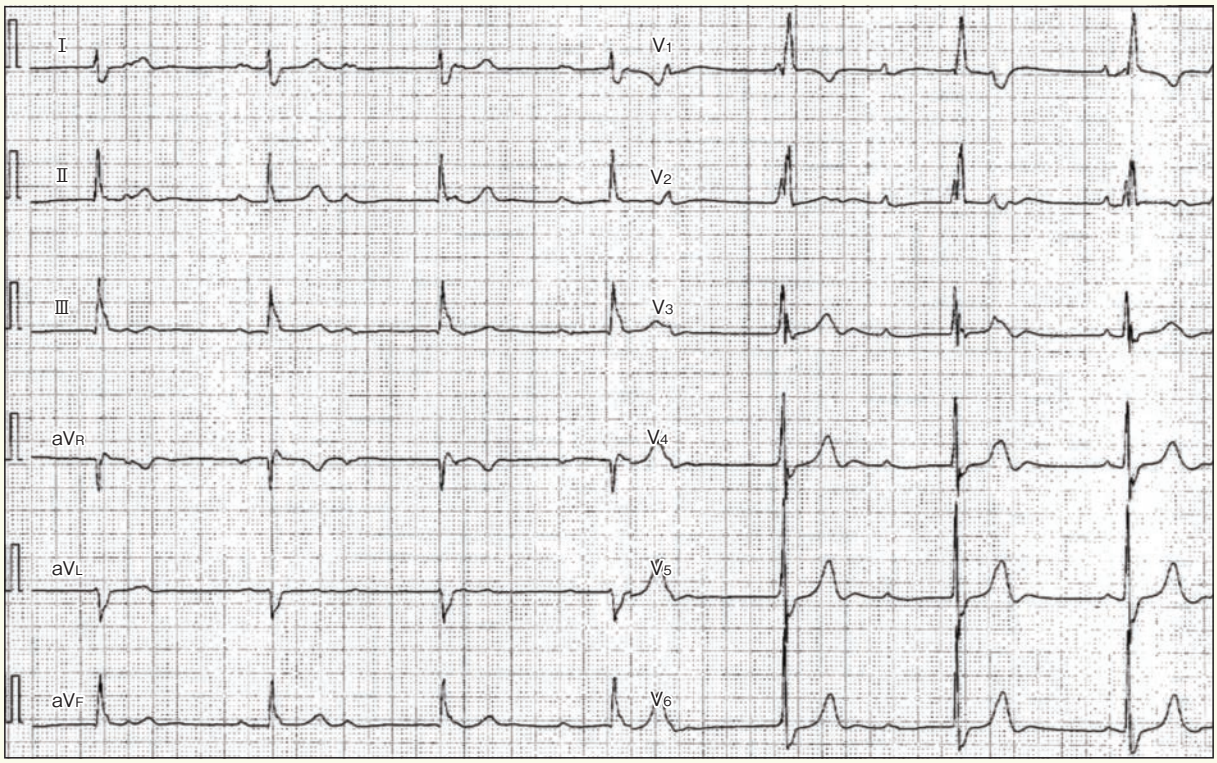
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
70歳の男性。高血圧にて外来通院中の記録。自動診断では「房室ブロックⅡ度（ウェンケバッハ）」と表記されていた。

アルゴリズム不備-4　Answer



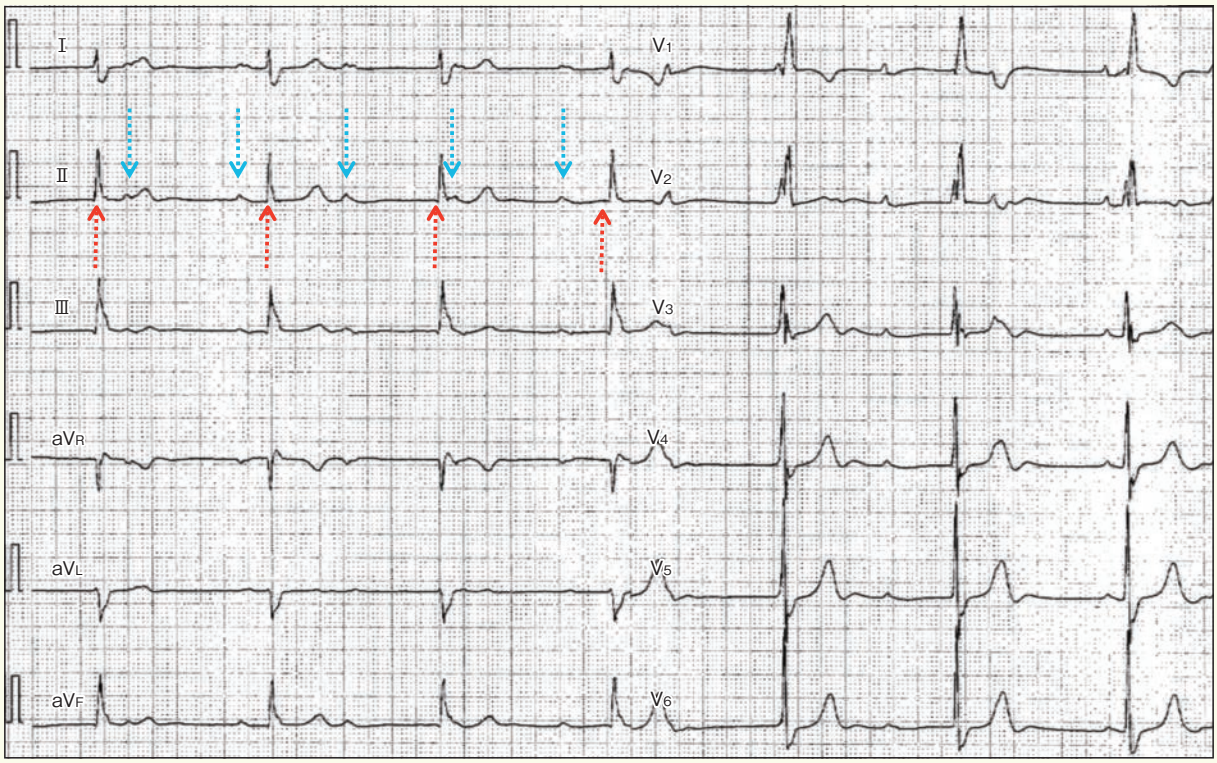
自動計測ではPR207 msec、QRS123 msecと記載されており、どこをどのように評価して「房室ブロックⅡ度（ウェンケバッハ）」との診断に至ったのであろうか。コンピュータアルゴリズムに首をかしげざるを得ない。心電図を細かく見ると、RR間隔はR2-R3がほかより長く、R7-R8がほかより短いことがわかる。これらは青矢印（⇣）で示す部分で心房期外収縮（E1、E2）が発生し、E1は非伝導性でQRSが脱落したためにRR間隔が長くなり、E2は通常に心室まで伝導したためにRR間隔が短くなったと考えれば簡単に説明できよう。では赤括弧（⌒）で示す部分a、bにおける細かい基線の揺れはどのように考えればよいのであろうか。E1で示したように本例では連結期の短い心房期外収縮は非伝導性になる可能性が高いことから、黒矢印（↟）で示す部分にそれぞれ極めて連結期の短い心房期外収縮が5個連続して出現しており、aでは5拍目、bでは4拍目の期外収縮が心室まで伝導したと考えることができるかもしれない。いずれにしても、このような一過性の変化は、コンピュータが最も苦手とするものである。

アルゴリズム不備-5　Question



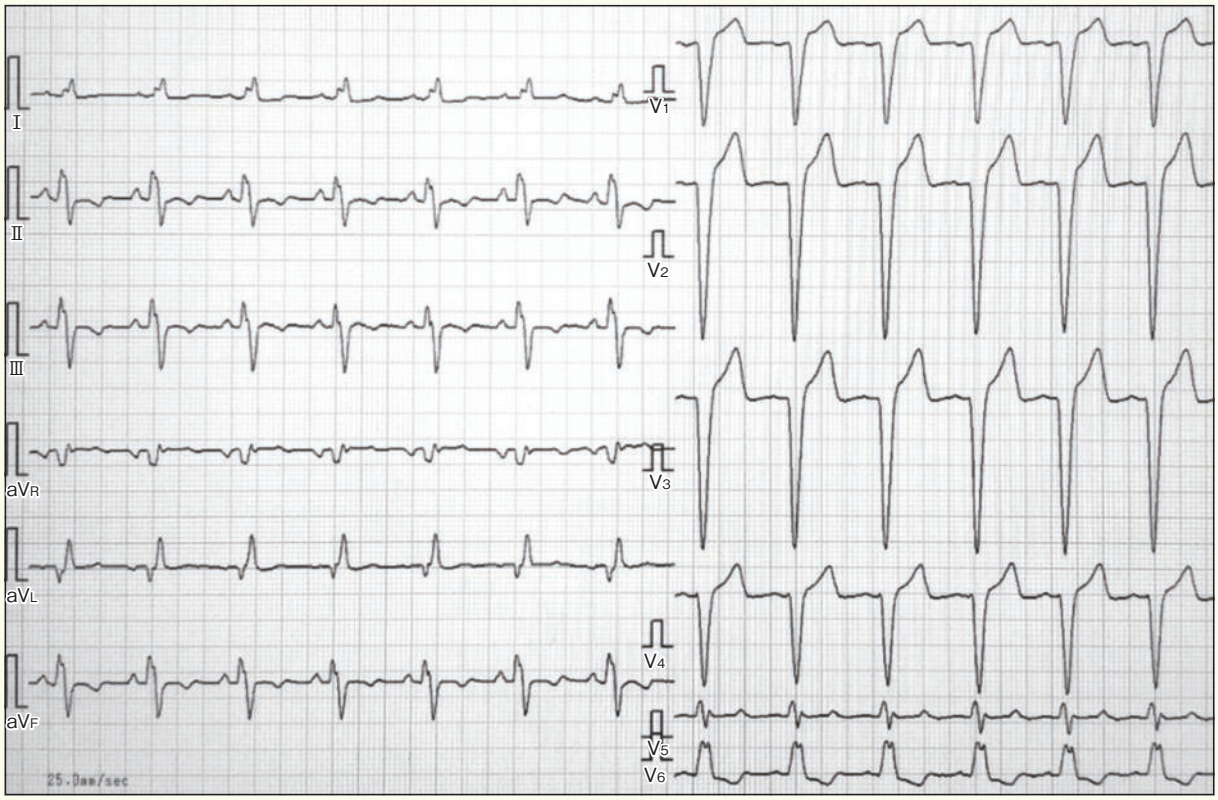
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
82歳の女性。高血圧にて通院中、めまい、倦怠感を自覚し、外来にて記録。自動診断では「心房粗動」「心室期外収縮」「調律不明の徐脈」「完全右脚ブロック」と表記されていた。

アルゴリズム不備-5　Answer



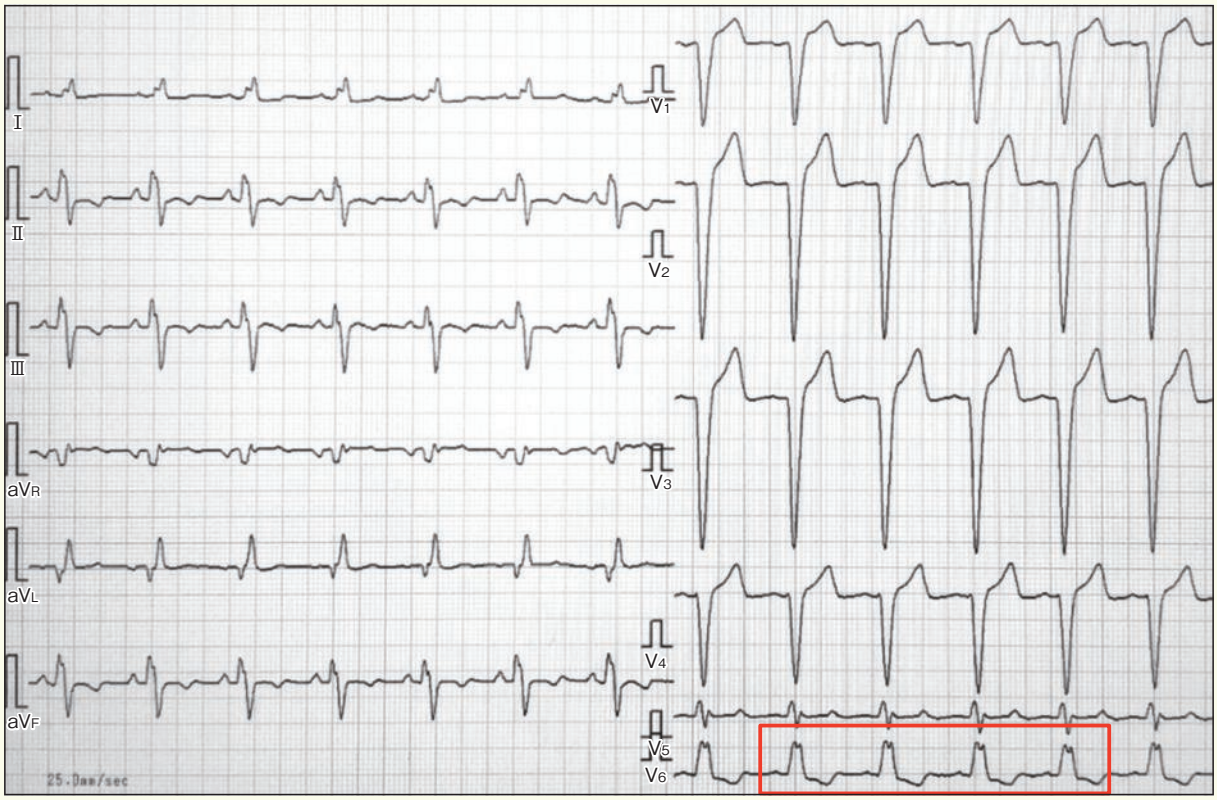
P波（↓）とQRS波（↑）はそれぞれ65/分および42/分の頻度で規則的に出現しており、両者はまったく無関係で完全房室解離の状態であることから、「完全房室ブロック」＋「心室補充調律」との診断は難しくない。自動診断結果の「心房粗動」や「心室期外収縮」は、いったいどこから導き出されたのであろうか。診断アルゴリズムに大きな問題がありそうである。また、「完全右脚ブロック」に関しては胸部誘導のQRS波の形から診断したと思われるが、そもそも完全右脚ブロックは房室伝導が1対1に保たれていることが必須条件であり、診断アルゴリズムの不備は免れない。「調律不明の徐脈」は何とか理解できるが、極めてあいまいな表現であり、適切な治療が遅れる危険性がある。「調律不明」に逃げるのではなく、「完全房室ブロック」を確実に診断できる診断アルゴリズムの改良が急務である。

アルゴリズム不備-6　Question



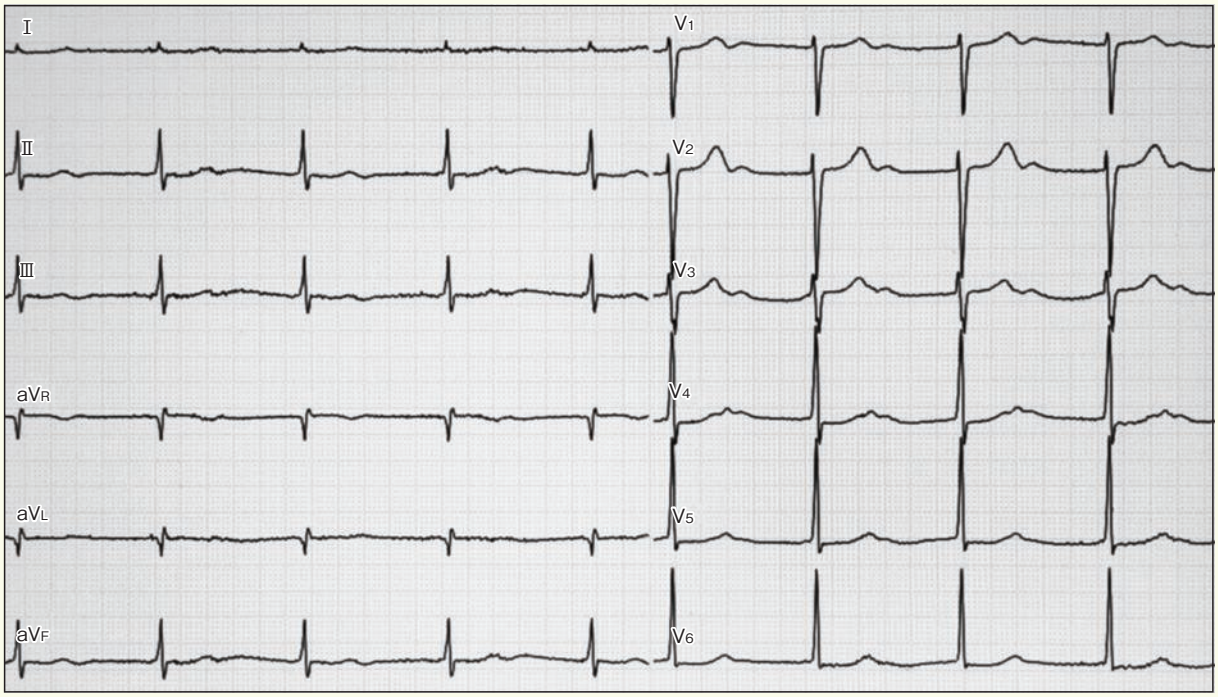
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
63歳の男性。人間ドックにおける記録。自動診断では「心室内伝導障害」「前壁中隔梗塞」「異常Q波」「左室肥大」「左房拡大」「QT延長」「ST-T異常」「左軸偏位」と多くの診断名・所見名が表記され、要精密検査と判定された。

アルゴリズム不備-6　Answer



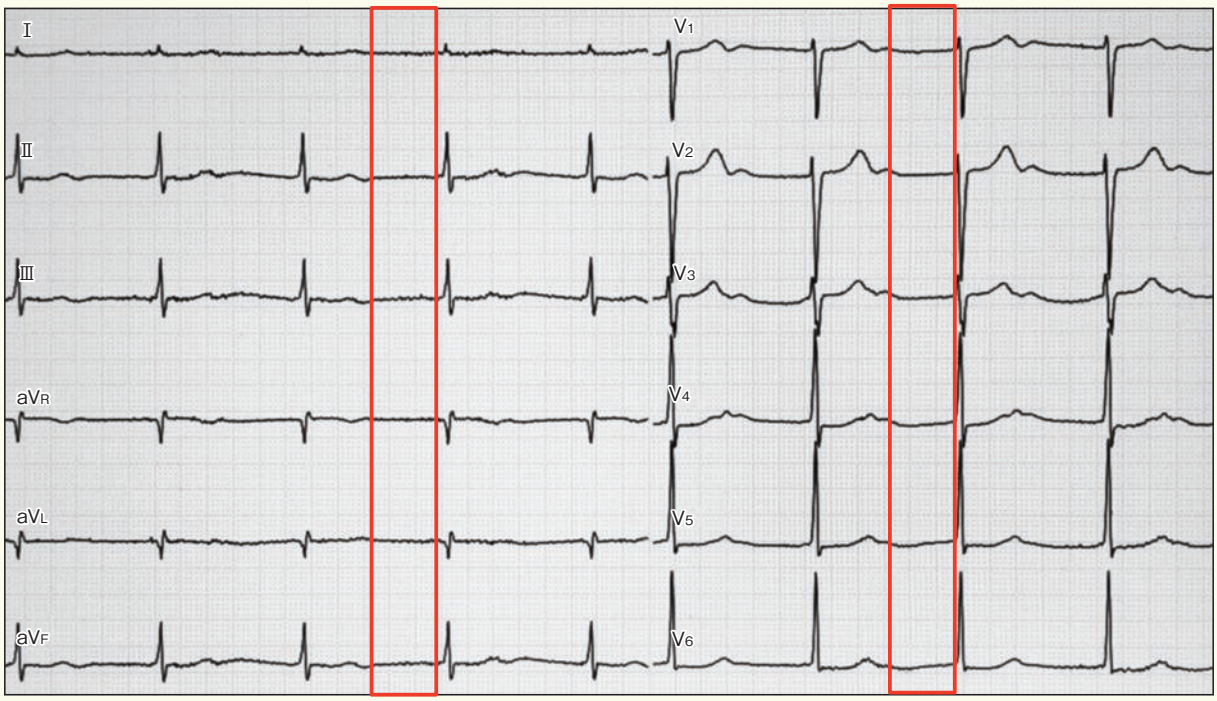
これだけ多くの診断目・所見名が羅列されると、何が何だかわからなくなってしまう。V_6のQRS波形は幅広い典型的なM字型（□）を示しており、「左脚ブロック」の診断は決して難しくない。自動診断にて「左脚ブロック」の診断が正しくなされれば、ほかのほとんどの所見はその中に包括されることになり、雑多な診断目・所見名をシンプルに整理することができる。自動診断のアルゴリズムをもう一度見直す必要がありそうである。

アルゴリズム不備-7　Question



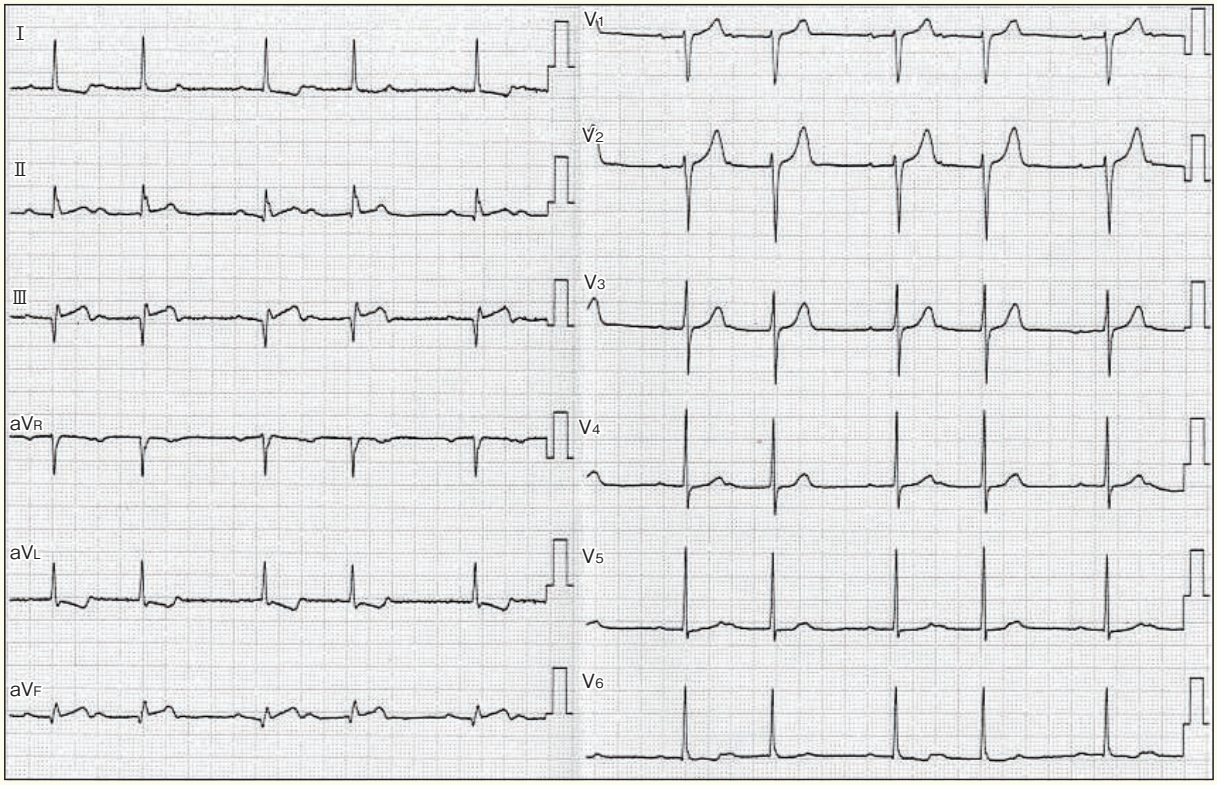
12誘導を6誘導ずつ同時記録。
54歳の女性。神経筋疾患にて神経内科通院中に記録。心房細動に対してビソプロロール内服加療中であった。自動診断では「調律不明」「QT延長」と記載されていた。

アルゴリズム不備-7　Answer



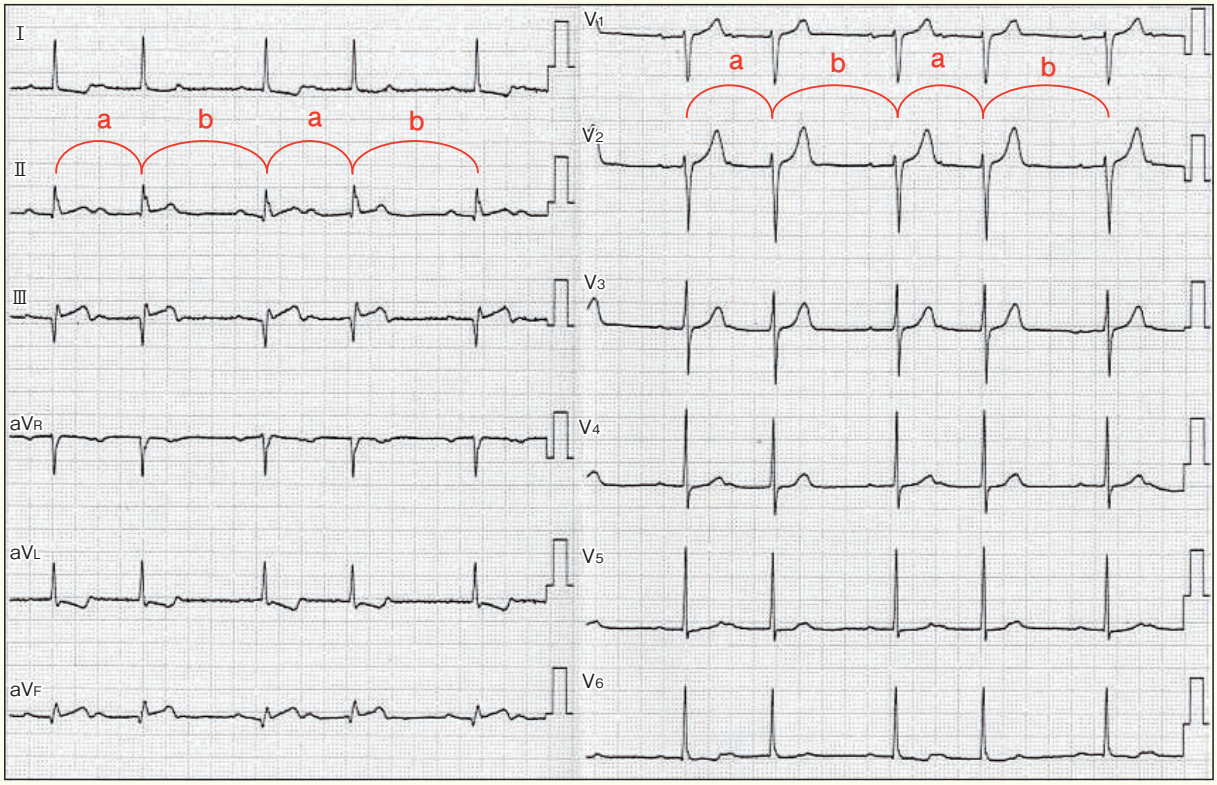
本例では、「心房細動」に対して長期間に亘ってβ遮断薬による心拍数調節治療を行っており、前回受診時までは心拍数70～80/分程度にコントロールされていたようである。「心房細動」が慢性化するとf波の振幅が小さくなることはよく経験されるが、この心電図では前回まで明らかに確認できたf波がまったく見えず、基線は12誘導すべてで完全にフラットである（□）。すなわち「心房細動」ではなく、心房興奮がまったく消失した状態「心房静止」と判断すべきであろう。「心房静止」には一部の心房興奮が残存している「部分的心房静止」と心房興奮がまったくない「完全心房静止」があり、「完全心房静止」では心房の興奮がすべて消失しているため下位中枢が働き、「完全房室ブロック」と同様「房室接合部ないし心室補充調律」を呈する。本例の調律は、「完全心房静止」によってもたらされた心拍数54/分の規則的な「房室接合部補充調律」と判断される。「心房静止」に関連する自動診断に関しては、適切な診断アルゴリズムが構築されていない可能性がある。

アルゴリズム不備-8　Question



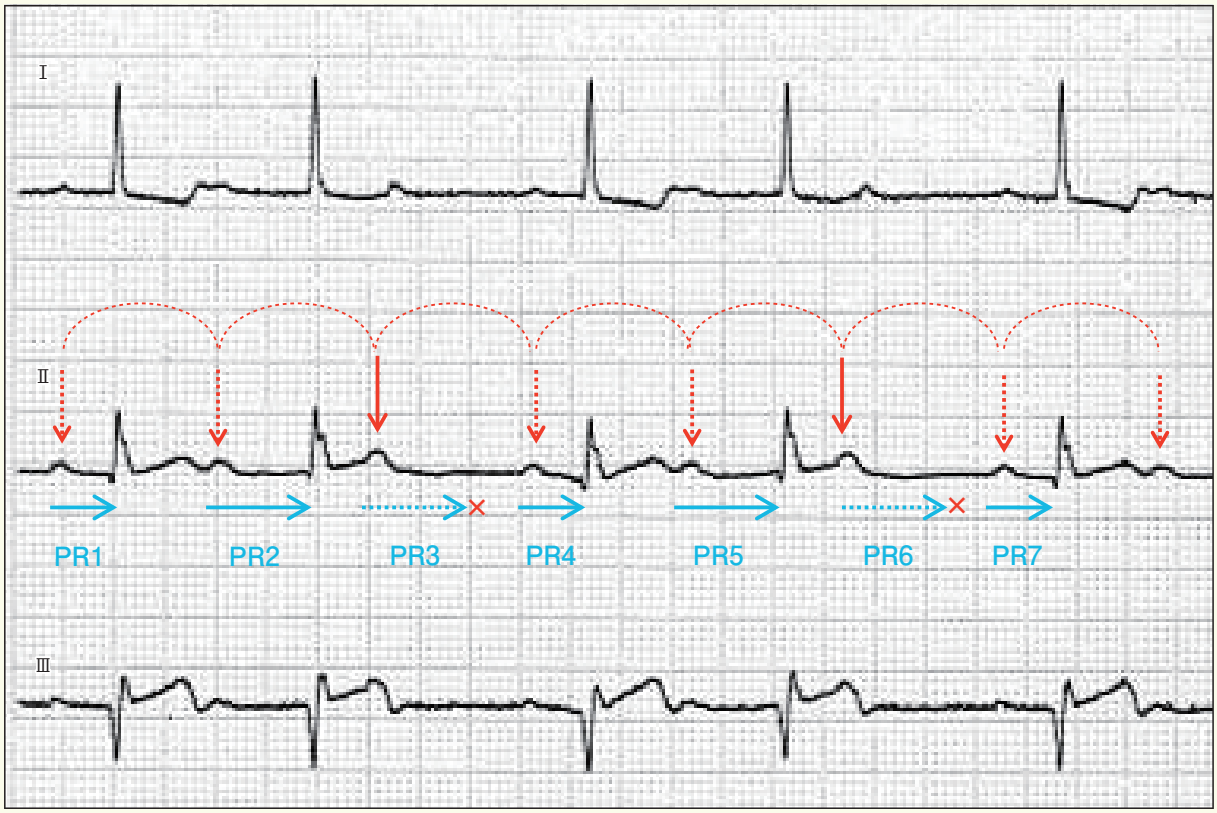
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
58歳の男性。会社の健康診断における記録。自動診断では「上室期外収縮（2段脈）」「房室ブロックⅠ度」と表記されていた。

アルゴリズム不備-8　Answer



RR間隔がa、b長短の周期を繰り返す、いわゆる2段脈の様相を呈していることは確かであるが、はたして「上室期外収縮の2段脈」という自動診断結果は正しいのであろうか。

アルゴリズム不備-8　Answer



理解しやすくするためにⅠ、Ⅱ、Ⅲ誘導の一部を拡大して示す。まず、赤矢印（⇣）（↓）で示すP波が約620 msec間隔でほぼ等間隔に出現している（⌒）。PR間隔を計測すると、PR1（240 msec）からPR2（400 msec）へと延長し（→）、PR3では続くべきQRS波が脱落し（⇢×）、PR4（240 msec）で元に戻っている（→）。その後はPR4～PR7にかけて同様の周期（延長～脱落～短縮～延長～脱落）、すなわちウェンケバッハ周期を呈していることがわかる。すなわち、本例における2段脈は「上室期外収縮の2段脈」ではなく、「3対2房室伝導のウェンケバッハ型第2度房室ブロック」によってもたらされたものと判断される。通常、2段脈というと期外収縮を想起することが多いが、本例のような房室ブロックや洞房ブロックなどの伝導障害でも類似した所見を呈することがあり、治療方針がまったく異なる。コンピュータ診断においても正確さが求められるところである。

その診断に至った経緯は？

第Ⅴ章

診断名・所見名の不適切表記

診断名･所見名の不適切表記

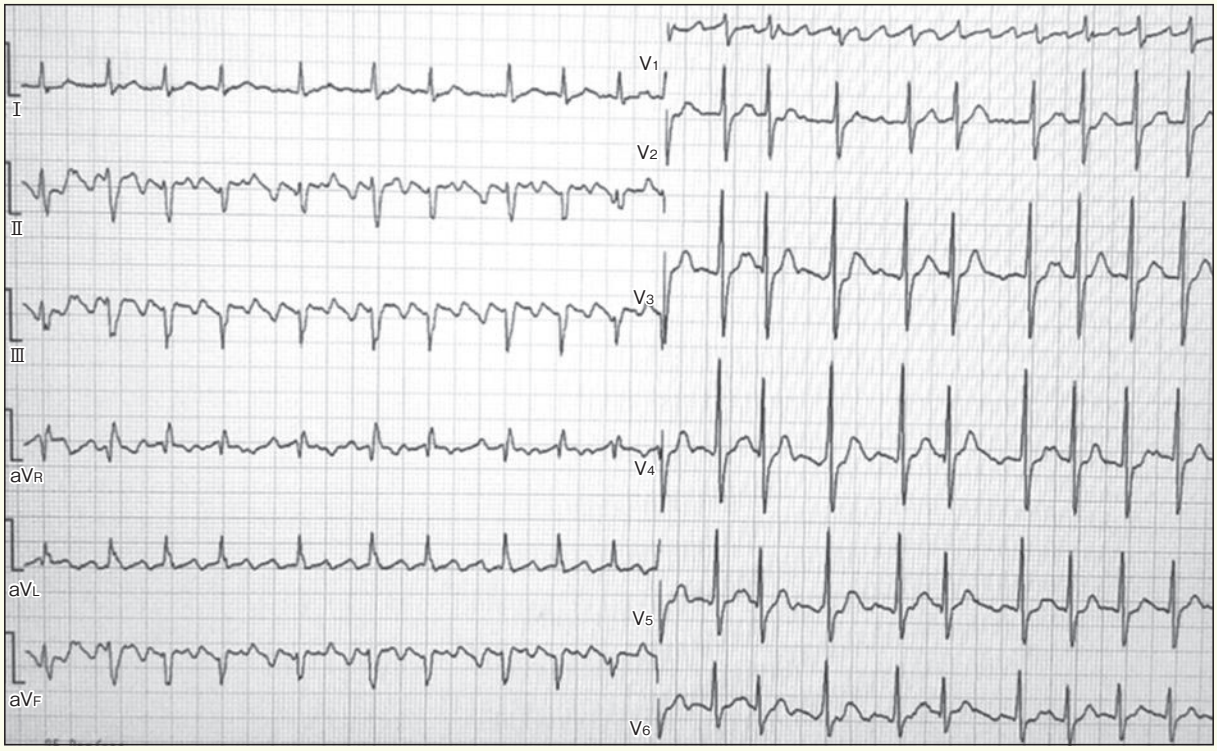
＊心電図自動診断の結果得られた診断名・所見名が適切に表記されないと、臨床現場では不要な再検査や専門医受診を求められる可能性がある。

＊特に、手術前の心機能評価に心電図を用いる場合や、心電図専門医が関与しない健康診断や人間ドックにおける心電図評価に際しては、表記された診断名・所見名の臨床的意義を正確に担当医に伝えることが必要である。

＊心筋梗塞や心筋虚血などの表記や、Brugada症候群、J波症候群、QT延長症候群など重症不整脈に結び付く診断名を表記する場合には、適切な診療に遅れを生じさせないために、次にどのようなアクションが必要なのかを診断名の解説とともに記載することが望ましい。

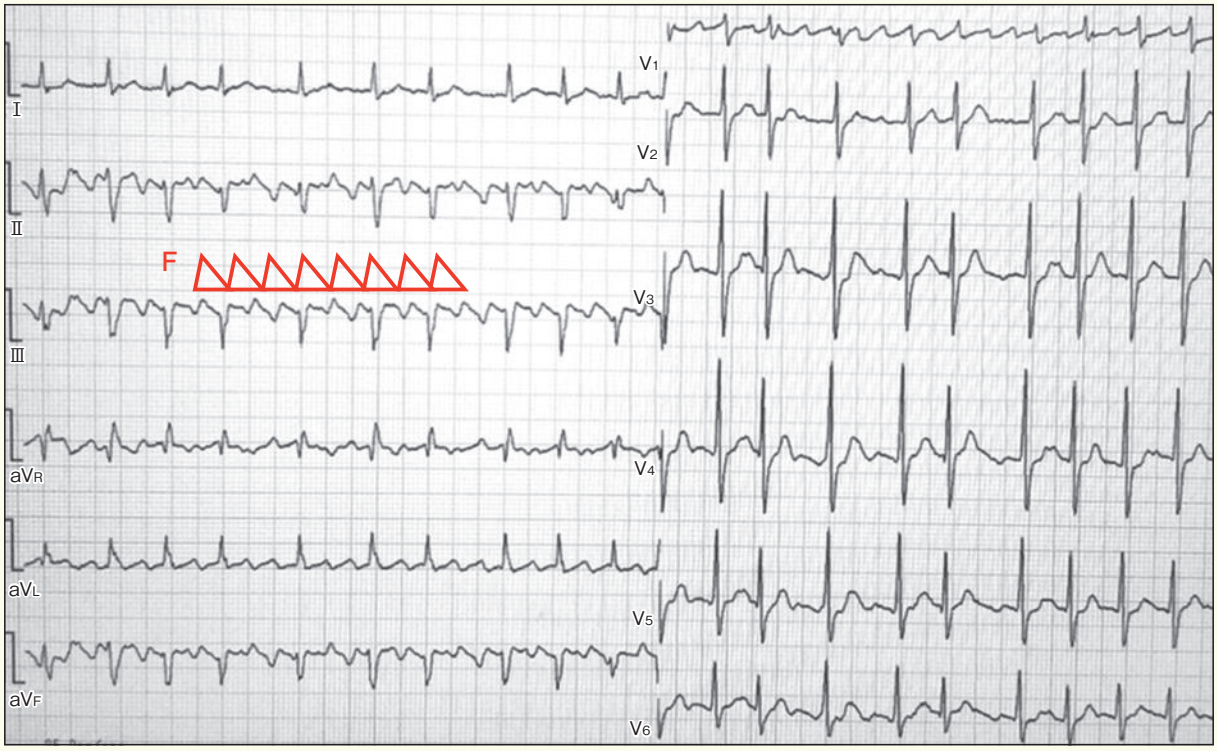
＊一方で、軽度の軸偏位、時計回転・反時計回転、軽度の低電位差・高電位差、軽度のPR延長・短縮など、臨床的意義が高くないあるいは明確でない所見名などが数多く羅列して表記され、それらが独り歩きすることもある。不要な再受診・再検査を防ぐためにも、軽度の変化であれば「そのまま経過を見てよい」などのコメントを記載するのもよいかもしれない。

診断名・所見名不適切-1　Question



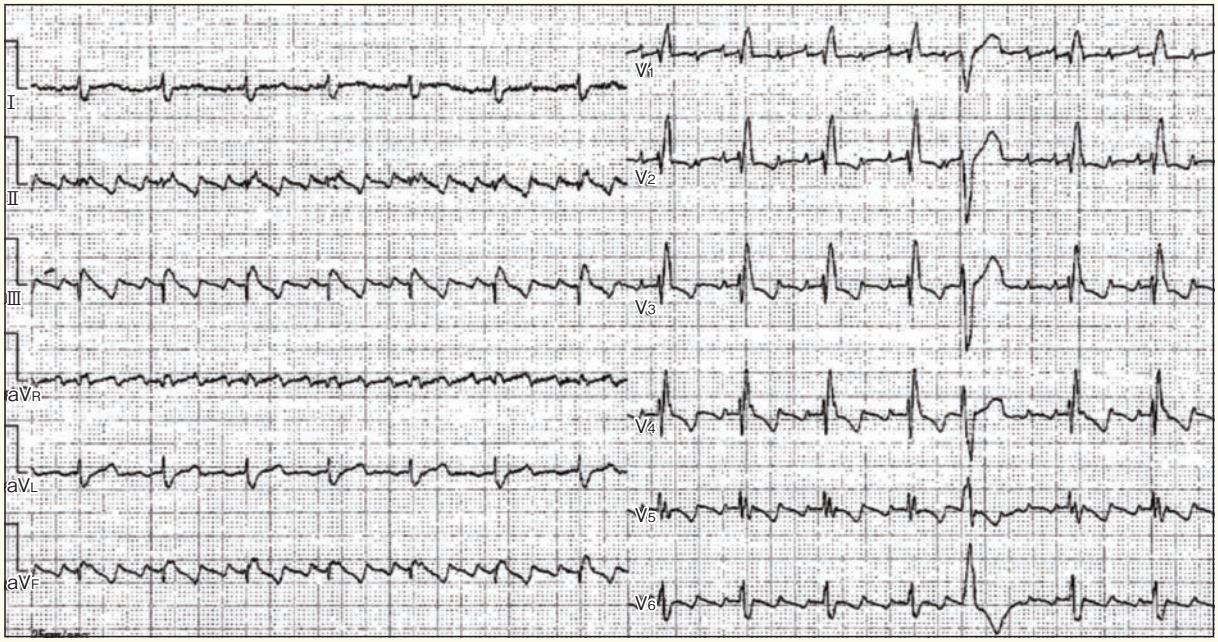
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
65歳の男性。地域住民健診における記録。自動診断では「心室期外収縮（頻発）」「上室期外収縮」「陰性T波」「平低T波」「ST上昇」「左軸偏位」「反時計回転」と多くの所見名が羅列して表記されており、困惑した判定医から循環器専門医へ紹介状が出された。

診断名・所見名不適切-1　Answer



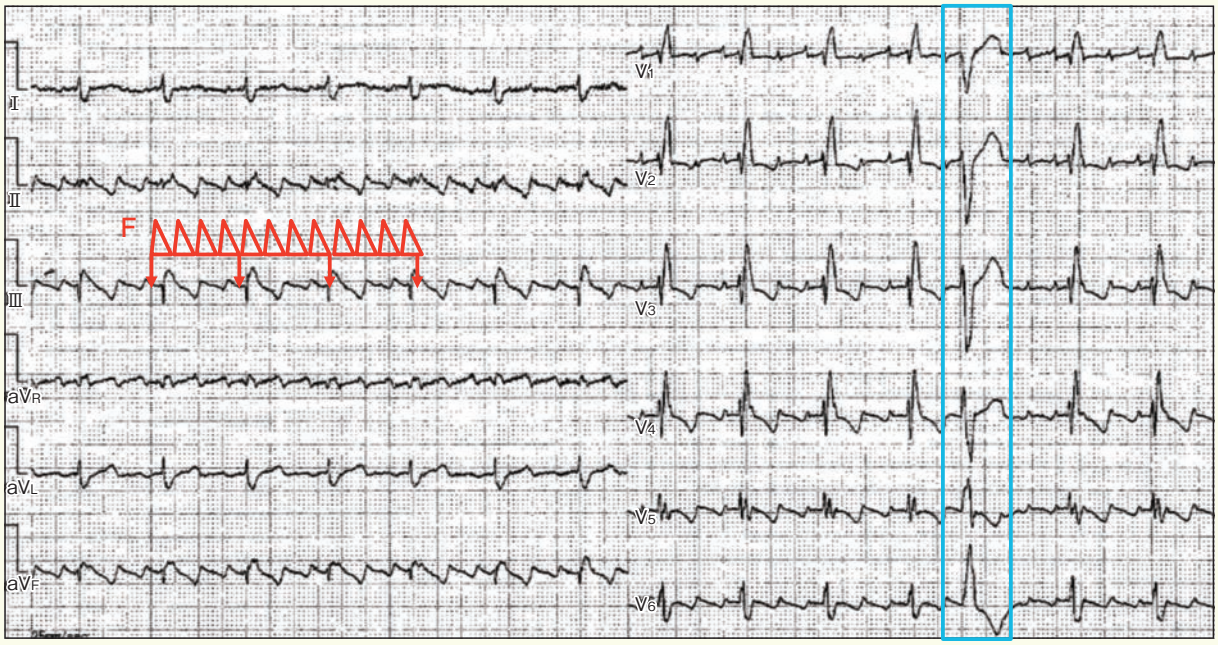
実際の心電図所見は、F（ ）に示すように「2対1ないし3対1伝導の通常型心房粗動」で130/分程度の頻脈を呈しており、結果的に専門医における診療を必要とする状態であったが、自動診断の所見名表記はことごとく不適切である。自動計測の数値をよく見ると、どこをどう計測したのかわからないが、PR間隔164 msecとされており、これがすべての不適切診断の始まりのようである。そのため、RR間隔の短い部分をすべて心室ないし上室期外収縮と誤診し、また粗動波（F波）が認識できなかったために、基線の揺れをさまざまなST-T異常所見として捉えてしまったものと考えられる。最終的に診断名・所見名を表記する際にもう一度見直し、これらの所見名をただ羅列するのではなく、臨床的に適切な診断に近づけるよう全体の自動診断システムを見直す必要がありそうである。

診断名・所見名不適切-2　Question



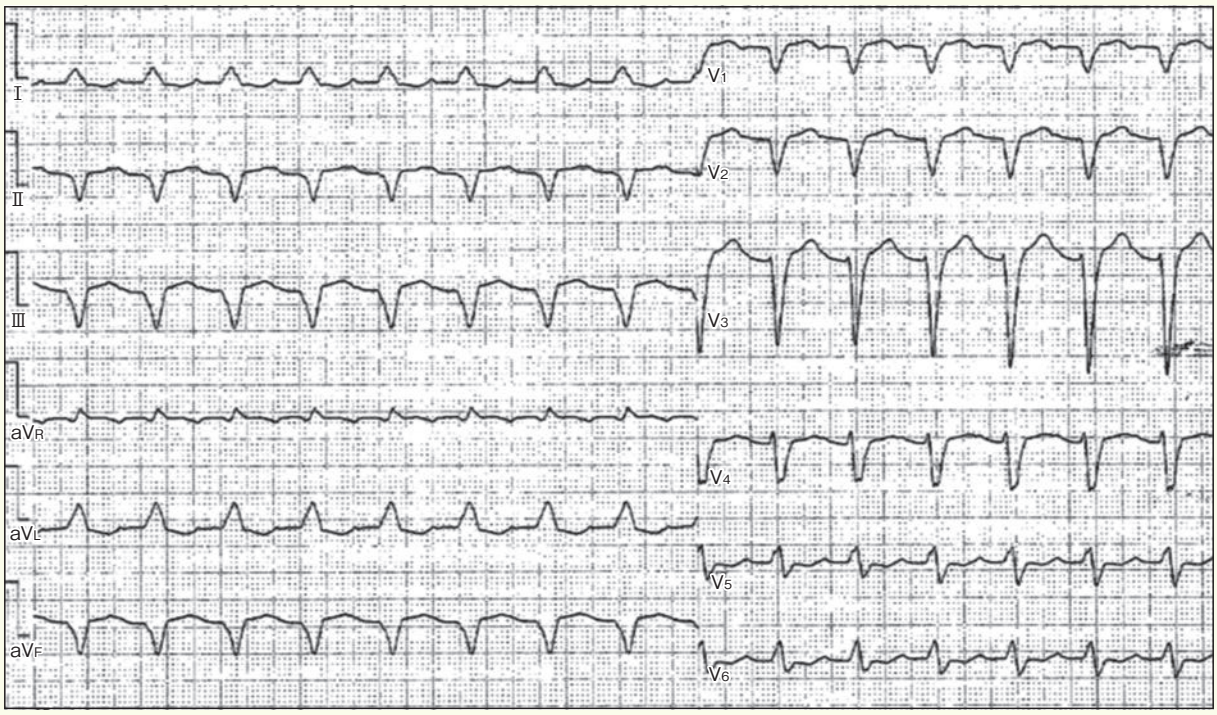
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
57歳の女性。人間ドックにおける記録。自動診断では「高度な頻脈」「心室期外収縮（頻発）」「上室期外収縮」「PR短縮」「ST-T異常」「低電位差」「反時計回転」と所見名が羅列して表記されていた。

診断名・所見名不適切-2　Answer



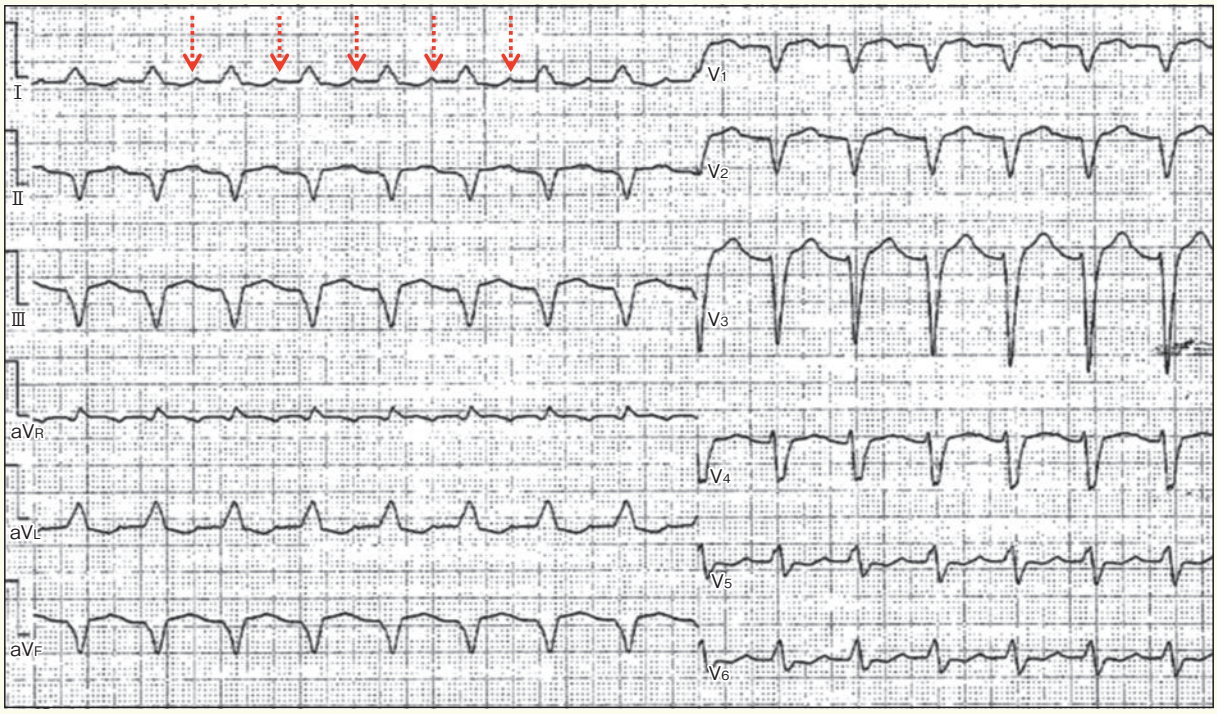
心電図所見は前の例と同様の「通常型の心房粗動」であるが、「完全右脚ブロック」を伴っており、房室伝導比は4対1と一定（〰）、心拍数は86/分で、後半に左脚ブロック型の「心室期外収縮」（□）を1拍認める。自動計測結果には多くの不適切計測や計測ミスがあり、心拍数147/分、PR間隔112 msec、QRS幅71 msec、SV_1：0.1 mV、RV_5：0.2 mVと表示されているが、いずれもどこをどう計測したのか皆目見当がつかない。自動診断結果として診断名や所見名を表示する際には、得られた情報をそのまま表示するのではなく、所見を整理し、臨床的意義や重要性を考慮した適切な表示法を構築する必要があろう。

診断名・所見名不適切-3　Question



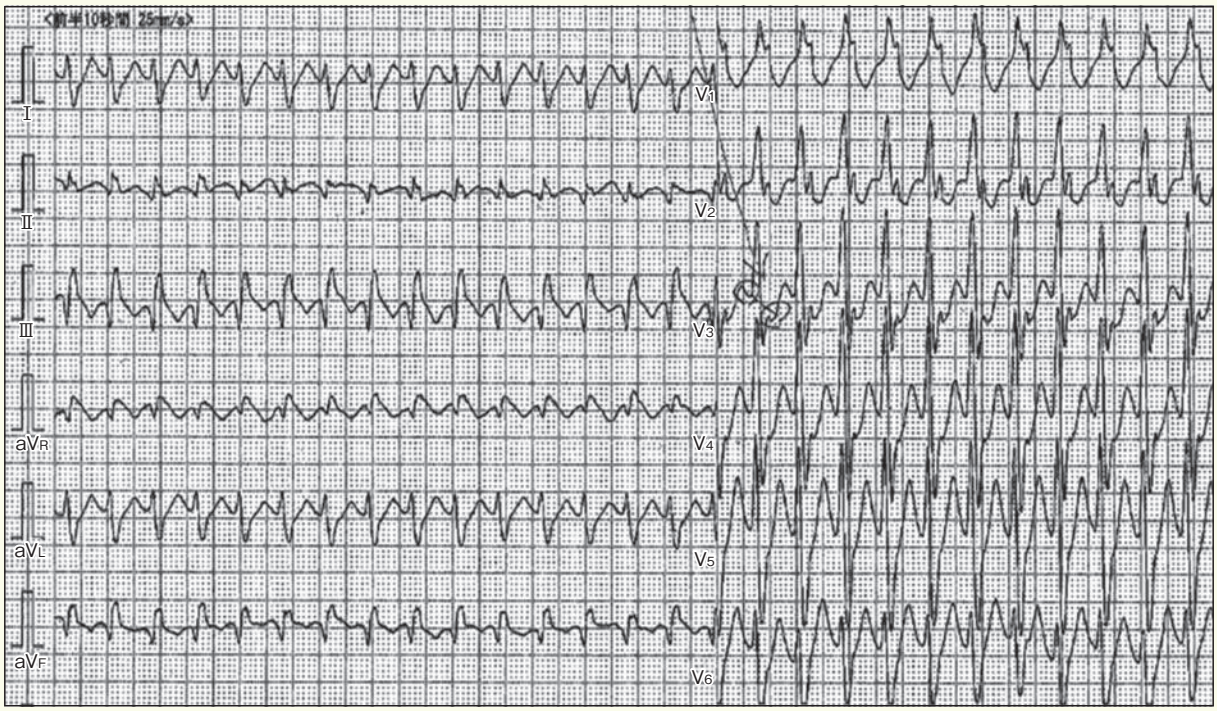
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
79歳の男性。住民健診における記録。自動診断では「心室頻拍」「心室内伝導障害」「下壁梗塞」「前壁中隔梗塞」「ST-T異常」「R波増高不良」「時計回転」と、重症度の高い診断名や所見名が混在して表記されていた。

診断名・所見名不適切-3　Answer



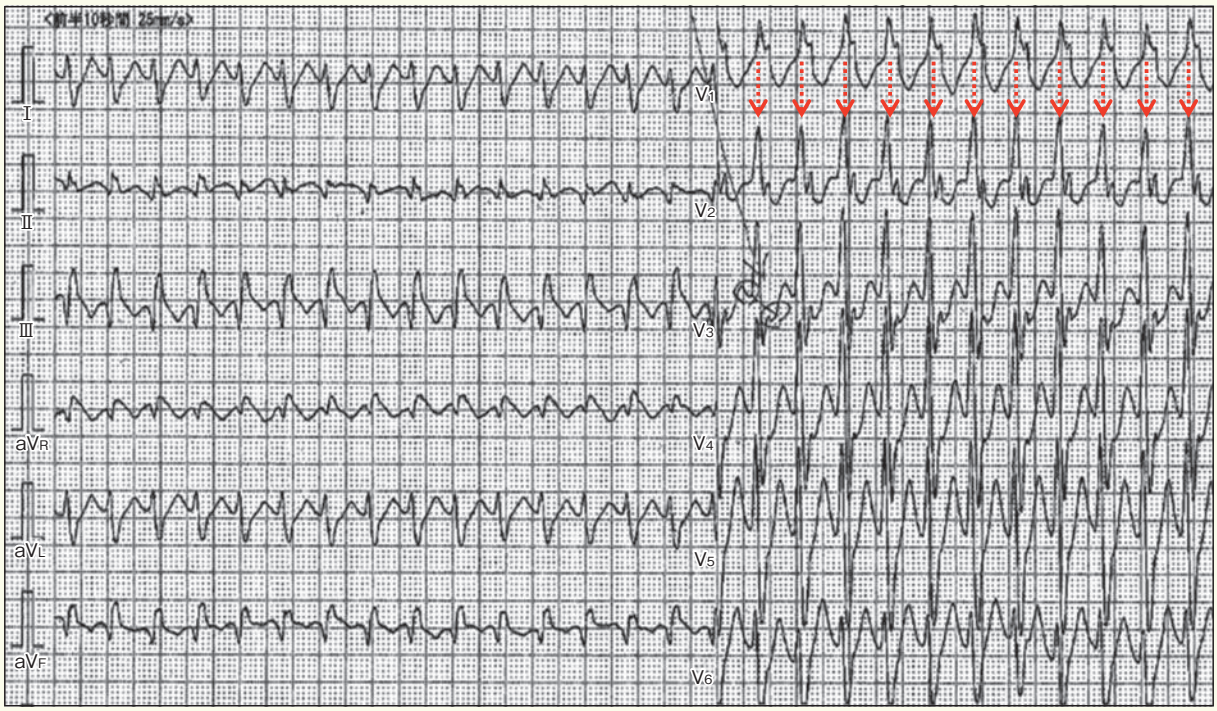
心拍数102/分のQRS幅の広い頻脈を呈しているが、はたして自動診断通り「心室頻拍」であろうか。もし自動診断が正しいとすれば、広範囲の心筋梗塞による心筋虚血に伴って心室頻拍が出現したと考えられ、極めて緊急性の高い重大な病態ということになるが、本人はほとんど自覚症状がなく、健康診断として来院しており、自動診断結果にはそぐわない。心電図をよく見ると、QRS波の前にP波らしき小さな波（↓）があることから、「心室頻拍」ではなく「洞頻脈」で「左脚ブロック」ないし「心室内伝導障害」を伴った状態と判断するのが妥当ではないだろうか。「左脚ブロック」とすれば、下壁や前壁中隔領域の心筋梗塞様の波形（QSパターン）やST-T異常も説明がつく。そもそも自動診断で表示された「心室頻拍」と「心室内伝導障害」は、理論的に考えても両立しない所見である。

診断名・所見名不適切-4　Question



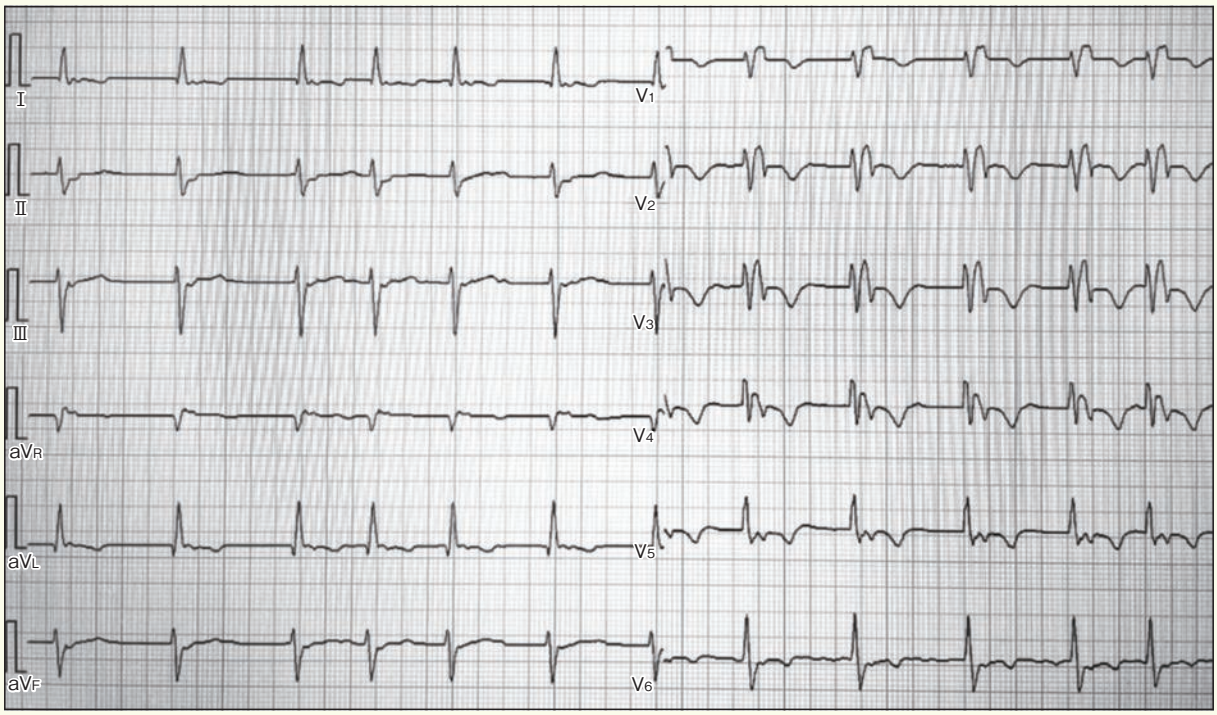
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
20歳の男性。気管支喘息にて呼吸器内科に入院中、動悸・胸部不快感を自覚した際の記録。自動診断では「心房粗動」「心室期外収縮2連発」「高度の頻脈」「完全右脚ブロック」「下壁梗塞」「高度右軸偏位」「陰性T波」と、多くの診断名や所見名が羅列して表記されていた。

診断名・所見名不適切-4　Answer



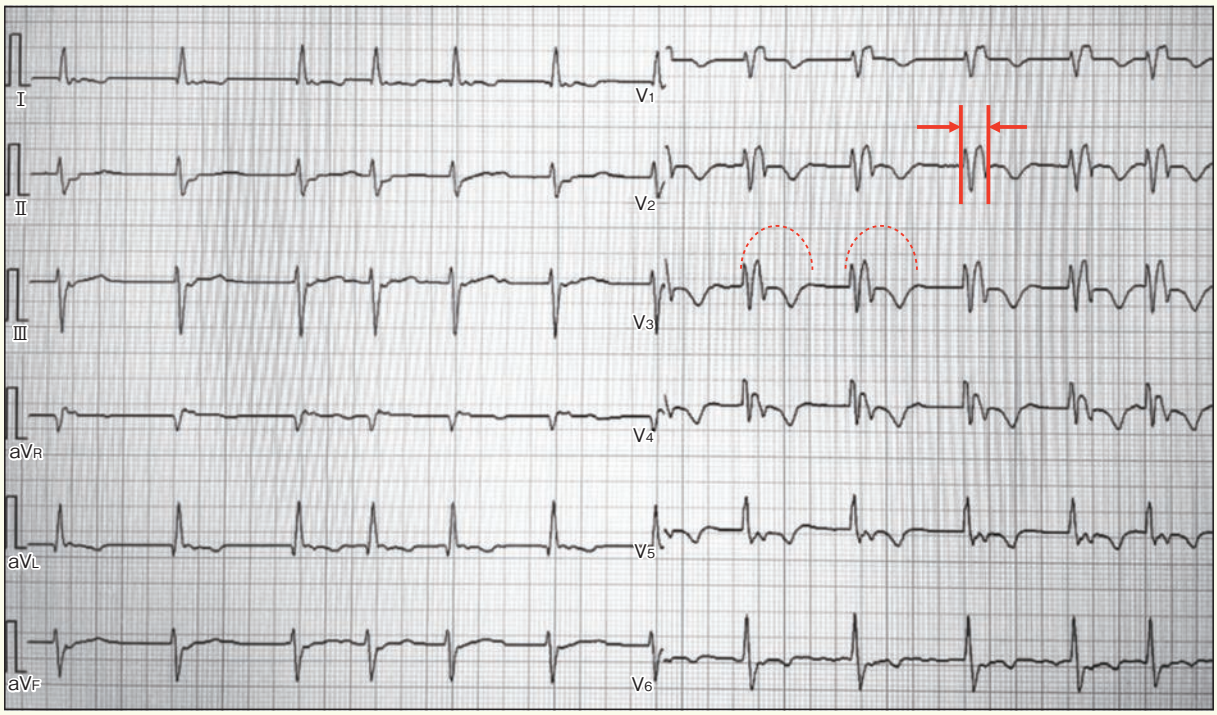
自動診断の結果からは、何が重要でどのような対処が必要なのか、すぐには伝わってこない。そもそも心拍数180/分を超える極端な頻脈で、QRS幅が広く、迅速な対処が必要な状態であることは間違いがなさそうである。「2対1伝導の心房粗動」で「完全右脚ブロック」を伴っていると考えることもできるかもしれないが、QRS波の形が心拍ごとに少し変化しているようにも見え（↓）、「心室頻拍」、特に「カテコラミン誘発性多型性心室頻拍」の可能性も考えておく必要があろう。診断名・所見名の表記にあたっては、必要とする適切な治療が遅れることのないよう、常に臨床的重要性の高いものを優先的に表示するなどの工夫が不可欠である。

診断名・所見名不適切-5　Question



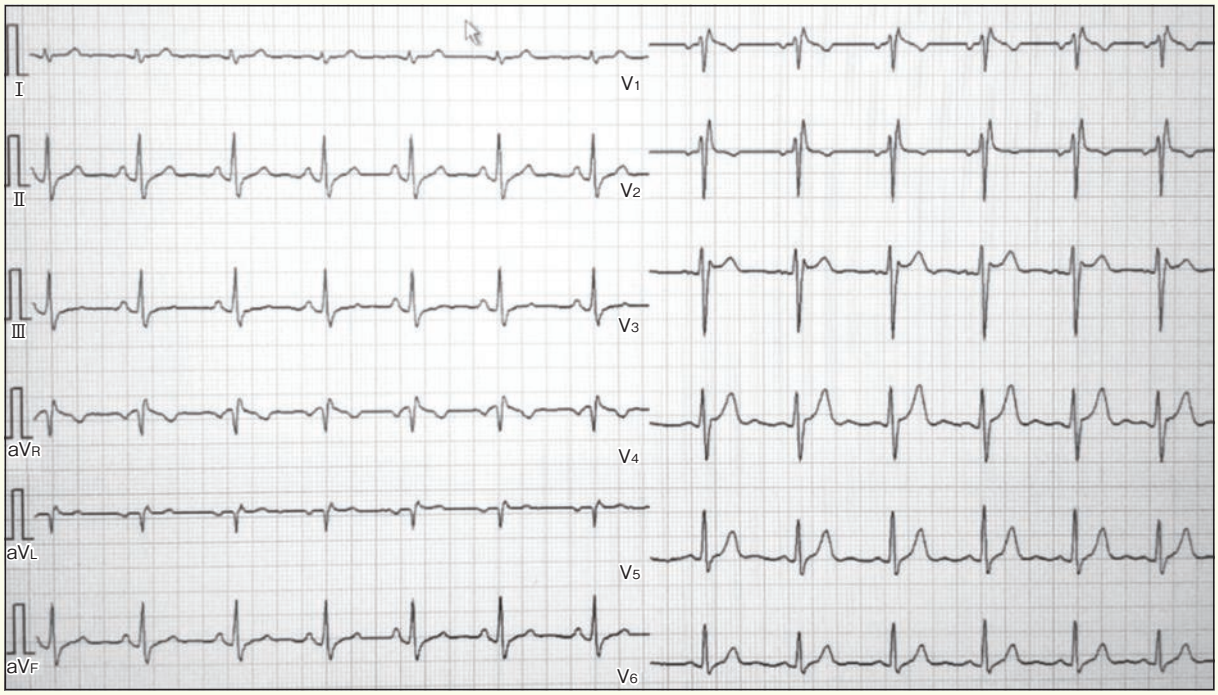
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
56歳の男性。会社の健康診断における記録。自動診断では「心房細動」「左脚前枝ブロック」「陰性T波」「平低T波」と表記されていた。

診断名・所見名不適切-5　Answer



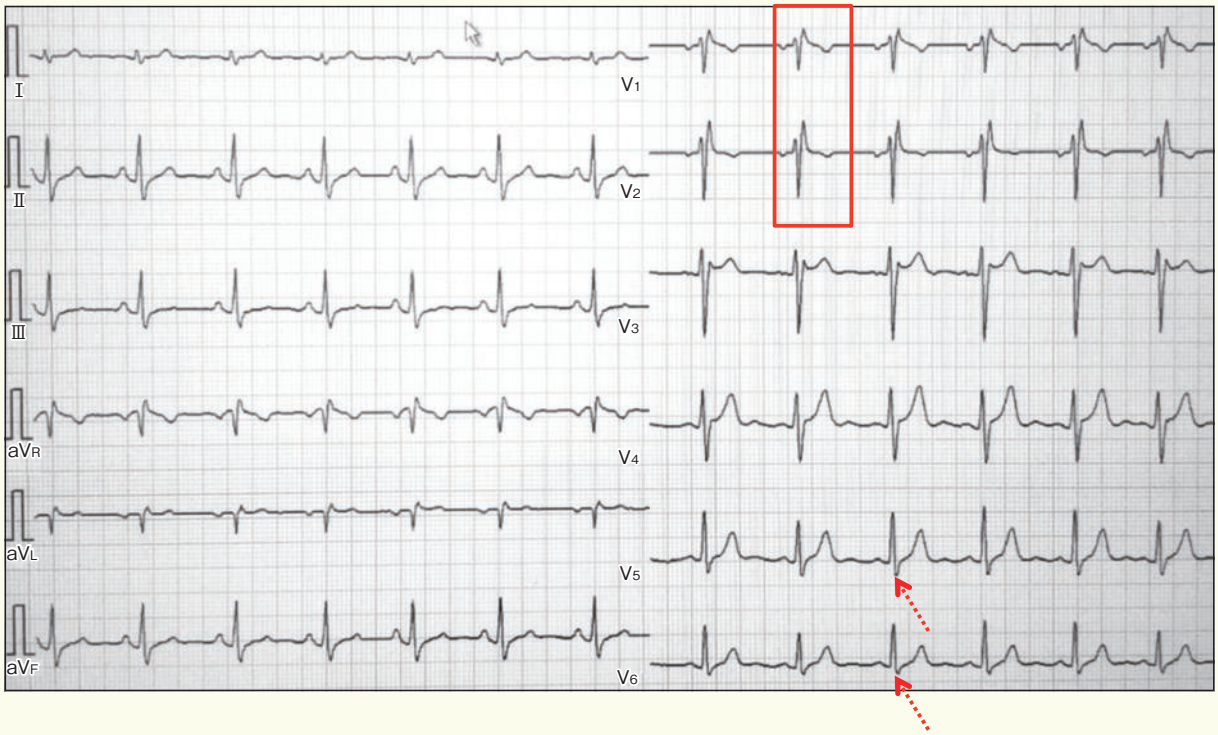
「心房細動」に関しては、明らかなP波の欠如、RR間隔の絶対性不整からみて、f波は明確ではないが診断は確からしい。それ以降の所見名に関しては間違いではないが、明らかな「QT延長」や「心室内伝導障害」など、もっと臨床的に重要な診断名・所見名はどこに行ってしまったのであろうか。自動計測にて、QT間隔0.492秒、QTc0.558と明らかなQT延長を捉えているにもかかわらず、「QT延長」の診断がなされていない。またQRS幅は200 msecを超えており、RSR'S'型の「心室内伝導障害」と診断すべきである。

診断名・所見名不適切-6　Question



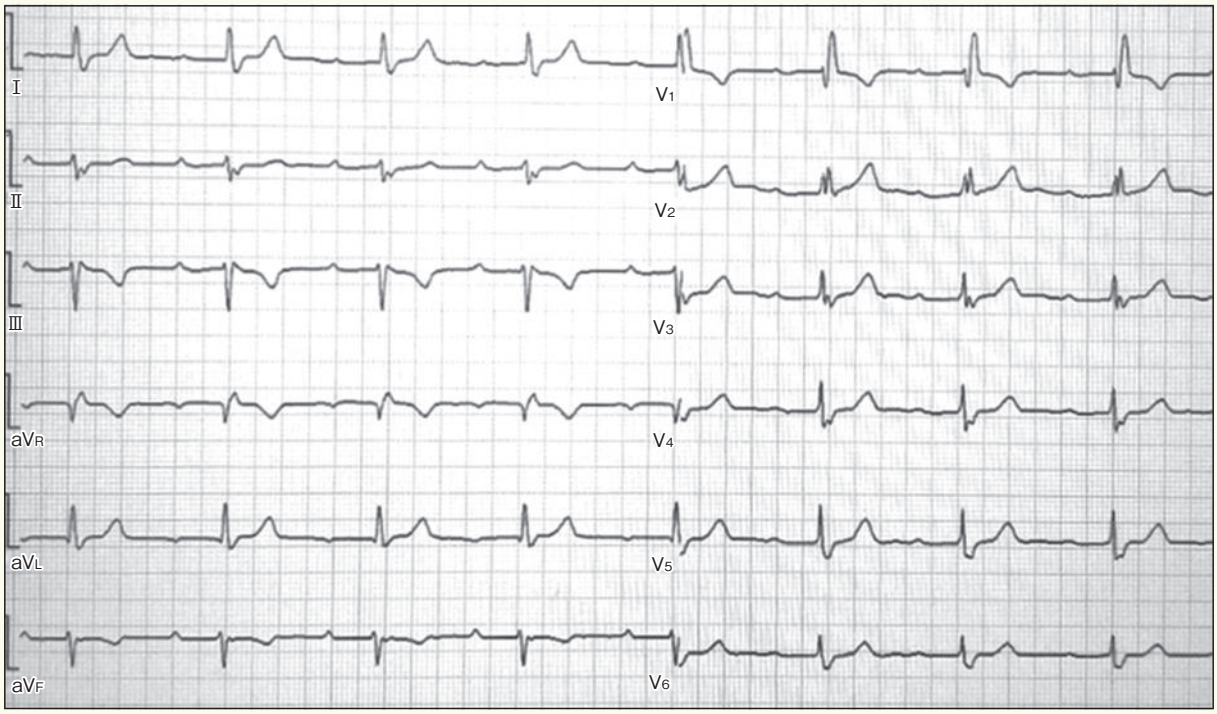
12誘導を6誘導ずつ連続記録。
35歳の男性。会社の健康診断における記録。自動診断では「coved型ST上昇」「完全右脚ブロック」と表記され、専門医受診を指示された。

診断名・所見名不適切-6　Answer



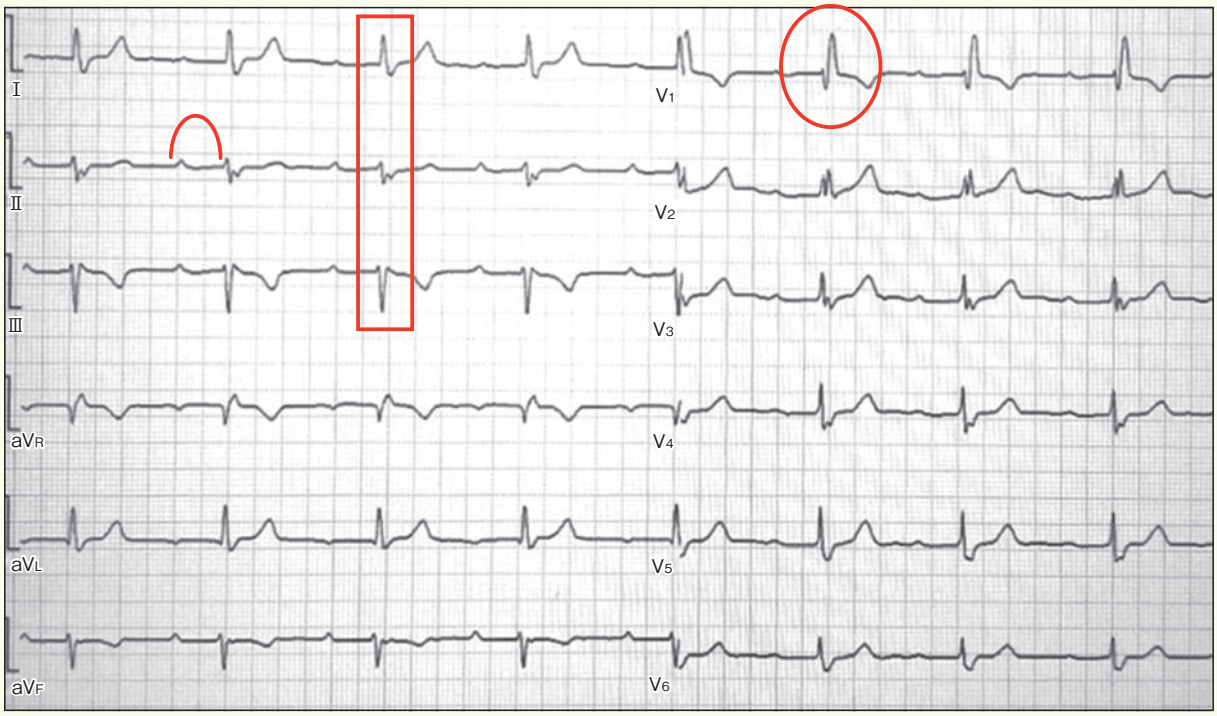
「coved型ST上昇」との自動診断所見で、Brugada症候群を疑われたとのことであるが、そもそも生来健康で失神などの既往歴はなく、突然死の家族歴もない健常人であった。V_1、V_2のQRS波形はrSR'型の「完全右脚ブロック」で有意のST上昇はなく（□）、「coved型ST上昇」の所見ではない。V_5、V_6に明らかなS波を認めること（↯）も「右脚ブロック」の診断を支持する。Brugada症候群を疑う「coved型あるいはsaddleback型ST上昇」という所見名が多発する傾向にあるが、有意のST上昇を伴わないものは単なる「完全あるいは不完全右脚ブロック」であると判断してよさそうである。

診断名・所見名不適切-7　Question



12誘導を6誘導ずつ連続記録。
61歳の女性。住民健診における記録。自動診断では「完全右脚ブロック」「Ⅰ度房室ブロック」「左軸偏位」と表記され、経過観察でよいと判定された。

診断名・所見名不適切-7　Answer



それぞれの「完全右脚ブロック（○）」「Ⅰ度房室ブロック（∩）」「左軸偏位（□）」という自動診断所見はいずれも正しく、特に重症度の高い所見ではない。しかし、はたしてそのままでよいのであろうか。これらの心電図所見は、それぞれ刺激伝導系の右脚、左脚前枝および房室結節内に伝導障害があることを示唆するものであり、三つの所見がそろえば「三枝ブロック」という診断を付け加えて、「高度房室ブロック」や「完全房室ブロック」へ進展するリスクがあることを示すべきであろう。なお「完全右脚ブロック」＋「Ⅰ度房室ブロック」＋「右軸偏位」の場合も、同様に考えてよい。