研 究

体表面電位図によるWPW症候群の副伝導路存在部位の推定法

鎌倉史郎* 下村克朗* 大江 透*
松久茂久雄* 豊嶋英明**

体表面電位図を用いて WPW 症候群の副伝導路の位置を推定するために、成人の WPW 症候群 23 例について、カテーテル電極を用いた電気生理学的検査により確認した副伝導路存在部位を房室弁輪部上の 7 区域に分類し、電位図上の Δ 波の時期に、電位が -0.15 mV に達した時点の極小の位置との関係を検討した。電位図上、極小は右側胸部下方を境界として、左室側の副伝導路では背部に、右室側の副伝導路では前胸部に、帯状の一定領域に出現し、房室弁輪部の分割区域毎にほぼ上下方向に分布した。一方、 Δ 波開始後 40 msec の極小は必ずしも一定部位に分布せず、23 例中 6 例で、その極小による副伝導路の推定結果は電気生理学的検査結果と異なっていた。以上より、 Δ 波開始後の時間ではなく、電位を基準として選んだ極小の位置を判定基準に用いることにより、電位図から副伝導路存在部位をほぼ正確に、かつ容易に推定し得る。

The use of body surface maps in patients with WPW syndrome as a means to predict the localization of bypass tract Shiro Kamakura*, Katsuro Shimomura*, Tohru Ohe*, Mokuo Matsuhisa*, Hideaki Toyoshima** *Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, National Cardiovascular Center, **Department of Public Health, Aichi Medical University

I. 目 的

WPW 症候群の症例のなかで、生命に危険を及ぼす重篤な頻拍発作を呈したり、内科的治療の無効である症例には、副伝導路を切断する外科的治療が行われる^{1)~3)}。しかし、手術時明らかな形態的異常を直視しうる弁膜症や先天性心疾患とは異なり、WPW 症候群では副伝導路を肉眼的に確認しえない。従って、副伝導路の位置に関する正確な情報は手術の成否に直結する重大な鍵となる。現在では、術中の心表面マッピング法が副伝導路の位置を知るための最も信頼できる方法であるが、

非侵襲的にその情報を的確に把握する方法があれば、術前のカテーテルによる電気生理学的検査のみならず、術中の心表面マッピング検査による詳細な部位診断、あるいはそれら検査の時間短縮に大きく寄与できる。

体表面電位図法は、標準 12 誘導心電図・ベクトル心電図法に比べ、より詳細な情報を提供しうるため、近年、副伝導路の部位診断に利用されている^{4)~11)}。しかしそれらの報告では、必ずしも明確な診断基準があるわけではなく、かつ手術時診断との間に相違がみられることが少なくない。

我々は Δ 波の時期における、電位図上の極小の位置と電位を判定基準として、心室早期興奮部位

(1983 年 7 月 28 日 原稿受領)

*国立循環器病センター内科心臓部門
(〒565 大阪府吹田市藤白台5-125)
**愛知医科大学公衆衛生学教室
(〒480-11 愛知県愛知郡長久手町大字岩作字雁又21)

Keywords

体表面電位図
WPW 症候群
副伝導路

を推定し、カテーテル電極を用いた電気生理学的検査により求めた副伝導路存在部位との関連を検討した。その結果、副伝導路存在部位が電位図から正確かつ容易に診断できる所見を得た。

II. 対象並びに方法

年齢24～66歳（平均年齢46.5歳）の WPW 症候群症例23例（男11例，女12例）にカテーテル電極による電気生理学的検査と体表面電位図法を施行した。前者によって全例が単数副伝導路症例と診断された。Ebstein 奇型が認められた1例を除き、全例において明らかな心疾患の合併は認められなかった。

1. カテーテル電極による副伝導路の部位の確認

経皮的に2本の2極カテーテル電極を右大腿静脈を経て心腔内へ導き、His 束電位と右房電位の記録用電極とし、別に4極カテーテル電極を右肘静脈より挿入し、冠静脈洞電位の記録用電極とした。更に別の2極カテーテル電極を左大腿静脈より挿入し、刺激用電極として用いた。心室刺激時、或は回帰性頻拍時に右房壁と冠静脈洞においたカテーテル電極を、それぞれ三尖弁輪部、僧帽弁輪部に沿って順次移動させて、計約10カ所から双極誘導電位図を記録した。これらの電位は、40 Hz 以下と 500 Hz 以上の成分をフィルターを介して除去した後、8チャンネルミンコグラフ（Siemens Elema 82）に導き、紙送り速度 100 mm/秒で記録し、最も短い室房伝導時間が記録された電極の位置を副伝導路の存在部位とした。なお、電極の位置は移動の都度、正面並びに側面方向のX線透視下で確認した。

副伝導路存在部位は、図1に示すごとく房室弁輪部を、左室側の前壁、側壁、後壁の3カ所と、右室側の前壁、側壁、後壁の3カ所と、後部中隔の1カ所の計7カ所に区分して分類した。

2. 体表面電位図法

体表面電位図は、山田ら¹⁾の開発した電位図作成装置（中日電子社製 HPM5100A）を用いて、早期興奮を伴う洞調律時に、サンプリング間隔 4 msec で記録した。電位図記録には、胸骨上第2肋間（電位図上の第6列）と鎖骨中線上第5肋間（電位図上の第4列）を2等分する間隔で軀幹の長軸方向を7列に分割し、さらにこれらの各列につい

図1 心室早期興奮部位の分類を示す房室弁輪部の模式図
数字は各部位の症例数を示す。

て、胸郭前面は左右の中腋下線間を8等分、後面は左右の後腋下線間を3等分する各点の計91点のうち、左右上腕と腋下によって妨げられる4点を除く計87点に電極を配置し、ウィルソン中心電極を不関電極として導出した。

電位図上、Aは右中腋窩線、Iは左中腋窩線を表わし、BからHまでは前胸部、JからMまでは背部の誘導点の列を表わす。電位図は、0.20 mV 間隔の等電位線で描いた。心室興奮開始時点は、極大或は極小の電位が連続的に増加または減少し、はじめて ± 0.10 mV を超える時点とした。

III. 結 果

カテーテル電極により電気生理学的に判定した副伝導路の、部位別の症例数は、左室前壁2例、左室側壁9例、左室後壁3例、後部中隔1例、右室前壁3例、右室側壁2例、右室後壁3例であった（図1）。うち左室側壁1例と右室後壁1例は手術時の心表面マッピング法によって同一部位に副伝導路を確認した。

この全例で、電位図上、 Δ 波の時期の極小出現様式に共通点が認められた。すなわち、心室興奮開始時より、極小の電位が -0.1 mV に到達するまでは、極小は種々の部位に移動した。しかし -0.1 mV を超える頃から、極小の電位は急速に深まると同時に、症例毎にはほぼ同一の部位に停滞した。この極小は、QRS 幅が 120 msec 以上の症例の11例中10例では、心室興奮開始後 40 msec を超えて停滞した。一方 QRS 幅が 120 msec 未満の症例の

図2 左室側壁に副伝導路の存在する例の電位図

QRS 幅 148 msec。max (極大), min (極小) に付記した数字は各々の電位 (mV) を, その後の括弧は極大, 極小の出現位置を示す。各図で, 下欄のAは右中腋窩線, Iは左中腋窩線, Eは胸骨中線を示し, 各図の左半分は胸郭前面を右半分は背面を表わす。各図の左に示した数字で6は胸骨上の第2肋間, 4は鎖骨中線上の第5肋間を示す。心室興奮初期 (図A) より 80 msec (図D) まで極小が背部中央やや上方に停滞している。

図3 左室側壁に副伝導路の存在する例の電位図

QRS 幅 76 msec。心室興奮開始時 (図A) および 8 msec (図B) では極小は背部中央に位置するが, 40 msec (図C) では背部上方に移動している。

図4 電位が -0.15 mV に達した時点の極小の位置と副伝導路存在部位との関係
各印は副伝導路由来の早期興奮部位を示す。

● 左室前壁 × 左室側壁
▲ 左室後壁 ○ 右室前壁
× 右室側壁 △ 右室後壁
▲ 後部中隔

中腋下線上の症例は重複している。

12例中7例でも、極小は40 msecを超えて停滞したが、残り5例では40 msecに達する以前に他の部位に移動した。

図2は左室側壁に副伝導路があることを確認した症例の電位図で、QRS幅は148 msecであった。心室興奮初期(図2-A)より興奮開始後80 msec(図2-D)まで、極小は背部中央やや上方に停滞した。図3は同様に、左室側壁の副伝導路のある別の症例の電位図であるが、 Δ 波は小さく、QRS幅も76 msecと正常範囲であった。心室興奮開始時期(図3-A)、及び8 msec(図3-B)では極小は背部中央に位置したが、40 msec(図3-C)では正常興奮由来の負領域の広がりのため、背部上方に移動した。このように、早期興奮の開始が早いほど、心室興奮初期に極小が停滞する時間が長く、この間に深まる極小の電位が大きい傾向にあった。しかし、早期興奮の開始が遅くても、極小はその電位が -0.20 mV に達する以前に他の部位に移動することはなかった。

そこで極小の電位が -0.15 mV に達した時点の体表上の極小の位置を、電気生理学的検査より求めた副伝導路存在部位にてらして検討した(図4)。その結果、副伝導路が左室前壁にある例(図4、●印)では背部上方に位置し、左室側壁にある例(×印)では背部中央に、左室後壁にある例(▲印)では背部下方に、後部中隔にある例(▲

図5 Δ 波開始後40 msecの時点での極小の位置と副伝導路存在部位との関係
*印は極小の位置による副伝導路部位の推定結果が電気生理学的検査結果と異なっていた例を示す。中腋下線上の症例は重複している。

図6 電位が -0.15 mV に達した時点の極小の分布に基いた副伝導路存在部位を表わす模式図。

RIGHTは右室側を、LEFTは左室側を示す。

印)では右の側胸部下方に位置した。一方右室前壁にある例(図4、○印)では前胸部上方に、右室側壁にある例(×印)では右前胸部中央に、右室後壁にある例(△印)では右前胸部下方に位置した。すなわち、 -0.15 mV に達した時の極小の出現位置は、副伝導路存在部位を分類した弁輪部の7つの分割区域にはほぼ規則的に対応して並んだ。

一方 Δ 波開始後40 msecでの極小の位置を同様に検討した結果(図5)、必ずしも分割区域に対応した領域に分布せず、23例中6例(図5、*印)では、極小の位置から推定した副伝導路存在部位はカテーテル電極より求めた部位と異なっていた。

以上の所見に基づき、副伝導路の存在部位を推定

するための極小の分布様式を模式的に示した(図6)。副伝導路が後部中隔に存在する場合は、極小は右の側胸部下方に出現し、左室側にある場合は、後壁、側壁、前壁と位置が変わるに伴い、極小の出現位置は右背部下方から背部中央、更に上方へと帯状に規則的に分布した。一方、右室側にある場合は、後壁、側壁、前壁の順に、右前胸部下方から前胸部中央のやや上方へと、やはり帯状に分布した。

IV. 考 察

WPW 症候群の副伝導路存在部位を推定するために、標準12誘導心電図やベクトル心電図を用いる報告は多い^{12)~15)}。体表面電位図による山田ら⁴⁾、Taccardi ら⁵⁾の分類もよく知られている。近年、岩ら⁹⁾や Benson ら¹⁰⁾は、手術時または術前の電気生理学的検査により確認した副伝導路部位と、 Δ 波開始後 40 msec における電位図の特徴との関係を検討し、岩ら⁹⁾は Δ 波開始後 40 msec の極小の位置から、また、Benson ら¹⁰⁾は早期興奮の著しい症例に関する限り、同時期の QRS 並びに ST 部の電位分布から、副伝導路存在部位の推定がよく出来たとしている。

本研究においては、 Δ 波開始後 40 msec の電位図の極小の位置から推定した副伝導路存在部位は、23例中 6 例で電気生理学的検査結果と異なっていた。6 例中 5 例は QRS 幅が 120 msec 未満の症例であったので、この相違は QRS 幅の延長が著しくない症例では、40 msec ですでに正常興奮由来の電位の影響で、早期興奮部位に無関係な部位に極小が出現したことに主として起因すると考えられた。これは早期興奮の著しくない例では電位図による副伝導路部位の推定が難しかったとする Benson ら¹⁰⁾の記述と一致している。

解剖学的に副伝導路は房室間溝に面する心室筋と連絡しているので¹⁶⁾¹⁷⁾、心室興奮初期より出現する極小は、心基部に形成される早期興奮の興奮前面を見送ることにより生ずると考えられる。そこで Δ 波の時間内に -0.15 mV に達した時点の極小の位置に副伝導路存在部位をプロットしたところ、弁輪部の分割区域毎に帯状に極小が並んだ(図4, 6)。この所見は、 Δ 波の時期における極小の位置と早期興奮部位の解剖学的位置はよく対応したという、小栗⁸⁾の動物実験の報告と一致し

ている。

我々の成績では、極小は右の側胸部下方を頂点として体軸に対し斜め方向に並んだが、この所見はヒトの房室弁輪部が軀幹の長軸に垂直ではなく、斜め方向に位置することに合致する。また、左室側の早期興奮部位由来の極小分布が、右室側の極小分布よりやや上方に位置した所見も、解剖学的に僧帽弁輪が三尖弁輪よりやや頭側に位置する事実と一致する。このように Δ 波開始後の時間ではなく電位を判定基準に用いることにより、極小の位置のみで早期興奮の程度に関係なく、副伝導路存在部位を従来の方法に比べてより正確かつ容易に推定しうる結果を得た。

Benson ら¹⁰⁾は、更に、早期興奮が著しい例では興奮開始後 10~40 msec の間の低電位域の電位図は早期興奮部位が同じ症例でも異なることがあり、 $\frac{1}{3}$ の症例で部位診断の信頼性に乏しかったと述べている。

Benson ら¹⁰⁾が用いた電位図は、Barr ら¹⁸⁾が開発した限定誘導法(limited lead system)によって記録されている。すなわち、特別に選ばれた体表上の24の誘導点の電位から、体表上の150点の電位を計算によって推定し、その推定値をもとにして電位図を描く方法をとっている。限定誘導法は優れた方法ではあるが¹⁸⁾¹⁹⁾、問題点もある。

Barr ら¹⁸⁾の電極配置は、本研究において極小がしばしば出現した右前胸部、右の側胸部、背部で極めて粗い。従って、限定誘導法で推定したこれらの部位の電位分布には、計算の過程で誤差が入る可能性が高いことが推測される。特に、興奮伝播過程が正常と大きく異なる WPW 症候群の場合には、誤差が著しいと考えられる。

我々の電極配置法でも、より多くの電極を用いる方法に比べると、多少の誤差は避け難いが、電位の実測点数が Benson ら¹⁰⁾の24点に対し87点と極めて多く、電極配置もより均等である。従って、極小の位置に関しては、彼らの用いた方法に比べてより正確な情報を与えるものであり、この誘導点の選択方法の違いが、彼らと我々の結果の差異をもたらした原因の一つであろう。

〔文 献〕

- 1) Sealy WC, Hattler BG, Blumenshein SD, Cobb FR: Surgical treatment of Wolff-Park-

- kinson-White syndrome. *Ann Thorac Surg* 8:1, 1969
- 2) Iwa T, Kazui T, Sugiki S, Wada J: Surgical treatment of Wolff-Parkinson-White syndrome. *Jap J Thorac Surg* 23:513, 1970
- 3) Sealy WC, Wallace AG, Ramming KP, Gallagher JJ, Syenon RH: An improved operation for the definite treatment of the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Ann Thorac Surg* 17:107, 1974
- 4) Yamada K, Toyama J, Wada M, Sugiyama S, Sugenoja J, Toyoshima H, Mizuno Y, Sotohata I, Kobayashi T, Okajima M: Body surface isopotential mapping in Wolff-Parkinson-White syndrome: Noninvasive method to determine the localization of the accessory atrioventricular pathway. *Am Heart J* 90:721, 1975
- 5) De Ambroggi L, Taccardi B, Macchi E: Body surface maps of heart potentials. Tentative localization of preexcited areas in forty-two Wolff-Parkinson-White patients. *Circulation* 54:251, 1976
- 6) Spach MS, Barr RC, Lanning CF: Experimental basis for QRS and T wave potentials in the WPW syndrome. The relation of epicardial to body surface potential distributions in the intact chimpanzee. *Circ Res* 42:103, 1978
- 7) Oguri H, Wada M, Sugenoja J, Ohno M, Toyoshima H, Toyama J, Yamada K, Ohta T: Body surface potential distributions in posterior ventricular pre-excitation. *J Electrocardiol* 12:61, 1979
- 8) 小栗孟: WPW 症候群の実験及び臨床的研究. 体表面心臓電位分布図による早期興奮部位の診断. *日本循環器学誌* 42:67, 1978
- 9) Iwa T, Magara T: Correlation between localization of accessory conduction pathway and body surface maps in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Jap Circ J* 45:1192, 1981
- 10) Benson DW, Sterba R, Gallagher JJ, Walston IIA, Spach MS: Localization of the site of ventricular preexcitation with body surface maps in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation* 65:1259, 1982
- 11) 外山淳治, 渡辺敏文, 豊嶋英明, 小栗孟, 大野三良, 太田寿城, 日々野萌, 平岩昭三, 岡島光治, 内藤義英, 山田和生: 96チャンネル同時収録による体表面心臓電位図作成システム. *医用電子と生体工学* 17:1, 1979
- 12) Rosenbaum FF, Hecht HH, Wilson FN, Johnston FD: The potential variations of the thorax and the esophagus in anomalous atrioventricular excitation (Wolff-Parkinson-White syndrome). *Am Heart J* 29:281, 1945
- 13) Ueda H, Nameki C, Saruta H, Kawamura H, Yoshida A, Tsuzuki A: Further study on the WPW syndrome (preexcitation syndrome) with special reference to the intracardiac and esophageal lead. *Jap Circ J* 21:361, 1957
- 14) Ueda H, Harumi K, Shimomura K, Yamamoto H, Sugimoto T: A vectorcardiographic study of WPW syndrome. *Jap Heart J* 7:255, 1966
- 15) Tonkin AM, Wagner GS, Gallagher JJ, Cope GD, Kassel J, Wallace AG: Initial forces of ventricular depolarization in the Wolff-Parkinson-White syndrome. Analysis based upon localization of the accessory pathway by epicardial mapping. *Circulation* 52:1030, 1975
- 16) Becker AE, Anderson RH, Path MRC, Durrer D, Wellens HJJ: The anatomical substrates of Wolff-Parkinson-White syndrome. A clinicopathologic correlation in seven patients. *Circulation* 57:870, 1978
- 17) Sealy WC, Gallagher JJ, Prichett ELC: The surgical anatomy of Kent bundles based on electrophysiological mapping and surgical exploration. *J Thorac Cardiovasc Surg* 76:804, 1978
- 18) Barr RC, Spach MS, Herman-Giddens S: Selection of the number and positions of measuring locations for electrocardiography. *IEEE Trans Biomed Eng* 18:125, 1971
- 19) Spach MS, Barr RC, Warren RB, Benson DW, Walston IIA, Edward SB: Isopotential body surface mapping in subjects of all ages: Emphasis on low-level potentials with analysis of the methods. *Circulation* 59:805, 1979