非典型的な減衰伝導特性により特徴的な心室早期興奮を示さなかったマハイム線維を介する房室回帰性頻拍の1例

杉村宗典¹ 貝谷和昭^{2*} 吉谷和泰³ 高橋清香¹
柴田正慶¹ 橋本武昌¹ 吉田秀人¹ 花澤康司²
泉 知里² 中川義久²

症例は45歳、男性。平成20年、エプスタイン奇形に伴うB型WPW症候群に対してアブレーションを施行し、治療に成功した。以後、心電図にデルタ波を認めなかったが、アデノシン三リン酸(ATP)投与にて停止する左脚ブロック型の頻拍が再発し、平成21年5月再治療となった。電気生理学的検査(EPS)において370 msec未満の連結期で心房期外刺激を加えると、His束電位の消失とともに頻拍時と一致する左脚ブロック型QRS波形が再現性をもって出現した。そこで三尖弁輪自由壁に多電極カテーテルを留置したところ、電気生理学的三尖弁輪10時方向において、心房波(A波)と心室波(V波)の間に先鋭な電位を認めた。マハイム線維の存在を疑い、この電位(M電位)について検討すべく再度心房プログラム刺激を行い、AH時間とAM時間を比較した。両者の減衰伝導特性は極めて近似しており、かつAM時間はAH時間より常に一定時間の延長を示し、HV時間は不変(45 msec)であった。房室結節の不応期の時点でもM電位は記録され、長いAV時間の後に左脚ブロック型QRS波が追従した。誘発された持続性頻拍の逆行性心房最早期興奮部位はHis束記録部であり、電気生理学的検討により本頻拍は右側自由壁房室間に存在するマハイム線維を順行し、房室結節を逆行旋回路とする反方向性房室回帰性頻拍(antidromic AVRT)と診断した。マハイム電位を指標に通電し、頻拍の根治が得られた。マハイム線維の伝導時間が房室結節の伝導時間より常に長く、減衰性が房室結節とほぼ同等であるため、期外刺激にても連続的な心室早期興奮の顕在化がみられないまれな1例を経験したので報告する。

(心電図, 2012; 32: 11~18)

Keywords ●エプスタイン奇形
●マハイム線維
●心房心室副伝導路
●減衰伝導特性

1 天理よろづ相談所病院臨床病理部
(〒632-8552 奈良県天理市三島町200番地)
2 天理よろづ相談所病院循環器内科
3 兵庫県立尼崎病院循環器内科
*は責任者を示す

I. はじめに

一般にマハイム線維は減衰伝導特性を示す副伝導路であるが、心房期外刺激の連結期短縮に伴いマハイム線維由来による心室早期興奮が占める割合が増加し、デルタ波の出現を認める心室早期興奮症候群のひとつである^{1)~3)}。今回われわれは、房室結節

A Case Report of Masked Mahaim Fiber that has Similar Decremental Conductivity Compared with the Atrioventricular Node
Sousuke Sugimura, Kazuaki Kaitani, Kazuyasu Yoshitani, Sayaka Takahashi, Masayoshi Shibata, Takemasa Hashimoto, Hideto Yoshida, Kouji Hanazawa, Chisato Izumi, Yoshihisa Nakagawa

2011年4月15日 原稿受領 / 2011年11月14日 掲載承認

と同等の減衰伝導特性を示し、心房期外刺激による心室早期興奮の特徴が明瞭でないマハイム線維を介した房室回帰性頻拍症(AVRT)を経験し、頻拍を根治し得たので報告する。

II. 症 例

症例は45歳、男性。12歳頃よりエプスタイン奇形(図1)に伴うB型WPW症候群を指摘されており、幅の狭いQRS波形の上室頻拍による発作を年に2~3回の頻度で認めていた。エプスタイン奇形の程度は軽度で、その他の先天性心疾患の合併もなく心不全症状も伴わなかったため、保存的に当院小児科にて経過観察されていた。しかし、動悸発作の頻度が増加してきたため、平成20年2月、当科にてWPW症候群に対しアブレーションを施行した。頻拍は右側後側壁の複数の副伝導路(ケント束)を介する正方向性房室回帰性頻拍症(orthodromic AVRT)であり、同副伝導路を焼灼し、副伝導路の房室および室房伝導の伝導離断をもって治療終了とした。しかし、退院後まもなく頻拍発作を再び認めたため、救急外来を受診した。その際の頻拍(図2)は心拍数170回/分のこれまでに記録されていない左脚ブロック左軸偏位型のwide QRS tachycardiaで、アデノシン三リン酸(ATP)5 mg 静注にて停止した。その後も頻拍の自覚があったため、再度入院加療となった。電気生理学的検査(EPS)開始前におけるQRS幅は92 msecで、デルタ波を認めなかった。右室心尖部(RV)、冠静脈洞(CS)および心房中隔His束記録部位(His)にそれぞれ電極カテーテルを留置し、EPSを開始した。心室プログラム刺激では、室房伝導は房室結節のみであり、前回アブレーション時に焼灼した副伝導路の室房伝導は認めなかった。心房期外刺激では連結期(370 msecまで)の短縮に伴いAH時間は徐々に延長したが、HV時間は45 msecで一定であり、幅の狭いQRS波形に変化はみられなかった。しかし連結期をさらに短縮(<370 msec)すると、His束電位の消失(AH block)とともに、再現性をもって頻拍時と同形の左脚ブ

図1 心エコー図(4 chamber view)

三尖弁中隔尖の心尖部方向への偏位は僧帽弁輪より19 mmであり、三尖弁逆流は二度であった。

ロック型QRS波の出現を認めた。そこで三尖弁輪右房自由壁に多電極カテーテル(Haloカテーテル)を留置したところ、三尖弁輪自由壁前側壁にA波とV波との間に孤立したHis束電位様の先鋭な電位を認めた(以下、M電位)。洞調律時のAM時間は106 msecであり、AH時間85 msecより延長していた。再度単発の心房期外刺激を行ったところ、期外刺激の連結期短縮とともにAH、AM時間は減衰伝導特性を示したが、AM時間はAH時間より常に延長しており、その差はほぼ一定であった。これより右房自由壁に減衰伝導特性を有する副伝導路の存在を推測し得たが、正常刺激伝導系を介する伝導が常に先行し、心室興奮における伝播様式に変化が生じないためHV時間は45 msecで一定となり、QRS波形も不変であったと考えられた。さらに連結期を短縮するとHis束電位が消失し、房室結節の不応期と思われる時相においてもM電位は記録され、臨床的に認められている頻拍と同様の左脚ブロック型

図2 初回治療後の頻拍発作時(A)および頻拍停止後(B)の12誘導心電図

心拍数170回/分、左脚ブロック左軸偏位型のwide QRS tachycardiaであり、洞調律時QRS波形は初回アブレーション終了時の12誘導心電図と同一でデルタ波を認めなかった。

QRS波が単発で出現した。心房期外刺激の連結期を320 msecにまで短縮すると、同様に左脚ブロック型QRS波を呈し、かつ逆行性心房興奮(心房echo)が観察された(図3)。この際のAM時間は228 msec、MV時間は50 msecであった。M電位が記録された右側自由壁の局所の心室電位は、幅の狭いQRS波形時はQRS波の始まりより遅れていたが、左脚ブロック波形時はQRS波の始まりよりやや先行し、His束電極の心室電位は相対的に遅延していた。これらの所見より、非典型的な減衰伝導特性を伴うマハイム線維の存在が示唆された。房室結節とマハイム線維の伝導特性を比較するためそれぞれ局所のAH、AM時間を伝導曲線にプロットしたところ(図4)、その減衰伝導の勾配は房室結節に近似していた。また、His束電位が記録される間は幅の狭いQRS波形が変化せずに認められていたが、房室結節の不応期に達した時点で突然左脚ブロック型のQRS波を呈した。

持続性頻拍は心室期外刺激により誘発され、頻拍

中もQRS波に先行してM電位が認められた。頻拍の最早期心房興奮部位はHis束記録部位で、逆行性の心房興奮順序は心室ペーシング時と同様であった。マハイム線維を有する症例には房室結節回帰性頻拍(AVNRT)の合併が多いとされるため、マハイム線維を介するantidromic AVRTか、もしくはマハイム線維がbystanderとして関与したAVNRTかの鑑別を行った(図5)。頻拍中に心房中隔領域の心房が不応期である時相で右房自由壁から単発の期外刺激を加えたところ、まず心室電位が早期捕捉(Reset)され、引き続いて心房電位のResetが観察できた。このことからマハイム線維を介したAVRTであると診断した。また、頻拍中にATP10 mgを単回静注すると頻拍は停止したが、これはAM間の伝導ブロックによるものであった。

このマハイム線維の心室付着端の検索を目的に末梢側のマハイム電位をマッピングしたが、明瞭なマハイム電位が観察されたのは電気生理学的三尖弁輪基部周辺のみであった。また頻拍中の最早期心室興

図3 カテーテル配置および心房期外刺激時の心内電位

多電極カテーテル(Haloカテーテル)を三尖弁輪(TA)に留置した。Haloカテーテルは電気生理学的三尖弁輪をまたぎ、遠位部は解剖学的三尖弁輪手前に位置する。右房自由壁の前方(図中白矢印、TA-m電極)に洞調律時心房波と心室波との間にHis束様の先鋭な電位(M電位)を認めた。S1S2時間を短縮しAHブロックが生じて、M電位を伴って房室伝導は維持され、S1S2時間320 msecでは心房エコーが観察された。M電位記録部位の心室電位は、幅の狭いQRS波形時にはQRSの始まりより遅れているが、左脚ブロック型出現時にはQRSの立ち上がりより先行した。また、TA-dで局所心室波に先行する低周波の小さな電位の出現(図中矢印)を認めた。

S1(S2): 基本(期外)刺激, H: His波, M: M電位, Ae: 心房エコー, He: 逆行性His波,
-d: distal(遠位部), -m: middle(中部), -p: proximal(近位部)

図4 房室結節とマハイム線維の減衰伝導特性

AM時間はAH時間よりも常に延長していた。減衰伝導の勾配は房室結節に近似していたが、不応期はマハイム線維のほうが短かった。

CLBBB: 完全左脚ブロック

奮部位はM電位記録部位(三尖弁輪10時付近)よりやや心尖部側の三尖弁輪9時付近で、局所電位はQRS波の始まりより先行していたことから、Haloカテーテルに並行するように走行し、右房化右室を心室端とする短い心房心室副伝導路の存在が推定された⁴⁾。

この副伝導路のアブレーションについてはカテーテルの固定性を優先し、洞調律下にてM電位記録部を検索、M電位が明瞭に記録される部位において通電を実施した。通電開始からほどなく、頻拍と同波形のいわゆるマハイム rhythmを観察し得た。この部位への通電をもってM電位は消失し、右室

図5 マハイム線維を介した antidromic AVRTと AVNRT+マハイム線維との鑑別
頻拍中に右房自由壁より、房室接合部領域の心房が不応期である時相で単発の心房期外刺激(S2)を加えた。His束記録部・CSの心房筋は捕捉されないが右房自由壁の心房筋は捕捉され、心室電位が早期捕捉(Reset)、それに続く心房電位の Resetを観察し得た。これは本頻拍が右房自由壁に存在するマハイム線維を介した AVRTであることを示唆している。

側壁の局所の心室興奮はQRS波の始まりより明らかに遅れた(図6)。また、体表12誘導心電図も通電前と比較してQRS幅が広くなり、マハイム線維の伝導途絶および右脚の伝導障害を示唆する波形の変化⁵⁾がみられた(図7)。以降、マハイム線維由来の伝導消失と、頻拍の誘発がなされないことをもって、本副伝導路は離断されたものと考えた。

Ⅲ. 考 察

本症例はエプスタイン奇形に合併したWPW症候群で、右房自由壁側に広範に分布する複数セント束の離断後に顕在化したマハイム線維を介するantidromic AVRTであった。

一般的にマハイム線維を有する症例での心電図所見は、洞調律時は比較的幅の狭いQRS波形で、デルタ波を認める場合もあるがPR時間はほぼ正常範囲内のことが多いとされている⁶⁾。また、電気生理

学的特徴として、心房期外刺激では連結期短縮とともにAV時間の延長よりAH時間の延長が著明となり、HV時間は次第に短縮し、最終的にはHis束電位はV波に埋没するといった所見が得られる。すなわち、PR時間の延長を伴いながらもマハイム線維による心室早期興奮の程度が顕在化することでデルタ波が明瞭となり、左脚ブロック左軸偏位のwide QRS波形を示す²⁾。

本症例は、洞調律時は幅の狭いQRS波形で、デルタ波は認めずPR時間も正常範囲内であった。心房期外刺激ではAH時間の延長に依存してAV時間は延長し、HV時間およびQRS幅も一定であった。これは正常の房室結節を介した刺激伝導系の伝導様式と同じであり、一般的なマハイム線維が示す電気生理学的所見とは異なっていた。また、連結期の短い限られた範囲でのみ左脚ブロック型wide QRS波形が非持続性に出現したため、マハイム線維の存在

図6 通電成功部位のアブレーションカテーテル位置

同部位ではM電位が明瞭に観察され、通電中にはマハイム rhythmが出現した。通電後、M電位は消失し、局所の心室興奮は遅延した。

ABL: Ablation catheter

図7

通電前後における12誘導心電図の変化
マハイム線維由来の房室伝導が途絶したことによりQRS幅が90 msecから105 msecに変化した。QRS波形はI誘導でR波の後半成分が減高、III誘導でS波が浅くなった。V₁はS波が浅くなり下行脚に棘が出現、V₅のS波は幅広くなり、V₆にもS波が出現した(図中矢印)。

を診断するには通常使用される電極カテーテルのみでは困難であった。今回、右房自由壁三尖弁輪にHaloカテーテルを配置し、His束電位に近似した先鋭な電位(マハイム電位)を右側自由壁側の心房—

心室電位間に確認できたことが診断的根拠となり得た⁷⁾。このAM時間はAH時間と同様に、心房の単発期外刺激にて徐々に延長する減衰伝導特性を示すことから副房室結節の存在が推測されたが、同伝導

路の伝導時間は常に房室結節より延長しているため、心房期外刺激を加えてもデルタ波が顕在化しにくかったものと考えられた。しかしそれ以外は、マハイル線維を合併した典型例と近似した所見であり、頻拍が起こりうる理由はこの副伝導路と房室結節との不応期の違いによるものであった。そのため、マハイル線維の不応期が房室結節の不応期よりも長い場合は頻拍も誘発されず、通常のEPSでも副伝導路の存在を疑うことは困難であったと思われる。実際、初回アブレーション時、ケント束の焼灼途中に本頻拍は一過性に出現していたが、正確な診断はなされていなかった。なお、初回アブレーション時に焼灼した複数のケント束の分布は三尖弁輪6時から8時方向にかけてであり、もっとも近接した焼灼部位でも今回の成功部位との距離は透視上1 cm以上離れていた。そのため、本例のマハイル線維が示す非典型的な伝導性が、初回アブレーション時の焼灼による影響で生じたとは考えにくかった。今回われわれがマハイル線維の心室付着端を三尖弁輪9時付近の右房化右室と推測した根拠としては、アブレーションカテーテルによるマハイル電位のマッピングと、解剖学的三尖弁輪上に留置したHaloカテーテルの遠位部において頻拍中にQRS波より先行する電位を認めたことがあげられる。これはマハイル線維の遠位部の電位そのもの、あるいはマハイル線維が付着する心筋興奮によるものと推測された。同部位は解剖学的右房にある電気生理学的右室と思われるが、本症例のマハイル線維の非典型的な伝導特性は、解剖学的奇形に起因する同部位の伸展などの変性変化により影響されたものかもしれない⁸⁾。しかしこの点については、エプスタイン奇形にマハイル線維の合併例が多いことと合わせ、刺激伝導系の発生との観点からも⁹⁾興味深い所見であり、集約した検討が今後とも必要と思われた。

一方、エプスタイン奇形の症例で左脚ブロック型のwide QRS tachycardiaを認めたときには、洞調律時や心房期外収縮出現時にデルタ波が存在せずともマハイル線維の存在を疑うことは重要であり、そ

の診断および治療において右房自由壁に多電極カテーテルを留置する必要性が再認識される症例と考えられた。

IV. ま と め

マハイル線維が房室結節と同等の減衰伝導特性を有していたため、早期興奮症候群の特徴が不明瞭であった症例を経験した。房室結節との不応期の違いによりマハイル線維を介するAVRTを合併したが、マハイル電位を指標としたアブレーションにより根治に成功した。

〔文 献〕

- 1) Tchou P, Lehmann MH, Jazayeri M, Akhtar M : Atriofascicular connection or a nodoventricular Mahaim fiber? Electrophysiologic elucidation of the pathway and associated reentrant circuit. *Circulation*, 1988 ; 77(4) : 837 ~ 848
- 2) Klein GJ, Guiraudon GM, Kerr CR, Sharma AD, Yee R, Szabo T, Wah JA : "Nodoventricular" accessory pathway : evidence for a distinct accessory atrioventricular pathway with atrioventricular node-like properties. *J Am Coll Cardiol*, 1988 ; 11(5) : 1035 ~ 1040
- 3) Sternick EB, Lokhandwala Y, Timmermans C, Rodriguez LM, Gerken LM, Scarpelli R, Soares F, Wellens HJ : The atrioventricular interval during decrementally or rapidly conducting accessory pathways. *Heart Rhythm*, 2009 ; 6(9) : 1351 ~ 1358
- 4) Haïssaguerre M, Cauchemez B, Marcus F, Le Métayer P, Lauribe P, Poquet F, Gencel L, Clémenty J : Characteristics of the ventricular insertion sites of accessory pathways with anterograde decremental conduction properties. *Circulation*, 1995 ; 91(4) : 1077 ~ 1085
- 5) Sternick EB, Timmermans C, Sosa E, Cruz FE, Rodriguez LM, Fagundes MA, Gerken LM, Wellens HJ : The electrocardiogram during sinus rhythm and tachycardia in patients with Mahaim fibers : the importance of an "rS" pattern in lead III . *J Am Coll Cardiol*, 2004 ; 44(8) : 1626 ~ 1635
- 6) Sternick EB, Gerken LM : The 12-lead ECG in patients with Mahaim fibers. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2006 ; 11(1) : 63 ~ 83
- 7) Wong T, Hussain W, Markides V, Gorog DA, Wright I,

- Peters NS, Davies DW : Ablation of difficult right-sided accessory pathways aided by mapping of tricuspid annular activation using a Halo catheter : Halo-mapping of right sided accessory pathways. *J Interv Card Electrophysiol*, 2006 ; 16(3) : 175 ~ 182
- 8) Okishige K, Azegami K, Goseki Y, Ohira H, Sasano T, Yamashita K, Satake S : Radiofrequency ablation of tachyarrhythmias in patients with Ebstein's anomaly. *Int J Cardiol*, 1997 ; 60(2) : 171 ~ 180
- 9) Jongbloed MR, Wijffels MC, SchaliJ MJ, Blom NA, Poelmann RE, van der Laarse A, Mentink MM, Wang Z, Fishman GI, Gittenberger-de Groot AC : Development of the right ventricular inflow tract and moderator band : a possible morphological and functional explanation for Mahaim tachycardia. *Circ Res*, 2005 ; 96(7) : 776 ~ 783

A Case Report of Masked Mahaim Fiber that has Similar Decremental Conductivity Compared with the Atrioventricular Node

Sousuke Sugimura¹, Kazuaki Kaitani², Kazuyasu Yoshitani³, Sayaka Takahashi¹, Masayoshi Shibata¹, Takemasa Hashimoto¹, Hideto Yoshida¹, Kouji Hanazawa², Chisato Izumi², Yoshihisa Nakagawa²

¹Department of Clinical Pathology, Tenri Hospital

²Department of Cardiology, Tenri Hospital

³Department of Cardiology, Hyogo Prefectural Amagasaki Hospital

We present a case of antidromic tachycardia with a Mahaim fiber, which has some unusual characteristics. The patient was a 45-year-old male who had Ebstein's anomaly relapsed LBBB-form tachycardia that was terminated with Adenosine triphosphate (ATP) injection after the initial radiofrequency (RF) ablation for multiple Kent fibers of type B WPW syndrome. He was readmitted to our institute to treat this wide QRS tachycardia.

The preexcitation was negative on the baseline ECG. During programmed extra atrial stimulation (aPES), the PQ interval prolongation was associated with only that of the AH interval, and the HV interval was fixed. Therefore the QRS morphology never changed during the initial aPES. However, at the shorter coupling interval window of less than 370 msec of aPES, the LBBB-form tachycardia was induced repeatedly accompanied with the disappearance of His potential. We additionally placed the multipolar catheter along with the electrophysiological tricuspid annulus and were able to determine another AV bridge with similar decrementality with AVN. Then we were able to demonstrate that the tachycardia was antidromic atrioventricular reentrant tachycardia (AVRT), which the atrioventricular pathway antegradely involved. We performed the RF ablation targeting the local Mahaim potential. After the ablation, the local ventricular electrogram was delayed and no tachycardia was induced.

Keywords : Ebstein's anomaly, Mahaim fiber, Atrio-ventricular accessory pathway, Decrementality