ヒス束-冠静脈洞入口部近接症例における CARTO システムを用いた遅伝導路焼灼術

大友 潔* 須山和弘* 野田 崇* 中川英一郎*
里見和浩* 清水 渉* 栗田隆志* 相原直彦*
鎌倉史郎*

【背景】房室結節リエントリー性頻拍 (AVNRT) に対する遅伝導路焼灼術 (SP-Ab) 難治例の一つに、ヒス束 (HB) と冠静脈洞入口部 (CSO) が近接している症例がある。【方法・結果】HB-CSO 間が近接した AVNRT 症例 5 例において、洞調律中に Koch の三角を CARTO システムにてマッピングし、HB 電位記録領域を認識した。CARTO にて測定した最短 HB-CSO 上縁間距離は 10.7mm であった。SP-Ab は CSO 下縁付近から開始し、頻拍が誘発不能となるまで徐々に前方で行った。SP-Ab 中にカテーテルが HB に移動しないように CARTO にて注意深く観察した。平均 9.4 回の通電後、全例において房室ブロック (AVB) を生じずに頻拍は誘発不能となった。最終成功部位と HB の距離は平均 7.5mm であった。【結論】HB と CSO が近接した症例においても、CARTO を用いることで安全に SP-Ab が施行できた。

(心電図, 2004 ; 24 : 193 ~ 198)

Keywords

- 房室結節リエントリー性頻拍
- 遅伝導路焼灼
- カテーテルアブレーション
- CARTO

* 国立循環器病センター心臓血管内科
(〒565-8565 大阪府吹田市藤白台5-7-1)

I. 背 景

通常型房室結節リエントリー性頻拍 (AVNRT) は、冠静脈洞 (CS) 入口部 (CSO)-三尖弁輪 (TA) 間における遅伝導路焼灼術 (SP-Ab) によって、95%以上の成功率をもって治癒することが証明されている^{1), 2)}。その高い成功率の反面、まれではあるが重大な合併症の一つとして房室ブロック (AVB) があげられる^{1), 2)}。

Atrioventricular nodal slow pathway ablation in patients with short distance between his bundle and coronary sinus ostium utilizing CARTO system

Kiyoshi Otomo, Kazuhiro Suyama, Takashi Noda, Eiichiro Nakagawa, Kazuhiro Satomi, Wataru Shimizu, Takashi Kurita, Naohiko Aihara, Shiro Kamakura

2004年3月15日 原稿受領 / 2004年5月14日 掲載承認

過去の報告によると、透視上で計測した成功通電部位-ヒス束(HB)間距離は平均13.4mmとされており³⁾、ほとんどの症例においてはHBから十分に離れた部位での通電で頻拍は誘発不能となる。しかしながらHB-CSO間距離は症例によって異なり、症例によってはHB-CSOが近接しているため焼灼部位がHBに近接してしまい、通電によるAVBが懸念される症例もしばしば経験される³⁾。このような症例においては、通電部位とHB電位記録部位の距離を認識することがAVBの危険性を低下させる意味で重要であると考えられる。

今回我々はHBとCSOが近接した症例5例に対し、electroanatomical mapping system (CARTO, Biosense-Webster社製)⁴⁾を用いて遅伝導路焼灼術を施行したのでその有用性および安全性について報告する。

II. 方 法

1. 対象

臨床心臓電気生理学的検査時に透視上、HB電位記録カテーテルとCSO上縁間距離が15mm以下に近接したAVNRT連続5例(男性2例、年齢 51 ± 14 歳)を対象とした。そのうち3例では過去に透視のみを用いた遅伝導路焼灼術が不成功に終わっている。これら3例における不成功の理由は、透視を用いた解剖学的アプローチ⁵⁾にて、HB電位記録部位から離れた部位での通電後も頻拍が誘発され、それ以上HB領域に近い部位での通電は、透視上HBカテーテルとアブレーションカテーテルの分離が困難であり、AVBの危険性が高いと考えられ通電できなかったことであった。また、他の1例はCS造影上左上大静脈開存症を合併していた(表1)。

2. 臨床心臓電気生理学的検査

高位右房、HB電位記録領域、CS内および右室心尖部にそれぞれ4、4、8および4極カテーテルを留置した。なお、HBカテーテルは最大振幅のHB電位が記録される部位に留置した。体表面および双極心内心電図は10～500Hzの周波数フィルターを行い、

表1 対象

症例	性別	年齢	過去の不成功
(1)	男	54	(+)
(2)	女	71	(+)
(3)	女	47	(-) PLSVC
(4)	女	33	(-)
(5)	男	51	(+)
		平均	51.2歳

PLSVC：左上大静脈開存症

100mm/secの速度でモニターに表示し、心電図解析装置(LabSystem, Bard社製)を用いてoptical discに記録した。プログラム刺激は、EP Med社製EP-3を用いてパルス幅2msec、閾値の2倍の振幅にて行った。高位右房、冠静脈洞、右室心尖部より頻回刺激、早期刺激を行い、房室結節伝導能評価および頻拍誘発を行った。定常状態で誘発不能の場合は、イソプロテレノール0.5～1.0 μ gを静脈投与下で誘発を繰り返した。AVNRTの診断は従来の基準を用いて行った⁶⁾。診断後、逆行性CS造影を行いCSO付近の解剖学的情報を明らかにした。

3. アブレーション前のCARTOマッピング

洞調律中にCARTOを用いてKochの三角付近をマッピングした。CSO、HB電位記録部位、TAにマーキングを行った。マッピングはAoI(Area of Interest)を用いて行い、Kochの三角を面として描出し、右前斜位(RAO)および左前斜位(LAO)像を同時にモニターに表示した。また、Mesh mapで表示することにより三次元的構造が理解しやすいようにした。なおFill threshold⁴⁾は5～10mmに設定した。

4. 遅伝導路焼灼

通電は高周波発生装置(Atakr, Medtronic社製)から550KHzの高周波を発生させ、4mm電極アブレーションカテーテル(NAVI-STAR, Biosense-Webster社製)と腰部に貼付したパッチ電極との間で60℃設定の温度コントロールで最高出力40Wで

行った。焼灼部位は解剖学的アプローチ⁵⁾を用いて、洞調律中にCSO下縁レベルの高さから、TA-CSO間にTA側より線状焼灼を加え施行した。1回の線状焼灼終了ごとに高位右房よりプログラム刺激を行い頻拍の誘発性を評価した。頻拍が誘発される場合は、徐々に焼灼ラインをHBに近づけ上方で線状焼灼を行った。通電中、接合部性頻拍出現時には高位右房より高頻度刺激を行い、順行性伝導が保たれていることを確認し、AH時間が延長する場合には直ちに通電を中止した。通電中はCARTO画面上で、アブレーションカテーテルがHB電位記録部位に近づかないように細心の注意を払い、近づいた場合は直ちに通電を停止した。遅伝導路焼灼術の成功条件は、イソプロテレノール静注下でもone atrioventricular nodal echo beatまでの誘発に留まる場合とした。

5. 測定項目

1) 透視画面上の測定項目

透視下でHBカテーテルのHB電位記録電極から、CS造影で認識されたCSO上縁までの直線距離を、RAO 30°およびLAO 60°にて測定した。

2) CARTOでの測定項目

CARTOにてHB記録部位から成功通電部位およびCSO上縁までの最短距離を測定した。

Ⅲ. 結果(表2)

1. 透視上のHB-CSO間距離

RAO30°およびLAO60°で測定したHB-CSO上縁間距離は、それぞれ平均9.2および6.0mmと短く、透視でのHBおよびCSOの分離は困難であった(図1)。

2. CARTOによるKochの三角領域のマッピング

洞調律中にKochの三角領域で 22 ± 8 点をマッピングした。全例においてHB電位はHBカテーテル留置部位よりも後方で広範囲に記録された(図1)。CARTOにて測定した、最短HB電位記録部位-CSO上縁間距離は平均10.7mmであった。

3. 遅伝導路焼灼術

平均9.4回の通電後、全例において頻拍は誘発不能となった。CARTOにて測定した最短HB電位記録部位-成功通電部位間距離は平均7.5mmであった。通電中および通電後、一過性も含めてAVBはみられなかった。

表2 各症例における各測定値、遅伝導路焼灼術の結果、および房室ブロックの有無

症例	透視上のHB-CSO距離(mm)		CARTO		通電回数 (回)	房室ブロック	成功
	RAO	LAO	(HB-CSO)min (mm)	(HB-RF)min (mm)			
(1)	6	4	8.2	5.2	6	(-)	(+)
(2)	4	3	5.2	7.3	9	(-)	(+)
(3)	12	12	6.0	8.5	5	(-)	(+)
(4)	12	5	16.2	5.2	19	(-)	(+)
(5)	12	6	17.8	11.4	8	(-)	(+)
平均	9.2	6.0	10.7	7.5	9.4	0 %	100%

RAO：右前斜位，LAO：左前斜位，(HB-CSO)min = CARTOで計測したヒス束電位記録部位-冠静脈洞入口部上縁間の最短距離，(HB-RF)min = CARTOで計測したヒス束電位記録部位-成功通電部位間の最短距離

図1 症例(2)における冠静脈造影(A: RAO30°, B: LAO60°)およびCARTOによるKochの三角のマッ (C: RAO30°, D: LAO60°)

左: ヒス束電位はヒス束カテーテルの近位双極電極で記録された。透視上のRAOおよびLAO像で測定された、ヒス束電位記録部位-冠静脈洞入口部上縁間の距離(HB-CSO)は、それぞれ4および3mmであり、ヒス束と冠静脈洞が近接していた。また、成功通電部位(青丸)は冠静脈洞入口部上縁近傍であり、ヒス束電位記録部位に近接していた。点線白丸は造影上の冠静脈洞入口部を示す。右: CARTOにてKochの三角付近をマッピングしたところ、ヒス束電位は広範囲で記録され(黄色タグ)、ヒス束電位記録部位-冠静脈洞入口部上縁間の最短距離((HB-CSO)min)は5.2mmであった。冠静脈洞入口部下縁～中間部付近で通電を行ったところ(赤色タグ)、最終成功通電部位(青矢印, Successful Ablation Site)-ヒス束電位記録部位間の最短距離((HB-RF)min)は7.3mmと両者は非常に近接していた。黒線は冠静脈洞入口部(CSO)、三尖弁輪(TA)および冠静脈洞(CS)の位置を示す。通電中にアブレーションカテーテル先端とヒス束電位記録部位の三次元的な位置関係の正確な把握が可能であり、房室ブロック(AVB)は観察されなかった。

HBE: ヒス束電位記録部位, Ablation: 通電部位, RAO: 右前斜位, LAO: 左前斜位

IV. 考 察

1. 主要所見

本研究では、HB-CSO間が近接したAVNRT5症例において、CARTOを用いてHB電位記録部位を三次元的に把握し、また通電中にアブレーションカテーテルとHB記録部位の距離を保ちながら通電を

行うことにより、HBに近接した部位での通電であったにもかかわらず、全例でAVBをきたすことなく遅延導路焼灼に成功した。またKochの三角のマッピングにより、HB電位はHBカテーテルよりも後方にかけて比較的広い領域で記録され、HB-CSO近接症例における通電部位決定に際しては、通電部位とHB電位記録部位の距離を、実際の距離よりも

長く計測してしまう可能性があり、注意を要すると考えられた。

2. AVNRT 症例における HB-CSO 間距離と HB-CSO 近接の機序

AVNRT 症例における Koch の三角の大きさに関する報告によると、HB-CSO 間の距離は、透視上の RAO 像での計測では $25.9 \pm 7.9\text{mm}$ ³⁾、剖検時の計測では $20.4 \pm 2.1\text{mm}$ とされている⁷⁾。また、透視上の RAO 像で測定した HB-成功通電部位間距離は $13.4 \pm 3.8\text{mm}$ と報告されている³⁾。本検討における HB-CSO 間距離は、透視上の RAO 像での計測では 9.2mm 、CARTO では 10.2mm であった。また、CARTO にて計測した HB-成功通電部位間距離は 7.5mm と、いずれも過去の報告^{3), 7)} よりも小さかった。HB-CSO 間距離は、年齢と body mass index に逆相関することが示唆されており^{3), 8)}、HB-CSO 間距離が短縮する機序として、上行大動脈および横隔膜による圧迫のため三尖弁輪が円形から楕円形へ変化することによるとされている⁸⁾。

3. HB-CSO 近接症例に対する遅伝導路焼灼における CARTO の有用性

HB-CSO 間が近接した症例における遅伝導路焼灼では、通電部位が HB と近接してしまうため、AVB の発生を懸念して通電を断念せざるをえない場合も経験される。本検討中の 3 例では、CSO 下縁の高さから通電を行ったが無効であり、より HB に近い位置での通電を要すると考えられたが、透視のみを用いた方法では HB 記録部位と通電部位を空間的に分離し、通電中にその位置関係を保持することが不可能であると判断され、CARTO を用いた方法を行うこととなった。HB-CSO 近接症例における遅伝導路焼灼術に CARTO を用いることの利点として以下の 2 点が考えられる。

1 つ目に、通電中にアブレーションカテーテルと HB 記録部位との三次元的位置関係を詳細に観察できるということがあげられる。従来から行われていた透視を用いた方法では、HB 記録部位に留置した電極カテーテルとアブレーションカテーテルが、通

電中に十分に離れていることを透視にて確認しながら通電を行うが、特に HB-CSO 近接症例では、アブレーションカテーテルのごくわずかな移動が AVB に繋がる可能性も十分考えられるため、透視のみでは確認が不十分となると考えられる。本研究では、HB 電位記録部位から平均 7.5mm 後方で通電を行ったが、通電中にカテーテルが HB 電位記録部位に近づかないことを十分に確認し、より安全に遅伝導路焼灼術を施行することが可能であった。

2 つ目に、HB 電位記録可能領域を三次元的に把握することができるということがあげられる。通常は HB 記録部位の指標として HB カテーテルを用い、通電中に透視上でアブレーションカテーテルが HB カテーテルに近づかないように監視する方法が用いられる。CARTO によるマッピングの結果、実際は通常指標としている HB カテーテルの位置よりも後方にかけて比較的広い領域で HB 電位の記録が可能であったため、透視のみでは HB 電位記録可能領域の把握が困難であり、HB 電位記録領域-通電部位間距離を実際の距離よりも長く計測してしまう可能性が考えられる。この問題は、HB 電位記録カテーテルを HB 電位が記録される領域のなかでも、最も後方に位置させることによって解決されうると考えられるが、実際は遅伝導路焼灼術中を通して HB カテーテルをそのような部位に安定させ留置するのは、手技的に困難を伴うと考えられる。CARTO を用いることにより、通電中に通電部位-HB 電位記録部位間の最小距離を即時に認識することが可能であり、AVB を回避するという意味でより安全な方法であると考えられた。

4. AVNRT に対するアブレーションにおける CARTO の役割

Kopelman ら⁹⁾によると、AVNRT に対する遅伝導路焼灼術において、従来から行われている透視のみを用いた群に比して、CARTO および透視を用いた群では、成功率には差はなかったものの、透視時間、手技時間および通電時間が有意に短かったと報告している。本検討では HB-CSO が近接した 5 症例のみ

を対象としており、症例数が少ないことから、透視のみを用いた場合との成功率やAVB発生率などの比較検討は行えておらず、今後検討を要すると思われる。

5. 本研究の限界

CARTOによるアブレーションカテーテル先端の三次元的位置認識は、背部に貼付したリファレンスカテーテル(REF-STAR, Biosense-Webster社製)に対する相対的位置決定によりなされている⁴⁾。したがって、呼吸による横隔膜運動により体表に位置するリファレンスカテーテルに対する心臓の位置が変化した場合には、CARTO中のマップにおける位置認識は変化してしまうと考えられる。この呼吸性変動が存在する場合には、空間分解能が低下する結果、CARTO上のカテーテル位置が心内での実際の位置を反映していない可能性も考えられる。しかしながら本研究では、マッピングおよび通電中に患者に浅く呼吸するように指示した結果、患者の自発呼吸によってCARTO上のカテーテル位置に明らかな変化を認めなかったため、呼吸性変動による空間分解能に対する影響は少ないものと考えられた。

〔文 献〕

- 1) Calkins H, Yong P, Miller JM, Olshansky B, Carlson M, Saul JP, Huang SK, Liem LB, Klein LS, Moser SA, Bloch DA, Gillette P, Prystowsky E for the Atakr Multicenter Investigators Group. : Catheter ablation of accessory pathways, atrioventricular nodal reentrant tachycardia, and the atrioventricular junction : final results of a prospective, multicenter clinical trial. *Circulation*, 1999 ; 99 : 262 ~ 270
- 2) Jackman WM, Beckman KJ, McClelland JH, Wang X, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Twidale N, Hazlitt HA, Prior MI, et al. Treatment of supraventricular tachycardia due to atrioventricular nodal reentry, by radiofrequency catheter ablation of slow-pathway conduction. *N Engl J Med*, 1992 ; 327 : 313 ~ 318
- 3) Ueng KC, Chen SA, Chiang CE, Tai CT, Lee SH, Chiou CW, Wen ZC, Tseng CJ, Chen YJ, Yu WC, Chen CY, Chang MS : Dimension and related anatomical distance of Koch's triangle in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1996 ; 7 : 1017 ~ 1023
- 4) Gepstein L, Evans SJ : Electroanatomical mapping of the heart : basic concepts and implications for the treatment of cardiac arrhythmias. *PACE*, 1998 ; 21 : 1268 ~ 1278
- 5) Jazayeri MR, Hempe SL, Sra JS, Dhala AA, Blanck Z, Deshpande SS, Avitall B, Krum DP, Gilbert CJ, Akhtar M : Selective transcatheter ablation of the fast and slow pathways using radiofrequency energy in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia. *Circulation*, 1992 ; 85 : 1318 ~ 1328
- 6) Josephson ME, Wellens HJ : Differential diagnosis of supraventricular tachycardia. *Cardiol Clin*, 1990 ; 8 : 411 ~ 442
- 7) Sanchez-Quintana D, Davies DW, Ho SY, Osliozlok P, Anderson RH : Architecture of the atrial musculature in and around the triangle of Koch : its potential relevance to atrioventricular nodal reentry. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1997 ; 8 : 1396 ~ 1407
- 8) Naito S, Nogami A, Tomita T, Suguta M, Nakatsugawa M, Horie Y, Tada H, Koitabashi N, Isobe N, Sakurai S, Adachi H, Toyama T, Hoshizaki H, Oshima S, Taniguchi K : Anatomical variations of Koch's triangle in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia : usefulness of the left anterior oblique view. *J Cardiol*, 2000 ; 36 : 173 ~ 181
- 9) Kopelman HA, Prater SP, Tondato F, Chronos NA, Peters NS : Slow pathway catheter ablation of atrioventricular nodal re-entrant tachycardia guided by electroanatomical mapping : a randomized comparison to the conventional approach. *Europace*, 2003 ; 5 : 171 ~ 174