

1心拍ごとに頻拍周期が入れ替わる切開創部心房内リエントリー性頻拍の峡路同定における20極電極カテーテルとCARTO System併用マッピングの有用性: 1症例

Feasibility of Combination Mapping Utilizing a Duo-Decapolar Electrode Catheter and the CARTO System for Incisional Reentrant Atrial Tachycardia With Cycle Length Alternation: A Case Report

曾原 寛
田中 一司
石垣 清子
山口 善央
村上 正人
高橋佐枝子
竹谷 善雄
角南 和治
宮下 裕介
廣江 吉隆
田中 慎司
齋藤 滋
佐竹修太郎
渡部 良夫

Hiroshi SOHARA, MD
Kazushi TANAKA, MD
Kiyoko ISHIGAKI, MD
Yoshio YAMAGUCHI,
MD
Masato MURAKAMI, MD
Saeko TAKAHASHI, MD
Yoshio TAKETANI, MD
Kazuhiro SUNAMI, MD
Yusuke MIYASHITA, MD
Yoshitaka HIROE, MD
Shinji TANAKA, MD
Shigeru SAITO, MD, FJCC
Shutaro SATAKE, MD

Abstract

A 43-year-old woman had undergone patch closure operation for atrial septal defect 27 years ago. She was referred to our hospital for evaluation of frequent palpitations since 1 year ago. Electrophysiological study was performed with recording of the coronary sinus, His bundle, and low lateral right free wall electrography utilizing a steerable duo-decapolar electrode catheter(Livewire, Daig). Supraventricular tachycardia with cycle length alternation of 300 and 320 msec similar to atrial flutter was reproducibly provoked by burst pacing from the coronary sinus. During the supraventricular tachycardia, abnormal atrial potentials occurred in the low lateral right free wall region with very low amplitude and splitting potentials. The cycle length alternation of the supraventricular tachycardia depended on the occurrence of the splitting potentials, that is, the splitting potentials were present during the supraventricular tachycardia with a long cycle and the splitting potentials were absent during the supraventricular tachycardia with a short cycle. This phenomenon suggested that the splitting potentials resulted from 2: 1 functional intra-atrial local conduction block. In addition, during sinus rhythm the abnormal electrograms revealed fractionated activity. Thus, these findings strongly imply that the supraventricular tachycardia is due to a macro-reentrant right atrial tachycardia utilizing an anatomical obstacle caused by the atrial septal defect operation as a central area, namely incisional reentrant atrial tachycardia. Three-dimensional electroanatomical mapping using the CARTO system(Biosense-Webster)was conducted to investigate whether the low lateral right free wall area possessed the critical isthmus essential to the reentry circuit. Electroanatomical mapping revealed that the very low amplitude potentials and the splitting potentials corresponded to the scars and the func-

湘南鎌倉総合病院心臓センター 循環器科: 〒247 - 8533 神奈川県鎌倉市山崎1202 - 1

Division of Cardiology, Heart Center, Shonan Kamakura General Hospital, Kanagawa

Address for correspondence: SOHARA H, MD, Division of Cardiology, Heart Center, Shonan Kamakura General Hospital, Yamazaki 1202 - 1, Kamakura, Kanagawa 247 - 8533

Manuscript received November 1, 2002; revised January 6, 2003; accepted January 6, 2003

tional conduction block area detected by mapping using the multipolar catheter, respectively. According to the propagation mapping, the incisional reentrant atrial tachycardia slowly conducted the channel created by multiple neighboring scars clockwise and the alternation of the tachycardia cycle length was dependent on the development of the functional local intra-atrial conduction block within the channel. An approximately 1.5 cm successful linear lesion was created by radiofrequency catheter ablation to transect the isthmus based on the electroanatomical mapping findings. Afterwards, the incisional reentrant atrial tachycardia could not be induced by burst stimuli from the coronary sinus even under administration of isoproterenol. The use of three dimensional electroanatomical mapping (CARTO system) to evaluate the reentry circuit after the detection of abnormal potentials by using multipolar catheter in advance is a very useful method to determine optimal target site of ablation for a patient with incisional reentrant atrial tachycardia.

J Cardiol 2003 Mar; 41(3): 135 - 142

Key Words

- Ablation-catheter (electroanatomical mapping)
- Electrophysiology (fragmented activity)
- Arrhythmias, treatment (atrial tachycardia)

はじめに

先天性心疾患の術後、数年を経て出現する発作性上室性頻拍は切開創部心房内リエントリー性頻拍 (incisional reentrant atrial tachycardia: IRAT)¹⁾と呼ばれ、手術に伴い新たに形成された癒痕組織(カニューレーション癒痕部位)や切開痕(アトリオトミー)と既存の構造物(大静脈, 分界稜)とで新たなリエントリー回路が形成されて発症する頻拍症で、心房内に限局するマクロリエントリーと考えられている。さらに薬剤抵抗性・難治性であるため、本頻拍に対する高周波カテーターアブレーション療法が注目を集めている。その際、頻拍中に行うentrainment pacingによるマッピング手技のみでは不十分であるとの報告例がある²⁾。その理由として、複雑な回路を有するため、焼灼至適部位の同定ならびに線状焼灼の範囲を把握するのが困難な点が挙げられる。近年、これを克服する方法として、焼灼部位決定にCARTO system (Biosense-Webster)を使ったelectroanatomical mapping (EAM)による頻拍の三次元構築と、entrainment pacingを併用する方法が有効とされている³⁻⁵⁾。EAMは、手術によって新たに形成された電氣的サイレントエリアと、既存のあるいは新規の伝導途絶部位との間で形成された峡路の同定と同部に対する正確な線状焼灼の形成を評価することが可能になるとしている。ただし、EAMの欠点としてマッピングに時間がかかることや複数の不整脈が存在するときはおのこの、リマッピングの必要性があること、非持続性や周期の不安定な頻拍には適応できないことが挙げられる。

今回、我々はEAMの長所を生かし、多極電極カテーターとEAMを併用することにより、効率的な高周波カテーターアブレーションが可能となった例を経験したので報告する。

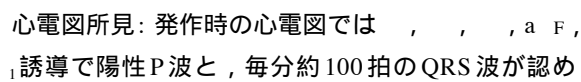
症 例

症 例 43歳, 女性

1975年1月に心房中隔欠損症に対する手術が施行された。その後2001年1月頃から薬剤抵抗性の労作時動悸、息切れが頻回になってきたため精査・加療目的で、2002年1月、当科に紹介入院となった。

既往歴、家族歴: 特記事項はなし。

心エコー図所見: 軽度の三尖弁閉鎖不全症が認められるほかは異常なし。

心電図所見: 発作時の心電図では、 a F, 誘導で陽性P波と、毎分約100拍のQRS波が認められ、心室に2:1で伝導する発作性上室性頻拍が疑われた (Fig. 1)。

心臓電気生理学的検査

すべての検査は、インフォームドコンセントを得たのちに行われた。

発作時の心電図と既往歴から術後のマクロリエントリーを想定して施行した。10極電極カテーターを右内頸静脈から冠静脈洞へ、右大腿静脈からヒス束領域、右室心尖部へそれぞれ4極電極カテーターを留置した。一般に、先天性心疾患の手術に際して右房下壁から側壁にカニューレーションを実施する結果、同部位に癒痕形成をきたすことから、まず洞調律時に20極

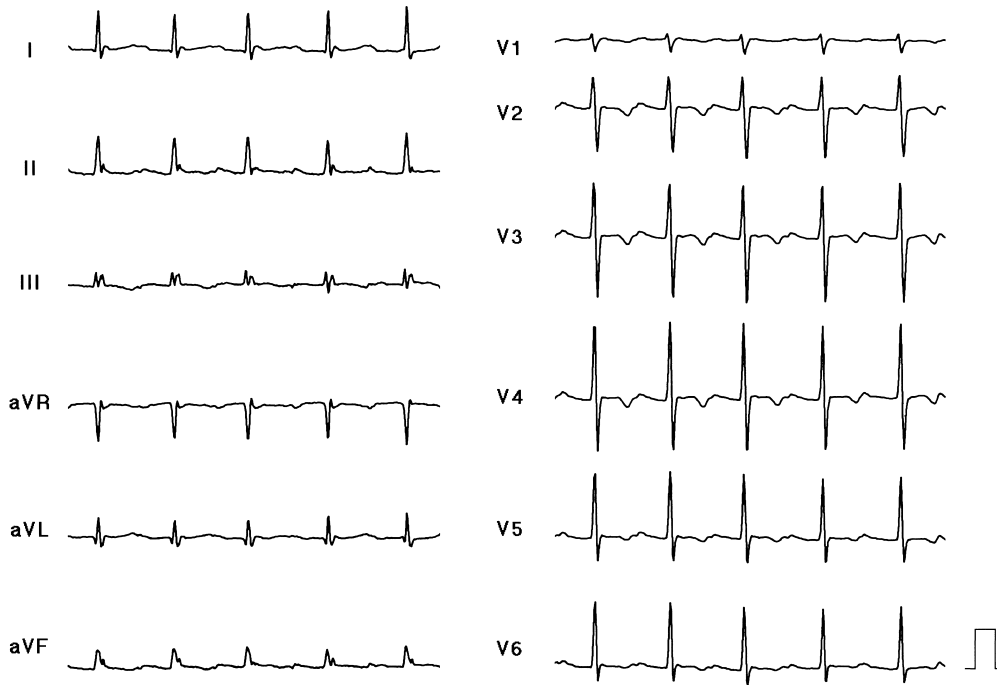


Fig. 1 Twelve-lead electrocardiogram recorded during tachycardia
The polarity of the P waves is positive in leads, I, II, III, aVF, and V1.

Livewireカテーター(Daig; 極間2・20・2・2・2・2・2・2・2・2・2・25・2・25・2・25・2mm)を使って同部位のマッピングを行った。カテーターは少し右房後側壁へ密着するように展開し、三尖弁輪より後方で分界稜の前方に留置した(Figs. 2-A, B)。これによって、右房下側壁領域の詳細な電位記録が得られた。すなわち、洞調律時には下側壁近傍(T4)には遅延伝導を示唆する破砕電位(矢印)が検出され、近位ではdouble potential電位を記録した(Fig. 2-C)。

ついで、冠静脈洞からの頻回刺激法により、心房周期300と320msecの異なる周期を有する2種類の発作性上室性頻拍が再現性をもって誘発された。頻拍中、右房下側壁に留置した20極カテーターによる心房電位記録からは、右房下壁に電位のサイレントエリアと、その上方に1拍ごとに伝導様式が変化するdouble potentialエリアを認め、それに伴い頻拍周期が変化していた(Fig. 3)。これらの所見は同側壁領域近傍に多様なリエントリー回路が存在する可能性があることから、同領域のより詳細なマッピングの目的でEAMを施行した。冠静脈洞5・6電位をリファレンスとする200のサンプルポイントから得られたマッピング所見により、同側壁領域の後下壁側から下大静脈へ広範囲

な瘢痕(カニキュレーション)を、前上方にはdouble potentialを呈する伝導障害部位(切開線)とそれに連なる小さい瘢痕が飛び石状に認められ、カテーターマッピング所見に合致する所見と思われた(Fig. 4)。さらにEAMのpropagation mappingより、興奮様式はdouble potential下端と連続する瘢痕部をセントラルエリアとし、この部位と下大静脈とつながる広範囲な瘢痕部との間で形成された峡路を時計回りに緩徐伝導するマクロリエントリー性右房頻拍と判明した。すなわち、この回路は、下端をカニキュレーション瘢痕、後端を分界稜、上端が上大静脈、前端を右心耳・三尖弁輪部で形成された心房内マクロリエントリーであることが判明した(Fig. 4)。

さらに、頻拍周期の変動は、峡路内に散在する小さな瘢痕組織間での機能的伝導途絶の形成に由来することが詳細な検討で判明した。さらに、周期の変動は、峡路内に散在する小さな瘢痕組織とセントラルエリアとの間で機能的な伝導途絶が形成されるか否かに依存していることが判明した。すなわち、伝導途絶の出現時は頻拍回路が拡大して長い周期を呈し、消失時は回路の縮小とともに短い周期を呈したものと思われた。ついで、EAM所見に基づき、約1.5cm幅の峡路に対

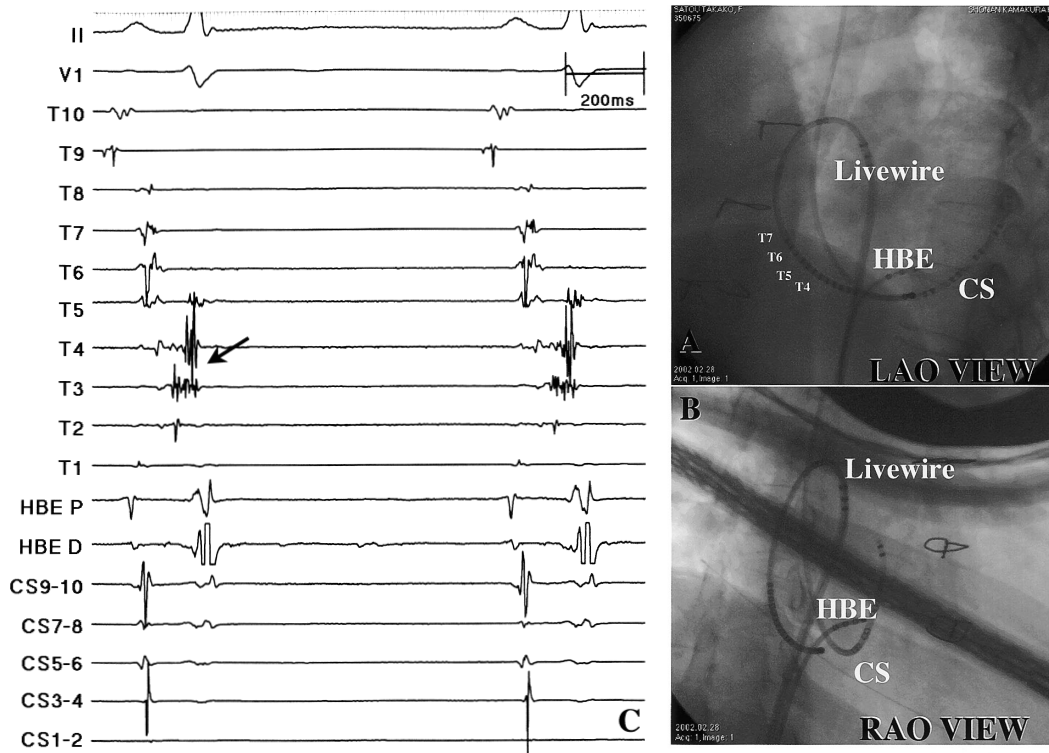


Fig. 2 Intracardiac electrogram and catheter positions during sinus rhythm and tachycardia

C: Fractionated potentials (arrow) occurred in the inferolateral right atrial region (T3) during sinus rhythm, indicating the possible existence of slow conduction around this area.

The HBE catheter was moved to the roof of the coronary sinus only during recording of A, B, but the HBE potential was noted clearly before catheter movement.

T1 to T10 = distal to proximal electrode pairs of the Livewire catheter; HBE P and D = proximal and distal electrode pair of the His bundle electrogram; CS = coronary sinus; RAO = right anterior oblique; LAO = left anterior oblique.

して線状高周波アブレーションを施行し、4回の通電により頻拍は停止し、その後はイソプロテレノール負荷時でも誘発不能となった。

考 察

現在、先天性心疾患後のIRATの高周波アブレーション治療に際してその峡路の同定には、頻拍中の刺激によるconcealed entrainment現象やpost pacing intervalと頻拍周期の差(< 30 msec)などを基準として確立しているが^{1,6,7)}、回路の複雑さなどで限界がある²⁾。また、最近ではconcealed entrainment現象やpost pacing intervalの所見は、必ずしも頻拍の必須頻拍回路を反映していないとする否定的な報告もある⁸⁻¹⁰⁾。とくにNakagawaら⁹⁾は、EAMを使用してconcealed entrainment現象を詳細に検討した結果、“Outer loop site”でもconcealed entrainment現象と、post pacing interval =

頻拍周期が得られる部位が存在するとし、これらの所見のみよりEAM併用の重要性を論じている。さらには、Mortonら¹⁰⁾はconcealed entrainment現象を評価する際に、刺激部位のみならず、刺激周期にも十分注意を払う必要性を強調している。それゆえ、これらの点を克服する手技としてCARTO systemを使ったEAMの有用性が注目されている^{3-5,11)}。ただし、EAMの短所として複数の頻拍性不整脈が存在するときは、そのつど誘発してリマッピングする必要があり、しかも、マッピング中に他の頻拍に移行すれば、最初からやり直さなければならない不便さが存在する。

IRATの頻拍の維持に関しては、Boydenら¹²⁾の動物実験で解剖学的障壁が重要な役割を担っていることが証明され、臨床的にもBakerら¹³⁾は遅延伝導帯の特定は必ずしも必要ではなく、解剖学的障壁間での峡路の高周波アブレーションの有用性を指摘している。また、

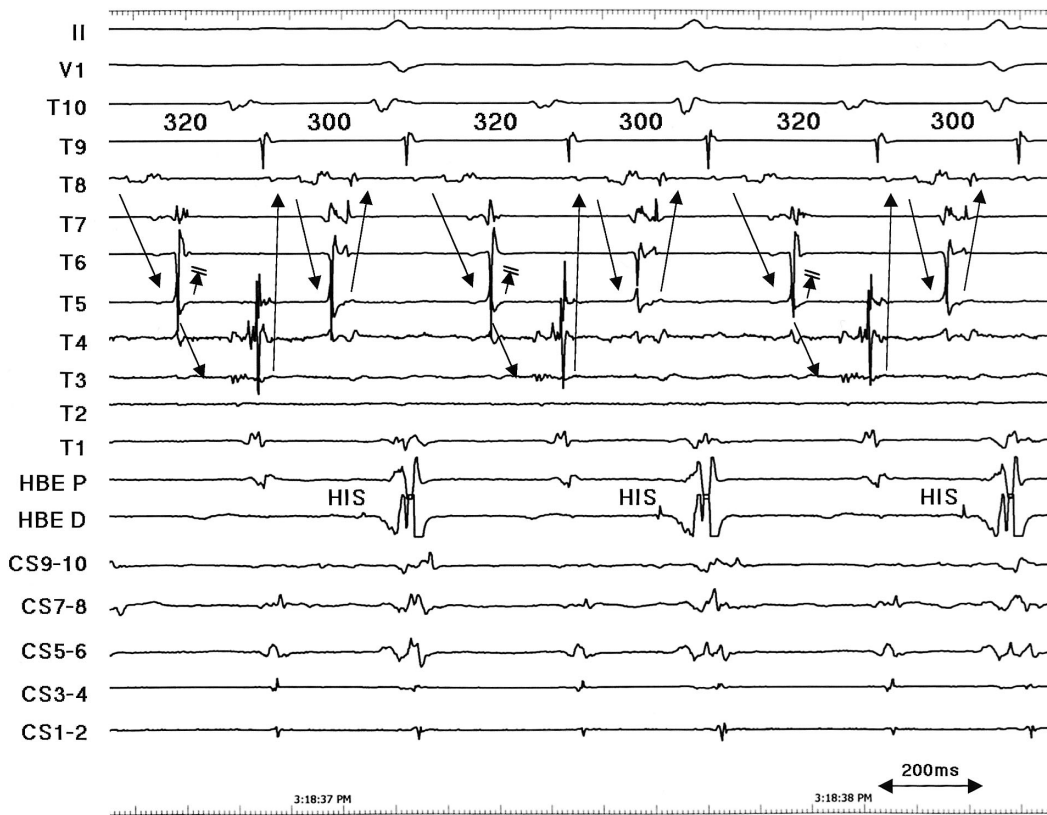


Fig. 3 Intracardiac electrogram with a duo-decapolar catheter(Livewire)

Split potentials were propagated superiorly with cycle length alternation due to two to one intra-atrial local conduction block during the tachycardia. In addition, the potentials of the lower region showed decreased amplitude(< 0.05 mV) indicating scar area.

Note that the tachycardia with a cycle length of 320 msec was related to fractionated potentials which could be detected in sinus rhythm.

Abbreviations as in Fig. 2.

Chanら¹⁴やAkarら¹⁵は、IRATの形成に関して下大静脈・三尖弁輪間の峡部領域の重要性を、合屋ら¹⁶は頻拍回路に必須の緩徐伝導部位が切開線近傍に多いと報告している。したがって、IRATに対する高周波アブレーションに際しては、瘢痕部領域や切開線領域を同定することが必須であり、我々が行ったように低電位、double potentialや破碎電位などの異常電位を検出するべくEAMに先立って右房側壁から下外側を多極電極(Halo型カテーテルやA20カテーテルなど)を使ってマッピングすることは、至適部位の詳細な電位記録が可能となり、診断の正確さといひてはEAMでの時間短縮につながる可能性のある有用な方法と思われる。

本例は術中には詳細な検討はできなかったが、術後に頻拍周期300と320 msecに分けてEAMの再構築を

試みた。その結果、これらの頻拍は同一の峡路を利用し、その中に散在する小さな瘢痕組織間での機能的伝導途絶の出現に依存していることが判明した。それゆえ、複数の頻拍にもかかわらず1本の線状高周波アブレーションによりすべての頻拍が誘発不能となったものと思われる(Fig. 5)。これらの所見は複雑な回路を有するIRATでは、今回示したような多極電極カテーテルとEAMの併用マッピング所見が非常に有用であると思われる報告した。

謝 辞

本例の一部は第19回日本心電学会(2002年9月8日、名古屋)にて報告した。その際、貴重な助言をいただきました横須賀共済病院の青沼和隆先生、東京女子医科大学病院の庄田守男先生、EAMの解析において尽力くださったジョンソン・エンド・ジョンソンの江原圭司氏と岩井智光氏に深謝いたします。

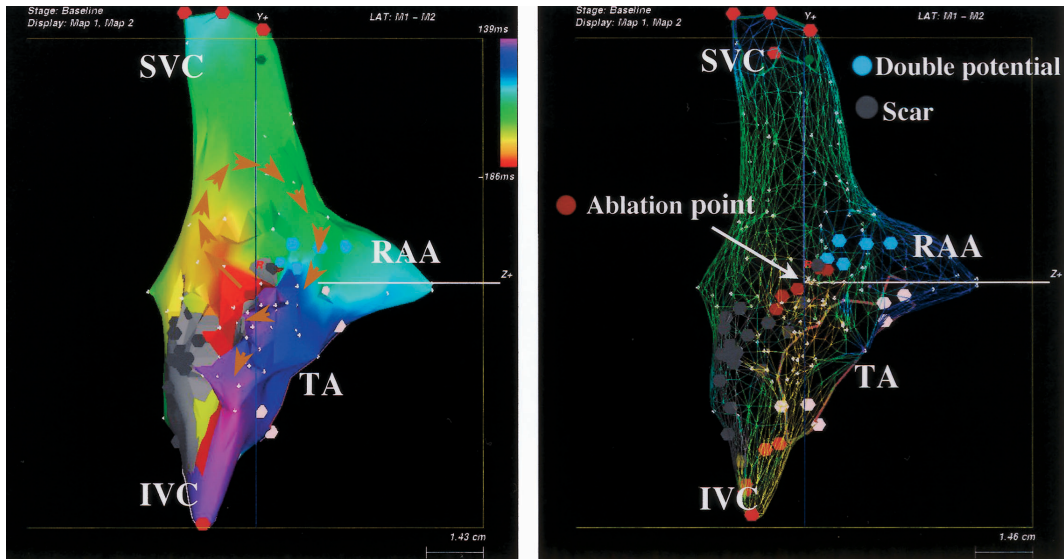


Fig. 4 Electroanatomical mapping during tachycardia

Right atrial activation sequence mapping in the right lateral (left) and right lateral mesh (right) views using electroanatomical mapping (CARTO system) during atrial tachycardia.

Left: Early activation is represented by red, and later activation by yellow, green, blue and purple in activation sequence mapping. Gray color indicates the scars which are scattered in the inferolateral and right lateral right atrial areas. Double potentials (light blue color) are located in a slightly more anterior area. The excitation propagated from the slow conduction area between the scars and the double potentials toward the SVC and IVC along the scars, the former downward to the right atrial appendage and returned to the slow conduction area along the tricuspid valve annulus. Brown color arrows indicate activation wave front.

Right: Brown circles represent the linear ablation line (note ablation points located at the narrow channel). These figures show a short cycle length tachycardia (300 msec, as shown in Fig. 3). See text for detail. SVC = superior vena cava; IVC = inferior vena cava; RAA = right atrial appendage; TA = tricuspid annulus.

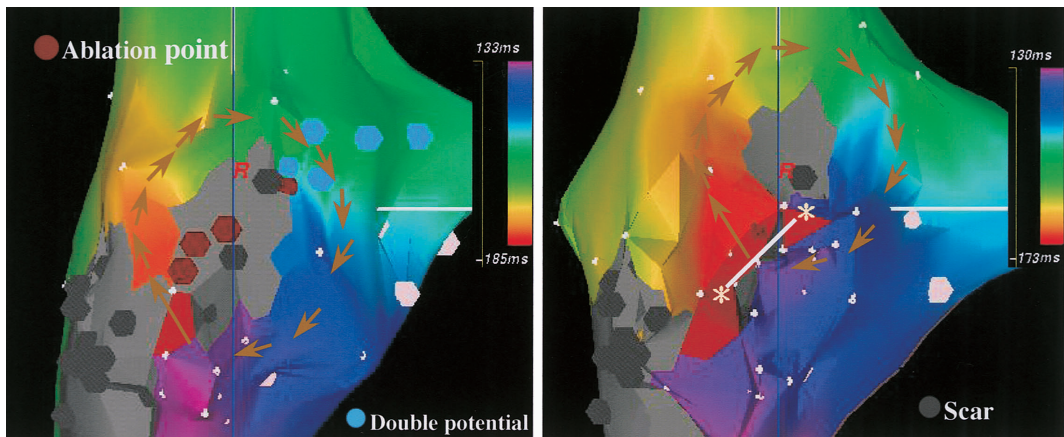


Fig. 5 Reconstructive electroanatomical mappings corresponding to each tachycardia

Both panels are projected in the right anterior oblique view. The colors show the same activation sequence as in Fig. 4. Both tachycardias shared the same channel localized between the neighboring scars, and passed around the upper scar area clockwise. However, the width of the channel in the right panel is wider than that of the channel in the left panel. White bold line (right) shows a functional conduction block area. See text for detail.

Left: Incisional reentrant atrial tachycardia with a cycle length of 320 msec.

Right: Incisional reentrant atrial tachycardia with a cycle length of 300 msec.

要 約

症例は43歳の女性で、27年前に心房中隔欠損症に対する閉鎖術を施行した。1年前より動悸を頻回に自覚するとのことから精査加療目的で当科紹介入院となった。電気生理学的検査では、冠静脈洞からの高頻度刺激により頻拍周期が1心拍ごとに変化する心房粗動類似の発作性上室性頻拍が再現性をもって誘発された。頻拍中の右房下側壁に留置した20極カテーテル(Livewire, Daig)による心房電位記録では、右心房低側壁に低電位と分裂電位を伴う異常心房電位を認めた。頻拍周期の変化は分裂電位の出現に依存していた。すなわち、分裂電位の出現しているときは頻拍周期は長く、消失しているときは短い周期を呈していた。この現象は局所での機能的2:1心房内伝導ブロックに基づくことが示唆された。さらに、洞調律時には異常電位記録部位には破碎電位を認めた。これらの所見から、本頻拍が心房中隔欠損症の手術により生じた解剖学的障壁を利用したマクロリエントリー性心房頻拍、いわゆる切開創部心房内リエントリー性頻拍(IRAT)であることが示唆された。この右房下側壁領域が本リエントリー回路に不可欠であるか否かを検討するために右房下側壁領域を中心にCARTO system(Biosense-Webster)を使ってelectroanatomical mapping(EAM)を施行した。その結果、低電位と分裂電位はおのこの癒痕部、多極電極でのマッピングで得られた機能的伝導ブロック領域に相当することが判明した。Propagation mappingから本頻拍がこれらの複数の癒痕部位で挟まれた峡路を時計方向に緩徐に伝導し、頻拍周期の変動は峡路内での機能的伝導途絶の形成の有無に依存していることが判明した。これらのEAMに基づいた所見から、峡路伝導部位(約1.5cm)に対して通電を行い、1本の線状焼灼の完成後に頻拍は停止した。停止後は、イソプロテレノール負荷によっても冠静脈洞からの頻回刺激法による頻拍の誘発は不能となった。本例のような複雑なIRATに対する高周波アブレーションに際して、あらかじめ多極電極カテーテルを使って異常電位記録部位の同定を行ったのち、CARTO systemを使って三次元的に興奮回路を構築することは、至適通電部位を正確に決定するのに有用な方法であると思われた。

J Cardiol 2003 Mar; 41(3): 135 - 142

文 献

- 1) Kalman JM, Van Hare GF, Olgin JE, Saxon LA, Stark SI, Lesh MD: Ablation of "incisional" reentrant atrial tachycardia complicating surgery for congenital heart disease: Use of entrainment to define a critical isthmus of conduction. *Circulation* 1996; **93**: 502 - 512
- 2) 池口 滋, 綿貫正人, 藍 智彦, 堀江 稔, 篠山重威, 庄田守男: Electroanatomical Mapping(Carto System)により頻拍回路を同定し高周波カテーテル・アブレーションに成功した左房粘液腫術後マクロリエントリー性心房頻拍の1症例. *臨心臓電気生理* 2001; **24**: 179 - 186
- 3) Love BA, Collins KK, Walsh EP, Triedman JK: Electroanatomic characterization of conduction barriers in sinus/atrially paced rhythm and association with intra-atrial reentrant tachycardia circuits following congenital heart disease surgery. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; **12**: 17 - 25
- 4) Dorostkar PC, Cheng J, Scheinman MM: Electroanatomical mapping and ablation of the substrate supporting intraatrial reentrant tachycardia after palliation for complex congenital heart disease. *Pacing Clin Electrophysiol* 1998; **21**: 1810 - 1819
- 5) Delacretaz E, Ganz LI, Soejima K, Friedman PL, Walsh EP, Triedman JK, Sloss LJ, Landzberg MJ, Stevenson WG: Multiple atrial macro-re-entry circuits in adults with repaired congenital heart disease: Entrainment mapping combined with three-dimensional electroanatomic mapping. *J Am Coll Cardiol* 2001; **37**: 1665 - 1676
- 6) Triedman JK, Saul JP, Weindling SN, Walsh EP: Radiofrequency ablation of intra-atrial reentrant tachycardia after surgical palliation of congenital heart disease. *Circulation* 1995; **91**: 707 - 714
- 7) Lesh MD, Van Hare GF, Epstein LM, Fitzpatrick AP, Scheinman MM, Lee RJ, Kwasman MA, Grogin HR, Griffin JC: Radiofrequency catheter ablation of atrial arrhythmias: Results and mechanisms. *Circulation* 1994; **89**: 1074 - 1089
- 8) Triedman JK, Alexander ME, Berul CI, Bevilacqua LM, Walsh EP: Electroanatomic mapping of entrained and exit zones in patients with repaired congenital heart disease and intra-atrial reentrant tachycardia. *Circulation* 2001; **103**: 2060 - 2065
- 9) Nakagawa H, Shah N, Matsudaira K, Overholt E, Chandrasekaran K, Beckman K, Spector P, Calame JD, Rao A, Hasdemir C, Otomo K, Wang Z, Lazzara R, Jackman WM: Characterization of reentrant circuit in macroreentrant right atrial tachycardia after surgical repair of congenital heart disease: Isolated channels between scars allow "focal" ablation. *Circulation* 2001; **103**: 699 - 709
- 10) Morton JB, Sanders P, Deen V, Vohra JK, Kalman JM: Sensitivity and specificity of concealed entrainment for the

- identification of a critical isthmus in the atrium: Relationship to rate, anatomic location and antidromic penetration. *J Am Coll Cardiol* 2002; **39**: 896 - 906
- 11) Nakagawa H, Matsudaira K, Shah N, Beckman K, Gonzalez M, Calame J, Monir G, Rao A, Otomo K, Lazzara R, Jackman W: Macroreentrant right atrial tachycardia following atriotomy consistently utilizes a channel between two dense scars. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999; **22**(Pt 2): 819(abstr)
- 12) Boyden PA, Frame LH, Hoffman BF: Activation mapping of reentry around an anatomic barrier in the canine atrium: Observations during entrainment and termination. *Circulation* 1989; **79**: 406 - 416
- 13) Baker BM, Lindsay BD, Bromberg BI, Frazier DW, Cain ME, Smith JM: Catheter ablation of clinical intraatrial reentrant tachycardias resulting from previous atrial surgery: Localizing and transecting the critical isthmus. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 411 - 417
- 14) Chan DP, Van Hare GF, Mackall JA, Carlson MM, Waldo AL: Importance of atrial isthmus in postoperative intra-atrial reentrant tachycardia. *Circulation* 2000; **102**: 1283 - 1289
- 15) Akar JG, Kok LC, Haines DE, DiMarco JP, Mounsey JP: Coexistence of type I atrial flutter and intra-atrial reentrant tachycardia in patients with surgically corrected congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2001; **38**: 377 - 384
- 16) 合屋雅彦, 高橋 淳, 塗木徳人, 伊達太郎, 後藤昌計, 田中千博, 雨宮 浩, 藤原秀臣, 岡本美弘, 廣江道昭, 丸茂文昭, 家坂義人: 非通常型心房粗動に対する高周波カテーテルアブレーション: Electroanatomical mappingシステムを含めたマッピングによる至適通電部位決定に関する検討. *心臓* 2000; **32**: 479 - 489