

## カテーテルアブレーション中の 鎮静時における呼気二酸化炭素濃度 モニタリングの有用性



松尾 征一郎 先生

### ご略歴

平成11年 東京慈恵会医科大学医学部卒業  
平成13～14年 土浦協同病院に国内留学  
平成15年 東京慈恵医大附属病院循環器内科入局  
平成18年 医学博士号取得  
平成18～20年 ボルドー大学留学  
平成20～28年 東京慈恵医大附属病院循環器内科助教  
平成28年 東京慈恵医大附属病院循環器内科講師  
東京慈恵医大葛飾医療センター

### 所属学会

日本内科学会、日本循環器学会、日本不整脈心電学会

### 評議員

日本不整脈心電学会評議員

### 認定医および専門医

日本内科学会認定医、日本循環器学会専門医

### 委員会

日本不整脈心電学会不整脈専門医認定制度委員、  
日本不整脈心電学会不整脈専門医資格認定委員、  
日本不整脈心電学会国際交流委員

※ 本稿は2017年にご執筆いただきました。  
肩書と略歴は2017年時点のものです。

カテーテルアブレーション中に静注麻酔薬の全身投与による鎮静が行われることがある。特に心房細動に対して行われる治療は、その焼灼中の疼痛の問題や手術自体が長時間にわたることもあり、多くの症例で静脈麻酔による鎮静が施行されている。さらに近年、心房細動カテーテルアブレーションの症例数の増加も著しく、日本循環器学会のガイドラインではカテーテルアブレーションに必要な技術の中に「静脈麻酔法または鎮静法」と明記されている通り[文献1]、現在カテーテルアブレーションを行うにあたっては麻酔技術の習得は必須であると言える。さらには、日本不整脈心電学会が定める不整脈専門医の資格においても2018年度の更新から、不整脈手技中の鎮静の講義を受講することが必須となっている。

現在、日本循環器学会ガイドラインで示されているカテーテルアブレーション中の鎮静に用いられる薬剤としては、propofol（ディプリバン）、midazolam（ドルミカム）、そしてdexmedetomidine（プレセドックス）が挙げられており、これらの薬剤単独もしくは併用投与による鎮静が行われるのが一般的である。もちろん、鎮静にあたり麻酔科医の協力が得られることが望ましいが、多くの場合カテーテルアブレーション中に麻酔科医が常駐するのは難しいことが多い。そのため、ガイドラインでも「鎮静を行う際には、心拍数、呼吸数、血圧、酸素飽和度をモニターする。可能であればBISモニターを使用し、麻酔深度を測定することも推奨される。」と記載されており、全身状態の徹底を促している。しかしながら、カテーテルアブレーションを施行しているさなかに、術者が症例の全身状態をすべて管理しながら行うのは、難しいことも少なくない。今回、心房細動カテーテルアブレーション中の鎮静により低酸素脳症を来し、その後の鎮静全身管理に呼気中の二酸化炭素濃度計測を施行するきっかけとなった症例を経験したため報告する。

症例は76歳男性で70歳頃に発作性心房細動を指摘され、薬物治療を施行されていた。75歳時に動悸後にめまいやふらつきを自覚するようになり、その後数秒の意識消失を認めた。ホルター心電図にて心房細動停止時に約4秒の洞停止を認めた。(図1) 繰り返しの植え込み術を施行したが、心房細動時の動悸症状も強く心房細動に対してカテーテルアブレーションを施行した。(図2) カテーテルアブレーション前の血液検査所見では、BNPが262.3pg/mLと上昇を認める以外の特記すべき異常は認めず、胸部単純レントゲン写真でも呼吸器疾患を示唆する所見は認めなかった。(図3:A)



図1 ホルター心電図検査にて捉えられた、心房細動停止時の心停止。

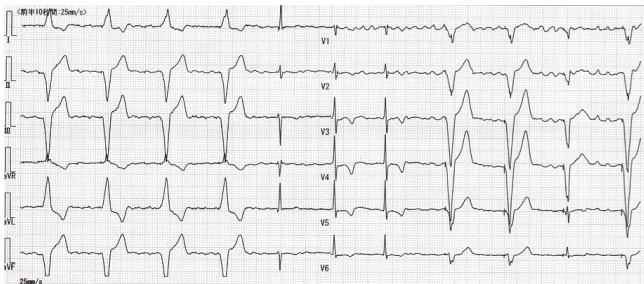


図2 ペースメカ植え込み後に認められた心房細動時の体表12誘導心電図波形。一部、ペースメカによる心室ペースング波形が認められるが、細動波を認め心房細動調律であることが分かる。

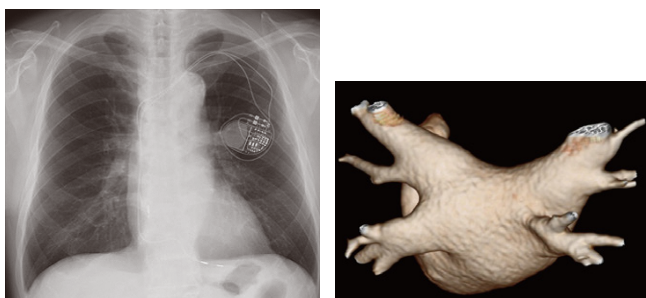


図3 カテーテルアブレーション前の胸部レントゲン正面像。  
左胸部にペースメカが植え込まれている。

経胸壁心臓超音波検査では、左房径38mm、左室駆出率64.8%であり器質的心疾患の並存は認めなかった。術前に撮像した3次元心臓造影CT画像では、肺静脈は4本認め、肺静脈隔離術を施行することとなった。

心房細動カテーテルアブレーションを行うにあたって、ペースメカをVVI mode lower rate 30 bpmに設定変更した。アブレーション開始時に、80mg/hr(本症例の体重が75kgであるため1mg/kg/hrとなる)にてプロポフォール持続投与と酸素マスク(5L/min)による酸素投与を開始した。プロポフォールは維持量として投与量が3mg/kg/hrまでが推奨されている。

当時、当院でアブレーション術中にモニタリングしていたものとしては、心電図、観血的連続動脈、パルスオキシメータによる動脈血酸素飽和度、呼吸数であった。心房中隔穿刺を施行した後、術開始時より心房細動が持続していたためアブレーション治療前に電氣的除細動を施行することとした。睫毛反射が残存していたためチアミラール50mgを静注し電氣的除細動を施行した。洞調律復帰後、呼吸の減弱がしたためadaptive servo-ventilation (ASV) を用いてマスク式人工呼吸による呼吸管理を開始した。しかしながら、ASVを装着し呼吸管理を行ったにもかかわらず、1分もたたない状態でパルスオキシメータでの動脈血酸素飽和度が0%となったため計測器具圧着不良などの可能性などを考えながら、用手換気を行った。左上肺静脈隔離術を施行するために冠状静脈洞内に挿入されたカテーテル先端から心房ペースングを行っていたが、その2分後には高度房室ブロックが出現した。(図4)

冠状静脈洞カテーテルからのペースングを中止したところ、洞停止による心停止となり、ペースメカ刺激による収縮を認めるのみとなった。(図5:A) ショック状態となったため、即時に胸骨圧迫と気管内挿管を施行した。気管内挿管下での用手換気とカテコラミン等の投与により、洞調律となり(図5:B) 血行動態も安定した。



図4 心房ペースング下での高度房室ブロック。

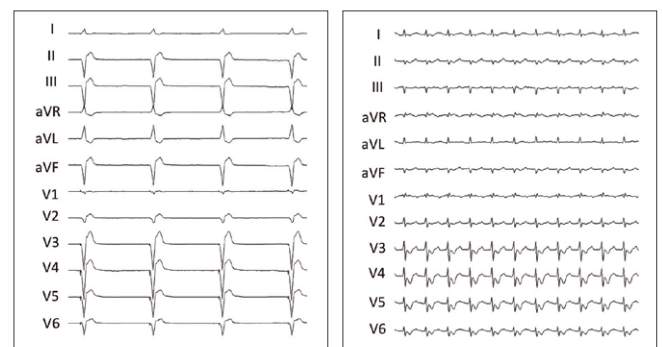


図5  
A: 洞停止時の体表心電図。  
心拍数30回のペースメカ調律となっている。  
B: 気管内挿管下での用手換気後の体表心電図。  
心拍数120回の洞調律である。

房室ブロックが出現した時点での動脈血ガス検査では、PH 7.099と著明なアシドーシスを認めPaO<sub>2</sub>は15.2mmHgと高度低値であり、PaCO<sub>2</sub>は86.1mmHgと高値であった。気管内挿管後に用手換気と呼吸器による人工呼吸管理後、洞調律に服した時点ではPH 7.257・PaO<sub>2</sub> 333mmHg・PaCO<sub>2</sub> 46.7mmHgとそれぞれ改善傾向を認めた。しかしながら呼吸状態が安定したのちも、ジャパン・コーマ・スケール300の意識障害が依然として遷延したため、頭部CTおよびMRIを施行したが、頭蓋内出血や脳梗塞の急性期を疑わせる所見はなかった。(図6：A、B)

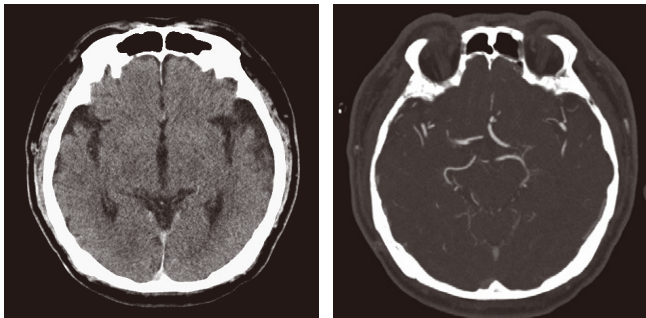


図6 意識障害出現後の頭部CT画像(A)とMRI画像(B)。出血や急性期脳梗塞などの頭蓋内病変を認めなかった。

頭蓋内に器質的疾患を認めなかったため集中治療室にて遷延する意識障害に対して、プロポフォール(propofol)・ベクロニウム(vecuronium bromide)・フェンタニル(fentanyl)を用いて体温35度の低体温療法を開始した。3日目より復温を開始し、4日目に完全に鎮静を中止したところ、意思疎通可能であったため抜管することができた。その後は、特に後遺症なく経過し独歩退院となった。

本症例における意識障害の原因として、鎮静による呼吸抑制から一過性の低酸素脳症を発症したことが最も考えられた。また、高二酸化炭素血症や舌根沈下による物理的な気道閉塞などの関連も考えなくてはならない。本症例ではパルスオキシメータによる動脈血酸素飽和度のモニタリングのみで鎮静及び呼吸管理を行っていたが、呼吸抑制を早期に発見し介入するためには、明らかにモニタリング不足であったと言わざるを得ない。それ以降、パルスオキシメータによる動脈血酸素飽和度を2か所離れた部位で計測すること、カプノグラフィを用いて、吸気及び呼気中に含まれる二酸化炭素の分圧を測定することを開始した。呼吸抑制が生じた場合、酸素飽和度が低下するまでには一定の時間を要することは良く知られている。しかし、呼気中の二酸化炭素分圧は呼吸が抑制された時点で速やかに低下するため、呼吸抑制をより早期に察知することが可能となる。このカプノグラフィは、手術中の麻酔器管理や集中治療室での人工呼吸器管理時に回路にサンプリングアダプタを使用して用いられることが多いが、鼻や口元にサンプリングチューブを装着することで気管内挿管されていない状況でも呼気中の二酸化炭素分圧を計測することができる。当院では、adaptive servo-ventilation (ASV) を用いてマスク式人工呼吸による呼吸管理下で鎮静を行っているが、経鼻的なサンプリングチューブを装着しカプノグラフィによる呼吸モニターも同時に行っている。モニタリング中は、

SpO<sub>2</sub>、呼吸回数やETCO<sub>2</sub>の値、また呼気波形が表示されるため呼吸状態の視認性が良い。(図7)

呼吸抑制が少ない鎮静時では、酸素飽和度も二酸化炭素分圧も変化しないことが多い。(図8)

軽度な呼吸抑制が認められた場合においては(図9)、酸素飽和度はそれほど低下してなくても二酸化炭素分圧は明らかに低下していることが分かる(赤点線部分)。



カプノストリーム™ 20P (販売終了品)

図7 Adaptive servo-ventilation (ASV) を用いたマスク式人工呼吸管理下でのカプノグラフィによる呼吸モニターの様子。カプノグラフィのモニター画面。呼吸数、酸素濃度そして二酸化炭素分圧などの計測値、更に呼気波形が表示され、呼吸状態の評価を行うことができる。



図8 呼吸抑制が少ない症例でのカプノグラフィでの呼吸状態。本症例では、SpO<sub>2</sub>もETCO<sub>2</sub>も変化しておらず、呼吸状態が安定していることが分かる。

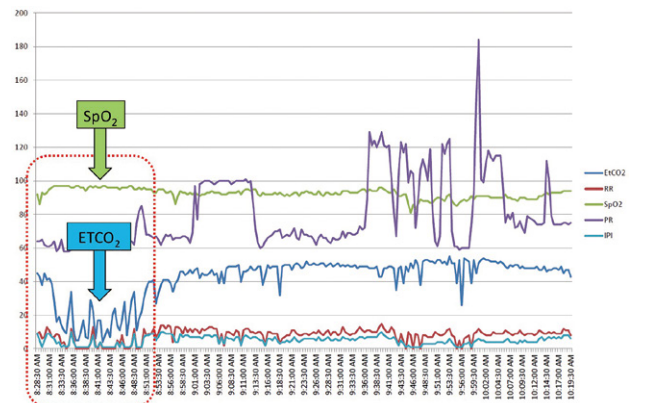


図9 本症例では、SpO<sub>2</sub>が低下していないにもかかわらずETCO<sub>2</sub>が低下している。

また、酸素飽和度まで低下しうる呼吸抑制が生じた場合でも、酸素飽和度低下に先行して二酸化炭素分圧の低下が認められるため、手的な呼吸補助などの介入も早期に行うことが可能である(図10)。

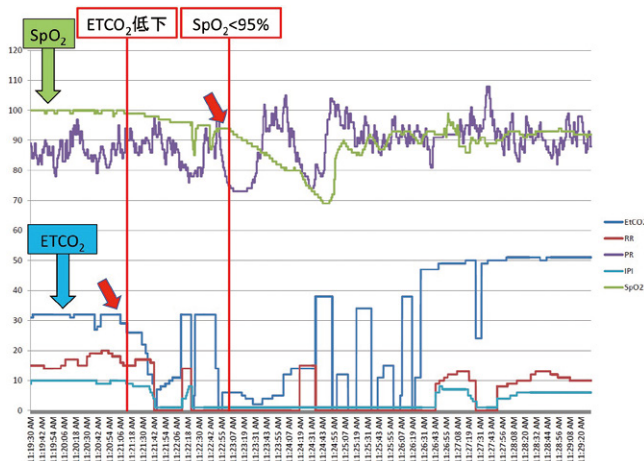


図10 鎮静が深くなり、呼吸抑制が生じた症例のカブノグラフィ。  
SpO<sub>2</sub>が低下するよりも先にETCO<sub>2</sub>が低下しているのが分かる。  
(赤矢印)

当院では、心房細動アブレーション入院時にパルスオキシメータにて睡眠時無呼吸合併の有無を簡易的に評価している。本症例では、3%ODIが39.0と高値であり重度の睡眠時無呼吸の並存が示唆された。(図11:A) また、術後の睡眠ポリソムノグラフィ検査でも apneahypopnea index (AHI) =60 (図11:B) であり極めて重度の睡眠時無呼吸症候群と診断され、今回の呼吸抑制が生じやすかった状態であったことも考えなければならぬ。

(本内容は、カテーテルアブレーション関連大会2017 Industry Session2にて発表したものになります。)

## 参考文献

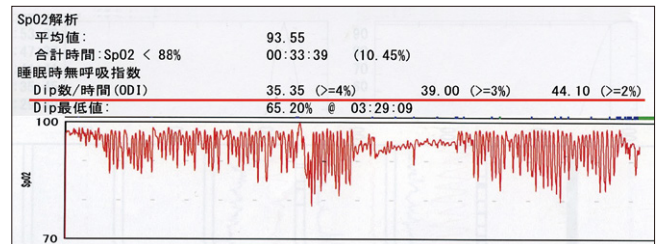
- 1) 奥村 謙 他、循環器病の診断と治療に関するガイドライン(2010-2011年度合同研究班報告) :  
カテーテルアブレーションの適応と手技に関するガイドライン 9ページ

原文記載のカブノストリーム™ 20Pは販売終了いたしました。類似機器にカブノストリーム™ 35がございます。

(販売終了品)  
販売名:カブノストリーム シリーズ  
医療機器認証番号:220ADBZI00025000  
選任製造販売元:コヴィディエンジャパン株式会社

(類似機器)  
販売名:カブノストリーム 35  
医療機器認証番号:228AABZX00035Z00  
製造販売元:コヴィディエンジャパン株式会社

心房細動症例に睡眠時無呼吸症候群が合併している症例は少なくないため、事前に診断されているもしくはその併存が疑わしい症例における鎮静は、より呼吸管理を厳密に行っていく必要があると考えられ、その一助としてカブノグラフィは有用であると考え。当院では、SpO<sub>2</sub>のモニタリングのみを指標にしていた時期と比較して、カブノグラフィ導入後では鎮静度の調節も含めより安全に呼吸管理を行うことが可能となった。



A

呼吸イベント	
全呼吸イベント	264 回
全OA	169 回
全MA	81 回
全CA	3 回
全OH	11 回
全CH	0 回
<b>AHI</b>	<b>59.661</b>
<b>AHI (NREM)</b>	<b>65.8228</b>

B

図11  
A:術前に施行したパルスオキシメータの結果。  
B:術後に施行した睡眠ポリソムノグラフィ検査の結果。