

FDG-PET, ガドリニウム造影MRIで異常所見を認めた心臓サルコイドーシスの1例 — 画像診断における各種モダリティの比較において —

森 由弘¹⁾, 栗井一哉¹⁾, 本多完次¹⁾, 荒川裕佳子¹⁾, 吉田光雄¹⁾, 前田 剛¹⁾, 厚井文一¹⁾,
 澳本定一²⁾, 木内孝明³⁾, 片岡幹男⁴⁾, 中田安成⁴⁾

【要旨】

症例は44歳の女性で2001年1月ぶどう膜炎あり, 2002年5月胸部X線写真にて両側肺門リンパ節腫脹を指摘され, 縦隔鏡によるリンパ節生検で壊死を伴わない類上皮細胞肉芽腫を認め, サルコイドーシス(サ症)と診断された。初診時より, 心電図上完全右脚ブロックと心室性期外収縮が頻発し心臓サルコイドーシスが疑われたが⁶⁷Gaシンチグラフィで心臓に集積を認めず, 心臓超音波検査法(以下心エコー)でも異常を認めなかった。2005年11月より労作時息切れが出現し精査した。心エコーにて心室中隔基部の菲薄化と左心室壁運動のびまん性低下を認め, 左室駆出率も38%と低下し, FDG-PETで心筋に集積を認め, ガドリニウム造影MRIで遅延造影効果が陽性であり, 心臓サルコイドーシスの臨床診断群と確診した。そこで, プレドニゾロン30m/日より治療を開始した。心臓サルコイドーシスの臨床診断率は5%以下であるが, サ症による死亡原因の46.5%を占めている。そのため早期診断によるステロイド剤の投与が不可欠である。近年の画像診断の進歩はめざましく, 本症の早期診断の可能性について検討した。

[日サ会誌 2007; 27: 61-67]

キーワード: 心臓サルコイドーシス, 心エコー, FDG-PET, Gd造影-MRI

A Case of Cardiac Sarcoidosis with Abnormal FDG-PET and Gadolinium Enhanced MRI Findings — In Comparison with Various Modalities in Imaging —

Yoshihiro Mori¹⁾, Kazuya Awai¹⁾, Kanji Honda¹⁾, Yukako Arakawa¹⁾, Mitsuo Yoshida¹⁾, Tsuyoshi Maeta¹⁾,
 Fumikazu Kohi¹⁾, Sadaichi Okumoto²⁾, Takaaki Kiuchi³⁾, Mikio Kataoka⁴⁾, Yasunari Nakata⁴⁾

【ABSTRACT】

The patient was a 44 year old woman showing BHL on chest X-ray and uveitis. Lymph node biopsy performed by mediastinoscopy showed noncaseating epithelioid cell granuloma. From these data she was diagnosed as sarcoidosis. At first, she was suspected of having cardiac sarcoidosis from ECG findings of CRBBB and frequent VPCs. However, ⁶⁷Ga scintigram and UCG examination did not definitely indicate that there was cardiac involvement. After complaining of exertional breathlessness from November 2005, we examined her further. UCG examination revealed that the interventricular septum had become thin and left ventricular wall motion had diffusely decreased. The left ventricular ejection fraction had fallen to 38%. Furthermore, abnormal cardiac accumulation of FDG and Gd-enhanced delayed MRI imaging was positive. So, we were able to make a definite diagnosis of cardiac sarcoidosis. We began to prescribe prednisolone of 30m/day. The percentage of cardiac sarcoidosis made by clinical diagnostic criteria is less than 5%, but cardiac sarcoidosis accounts for more than 50% of fatalities in which sarcoidosis is the main cause of death. Therefore, an early diagnosis of cardiac sarcoidosis is indispensable and treatment by steroids has to be begun as soon as possible. Recently various modalities in imaging have made remarkable progress. We discuss here the usefulness and possibilities for early detection of cardiac sarcoidosis.

[JJSOG 2007; 27: 61-67]

keywords ; Cardiac sarcoidosis, Ultrasonographic cardiogram, ¹⁸F-fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography images, Gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging

国家公務員共済組合連合会高松病院

1) 内科 2) 同循環器科 3) 同放射線科

4) 岡山大学大学院保健学研究科

著者連絡先: 森 由弘

〒760-0018 香川県高松市天神前4-18

国家公務員共済組合連合会高松病院内科

TEL : 087-861-3261

FAX : 087-835-0793

E-mail : mori@kkr-ta-hp.gr.jp

1) Department of Internal Medicine, Federation of National Public Service Personnel Mutual Aid Associations Takamatsu Hospital

2) Department of Cardiology, Federation of National Public Service Personnel Mutual Aid Associations Takamatsu Hospital

3) Department of Radiology, Federation of National Public Service Personnel Mutual Aid Associations Takamatsu Hospital

4) Faculty of Health Sciences, Okayama University Medical School

はじめに

サ症は、臨床症状に乏しく一般に予後良好な疾患である。本邦では、サ症による死亡の46.5%は心臓サルコイドーシスが占め、欧米に比し有意に高く人種差が認められる^{1,4)}。本邦におけるサ症の死亡率は1.4%~2.5%であるが、サ症による死亡原因として肺病変が約10%に対し心病変は46.5%を占めている^{1,4)}。一方、臨床的には肺が最も侵されやすく90%以上であるが、心臓サルコイドーシスの診断率は5%以下である。従ってサ症を最初に診察する可能性の高い呼吸器科医は、循環器医と連携してサ症の管理を行い、決して心臓サルコイドーシスを見逃してはならない。そこで、サ症を原因不明の全身性疾患としてとらえ、最新の知見を駆使した画像診断を各科が協力して行う全身管理の必要性を強調したい。

症例提示

- 患者：44歳，女性。
- 主訴：労作時呼吸困難
- 既往歴：早発卵巣機能不全
- 家族歴：特記事項なし
- 現病歴：2001年1月頃よりぶどう膜炎により他院眼科に通院中であった。5月に胸部X線写真上両側肺門リンパ節腫脹（BHL）を指摘されたため、同院外科にて縦隔鏡によるリンパ節生検を行った。縦隔リンパ節生検で壊死を伴わない類上皮細胞肉芽腫を認め、ぶどう膜炎，BHLと合わせてサ症と診断された。その後2002年8月より当院にて経過観察中であった。初診時より心電図上完全右脚ブロック，心室性期外収縮が頻

発し心臓サルコイドーシスが疑われたが，⁶⁷Gallium（⁶⁷Ga）シンチグラフィーにて心臓に集積が認められず，心エコーでも異常が見られなかったため経過観察していた。2005年11月より動悸と労作時息切れを訴えたため精査した。

●**身体所見**：血圧112/76mmHg，脈拍78/分，整。心音：異常なし。肺：副雑音なし。腹部：平坦で肝脾腫なし。表在リンパ節：触知せず。皮疹：なし。神経学的所見：異常なし。

●**検査成績**：血清ACE活性は26.3 IU/Lと上昇していたが，血清カルシウム値は正常，検血，生化学検査成績に異常を認めなかった（Table 1）。

●**経過**：心電図上は，完全右脚ブロックのまま変化が認められなかった（Figure 1）。毎年施行したHolter心電図では，多源性心室性期外収縮が頻発し増加傾向にあった。胸部X線写真では初診時に比してCTRが47%から49%にやや増大していた。胸部CTでは肺門・縦隔リンパ節腫大を認めたが，肺野病変は認めず，胸水・心嚢液貯留もなかった。心エコーにて，心室中隔基部の菲薄化が出現し進行していた。心室中隔基部の壁厚は初診時に9mmであったが，3年4ヵ月後には6mmと菲薄化が進行していた（Figure 2）。約半年毎に施行した心エコーにおける左室駆出率（LVEF）は徐々に低下し，症状発現時には39%と著明な低下が見られた（Figure 3）。Fluorine-18 fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography（FDG-PET）にて肺門や縦隔リンパ節以外に心基部，前壁中隔，下壁に集積が認められた（Figure 4）。ガドリニウム造影MRI（Gd-MRI）にて心基部～中隔にかけて遅延造影効果が認められた（Figure 5）。⁶⁷Gaシンチグラフィーでは心臓への軽度集積が疑われた。2006年改訂サルコイドーシス心病変診断の手引き⁵⁾からこの症例の該当項目を検討すると，まず心臓以外の臓器，リンパ節で病理学的に壊死を伴わない類上皮細胞肉芽腫を認め，基本診断基準の6検査項目中，両側肺門リンパ節腫大，血清ACE高値を認め，さらに心病変診断の主徴候4項目中，心房中隔基部の菲薄化，左室収縮不全（左室駆出率50%以下）の2項目を認め，付記所見として，診断上有用なFluorine-18 fluorodeoxyglucose PETにおける心臓への異常集積を認め，臨床診断群の必要項目を満足し，本症例を心臓サルコイドーシス臨床診断群と診断した。そこで，Prednisolone（PSL）30mg/日連日内服を開始した。労作時呼吸困難は軽度改善し，LVEFも改善し，PSLを減量維持中である。

Table 1. Laboratory data

T-Bil	2.20 mg/dl	WBC	2540 / μ l
TP	7.0 g/dl	Nt	49.1 %
Alb	4.4 g/dl	Ly	32.0 %
AST	19 IU/L	Mo	10.8 %
ALT	11 IU/L	Eo	4.9 %
LDH	170 IU/L	Ba	0.7 %
AIP	139 IU/L	RBC	$415 \times 10^4 / \mu$ l
γ GTP	19 IU/L	Hb	12.2 g/dl
T-ch	180 mg/dl	Ht	37.0 %
TG	90 mg/dl	MCV	89.1
BUN	12.3 mg/dl	Plt	$18.3 \times 10^4 / \mu$ l
Cr	0.69 mg/dl	CRP	0.03 mg/dl
UA	5.5 mg/dl	ACE	26.3 IU/l
Na	144 mEq/L	LZM	8.9 μ g/dl
Cl	108 mEq/L	Urinalysis	n.p.
K	3.7 mEq/L		
Ca	9.2 mg/dl		
FBS	107 mg/dl		
HbA _{1c}	5.0 %		

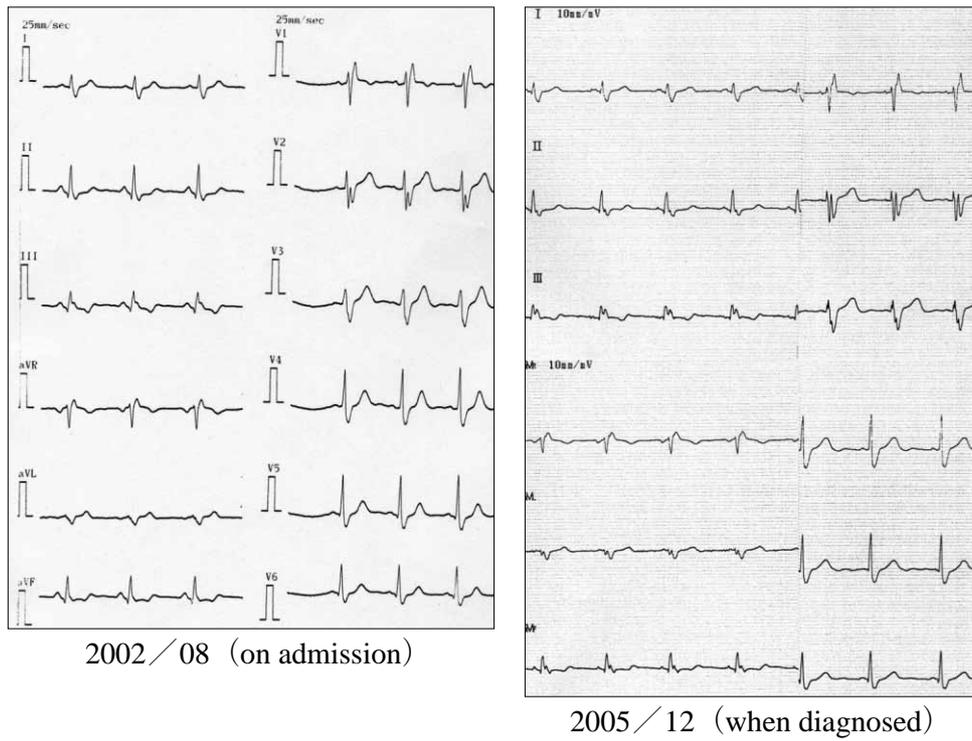


Figure 1. ECG findings.

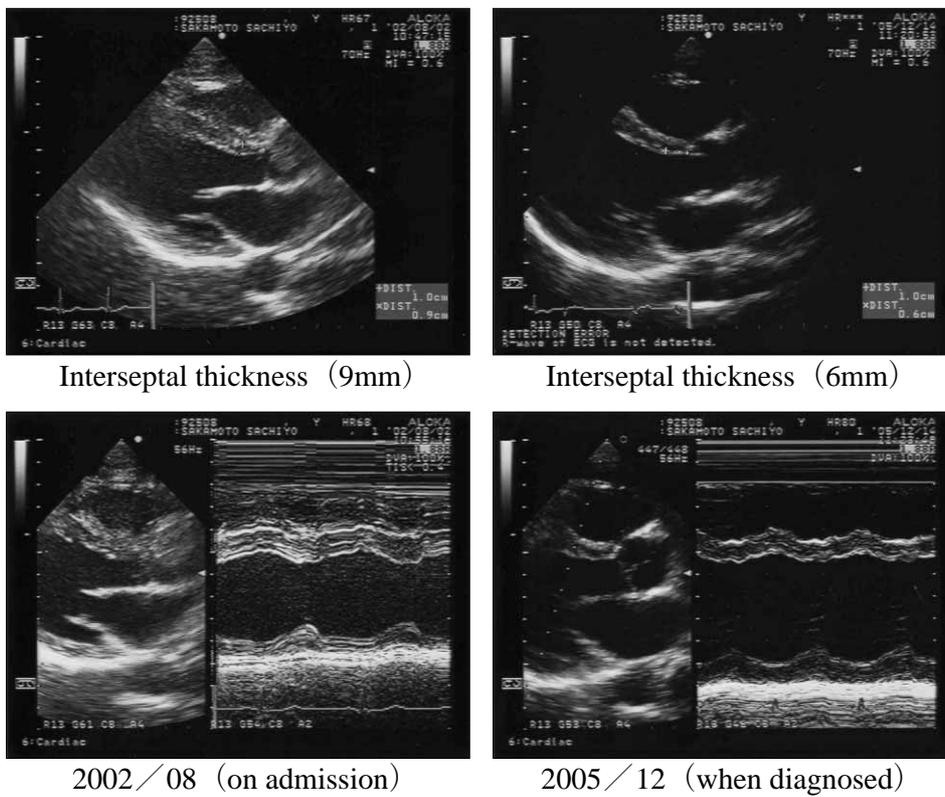
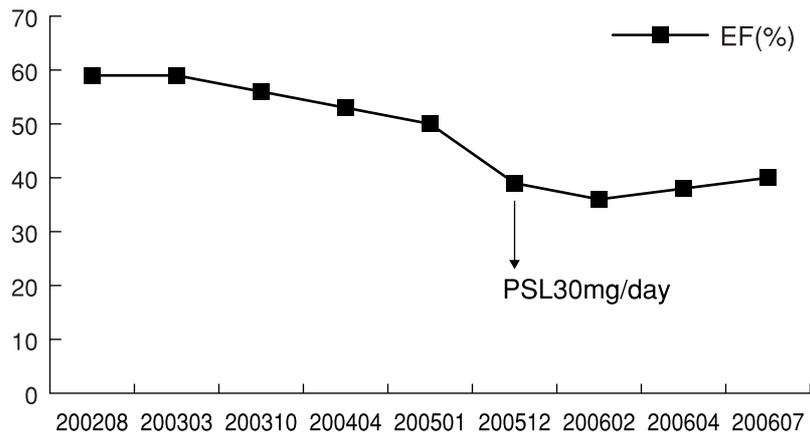


Figure 2. UCG findings.

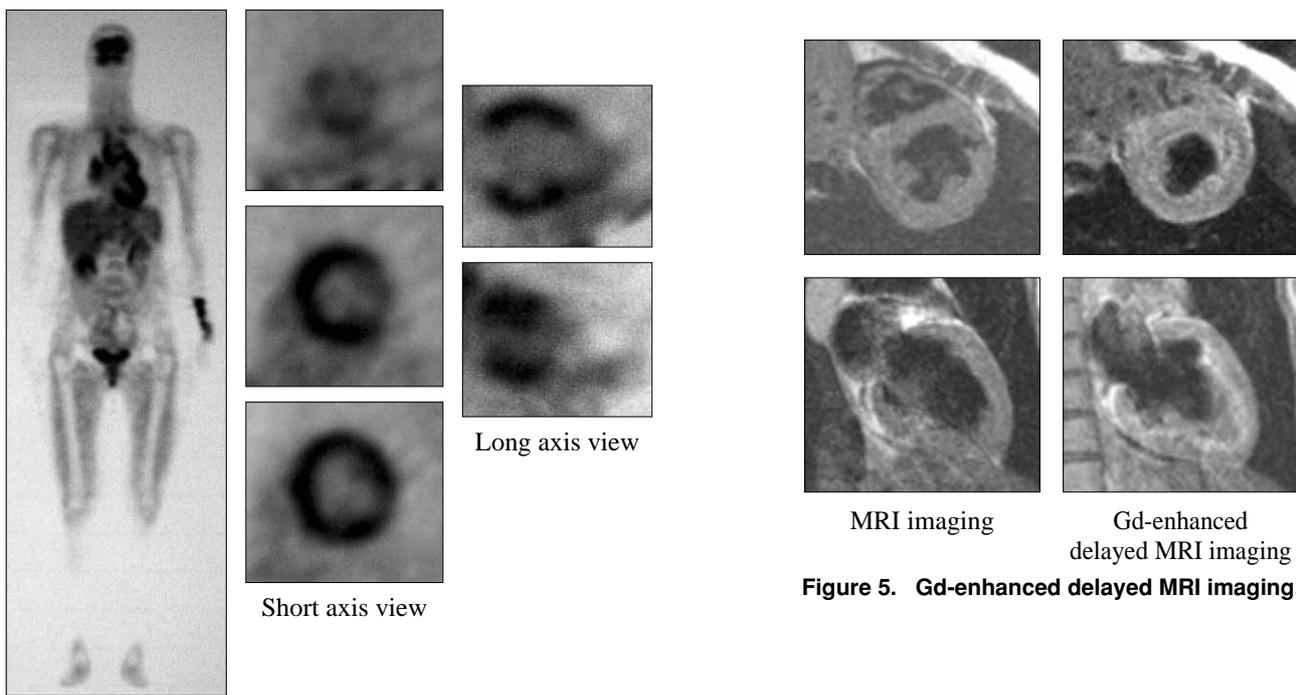


Y/M	200208	200303	200310	200404	200501	200512	200602	200604	200607
EF (%)	59	59	56	53	50	39	36	38	40

Holter ECG

Y/M	200303	200310	200404	200512	200602	200604
Total	115597	111886	124422	116054	113414	120619
Normal	114042	110236	121182	113218	111953	118995
VPC	1526	1544	3224	2495	1457	1358
APC	29	106	16	341	4	266

Figure 3. Changes in EF (%) and Holter ECG.



Whole body view

Short axis view

Long axis view

MRI imaging

Gd-enhanced delayed MRI imaging

Figure 5. Gd-enhanced delayed MRI imaging.

Figure 4. FDG-PET images (when diagnosed).

考察

心臓サルコイドーシスは経過中の心電図異常が契機になって発見されることが多いが、心臓サルコイドーシスに特徴的な心電図所見はなくこれのみで診断基準を満たすことはできない。また心電図に異常がみられないが心臓サルコイドーシスを強く疑われた症例の報告もみられる⁹⁾。2006年に改訂されたサルコイドーシスの心病変診断の手引きではこれらの批判を考慮して、心病変診断の主徴候4項目として、高度房室ブロック、心室中隔基部の菲薄化、Gallium-67 citrateシンチグラムでの心臓への異常集積、左室収縮不全（左室駆出率50%以下）、副徴候5項目として、心電図異常：心室頻拍、多源性または頻発する心室性期外収縮、右脚ブロック、軸偏位、異常Q波のいずれか、心エコー図：局所的な左室壁運動異常あるいは形態異常（心室瘤、心室壁肥厚）、核医学的検査：心筋血流シンチグラム（thallium-201 chlorideあるいは^{99m}Tc, methoxyisobutylisonitrile, ^{99m}Tc tetrofosmin）での灌注異常、ガドリニウム造影MRIにおける心筋の遅延造影所見、心内膜心筋生検：中等度以上の心筋間質の線維化や単核細胞の浸潤が採用記載され、付記項目にFluorine-18 fluorodeoxyglucose PETにおける心臓への異常集積は診断上有用であると記載された⁵⁾。

本症例では、心エコーでびまん性の左心室壁運動の低下が経時的に認められ、LVEFは39%と改訂心サ症診断の手引き⁵⁾の主徴候に記載の50%以下となった。さらに、主徴候に記載の心室中隔基部の菲薄化⁵⁾も9mmから6mmと進行していた。心臓サルコイドーシスに特徴的なこの所見は、Valantineらが最初に報告した⁷⁾。本邦で森本らは心室中隔基部の菲薄化の基準を大動脈弁輪部から10mm部位と基部側1/3部位の壁厚比を0.6以下あるいは10mm部位の壁厚を4mm以下に設定すると提案した^{5,8)}。これによると心臓サルコイドーシスの感度は、38.9%であったが、特異度は99.0%と極めて高く有用性が高い。心電図、Holter心電図と同様に、心エコーは繰り返し簡便に検査が可能である。本症例のごとく治療開始に悩むことの多い実地臨床の場で、早期診断には感度の点で劣るが極めて価値があると思われる。

FDG-PETのサ症への導入は、1993年、石田ら⁹⁾が肺門リンパ節腫大、肺病変を示す3例、1994年、Lewisら¹⁰⁾が肺門リンパ節腫大を示す2例、Brudinら¹¹⁾が肺病変を示す7例について報告した。石田ら⁹⁾の報告では3例は肺門リンパ節、肺に集積を示しステロイド治療後に消失し、Lewisら¹⁰⁾の報告では1例は肺門リンパ節、腹腔内リンパ節、その他の肺外リンパ節に、1例は肺門リンパ節、肺外リンパ節、結節性紅斑を示す皮膚病変にもFDG-PETの著明な集積を示し、ステロイド治療後、肺門リンパ節、結節性紅斑病変部位での集

積の消失を認めた。Brudinら¹¹⁾の報告では肺病変への集積は血清ACE活性とともに高容量ステロイド治療後に正常化した。1998年Yamadaらは31例中30例でサ症肺門リンパ節病変に集積を認めた¹²⁾。心臓サルコイドーシスへのFDG-PETの応用は日本で1993年石田ら⁹⁾、1999年奥村ら¹³⁾によって報告された。石田ら⁹⁾は上記3例中の心臓サルコイドーシス2例で心病変集積を認めステロイド治療後に正常化を認め、奥村ら¹³⁾はサ症患者16例中、心異常所見を合併した10例では全例（100%）に心筋へのFDGの異常集積を認め、⁶⁷Gaシンチグラフィ異常（50%）に比して有意に高率であった。石田らの検討では心臓サルコイドーシス21例中⁶⁷Gaシンチグラフィでの心集積（71%）に比してFDG-PETでの心集積は90%であった¹⁴⁾。最近、FDG-PETが心臓サルコイドーシスの診断に有用であった報告が増えている¹⁵⁻¹⁸⁾。

Yamagishiらは、17例の心臓サルコイドーシス中14例がFDG-PETで陽性所見を示し、心臓サルコイドーシスの活動性を反映することを報告した¹⁹⁾。その後、前述の奥村らは11例の心臓サルコイドーシス患者でFDGの心筋への集積を13区画に分け^{99m}Tc-MIBI SPECT、⁶⁷Gaシンチグラフィと比較した。その結果FDG-PETは、感度100%と他の2つの検査に比して著明に良好であり、心臓サルコイドーシスの高度の心筋障害に進展する前の軽度の血流障害と高度の炎症を認める早期病変を検出できると結論した¹⁷⁾。

一方で、Ishimaruらは心臓サルコイドーシスにFDG-PETを応用する場合の技術的な問題と適応の限界を詳細に検討した²⁰⁾。彼らも心臓サルコイドーシスの早期病変の発見に同意しているが、心筋における糖代謝にはかなり個人差があり心筋の集積パターンや血糖値など前処置の判定に制約があることを指摘した。これらは心臓サルコイドーシスの場合、ステロイド投与は不可避でありステロイド誘発糖尿病が出現し、心臓サルコイドーシスが進展し心筋障害による心不全に陥った場合FDG-PETの応用は難しくなる。さらにKakuらが53歳女性の心臓サルコイドーシス患者にステロイドを投与し、⁶⁷Gaシンチグラフィでの著明な心集積が著明改善したまま経過し、4年後に心病変が進展し、心室中隔基部の菲薄化、完全房室ブロックが出現したが、⁶⁷Gaシンチグラフィは正常化したまま、この時点で追加したFDG-PETも異常を認めなかった症例を報告し、FDG-PETの限界を指摘した²¹⁾。

近年MRIの進歩はめざましく心電図同期心臓MRIが可能となり、ガドリニウム遅延造影によって心筋梗塞部位や心筋障害部位の描出が可能となった。Shimadaらは2001年に心臓サルコイドーシス16例にガドリニウムMRIによる遅延造影を施行し、そのうち8例が陽性であったと初めて報告した²²⁾。これらは左室壁の炎症

による浮腫を反映し、ステロイド治療により全例において限局的陽性所見が著明に減弱した。Tadamuraらは連続した10人の心臓サルコイドーシス患者を詳細に検討し、同時に実施した²⁰¹Thalliumや⁶⁷GaシンチグラフィよりガドリニウムMRIによる造影遅延効果の方が心臓サルコイドーシスの早期発見の点で有用であると報告した²³⁾。欧米でも同様の報告がSmedemaらによって報告されている²⁴⁾。小山らは心臓サルコイドーシスにおいて、FDG-PETとMRIの有用性を比較検討し、FDG-PET高集積とMRI遅延造影は必ずしも一致せず、今後臨床症状や心機能と合わせて、両者の特徴や有用性をさらに検討する必要があると報告している²⁵⁾。動物実験では、ガドリニウム集積は心筋炎や線維化に進む活動性炎症から治癒段階に認められ、瘢痕変化には集積しない。一方、T2強調MRI画像は活動性炎症と瘢痕性変化の両者に観察される²⁶⁾。実際にガドリニウム遅延造影MRIと⁶⁷Gaシンチグラフィ併用が心臓サルコイドーシス診断と疾患活動性診断の上で有用であった1例が報告されている²⁷⁾。しかし、心臓サルコイドーシスでは高度房室ブロックなどの伝導障害や不整脈を伴った症例が多く、ペースメーカー挿入症例に対するMRIの適応には問題が残る。

本症例では、まず心臓以外の臓器、リンパ節で病理組織学的に壊死を伴わない類上皮細胞肉芽腫を認め、両側肺門リンパ節腫大、血清ACE高値を認め、次に心エコーで心室中隔基部の菲薄化、左室駆出率50%以下の左室収縮不全を認め、頻発する心室性期外収縮、右脚ブロック、ガドリニウム造影MRIにおける心筋の遅延造影所見、さらにFDG-PETにおける心臓への異常集積を認め、改訂心サ症診断基準、臨床診断群の必要項目⁵⁾を満足し、本症例を心臓サルコイドーシス臨床診断群と診断した。そこで、PSL30mg/日投与を行った。

本邦では心臓サルコイドーシスの頻度が高く、サ症全体の子後を改善するためには日常診療において心電図のみならず心エコーを定期的に施行し、経過観察を厳密に行なわなければならない。また近年の進歩したFDG-PETやガドリニウム造影MRIを積極的に活用することも早期発見に有効である。そのためにはサ症を全身疾患としてとらえ、関連診療科が連携することにより心臓サルコイドーシスをはじめ活動性のある臓器を見逃してはならない。

結語

心臓サルコイドーシスが疑われ心エコーにより定期観察されていたサ症組織診断群症例が心不全症状を発症した。心エコーで心室中隔基部の菲薄化、左室駆出率50%以下の左室収縮不全を認め、頻発する心室性期外収縮、右脚ブロック、ガドリニウム造影MRIにおける心筋の遅延造影所見、さらにFDG-PETにおける心臓

への異常集積を認め、心臓サルコイドーシス臨床診断群の診断が得られPSL30mg/日の投与を開始した。

引用文献

- 1) Iwai K, Tachibana, Takemura T, et al: Pathological studies on sarcoidosis autopsy. I Epidemiological features of 320 cases in Japan. *Acta Pathologica Jap* 1993; 43:372-376.
- 2) Iwai K, Sekiguti M, Hosoda Y, et al: Racial difference in cardiac sarcoidosis incidence observed at autopsy. *Sarcoidosis* 1994; 11:26-31.
- 3) Sekiguchi M, Yazaki Y, Isobe M, et al: Cardiac sarcoidosis: diagnostic, and therapeutic considerations. *Cardiovasc Drugs Ther* 1996; 10:495-510.
- 4) 杉江琢美, 橋本尚子, 岩井和郎, 他: サルコイドーシスの経過, 予後と剖検例の検討. *日本臨牀* 1994; 52:1567-1570.
- 5) 森本紳一郎, 植村晃久, 平光伸也: 心臓サルコイドーシス診断の手引きの改訂. *呼と循* 2006; 54:955-961.
- 6) 加藤靖周, 森本紳一郎, 平光伸也, 他: 診断の手引きを満たさないものの, 心臓サルコイドーシスが強く疑われた2症例. *日サ会誌* 1999; 19:91-96.
- 7) Valantine H, McKenna WJ, Nihoyannopoulos P, et al: Sarcoidosis: a pattern of clinical and morphological presentation. *Br Heart J*, 1987; 57:256-263.
- 8) Morimoto S, Uemura A, Sugimoto K, et al: A proposal for diagnostic criteria of basal thinning of the interventricular septum in cardiac sarcoidosis (CS): a multicenter study. *Circ J*, 2005; 70 (Suppl 1):215.
- 9) 石田良雄, 広瀬義晃, 三宅義徳, 他: 心サルコイドーシスにおけるF-18FDG-PETの臨床的意義. *核医学* 1993; 30: 906. (会)
- 10) Lewis PJ, Salama A: Uptake of Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose in sarcoidosis. *J Nucl Med* 1994; 35:1647-1649.
- 11) Brudin LH, Valind SO, Rhodes CG, et al: Fluorine-18 deoxyglucose uptake in sarcoidosis measured with positron emission tomography. *Eur J Nucl Med* 1994; 21:297-305.
- 12) Yamada Y, Uchida Y, Tatsumi K, et al: Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose and Carbon-11-Methionine evaluation of lymphadenopathy in sarcoidosis. *J Nucl Med* 1998; 39:1160-1166.
- 13) 奥村 渉, 岩崎 勉, 植田哲也, 他: 心サルコイドーシスの診断における18F-FDG PETの有用性. *核医学* 1999; 36:341-348.
- 14) 石田良雄, 中谷 敏, 立花暉夫: 心サルコイドーシスの診断ならびにステロイド治療の効果判定におけるFluorine-18-Fluoro-2-Deoxyglucose Positron Emission Tomographyの有用性. *J Cardiol* 2000; 35:301-304.
- 15) 石田良雄: 心サルコイドーシスのPET. *Cardiac Practice*

- 2005; 16:319-322.
- 16) Takeda N, Yokoyama I, Hiroi Y, et al: Positron emission tomography predicted recovery of complete A-V nodal dysfunction in a patient with cardiac sarcoidosis. *Circulation* 2002; 105:1144-1145.
 - 17) Okumura W, Iwasaki T, Toyama T, et al: Usefulness of fasting ^{18}F -FDG PET in identification of cardiac sarcoidosis. *J Nucl Med* 2004; 45:1989-1998.
 - 18) 後藤耕作, 岡本栄一, 森田みどり, 他: FDG-PETが診断に有用であった心サルコイドーシスの1例. *日内会誌* 2005; 94:1396-1398.
 - 19) Yamagishi H, Shirai N, Takagi M, et al: Identification of cardiac sarcoidosis with ^{13}N - NH_3 / ^{18}F -FDG PET. *J Nucl Med* 2003; 44: 1030-1036.
 - 20) Ishimaru S, Tsujino I, Takei T, et al: Focal uptake on ^{18}F -fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography images indicates cardiac involvement of sarcoidosis. *Eur Heart J* 2005; 26:1538-1543.
 - 21) Kaku B, Kanaya H, Horita Y, et al: Failure of follow-up gallium single-photon emission computed tomography and fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography to predict the deterioration of a patient with cardiac sarcoidosis. *Circ J* 2004; 68:802-805.
 - 22) Shimada T, Shimada K, Sakane T, et al: Diagnosis of cardiac sarcoidosis and evaluation of the effects of steroid therapy by gadolinium-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging. *Am J Med* 2001; 110:520-527.
 - 23) Tadamura E, Yamamuro M, Kubo S, et al: Effectiveness of delayed enhanced MRI for identification of cardiac sarcoidosis: Comparison with radionuclide imaging. *AJR Am J Roengenol* 2005; 185:110-115.
 - 24) Smedema JP, Snoep G, van Kroonenburgh MPG, et al: The additional value of Gadolinium-enhanced MRI to standard assessment for cardiac involvement in patients with pulmonary sarcoidosis. *Chest* 2005; 128:1629-1637.
 - 25) 小山恵子, 織内昇, 樋口徹也, 他: 心臓サルコイドーシスの ^{18}F -FDG-PET像とMR像の比較. *臨床放射線* 2006; 51: 142-147.
 - 26) Aso H, Takeda K, Ito T, et al: Assessment of myocardial fibrosis in cardiomyopathic hamsters with gadolinium-DTPA enhanced magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 1998; 33:22-32.
 - 27) Kiuchi S, Teraoka K, Koizumi K, et al: Usefulness of late gadolinium enhancement combined with MRI and ^{67}Ga scintigraphy in the diagnosis of cardiac sarcoidosis and disease activity evaluation. *Int J Cardiovasc Imaging* 2007; 23:237-241.

