

Cine MRI による ASD の血流と心機能の評価

今野 述¹, 林 正博¹, 木庭新治¹
桑原由美子¹, 広重壽一¹, 井上幸一¹
山中 健¹, 長谷川武志¹, 望月 衛²
橘 秀昭², 伊藤誠司²
片桐 敬², 白川豊美³

¹関東労災病院循環器内科

²昭和大学第三内科

³シーメンスメディカル

1. 緒 言

MRI の発達に伴い, 成人の先天性心疾患の診断における有用性について多くの検討がなされている。特に心房中隔欠損症 (ASD) や心室中隔欠損症 (VSD) において高い sensitivity が報告されている^{1),2)}。従来は spin echo 法による欠損孔の証明が診断の主体であったが, 近年, cine MRI によりシャント血流の描出が行われるようになった^{3),4)}。また MRI による連続断層の撮像により心内腔容積を求めうる事が示されている^{5),6)}。

心房中隔欠損症 (ASD) は成人の先天性心疾

患の中で最も頻度の高い疾患であり⁸⁾, その心機能を把握し, 手術適応を決定することが臨床重要である。

今回成人 ASD 症例について, cine MRI による連続的な体軸水平断層を撮像し, ASD の診断と, 心内腔容積の測定による心機能の評価の可能性を検討した。

2. 対 象

心房中隔欠損症を疑われて入院し, 心臓カテテル検査を行った 9 例を対象とした。男性 5 例, 女性 4 例, 年齢は 19~60 歳, 平均 48.7±12.2 歳。

キーワード cine-mode MRI, atrial septal defect, cardiac blood flow, right ventricular end-systolic volume, right ventricular end-diastolic volume

3. 方 法

シーメンス社製 MAGNETOM H 15 超伝導型装置を使用。位置決めのため、前額断撮像後、横隔膜上部から大動脈レベルまで連続 8 スライスの水平断層像を、FLASH 法、flip angle 30°, TE 15 msec, TR 50~30 msec, アベレージング 2 回、スライス幅 8~10 mm で撮像した(図 1)。撮像時間をできるだけ短くするため、1 回の撮像時間の中で 1 心拍 12 フレームで構成するシネ画像を 2 断面で撮像した。1 回撮像に要する時間は平均約 8 分、8 断面撮像するために 4 回の撮像が必要であり、全体で約 50 分で撮像が終了した。各断面についてシネ表示して血流状態を検討するとともに、TD が 0 に近い画像を拡張終期像、左心房の最も拡張した画像を収縮終期像とし、心内膜面をトレースして内腔面積を求め、

スライス幅を掛けたいえ全スライス分を合計して、右室拡張終期容積 (RVEDV)、右室収縮終期容積 (RVESV)、左室拡張終期容積 (LVEDV)、左室収縮終期容積 (LVESV) を求め、心臓カテーテル検査所見と対比して検討した。

4. 結 果

1) 血流の評価

対象 9 例全例で拡張期に左房から右房への ASD の短絡血流が描出された。1 例では収縮期に右房から左房への血流も認めた。右心系の拡張が小さい例では大動脈弁レベルで、拡張の大きい例では 4 chamber レベルで短絡血流が良好に描出される傾向を認めた。

9 例中 7 例に三尖弁閉鎖不全 (TR)、3 例に僧帽弁閉鎖不全 (MR) の逆流血流が描出された。

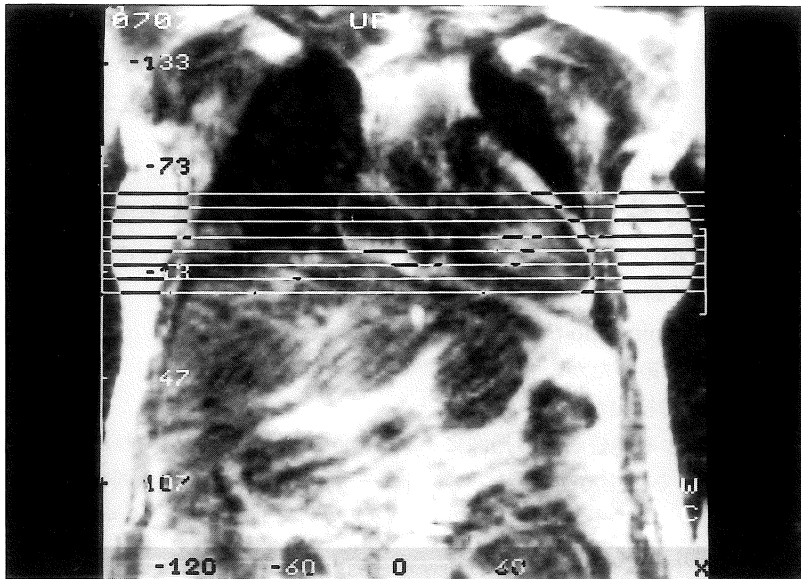


図 1. 前額断面像 (位置決め)

右心系の拡張が著明な例ほど TR 血流が大きい傾向を認めた。以下に症例をしめす。

症例 1 : 51 歳, 女性. 胸部 X-P 上 CTR 48 % と心拡大を認めなかった. 図 2 に大動脈レベルの断面を示すが, 拡張期に左房から右房への ASD

の短絡血液を認めるほか, TR と, MR の逆流を認めた。

症例 2 : 59 歳, 男性. 右心不全症状が強く, CTR 68 % と拡大. 図 3 は 4 chamber レベルの断面であるが, 右房, 右室の拡張が著明で, 心房中隔

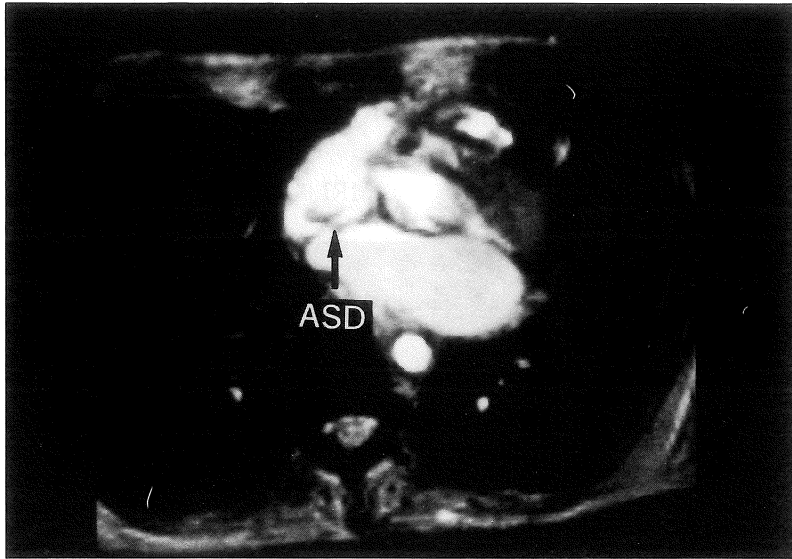


図 2 . 症例 1 水平断層像 (大動脈レベル, 拡張期)

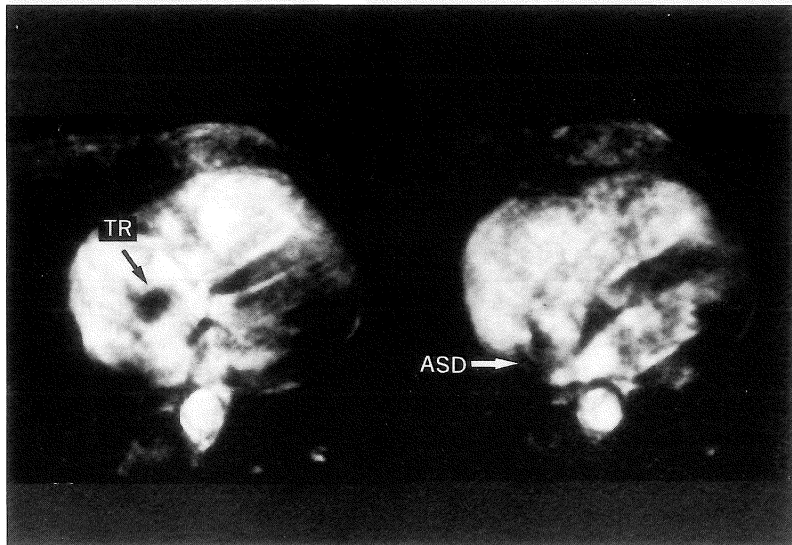


図 3 . 症例 2 4-chamber 水平断層像

が左方へ偏位している。左房から右房への ASD の短絡血流を認め、TR の逆流血流も認めた。症例 3 : 47 歳, 女性。心エコーで僧帽弁狭窄症 (MS) と, 中隔の paradoxical movement を指摘された。MRI では大動脈弁レベルで ASD の大きな短絡血流を認めた (図 4 a)。4 chamber レベルでは, 僧帽弁の開きが悪く, 拡張期左室流入血流がジェット状に描出されている (図 4 b)。これらの所見から, ASD+MS, すなわち Lutembacher 症候群と診断された。

2) 心カテ所見との比較

表 1 に MRI により算出した RVEDV, RVESV, LVEDV, LVESV および右室 1 回拍出量 (RVSV) / 左室 1 回拍出量 (LVSV) と, 右心カテ所見並びにそれより算出した肺体血流比 (Q_p/Q_s) との対比を示す。肺動脈 (PA) 平均圧と RVEDV, 右室収縮期圧 (RVSP) と RVEDV の間にそれぞれ $r=0.832, r=0.935$ と高い相関係数が得られ, PA 圧や RVSP の増加している例では, 右心系の拡張に伴って RVEDV が著増していることが示された (図 5-a, -b)。MRI による RVSV/LVSV と心カテの Q_p/Q_s の

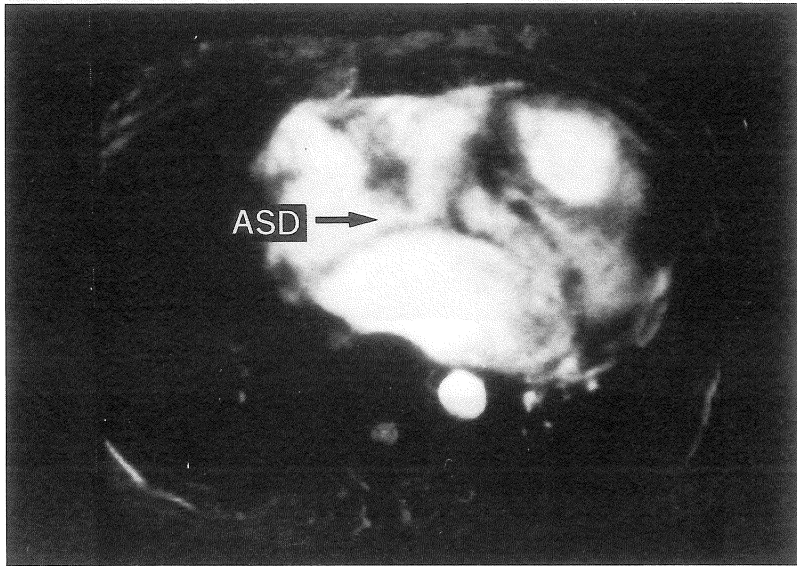


図 4-a. 症例 3 水平断層像(大動脈レベル)

表 1. シネモード MRI と右心カテーテル所見の対比

症例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	51 yrs F	59 yrs M	47 yrs F	54 yrs M	44 yrs M	60 yrs M	52 yrs F	52 yrs M	19 yrs F	
右心カテ所見	PA (S/D(m)) (mmHg)	29/10(17)	52/10(27)	40/14(25)	25/10(16)	29/9(17)	21/7(12)	27/9(17)	33/16(21)	18/5(12)
	RV (S/D) (mmHg)	27/0	50/10	44/2	32/4	33/3	23/1	33/1	36/0(3)	30/0(4)
	RA (mmHg)	3	7	7	6	3	0.5	3	3	2.7
	SL→R (%)	40.0	82.3	69.5	67.1	83.1	66.0	73.1	49.5	69.4
	Q_p/Q_s	1.71	5.12	3.16	2.97	5.80	2.95	3.95	1.85	3.18
MRI	RVEDV (ml)	121	457	363	164	144	116	158	224	228
	ESV (ml)	71	290	245	71	96	54	64	98	106
	RVSV (ml/回)	50	167	118	93	48	62	94	126	122
	LVEDV (ml)	102	166	125	91	110	97	79	120	103
	ESV (ml)	58	89	32	42	87	49	20	51	50
LVSV (ml/回)	44	77	93	49	23	48	58	69	53	
RVSV/LVSV	1.14	2.09	1.27	1.90	2.09	1.29	1.61	1.82	2.29	

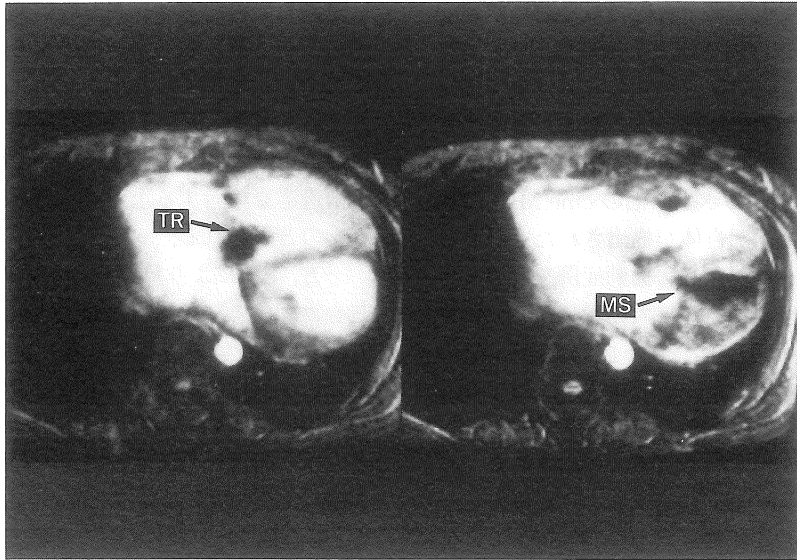


図 4-b. 症例 3 4-chamber 水平断層像

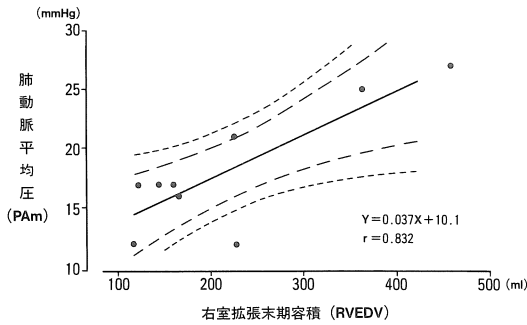


図 5-a. 肺動脈平均圧と右室拡張末期容積の相関

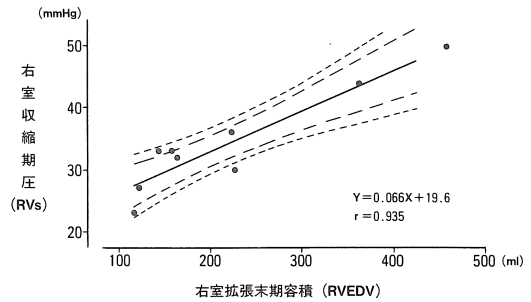


図 5-b. 右室収縮期圧と右室拡張末期容積の相関

間には $r=0.529$ の相関係数が得られた(図 6)。

5. 考 案

MRI の ASD, VSD に対する診断の有用性について、従来の spin echo 法による検討で、その sensitivity は 80~100% と報告されている^{1),2)}。しかし、spin echo 法では欠損部を描出しなければならぬため断面の設定が難しく、また、ASD においては foramen ovale との鑑別が困難な例

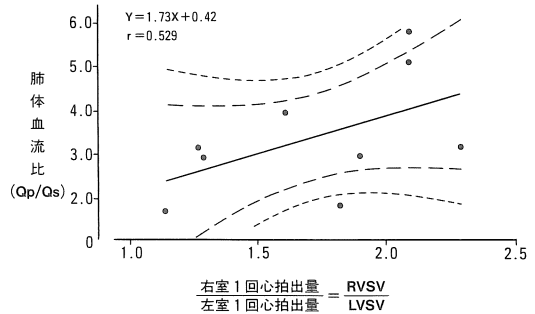


図 6. 肺体血流比と左右心室拍出量比の相関

があるなどの欠点があった⁷⁾。これに対して cine MRI では、血流は通常白く一様に描出され、シャント血流などのジェット状の乱流は黒く描出される。このため欠損部自体の描出がなくてもシャント血流の証明で、ASD, VSD の診断が可能である^{5),6)}。今回の水平断面の cine MRI の検討では、ASD 欠損部自体が描出されたと思われる症例はなかったが、心房細動症例を含めて全例 4 chamber—大動脈弁—大動脈レベルのいずれかの断面で、ASD のシャント血流を認め、ASD の診断が可能であった。また同時に、TR, MR の逆流血流も描出が良好で、MS 合併例のジェット状の左室内流入血流も明瞭に描出された。この結果から、断面の設定の容易な水平断層の cine MRI が ASD の診断にきわめて有用であり、他の弁逆流などの血流情報を併せて得ることのできる優れた方法であると考えられた。

左心室容積の測定には、現在一般的に心臓カテーテル検査による左心室造影 (LVG) が用いられている⁹⁾。Area length 法により、左室内腔を回転楕円体と仮定して計算するこの方法は、心室瘤などの心室の形の変化により誤差が大きくなる欠点を持つ。しかも観血的検査であり、繰り返し検査を行うのは困難である。一方、非観血的検査としては、心エコー法、心電図同期 CT 法などがある。心エコー法は簡便にリアルな画像が得られる点で優れているが、心尖部が描出しにくく、必ずしも正確な長軸、短軸像を得られないこと、また、被検者によってはエコーが入らないことなどの欠点がある。CT 法は造影剤を要し、また X 線被曝の問題がある。右心室の容積の計測に関しては、右室造影による検討などがなされているが¹⁰⁾、その形の特殊性からいまだ確立された方法はない。これに対して cine MRI は非侵襲的に、造影剤を使用せず、回転楕円体というような仮定を必要とせず、左心室と右心室の容積を同時に計測できる点で、最も優れた方法になる可能性がある。

筆者らの検討では、右室収縮期圧、または肺動脈圧が上昇し右心系が拡張するのに伴って、RVEDV が増加する傾向を認めた。これは本法によって計測した右心室容積が右心機能の指標になる可能性を示す。ASD 症例を経過を追って手術適応を検討する上でも有力な手がかりになるものと思われる。

一方、本法により算出した RVSV/LVSV と、右心カテにより算出した Q_p/Q_s との相関は $r = 0.529$ とやや低い。この原因として、TR, MR などによる逆流があり、本法により算出した 1 回心拍出量 (SV) が真の SV とは限らないことが大きな原因と考えられた。その他に、スライス幅が比較的厚いため volume effect があること、1 心拍 10~12 フレームとしているため、真の拡張末期、収縮末期をとらえられないこと、収縮期の心全体のスイングのため断面の変化がおきること、などが考えられた。

以上、cine MRI は ASD の診断に非常に有用であり、心機能の評価についても弱点はあるものの、有益な情報を得ることができる可能性が示された。今後 MRI のハード、ソフト面での改良、発展と共に cine MRI が ASD 診断のルーチンワークとして普及していくことが期待される。

稿を終えるにあたり、ご協力を頂いた関東労災病院放射線科久松克次、橋爪俊幸両技師、谷岡久也、古田敦彦両先生に深謝いたします。

文 献

- 1) L. Diethelm, R. Dery, M.J. Lipton, et al.: Atrial-level shunts: Sensitivity and specificity of MR in diagnosis. *Radiology* 162: 181-186, 1987
- 2) D. Didier, C.B. Higgins, M.R. Fisher et al.: Congenital heart disease: Gated MR imaging in 72 patients. *Radiology* 158: 227-235, 1986
- 3) U. Sechtem, P. Pflugfelder, M.C. Cassidy et al.: Ventricular septal defect: Visualisation of shunt flow and determination of shunt size by

- cine MR imaging. *AJR* 149 : 689-692, 1987
- 4) U. Sechtem, P.W. Pflugfelder, R.D. White et al.: Cine MR imaging: Potential for the evaluation of cardiovascular function. *AJR* 148 : 239-246, 1987
- 5) J.A. Utz, R.J. Herfkens, J.A. Heinsimer, et al.: Cine MR determination of left ventricular ejection fraction. *AJR* 148 : 839-843, 1987
- 6) 渡辺幹夫, 細田泰之, D.N. Felmin, 他: NMR 画像による左右心室容積心機能の同時測定. *心臓* 18 : 626-633, 1986
- 7) D.G. Lowell, D.A. Turner, S.M. Smith, et al.: The detection of artial and ventricular septal defects with electrocardiographically synchronized magnetic resonance imaging. *Circulation* 73 : 89-94, 1986
- 8) H. Mark, D. Young, et al.: Congenital heart disease in the adult. *Am J Cardiol* 15 : 293, 1965
- 9) J. Wynne, L.H. Green, T. Mann, et al.: Estimation of left ventricular volumes in man from biplane cine-angiograms filmed in oblique projections. *Am J Cardiol* 41 : 726, 1978
- 10) J. Ferlinz, R. Gorlin, P.F. Cohn, et al.: Right ventricular performance in patients with coronary artery disease. *Circulation* 52 : 608-615, 1975

Evaluation of Blood Flow and Cardiac Function in Atrial Septal Defect based on Cine-Mode Magnetic Resonance Imaging

NOBURU KONNO,¹ MASAHIRO HAYASHI¹
SHINJI KOBAYASHI,¹ YUMIKO KUWAHARA¹
JUICHI HIROSHIGE,¹ KOICHI INOUE¹
TAKESHI YAMANAKA,¹ TAKESHI HASEGAWA¹
MAMORU MOCHIZUKI,² HIDEAKI TACHIBANA²
SEIJI ITO,² TAKASHI KATAGIRI²
TOYOMI SHIRAKAWA³

¹*Department of Internal Medicine, Kanto Rousai Hospital*

²*3rd Department of Internal Medicine, Showa University School of Medicine*

³*Siemens Medical*

We evaluated blood flow and cardiac function by cine-mode MRI in 9 patients with atrial septal defect (ASD). Cine-mode MRI was carried out with a 1.5 tesla superconductive magnet system using gradient echo technique (FLASH). The tomogram of 8 contiguous transaxial images were taken with a slice having thickness of 8 to 10 mm, ranging from the level of diaphragm to the level of aortic root. In each image, the area of the lumen of the left and right ventricles was measured and the ventricular volume was calculated by Simpson's method.

Shunt blood flow of ASD was detected clearly in all cases. It was observed clearly at four chamber level in the cases with marked dilatation of the right atrium and ventricle but in the other cases at aortic valve level. Mitral regurgitation was recognized in 3 cases and tricuspid regurgitation in 7 cases, respectively. It was likely recognized that greater the end-diastolic volume of right ventricle calculated by Simpson's method showed higher pulmonary arterial pressure and higher right ventricular pressure.

These results suggest that contiguous transaxial cine-mode MRI is useful for the diagnosis of ASD and for the estimation of the cardiac function.