

心臟의 心電圖誘導 磁氣共鳴影像術*

— II. 心臟 및 大血管疾患의 所見 —

서울대학교 醫科大學 放射線科學教室

朴在亨 · 任廷基 · 韓萬青 · 金周完

韓國科學技術院 電氣 電子工學科

安昌範 · 金潤秀 · 柳忠烈 · 文治雄 · 趙長熙

— Abstract —

ECG Gated Magnetic Resonance Imaging in Cardiovascular Disease

Jae Hyung Park, M.D., Chung Kie Im, M.D., Man Chung Han, M.D., Chu Wan Kim, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University

Chang Bum Ahn, Yoon Soo Kim, Chung Yul Rew, Chi Woong Mun, Zang Hee Cho, Ph.D.

Department of Electrical Science, Korea Advanced Institute of Science

Using KAIS 0.15 Tesla resistive magnetic imaging system, ECG gated magnetic resonance (MR) image of various cardiovascular disease was obtained in 10 patients.

The findings of MR image of the cardiovascular disease were analysed and the results were as follows:

1. In 6 cases of acquired and congenital cardiac diseases, there were 2 cases of myocardial infarction, 1 case of mitral stenosis and 3 cases of corrected transposition of great vessels. The others were 3 cases of aortic disease and 1 case of pericardial effusion with lymphoma.
2. Myocardial thinning and left ventricular aneurysm were detected in MR images of myocardial infarction. The left atrium was well delineated and enlarged in the case of mitral stenosis. And segmental analysis was possible in the cases of corrected transposition since all cardiac structures were well delineated anatomically.
3. In aortic diseases, the findings of MR image were enlarged lumen, compressed cardiac chambers in ascending aortic aneurysm, intimal flap, enhanced false lumen in dissecting aneurysm and irregular narrowing of aorta with arterial obstruction in Takayasu's arteritis.
4. Pericardial effusion revealed a conspicuous contrast with neighboring mediastinal fat and cardiac wall due to its low signal encircling cardiac wall.
5. ECG gated MR image is an accurate non-invasive imaging modality for the diagnosis of cardiovascular diseases and better results of its clinical application are expected in the future with further development in the imaging system and more clinical experiences.

* 1985년도 서울대학교 병원 특진연구비 보조로 이루어진 것임.

이 논문은 1985년 4월 15일에 접수하여 1985년 6월 3일에 채택되었음.

I. 緒 論

磁氣共鳴影像術은 CT와 超音波撮影法の 登場以後 影像診斷 分野에 있어 가장 刮目할 만한 發展으로서 身體各 部分의 診斷에 利用되고 있는 바 그중 心血管系의 診斷에 있어 특히 그 有用性を 認定받고 있다¹⁻⁴⁾.

心血管系에 있어서는 CT 및 DSA 등의 檢査法이 限界性を 나타내고 있으며 二次元 超音波心臟撮影術(心エコー圖)이 發展하였으나 肺의 空氣로 인한 撮影상의 問題와 影像野가 좁은 點등의 短點이 있음이 事實이다.

磁氣共鳴影像術은 움직이는 血流로 인하여 自生的인 對照를 보여 좋은 心血管影像을 얻을 수 있고 다행히 우리나라 科學技術院에서 心電圖誘導 磁氣共鳴撮影이 可能하게 되어 이미 正常心臟의 所見에 대하여 著者等이 報告한 바 있다¹⁾.

著者 等은 여러 心血管疾患의 患者에서 磁氣共鳴影像術을 實施하여 몇가지 知見을 얻었기에 이를 文獻考察과 함께 報告하는 바이다.

II. 對象 및 方法

서울大學校病院 放射線科에 來院하여 心エコー圖 또는 心導子術 및 映畫心臟撮影術을 施行하여 確診된 心血管疾患 患者중 本人의 同意를 얻어 韓國科學技術院에서 磁氣共鳴影像 撮影을 施行한 10例를 對象으로 하였다.

使用한 裝備로는 韓國科學技術院에서 開發한 KAIS 磁氣共鳴影像機, 磁力 0.15 Tesla, 常傳導 電磁石으로 Spin-echo法을 利用한 Saturation recovery 方法이었

고 心電圖誘導는 報告된 바와 同一한 方法을 使用하였다¹⁾.

切斷두께는 15mm 이었고 心電圖 R波 以後 80msec. 間隔의 각각 다른 心臟搏動期의 6個 切斷像을 同時に 얻었다.

反響遲延時間(TE)은 正規의으로 32msec.를 使用하였고 解像力은 1.4×1.4mm 에 該當하였다.

全 10 例의 臨床診斷을 要約하면 Table I 과 같다.

撮影方法으로는 各例에서 橫切斷, 矢狀切斷 및 冠狀切斷을 하였고 45°/45° 傾斜切斷은 必要時 追加하였다.

Table I. Clinical diagnosis of 10 patients with cardiovascular disease

	No.	Sex/Age	Diagnosis
Heart disease	1	M/46	Myocardial infarction
	2	M/53	Myocardial infarction
	3	M/20	Mitral stenosis
	4	M/17	Corrected TGV (Post-op.)
	5	F/41	Corrected TGV
	6	F/32	Corrected TGV
Aortic disease	7	F/47	Ascending Aorta aneurysm
	8	F/23	Dissecting aneurysm
	9	F/23	Takayasu's arteritis
Pericardial disease	10	M/32	Lymphoma

III. 結 果

全 10 例의 臨床診斷중 心臟疾患은 6 例로서 3 例의 後天性心臟疾患은 心筋硬塞症이 2 例, 僧帽瓣狹窄症이 1

Table II. Findings of MR image in 10 cases of cardiovascular disease

	No.	Diagnosis	MRI findings
Heart disease	1	Myocardial infarction	Myocardial thinning, LV aneurysm
	2	Myocardial infarction	Myocardial thinning, LV aneurysm
	3	Mitral stenosis	Enlarged LA, thickened mitral valve
	4	Corrected TGV, post-op.	Segmental analysis (I.D.D), small PA
	5	Corrected TGV	Segmental analysis (S.L.L), ASD
	6	Corrected TGV	Segmental analysis (S.L.L), large RA
Aortic disease	7	Ascending A. aneurysm	Enlarged aorta, compressed cardiac chambers
	8	Dissecting aneurysm	Enhanced false lumen, intimal flap
	9	Takayasu's arteritis	Irregular narrowing of aorta, arterial obstruction
Pericardial disease	10	Lymphoma	Mediastinal mass, pericardial effusion

例이었고 3例의 先天性心臟疾患은 모두 修正大血管轉位症이었으며 그중 1例는 手術後狀態이었다. 大動脈疾患이 3例로서 上行大動脈瘤, DeBakey II型 剝離性大動脈瘤 및 Takayasu 動脈炎이 各各 1例이었다. 心瓣疾患 1例는 生檢術로 確診된 淋巴腫이 縱隔洞과 心瓣을 侵犯하여 心瓣滲出을 나타내는 경우이었다 (Table II).

磁氣共鳴影像所見

1) 心臟疾患: 心筋硬塞症 2例의 橫切斷像에서 心尖部位 心筋이 얇아져 있고 左心室瘤를 보였다 (Fig. 1). 움직이는 血流에 의하여 左心室내에는 磁氣共鳴信號가 전혀 보이지 않음으로써 心筋硬塞部位의 心内膜에 發生

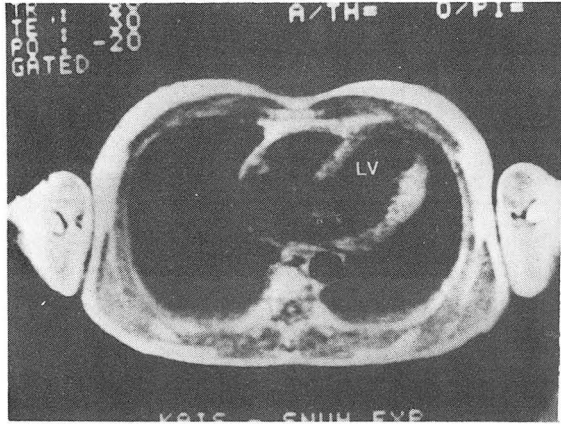


Fig. 1. M/46. Old myocardial infarction. Axial section reveals myocardial thinning at apical segment of left ventricle (LV).

할 수 있는 血栓의 可能性을 排除할 수 있었다. 僧帽瓣狹窄症의 경우 橫切斷像과 矢狀切斷像에서 左心房의 擴張이 確認되었고 僧帽瓣이 뚜렷이 보이므로 이는 肥厚되고 運動이 低下된 僧帽瓣狹窄症의 한 所見으로 看做되었다 (Fig. 2). 修正大血管轉位症에서는 各 心臟分節의 組合에 따른 S,L,L. 또는 I,D,D.의 解剖學的 相關關

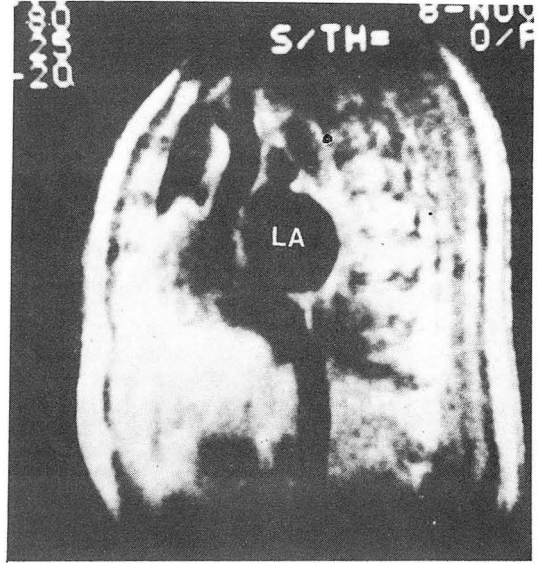


Fig. 2. M/20. Mitral stenosis. Right paramedian sagittal section shows enlarged left atrium (LA). Inferior vena cava is connected to right atrium. Ascending aorta and mitral valve are partially demonstrated.

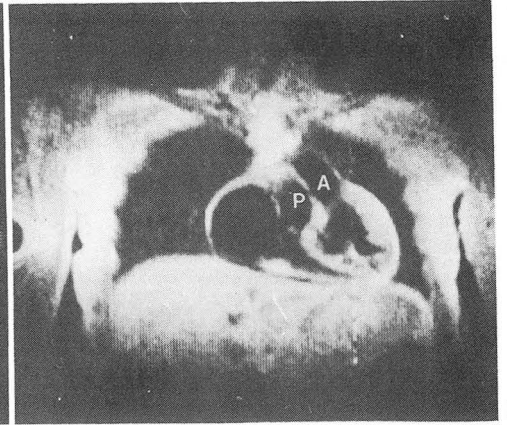
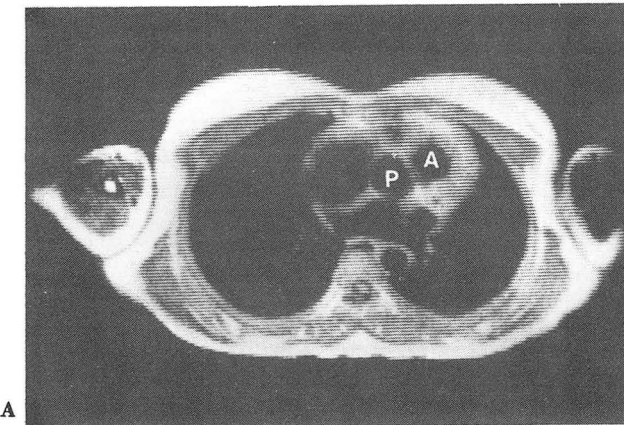


Fig. 3. F/32. Corrected transposition of great vessels.

- A. Left anterior location of ascending aorta (A) and right posterior pulmonary artery (P) are demonstrated in axial cut.
- B. Coronal cut depicts ascending aorta (A) originating from left sided trabeculated ventricle (morphologic right ventricle) and pulmonary artery (P) from right sided ventricle (morphologic left ventricle).

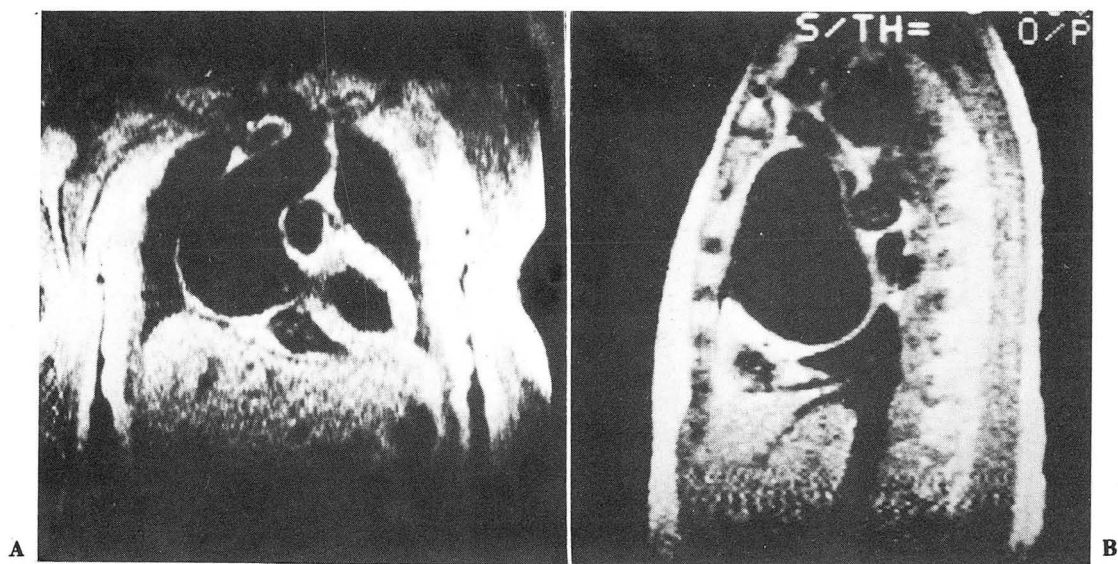


Fig. 4. F/47. Ascending aortic aneurysm.

- A. Markedly dilated ascending aorta arises from left ventricle in coronal section.
B. Huge aneurysm is compressing right atrium and ventricle in sagittal section.

係가 쉽게 判別되었으며 同伴될 수 있는 病變중 肺動脈 狹窄으로 인한 主肺動脈 內徑縮小, 心房中隔缺損, 僧帽 瓣不全으로 인한 右心房的 擴張이 各 1 例씩 나타났다 (Fig. 3).

手術後의 追跡檢査이었던 症例 4의 경우 手術에 使用된 胸骨의 鐵縫合絲는 胸骨 陰影속에서 검게 나타날 뿐 特記할 人工物은 만들지 않았다.

2) 大動脈疾患

巨大한 上行大動脈瘤의 경우 橫切斷, 矢狀切斷 冠狀切斷의 各各에서 모두 上行大動脈의 內徑變化가 뚜렷이 나타났고 内部의 움직이는 血流로 인하여 血管壁과 뚜렷한 對照를 이루었다 (Fig. 4). 左右心房 및 右心室 등이 動脈瘤에 의해 壓迫을 받고 있었고 周圍의 解剖學的 構造들과의 相互關係를 뚜렷이 나타내었다. 剝離性大動脈瘤의 경우 DeBakey II 型으로 上行大動脈에 局限하여 內腔이 內膜瓣에 의해 나뉘져 있었고 假內腔에서는 心臟의 弛緩期에 該當되는 切斷像에서 낮은 速度의 血流에 의해 강한 磁氣共鳴信號를 나타내었다 (Fig. 5). 橫切斷에서 內膜瓣이 뚜렷이 나타났으며 矢狀切斷에서는 內膜瓣의 正確한 位置를 確認하기 어려웠다. Takayasu 動脈炎의 例에서 施行한 腹部의 磁氣共鳴影像에서는 矢狀切斷像에서 大動脈 內徑의 不規則的 狹窄이 腹腔動脈 起始部 周圍에 分節狀으로 나타났으며 腹腔動脈의 閉

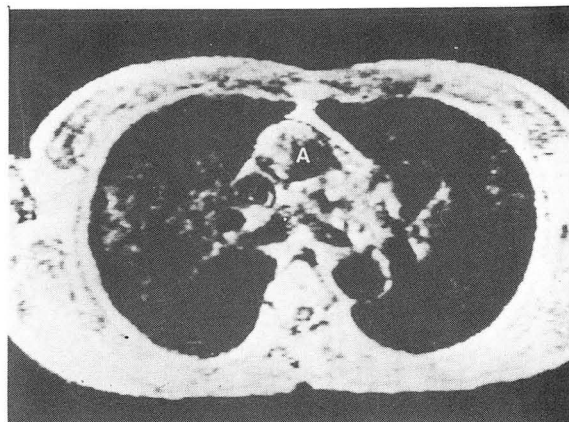


Fig. 5. M/44. Dissecting aneurysm.

Axial view shows enhanced false lumen of ascending aorta due to slow flow in ascending aorta (A).

塞이 보이고 橫切斷에서는 左側腎動脈 起始部の 狹窄이 나타났으나 大動脈의 屈曲으로 인해 全長이 나타나지 않았고 其他分枝 및 側副循環을 認知할 수 없었다 (Fig. 6).

3) 心囊疾患

心囊滲出의 경우 橫切斷像에서 縱隔洞中心을 가로 지르며 心臟을 둘러싸고 있는 낮은 信號強度로 인한 陰影 減少로서 나타나며 周圍의 脂肪, 腫瘍 및 心臟의 構造

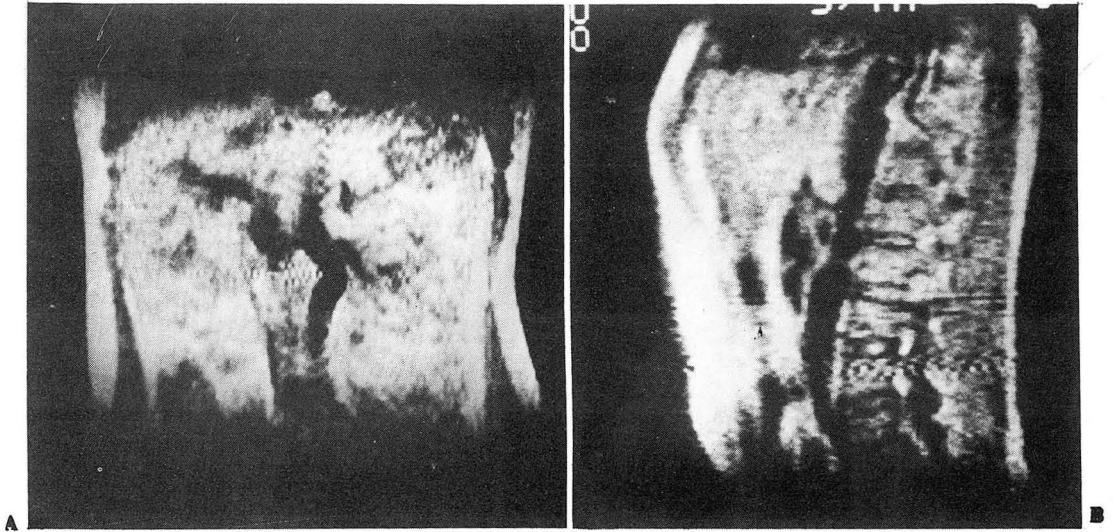


Fig. 6. F/23. Takayasu's arteritis

A. Coronal section reveals tortuous aorta and both renal arteries.

B. Left paramedian sagittal view shows irregular narrowing of aorta around celiac axis.

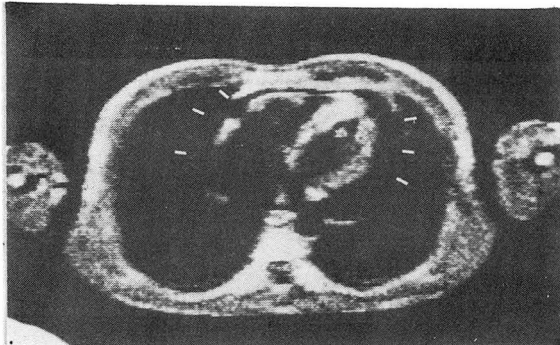


Fig. 7. M/31. Pericardial effusion with hyphoma.

Large amount of pericardial effusion (bars) is noted in axial section around cardiac wall.

와區別되어 잘 나타났고 淋巴腫은 脂肪 및 心壁과區別하기 어려웠다 (Fig. 7).

IV. 考 察

心血管疾患에 있어서 既存의 放射線科學의 診斷法을 非侵襲的 및 侵襲的 檢査로서 大別할 경우 非侵襲인 檢査중에서는 2-D 에코圖를 위시한 心에코圖와 侵襲的인 檢査로서는 心導子術과 함께 實施되는 心血管造影術이 代表的인 診斷法이라 할 수 있으며 최근 2-D 에코圖는 좋은 解像力과 實時間撮影으로 脚光을 받고 있으나 撮

影野 및 透過力이 限定되어 있음이 短點이다.

최근 磁氣共鳴影像術은 電離放射線이 아니며 沃素化合物 등의 造影劑 使用이 必要없는 非侵襲的 檢査로서 心血管係에 있어서 움직이는 血流과 血管 및 心壁 간에 自生的인 對照를 이루어 좋은 解剖學的 影像을 얻을 수 있으며 특히 R波를 중심으로 일정한 間隔의 同期別 像을 얻는 心電圖誘導를 통하여 때로는 呼吸性誘導를 통하여 心血管의 正常構造 및 心血管疾患의 診斷에 應用한 報告가 많이 나타나고 있다^{2,3,5,6}).

正常心臟構造로서는 橫切斷에서 左右心房, 心室, 僧帽瓣, 三尖瓣, 乳頭筋이 잘 나타나며 冠狀切斷에서는 左心室, 上行大動脈, 左心房이 잘 나타나고 矢狀切斷에서는 右心室, 肺動脈, 左心室 등이 잘 나타난다. 冠狀動脈은 30% 정도에서 일부 分節만 나타나므로 診斷에 應用되기는 어렵다¹⁻⁶).

正常 心血管系의 磁氣共鳴影像所見으로서 注目해야 할 點으로는 脈動的으로 收縮弛緩하는 正常 血流에 의하여 弛緩末期에 血流速度의 低下로 信號強度가 增加하고 收縮期에 들어서면 다시 磁氣共鳴信號가 消失하는 周期的인 變化를 보이며 여러 切斷面像을 동시에 얻는 경우 血流가 流入되는 第1切斷面의 下大靜脈 또는 大動脈에서 血流의 速度에 따라 逆說的 陰影增強 (paradoxical enhancement)을 보임이 알려져 있다⁷).

先天性 心臟疾患으로서 心室中隔缺損은 前方의 작은

膜性中隔의 缺損 등의 일부 例外를 除外하면 橫切斷像에서 大部分 잘 나타남이 報告되어 있고^{8,9)} 心房中隔缺損 역시 診斷可能함이 報告되어 있다¹⁰⁾. 22例의 先天性 心臟疾患에서 Higgins 등은 大血管을 包含한 心臟解剖學的構造의 各分節의 相互位置를 橫切斷에서 正確하게 알 수 있으며 矢狀切斷에서 大血管의 起始部가 잘 나타난다 하였다¹⁰⁾.

後天性 心臟疾患중 冠狀動脈疾患의 所見에 대한 報告는 없으나 心筋硬塞의 경우 本症例에서도 觀察된 바 오래된 硬塞으로 인한 心壁의 얇아짐과 左心室瘤 외에도 壁性血栓症도 診斷可能함이 알려져 있다^{6,7)}.

其他 疾患으로는 心臟 및 心臟周圍組織의 腫塊에 있어서도 各心臟構造와의 關係를 正確히 나타냄으로 診斷用易함이 알려져 있으며 大血管을 中心한 血管疾患에 관한 報告로는 大動脈의 粥狀動脈硬化症 所見과 大動脈瘤, 剝離性大動脈瘤, Takayasu 動脈炎 등의 所見에 대한 報告가 있고¹²⁻¹⁶⁾ 그외에도 大動脈絞窄 및 下大靜脈中絶에 대한 症例報告가 있다^{17,18)}.

著者들이 經驗한 10例의 경우 心電圖誘導 磁氣共鳴影像 所見을 單純胸部攝影, 同位原素血管攝影, CT, 2D-에코圖, 映畫心臟攝影術 및 血管造影術 등의 他檢査所見과 比較하여 볼 때 心臟疾患에 있어서 磁氣共鳴影像術은 撮影時間이 길며 映畫心臟攝影術보다 解像力이 낮고 血流의 움직임을 볼 수 없는 短點이 있으며 冠狀動脈에 관한 한 期待하기 어려우나 2D-에코圖와 함께 가장 非侵襲的인 檢査法이라 할 수 있고 撮影野가 넓으며 周圍의 縱隔洞 및 大血管의 解剖學的 構造를 더 잘 볼 수 있는 長點이 있다 하겠다.

앞으로 期待되는 것은 影像切斷面을 選擇함에 있어서 左心室의 長軸과 平行하며 心室中隔에 平行인 경우와 心室中隔에 垂直인 경우 및 左心室의 心尖部位에서 出路까지의 各部位의 短軸에 대한 切斷像 등 여러가지 角度의 撮影으로 診斷을 試圖해 보는 것과 여러 切斷을 同時에 double echo 技法으로 施行하는 등 撮影時間을 短縮하여 切斷두께를 줄이는 方法 등이 觀心事이며 또한 움직이는 Spin에 의해 나타나는 位相差 (Phase shift)를 利用한 血流速度의 影像化도 研究되고 있어 臨床의 活用이 期待되고 있다^{19,20,21)}.

V. 結 論

著者들은 서울大學校病院 放射線科에 來院한 10例의

心血管疾患 患者에서 韓國科學技術院에서 開發한 KAIS 磁氣共鳴影像機를 利用하여 心電圖誘導 磁氣共鳴影像術을 實施하고 다음의 結論을 얻었다.

1. 心臟疾患에 있어서 心筋硬塞 2例에서 心筋壁의 얇아짐과 左心室瘤를 觀察할 수 있었으며 僧帽瓣狹窄症 1例에서는 左心房의 擴大를 볼 수 있었고 先天性 心臟疾患인 修正大血管轉位症 3例에서는 各 心臟分節 組合에 따른 診斷이 可能하였다.

2. 大動脈疾患 3例에서는 動脈瘤, 剝離된 內膜瓣, Takayasu 動脈炎으로 좁아진 內徑을 각각 確認할 수 있었으며 惡性淋巴腫으로 인한 心囊滲출을 觀察할 수 있었다.

3. 心電圖誘導 磁氣共鳴影像術은 心臟疾患의 正確한 非侵襲的 檢査法으로서 앞으로 積極的인 臨床的 活用과 새로운 影像方法으로서의 發展이 期待된다.

REFERENCES

1. 박재형, 임정기, 박찬섭, 임 덕, 한만청, 김주완: 심장의 심전도유도 자기공명영상술 - I. 정상심장의 소견. 대한방사선의학회지 20:835-840, 1984.
2. Lanzer P, Botvinick EH, Schiller NB, et al.: Cardiac imaging using gated magnetic resonance. *Radiology* 150:127-127, 1984.
3. Go RT, MacIntyre WJ, Yeung HN, et al.: Volume and planar gated cardiac magnetic resonance imaging: A correlative study of normal anatomy with Thallium-201 SPECT and cadaver sections. *Radiology* 150:129-135, 1984.
4. Choyke PL, Kressel HY, Reichel N, et al.: Nongated cardiac magnetic resonance imaging: Preliminary experience at 0.12T. *AJR* 143:1143-1150, 1984.
5. Ehman RL, McNamara MT, Pallack M, Hricak H, Higgins CB: Magnetic resonance imaging with respiratory gating: Techniques and advantages. *AJR* 143:1175-1182, 1984.
6. Lieberman JM, Alfidi RJ, Nelson AD, et al.: Gated magnetic resonance imaging of the normal and diseased heart. *Radiology* 152:465-470, 1984.
7. Herfkens RJ, Hidding CB, Hricak H, et al.: Nuclear magnetic resonance imaging of the cardiovascular system: Normal and pathologic findings. *Radiology* 147:749-759, 1983.
8. Fletcher BD, Jacobstein MD, Nelson AD, Riemenschneider TA, Alfidi RJ: Gated magnetic resonance imaging of congenital cardiac malformations. *Radiology* 150:137-140, 1984.

9. Heneghan MA, Biancaniello TM, Heidelberger E, Peterson SB, Marsh MJ, Lauterbur PC: *Nuclear magnetic resonance zeugmatographic imaging of the heart: Application to the study of ventricular septal defect. Radiology* 143:183-186, 1982.
10. Higgins CB, Byrd III BF, Farmer DW, Osaki L, Silverman NH, Cheitlin MD: *Magnetic resonance imaging in patients with congenital heart disease. Circulation* 70:851-860, 1984.
11. Amparo EG, Higgins CB, Farmer D, Gamsu G, McNamara M: *Gated MRI of cardiac and paracardiac masses: Initial experience. AJR* 143:1151-1156, 1984.
12. Herfkens RJ, Higgins CB, Hricak H, et al.: *Nuclear magnetic resonance imaging of atherosclerotic disease. Radiology* 148:161-166, 1983.
13. Higgins CB, Goldberg H, Hricak H, Crooks LE, Kaufman K, Brasch R: *Nuclear magnetic resonance imaging of vasculature of abdominal viscera: Normal and pathologic features. AJR* 140:1217-1225, 1983.
14. Amparo EG, Higgins CB, Hoddick W, et al.: *Magnetic resonance imaging of aortic disease: Preliminary results. AJR* 143:1203-1209, 1984.
15. Lee JKT, Ling D, Heiken JP, et al.: *Magnetic resonance imaging of abdominal aortic aneurysms. AJR* 143:1197-1202, 1984.
16. Moore EH, Webb WR, Verrier ED, et al.: *MRI of chronic posttraumatic false aneurysms of the thoracic aorta. AJR* 143:1195-1196, 1984.
17. Amparo EG, Higgins CB, Shafton EP: *Demonstration of coarctation of the aorta by magnetic resonance imaging. AJR* 143:1192-1194, 1984.
18. Shultz CL, Morrison S, Bryan PJ: *Azygos continuation of the inferior vena cava: Demonstration by NMR imaging: J Comput Assist Tomogr* 8:774-776, 1984.
19. Dinsmore RE, Wismer GL, Levine RA, Okada RD, Brady TJ: *Magnetic resonance imaging of the heart: Positioning and gradient angle selection for optimal imaging planes. AJR* 143:1135-1142, 1984.
20. Crooks LE, Barker B, Chang H, et al.: *Magnetic resonance imaging strategies for heart studies. Radiology* 153:459-465, 1984.
21. Bryant DJ, Payne JA, Firmin DN, Longmore DB: *Measurement of flow with NMR imaging using a gradient pulse and phase difference technique. J Comput Assist Tomogr* 8:588-593, 1984.