

原 著

副腎腺腫のCT値とMRI信号評価の検討

湯浅 昌之, 小澤 栄人, 平敷 淳子

Evaluation of Adrenal Adenoma: Correlation between Pre Contrast CT Value and the Signal Intensity Loss on Dual Chemical Shift MRI

Masayuki Yuasa, Eito Kozawa, Atsuko Heshiki (Department of Radiology, Saitama Medical School, Moroyama, Iruma-gun, Saitama 350-0495, Japan)

Purpose: The aim of our study is to assess pre-contrast CT value and signal intensity loss of adrenal adenoma on dual phase chemical shift MRI. **Materials and Methods:** From May 1997 to December 2004, 52 patients with adrenal adenoma were examined with pre-contrast CT and dual chemical shift MRI. Eleven of 52 were proven by surgery and the rest did not show any change for 12 months period. All patients were studied with CT (GE Hispeed Advantage SG, SP LightSpeed Qx/i-α) and 1.5 T MRI units (Magnetom Quantum and Sonata, Siemens, Germany) with a body-coil. CT was scanned with slice thickness of 3 mm, 5 mm or 10 mm, and pitch of 1. In addition to the MR routine sequences such as FLASH and HASTE, dual chemical shift sequence was scanned (TR/TE/FA=140/2.3 and 5.2/90). Hounsfield units (HU) on pre contrast CT, signal intensity ratio (SIR), and signal noise ratio (SNR) on MRI were measured. Signal intensities were measured quantitatively in opposed-phase (OP), in-phase (IP) and background noise (N). SIRs (OP/IP) and SNRs (OP-N)/(IP-N) were calculated as well as mean and standard deviation. Using JMP (commercial analysis software), correlation analysis was performed between HU and the parameters of SIR and SNR with linear regression method. **Results:** The mean and SD of CT value, SNR and SIR was 12.6 ± 15.04 , $SNR=0.51 \pm 0.28$, $SIR=0.47 \pm 0.30$, respectively. Correlation coefficient between CT value and SNR was $0.78(p < 0.001)$, and between CT value and SIR was $0.76(p < 0.001)$. **Discussion and conclusion:** SNR and SIR of in-phase and opposed-phase study is an established method for assessing of fat and water components in the adrenal adenoma. However, CT value also has the power for the evaluation of fat element. In this study the CT vs. SIR and the CT vs. SNR were correlated well. These results suggest that CT value may show the amount of fat element in adrenal nodule. In conclusion, pre-contrast CT value could suggest a good index of a lipid component of an adrenal adenoma. The signal intensity ratios are the reliable evaluation method for diagnosis adrenal adenomas. **Keywords:** adrenocortical adenoma, CT attenuation, dual chemical shift imaging.

J Saitama Med School 2006;33:19-23

(Received December 14, 2005)

緒 言

腹部CT検査が広く施行され偶然に発見される副腎腺腫は5%前後となっているが, 成人の剖検例の報告でも2~8%に発見されている¹⁻³⁾. 腹部単純CTでの副腎腺腫の濃度は, 脂肪を含有することにより低く, 副腎腺腫と他の疾患の鑑別に有効である報告されている^{4,5)}. しかし, 副腎腺腫の単純CT値は-10HU~40HUのばらつきも報告されており, 副腎転移や褐色

細胞腫などの副腎腫瘍のCT値と重なり, 単純CT値だけでは正しく診断できないという報告もある^{6,7)}. 一方, MRIのopposed-phaseにおける信号低下は微細な脂肪成分の存在を証明し, 副腎腺腫の有用な診断方法として確立され広く用いられている⁸⁻¹⁰⁾. しかしMRIでも副腎腺腫は腫瘍径が小さくopposed-phaseでの信号低下の有無が困難な場合あるいは必ずしも正確な信号強度の比が得られない場合も存在すると考えられる. これらを総合的に評価した検討は今まで行われていない.

今回, 我々は副腎腺腫の患者に単純CTとdual chemical

shift法を用いたMRIのin-phaseおよびopposed-phase画像を施行し、それぞれから単純CT値とMRIでの信号低下の有無および信号強度比を求めそれらの関係について評価検討した。

方法

1997年5月から2004年12月までに埼玉医科大学病院でCTとMRIのdual chemical shift法が施行されて副腎腺腫と診断されている56症例、59病変を対象とした。なお、単純CTが施行されていない2症例は除外した。またpartial volume phenomenonの影響を考え、10 mm以下の腫瘍2症例と、内部変性壊死の存在を考え40 mm以上の腫瘍3症例は除外し、52病変を対象とした。男性25例、女性27例、年齢は40-81歳(平均年齢62.5歳)であった。副腎腺腫の診断は、11例で手術が施行されており、クッシング症候群8例、原発性アルドステロン症3例であった。また残りの症例は、最低1年間の経過観察で大きさに変化がなく臨床的に副腎腺腫と診断されている。この研究は、retrospective studyでありinformed consentは施行されていない。

CTとMRIの間隔は、0-567日(平均23.8日)であり、75%(39/52)の症例は1ヶ月以内に施行されている。またCTが先に施行されている症例が36例、MRIが先に施行されている症例が11症例、同日が5症例であった。使用CTはGE社製、HiSpeed Advantage SP, HiSpeed Advantage SG, LightSpeed QX/i- α で施行され検査は全例背臥位で行い、スライス厚は5から10 mm、間隔5から10 mmで撮影した。15 mm以下の小さい腺腫に対しては厚さ3 mm、間隔3 mmを追加撮影した。単純CTで、副腎結節のCT値を測定したが、出来るだけ多くの腫瘍を含むようにし、かつ周囲の脂肪を含まないように測定した。石灰化があるときは、含まないようにした。3回計測し、その平均を求めた。関心領域の大きさは105.6-2709.4 mm²(平均467.5 mm²)であり、一人の測定者(Y.M.)が測定を行った。

MRIはSiemens社製Vision, Sonata, Quantumを使用した。検査は全例body-coilを使用し、全例背臥位で施行した。最初に横断像のFLASHとHASTEを施行し、その後、dual chemical shift sequenceで撮影した。dual chemical shift sequenceのパラメータは、TR150 msec, TE2.7と5.2 msec, Flip angle 70°であった。これらの症例には必要に応じて造影MRIを追加した。

In-phase画像とopposed-phase画像を用い、副腎腺腫、肝、脾、筋、ノイズの関心領域をとり、それぞれの信号強度を測定した。こちらもCT値を測定するのと同じ方法で計測した。肝、脾については、Artifact及び大きな血管を含まないように測定した。ノイズについては、極力Artifactがない部分を選んで、信号強度を測定した。関心領域の大きさは110.6-2809.2 mm²(平均627.5 mm²)であり、CTと同様に一人の測定者(Y.M.)

が測定を行った。

副腎の結節は、opposed-phase画像を用い視覚的に筋肉と対比し信号強度の有無によって次のように評価した。

Type 1: 明らかに信号低下がある。

Type 2: 軽度信号低下がある。

Type 3: 信号低下がはっきりしない。

また、信号低下の有無を信号強度から評価する方法として以前報告の行われている方法に基づいて定義し信号比を求めた⁸⁻¹⁰。

1. signal noise ratio(SNR) = OP-N/IP-N
2. signal intensity ratio(SIR) = OP/IP
3. signal spleen ratio (SSR) = (OP adrenal/OP spleen)/(IP adrenal/IP spleen)
4. signal liver ratio (SLR) = (OP adrenal/OP liver)/(IP adrenal/IP liver)

上記のCT値, SNR, SIR, SSR, SLRの平均値および、標準偏差を求めた。またLinear regression法を用い、CT値とSNR, SIR, SSR, SLRの相関関係を求めた。

結果

副腎腺腫の大きさは、11~38 mm(平均20.9)であった。局在は右22例、左30例で左がやや多かった。副腎腺腫の単純CT値は-11~39HUであった。石灰化は3例に存在した。副腎腺腫全例でin-phaseの画像に比べて、opposed-phase画像で信号が低下した。Opposed-phase画像の信号低下の視覚的分類では、type 1が27例、type 2が14例、type 3が11例であった。CT値が10 HU以下の症例は、全てtype 1であった。type 1-3症例の実際をFig. 1-3に示した。副腎腺腫の視覚的評価はTable 1に示した。CT値およびSNR, SIR, SSR, SLRの平均値および標準偏差は、それぞれ12.6 ± 15.04HU, 0.47 ± 0.30, 0.51 ± 0.28, 0.52 ± 0.28, 0.52 ± 0.27であった。

Linear regression法を用いたCT値と、SNR, SIR, SSR, SLRの関係はFig. 4に示した。各々の相関係数は、CT-SNR: CT-SIR: CT-SSR: CT-SLR=0.78:0.76:0.71:0.69と各々比較的良好な相関関係がえられた(全てp < 0.001)。特にCT値とSNRの相関関係が最も良好であった。

考察

副腎腺腫のMRIによる評価は、内部の脂肪成分の含有により、以前から脂肪抑制画像やopposed-phaseが利用され、特にopposed-phaseとin-phase画像は非常に正確な診断を行える方法として広く用いられている⁸⁻¹⁰。副腎腺腫は内部に脂肪成分を含有することから、CT値もその脂肪の含有を反映し低いCT値を示し、腺腫は低い濃度を示すと考えられるが、これまでにCT値とMRIの比較を行った報告はほとんどおこなわれていない¹¹。今回の副腎腺腫のCT値は、-11~

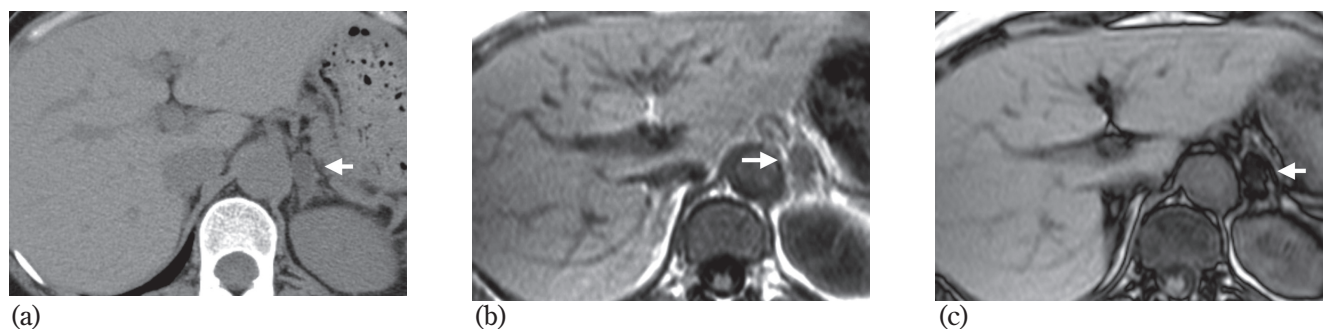


Fig. 1. Primary hyperaldosteronism in 65 year-old-woman (Type 1). (a)Unenhanced transverse CT scan shows left adrenal mass measuring 8 HU. (b)in-phase image;(c)opposed-phase image; A 79% decrease was seen between in the in-phase and opposed-phase images obtained using dual chemical shift method.

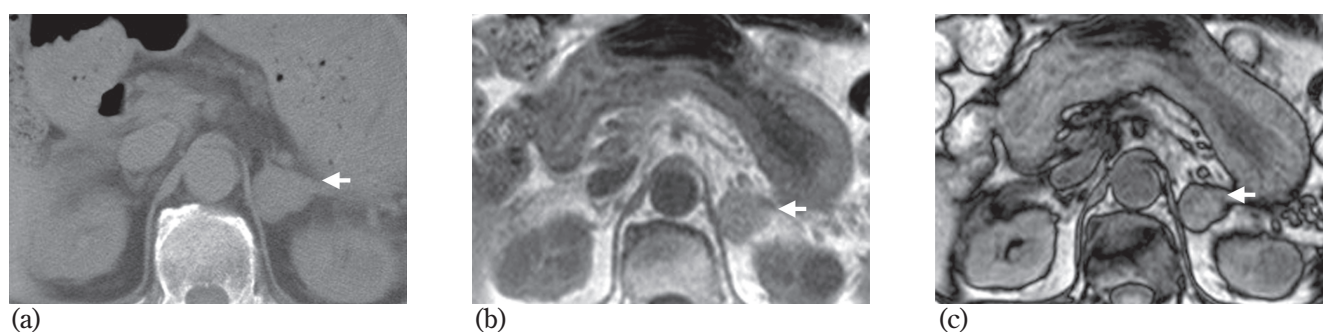


Fig. 2. Non-functioning adrenal adenoma was found on abdominal CT incidentally in 63 year-old-woman (Type 2). (a) Unenhanced transverse CT scan shows left adrenal mass of 27 HU. (b)in-phase image;(c)opposed-phase image; A 43% decrease was seen between in the in-phase and opposed-phase images obtained using dual chemical shift method. The lesion is unchanged more than one year.

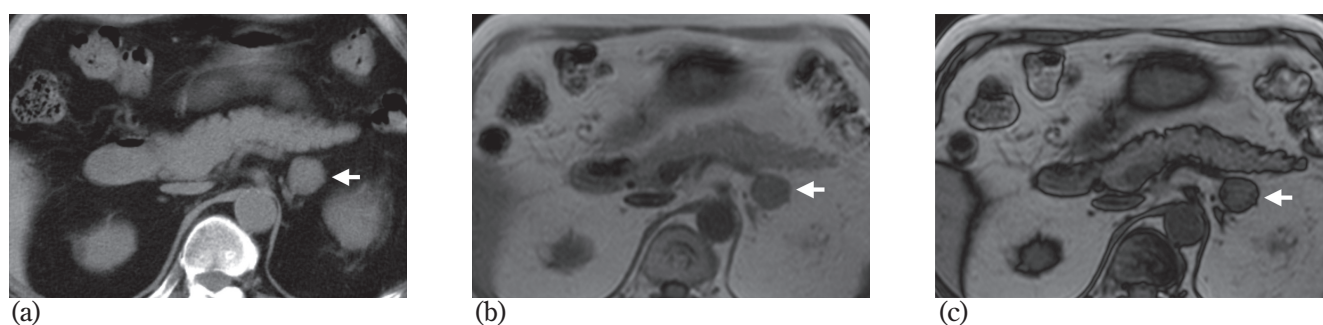


Fig. 3. Left adrenal adenoma in 55 year-old-man associated with Cushing Syndrome (Type 3). (a) On the precontrast study, left adrenal adenoma is demonstrated as relatively high density mass. CT value is 32 HU. (b)in-phase image;(c)opposed-phase image; Compared with the in-phase images, signal intensity of left adrenal adenoma is slightly decreased on opposed-phase images. SNR is 0.84, and SIR is 0.86. The diagnosis was confirmed by surgery.

39HUと比較的広範囲に分布していたが、Israelら⁶⁾やKorobkinら⁷⁾が評価したように、「単純CTで10以下のCT値を示したものを」を腺腫と定義すると、今回52例のうち28例、54%が10以上のCT値を示している。従って、彼らの定義した「CT値による10」という基準では、半数以上がCT値での副腎腺腫と診断するのは困難と考えられた。

Opposed-phaseを用いた視覚的評価では、Type 1の明らかに信号低下がある、Type 2の軽度信号低下が

Table 1. Visual assessment of dual chemical shift MRI

| Type | Numbers |
|--------|---------|
| Type 1 | 27 |
| Type 2 | 14 |
| Type 3 | 11 |

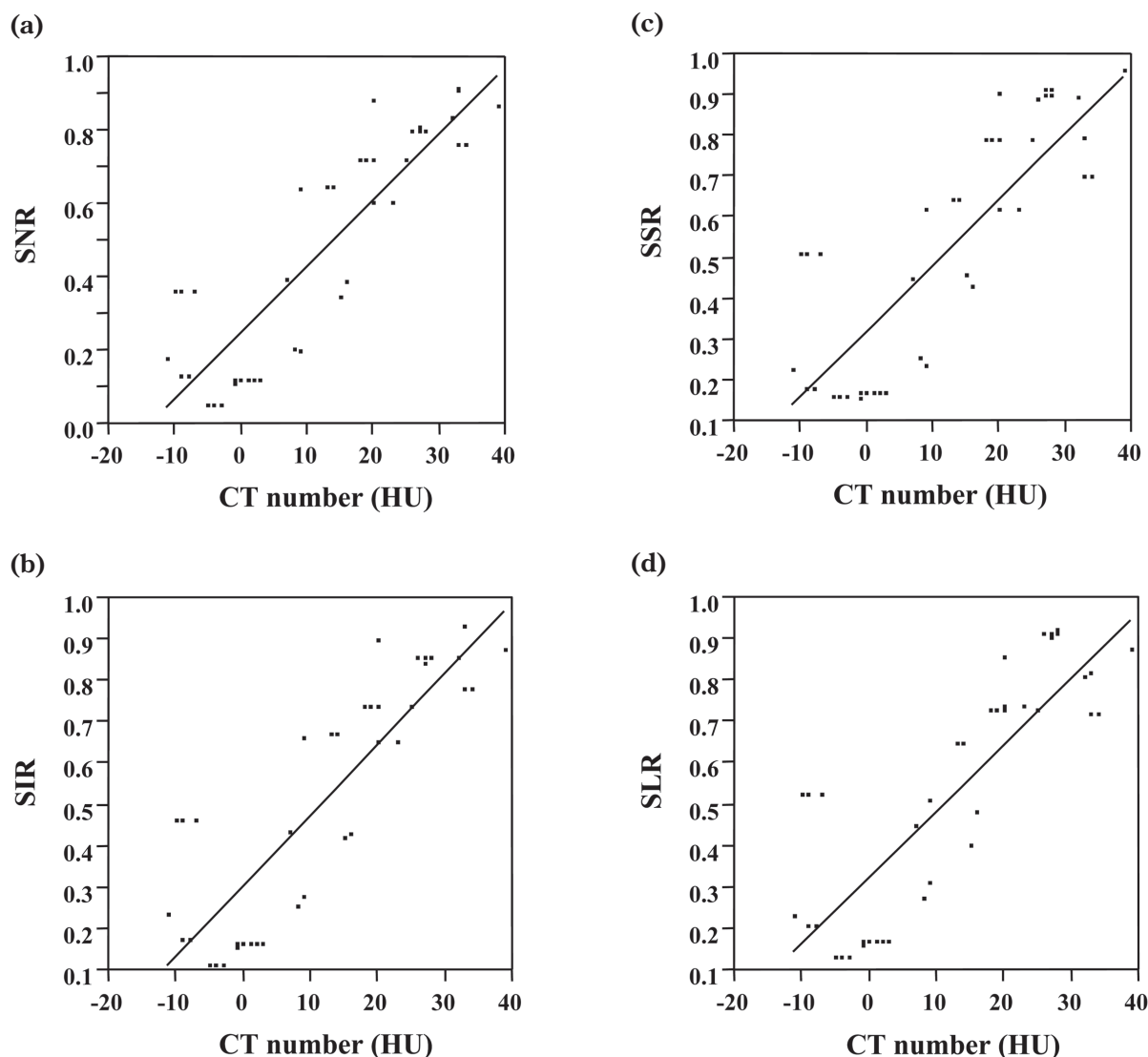


Fig. 4. CT attenuation values were highly correlated with chemical shift ratios. R^2 values of SNR: SIR: SSR: SLR were 0.78:0.76:0.71:0.69, respectively on Fig. 4(a)(b)(c) and (d).

あるとをあわせて52例中41症例であった。この結果から、21%の症例でopposed-phaseのみの視覚的評価では副腎腺腫との診断が可能ではないと考えられ、量的評価を含めた診断が必要であると考えられた^{11,12)}。

今回我々は、以前報告されている多くの信号比の定義から、単純CTのCT値と相関関係の有無を評価した。定義した信号比は、SNR, SIR, SSR, SLR=0.78, 0.76, 0.71, 0.69と比較的良好な線型関係が得られた。我々の検討ではSNRが最も良好な相関係数を示していた。Korobkinらは以前、脾や肝と副腎の信号強度比とCT値から各々相関係数0.79と0.75と良好な相関関係の存在を示し、TsushimaらはSIR, SNRを用い正確な副腎腺腫の診断能を示した⁸⁻¹⁰⁾。我々の今回の検討では、Korobkin⁷⁾らの報告に比べSLRのみがやや低い相関係数として示された。これは信号をとる対象として用いた肝は、脂肪成分が沈着しやすい臓器であり、彼らに

比べ脂肪肝のある患者が多く含まれている可能性があると考えられた¹¹⁾。

MRIによる副腎評価に信号比を利用する方法は、確立された診断方法である。しかし副腎腺腫の診断を行う場合opposed-phaseの画像とin-phaseの画像の視覚的比較のみで診断を行なわれてしまう場合がある。今回の検討で視覚的評価での信号低下は52症例のうち41症例のみであり、SIRあるいはSNRを用いた量的信号強度比の診断への利用がより正確な診断を導くと考えられた。MRIでの量的評価を行う場合、息止めが不十分なためのmisregistrationや2 point Dixon methodでは正確に180度の位相差を示さない場合など、必ずしも正確な値を示さないことも考えられる。また、脂肪に含有されるプロトンが多い場合には、opposed-phaseで信号低下が生じない可能性も存在すると思われる。CT値ははばらつきが多く診断には不向きであ

ることが示唆されたが、今回認められたCT値との比較的良好な相関関係は、比較的マイナスの大きな値を示す場合にはCTがMRIの補完的な役割をはたす事を示しているのかもしれない。

今回の検討では、いくつかの限界がある。まず、全例で副腎腺腫と病的に診断されているわけではない。ただし、そのような症例でも、1年間以上の経過観察で臨床的な診断がほぼ確認されており問題はないと考えられる。2番目には、小さな腫瘍の場合には大きな関心領域ではpartial volume phenomenonの影響および腫瘍内部の質的变化の影響も含んでしまう可能性が考えられる。しかし、今回の検討では大ききさ10 mm以下あるいは40 mm以上の腫瘍は対象から除外しており、以前の報告と異なりdual chemical shift法を用いていることから、misregistrationの存在もないと考えられ、より正確な評価と考えられた。

結 論

CT値とMRIのSNR, SIR, SSR, SLRとともに良好な相関関係を示した。CT値は副腎の脂肪含有を表していると考えられたが、CT値に非常に大きなばらつきがあるため、CT値のみによる副腎腺腫の診断は困難であった。副腎の質的診断には、視覚評価ではなくMRIの量的評価(特にSIRおよびSNR)が有用であり、特にCT値が低値を示さない症例において、MRIが補完的な役割をはたすと考えられた。

引用文献

- 1) Hedeland H, Ostberg Gm Hokfelt B. On the prevalence of adrenocortical adenomas in an autopsy material in relation to hypertension and diabetes. *Acta Med Scand* 1968;184:211-4.
- 2) Oliver TW Jr, Bernardino ME, Miller JI, Mansour K, Greene D, Davis WA. Isolated adrenal masses in nonsmall-cell bronchogenic carcinoma. *Radiology* 1984;153:217-8.
- 3) Shamma AH, Goddard JW, Sommers SC. A study of the adrenal status in hypertension. *J Chronic Dis* 1958;8:587-95.
- 4) Glazer HS, Weyman PJ, Sagel SS, Levitt RG, McClennan BL. Nonfunctioning adrenal masses: incidental discovery on computed tomography. *AJR* 1982;139:81-5
- 5) Mitnick JS, Bosniak MA, Megibow AJ, Naidich DP. Non-functioning adrenal adenomas discovered incidentally on computed tomography. *Radiology* 1983;148:495-9
- 6) Israel GM, Korobkin M, Wang C, Hecht EN, Krinsky GA. Comparison of unenhanced CT and chemical shift MRI in evaluating lipid-rich adrenal adenomas. *Am J Roentgenol* 2004;183:215-9.
- 7) Korobkin M, Brodeur FJ, Yutzy GG, Francis IR, Quint LE, Dunnick NR, et al. Differentiation of adrenal adenomas from nonadenomas using CT attenuation values. *Am J Roentgenol* 1996;166:531-6.
- 8) Tsushima Y, Ishizaka H, Matsumoto M. Adrenal masses: differentiation with chemical shift, fast low-angle shot MR imaging. *Radiology* 1993;186:705-9.
- 9) Mitchell DG, Crovello M, Matteucci T, Petersen RO, Miettinen MM. Benign adrenocortical masses: diagnosis with chemical shift MR imaging. *Radiology* 1992;185:345-51.
- 10) Outwater EK, Siegelman ES, Radecki PD, Piccoli CW, Mitchell DG. Distinction between benign and malignant adrenal masses: value of T1-weighted chemical shift MR imaging. *Am J Roentgenol* 1995; 165:579-83.
- 11) Outwater EK, Siegelman ES, Huang AB, Brinbaum BA. Adrenal masses: correlation between CT attenuation value and chemical shift ratio at MR imaging with in-phase and opposed phase sequences. *Radiology* 1996;200:749-53
- 12) Haider MA, Ghai S, Jhaveri K, Lockwood G. Chemical shift MR imaging of hyperattenuating (> 10 HU) adrenal masses: does it still have a role? *Radiology* 2004;183:711-6.