

ORJİNAL YAZI

Adrenal Adenomların Tanısında Kimyasal Şift MR Görüntüleme: Kalitatif Değerlendirme

Zeynep YAZICI*, Ömer DOĞAN**, Ramazan YALÇIN**, Gürsel SAVCI***

* Yrd. Doç.Dr., Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Bursa

** Uzm.Dr., Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Bursa

*** Prof.Dr. Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Bursa

ÖZET

Adrenal adenomların diğer adrenal kitlelerden ayırt edilmesinde, kalitatif değerlendirmenin kullanıldığı kimyasal şift MR görüntülemenin tanı değerini araştırmak.

Kırk yedi olgudaki 64 adrenal kitlesi (44 adenom, 20 adenom-dışı), kimyasal şift MR yöntemiyle görüntüledi. Hastaların klinik bilgi ve tanılarından habersiz biri deneyimli, diğeri eğitim aşamasında olan iki radyolog, birbirlerinden bağımsız olarak iki farklı zamanda lezyonların intensitesini, referans organ olarak seçilen dalağın intensitesi ile görsel olarak karşılaştırdı ve 'beş nokta skalasına' göre puanlandırıldı. Gözlemciler arasındaki ve her bir gözlemcinin farklı zamanlarda yaptığı değerlendirmeler arasındaki değişkenliği belirlemek için, Cohen'nin kappa değerleri hesaplandı.

Birinci gözlemci farklı zamanlarda yaptığı her iki değerlendirmede de, biri dışında tüm kitlelerin adenom-adenom dışı ayrımını yapabildi. İkinci gözlemci ise, ilk değerlendirmesinde 2, ikinci değerlendirmesinde 1 kitleyi yanlış karakterize etti. Yöntemin, gözlemciler arasındaki tekrar edilebilirlik değerleri ile gözlemcilerin farklı zamanlarda yaptıkları değerlendirmelere göre tekrar edilebilirlik değerleri mükemmeldi.

Kimyasal şift MR görüntülemesinde kalitatif değerlendirme, adrenal adenomları adenom-dışı adrenal kitlelerden ayırmada güvenilir bir yöntemdir.

Anahtar Kelimeler: Adrenal Bez. MR. Kimyasal Şift. Neoplazm

Chemical Shift MR Imaging in Diagnosis of Adrenal Adenomas: Qualitative Analysis

ABSTRACT

To investigate the value of chemical shift MR imaging using qualitative analysis in the differentiation of adrenal adenomas from other adrenal masses.

Forty-seven patients with 64 adrenal masses (adenoma: 44, nonadenoma: 20) were evaluated using chemical shift MR imaging. An experienced radiologist and a fellow nearing the end of training who were blinded to diagnosis and clinical data independently evaluated the images two times. The signal intensity of the lesion relative to the spleen was scored on a five-point scale. Cohen's kappa values to determine the intra- and inter-observer variation were estimated.

The first observer classified the lesions correctly except one in both evaluations. The second observer misclassified two lesions in first evaluation and one in second evaluation. This method had excellent intra-observer and excellent inter-observer reproducibility.

The safeness of the chemical shift MR imaging using qualitative analysis in differentiation of adrenal adenomas from nonadenomas is high.

Key Words: Adrenal Gland. MR. Chemical Shift. Neoplasms

Kesitsel görüntüleme yöntemlerinin gelişmesi, klinik olarak sessiz olan adrenal kitlelerin saptanma sıklığını arttırmıştır. Abdominal bilgisayarlı tomografide (BT), bir santimetreden büyük adrenal kitleye rastlama sıklığı, yaklaşık olarak %1'dir¹. Adrenal dışı primer malignitesi bulunan olgularda, adrenal kitlelerin %50'sini adenomlar oluşturmaktadır^{2,3}. Adenomların, adrenal bez metastazlarından ayırılması büyük önem taşır⁴⁻⁸. Adrenal bezde saptanan kitlenin metastaz olması durumunda, primer tümöre yönelik küratif cerrahi veya radyoterapi uygulaması genellikle kontrendikedir.

Adrenal adenomlar yüksek oranda lipid içerir⁹. Buna bağlı olarak BT'de atenuasyon değerleri düşüktür¹⁰. Fakat BT'de kesin olarak adenom tanısı koyabilmek için lezyonun atenuasyon değerinin negatif olması gerekir; oysa, adenomların önemli bir kısmının atenuasyon değeri 0 Hounsfield ünitesinden (HÜ) fazladır¹⁰.

Su ve lipid moleküllerindeki protonların farklı salınım frekanslarına sahip olmasına dayanan kimyasal şift manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile, dokudaki lipid, az miktarda da olsa saptanabilir^{11,12}. Kimyasal şift MRG, adrenal adenomların, yağ içermeyen adrenal kitlelerden ayırılmasında kullanılabilir^{4,7,13-17}.

Bu prospektif çalışmada, adrenal adenomların adenom-dışı kitlelerden ayırımında, gradient eko (GRE) kimyasal şift MRG'de görsel analizin değerini araştırmayı amaçladık.

Geliş Tarihi: 04.03.2002

Kabul Tarihi: 04.06.2002

Görükle Kampüsü, 16059, Görükle, Bursa

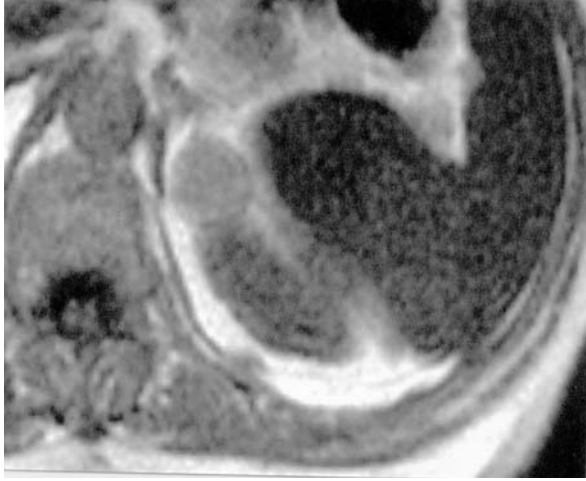
Tel: (224) 442 8515

Faks: (224) 442 8142

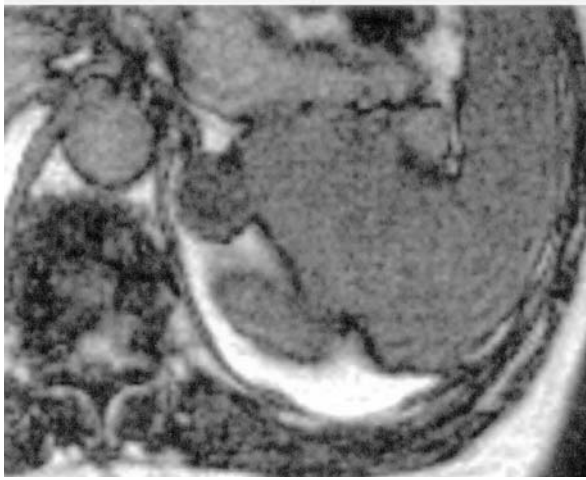
e-mail: yzazici@uludag.edu.tr

Gereç ve Yöntem

Kırk yedi hastanın (28 erkek, 19 kadın) US ya da BT incelemesinde saptanan 64 adrenal kitlesi, kimyasal çift MR ile görüntülendi. MR görüntülemesinde 1,0 T'lık süperiletken magnet (Magnetom, Siemens, Erlangen, Almanya) kullanıldı. T1 ağırlıklı GRE "fast low angle shot" (FLASH) sekansı ile, su ve yağ protonlarının aynı fazda (TR/TE/flip angle: 110/7/90°) ve zıt fazda (TR/TE/flip angle: 110/4/90°) olduğu aksiyal görüntüler elde edildi. Kesit kalınlığı 8 mm, kesitler arası mesafe 2 mm, görüntü matrisi 192x256 ve FOV hasta vücut yapısına göre değişmek üzere 300-350 mm'ydi.



1 A

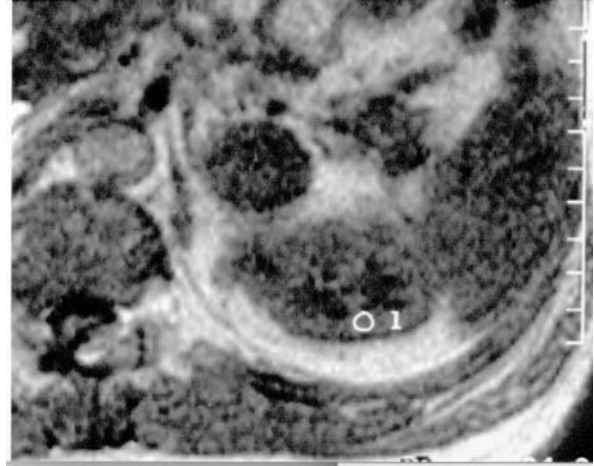


1B

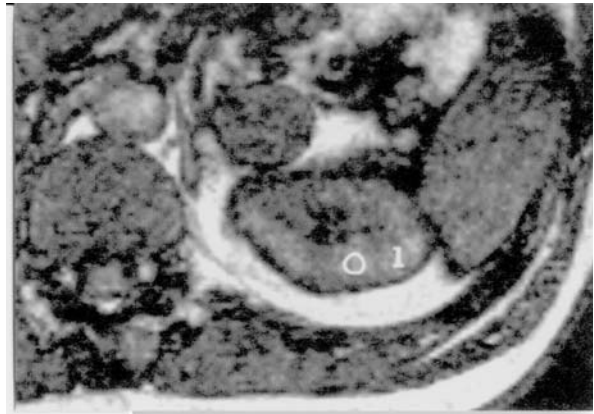
Resim: 1

Sol adrenal bezde adenom. A. Gradient eko aynı faz MR görüntüsünde, adrenal lezyonun dalağa kıyasla daha yüksek intensiteye sahip olduğu görülüyor. B. Zıt fazdaki MR görüntüsünde ise lezyonun sinyal intensitesinde belirgin bir baskılanma mevcut. Lezyonu, aynı fazdaki görüntüde her iki gözlemci +2; zıt fazdaki görüntüde ise birinci gözlemci -1, ikinci gözlemci ise -2 ile puanlandırdı. Birinci gözlemcinin puanlamasına göre lezyonun göreceli baskılanma derecesi -3, ikinci gözlemcinin puanlamasına göre -4'tü.

Kimyasal çift MR görüntüleri, hastaların klinik ve laboratuvar bulgularından habersiz iki radyolog tarafından, birbirinden bağımsız olarak üç hafta arayla iki kez değerlendirildi. Birinci gözlemci abdomen radyolojisi alanında deneyimli bir uzman, diğeri ise uzmanlık eğitiminin son yılında olan bir araştırma görevlisiydi. Gözlemciler tarafından aynı ve zıt fazlarda elde edilen görüntülerde, adrenal kitle ve referans organ olarak seçilen dalağın sinyal intensiteleri karşılaştırıldı; aynı faza kıyasla zıt fazda lezyon sinyal intensitesinde meydana gelen değişiklik araştırıldı. Değerlendirmede 'beş nokta skalası' kullanıldı. Bu skalaya göre lezyon, dalağa kıyasla belirgin hipointens ise -2, hafif hipointens ise -1, izointens ise 0, hafif hiperintens ise +1 ve belirgin hiperintens ise +2 ile puanlandı. Gözlemciler, zıt fazda sinyal intensitesinde baskılanma saptadığı kitleyi adenom, diğerlerini adenom-dışı olarak sınıflandırdı. Ayrıca, gözlemcilerin aynı fazda belirledikleri değer, zıt fazda belirledikleri değerden çıkartılarak, lezyonların intensitesindeki göreceli baskılanma dereceleri belirlendi (Resim 1 ve 2).



2 A



2 B

Resim: 2

Akciğer karsinomu bulunan bir hastada adrenal metastazi. A. Gradient eko aynı faz MR görüntüsünde, sol adrenal bezdeki lezyonun dalağa kıyasla hipointens olduğu görülüyor. B. Zıt fazdaki MR görüntüsünde lezyonun sinyal intensitesinde belirgin bir azalma izlenmiyor. Her iki gözlemci aynı fazdaki görüntüde lezyonu -1, zıt fazdaki görüntüde ise 0 ile puanlandırdı. Lezyonun göreceli baskılanma derecesi +1'di.

Adrenal Adenomların Tanısında Kimyasal Şift MR

Kitlelerin tanısı histopatolojik olarak veya en az 12 ay süren klinik ve radyolojik izlem sonunda kondu. Buna göre, gözlemcilerin adenomların tanısındaki duyarlılık ve özgüllük oranları belirlendi.

Gözlemciler arasındaki ("interobserver variation") ve her bir gözlemcinin farklı zamanlarda yaptığı değerlendirmeler arasındaki ("intraobserver variation") değişkenliği belirlemek için, Cohen'nin kappa değerleri hesaplandı.

Bulgular

Altmış dört adrenal kitlenin 44'ü adenomdu. Bilateral lezyonu bulunan iki hastada, lezyonlardan biri adenom, diğeri ise adenom-dışı kitleydi. Adenom grubunda yaş ortalaması (ortalama±SD) 59±11 (dağılımı, 38-75), adenom-dışı grupta 55±14'tü (dağılımı, 10-70). Lezyon boyutları adenom grubunda 1.5-4 cm (ortalama±SD: 2.72±0,6 cm), adenom dışı grupta ise 1.5-8 cm (ortalama±SD: 4.32±3,2 cm) arasında değişmekteydi.

Histopatolojik olarak tanı; 6'sı adenom-dışı, 1'i adenom 7 kitlede cerrahi rezeksiyon, 14'ü adenom-dışı, 4'ü adenom 18 kitlede biyopsi ile doğrulandı. Klinik ve radyolojik izlem sonucunda (12-36 ay) boyutunda ve morfolojisinde herhangi bir değişiklik saptanmayan 39 kitle adenom kabul edildi. Adenom-dışı lezyonların 11 tanesi akciğer kanseri metastazı, 3'ü lenfoma, 2'si ganglionöroma, 2'si feokromositoma, 1'i hemanjioperisitoma, 1'i de mezenkimal tümördü.

Birinci gözlemcinin farklı zamanlarda yaptığı her iki değerlendirmede de, biri dışında tüm kitlelerin adenom-adenom dışı ayrımı yapılabildi. İkinci gözlemci ise ilk değerlendirmesinde iki, ikinci değerlendirmesinde bir kitleyi yanlış karakterize etti. Yöntemin, her iki değerlendirmede iki gözlemci arasındaki tekrar edilebilirlik değerleri (birinci değerlendirme için kappa=0.96, ikinci değerlendirme için kappa=1) ile gözlemcilerin farklı zamanlarda yaptıkları değerlendirmelere göre tekrar edilebilirlik değerleri (birinci gözlemci için kappa=1, ikinci gözlemci için kappa=0.96) mükemmeldi.

Her iki gözlemcinin sınıflandırmakta başarısız olduğu lezyon, adenom grubunda yer alıyordu; yapılan ölçümlerde aynı faza kıyasla zıt fazda, lezyonun sinyal intensitesinde azalma yoktu. Bu nedenle lezyon, lipid içermeyen atipik adenom kabul edildi. İkinci gözlemcinin ilk değerlendirmesinde yanlış sınıflandırdığı diğer lezyon ise adenom-dışı grupta yer alıyordu; gözlemci zıt fazda alınmış görüntülerde bu lezyonun sinyal azalması gösterdiği sonucuna varmıştı.

Göreceli baskılanma değeri için eşik değer -1 (adenom = veya < -1 < adenom-dışı) alındığında, adenomların tanısında ilk değerlendirme için birinci gözlemcinin duyarlılık ve özgüllük oranları sırasıyla %97.6 ve %100, ikinci gözlemcinin ise %97.6 ve %95.4'tü. İkinci değerlendirmede birinci gözlemcinin sonuçları değişmezken, ikinci gözlemcinin duyarlılığı %97.6, özgüllüğü %100'e yükseldi.

Tartışma

Rastlantısal olarak saptanan adrenal kitlelerin karakterizasyonu, günümüz radyoloji uygulamalarında önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Özellikle adrenal dışı malign odak öyküsü bulunan olgulardaki adrenal kitlelerin karakterizasyonu, hastalığın tedavi biçiminin seçiminde belirleyici olmaktadır^{4,6,8,14-16,19}. Adenom tanısında invaziv olmayan bir yöntemin özgüllüğünün yüksek olması çok önemlidir; böylece adrenal metastazı bulunan bir hastaya gereksiz bir biçimde küratif tedavi uygulanmaz⁴. Duyarlılık ise daha az öneme sahiptir. Çünkü adenom için yanlış negatif olan bir sonucun tek zararlı etkisi, bu hastaya doğru tanı koymak için perkütan biyopsi yapılması olacaktır.

Bilgisayarlı tomografi, adrenal bezdeki büyümeyi saptamada mükemmel bir tekniktir, fakat lezyonları karakterize etmede aynı oranda başarılı değildir. Kontrastsız BT'de lezyonun dansitesinin 0 HÜ'den düşük olmasının adrenal adenomları karakterize etmede spesifitesi %100, sensitivitesi ise %47'dir¹⁰. Hem adrenal adenomların hem de adrenal malign kitlelerin çoğunda dansitenin 0'ın üzerinde olması, adrenal kitle karakterizasyonunda BT'nin doğruluk oranını düşürmektedir. Fakat, dinamik kontrastlı BT çalışmalarında adenom tanısında yöntemin özgüllüğünün %100'e ulaştığını bildiren çalışmalar mevcuttur²⁰.

Kontrast çözümüleme gücü daha yüksek olan MRG, adrenal kitleleri karakterize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Adrenal kitle tanısında MRG ile yapılan ilk çalışmalarda, T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde kitle/referans doku sinyal intensite oranları kullanılmış, fakat olguların önemli bir kısmında adenom ile adenom-dışı kitle ayrımı yapılamamıştır^{5,16,19,21-24}. İzleyen yıllarda gradient eko gibi hızlı MR sekansları kullanılarak dinamik kontrastlı çalışmalar yapılmış, bu yöntemle adenomların her zaman adenom-dışı lezyonlardan, özellikle metastazlardan ayırt edilmesinin mümkün olmadığı bildirilmiştir^{4,19,25-27}.

Adenomların intrasitoplazmik lipid içerdikleri in-vivo MR spektroskopik ve histopatolojik çalışmalarda gösterilmiştir⁹. Kimyasal şift MRG, lipid ve su moleküllerinin farklı salınım frekansı değerlerine sahip olmasına dayanan ve az miktardaki lipid içeriği saptamada duyarlı bir yöntemdir. Bu yöntem ile adenomların, lipid içermeyen adenom-dışı kitlelerden ayrımının güvenli bir şekilde yapılabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur^{4,6,7,13,14,16,25,28-30}.

Mitchell ve arkadaşları, kimyasal şift MR ile 45 adrenal kitlesini incelemiş, referans doku olarak karaciğer ve paraspinal kası kullanarak kantitatif ve kalitatif yaklaşımla değerlendirmişlerdir¹³. Bu çalışmada, 27 adenomdan 26'sında zıt fazda, aynı faza kıyasla sinyal kaybı gözlenirken, adenom-dışı lezyonlarda her hangi bir sinyal kaybına rastlanmamıştır. Zıt fazda sinyal kaybı göstermeyen adenomun ışık mikroskopu ile yapılan incelemesinde, lipid içermediği saptanmıştır¹³. Bizim çalışmamızda da her iki gözlemcinin adenom-dışı lezyon olarak sınıflandırdığı adenom grubuna ait

lezyonun, sinyal intensite ölçümlerine göre zıt fazda intensite azalması göstermediği saptandı. Otuz aylık radyolojik izlem sonunda boyut değişikliği sergilemediği için adenom tanısı alan bu lezyonun, lipid içermeyen atipik adenom olduğuna karar verildi.

Korobkin ve arkadaşlarının kimyasal şift MR çalışmasında, adenomların tanısında görsel analizin özgüllüğü %100 ve duyarlılığı %81'dir⁴. Mitchell ve arkadaşlarının çalışmasından farklı olarak, aynı faz T1 ağırlıklı SE görüntüler yerine aynı faz GRE görüntüleri zıt faz GRE görüntüleri ile karşılaştırmışlardır. Ayrıca, 'beş nokta skalası'nı kullanmışlardır. Lezyon-referans organ sinyal intensite oranında aynı faza kıyasla zıt fazdaki görüntülerde görünür bir düşme varsa, bu lezyonun her zaman adenom olduğunu saptamışlardır. Ne Korobkin ne de Mitchell'in çalışmasında, adenom-dışı lezyonlardan hiç birisi sinyal intensite oranında görünür bir düşme göstermemiştir. Bilbey ve arkadaşları ise karaciğer ve kas dokusunun yanısıra dalağı referans organ olarak kullanmış ve kantitatif analizle adenomları adenom-dışı kitlelerden ayırt etmeye çalışmışlardır¹⁶. Bu çalışmada, dalak referans organ olarak kullanıldığında adenom tanısında yöntemin %100 özgüllüğe sahip olduğunu saptamışlardır. Karaciğer ve iskelet kasından farklı olarak yağ replasmanına uğramadığı için dalak, referans organ olarak daha güvenilirdir^{14,16}. Mayo-Smith ve arkadaşları da üç gözlemciyle yaptıkları kantitatif değerlendirmede, adenomları adrenal metastazlardan ayırt etmede gözlemcilerin sonuçları arasında anlamlı bir fark saptamamıştır¹⁴. Kantitatif analiz ile kantitatif analiz sonuçları arasında da benzerlik olduğunu görmüşlerdir. Dalağın referans organ olarak kullanıldığı kantitatif analizin karaciğer ve kasa kıyasla daha doğru sonuçlar verdiğini ve kantitatif değerlendirmenin de bu sonuçlarla aynı doğruluk oranına sahip olduğunu göstermişlerdir¹⁴. Outwater ve arkadaşları da üç gözlemciyle yaptıkları çalışmada benign adrenal kitlelerin tanısında subjektif değerlendirmenin %87 duyarlılık, %92 özgüllük ve %95 pozitif prediktif değere sahip olduğunu bildirmişlerdir²⁸.

Çalışmamızda, literatür verilerini göz önünde bulundurarak, dalağı referans organ olarak kullandık. Abdomen radyolojisi alanında deneyimli olan birinci gözlemcimizin, adenom tanısında özgüllüğü %100'dü. Abdomen radyolojisi alanında deneyimi sınırlı olan ikinci gözlemcimiz ise, ilk değerlendirmesinde adenom-dışı bir lezyonu adenom olarak sınıflandırdı; ikinci değerlendirmesinde ise aynı yanlışı tekrarlamadı.

Kantitatif değerlendirme, subjektif olması ve basit görsel analize dayanmasına karşın bazı avantajlara sahiptir. Gözlemci, MR görüntüsü üzerinde oluşabilecek hareket ve parsiyel volüm gibi artefaktları dikkate alarak değerlendirme yapar; sinyal intensite ölçümlerinde ise bu artefaktlara bağlı hatalardan kaçınmak mümkün değildir²⁸. Lezyon içinde lipid fokalse, bunu subjektif değerlendirmede tanımak daha kolay olabilir. Ayrıca kantitatif analiz, lezyon ve referans organ sinyal intensitelerini oranlamaya veya bazı formüllere göre hesaplamaya dayanan kantitatif analize kıyasla daha pratiktir⁴.

Sonuç olarak, adrenal kitle karakterizasyonunda kimyasal şift MRG'de kantitatif değerlendirmenin başarı oranı yüksektir. Gradient eko sekansı ile yapılan kimyasal şift MR görüntüleme, bir nefes tutumu süresinde tamamlanmaktadır. Bu yöntem, adrenal kitle saptanan hastalarda rutin abdominal MR protokolüne eklenebilir ve adrenal adenomları diğer adrenal kitlelerden ayırt etmede yüksek doğruluk oranına sahip olması nedeniyle pek çok hastada ileri tetkiki önleyebilir.

Kaynaklar

1. Mitnick JS, Bosniak MA, Megibow AJ, Naidich DP. Non-functioning adrenal adenomas discovered incidentally on computed tomography. *Radiology* 1983;148:495-9.
2. Oliver TW Jr, Bernardino ME, Miller JL, et al. Isolated adrenal masses in nonsmall-cell bronchogenic carcinoma. *Radiology* 1984;153:217-8.
3. Pagani JJ. Normal adrenal glands in small cell lung carcinoma: CT-guided biopsy. *AJR* 1983;140:949-51.
4. Korobkin M, Lombardi TJ, Aisen AM, et al. Characterization of adrenal masses with chemical shift and gadolinium enhanced MR imaging. *Radiology* 1995;197:411-8.
5. Van Erkel AR, Vangils APG, Lequin M, Kruitwagen C, Bloem J, Falke THM. CT and MR distinction of adenomas and nonadenomas of the adrenal gland. *J Comput Assist Tomogr* 1994;18:432-8.
6. McNicholas MM, Lee MJ, Mayo-Smith WW, Hahn PF, Boland GW, Mueller PR. An imaging algorithm for the differential diagnosis of adrenal adenomas and metastases. *AJR* 1995;165:1453-9.
7. Schwartz LH, Panicek DM, Koutcher JA, et al. Adrenal masses in patients with malignancy: Prospective comparison of echo-planar, fast spin echo and chemical shift imaging. *Radiology* 1995;197:421-5.
8. Korobkin MT, Dunnick NR. Characterization of adrenal masses. *AJR* 1995;164:643-4.
9. Leroy-Willing A, Roucayrol JC, Luton JP, et al. In vitro adrenal cortex lesions characterization by NMR spectroscopy. *Magn Reson Imag* 1987;5:339-44.
10. Lee MJ, Hahn PF, Papanicolaou N, et al. Benign and malignant adrenal masses: CT distinction with attenuation coefficients, size, and observer analysis. *Radiology* 1991;179:415-8.
11. Keller PJ, Hunter WW, Schmalbrock P. Multisection fat-water imaging with chemical shift selective presaturation. *Radiology* 1987;164:539-41.
12. Levenson H, Greensite F, Hoefs J, et al. Fatty infiltration of the liver: quantification with phase-contrast MR imaging at 1.5 T vs biopsy. *AJR* 1991;156:307-12.
13. Mitchell DG, Crovello M, Matteucci T, Petersen RO, Miettinen MM. Benign adrenocortical masses diagnosis with chemical shift MR imaging. *Radiology* 1992;185:345-51.
14. Mayo-Smith WW, Lee MJ, McNicholas MM, Hahn PF, Boland GW, Saini S. Characterization of adrenal masses (<5 cm) by use of chemical shift MR imaging. *AJR* 1995;65:91-5.
15. Sato N, Watanabe Y, Saga T, Mitsudo K, Dohke M, Minami K. Adrenocortical adenoma containing a fat component: CT and MR image evaluation. *Abdom Imag* 1995;20:489-90.
16. Bilbey JH, McLoughlin RF, Kurkjian PS. MR imaging of adrenal masses value of chemical shift imaging for distinguish adenomas from other tumors. *AJR* 1995;164:637-42.
17. Korobkin M, Giardano TJ, Brodeur FJ, et al. Adrenal adenomas: relationship between histologic lipid and CT and MR finding. *Radiology* 1996;200:743-7.
18. Szumowski J, Simon JH. Proton chemical shift imaging. 2 nd edition. St. Louis: Mosby;1992.

Adrenal Adenomların Tanısında Kimyasal Şift MR

19. Reinig JW, Stutley JE, Leonhardt CM, Spicer KM, Margolis M, Caldwell CB. Differentiation of adrenal masses with MR imaging: Comparison of techniques. *Radiology* 1994;192:41-6.
20. Caoili EM, Korobkin M, Francis IR, Cohan RH, Dunnick NR. Delayed enhanced CT of lipid-poor adrenal adenomas. *AJR* 2000;175:1411-5.
21. Reinig JW, Doppman JL, Dwyer AJ, Frank J. MRI of indeterminate masses. *AJR* 1986;147:493-6.
22. Chezmar JL, Robbins SM, Nelson RC, Steinberg HU, Torres WE, Bernardino ME. Adrenal masses: characterization with T1-weighted MR imaging. *Radiology* 1988;166:357-9.
23. Lee MJ, Mayo-Smith WW, Hahn PF. State of the art: MR imaging of the adrenal gland. *RadioGraphics* 1994;14:1015-29.
24. Krestin GP, Friedman G, Fischbach R, Neufang KFR, Allolio B. Evaluation of adrenal masses in oncologic patients: Dynamic contrast enhanced MR vs CT. *J Comput Assist Tomogr* 1991;15:104-10.
25. Heinz-Peer G, Hönigschnabl S, Schneider B, Niederle B, Kaseser K, Lechner G. Characterization of adrenal masses using MR imaging with histopathologic correlation *AJR* 1999;173:15-22.
26. Ichikawa T, Ohtomo K, Uchiyama G, et al. Contrast-enhanced dynamic MRI of adrenal masses: classification of characteristic enhancement patterns. *Clin Radiol* 1995;50:295-300.
27. Krestin GP, Steinbrich W, Friedmann G. Adrenal masses: evaluation with fast gradient-echo MR imaging and Gd-DTPA-enhanced dynamic studies. *Radiology* 1989;171:675-80.
28. 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. *AJR* 1995;165:579-83.
29. Tsushima Y, Ishizaka H, Matsumoto M. Adrenal masses: differentiation with chemical shift, fast low angle shot MR imaging. *Radiology* 1993;186:705-9.
30. Schwartz LH, Panicek DM, Doyle MV, et al. Comparison of two algorithms and their associated charges when evaluating adrenal masses in patients with malignancies. *AJR* 1977;168:1575-8.