

Hepatobiliyer İleri Görüntüleme

Recep Sade, Mecit Kantarcı

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Ultrasonografik İleri Görüntüleme
 - Ultrason Elastografi
 - Dinamik Kontrastlı Ultrasonografi
- Bilgisayarlı Tomografi (BT) İleri Görüntüleme
 - Dinamik BT
 - Dual Enerji BT (DEBT)
 - Perfüzyon BT
- Manyetik Rezonans (MR) İleri Görüntülemeleri
 - Difüzyon Ağırlıklı MR
 - Perfüzyon MR
 - Hepatosit Spesifik Kontrast Madde Kullanılan MR Kolanjiografi
 - MR Elastografi

Giriş

Karaciğer lezyonları genel olarak fokal veya diffüz, patolojileri ise benign veya malign olarak sınıflandırılır. Karaciğer patolojileri klinik olarak önemsiz fokal yağlanmalardan hepatosellüler kanser (HCC) gibi mortalitesi yüksek malignitelere uzanan çok geniş bir yelpaze oluşturur. Maligniteleri erken tanıyabilmek ve benign patolojilerden ayırtedebilmek hiç şüphesiz morbidite ve mortalite üzerinde büyük öneme sahiptir. Malignite şüphesi taşıyan lezyonlarda seeding riski nedeniyle biyopsi yapılamaması omzumuza büyük yük bindirmekte ve radyolojik olarak kesine yakın tanı vermemiz istenmektedir. Karaciğer transplantasyonlarının artması transplantasyon öncesi ileri radyolojik görüntülemeler ile transplantasyon başarısını artırma ve cerrahi öncesi hazırlık için büyük öneme sahiptir. Bu yazımızda çoğumuz için artık rutin kullandığımız ve ileride rutin kullanabileceğimiz ileri görüntüleme yöntemleri hakkında bilgi vereceğiz.

Ultrasonografik İleri Görüntüleme

Ultrason Elastografi

Ultrason elastografi; ultrason teknolojisinin son gelişmelerinden biri olup morfoloji dışında doku ve lezyonların fonksiyonunun, kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirebildiği bir tetkiktir. Ultrason elastografinin temel prensibi dokuların sertliğini farklı tekniklerle tespit etmektir. Temel olarak oluşturulan kuvvet (sıkıştırma ve gevşetme işlemleri) iki farklı teknikle elde edilir; kuvvetin uygulayıcının kompresyonu (serbest el tekniği) veya transduserin yüksek frekans uygulaması (shear wave). Sinyal toplama metodları arasında dokuların strain (gerinim) değerlerinin ve dokularda oluşan shear dalgalarının hızlarının ölçüldüğü strain elastografi (SE), akustik radyasyon kuvveti impulsu görüntülenmesi (ARFI), shear dalgası elastografisi (SWE) ve transient elastografi (TE) olarak sınıflandırılabilir [1]. Fibrozis tanısı ve tedavi sonrası takibinde altın standart olan biyopsiye alternatif arayışı bu uygulamaya ilgiyi

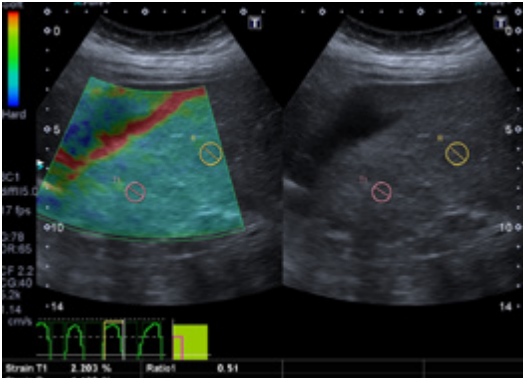
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

✉ Recep Sade • repectsade@yahoo.com

arttırmıştır [2]. Karaciğer fokal lezyonlarının elastografik değerlendirilmesinde genel olarak, lezyonların benign ve malign olarak ayırt edilebildiği, benign fokal karaciğer lezyonları arasında hemanjiomun ayırıcı tanısının yapılabildiği ve ablasyon tedavisi sonrası yanıtın değerlendirilmesinde yararlı olduğunu gösteren çalışmalar vardır (Resim 1) [3, 4].

Dinamik Kontrastlı Ultrasonografi

Dinamik kontrastlı ultrasonografi, ucuz, non-invazif, kullanımı kolay, X ışını içermemesi gibi avantajları nedeniyle BT ya da MRG'ye alternatif oluşturmaktadır. Ultrason incelemesi kontrast maddelerin intravenöz enjeksiyonundan sonra gerçekleştirilir. Ultrason kontrast ajanları lipidler, proteinler ya da polimerlerden yapılmış bir kabuk ile stabilize edilmiş gaz doldurulmuş mikrokabarcıklardan oluşur. Bu ajanlardan SHU 508A (Levovist) geç parankimal fazda intravenöz enjeksiyondan sonra yaklaşık 20 dakika kadar tutulma özelliği olan bir eko-kontrast ajandır. Bu kontrastlama özelliği ile lezyonların benign-malign ayırımında önemli katkıları olmaktadır [5]. Malign lezyonlarda erken vasküler fazda genellikle belirgin kontrast tutulumu olurken geç parankimal fazda perfüzyon defekti izlenir. Benign lezyonlarda ise erken vasküler fazda kontrast tutulumu izlenmekle birlikte geç parankimal fazda perfüzyon persistansı izlenir [6, 7].



Resim 1. Elli altı yaşında 1 yıl önce HCC nedeniyle kemoembolizasyon işlemi yapılan kadın hastanın serbest el tekniği ile yapılan US elastografi tetkikinde; karaciğer sağ loba tedaviye sekonder oluşmuş fibrozis ve normal parankime göre artmış strain değerleri görülmekte.

BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLERİ GÖRÜNTÜLEME

Multidedektör bilgisayar tomografi (MD-BT)'deki gelişmeler tetkik sürelerini ve radyasyon dozunu büyük oranda azaltmış ve karaciğer değerlendirilmesinde BT'nin yerini ve önemini artırmıştır. Radyasyon dozunu azaltmak için geliştirilen ve geliştirilmeye devam eden İterative reconstruction (IR) tekniği ile yapılan yeni çalışmalarda karaciğer kitlelerinde görüntü kalitesi bozulmadan radyasyon dozunda %30 azalma sağlanabildiği bildirilmektedir [8, 9]. Radyasyon dozunda azalma BT ile izlem gerektiren HCC ve karaciğer metastazı olan genç hastalarda önemli olacaktır. %70'e kadar doz azaltan ancak rekonstrüksiyon işlemi yaklaşık 1 saat sürdüğü için klinik kullanıma sunulamayan ancak geliştirilmeye çalışılan IR modelleri de vardır [10].

Dual Enerji BT (DEBT)

Dual enerji BT tek tüp ya da iki tüp kullanılarak yüksek enerjili (120 veya 140 kVp) ve düşük enerjili (80 kVp) X ışınının aynı dokuda ve farklı dokular arasındaki soğrulma değişkenliğine dayanmaktadır. Yüksek atom numarasına sahip yapılar, kontrastla dolan damarlar, kontrastlanan lezyonlar 80 kVp'de daha atenüe olup belirgin hale gelir. Aynı doku içeriğindeki maddeler ayrılabilir ve miktarları ölçülebilir [11-14].

DEBT'de düşük tüp akımı kullanımı sayesinde kontrast maddenin görüntüden çıkarılması ile sanal kontrastsız incelemeye olanak sağlar. Bu sayede bifazik çekimlere göre daha az radyasyon dozuna sahiptir.

DEBT'de iyot düşük enerjilerde daha atenüe olduğu için, hipervasküler malignitelerin tanı ve evrelemesi kolaylaşır. Karaciğer parankiminde demir ve yağ birikimini gösterebildiği gibi hepatik steatoz olgularında değerlendirilmesi zor olan karaciğer demir birikimini de gösterebilmektedir. Bir lezyondaki kalsiyum, yağ, demir ya da kanamanın değerlendirmesi nedeniyle lezyonun ayırıcı tanısı yapılabilmektedir. Karaciğer yağlanması kantifikasyonu için çalışmalar devam etmektedir.

Kontrast sonrası sanal kontrastsız görüntüleme ile lezyonun kontrastlanıp kontrastlanmadığı değerlendirilebilir. Her ikisi de hiperdens olan kalsifikasyon ile kontrastlanma birbirinden ayırtedilebilmektedir.

İyot haritalamada, voksel içinde ve lezyon içinde az miktarda kontrastlanma bile kantitatif olarak ölçülebildiği için hipovasküler metastazlar normal karaciğer parankiminden ayırtedilebilmekte, sirozlu karaciğerde heterojen parankimde nodüller tespit edilebilmekte, milimetrik kistler siyah görülüp az da olsa kontrastlanan milimetrik metastazlardan ayırıcı tanısı yapılabilmektedir.

BT Perfüzyon

BT perfüzyon (BTP), noninvaziv olarak doku ve lezyonların perfüzyonunun kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirmeyi sağlayan, morfoloji ile birlikte fonksiyon hakkında bilgi veren güvenilir bir yöntemdir.

Teknik olarak karaciğer incelemede, subdiafragmatik alandan itibaren en fazla 18 cm alanı içeren skenogram alındıktan sonra, 10 sn hız ve 50 mL dozlarında, 6 saniye gecikme ile sırasıyla noniyonik kontrast madde ve serum fizyolojik verilip 6 sn gecikme ile çekim yapılır. Farklı olarak belirlenen zaman aralıklarında yaklaşık 45 saniyede çok sayıda tarama yapılır. 3 mm'lik rekonstrüksiyon görüntüleri oluşturulur. İş istasyonlarında düzeltilen dinamik görüntülerde, aorta, portal venden ve dalaktan ROI ler alınarak perfüzyon haritaları oluşturulur. Daha sonra normal karaciğer parankimi ile lezyondan alınan ROI'lerle kantitatif olarak perfüzyon parametreleri elde edilip HU-zaman eğrileri oluşturulur. Lezyon ve normal karaciğer dokusu karşılaştırılabilmektedir. Perfüzyon BT'de; blood flow (BF; mL/100mL/min); blood volume (BV; mL/100 mL); arterial liver perfusion (ALP; mL/100mL/min), portal liver perfusion (PVP; mL/100mL/min), hepatic perfusion Index (HPI; % ; $HPI=ALP/[ALP + PVP]$) ve mean transit time (MTT; sec) parametreleri kullanılır.

Bu inceleme doz azaltma yöntemleri kullanılmasına rağmen diğer yöntemlere göre yüksek doz radyasyon içerir. Özellikle vücut kitle indeksi 35'in üzerinde olan hastalarda yüksek doz nedeniyle kullanımı kısıtlıdır.

Karaciğer klinik uygulamaları olarak, sirozlu hastaların karaciğerindeki fibrozis ve nodüler rejenerasyonlara sekonder perfüzyonda azalma BTP'de gösterilebilir. MTT ve HPI gibi perfüzyon parametreleri kronik karaciğer hastalığında hepatik disfonksiyonun derecesi ile koreledir [15, 16]. Hepatoselüler karsinomun tanısı ve ayırımında, tümör saldırganlığının incelenmesinde, tedavi etkinliğinin izlenmesinde, girişimsel işlemlerin terapötik etkinliğini arttırmada bu görüntüleme faydalıdır. Perfüzyon BT dinamik incelemelerde atipik görülen dev ve küçük hemanjiyomları daha iyi karakterize eder ve atipik hemanjiyomların hipervasküler malign tümörlerden ayırt edilesini sağlar. Metastatik hastalık değerlendirmesinde, küçük olan hepatik metastazlar ile mikrometastazların erken tanısı ile klinik önemi büyüktür [17].

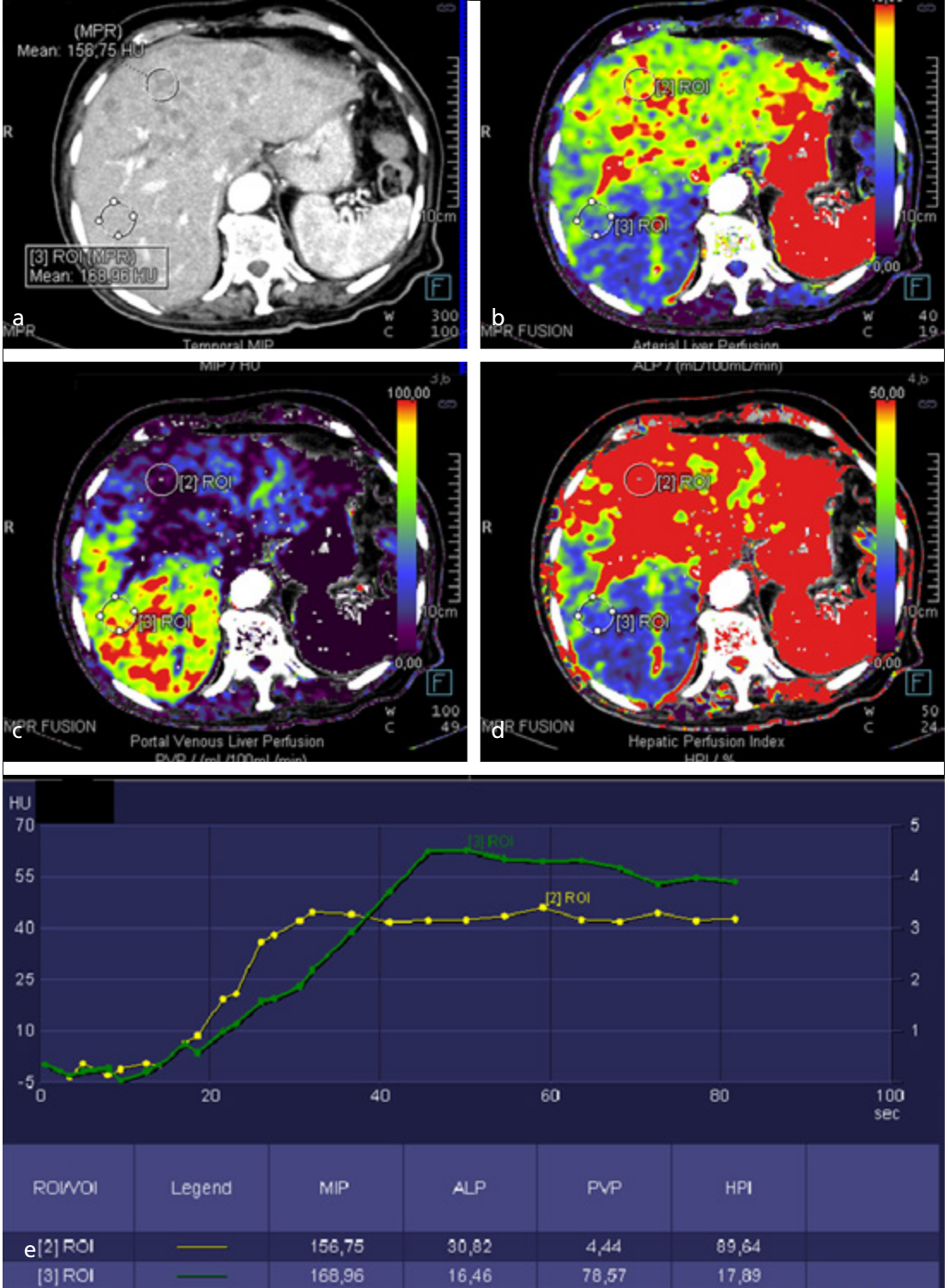
Kolanjiyokarsinomlar genellikle artmış BF, BV, ALP, HPI ve azalmış PVP sergiler (Resim 2) [18]. Perfüzyon BT'de tedavi öncesi ve sonrasında tümör damarlanmasındaki değişiklikleri ortaya koyarak antianjiyojenik ilaçlar veya yeni hedefe yönelik tedavilere yanıtın izlenmesinde kullanılabilir [18]. Hepatik Alveolar ekinokok (AE) lezyonları bazen rutin görüntüleme yöntemleri ile HCC ve kolanjiyokarsinom gibi malign lezyonlardan ayırtedilebilmektedir. BTP görüntüleme ile AE ve malignite ayrımı kolaylıkla yapılabilir.

Karaciğer naklinde perfüzyon BT, portal ven ve hepatik arterin hemodinamik özelliklerini gösterebilir ve nakil sonrası vasküler komplikasyonların erken saptanmasına olanak sağlar [19]. Fonksiyonel renkli haritalar ile hepatik arterin distal alt dallarında mikro-emboli varlığını göstermesi hepatik arter trombozunun hızlı tanısına olanak sağlar ve bu sayede erken girişimsel işlem hayat kurtarıcıdır [20]. Yapılan çalışmalarda düşük ALP düzeyleri hepatik arter trombozunun tedaviyle iyileşmeyeceğini, yeniden transplantasyon gereksinimi gösterdiği bildirilmiştir [20]. Ayrıca portal ven ve hepatik venlerdeki vasküler komplikasyonların değerlendirilmesinde ve kronik nakil reddinin incelenmesinde yardımcıdır.

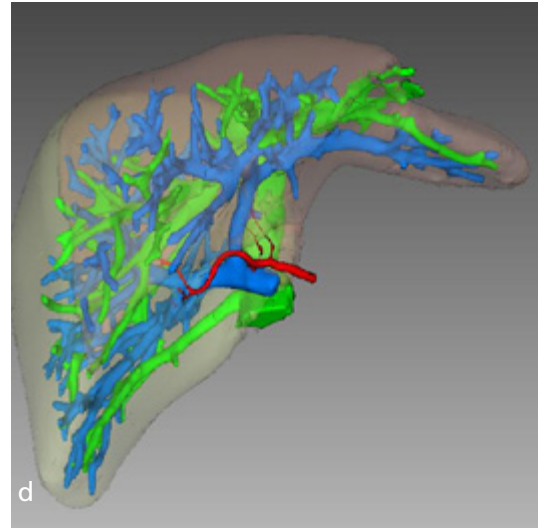
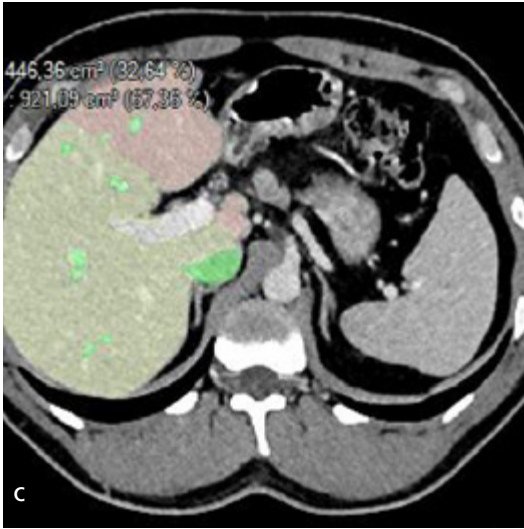
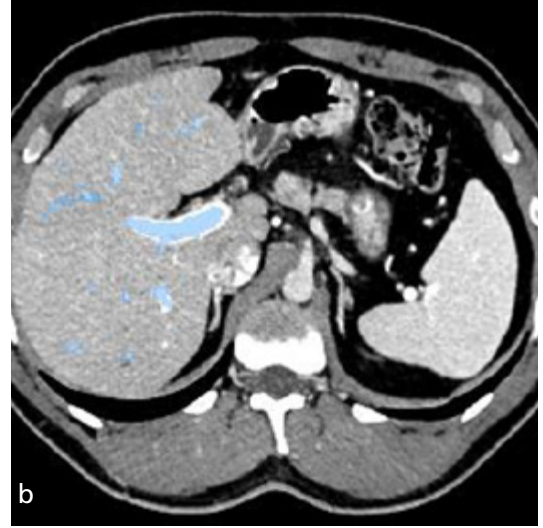
Dinamik BT ile Karaciğer

Transplantasyonunda Görüntüleme

Karaciğer transplantasyonu öncesi transplantasyonun başarısını arttırmaya ve reddine engel



Resim 2. a-e. 60 yaşında kadın hastanın perfüzyon BT tetkikinde (a) MIP görüntü, (b) ALP, (c) PVP, (d) HPI haritaları ve (e) perfüzyon grafiği görülmektedir. Kitle lezyonunda ALP ve HPI değerlerinde artış ve PVP değerinde azalma dikkati çekmiştir. Perfüzyon bulguları kolanjiosellüler kanser ile uyumlu olup cerrahi eksizyon sonrası patoloji radyolojik tanıyı doğrulamıştır.



Resim 3. a-d. 32 yaşında erkek transplant verici adayının (a) arteriyel, (b) portal ve (c) venöz fazları içeren Dinamik kontrastlı BT incelemesi. Yazılım yardımı ile oluşturulan görüntüler (d) ve ölçümler cerraha transplant cerrahisi öncesi vericinin uygunluğunu ve vasküler varyasyonları net bir şekilde göstermekte olası komplikasyonları önlemektedir.

olmaya yönelik hepatik arter, portal ven, hepatik venlerin değerlendirilmesi, donör karaciğerindeki yağlanmanın oranı ve transplantasyon sonrası geride kalacak donör karaciğer volümünün yeterliliğinin değerlendirilmesi işlemleri trifazik multidetektör BT ile yapılır. Karaciğer naklinde alıcı ve verici uyumluluğunun değerlendirilmesi ve post-op transplantasyon komplikasyonların erken tanınmasında en çok kullanılan radyolojik modalite trifazik multidetektör BT'dir (Resim 3).

MANYETİK REZONANS İLERİ GÖRÜNTÜLEMELERİ

Abdominal MR ile ilgili gelişmeler özellikle artefakt ve süre azaltılması şeklinde olup rutin sekanslar eskiye göre daha kısa ve görüntü kalitesi yüksektir. Yeni sekanslar sayesinde morfolojik değişikliklerin yanısıra fonksiyonel değişiklikler ve metabolit birikimleri de kolayca gösterilmektedir.

Difüzyon Ağırlıklı MR

Su moleküllerinin, rastgele hareketinin görüntüye dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. Tümöral patolojiler, sitotoksik ödem, fibrozis su moleküllerinin hareketi kısıtlanması ile noninvaziv ve kontrast madde kullanılmadan bir takım patolojik durumların değerlendirilebilmektedir. ADC ile kalitatif değerlendirme yapılabilmektedir.

3 Tesla MR sistemlerinin klinik kullanıma girmesi ile karaciğer incelemede görüntü kalitesini bozan DAG ile ilgili pek çok problem de çözülmüş oldu. Karaciğer tümörleri, DAG'de artmış sinyal ile tanınmakta, ADC ölçümü ile de malign-benign ayırımı kesin olmamakla birlikte kısmen yapılabilmektedir. Karaciğerde abse ile kistik-nekrotik malign lezyonların ayırıcı tanısı, tümöral lezyonların tedaviye olan yanıtı daha erken değerlendirilebilmektedir.

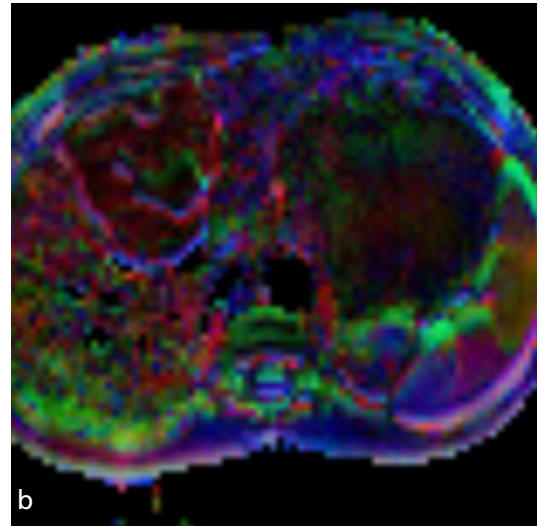
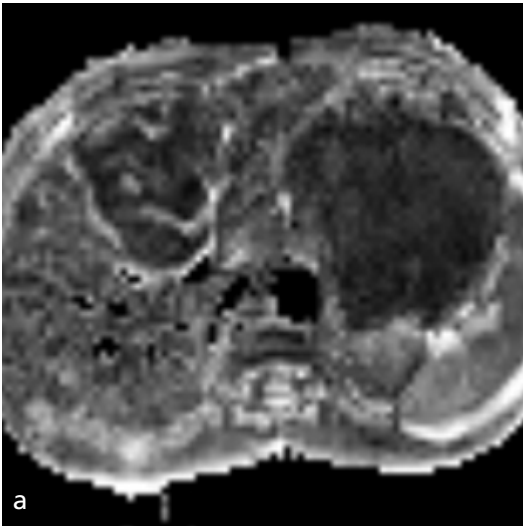
Karaciğer diffüz parankimal patolojilerinden fibrozis ve sirozda ADC değerleri azalmakta ve bir çalışmada karaciğerdeki fibrozis derecesi ile ADC değeri arasında korelasyon saptanmıştır [21]. Ayrıca farklı b değerlerinin kullanılması ile oluşturulan Intravoxel Incoherent Motion (IVIM) görüntüleme malign ve benign kitle ayırımında ve fibrozis değerlendirilmesinde gelecek vaat eden bir yöntemdir (Resim 4) [22, 23].

Perfüzyon MR

1,5 T ya da 3 T MR cihazlarında, karaciğeri tamamen kapsayacak şekilde, aksiyel ve koronal planda, interpolated spoiled gradient-recalled eko sekansında imaj elde edilir. Bunun için hastanın 4-6 saat süren açlık sonrası 10 mL İV Gd-DTPA ve takiben 20 mL salin, 3-5 mL/sn hızla verilir. Her 3-5 sn'de 30-35 kesit görüntü alınır [24]. İşlem istasyonlarında yapılan uygulama sonrası, karaciğer fokal ve diffüz hastalıkları kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilebilmektedir. Özellikle karaciğer fibroz ve siroz tanısı ve ilerlemesinde, HCC ve metastazlarda anjiogenetik aktiviteyi karakterize etmede ve tedavi sonrası görüntülemeye yararlı bir modalitedir. Bazı çalışmalarda tedavi sonrası tümör çapında değişiklik olmadığı halde perfüzyon MR'da HPI ortalama değerinde azalma olduğu gösterilmiştir [25, 26].

Hepatosit Spesifik Kontrast Madde Kullanılan MR Kolanjiografi

Gadobenat diameglumin (Gd-BOPTA) ve gadoksetik asit disodyum (Gd-EOB-DTPA) adlı hepatobiliyer kontrast ajanları kullanarak yapılan MR kolanjiyografi (CE-MRC), safra yollarının incelenmesi ve biliyer komplikasyonların görüntülenmesine olanak sunar. BOPTA (multihance) yaklaşık %3-5 Gd-EOB-DTPA (primovist) %50 ile safra yollarına



Resim 4. a, b. 12 yaşında erkek hastanın 16 farklı b (0-1000) değeri ile oluşturulmuş (a) fraksiyonel ADC ve (b) IVIM renkli haritaları görülmektedir.

atıldığından ikinci ilaç daha kısa sürede yeterli biliyer görüntülemeyi sağlar.

Safra ağacında Gd-EOB-DTPA'nın ko-yulaştırma etkisinden dolayı konvansiyonel T2-ağırlıklı MRC çekiminden sonra Gd-EOB-DTPA kontrastlı MRC tetkiki yapılması ile görüntülemenin etkinliği arttırılmış olur [27]. Gd-EOB-DTPA kontrastlı MRCP ile karaciğer naklinden sonra oluşabilecek fistül, biloma, obstrüksiyon ve stenoz gibi biliyer komplikasyonların görüntülenmesi ve safra kaçağının anatomik bölgesinin belirlenmesi sağlanır. Bi-liomaları diğer patolojik sıvı birikimlerinden ayırt edilebilir [27, 28].

MR Elastografi

MR Elastografide (MRE) ilgili dokudaki dalga ilerleyişinin tesbiti için modifiye bir faz-kontrast sekansı kullanılmaktadır.

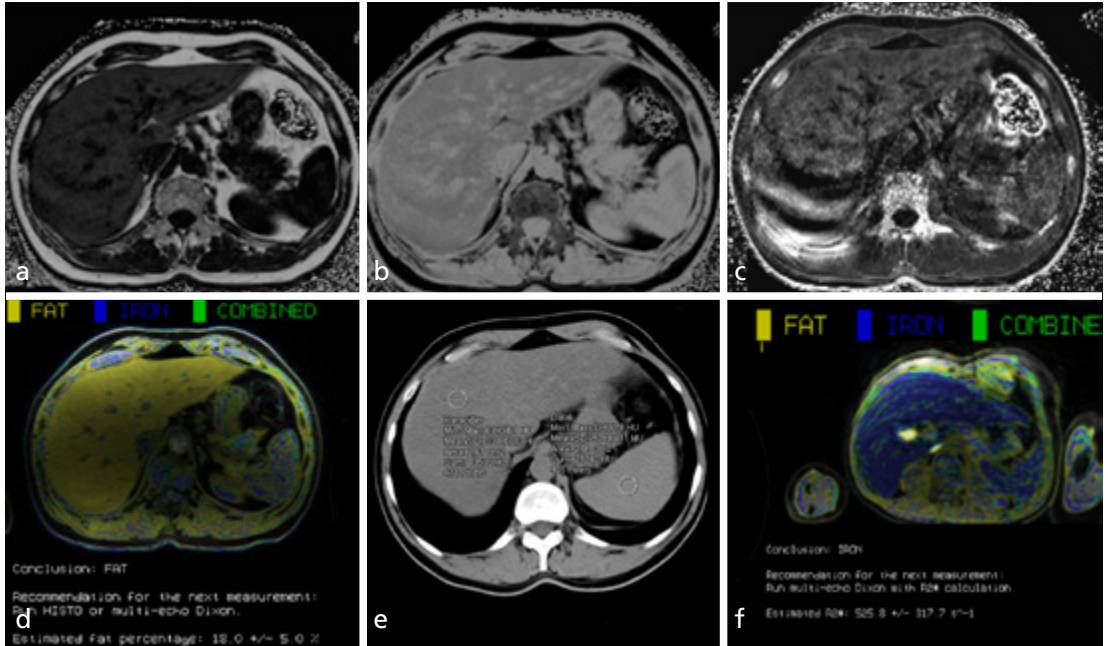
Kronik karaciğer hastalığında henüz siroz aşamasına gelinmeden, fibrozisin erken dönemlerinde tesbitini sağlar. MRE tekniği ile elastogram adı verilen doku sertliği haritası çıkarılabilmektedir. Eko planar görüntüleme ile daha kısa sürede görüntü alınabilmektedir.

Bir çok klinik çalışmada MRE ile hesaplanan karaciğer sertlik düzeyi ile histolojik fibrozisin evresi arasında yüksek oranda korelasyon görülmüş ve teknolojik gelişmelerle birlikte invaziv bir yöntem olan karaciğer biyopsisine gereksinimin azalacağı umut edilmektedir [29].

MR Spektroskopi

MR Spektroskopi (MRS) yönteminde “kimyasal kayma” mekanizması ile incelenen dokudaki bir takım metabolitlerin konsantrasyonunu renkli harita veya bir grafik üzerinde “pik”ler şeklinde gösterir. Suyun bulunduğu frekans referans alınıp dokularda metabolitlere ait bilgilerin frekans kayması değerlendirilir. Konvansiyonel MR sekanslarında sinyallerden kesitsel görüntü oluşturulurken, MRS’de farklı olarak frekans bilgisi voksel içerisindeki metabolitlerin ayırımı şeklinde kullanılır. Yüksek Tesla MR sistemlerinde metabolit piklerinin ayırımı daha kolay olup rezolüsyon daha yüksektir [30, 31].

MRS ile karaciğerdeki steatoz varlığı, steatozun kantifikasyonu yapılabilmektedir. BT ve US’ye göre hepatosteatozun daha yüksek du-



Resim 5. a-f. 37 yaşında erkek hastanın (a), (b), (c) 3 farklı dikson sekansı ile elde edilen (d) renkli haritada karaciğerdeki difüz yağlanma görülmektedir. Aynı hastaya yapılan (e) kontrastsız BT tetkiki ile yağlanma doğrulanmıştır. 9 yaşında talasemi nedeniyle takip edilen kız hastanın (f) aynı dikson sekansları kullanılarak yapılan tetkikinde karaciğerdeki demir birikimi görülmektedir.

yarlılık ve özgülükte saptanabildiği gösterilmiştir [30, 31].

MRS'nin karaciğerin fokal lezyonlarının malign-benign ayırımındaki rolü tartışmalı olup, multinükleer spektroskopik yöntemleri yüksek Tesla sistemlerinde araştırılan karaciğerin fonksiyonel görüntülemesinde umut vaat eden tekniklerdir [30, 31].

Dixon Görüntüleme Yöntemi

Vücudun diğer bölgelerinde kullanılan iki noktalı Dixon görüntüleme tekniğinin, karaciğerin büyük kısımlarını otomatik olarak bölümleyen ek bir karaciğer örnekleme algoritması ilave edilmiş halinden oluşuyor. Bu algoritma, diffüz karaciğer hastalığının varlığına ilişkin bir değerlendirme sunabilmek amacıyla, bölümlenen karaciğerin büyük hacmi içerisinde, Faz içi / Karşıt Faz ve Sadece Yağ / Sadece Su veri kümelerini kullanarak ikili sinyal yoğunluğu oranlarını hesaplıyor. Algoritma tarafından tespit edilen sonuçlar (normal, yağ dokusu, demir veya kombine bir rahatsızlık), tespit edilen anormal metabolit (örneğin, demir ölçüm sekansı) için özel bir niceliksel sekansın gerçekleştirilmesine yönelik bir tavsiye ile tamamlanabiliyor. Oldukça hızlı olan bu sekans sayesinde proton yoğunluğu yağ oranını ve R2* değeri sayesinde karaciğer yağ ve demir birikimi kolayca hesap edilebilse, kullanılan algoritma ve hesap yöntemlerinin düşük de olsa tutarsız olabileceği gösterilmiş [32]. Bu yeni sekansın gelecekte karaciğer demir ve yağ birikimini göstermede oldukça önemli bir yere sahip olabileceğini düşünüyoruz (Resim 5).

Kaynaklar

- [1]. Onur MR GC. Ultrason Elastografi: Abdominal Uygulamalar. Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics 2013; 6: 10.
- [2]. Zheng J, Guo H, Zeng J, Huang Z, Zheng B, Ren J, et al. Two-dimensional shear-wave elastography and conventional US: the optimal evaluation of liver fibrosis and cirrhosis. *Radiology* 2015; 275: 290-300. [CrossRef]
- [3]. Yu H, Wilson SR. Differentiation of benign from malignant liver masses with Acoustic Radiation Force Impulse technique. *Ultrasound Q* 2011; 27: 217-23. [CrossRef]
- [4]. Kolokythas O, Gauthier T, Fernandez AT, Xie H, Timm BA, Cuevas C, et al. Ultrasound-based elastography: a novel approach to assess radio frequency ablation of liver masses performed with expandable ablation probes: a feasibility study. *J Ultrasound Med* 2008; 27: 935-46.
- [5]. Correias JM, Bridal L, Lesavre A, Mejean A, Claudon M, Helenon O. Ultrasound contrast agents: properties, principles of action, tolerance, and artifacts. *Eur Radiol* 2001; 11: 1316-28. [CrossRef]
- [6]. Jakobsen JA. Ultrasound contrast agents: clinical applications. *Eur Radiol* 2001; 11: 1329-37. [CrossRef]
- [7]. Wilson SR, Burns PN, Muradali D, Wilson JA, Lai X. Harmonic hepatic US with microbubble contrast agent: initial experience showing improved characterization of hemangioma, hepatocellular carcinoma, and metastasis. *Radiology* 2000; 215: 153-61. [CrossRef]
- [8]. Martinsen AC, Saether HK, Olsen DR, Skaane P, Olerud HM. Reduction in dose from CT examinations of liver lesions with a new postprocessing filter: a ROC phantom study. *Acta Radiol* 2008; 49: 303-9. [CrossRef]
- [9]. Nuyts J, De Man B, Dupont P, Defrise M, Suetens P, Mortelmans L. Iterative reconstruction for helical CT: a simulation study. *Phys Med Biol* 1998; 43: 729-37. [CrossRef]
- [10]. Thibault JB, Sauer KD, Bouman CA, Hsieh J. A three-dimensional statistical approach to improved image quality for multislice helical CT. *Med Phys* 2007; 34: 4526-44. [CrossRef]
- [11]. Johnson TR, Krauss B, Sedlmair M, Grasruck M, Bruder H, Morhard D, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience. *Eur Radiol* 2007; 17: 1510-7. [CrossRef]
- [12]. Coursey CA, Nelson RC, Boll DT, Paulson EK, Ho LM, Neville AM, et al. Dual-energy multidetector CT: how does it work, what can it tell us, and when can we use it in abdominopelvic imaging? *Radiographics* 2010; 30: 1037-55. [CrossRef]
- [13]. Graser A, Johnson TR, Chandarana H, Macari M. Dual energy CT: preliminary observations and potential clinical applications in the abdomen. *Eur Radiol* 2009; 19: 13-23. [CrossRef]
- [14]. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Suss C, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol* 2006; 16: 256-68. [CrossRef]
- [15]. Guan S, Zhao WD, Zhou KR, Peng WJ, Mao J, Tang F. CT perfusion at early stage of hepatic diffuse disease. *World J Gastroenterol* 2005; 11: 3465-7. [CrossRef]
- [16]. Van Beers BE, Leconte I, Materne R, Smith AM, Jarmart J, Horsmans Y. Hepatic perfusion parameters in chronic liver disease: dynamic CT measurements correlated with disease severity. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176: 667-73. [CrossRef]

- [17]. Zhong L, Wang WJ, Xu JR. Clinical application of hepatic CT perfusion. *World J Gastroenterol* 2009; 15: 907-11. [\[CrossRef\]](#)
- [18]. Sainani NI, Catalano OA, Holalkere NS, Zhu AX, Hahn PF, Sahani DV. Cholangiocarcinoma: current and novel imaging techniques. *Radiographics* 2008; 28: 1263-87. [\[CrossRef\]](#)
- [19]. Spira D, Schulze M, Sauter A, Brodoefel H, Brechtel K, Claussen C, et al. Volume perfusion-CT of the liver: insights and applications. *Eur J Radiol* 2012; 8: 1471-8. [\[CrossRef\]](#)
- [20]. Leggett DA, Kelley BB, Bunce IH, Miles KA. Colorectal cancer: diagnostic potential of CT measurements of hepatic perfusion and implications for contrast enhancement protocols. *Radiology* 1997; 205: 716-20. [\[CrossRef\]](#)
- [21]. Kantarci M, Pirimoglu B, Ozturk G, Aydinli B, Ogul H, Okur A, et al. Clinical utility of hepatic-perfusion computerized tomography in living-donor liver transplantation: a preliminary study. *Transplant Proc* 2015; 47: 399-407. [\[CrossRef\]](#)
- [22]. Ter Voert EE, Delso G, Porto M, Huellner M, Veit-Haibach P. Intravoxel Incoherent Motion Protocol Evaluation and Data Quality in Normal and Malignant Liver Tissue and Comparison to the Literature. *Invest Radiol* 2015 Sep 24. [Epub ahead of print]
- [23]. Chung SR, Lee SS, Kim N, Yu ES, Kim E, Kuhn B, et al. Intravoxel incoherent motion MRI for liver fibrosis assessment: a pilot study. *Acta Radiol* 2015; 56: 1428-36. [\[CrossRef\]](#)
- [24]. Sandrasegaran K, Akisik FM, Lin C, Tahir B, Rajan J, Saxena R, et al. Value of diffusion-weighted MRI for assessing liver fibrosis and cirrhosis. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 193: 1556-60. [\[CrossRef\]](#)
- [25]. Chandarana H, Taouli B. Diffusion and perfusion imaging of the liver. *Eur J Radiol* 2010; 76: 348-58. [\[CrossRef\]](#)
- [26]. Miyazaki K, Collins D, Walker-Samuel S, Taylor J, Padhani A, Leach M, et al. Quantitative mapping of hepatic perfusion index using MR imaging: a potential reproducible tool for assessing tumour response to treatment with the antiangiogenic compound BIBF 1120, a potent triple angiokinase inhibitor. *Eur Radiol* 2008; 18: 1414-21. [\[CrossRef\]](#)
- [27]. Ogul H, Kantarci M, Pirimoglu B, Karaca L, Aydinli B, Okur A, et al. The efficiency of Gd-EOB-DTPA-enhanced magnetic resonance cholangiography in living donor liver transplantation: a preliminary study. *Clin Transplant* 2014; 28: 354-60. [\[CrossRef\]](#)
- [28]. Kantarci M, Pirimoglu B, Karabulut N, Bayraktutan U, Ogul H, Ozturk G, et al. Non-invasive detection of biliary leaks using Gd-EOB-DTPA-enhanced MR cholangiography: comparison with T2-weighted MR cholangiography. *Eur Radiol* 2013; 23: 2713-22. [\[CrossRef\]](#)
- [29]. Huwart L, Salameh N, ter Beek L, Vicaut E, Peeters F, Sinkus R, et al. MR elastography of liver fibrosis: preliminary results comparing spin-echo and echo-planar imaging. *Eur Radiol* 2008; 18: 2535-41. [\[CrossRef\]](#)
- [30]. Qayyum A. MR spectroscopy of the liver: principles and clinical applications. *Radiographics* 2009; 29: 1653-64. [\[CrossRef\]](#)
- [31]. Perman WH, Balci NC, Akduman I. Review of magnetic resonance spectroscopy in the liver and the pancreas. *Top Magn Reson Imaging* 2009; 20: 89-97. [\[CrossRef\]](#)
- [32]. Sofue K, Mileto A, Dale BM, Zhong X, Bashir MR. Interexamination repeatability and spatial heterogeneity of liver iron and fat quantification using MRI-based multistep adaptive fitting algorithm. *J Magn Reson Imaging* 2015; 42: 1281-90. [\[CrossRef\]](#)

Hepatobiliyer İleri Görüntüleme

Recep Sade, Mecit Kantarcı

Sayfa 474

İyot haritalamada, voksel içinde ve lezyon içinde az miktarda kontrastlanma bile kantitatif olarak ölçülebildiği için hipovasküler metastazlar normal karaciğer parankiminden ayırtebileilmekte, sirozlu karaciğerde heterojen parankimde nodüller tespit edilebilmekte, milimetrik kistler siyah görülüp azda olsa kontrastlanan milimetrik metastazlardan ayırıcı tanısı yapılabilmektedir.

Sayfa 474

Karaciğer klinik uygulamaları olarak, sirozlu hastaların karaciğerindeki fibrozis ve nodüler rejenerasyonlara sekonder perfüzyonda azalma BTP’de gösterilebilir. MTT ve HPI gibi perfüzyon parametreleri kronik karaciğer hastalığında hepatik disfonksiyonun derecesi ile koreledir.

Sayfa 474

Karaciğer transplantasyonu öncesi transplantasyonun başarısını arttırmaya ve reddine engel olmaya yönelik hepatik arter, portal ven, hepatik venlerin değerlendirilmesi, donör karaciğerindeki yağlanmanın oranı ve tx sonrası geride kalacak donör karaciğer volümünün yeterliliğinin değerlendirilmesi işlemleri trifazik multidetektör BT yapılıır.

Sayfa 478

Safra ağacında Gd-EOB-DTPA’nın koyulaştırma etkisinden dolayı konvansiyonel T2-ağırlıklı MRC çekimininden sonra Gd-EOB-DTPA kontrastlı MRC tetkiki yapılması ile görüntülemenin etkinliği artırılmış olur. Gd-EOB-DTPA kontrastlı MRCP ile karaciğer naklinden sonra oluşabilecek fistül, biloma, obstrüksiyon ve stenoz gibi biliyer komplikasyonların görüntülenmesi ve safra kaçağının anatomik bölgesinin belirlenmesi sağlanır. Biliomalar diğer patolojik sıvı birikimlerinden ayırt edilebilir.

Hepatobiliyer İleri Görüntüleme

Recep Sade, Mecit Kantarcı

1. Karaciğer transplant öncesi değerlendirmede kullanılan görüntüleme yöntemi hangisidir?
 - a. Trifazik BT tetkiki
 - b. Dinamik MR tetkiki
 - c. Ultrasonografi
 - d. Kontrastlı BT
 - e. Perfüzyon BT
2. Biliyer yapıların ve patolojilerinin gösterilmesinde en etkili görüntüleme yöntemi hangisidir?
 - a. Ultrasonografi
 - b. Kontrastlı BT
 - c. MRCP
 - d. IVIM
 - e. Hepatosit spesifik kontrast madde ile yapılan kontrastlı MRCP
3. IVIM görüntüleme nasıl yapılır?
 - a. Kontrast maddenin dokular arasındaki geçişi değerlendirilir
 - b. R2* değerleri kullanılarak
 - c. Farklı b değerleri kullanılarak
 - d. İç ve dış faz serilerinin değerlendirilmesi ile
 - e. Farklı açılı gradient eko sekansları kullanılarak
4. Kolanjiosellüler kanserin perfüzyon BT bulguları nasıldır?
 - a. BF, BV, ALP, HPI, PVP de artış
 - b. BF, BV, ALP, HPI 'de artış ve PVP'de azalma
 - c. BF, BV, ALP, HPI, PVP 'de azalma
 - d. BF, BV, ALP 'de artış ve HPI, PVP 'de azalma
 - e. BF 'de azalma ve BV, ALP, HPI, PVP 'de artış
5. Ultrason elastografide dokuların sıkıştırıp gevşetilmesinin kullanıcı hareketi ile olmadığı, transducerdaki yüksek frekans ile gerçekleştirildiği tekniğin adı nedir?
 - a. Strain elastografi
 - b. Serbest el tekniği
 - c. Transient elastografi
 - d. Shear wave
 - e. Akustik radyasyon kuvveti impuls