

İskemik olmayan lezyonlarda difüzyon ağırlıklı MR görüntüleme

Mehmet Tekşam, Sean O. Casey, Eduard Michel, Charles L. Truwit

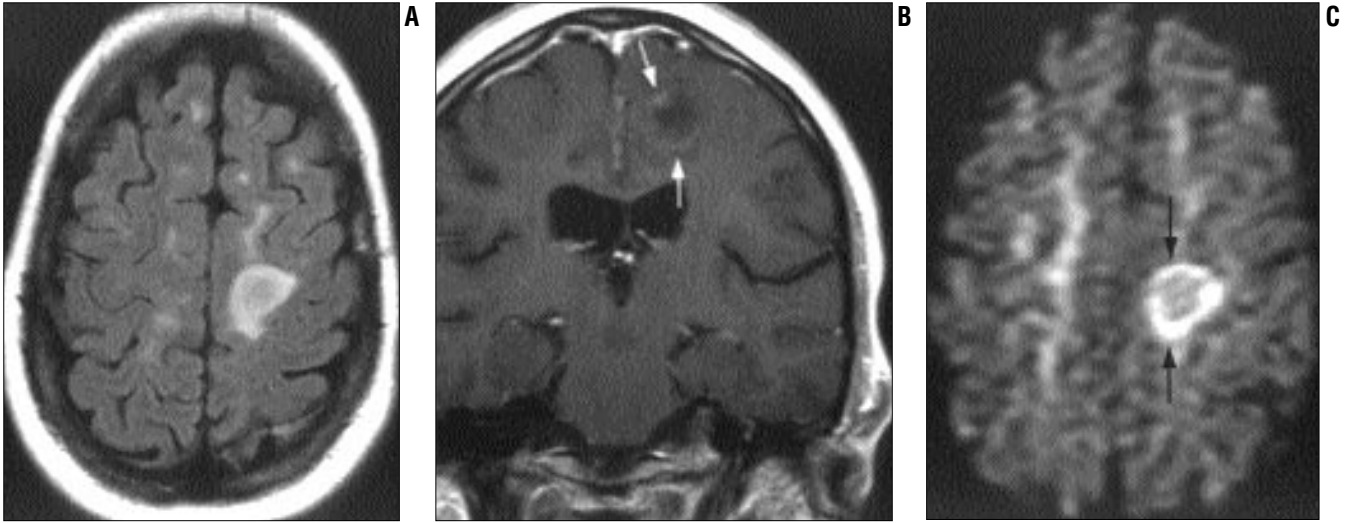
M. Tekşam (E), S. O. Casey, E. Michel, C. L. Truwit
Department of Radiology, University of Minnesota Medical
School, Minneapolis, MN USA

Difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG) su moleküllerinin mikroskopik translasyonel (Brownian) hareketlerindeki değişikliklere son derece hassas yeni bir manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tekniği olup, akut serebral iskemilerde oldukça duyarlı olduğu gösterilmiştir. Difüzyon ağırlıklı görüntülerdeki artmış sinyal intensitesi çoğunlukla su moleküllerinin hareketlerindeki kısıtlanmadan kaynaklanmakta, iskemi durumunda bunun, su moleküllerinin transmembranöz şiftine sekonder olduğu düşünülmektedir. Ancak su moleküllerinin hareketlerindeki bu kısıtlılık spesifik olmayıp, iskemi dışı diğer patolojilerde de dikkati çekmeye başlamıştır. Bu yazıda, rutin difüzyon ağırlıklı görüntüleme ile saptanan artmış difüzyon sinyalinin izlendiği iskemik olmayan patolojilere örnekler gösterilmektedir. Gösterilen bu örnekler yalnız tümör, enfeksiyon ya da demyelinizan hastalıklardaki lezyonların difüzyon ağırlıklı görüntüleme hiperintens görülebileceğini değil, aynı zamanda DAG ile iskemi dışı bu lezyonların karakterizasyonunun da yapılabileceğini ve ayırıcı tanıya katkısının olabileceğini vurgulamaktadır.

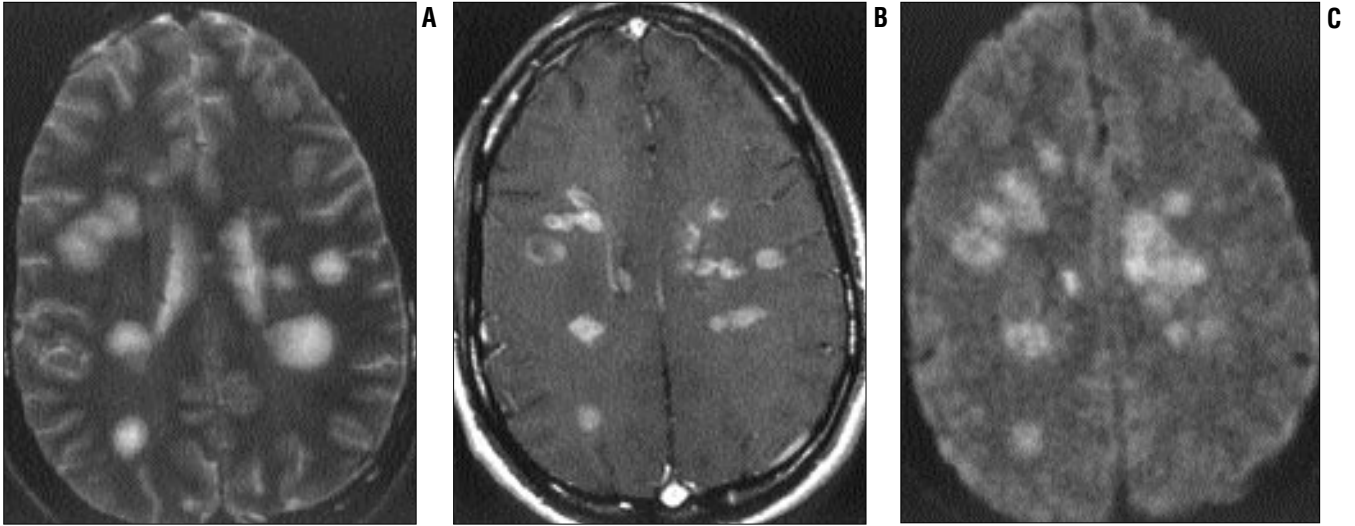
Otoimmün ve demyelinizan hastalıklar

Multipl skleroz (MS) olgularında artmış difüzyon sinyalinin izlenebileceği bilinmektedir (1,2). Bazı yazarlar bunun hastalığın aktivitesi ile ilgili olduğunu ileri sürmüş ve DAG'nin hastalığın aktivitesinin değerlendirilmesinde kontrastlı görüntülerin yerini alabileceğini belirtmişlerdir (3). Biz kontrastlanma gösteren ve artmış difüzyon sinyaline sahip aktif MS lezyonları olan olgular gördük (Resim 1). Ancak, kontrastlanma göstermeyen artmış difüzyon sinyaline sahip MS lezyonlarının olduğu olguların yanında, artmış difüzyon sinyali olmaksızın kontrastlanma gösteren (yani aktif hastalığı bulunan) MS lezyonlarını olgularımızda izledik. Bu nedenle kontrastlı görüntülere, MS plaklarının hastalık aktivitesi yönünden tam olarak değerlendirilebilmesi için halen gerek vardır.

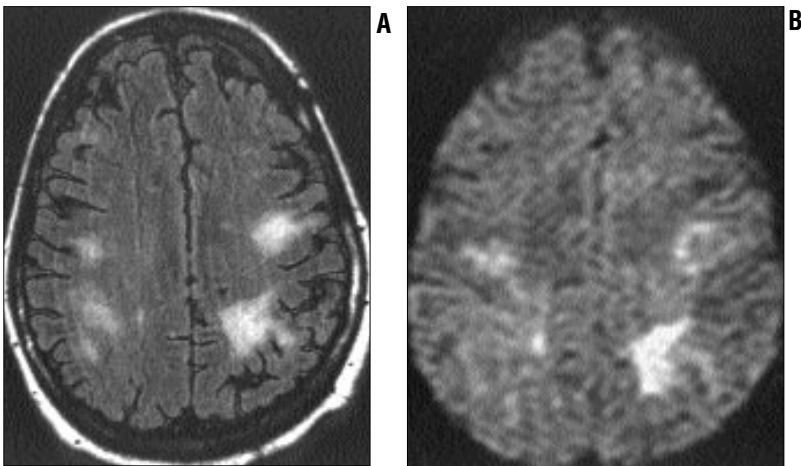
Multipl skleroz olgularında olduğu gibi, bazı akut dissemine ensefalomyelit (ADEM) olgularında da DAG'de artmış sinyal izlenebilir (Resim 2). Progresif multifokal lökoensefalopati (PML) olgularında, akut demyelinizan lezyonlara sekonder artmış difüzyon sinyali saptanabilir (Resim 3).



Resim 1. Multipl skleroz. 30 yaşında MS tanısı almış olan bayan hasta alt ekstremitelerde yeni başlayan güçsüzlük ile başvuruyor. (A) FLAIR, (B) post-gadolinyum T1-ağırlıklı ve (C) difüzyon ağırlıklı kesitlerinde hafif periferel kontrastlanma (*beyaz oklar*), ancak belirgin periferel artmış difüzyon sinyali (*siyah oklar*) gösteren aktif MS plağı izleniyor.



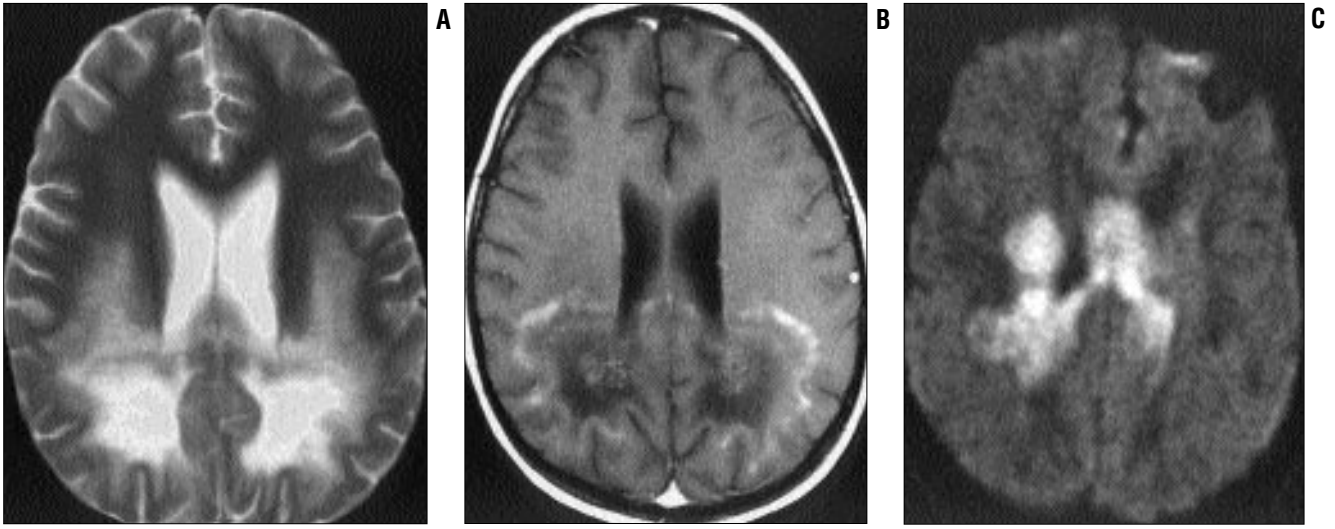
Resim 2. Akut dissemine ensefalomyelit. 33 yaşında erkek hasta şuur bulanıklığı, güçsüzlük ve derin tendon reflekslerinde artış ile başvuruyor. (A) T2 ağırlıklı, (B) post-gadolinyum T1-ağırlıklı ve (C) difüzyon ağırlıklı görüntülerde bilateral sentrum semiovalede, T2 hiperintens, periferel kontrastlanma gösteren multipl beyaz cevher lezyonları izleniyor. Lezyonlar difüzyon ağırlıklı görüntülemeye akut demyelinizasyona sekonder belirgin hiperintensite gösteriyor. Bu monofazik lezyonlar steroid tedavisi ile belirgin düzelmeye gösterdiler.



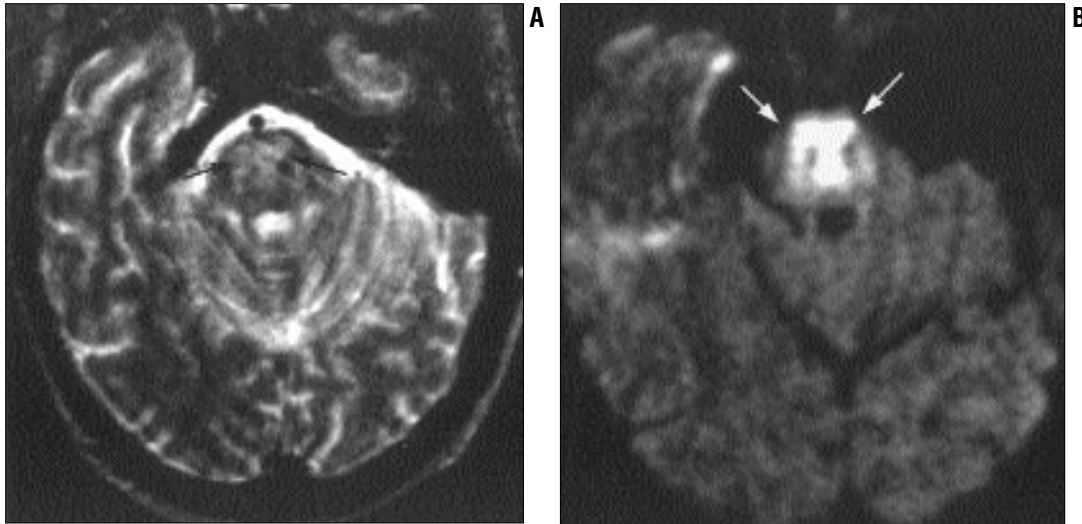
Resim 3. Progresif multifokal lökoensefalopati. 46 yaşında HIV enfekte bayan hasta 1 haftadır sağ tarafta güçsüzlük ve konuşma bozukluğu ile başvuruyor. Aynı seviyeden geçen (A) FLAIR ve (B) difüzyon ağırlıklı görüntülerde bilateral frontoparietal beyaz cevher alanlarında artmış difüzyon sinyali gösteren T2 hiperintens lezyonlar izleniyor. Lezyonlar post-gadolinyum görüntülerde kontrastlanma göstermediler.

Dismyelinizan hastalıklar

Deneyimlerimize göre, adrenolökodistrofide (ALD) ilerleyen beyaz cevher lezyonlarının kenarları artmış difüzyon sinyali göstermektedir. Biz bu bulguyu, hepsinde olmasa da bazı olgularda gördük (Resim 4). Artmış difüzyon sinyali kontrastlı bilgisayarlı tomografi (BT) ve MRG'de iyi bilinen kontrastlanma paternine benzer şekilde, beyaz cevher lezyonlarının kenarlarında izlenmektedir. Ancak artmış difüzyon sinyalinin görüldüğü alan, kontrastlı görüntülerden biraz farklı olup daha geniş alanı tutmaktadır. Olasılıkla hem DAG hem de kontrastlı görüntüler ALD'de hastalığın



Resim 4. Adrenolökodistrofi (ALD). 9 yaşında erkek hasta hızla ilerleyen görme kaybı ile başvuruyor. (A) T2-ağırlıklı ve (B) post-gadolinyum T1-ağırlıklı görüntülerde pariyetal-okspital ve posterior frontal beyaz cevherde tipik ALD değişiklikleri izleniyor. (C). Difüzyon ağırlıklı görüntüde, muhtemelen erken dönemde inflamatuvar değişiklikler olmaksızın aktif demyelinizasyonu gösteren kontrastlanan alanlardan daha anterior alanlara uzanan belirgin difüzyon hiperintensitesi izleniyor. ADC haritası bu artmış difüzyon sinyalinin kısıtlanmış difüzyona sekonder olduğunu gösterdi.



Resim 5. Santral pontin myelinolizis. 44 yaşında alkol kullanım öyküsü olan bayan hasta şuur bulanıklığı ile başvuruyor. Laboratuvar bulgularında hiponatremi saptanıyor. Ponstan geçen (A) T2-ağırlıklı ve (B) difüzyon ağırlıklı görüntülerde, ponsta artmış T2 ve difüzyon sinyali izleniyor (oklar). ADC haritaları ponstaki artmış difüzyon sinyalinin gerçek kısıtlanmış difüzyona sekonder olduğunu gösterdi.

aktivitesini gösteriyorsa da, muhtemelen farklı patofizyolojileri göstermektedirler. Kontrastlı görüntüler kan-beyin bariyerinin yıkımını gösterirken, DAG su moleküllerinin kısıtlanmış hareketini ifade etmektedir. Muhtemelen kontrastlı görüntüler inflamatuvar değişikliklerin olduğu orta aktif demyelinizasyon zonunu gösterirken, DAG erken dönemde inflamatuvar değişikliklerin başlamasından önce daha periferdeki akut demyelinizan alanları saptar (Resim 4). Lezyonun kronik- nekrotik merkezinde, difüzyon art-

makta ve DAG'de düşük sinyale neden olmaktadır.

Metakromatik lökodistrofi (MLD) ve Krabbe hastalığı (globoid hücreli lökodistrofi) olgularımızda da artmış difüzyon sinyali gördük. Su moleküllerinin gerçek kısıtlanmış difüzyonundan ziyade, 'T2 shine-through' bu olgularda izlenen artmış difüzyon sinyalinin tamamından ya da önemli bir kısmından sorumlu olabilir.

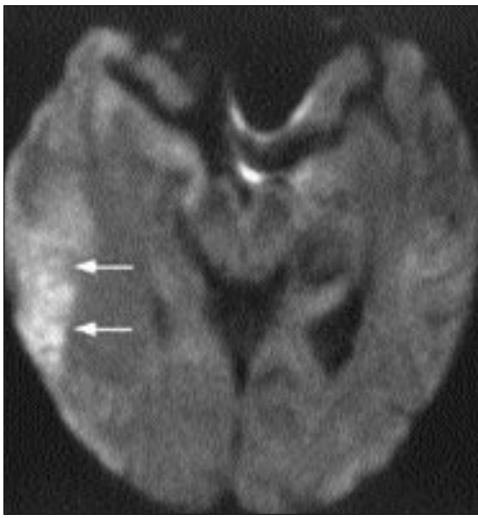
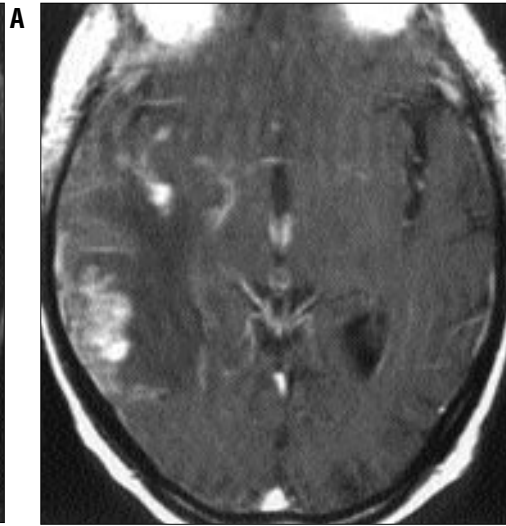
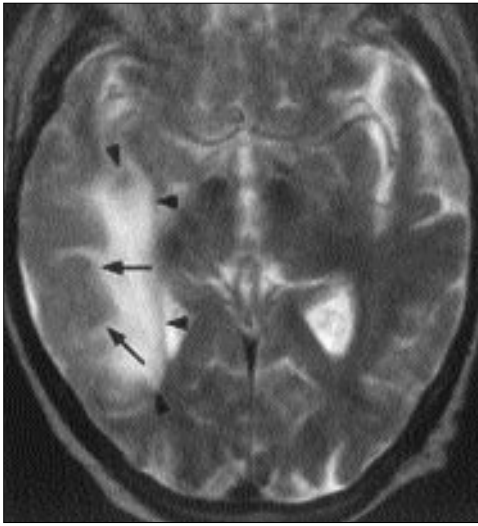
Diğer demyelinizan durumlar

Akut santral pontin myelinolizis

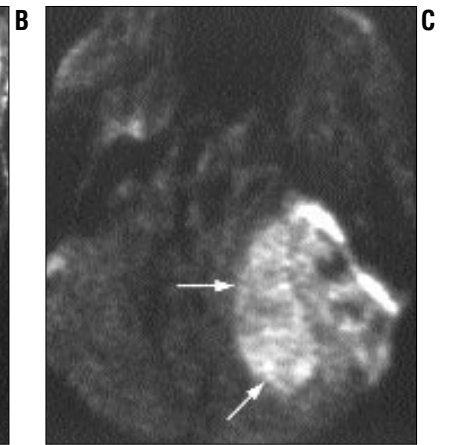
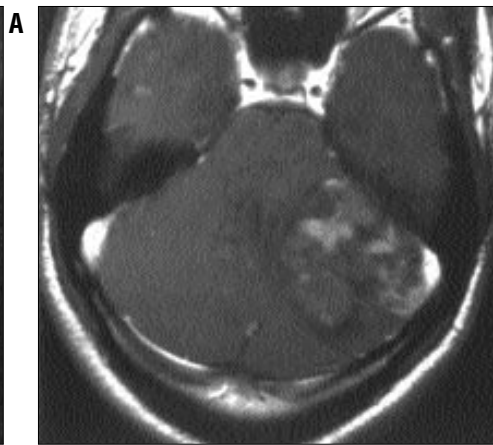
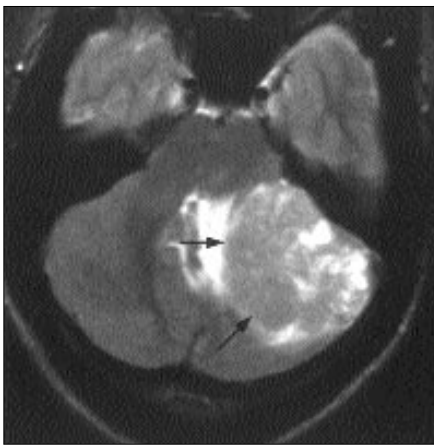
(SPM) olgularımızda artmış difüzyon sinyali saptadık. Patolojik olarak kanıtlanmış bir SPM olgusunda akut demyelinizasyon alanında su moleküllerinin kısıtlanmış difüzyonu izlendi (Resim 5). Yani difüzyon hiperintensitesi 'T2 shine-through' değil, su moleküllerinin gerçek kısıtlanmış difüzyonuna sekonder idi.

Beyin tümörleri

Beyin tümörlerinde artmış difüzyon sinyal intensitesi deneysel olarak gösterilmiştir (4). Klinik olarak da bazı



Resim 6. Santral sinir sistemi lenfoması olan 70 yaşında erkek hasta. **(A)** T2-ağırlıklı, **(B)** post-gadolinyum T1-ağırlıklı ve **(C)** difüzyon ağırlıklı görüntülerde sağ temporal lob periferinde kontrastlanan kitle lezyonu izleniyor. Tümör T2-ağırlıklı görüntülerde yüksek hücresel içeriği ve yüksek nükleer/sitoplazma oranı nedeniyle gri cevher ile izointens izleniyor (*siyah oklar*). Büyük olasılıkla aynı nedenlerden dolayı da artmış difüzyon sinyali gösteriyor (*beyaz oklar*). Tümörü çevreleyen ödem T2-ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenirken (*siyah ok başları*), vazojenik ödem artmış difüzyona neden olduğu için difüzyon ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenmiyor.

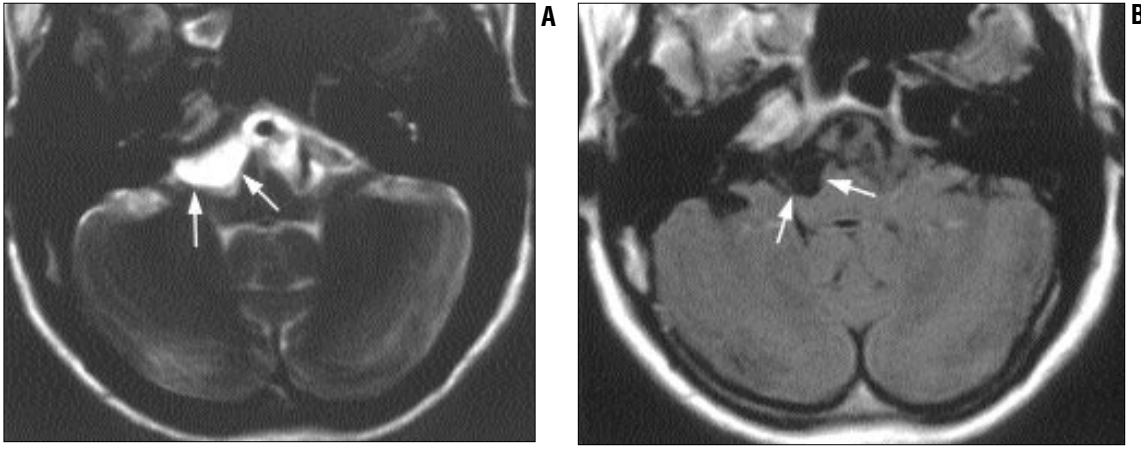


Resim 7. Primitif nöroektodermal tümör. 23 yaşında erkek hasta başağrısı ile başvuruyor. **(A)** T2-ağırlıklı, **(B)** post-gadolinyum T1-ağırlıklı ve **(C)** difüzyon ağırlıklı görüntüler sol serebellar hemisferde kitle lezyonunu gösteriyor. Kontrastlanma gösteren tümör heterojen sinyal karakteristiği gösterirken, T2-ağırlıklı görüntülerde gri cevher ile izointens olma eğilimi gösteriyor (*siyah oklar*). Tümör (medulloblastoma) olasılıkla yüksek hücresel içerik ve nükleer/sitoplazmik oranı nedeniyle artmış difüzyon sinyali gösteriyor (*beyaz oklar*).

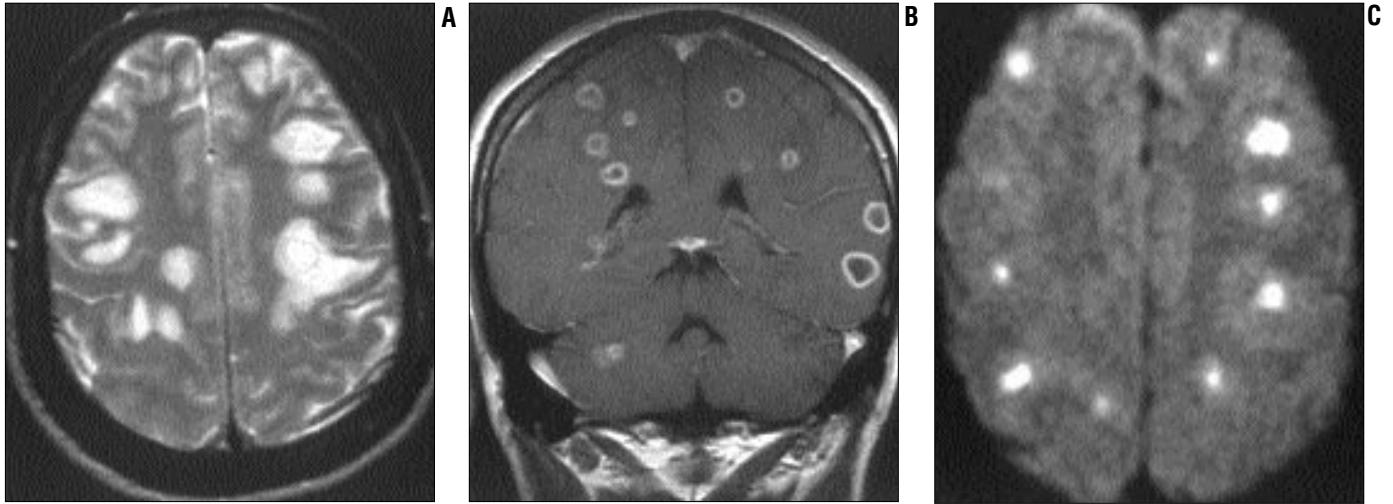
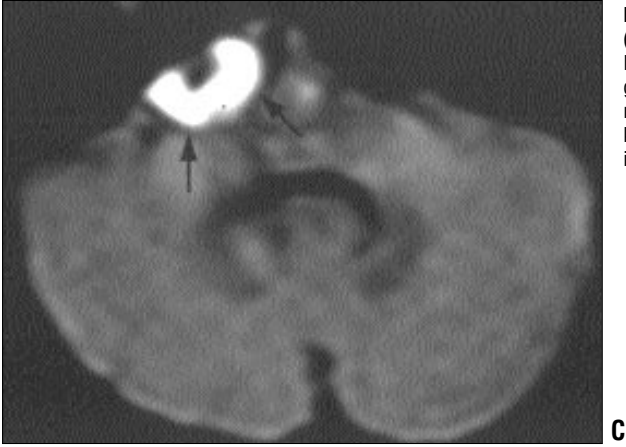
beyin tümörlerinde artmış difüzyon sinyali dikkati çeker. Hücresel içerik/ekstraselüler su oranı yüksek olan tümörler ile nükleer/sitoplazmik oranı

yüksek olan tümörler artmış difüzyon sinyali gösterme eğilimindedirler. İntraparankimal lenfomalar (Resim 6) tipik olarak artmış difüzyon sinyali gös-

terirler. Primitif nöroektodermal tümörler gibi diğer yoğun içerikli tümörler de yüksek difüzyon sinyali ile kendini gösterebilir (Resim 7). Me-



Resim 8. Epidermoid tümör. 37 yaşında erkek hasta sağ tarafta işitme kaybı ile başvuruyor. (A) T2-ağırlıklı, (B) FLAIR ve (C) difüzyon ağırlıklı görüntülerde sağ serebellopontin açıda BOS ile izointens (*beyaz oklar*) kitle lezyonu izleniyor. Kitle lezyonu difüzyon ağırlıklı görüntülemeye oldukça yüksek sinyal intensitesi gösteriyor (*siyah oklar*). Bu özelliği nedeniyle DAG, epidermoid tümörlerin araknoid kistlerden ayırımında kullanılabilir. Araknoid kist difüzyon ağırlıklı görüntülemeye düşük sinyal gösterir ve tüm sekanslarda BOS sinyal intensitesi özelliğindedir.



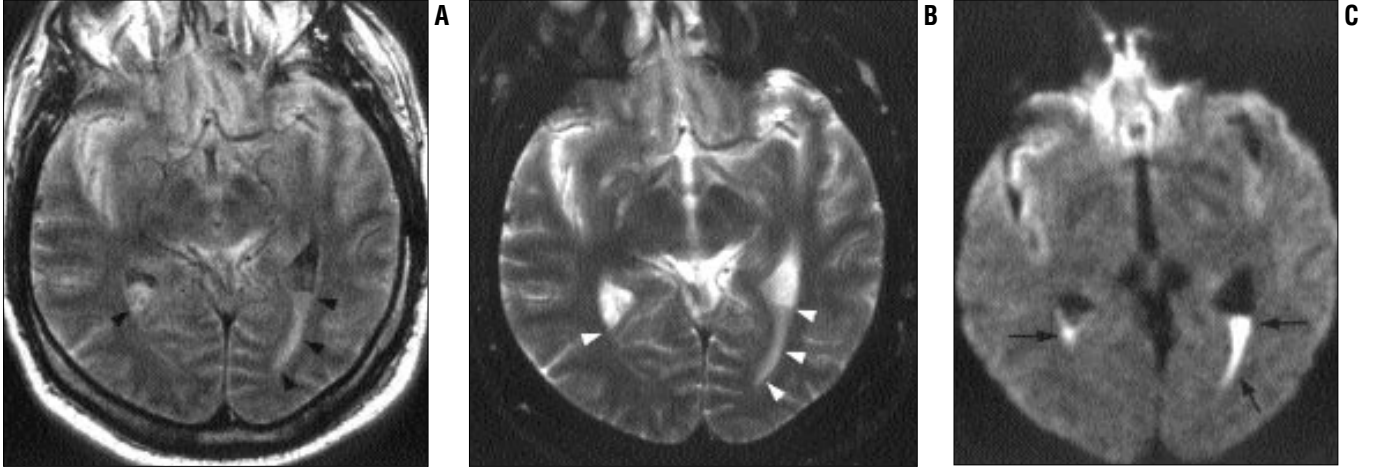
Resim 9. Multipl pyojenik beyin apsesi olan 48 yaşında erkek hasta. (A) T2-ağırlıklı, (B) post-gadolinium T1-ağırlıklı ve (C) difüzyon ağırlıklı görüntülerde multipl periferik kontrastlanma gösteren lezyonlar izleniyor. T2-ağırlıklı görüntülerde lezyonların çevresindeki hipointens halka apseleri düşündürüyor. Su moleküllerinin kısıtlanmış difüzyonunun, püye içerisindeki hücresel artıklara bağlı artmış viskoziteye sekonder olduğu düşünülmektedir. Difüzyon ağırlıklı görüntülemeye, püye karşılık gelen lezyonların merkezi belirgin hiperintensite gösterirken, lezyonların çevresindeki vazojenik ödem hiperintensite göstermemektedir.

ninjiyom, gliom, makroadenom, pineal tümörler ve metastazların bazen yüksek difüzyon sinyali gösterebileceği saptanmıştır (5). Biz difüzyon ağırlıklı görüntülemeye oldukça hiperintens olan bir gliomatozis serebri ol-

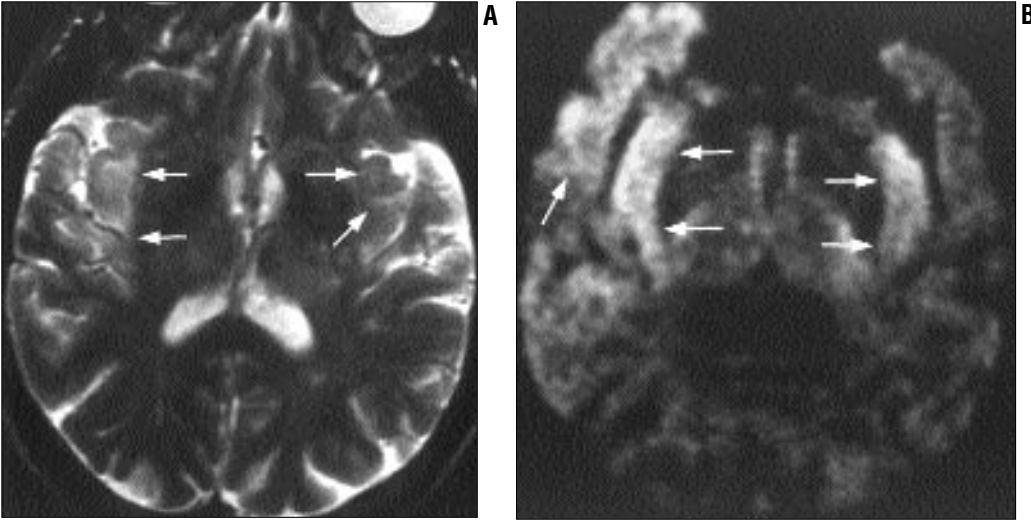
gusu gördük. Epidermoid tümörler DAG'de yüksek sinyal gösterirken, araknoid kistler DAG dahil tüm sekanslarda beyin omurilik sıvısı (BOS) sinyalini takip ederler (6) (Resim 8).

Intrakranyal enfeksiyonlar

Beyin apselerinin kısıtlanmış difüzyon ve de dolayısıyla artmış difüzyon sinyali gösterdiği saptanmıştır (7). Ventriküller gibi diğer lokalizasyonlardaki püye materyali ya da viskoz



Resim 10. İnaventriküler pü. Bakteriyel ensefaliti olan 45 yaşında erkek hasta. (A) FLAIR, (B) T2-ağırlıklı ve (C) difüzyon ağırlıklı görüntülerde lateral ventriküllerin oksipital hornlarında seviyelenme gösteren pü izleniyor. Pü spin eko T2-ağırlıklı görüntüde BOS'a oranla hipointens (*beyaz ok başları*) izlenirken, FLAIR görüntülerde suprese olmuyor (*siyah ok başları*) ve difüzyon-ağırlıklı görüntüleme belirgin hiperintensite gösteriyor (*oklar*).



Resim 11. Herpes ensefaliti. Dört gündür soğuk algınlığı benzeri semptomlar gösteren 73 yaşında bayan hastada ani şuur bulanıklığı meydana geliyor. PCR testi Herpes Tip 2 için pozitif geliyor. (A) T2-ağırlıklı ve (B) difüzyon ağırlıklı görüntülerde sağda temporal lob anterior kesiminde ve her iki insular kortekste artmış sinyal intensiteleri izleniyor (*oklar*). Herpes ensefalitinde, difüzyon ağırlıklı görüntüleme artmış sinyal intensitesi iskemiyeye sekonder olabilir. Bu olguda, bulgular T2-ağırlıklı görüntülerde oldukça hafif iken difüzyon ağırlıklı görüntülerde çok daha belirgindir. Bu nedenle, bazı olgularda difüzyon ağırlıklı görüntüleme herpes ensefalitinin erken tanısında oldukça faydalı olabilir.

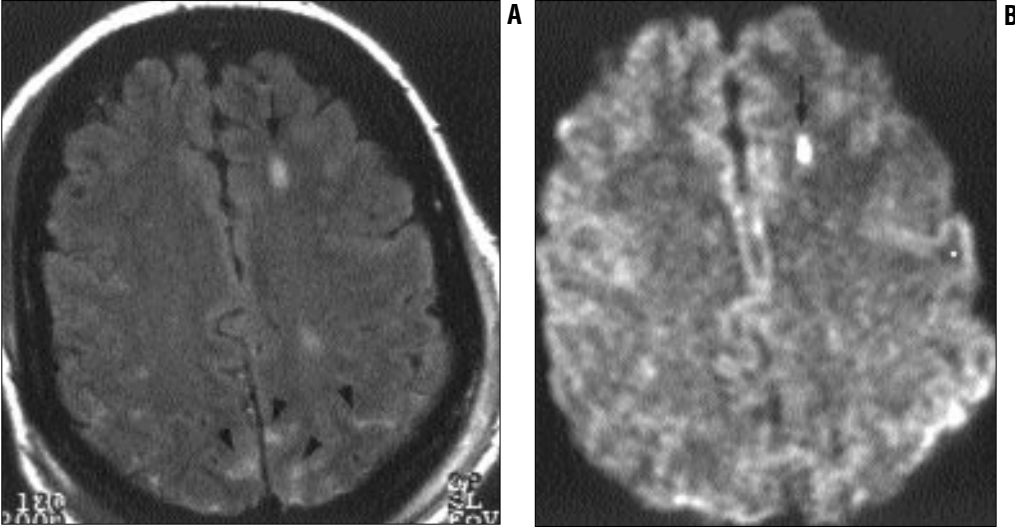
mukoid materyaller de kısıtlanmış difüzyon sinyali gösterebilir. DAG kistik beyin tümörlerinin abselerden ayırt edilmesinde yararlı olabilir. Serebral abselerde pü materyali DAG'de tipik olarak hiperintens iken (Resim 9), kistik ya da nekrotik beyin tümörleri tipik olarak artmış difüzyon sinyali göstermezler. Ventrikülitle birlikte seyreden bir bakteriyel ensefalit olgusunda, ventrikül içerisindeki püyün artmış difüzyon sinyaline neden olduğunu saptadık (Resim 10). Bu olguda, apparent diffusion coefficient (ADC) haritası pü içerisinde su molekülleri-

nin kısıtlanmış difüzyonunu gösterdi. Bunun, pü içerisindeki hücresel artıklardan dolayı artmış viskoziteye bağlı olduğu düşünülmektedir. Herpes ensefaliti gibi viral serebritler de muhtemelen iskemiyeye sekonder artmış difüzyon sinyali gösterebilmektedir (Resim 11).

Travmatik beyin hasarı

İntrakranyal hematomların, hematomun yaşına bağlı olarak değişik derecelerde kısıtlanmış difüzyona neden olduğu gösterilmiştir (8). Difüz akso-

nal yaralanmada lezyonlar tipik olarak artmış difüzyon sinyali gösterirler (Resim 12). Bu olgularda ADC haritaları bir kısım lezyonlarda vazojenik ödeme sekonder artmış ADC değerleri gösterirken, lezyonların çoğunda iskemiyeye sekonder olduğu düşünülen su moleküllerinin kısıtlanmış difüzyonu izlendiği vurgulanmaktadır (9). Daha ileri çalışmalar gerekmele birlikte, bu olgularda DAG, BT ve gradyent eko T2*-ağırlıklı MR görüntülerine göre daha hassas olabilir.



Resim 12. Difüz aksonal yaralanma. Kafa travması geçiren 39 yaşında bayan hasta. **(A)** FLAIR ve **(B)** difüzyon ağırlıklı görüntülerde sol frontal lobda hiperintens aksonal yaralanma izleniyor (*oklar*). FLAIR kesitinde aynı zamanda her iki paryetal konveksitelerde subaraknoid kanama alanları dikkati çekiyor (*ok başları*).

Rutin DAG'nin spesifitesi

Lezyonların morfolojik karakteristiklerini ve diğer sekanslardaki görünümünü değerlendirmeksizin DAG'de saptanan artmış sinyal intensitesi spesifik olmayıp, her artmış difüzyon sinyali iskemi anlamına gelmemektedir. DAG her ne kadar şu ana kadar enfarktın erken tanısında kullanıla

gelse de, her geçen gün yeni patolojilerin su moleküllerinin kısıtlanmış difüzyonuna ve de dolayısıyla DAG'de artmış sinyale neden olduğu gözlenmektedir.

Difüzyon hiperintensitesi her zaman akut iskemi anlamına gelmemektedir ve klinik bilgi ve diğer görüntüleme karakteristikleri ile birlikte de-

ğerlendirilmelidir. DAG ile deneyimler arttıkça, her geçen gün daha da fazla rutin bir MRG sekansı olarak kullanılmakta, en az T1-ağırlıklı, T2-ağırlıklı ve kontrastlı sekanslar kadar, bazen daha da fazla yararına inanılmaktadır.

Kaynaklar

1. Horshfield M, Larsson H, Jones D, Gass A. Diffusion magnetic resonance imaging in multiple sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 1:80-84.
2. Larsson H, Thomsen C, Frederiksen J, Stubgaard M, Henriksen O. In vivo magnetic resonance diffusion measurement in the brain of patients with multiple sclerosis. *Magn Reson Imaging* 1992; 10:7-12.
3. Tsuchiya K, Yoshino A, Katase S, Hachiyama J. Evaluation of multiple sclerosis disease activity by diffusion-weighted MR imaging: preliminary results of comparison with contrast-enhanced MR imaging. American Society of Neuroradiology 36th Annual Meeting, May 17-21, 1998, Philadelphia, USA.
4. Tien RD, Felsberg GJ, Friedman H, Brown M, MacFall J. MR imaging of high grade cerebral gliomas: value of diffusion-weighted echoplanar pulse sequences. *AJR* 1994; 162:671-677.
5. Teich DL, Coony M, Chen DY, et al. Diffusion-weighted imaging: nonischemic changes of signal abnormality. American Society of Neuroradiology 36th Annual Meeting, May 17-21, 1998, Philadelphia, USA.
6. Tsuruda JS, Chew WM, Moseley ME, Norman D. Diffusion-weighted MR imaging of the brain: value of differentiating between extraaxial cysts and epidermoid tumors. *AJNR* 1990; 11:925-931.
7. Kim Y, Chang K, Song I, et al. Brain abscess and necrotic or cystic brain tumor: discrimination with signal intensity on diffusion-weighted MR imaging. *AJR* 1998; 171:1487-90.
8. Singer MB, Atlas SW, Dubois P. Diffusion trace measurements in evolving intracerebral hematomas. American Society of Neuroradiology 36th Annual Meeting, May 17-21, 1998, Philadelphia, USA.
9. Schaefer PW, Tievsky A, Hamberg LM, Hunter GJ, Gonzales RG. Echo-planar diffusion-weighted imaging in diffuse axonal injury. American Society of Neuroradiology 36th Annual Meeting, May 17-21, 1998, Philadelphia, USA.