

# Diffüzyon MRG'nin Klinik Kullanım Alanları

*\*Nörogörüntülerdeki kalite kaybı,  
gönderilen materyalden kaynaklanmaktadır.*

Yrd. Doç. Dr. Yelda Özsunar  
Adnan Menderes Üniversitesi, Tıp Fakültesi Radyoloji ABD  
Assistant Professor, Harvard Tıp Fakültesi,  
Massachusetts General Hospital, Radyoloji Departmanı

Yrd. Doç. Dr. Theiry Huisman  
Assistant Professor, Harvard Tıp Fakültesi,  
Massachusetts General Hospital, Radyoloji Departmanı

Yrd. Doç. Dr. A. Gregory Sorensen  
Assistant Professor, Harvard Tıp Fakültesi,  
Massachusetts General Hospital, Radyoloji Departmanı

İletişim:  
Yrd. Doç. Dr. Yelda Özsunar Dayanır  
Adnan Menderes Üniversitesi  
Tıp Fakültesi Radyoloji ABD  
09100 Aydın

Tel: 256 212 40 78  
Fax: 256 212 01 46  
E-mail: yelda88@yahoo.com



## Diffüzyon MRG'nin Klinik Kullanım Alanları

**ÖZET** Diffüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DAG) son yıllarda ortaya çıkan ve rutine giderek daha çok yerleşen magnetik rezonans görüntüleme yöntemlerinden biridir. DAG'de mikroskopik diffüzyonun kısıtlandığı sitotoksik ödem devresi yüksek doğrulukla gösterilebilmektedir. Bu evreyi

göstermek, özellikle trombolitik tedaviye aday hastanın seçimi açısından önem taşımaktadır. DAG, iskemiye ek olarak, başka bir çok patolojik durumda DAG tanıya yardımcı olabilecek yararlı bilgiler verebilir. Bu yazımızda, serebral iskeminin yanısıra, DAG nin katkıda bulunabileceği diğer klinik durumlar örnekler eşliğinde ana hatlarıyla açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Manyetik rezonans görüntüleme, Diffüzyon görüntüleme, İskemik inme, Serebrovasküler hastalık

## Clinical indications of Diffusion Weighted MR Imaging

**ABSTRACT** A recently developed technique, Diffusion Weighted Imaging (DWI), is steadily becoming a routine part of the neuroimaging. The technique enables to depict the stage of cytotoxic edema, in which molecular diffusion of water is restricted. Besides to its high diagnostic ability, the

method also can play an important role in selecting patients who may benefit from thrombolytic therapy. DWI is not only an accurate diagnostic tool in management of cerebral ischemia, but also it can be helpful in diagnosis of many other neurological pathologies. This articles reviews the neurological disorders, in which DWI may become helpful as a diagnostic tool, with a handful of clinical examples.

**Key Words:** Magnetic resonance imaging, Diffusion imaging, Ischemic stroke, Cerebrovascular disorder

## GİRİŞ

Son on yıldır rutin klinik uygulamalar arasına giren Diffüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DAG), ülkemizde de giderek yaygınlık kazanmaktadır. Diğer görüntüleme yöntemlerinden hiçbiri sitotoksik doku hasarını DAG kadar hızlı ve kesin doğrulukta gösteremez. Yöntem, erken evre enfarktı iskeminin başlamasından itibaren dakikalar içinde çok yüksek doğrulukta gösterebilmektedir<sup>1,2,9,11,12</sup>. İyi kalitede görüntü elde etmek, yüksek sinyal-gürültü oranı gerektirdiğinden, tercihen ekoplanar görüntüleme yeteneğine sahip yüksek teslatlı, hızlı ve yüksek gradient gücüne sahip Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRG) cihazları gereklidir. Bu cihazlarla inceleme, yaklaşık 1-2 dakikada tamamlanabilir. Öncül (row data) diffüzyon görüntülerinden İotropik DAG, ADK (Açık Diffüzyon Katsayısı = Apparent Diffusion Coefficient) haritası, ekspanansiyel, anisotropik ve küçük b görüntüleri gibi haritalar türetilerek radyolojik yorumlamada kullanılır (**Resim 1**). Daha önce fizik ve serebral iskemideki temel kullanım prensipleri yerli<sup>10,14</sup> ve yabancı<sup>1,2,9,11,12,</sup>

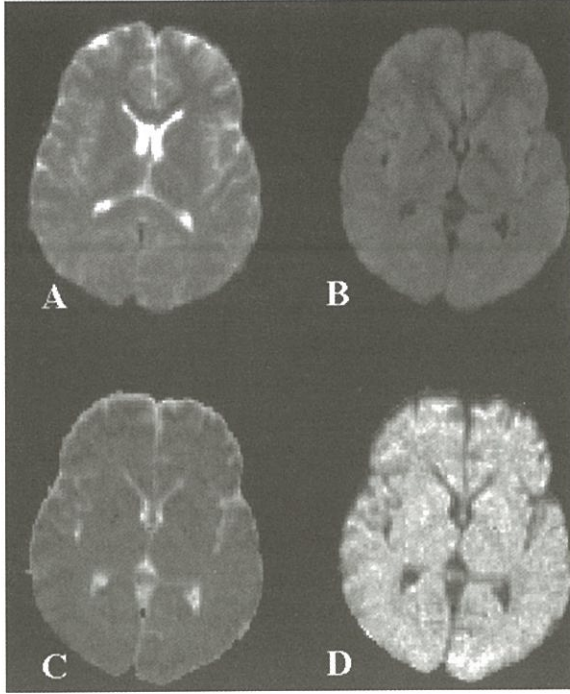
dergilerde ayıntılılarıyla açıklanmış olan yöntem, akut enfarktlar dışında da önemli klinik ipuçları vermektedir. Bu yazımızda, DAG' nin rutin kullanım yerleri olgu örnekleriyle birlikte özetlenecektir. Yöntemin fizik prensipleri ve teknik ayrıntıları başka yayınlarda açıklandığından<sup>2,9</sup> bu makalede yöntemin sadece endikasyonları ve değerlendirme kriterlerinden örnekler eşliğinde söz edilecektir.

## Normal Diffüzyon

Brownian hareket de denilen diffüzyon, moleküllerin serbest hareketi olarak tanımlanır. Bu hareketi, diğer bir değişle moleküllerin diffüzyon miktarını DAG ile ölçmek ve göstermek mümkündür. Diffüzyon genel olarak iki kategoride incelenebilir.

**1. İotropik Diffüzyon:** Moleküler hareketin, herhangi bir bariyerle sınırlanmadan her yöne olması anlamına gelir (Örnek: bardaktaki su, beyin omurilik sıvısı, gri cevher gibi). Radyolojik olarak İotropik DAG, ADK, Küçük





**Resim 1:** Normal bir erişkine ait diffüzyon MRG görüntüleri. A) Küçük  $b$  ( $b=0$ , pratik olarak ekoplanar T2 olarak kabul edilir), B) İotropik Diffüzyon MRG, B) ADK haritası, C) Ekspansiyonel görüntüler

$b$  ve Ekspansiyonel görüntü haritalarında ortaya konulan bilgi isotropik diffüzyon bilgisidir. Normal diffüzyon MR görüntülerinde, isotropik DAG, BOS gibi diffüzyonun yoğun olduğu bölgelerde sinyal kaybı (hipointens); diffüzyonun kısıtlı olduğu parankimde sinyal artışı (hiperintens) şeklinde görülür (Resim 1). Genel olarak gri-beyaz cevher ayırımı konvansiyonel MR görüntülerinden daha zordur. Diffüzyon görüntüleme de sık sık adı geçen “ $b$  değeri” diffüzyon duyarlılığını gösteren ve gradient gücü ile orantılı bir değerdir.  $b$  değeri arttıkça (1000-2000 s/ mm<sup>2</sup>) görüntü, T2 sinyalinden diffüzyon ağırlıklı görüntüye doğru kayar. Çok düşük  $b$  (0-3 s/ mm<sup>2</sup>), değeri ile alınmış DAG’ ler pratik olarak T2 ağırlıklı görüntüler sayılır. ADK ve ekspansiyonel görüntüler İotropik DAG sinyalinin Ekoplanar T2 sinyaline (düşük  $b$  sinyali) bölünmesi ile elde edilir. Ekspansiyonel görüntüler ADK haritasının verdiği bilgilerin aynısını ters sinyallerle veren görüntülerdir.

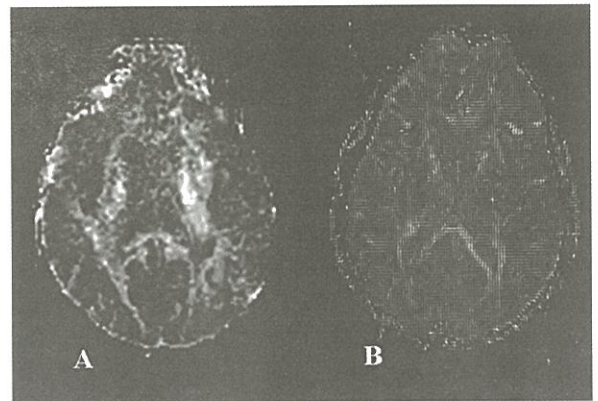
**2. Anisotropik Diffüzyon:** Bariyerler nedeniyle tek bir yöne doğru olan diffüzyon anlamına gelir. Temelde anisotropik görüntüleme beyaz cevher gibi tek bir yöne olan diffüzyon türünü (anisotropik diffüzyon) göstermekte kullanılır. Anisotropi görüntülerinin Fraksyonel Anisotropi, Lattis indeksi, Anisotropik İndeks gibi varyasyonları bulunabilir. Bu yöntemle yapılan görüntülemeye Diffüzyon Tensör görüntüleme (traktografi) da adı verilmiş olup beyaz cevher traktlarının geçiş yönü ve seyrini göstermede kullanılır (Resim 2), (4). Yukarıda tanımlanan tüm haritalar, toplam 1-2 dakikalık süre içinde elde edilen öncül görüntülerin görüntüleme sonrası işlenmesi sonucu kolay ve hızlı bir şekilde elde edilir.

#### **Patolojik Diffüzyon Sinyaline neden olan durumlar:**

Bu durumların listesi Tablo 1’de gösterilmiştir. Diffüzyon MRG’ nin rutin kullanımında yardımcı olduğu belli başlı patolojiler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

#### **Serebral İskemi/ Enfarkt:**

Su protonlarındaki diffüzyon sınırlaması (azalması) en dramatik şekliyle serebral enfarktlerde görülür (Resim 3). Akut iskeminin erken evresinde (15 dakika-saatler), henüz tam olarak anlaşılammış mekanizmalar nedeniyle



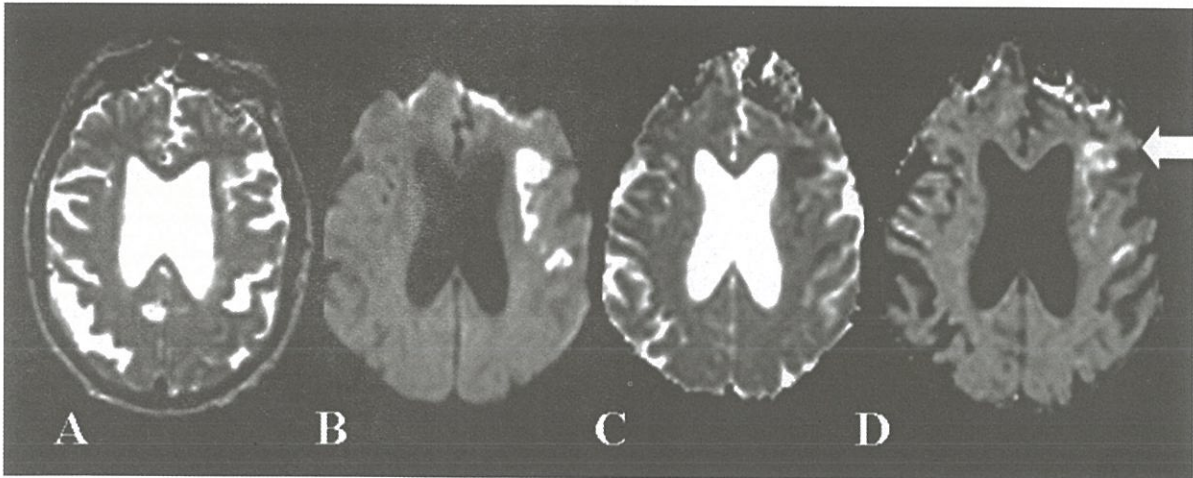
**Resim 2:** Diffüzyon tensör görüntüleme. A) Farksonel Anisotropi: Aynı yöne olan diffüzyon hiperintens, izotropik diffüzyon hipodens olarak görntülenmekte. B) Traktografi: Aksonların uzanım yönlerine göre farklı renkte kodlamalar yapılmakta ve böylece beyaz cevherin traktları haritalanabilmektedir.



**Tablo-1:** Diffüzyon azalması ile seyreden durumlar

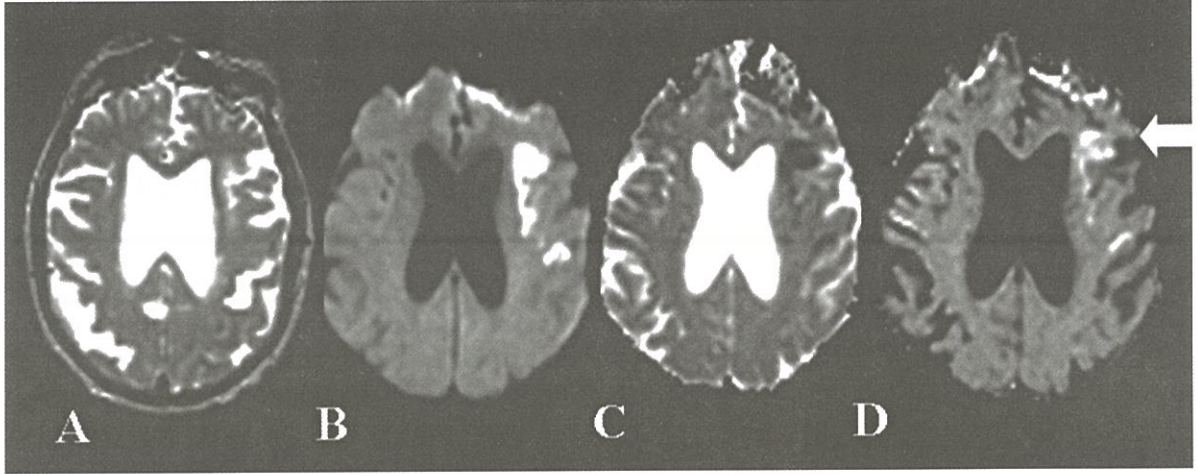
Na-K ATPaz pompası defekti (Sitotoksik Ödem) -Enfarktin erken dönemi, - nekrotik ensefalit -Epileptik nöbet (membran depolarizasyonu )
Myelin Vakuolizasyon ve Spongiform değişiklikler -Crutzfeld-Jacob Hastalığı -Metotreksat Toksikitesi -Demiyelenizan hastalıkların bazı dönemleri -Walleryan Dejenerasyonun bazı dönemleri
Yoğun içerikli sıvı-materyal -Epidermoid -Methemoglobin -Abse İçeriği
Artmış hücre yoğunluğu -PNET, Medullablastom, Lenfoma ve bazı malign astrositomlar
<b>Artmış diffüzyon ile seyreden durumlar</b>
Ekstrasellüler sıvı artışı -Vazojenik, intertisyel ödem
Yoğun içerikli olmayan kistik lezyonlar -Atraknoid kist -Bazı tümörlerin Kistik Komponenti

diffüzyon azalmaktadır<sup>1,2,9,11,12</sup>. Azalmış diffüzyon DAG' de artmış sinyal (beyaz) olarak kendini gösterir. Artmış sinyal, İotropik DAG' de azalmış diffüzyona işaret edebildiği gibi T2 sinyalinden de kaynaklanıyor olabilir (Resim 4). Bu iki sinyali birbirinden ayırdedebilmek amacıyla ADK veya ekspanansiyel görüntüler kullanılır. ADK görüntülerinde azalmış diffüzyon hipointens görünürken, vazojenik ödem, BOS gibi T2 de hiperintens görülen yapılar hiperintens olmaya devam eder. Ekspanansiyel görüntüler pratik olarak ADK haritalarının tam ters sinyal görüntüleridir ve ADK ile aynı işi görür. ADK haritası olmaksızın hiperintens bir alanın azalmış diffüzyondan mı (sitotoksik ödem, vakuolizasyon vb), yoksa T2 etkisinden mi kaynaklandığı ayırd edilemez. Bu nedenle mutlaka ADK veya Ekspanansiyel haritalara ihtiyaç duyulur. Akut iskemide sitotoksik ödem, yerini kronik evredeki vazojenik ödeme bırakır. Vazojenik ödem arttıkça diffüzyon sınırlanması azalır ve T2 etkisi artmaya başlar. Bu evrede enfarkt geleneksel (konvansyonel) MRG görüntülerinde de tanınmaya başlar. Bu nedenlerle ADK haritaları akut ve kronik enfarkt ayırımında vazgeçilmez bir yöntemdir (Resim 4).

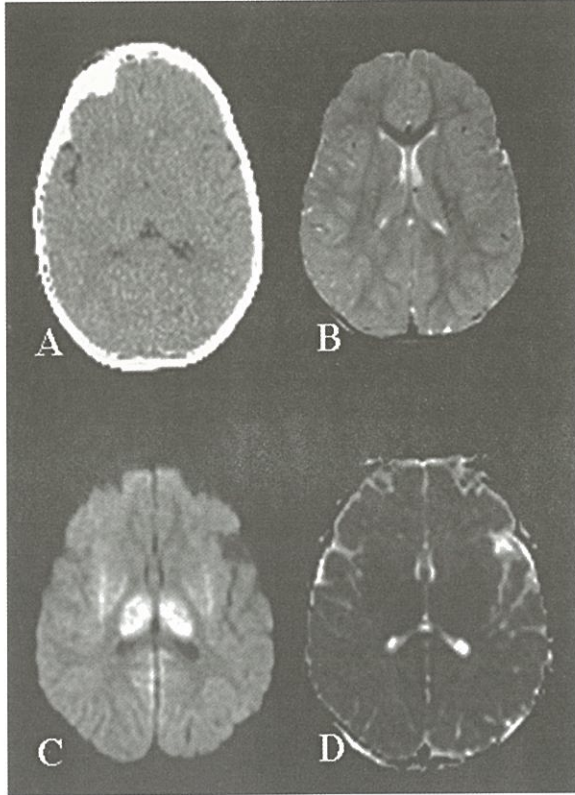


**Resim 3:** 53 yaşındaki erkek hasta sekiz saat önce ani başlayan konuşma güçlüğü ve sol hemipleji ile başvurdu. Kontrastsız BT (A) ve ekoplanar T2 (E) incelemelerinde belirgin patolojik bulgu saptanmadı. İotropik DMRG (B) ve ADK haritasında (F) sağ putamen ve korona radiata'yı etkileyen sağ orta serebral arter trasesine ait akut enfarkt görüldü. Perfüzyon MRG incelemesinde (C: serebral blood flow, G: Mean Transit Time) Geniş bir perfüzyon defekti saptanan hastanın risk altındaki beyin dokusuna yönelik herhangi bir tedavi uygulanmadı. 2 gün sonra çekilen DMRG görüntülerinde (D, H) başlangıçtaki enfarkt alanının genişlediği izlendi.





**Resim 4:** DAG' lerde T2 etkisi. A) T2 ağırlıklı MRG, B) İotropik DAG, C) ADK haritası D) Ekspansiyonel görüntüler. T2 A görüntüsünde sol periventriküler beyaz cevherde hiperintens kronik enfarkt alanı izlenmekte. İotropik DAG' de izlenen eski enfarkt ile superpoze yeni enfarktın ADK ve Ekspansiyonel görüntülere oranla, T2 etkisi nedeniyle daha küçük görüldüğüne dikkat ediniz (ok).



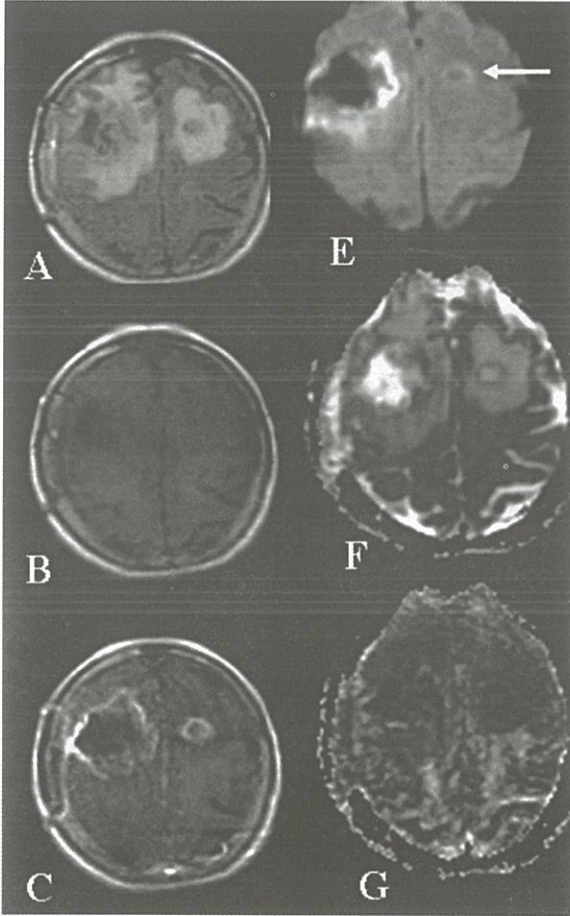
**Resim 5:** Boğulma öyküsü ile getirilen 17 aylık erkek çocuk, kardiyak arrestten hemen sonra incelendi. Çekilen kontrastsız BT (A) ve konvansiyonel T2 incelemesinde (B) belirgin patolojik bulgu saptanmazken İotropik DMRG (C) ve ADK haritalarında (D) bazal ganglionlarda, bilateral ve simetrik diffüzyon azalması saptandı.

DAG, yenidoğan ve infantil dönemde asifiksi, boğulma gibi nedenlerden kaynaklanan hipoksik iskemik ensefalopati tanısında geleneksel MRG görüntülerinden çok daha önce bilgi verir <sup>10</sup> (Resim 5).

Trombolitik tedavi planlamasında en erken bulgular DAG yöntemi ile elde edilir. Trombolitik tedaviye aday hasta seçiminde oldukça önemli rol oynar <sup>8,9,10</sup>. DAG de patolojik sinyal gösteren dokunun pratik olarak geri dönüşümsüz ölü doku olduğu kabul edilir. Bu alanın çevresinde, iskemiden zarar gören, ancak henüz eşik perfüzyon değerinin altına inmediği için DAG' lerde normal gibi görünen, kurtarılabilir olası bulunan (salvageable tissue) başka bir alan daha bulunur. Bu alana iskemik penumbra adı verilir. Diffüzyon MRG ile perfüzyon MRG' deki patolojik alanın büyüklüğü yaklaşık olarak eşitse (match), risk altında beyin dokusunun (penumbra) olmadığı kabul edilir. Bu durumda trombolitik tedavi endikasyonu yoktur. Buna karşılık perfüzyon defektinin, diffüzyon defektinden geniş olduğu durumlarda rekanalizasyon ile geri dönme potansiyeli olan kurtarılabilir dokunun var olduğu kabul edilir. Bu durumda riskli bir tedavi yöntemi olan trombolitik tedaviye başvurulabilir.

**Serebral kitlelerin tanısı ve takibi:** Hücre yoğunluğu yüksek olan tümörler (medulloblastom, lenfoma, GBM vb), azalmış

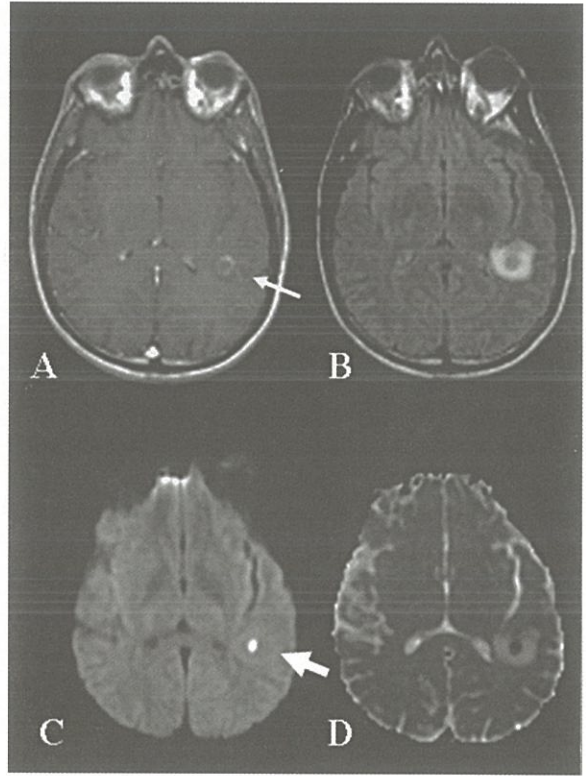




**Resim 6:** Glioblastome Multiforme tanısı alan ve sağ frontal lobdaki lezyon nedeniyle opere edilen hasta konuşma güçlüğü ile başvurdu. MRG' de sağ frontal lobdaki operasyona bağlı değişiklikler ve rezidü kitlenin yanısıra, sol frontal lobda (ok) nekrotik odağı çevreleyen halka tarzında, tümöre karşılık geldiği düşünülen azalmış diffüzyon alanı İsootropik DMRG' de (E) sinyal artışı, ADK (F) ve FA (G) haritalarında sinyal azalması şeklinde görüldü. Bu alan komşuluğunda vazojenik ödem dikkati çekmekte. A) FLAIR, B) Kontrastsız T1, C) Kontrastlı T1 ağırlıklı MRG

diffüzyon gösterebilir (Resim 6) 7,10,15. Yoğun içerikli epidermoid, kolloid kist gibi kitle lezyonları DAG'de araknoid kistin aksine azalmış diffüzyon ile uyumlu görünüm sergiler.

**Serebral Enfeksiyonlar:** DAG, yoğun içerikli visköz materyallerdeki diffüzyon azalması nedeniyle, abse-tümöre ait nekrotik kavite ayırımında rol oynar 7. Absede diffüzyon azalırken nekrotik kavitede artar (Resim 7). Aynı prensiple,

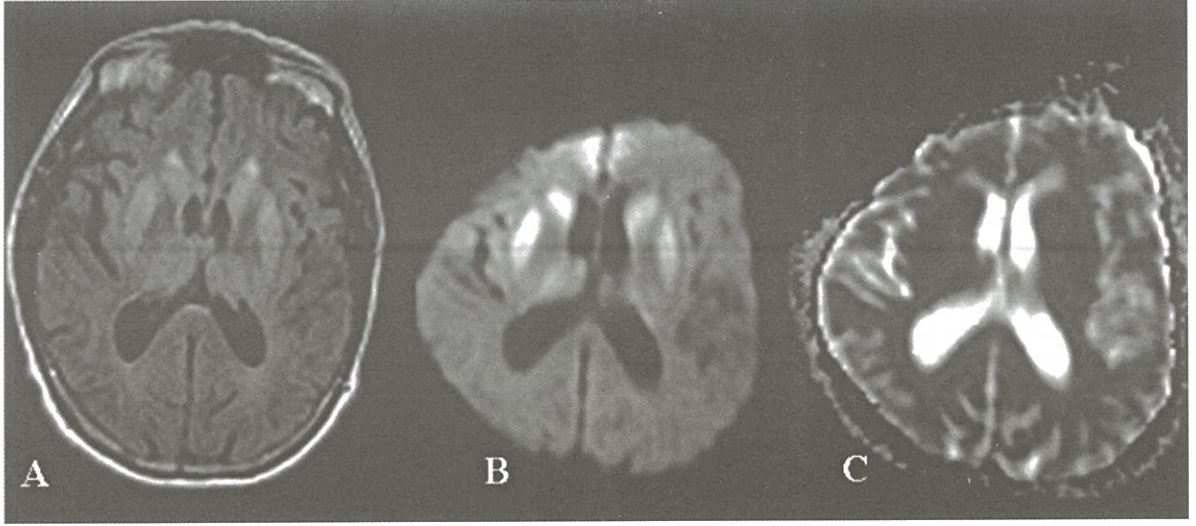


**Resim 7:** 36 yaşında afazi ile başvuran serebral ve intraserebral abse tanısı konulan hastanın kontrastlı T1 (A) ve T2 ağırlıklı (B) serilerinde sol silvian fissür posteriorunda kontrastlanma gösteren (ok) santrali hipointens, çevresi hiperintens kitle lezyonu saptandı. DMRG görüntülerinde (C, D) lezyon santralinde abse için oldukça spesifik bir bulgu olan azalmış diffüzyon görülmekte (büyük ok).

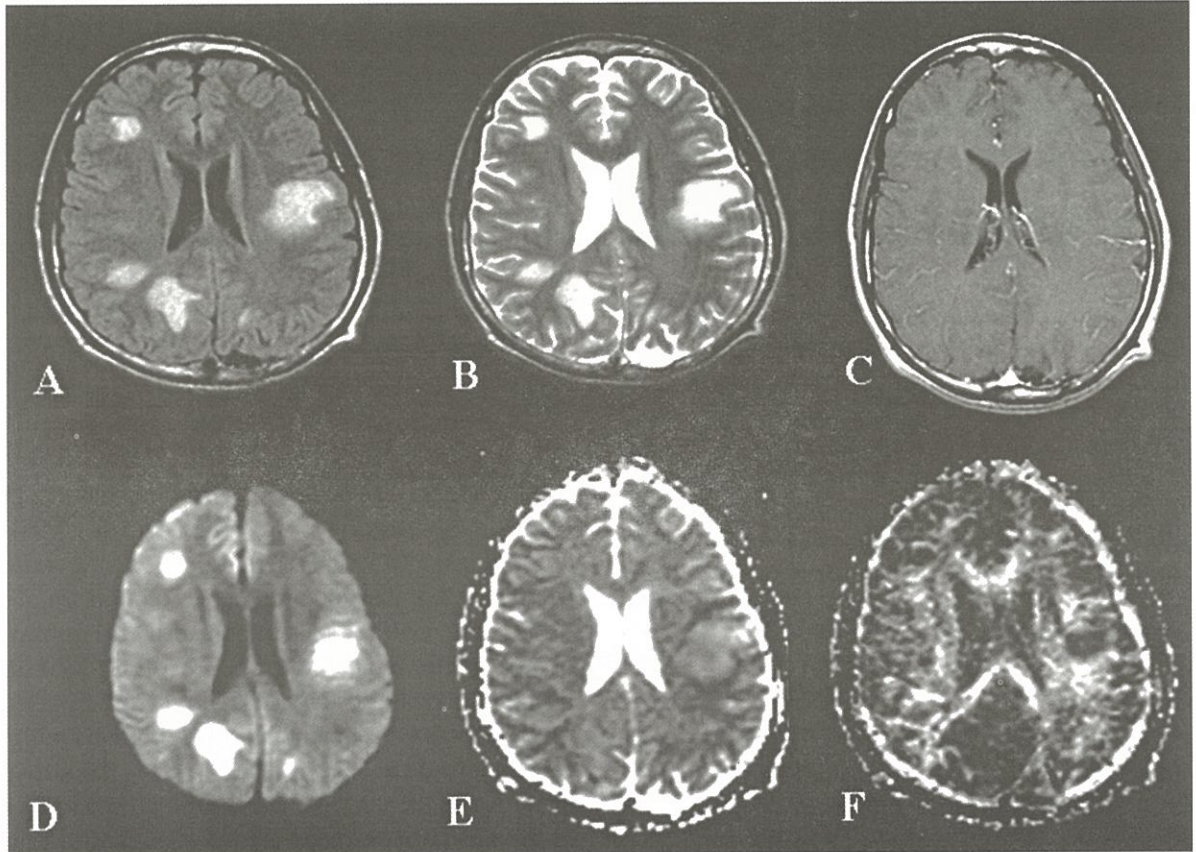
subdural ampiyem-effüzyon ayırımında da benzer özellikleri nedeniyle kullanılır. Herpes virüs enfeksiyonu gibi viral ensefalitlerde, akut evrede izlenen sitotoksik ödemin neden olduğu azalmış diffüzyon, gliomalarla ayırımında rol oynar. Progresif demansla seyreden Crutzfeld Jacob hastalığında da hücre içi vokalizasyonun neden olduğu diffüzyon azalması, Alzheimer hastalığı ile ayırımında kullanılır (Resim 8) 3. T2 sinyal artışının eşlik ettiği diğer enfeksiyonlarda ve komplikasyonlarında da artmış diffüzyon izlenir (Resim 9).

**Diffüz Aksonal Hasarlanma (DAH):** Travmanın neden olduğu iskemik ve nörotoksik ödem, ADK değeri olarak da ölçülebilen diffüzyon azalmasına neden olur 5,8. Bu değişiklikler



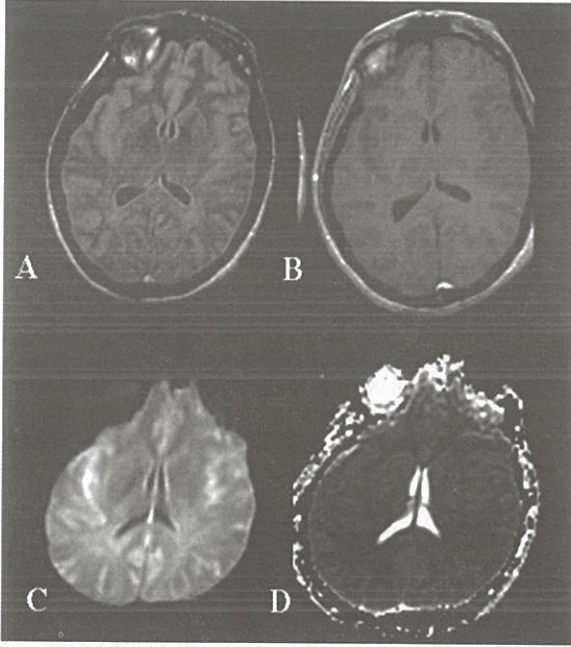


**Resim 8:** *Crutzfeld-Jacob hastalığı olan 69 yaşındaki erkek hasta progresif ataksi ve artan unutkanlık şikayetleri ile başvurdu. Bazal ganglionlarda FLAIR (A) ve İsootropik DMRG (B) görüntülerinde sinyal artışı; ADC (C) haritasında sinyal azalması görülmekte.*



**Resim 9:** *20 yaşındaki erkek hasta, üst solunum yolu enfeksiyonunu izleyen sağ ayakta güçsüzlük ve konuşma güçlüğü şikayetleri ile başvurdu. FLAIR (A), T2 (B) ve kontrastlı T1 (C) ağırlıklı serilerde kontrast tutulumu göstermeyen, T2 A görüntülerde çok sayıda, bilateral, beyaz cevheri etkileyen hiperintens lezyon saptandı. İsootropik DMRG (D) ve ADK haritasında (E) T2 etkisinin de eklendiği diffüzyon artışı ve anisotropi haritasında (F) nekrotik alanların çevrelediği anisotropi artışı saptandı. Hastaya radyolojik ve klinik bulgularla ADEM (akut dissemine ensefalomyelit) tanısı kondu.*

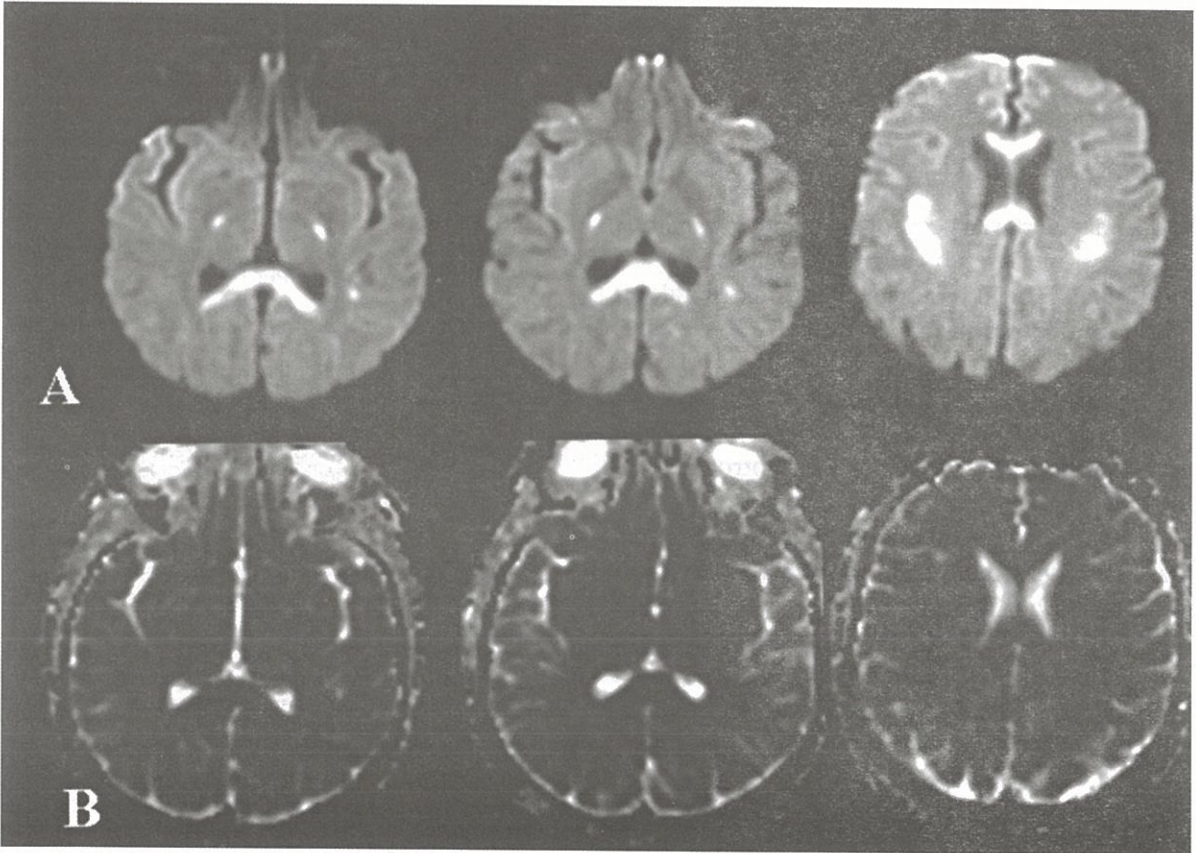




diffüzyon MRG ile 3 hafta sonrasında bile görülebilir. DAH genellikle korpus kallozumun spleniumu, gri-beyaz cevher ayırımı, beyin sapı ve bazal ganglionları etkiler.

**Demyelinizan Hastalıklar:** Bu hastalıkların çoğu, T2 sinyalinin de eklenmesiyle DMRG'de diffüzyon artışı olarak görülür <sup>6, 10</sup>. Bununla birlikte akut evrelerde sitotoksik ödem ve inflamatuvar hücre infiltrasyonunun da etkisiyle azalmış diffüzyon görülebilir. Çevresel kontrastlanmanın varlığı ve sadece beyaz

**Resim 10:** Fulminan hepatitli 44 yaşındaki erkek hastanın MRG incelemesinde jeneralize serebral ödem ve DAG görüntülerinde (C) diffüz azalmış diffüzyon görülmekte. ADK (D) haritasında parankim intensitesinin diffüz olarak azaldığına dikkat ediniz. ( A: FLAIR, B:T1 ağırlıklı görüntü)



**Resim 11:** Metastatik meme kansinomu olan 41 yaşındaki bayan hasta kemoterapi ve radyoterapi sonrası konuşma ve yürüme bozukluğu şikayetleri ile başvurdu. İsootropik DAG (A) ve ADK haritalarında (B), kortikospinal trakt ve korpus kallosumda T1 ve T2 ağırlıklı serilerde belirgin olmayan (gösterilmedi), azalmış diffüzyon ile uyumlu sinyal değişiklikleri izlendi.

cevherde görülmesi enfarkt ile ayırımında rol oynar.

**Hemoraji:** Hiperakut hemorajide izlenen Oksihemoglobin DAG'de hiperintens olarak izlenir. Enfarktla ayırımında BT yardımcı olur <sup>5, 8,10</sup>. Subakut hemorajide görülen ekstrasellüler met-hemoglobin de İsootropik MRG' de hiperintens görülür. Ancak ADK haritasında da hiperintens görülmesiyle akut enfarktan ayırılır.

**Toksik ve metabolik nedenler:** Hücre içi vokualizasyon ve sitotoksik ödeme neden olan metabolik etkenler, kemoterapötik ajanlar diffüzyon azalmasına neden olur <sup>16</sup>. Hipogliseminin akut döneminde, hepatik ensefalopatide diffüz ADK azalması görülür (Resim 8). Buna ek olarak kemoterapötik ajanlar ve radyoterapi etkileri de erken dönemde azalmış, geç dönemde artmış diffüzyon ile seyredebilir (Resim 11).

#### TARTIŞMA:

Diffüzyon azalması, konvansiyonel MRG incelemelerinde genellikle bulgu vermediğinden oldukça değerli ve spesifik bir bulgudur. Yukarıda örnekleri verilen tüm türemiş haritalar yararlı bulunmakla birlikte aralarında klinik olarak en vazgeçilmez olanları isotropik DAG ve ADK haritalarıdır. İsootropik DAG diffüzyon etkisine ek olarak T2 sinyali içermektedir. Bu nedenle konvansiyonel T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens görünen lezyonlar da İsootropik DAG de hiperintens olabilir. Bu problemi T2 etkisinden arındırılmış ve saf diffüzyon bilgisi içeren ADK haritaları ile aşmak mümkündür. Diffüzyonun kısıtlandığı her türlü patoloji (iskeminin neden olduğu sitotoksik ödem, yoğun içerikli pü, vakuolizasyon vs) İsootropik DAG' de sinyal artışına, ADK haritasında sinyal azalmasına neden olur.

#### KAYNAKLAR

- 1- Albers GW. Diffusion-weighted MRI for evaluation of acute stroke. Neurology-1998;51(3 Suppl 3):S47-49.
- 2- Castillo M, Mukherji SK. Diffusion-weighted imaging in the evaluation of intracranial lesions. Semin Ultrasound CT MR- 2000;21(6):405-416.

- 3- Demaerel P, Heiner L, Robberecht W, Sciot R, Wilms G. Diffusion-weighted MRI in sporadic Creutzfeldt-Jakob disease. Neurology-1999;1;52(1):205-8.
- 4- Gonzalez RG, Schaefer PW, Buonanno FS, et al. Diffusion-weighted MR imaging: diagnostic accuracy in patients imaged within 6 hours of stroke symptom onset. Radiology-1999;210(1):155-162..
- 5- Huisman TA, Hawighorst H, Benoit CH, Sorensen AG. Diffusion weighted MRI: ischemic and traumatic injuries of the central nervous system. Radiology-2001;41(12):1038-1047.
- 6- Larsson HB, Thomsen C, Frederiksen J, Stubgaard M, Henriksen O. In vivo magnetic resonance diffusion measurement in the brain of patients with multiplesclerosis. Magn Reson Imaging-1992;10(1):7-12.
- 7- Kim YJ, Chang KH, Song IC, et al. Brain abscess and necrotic or cystic brain tumor: discrimination with signal intensity on diffusion-weighted MR imaging. AJR Am J Roentgenol-1998;171(6):1487-1490.
- 8- Liu AY, Maldjian JA, Bagley LJ, Sinson GP, Grossman RI. Traumatic brain injury: diffusion-weighted MR imaging findings. AJNR Am J Neuroradiol-1999;20(9):1636-1641.
- 9- Özsunar Y, Sorensen AG. Diffusion- and perfusion-weighted magnetic resonance imaging in human acute ischemic stroke: technical considerations. Top Magn Reson Imaging-2000;11(5):259-272.
- 10-Schaefer PW, Grant PE, Gonzalez RG. Diffusion-weighted MR imaging of the brain. Radiology-2000;217(2):331-345.
- 11-Schaefer PW. Applications of DWI in clinical neurology. J Neurol Sci- 2001;186 Suppl 1:S25-35.
- 12-Sorensen AG, Wu O, Copen WA, et al. Human acute cerebral ischemia: detection of changes in water diffusion anisotropy by using MR imaging. Radiology-1999;212(3):785-792.
- 13-Şener RN. Difüzyon MRG' de 'apparent diffusion coefficient' (ADC) değerleri. Tanısal ve Girişimsel Radyoloji-2001;6:460-473.
- 14-Teksam M, Casey OS, Michel E, Liu H, Truwit CL. Akut serebral iskemi tanısında MR diffüzyon görüntüleme, Tanısal ve Girişimsel Radyoloji-2001;6(4):469-477.
- 15-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 Am J Roentgenol-1994;162(3):671-677.
- 16-Williams RE, Prior M, Bachelard HS, Waterton JC, Checkley D, Lock EA. MRI studies of the neurotoxic effects of L-2-chloropropionic acid on rat brain. Magn Reson Imaging-2001;19(2):133-42.