

Imaging of Central Nervous System Tumors

Santral Sinir Sistemi Tümörlerinin Görüntülenmesi

Alptekin Tosun^{1*}, İsmail Şerifoğlu²

1. Giresun Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye

2. İstanbul Bağırcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

ABSTRACT

Many Central Nervous System (CNS) tumors and even non-tumoral lesions may show a very similar imaging appearance; therefore, routine Magnetic Resonance Imaging (MRI) are lack of specificity to differentiate these lesions. The key points in the differential diagnosis of CNS tumors are the location of the lesion (intra- or extra-axial, infra- or extra-tentorial) and the age of the patient. Multiparametric MRI techniques (Spectroscopy, Diffusion Weighted Imaging, Diffusion Tensor Imaging, Perfusion Weighted Imaging, Functional MRI) reveal the information about the microscopic and functional behaviors of the tumor (cellular density, neo-vascularization, capillary leakage and metabolites, etc). Advanced multiparametric imaging tools support the diagnosis, management and follow-up of patients with CNS tumors as an accurate and reliable noninvasive technique.

Keywords: Central Nervous System, Tumors, Imaging

ÖZ

Çoğu santral sinir sistemi (SSS) tümörlerinin ve tümör olmayan lezyonların oldukça benzer görünüm sergilemesinden dolayı rutin Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) sekanslarının özgüllükleri bunları ayırmada yetersizdir. SSS tümörlerinin ayırıcı tanısında anahtar unsurlar, lezyonun lokalizasyonu (intra- veya extra-aksiyel, infra- veya supra-tentoriyal) ile birlikte hastanın yaşıdır. Multiparametrik MRG tekniklerini (Spektroskopi, Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme, Difüzyon Tensor Görüntüleme, Perfüzyon Ağırlıklı Görüntüleme, Fonksiyonel MRG), tümörün mikroskobik ve fonksiyonel davranışına ilişkin (hücresel yoğunluk, neo-vasкулярizasyon, kapiller sızıntı ve metabolitler gibi) bilgiler sunar. İleri multiparametrik görüntüleme teknikleri SSS tümörü olan hastaların teşhisi, yönetimi ve takibinde kesin ve güvenilir invaziv olmayan bir yöntem sunar.

Anahtar kelimeler: Görüntüleme, santral sinir sistemi, tümör

Geliş Tarihi: 01.20.2018 / Kabul Tarihi: 23.01.2018 / Yayınlanma Tarihi: 12.03.2018

*Sorumlu Yazar: Alptekin TOSUN, Giresun Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Giresun/Türkiye Tel: 90 454 310 16 90, Fax: 90 454 310 16 96 e-posta: alptekin.tosun@giresun.edu.tr

Santral Sinir Sistemi (SSS) tümörü olan hastalarda görüntüleme, çeşitli görüntüleme düzlemleri veya hacimleriyle oluşturulan bütün morfolojik-anatomik özelliklerin tasviri ile başlıca teşhis yöntemi olarak kullanılır. Teknolojik gelişmeler sayesinde yüksek kontrast, uzaysal ve zamansal çözünürlük olan daha iyi, güzel ve hızlı görüntüler elde edilmektedir. Maalesef, birçok SSS lezyonu rutin Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) sekanslarının kullanıldığı konvansiyonel görüntüleme yöntemlerinde benzer görüntüleme karakteristiklerini sergilerler; örneğin, malign gliom, serebral abse ve nekrotik metastazların hepsi merkezinde nekrotik kavite içeren kalın duvarlı halkasal kontrastlanma gibi oldukça benzer görünüm sergileyebilirler [1-4].

SSS olan hastaların yönetimi son yıllarda oldukça değişmiştir. Multiparametrik MRG görüntülemenin kullanıma girmesi, bize kapsamlı nöro-görüntüleme çalışmalarının yapılmasına olanak sağlar. Bu görüntüleme yöntemleriyle yüksek çözünürlüklü anatomik görüntülerin yanı sıra doku karakteristiğinin iç yüzünü kavramamıza olanak verir. Bu yöntemler nöro-onkoloji hastalarının yönetimi ve takibinde büyük etkiye sahiptir [3,5].

Manyetik Rezonans Spektroskopisi (MRS) dokuların ve/veya tümörün biyokimyasal bileşimi hakkında bilgileri tanımlar. MRS, single-voxel (tekli voksel) veya multi-voxel (çoklu voksel) olarak uygulanabilir. Bu yöntem SSS tümörü olan hastaların teşhisi ve tedavi sonrası takibi için kullanılır. Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DAG), hücre yoğunluğu ve nükleus/sitoplazma oranı gibi dokuların hücresele seviyede üstün yapısal organizasyonunu özgün olarak kavramamızı sağlar. Görünür Difüzyon Katsayısı olan Apparent Diffusion Coefficient (ADC) gibi niceliksel difüzyon ölçümleri yüksek dereceli gliom hastalarında tümör rekürrensini belgelemek için kullanılabilir. Traktografinin yapılabildiği Difüzyon Tensor Görüntüleme (DTG) genellikle cerrahi öncesi tümörün rezeke edilebilirliğini planlamada kullanılır. Difüzyon Kurtosis Görüntüleme (DKG) gibi daha ileri difüzyon yöntemleri, tümör ve tümörü çevreleyen doku hakkında ek bilgiler verebilir [6-9].

Perfüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (PAG), dokuların kapiller mikrodolaşımına ilişkin fizyolojik bilgiler sunarak, SSS tümörü olan hastaların teşhisi, tedavi planlaması ve takibinde giderek artan önemli bir role sahiptir. PAG, Gadolinium (Gd) içeren kontrast maddenin hızlıca intravenöz enjeksiyonu ile kontrast bolusun

zamanla geçişinin takibi ile yapılır; bu teknik Dinamik Duyarlılık Kontrast görüntüleme (Dynamic Susceptibility Contrast-DSC) olarak adlandırılır. Diğer yöntemde ise hızlıca tekrarlanan T1-ağırlıklı görüntü serilerini takiben tümörde ilerleyici kontrastlanmayı gösterir ve buna Dynamic Contrast-Enhancement (DCE) T1-ağırlıklı görüntüleme denir. Buna alternatif olarak, PAG Arterial Spin Labelling (ASL) ile yapılabilir. Bu teknikte manyetik olarak işaretlenmiş kan hareketlerinin endojen izlemi sayısal serebral kan akımı (SKA) ölçümünü sağlar. PAG gliyal tümörlerin derecelendirilmesinde yardımcıdır. Kabaca agresif gliomlar daha fazla anormal vaskularizasyon gösterir (Pilositik/Pilomiksoid Astrositoma, Oligodendrogliom, Nörositoma ve bazı disembiyoplastik tümörler önemli istisnalardır). PAG verileri gelecekte tümör davranışları ve sonuçlarını öngörmeye kullanılabılır ve cerrahi biyopsinin nereden yapılması gerektiği kararına etki edebilir [6,7].

Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRG) son yıllarda, çalışan beyin kısmını gösteren bir teknik olup, görkemli beyin bölgelerinin (motor korteks, Broca'nın konuşma merkezi gibi) operasyon öncesi lokalizasyonu için kullanılır. fMRG, SSS tümörlerinin preoperatif çalışılmasında önemli bir araç olarak araştırma laboratuvarında geliştirildi [6,7,9].

Multiparametrik Üst Düzey MRG Teknikleri:

Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme:

Asıl görev yeri erken dönem iskemi alanlarını yakalamak olsa da, SSS tümörlerinde de yer bulmuştur. Hücresele seviyede doku su hareketlerine duyarlı bir fizyolojik görüntüleme sekansıdır. Tümör dokusunda ki hücresele yoğunluk artışına bağlı difüzyon kısıtlanması oluşur. Difüzyon olarak adlandırılan moleküllerin rastgele (Brownian) hareketi olup, ak madde gibi belli bir yönde düzenli olarak paketlenmiş ortamlarda anizotropik, gri madde gibi rastgele dizilimli ortamlarda ise izotropik difüzyon söz konusudur. DAG ile düşük ve yüksek difüzyon olan bölgelerden ADC hesabı yapılabilir. Kısıtlanmış difüzyon alanları hiperintens, artmış difüzyon alanları ise hipointens görülür. DAG oluşturmada kullanılan gradient gücü ve süresini belirten b değeri (sn/mm²) arttıkça difüzyon ağırlığı artar ve sinyalde azalma olur; sekansın duyarlılığı artar. b=0 T2-ağırlıklı görüntü oluşturur, b=1000 ise uygun difüzyon verileri sunar. DAG temelde T2-ağırlıklı görüntüleme olup, T2 sekanslarda hiperintens lezyonlar DAG ile benzer görünüm verebilirler. T2 parlama et-

kisi denen bu durumu kısıtlanmış difüzyon alanlarından ayırt edebilmek için ADC'ye başvurulur. Yüksek dereceli tümörlerde hücrel yoğunluk fazla olacağı için düşük ADC değerleri elde edilir; ADC haritalarında hipointens görülen bu alanlar kötü prognoz ile ilişkilidir. Metastazların peritümöral ödem alanlarında yüksek dereceli primer SSS tümörlerine göre yüksek ADC değerleri saptanmaktadır [2-6].

Perfüzyon Ağırlıklı Görüntüleme:

Perfüzyon, belli bir miktar dokuda ki kapiller dolaşımından geçen kan akımı olarak tanımlanır. 100 gram dokuda bir dakikada geçen kan miktarına Beyin Kan Akımı (BKA) olarak adlandırılır. Gd içeren kontrast madde kullanılarak veya kullanılmayarak uygulanabilir. Normalde GD, Kan-Beyin-Bariyeri (KBB) sağlam damar dışına çıkamaz. Kontrastlı Perfüzyon MR için kullanılan 2 temel yöntem T2-ağırlıklı DSC ve T1-ağırlıklı DCE teknikleridir. DSC Gd bolusunun ilk geçişinde kan hacminin takibine bağlı iken, DCE kararlı durum permeabilite tekniğine dayanır. Her iki teknikte beyin kan hacmi (cerebral blood volume-CBV), K-trans (endotelial transfer katsayısı) verileri elde edilebilir. Pratikte DSC daha fazla kullanılır; duyarlılık etkisiyle oluşan T2* sinyal kaybı hızlı EPI sekansları ile görüntülenerek, zamana karşı sinyal eğrisi saptanır. Hacim (CBV), akım (CBF), ortalama kan geçiş süresi (MTT), pike ulaşım süresi (TTP) verileri saptanabilir ($CBV=CBF \times MTT$). Bolus hızı, miktarı, vücudun toplam kan hacmi, kardiyak output gibi nedenlere bağımlı olduğu için, sağlam ak madde dokusunun değerlerine oranlanması ile rölatif veriler (rCBV, rCBF) elde edilir. DCE perfüzyonda ise KBB bozulması sonucu damar dışına kaçan Gd'un T1 etkisi hesaplanır. EPI yerine hızlı T1 sekanslarına başvurarak zamanla oluşan kontrastlanmanın verileri elde edilebilir (K-trans, K1, K2, fraksiyonel kan hacmi-fBV). DSC kan ürünleri, kalsiyum ve metal eser elementlere daha duyarlıdır. DCE ise kapiller yatağa daha duyarlıdır. ASL ise Gd kullanmadan, kontrastsız olarak yapılan perfüzyon tekniğidir; dolayısıyla tetkik süresi daha uzundur. Proksimalde manyetik olarak işaretlenen kan elemanlarının distalde inceleme bölgesine geldiğinde ki verilerin toplanmasıyla CBF ölçümü yapılır. Uzaysal çözünürlük daha düşüktür ve KBB bozulmalarına duyarlı değildir. SSS tümörlerinde perfüzyon yöntemi ile tümöral-non-tümöral lezyonların kanlanması (dolayısıyla derecesi) hakkında fikir sahibi olunabilmektedir [2,5,6].

MRG Spektroskopisi:

Belirlenen dokuların içerdiği metabolitlerin çeşidi ve sayısının grafik olarak in vivo ortamda ölçümünü sağlayan, dokunun biyokimyasal bileşimini gösteren noninvaziv tekniktir. Tek bir ilgilenilen hacim için koronal, sagittal ve aksiyel kesitler üzerine yerleştirilen ve üç kesitin kesişmesi ile oluşturulan hacimden Single Voksel oluşturulur. Alınan hacim sadece patolojik dokuyu kapsamalı, normal doku dışarıda kalmalı ve vokselin %20'sinden az olmalıdır. Bu yüzden difüz tutulum veya soliter lezyonlarda faydalıdır. Vokselin doğru yerleştirilmesi önemlidir. Multivoksel ile çok sayıda bölge eş zamanlı değerlendirilebilir, daha büyük hacimler çalışılabilir; ancak tetkik daha uzun süre alır. Voksel seçiminde patolojinin en bariz olduğu yerden ölçüm yapılmalıdır. Beyin-Omurilik-Sıvısı (BOS)-vasküler yapılar gibi çevre dokulardan kaçınılmalıdır. Kıyaslama için normal dokudan da örneklem alınmalıdır (2,4).

MRS ile kısa ve uzun eko zamanları (TE) kullanarak veriler elde edilebilir. Kısa TE kullanılırken kısa relaksasyon zamanına sahip metabolitlerde saptanabilir; ancak bazal gürültü ve sinyallerin üst üste binmesi gibi sonuçlar doğurur. Uzun TE kullanımı sonucunda kısa TE zamanlı metabolitler baskılanır ve daha az metabolit piki hesaplanabilir. Gürültü ve üst üste binme oranı düşer.

Sıklıkla bakılan metabolitler:

N-Asetil Aspartat (NAA): Nöron-akson belirteçidir. Miktarı sinir hücresinin bütünlüğünü ile koreledir. Azalması nöron kaybını gösterir. Fokal tümöral-non-tümöral lezyonlarda, doku hasarı ve demansta azalır. Canavan hastalığında yüksek ölçülmesi oldukça tipiktir.

Kreatin (Cr): Genellikle sabit değerdir. Hücrel metabolizma-Enerji metabolizması belirteçidir. Metabolitlerin oranlamasında kullanılır.

Kolin (Cho): Hücre zarı belirteçidir. Hücre zarı yapım ve yıkımının göstergesidir. Tümöral kitlelerde hücre çoğalması olunca hücre membranı proliferasyonu da eşlik eder; dolayısıyla miktarında artış gözlenir.

Miyo-inositol: Astrositlerde bulunan glial belirteçtir. Astrositlerin bütünlüğünü ve beyin ozmolaritesinin düzenini gösterir. Gliomatozis serebride artış gösterebilir.

Glutamin-Glutamat: Eksitator bir nörotransmitterdir.

Lipid: Tümörler de özellikle nekrozda oluşan ve nekro-

zu işaret eden bir belirteçtir. Tedaviye bağlı yıkımda da artar. Ak madde de miyelin yıkımında artar. Çok kısa TE değerlerinde görülür. Laktat: Normalde görülmeyen metabolit olup, anaerobik glikoliz ürünü olarak ortaya çıkar; nekroz ve iskemik hasarda artar; tümör veya inflamasyonu düşündürür. Uzun TE değerlerinde laktat piki tersine döner ve kolayca tanınır. Lipid ve Laktat metabolitleri nekrozun ve hipoksinin işaretleridir. Standart MRS'de lipid ve laktat pikleri üst üste binmektedir. Bunları ayırmak için kullanılan Lactate-edited MRS ile laktat artışı yüksek dereceli glial tümörlerde oluşan hipoksi ve anaerobik glikolizi işaret eder. Lipid artışı da nekrozu gösteren bir belirteçtir. Lipid ve laktat artışı kötü prognoza işaret edebilir.

Alanin: Normalde bulunmaz. Çift pik halinde görülür. Menenjiyomlar için karakteristiktir.

SSS tümörlerinde genelde yüksek Cho ve düşük NAA değerlerinin eşlik ettiği metabolit haritası gözlenir. MRS değerlendirmede toplam değerler yerine oranlama yapılır. NAA/Cr, Cho/NAA, NAA/Cho, Cho/Cr sık kullanılan oranlardır. Artmış Miyo-inositol/Cr oranı düşük dereceli gliomalara eşlik eder. Peritümöral ödem ile karşılaşıldığında, Cho/NAA ve Cho/Cr oranlarında artış ile infiltratif ödem ve vazojenik ödem arasında ayırıcı tanı konmasına imkan verir. Rekürren-rezidü tümör ile yalancı progresyon-radyasyon nekrozu ayırımına yardımcı olabilir. NAA azalması nöron kaybını kolin artışı ise artmış atipik tümöral hücre yoğunluğunu gösterir. Menenjiyomlar SSS kökenli olmadıkları için NAA içermez ve Alanin piki saptanır; Cho artışı beklenen bulgudur. Glioma çevresi peritümöral alanda tümöral invazyon olacağı için Cho yüksektir; ancak metastazlarda ise bunun aksine kapsüllenmeye yatkın oldukları için peritümöral alanda Cho artışı beklenmez. Agresif tümörlere yüksek Cho değerlerine lipid ve laktat artışı eşlik eder [2, 4, 10].

Duyarlılık Ağırlıklı Görüntüleme (Susceptibility Weighted Imaging-SWI):

SWI sekansında ekzojen herhangi bir madde kullanılmamakta olup, işlem sonrası karmaşık analizler ihtiyaç göstermemesi sebebiyle tümöral kanlanmanın gösterilmesinde en basit ve ucuz olan yöntemdir. Düşük oksijen seviyeleri olan venöz yapılar görüntülediği için bir çeşit venografi tekniğidir; Kan Oksijen Seviyesi Bağımlı (Blood Oxygen Level Dependent-BOLD) bir yöntemdir. SWI sekansı damar içi deoksijene kan ile çevre arasında ki duyarlılık farkını kullanarak görüntü elde eder; ortamda bulunan kan ve kan yıkım ürünle-

ri ile kalsiyum gibi maddeleri göstermektedir. Yüksek dereceli tümörlere daha yoğun ve hızlı büyüyen kan damarları eşlik eder. Bu neovaskularizasyon normal damarlara göre daha kıvrımlı ve geniş olup, sızıntıya ve kanamaya meyillidirler. Bu yüzden tümör çevresi ödem ve tümör içi kanamalar sık gözlenir. SWI kanamaları göstermede konvansiyonel sekansların yanı sıra T2* MR sekansına da üstündür [3, 4, 7].

Fonksiyonel MRG:

fMRG, beynin çalışan alanlarında kullanılan BOLD sinyallerinde ki değişimlerin saptanmasını temel alan bir görüntüleme yöntemidir. Bu tetkikte veriler iki yöntemle elde edilir. İlk önce hastaya daha önce belirtilen ve hastadan yapması istenilen görevlerin uygulanması esnasında beyinde aktivite olan kısımların görüntülenmesi yapılır. Diğerinde ise hastanın herhangi görev yapmadığı dinlenme sürecinde ki veriler toplanır. Noninvaziv olarak beynin belirli bölgesinde ki artan metabolik aktivitenin hızlıca görüntülenir. Duysal-Motor işlevlerin beynin hangi kısmının aktivasyonu sonucu oluştuğunu gösteren bir çeşit beyin haritalamasıdır. Beynin çalışan kısmında kan akımı artışı ile o bölgede ki oksijenizasyon durumu fMRG verileri olup, aslında sinir sisteminde oluşan aktivasyona sekonder gelişen kan akım değişikliği üzerinden indirekt gösterimidir. Artan metabolik ihtiyaca göre oksijen tüketiminde artış olur. Tetkik esnasında istenen görevleri yapması (el-ayak hareketi, görsel-duysal uyarılar, konuşma, sayı sayma, şarkı söyleme gibi) ve diğer komutla bırakması sonucu beynin aktivasyonunu görmek için hızlı ve düşük çözünürlüklü görüntüler alınır ve işlem sonrası son görüntüler elde edilir [3, 4, 7, 9].

Difüzyon Tensor Görüntüleme:

DAG verilerini esas alır. 3 yönde su difüzyonu ölçülür; ancak DTG için en az 6 yönde ölçüm gereklidir. DAG'ye göre daha fazla yön bilgisini sorgulayan ve ek veriler sunan bir yöntemdir. DTG ile ak maddenin mikroskopik yapısını ve bütünlüğünü ortaya koyar. Ak madde de olan anizotropik difüzyon nedeniyle aksone paralel yönde difüzyon en fazla olurken, aksone dik difüzyon en az gözlenir. Fraksiyonel Anizotropi (seçilen bölgede difüzyonun hangi yönde ve miktarda olduğunu), ortalama difüzyon miktarı (seçilen alanda difüzyon miktarı-MD=Mean Diffusivity), trakt dansitesi, nöronal dansite gibi birçok parametreler SSS tümörleri ve tedavilerinin incelenmesinde kullanılabilir. MR Traktografi ile cerrahi öncesi üç boyutlu lezyon lokalizasyonu

ve tümör ile çevre doku ilişkisinin değerlendirilmesi mümkün olmakta; Kortikospinal Trakt gibi dokuları tutan patolojilerin değerlendirilmesi yapılmakta olup, ak madde liflerinin uzantılarını gösterilebilir. Fraksiyone Anizotropi değerleri ak madde bütünlüğünün göstergesidir. SSS tümörü olan hastalarda radyoterapi sonrası bu değer düşer ve ak madde hasarını yansıtır. DTG ile peritümöral ödem ve normal parankimden infiltre tümör dokusu ayırt edilebilir; bu sayede tümör ile komşu ana lif yolları arasındaki ilişki preoperatif değerlendirilebilir [2-5, 8, 9].

Difüzyon Kurtosis Görüntüleme:

Geleneksel DTG ile suyun difüzyon dağılımı 2. dereceden üç boyutlu (3D) yayılım tensoru olarak tanımlanır. Difüzyonun serbest ve kısıtlanmamış ortamda difüzyon yer değişiminin Gaussian dağılımı ile oluştuğunu varsayar; sonuçta difüzyon ağırlıklı sinyal, tek üslü difüzyon faktörü (b-değeri) ile bozunur. Biyolojik dokuda, kompleks hücrel mikro yapılar su difüzyonunu engellenmiş veya kısıtlanmış bir süreç haline getirir. Tek üslü olmayan bozulmalar deneysel olarak hem ak madde hem de gri madde de gözlemlenir. Sonuçta, DTG niceliği b-değerine bağımlıdır ve DTG doku mikro yapısına özgü difüzyon ölçümlerini tam olarak kullanamaz. DKG kısıtlanmış difüzyonu karakterize eder ve çoğu kliniklerde kullanılan cihazlara kolaylıkla uygulanabilir. Geleneksel DTG'de olduğu gibi 2. derece 3D yayılma tensörü ile 4. Derece 3D kurtosis tensörü, su difüzyon işleminin yüksek dereceli bir tanımını sağlar. Çünkü kurtosis, difüzyon yer değiştirme profilinin Gaussian dağılımından sapmasının bir ölçümüdür. DKG analizleri, herhangi bir biyofiziksel varsayım olmadan difüzyon kısıtlanmasının veya doku karmaşıklığının derecesini nicelleştirir [11].

DKG suyun difüzyon dağılım olasılığını ön görerek konvansiyonel DTG'yi genişletir. Kurtosis, herhangi bir dağılımda Non-Gaussian olanların nicelleştirilmesi için genel, boyutsuz bir istatistiktir. Pozitif bir kurtosisin anlamı, dağılım daha kuvvetli bir şekilde zirve yapmış ve aynı varyansa sahip bir Gaussian dağılımından daha ağır kuyruklara sahiptir. Biyolojik dokularda su difüzyonu hücrel mikro yapının (örn., hücre membranları ve organelleri) etkilerinden dolayı non-Gaussian'dır. Bu, özellikle su difüzyonunun miyelini aksınlar tarafından belirgin kısıtlandığı beyinde belirgindir. Niteliksel olarak, geniş bir difüzyonel kurtosis, yüksek oranda difüzyonel heterojenliği ve mikroyapısal karmaşıklığı düşündürür. Beyindeki difüzyon anizot-

ropik olduğu için DKG, DTG'de kullanılan difüzyon tensörüne ilaveten difüzyonel bir kurtosis tensörü getirilmesini gerektirir. Difüzyon ve difüzyonel kurtosis tensörlerinden (bunlar tek bir DAG veri setinden birlikte hesaplanabilir), birkaç döngüsel olarak değişmeyen ölçümler hesaplanabilir. Bunlara MD ve FA gibi standart DTG ölçümlerinin yanı sıra ortalama, aksiyel ve radyal kurtosis gibi difüzyonel kurtosisi yansıtan ölçümler dahildir. Difüzyonel kurtosis ölçümleri, dokulardaki difüzyonel Non-Gaussianın ana kaynağı olduğu için hücrel mikro yapıya güçlü bir şekilde bağlıdır. Ayrıca, DKG tarafından sağlanan ek bilgi voksel içi lif geçişlerini de çözebilir ve bu nedenle ak maddenin lif traktografisini de iyileştirmek için kullanılabilir [12].

DKG'nin bir avantajı, konvansiyonel MRG cihazlarında görüntüleme için uygulanması nispeten basit olmasıdır. DKG protokolleri DTG protokollerine göre farklılık gösterir. DKG için en az 3 b-değeri (DTG'de en az 2 b-değeri) ve 15 bağımsız difüzyon gradyan yönü (DTG'de en az 6) gereklidir. Beyin için tipik tetkik protokolleri: 30 difüzyon yönü ile 0, 1000, 2000 s/mm² b-değerleri kullanılır. Görüntüleme sonrası işleme özel algoritmalar gerektirir. DKG en çok beyin çalışmalarında kullanılsa da, akciğer, baş-boyun tümörleri, prostat kanseri, meme kanseri, baldır kası ve karaciğer gibi diğer vücut kısımlarının yanı sıra hayvan araştırmaları da mevcuttur [11,12].

Teknolojik gelişmeler bize kapsamlı nöro-görüntüleme çalışmalarını gerçekleştirmemize izin vermektedir. Bu sayede anatomik görüntülerin gösterilmesinin yanı sıra, doku karakteristiklerine ilişkin bilgiler sağlayan perfüzyon, difüzyon, ak madde traktografi, spektroskopik, fMRG gibi teknikler uygulanabilmektedir. Bu derlemenin amacı, SSS tümörleri ile karşılaşıldığında rutinde üst düzey nöroradyolojik multiparametrik görüntüleme bulgularını sunmaktır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman: Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Steven AJ, Zhuo J, Melhem ER. Diffusion kurtosis imaging: an emerging technique for evaluating the microstructural environment of the brain. *Am J Roentgenol* 2014;202(1):W26-33
2. Avcı MT, Kitiş Ö. Beyin tümörü görüntülemeye temel ilkeler. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2017;10(2):118-28

3. Brandao LA, Shiroishi MS, Law M. Brain tumors: a multimodality approach with diffusion-weighted imaging, diffusion tensor imaging, magnetic resonance spectroscopy, dynamic susceptibility contrast and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2013;21(2):199-239
4. Ertekin E, Özsunar Dayanır Y. Beyin tümörlerinde ileri MR görüntüleme. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2017;10(2):129-39
5. Lequin M, Hendrikse J. Advanced MR imaging in pediatric brain tumors. *Clinical applications. Neuroimaging Clin N Am* 2017;27(1):167-190
6. Provenzale JM, Mukundan S, Barboriak DP. Diffusion-weighted and perfusion MR imaging for brain tumor characterization and assessment of treatment response. *Radiology* 2006;239(3):632-49
7. Kimura M, da Cruz LC Jr. Multiparametric MR imaging in the assessment of brain tumors. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2016;24(1):87-122
8. Castellano A, Falini A. Progress in neuro-imaging of brain tumors. *Curr Opin Oncol* 2016;28(6):484-493
9. Cha S. Neuroimaging in neuro-oncology. *Neurotherapeutics* 2009;6(3):465-77
10. Nakamura H, Doi M, Suzuki T, Yoshida Y, et al. The significance of lactate and lipid peaks for predicting primary neuroepithelial tumor grade with proton MR spectroscopy. *Magn Reson Med* 2017; Aug 16 [Epub ahead of print]
11. Wu EX, Cheung MM. MR diffusion kurtosis imaging for neural tissue characterization. *NMR Biomed* 2010;23(7):836-48
12. Hori M, Fukunaga I, Masutani Y, Taoka T, et al. Visualizing non-Gaussian diffusion: clinical application of q-space imaging and diffusional kurtosis imaging of the brain and spine. *Magn Reson Med* 2012;11(4):221-33

How to cite this article/Bu makaleye atıf için:

Tosun A, Şerifoğlu İ. [Imaging of Central Nervous System Tumors]. *Acta Med. Alanya* 2018;2(1): 56-61. Turkish. DOI: 10.30565/medalanya.342242