

## DERLEME

## REVIEW

## Optik Nöropatilerde Nörogörüntüleme

## Neuroimaging in Optic Neuropathies

<sup>1</sup>Elif DEMİRKILINÇ BİLER / ORCID No: 0000-0002-3741-1191<sup>2</sup>Zeynep AKGÜN / ORCID No: 0000 0002 7779 4270<sup>1</sup>Doç. Dr., Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye<sup>2</sup>Op. Dr., Van Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Van, Türkiye**Geliş Tarihi/Received:** 04/06/2024 **Kabul Tarihi/Accepted:** 10/08/2024 **DOI:** 10.37783/CRJ-0453**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, 35100, Bornova / İzmir**Tel./Phone:** +905327606330 **E-posta/E-mail:** elif.dem@gmail.com

## ÖZ

Optik nöropatiler çok çeşitli sebeplerle meydana gelebilen ve klinik pratikte oldukça sık karşımıza çıkan bir hastalık grubudur. Bazı olgular, semptom ve muayene bulguları ile kolaylıkla tanınabilir iken, önemli bir kısmında ayırıcı tanıda nörogörüntüleme tetkiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Başta manyetik rezonans görüntüleme olmak üzere, bilgisayarlı tomografi, doppler ultrasonografi, manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi anjiyografi gibi görüntüleme tetkikleri uygun senaryolarda isabetli kullanıldığında ayırıcı tanıda değerli ipuçları sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Manyetik rezonans görüntüleme, bilgisayarlı tomografi, ultrasonografi, doppler ultrasonografi, manyetik rezonans anjiyografi, bilgisayarlı tomografi anjiyografi

## Abstract

Optic neuropathy is a frequent cause of vision loss encountered during routine ophthalmology practice. While some of the cases can be easily diagnosed due to symptoms and examination findings, a significant group of them require neuroimaging tests for differential diagnosis. Imaging examinations such as magnetic resonance imaging, computed tomography, doppler ultrasonography, magnetic resonance, and computed tomography angiography provide valuable clues in differential diagnosis when used in appropriate clinical scenarios.

**Keywords:** Magnetic resonance imaging, computed tomography, ultrasonography, doppler ultrasonography, magnetic resonance angiography, computed tomography angiography

## Giriş

Optik nöropatiler inflamatuvar, infiltratif, demyelinizan, enfeksiyöz, glokomatöz, iskemik, hereditör, toksik-nutrisyonel, kompresif, travmatik pek çok etiyoloji ile meydana gelebilen ve oftalmoloji pratiğinde geniş yer tutan hastalık grubunu tanımlar.<sup>1,2</sup> Yaygın klinik bulgular arasında görme keskinliğinde azalma, diskromatopsi ve rölatif afferent pupil defekti sayılabilir.<sup>3</sup> Bazı alt tipler klinik ile kolayca tanınabilir iken pek çoğu için destekleyici görüntüleme

gerekmektedir. Nörogörüntüleme testlerinin uygun klinik senaryolarda isabetli kullanımı ayırıcı tanıda kritik ipuçları sağlamaktadır.<sup>4,5</sup>

Bu derleme, optik nöropatili hastalarda sıklıkla başvuru alan görüntüleme tekniklerinin ilkelerini, avantajlarını, dezavantajlarını, sınırlamalarını ve klinik endikasyonlarını incelemeyi amaçlamaktadır.

### Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG, bilgisayarlı tomografi (BT) ile daha iyi değerlendirilebilen akut kanama ve kemik anormallikleri hariç, afferent ve efferent görme yolu bozukluklarının pek çoğunu değerlendirmede sıklıkla ilk tercih edilen görüntüleme yöntemidir.<sup>6,7</sup> Geleneksel X-ışını teknolojisini kullanan BT'nin aksine, MRG'de görüntüleme tekniği hidrojen atomlarının manyetik alan içindeki etkileşimine dayanır. Bu nedenle BT'nin aksine radyasyon maruziyeti söz konusu değildir. Bununla birlikte, manyetik kuvvetlerin kullanımı ferromanyetik cihaz veya implant taşıyan hastalar için kontraendikasyon teşkil etmektedir. Oluşturulan manyetik alan, Tesla (T) birimiyle ifade edilir ve klinik uygulamada yaygın olarak kullanılan MRG cihazlarının gücü 1,5 T ile 3,0 T arasındadır.<sup>8,9</sup>

Temel MRG sekansları T1 ve T2'dir. Klasik MRG taramalarında yağ dokuları T1 ağırlıklı sekanslarda parlak (hiperintens), T2 ağırlıklı sekanslarda nispeten koyu (hipointens) görünürken, sıvılar T1 ağırlıklı görüntülerde daha hipointens görünür.<sup>10</sup> Klinik pratikte, T1 ağırlıklı sekanslar normal doku anatomisini karakterize etmek için kullanılırken, T2 ağırlıklı sekanslar tümör dokusu, inflamasyon ve demiyelinizasyon gibi patolojileri saptamada değerlidir.<sup>10-12</sup>

Yoğun doku sinyalleri (T1 ağırlıklı görüntülerde yağ kaynaklı ve T2 ağırlıklı görüntülerde beyin omurilik sıvısı [BOS] veya vitreus kaynaklı) komşu dokulardaki hafif anormal sinyalleri baskılayarak patolojinin gözden kaçmasına sebep olabilir. Bu tür yoğun sinyalleri azaltmak için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. STIR- short tau inversion recovery bir yağ baskılama tekniği olup parlak yağ sinyali olmadan T1 ağırlıklı görüntüler elde etmek amacıyla kullanılır. Bu teknik özellikle orbitanın incelenmesinde faydalıdır. FLAIR-fluid-attenuated inversion recovery, yüksek BOS sinyali olmadan T2 ağırlıklı görüntüler sağlar ve bu yöntem multipl skleroz gibi demiyelinizan patolojilerde periventriküler beyaz madde değişikliklerini saptamak için idealdir.<sup>11-13</sup>

Görüntülerden elde edilecek bilgiyi arttırmak amacıyla, bu tekniklere ek olarak Diffusion-Weighted Imaging (DWI) ve Apparent Diffusion Coefficient (ADC) gibi ek özel sekanslar da geliştirilmiştir. DWI, vasküler perfüzyondaki değişikliklere duyarlıdır ve yeni enfarktüslerin tanımlanmasında değerlidir. Anormal DWI sinyali, serebral iskemi başlangıcından birkaç dakika sonra ortaya çıkar ve yaklaşık 3 hafta devam eder, yani akut ve subakut iskemik olaylara işaret eder.<sup>14</sup> ADC ise DWI hiperintensitesinin gerçek difüzyon kısıtlaması mı yoksa T2 "parlaklık" artefaktı mı olduğunu belirlemeye yardımcıdır.<sup>11,15</sup>

Patolojik lezyonların görüntülenmesi, paramanyetik bir kontrast madde olan gadolinyumun kullanımıyla da iyileştirilebilmektedir. Gadolinyumun kullanımı özellikle, enfeksiyöz ve inflamatuvar lezyonların ve normal dokudan ayırt edilemez bileşimlere sahip tümör dokularının saptanmasında değerlidir.<sup>16</sup> Gadolinyum bazlı kontrast maddelerin bilinen en önemli yan etkisi ciltte kalınlaşma ve kas kontraktürleri ile sonuçlanabilen yumuşak dokuda kollajen birikimiyle seyreden multi-sistem bir hastalık olan nefrojenik sistemik fibrozistir.<sup>17</sup>

Orbita özelinde baktığımızda MRG protokolü klasik olarak anatomik görüntü için IV kontrast madde enjeksiyonundan önce T1 ağırlıklı, inflamatuvar değişiklikleri izlemek için T2 ağırlıklı, FLAIR ve STIR sekanslardan ve inflamatuvar/enfeksiyöz değişiklikler ile tümörlerin karakterizasyonunda kontrastlı T1 ağırlıklı sekanslardan oluşmaktadır.<sup>18</sup>

### Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip, non-invaziv, konvansiyonel X-ışını kullanan tanısal bir görüntüleme yöntemidir. Akut kanama, kemik ve metalik yabancı nesneler gibi yoğun doku ve maddeler X ışınlarını zayıflatır ve daha parlak görünür. Hava, yağ ve su gibi daha az yoğun nesneler ise X ışınlarının daha serbestçe geçmesine ve nispeten karanlık görünmesine neden olur. Dolayısıyla ödem veya inflamasyon gibi nispeten su içeriği fazla olan dokular hipodens izlenir.<sup>19,20</sup>

BT orbita kırıkları, intraoküler yabancı cisim, hiperosteo, fibröz displazi, sfenoid kanat agenezisi, kraniyosinostoz sendromları, sinüs tümörleri ve inflamatuvar süreçler, kafa tabanı patolojileri gibi kraniyofasiyal kemik yapıları veya sinüsleri etkileyen patolojiler hakkında ayrıntılı bilgi sağlamaktadır.<sup>21</sup> Aynı zamanda optik disk drusen, kraniyofarenjiyomlar, menenjiyomlar ve zamanla kalsifiye olan retinoblastomalar gibi lezyonları karakterize etmek için kullanılabilir. Duyarlılığı ve özgüllüğü arttırmada iyotlu kontrast madde kullanılabilir.<sup>22</sup>

Avantajları arasında nispeten düşük maliyeti, hızlı görüntü elde edilmesi, geniş kullanım alanı ve yüksek uzaysal çözünürlüğü sayılabilir. BT'nin ana dezavantajı, özellikle pediatrik popülasyonda endişe yaratan iyonize radyasyon kullanımıdır. Diğer bir sınırlama ise yumuşak doku detayının sınırlı olması ve izodens yapılar arasında ayırım yapılamamasıdır. Hareket artefaktı çekim hızı göz önüne alındığında MRG'ye kıyasla daha azdır. Ancak,

metalik yabancı cisimler gibi yoğun nesneler, X ışınlarını yayıflatarak bitişik yapıların çözünürlüğünü sınırladıkları için artefakta neden olabilmektedir.<sup>7,11,12</sup> Akut kan veya kemik anormalliklerini doğru bir şekilde tanımlama hızı ve yeteneği, BT'yi özellikle travmada değerli kılar.<sup>23</sup>

### Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografi glob, orbita ve karotis arterlerin görüntülenmesinde yüksek frekanslı ses dalgalarını kullanan, non-invaziv, ucuz, hızlı, ofis bazlı bir görüntüleme yöntemidir. Görüntüleme prensibi 8-20 MHz (megahertz) ultrason dalgalarının akustik ara yüzeylerdeki yansımaya dayanmaktadır.

Oküler ultrasonografinin A-scan ve B-scan olmak üzere ana iki modu vardır. A-scan, tek boyutlu bir "genlik" taramasıdır ve aksiyel uzunluk gibi niceliksel ölçümlerin elde edilmesinde değerlidir. B-scan ise iki boyutlu, kesitsel bir "parlaklık" taramasıdır ve güvenilir oftalmoskopiye engelleyen ortam opasitesi varlığında, koroid lezyonları, orbital kitleler, tiroid orbitopati, optik disk drusen ve optik sinir kılıfı sıvısının değerlendirilmesi gibi arka segment ve orbital patolojilerin incelenmesinde ön plana çıkar.<sup>24-26</sup>

Nörooftalmoloji pratiğinde USG'nin ön plana çıktığı en önemli patolojilerden biri kafa içi basınç artışına bağlı optik sinir kılıf çapının değerlendirilmesidir. Bu vakalarda USG optik sinir kalınlığını ve reflektivitesini değerlendirmede pratik bir seçenek olarak karşımıza çıkar. Primer pozisyonda ve 30 derece pozisyonda tekrar edilen USG'lerde optik sinir kalınlıkları arasında %20'den fazla fark olması artmış BOS lehinedir.<sup>27</sup>

Doppler USG, sıvı akım dinamiklerindeki değişiklikleri tanımlayabilir ve orbital vasküler lezyonları karakterize etmede yararlıdır. Doppler görüntüleme, özellikle servikal karotid arter stenozunun tespitinde değerlidir, ancak daha proksimal veya distal damarlar hakkında sağladığı bilgi sınırlıdır. Nörooftalmolojide karotis doppler görüntülemenin birincil kullanımı, retinal veya optik sinir iskemisi düşünülen hastalarda servikal karotid arter stenozunun saptanmasıdır.<sup>28,29</sup>

Son dönemde, ultrasonla saptanan damar duvarı ödemi, dev hücreli arterit (DHA) gibi patolojilerde aktif vaskülit tanımlamada ön plana çıkmaktadır. USG'de tespit edilen damar duvarı ödemi, damar lümeni çevresinde halo işareti olarak adlandırılan hipoeoik bir sinyal oluşturur. Bu bulgu, özellikle temporal arter biyopsisi negatif vakalarda tanıya yönelmede yararlı olabilmektedir.<sup>30</sup>

### Vasküler Görüntüleme

#### MR Anjiyografi ve MR Venografi

Manyetik rezonans anjiyografi (MRA), stenoz, darlık, diseksiyon, arteriyovenöz malformasyonlar ve anevrizmalar gibi anormallikleri göstermek için intra ve ekstrakraniyal karotis ve vertebrobaziler arterleri görüntüleyen non-invaziv bir yöntemdir. Özellikle büyük ve orta boy damarlar hakkında değerli bilgiler sağlar.<sup>31</sup>

MRA görüntüleme tekniği, çevredeki sabit yapılara kıyasla akım bulunan alanlarda meydana gelen sinyal değişikliklerinin saptanması prensibine dayanır ve kontrast gerektirmez. MRA'nın iki temel türü TOF- time-of-flight ve PC- phase contrast'dır.<sup>32</sup> Hem TOF hem de PC MRA, verileri iki boyutlu veya üç boyutlu taramalar kullanarak elde edebilir. Üç boyutlu teknik daha ince kesitlere olanak sağlar. MRA görüntüleri gadolinyum bazlı kontrast madde kullanımı ile zenginleştirilebilir. Kontrastlı ve üç boyutlu çekim dural venöz sinüs hastalığı, karotis stenozunun değerlendirilmesi gibi patolojilerde optimal görüntü kalitesini yakalar. TOF MRA, oftalmolojik vasküler anormallikleri değerlendirmede daha güvenilir bir teknik olarak ön plana çıkar.<sup>7,33,34</sup>

Konvansiyonel kontrastlı anjiyografi ve MRA ile elde edilen görüntüler birbirine benzemesine rağmen, MRA'nın doğru yorumlanması için altı çizilmesi gereken önemli bazı teknik farklılıklar mevcuttur. Konvansiyonel anjiyografide kontrast madde damar lümenini hızla doldurur, dolayısıyla belirli bir bölgedeki görüntü yoğunluğu o bölgedeki kan akımını doğrudan yansıtır. MRA doğrudan vasküler anatomiye gösteriyor gibi görünse de aslında gerçek damar anatomisinden ziyade kan akımını hemodinamik özelliklerinden elde edilen verilere dayanılarak sonuç verdiği unutulmamalıdır. Özetle, MRA'da akım hızı elde edilen görüntünün ana belirleyicisidir.<sup>35,36</sup>

MRA'nın başlıca avantajları arasında detaylı yumuşak doku bilgisi sağlayan eş zamanlı MRG görüntülemesi, yüksek uzaysal çözünürlük, supin ve prone pozisyonun yanı sıra herhangi bir düzlemde görüntü elde etme imkânı sayılabilir. Ayrıca non-invaziv olması, kateterizasyon ve kontrast maddeye bağlı nörolojik defisit veya dolaşım bozukluğu gibi riskler taşımaması açısından konvansiyonel anjiyografiye üstündür. İyonize radyasyon ve iyotlu kontrast madde kullanılmaması açısından hem konvansiyonel anjiyografiye hem de BT anjiyografiye göre avantajlıdır.<sup>37</sup>

Dezavantajları arasında hasta hareketine, vasküler akım bozukluğuna ve metale sekonder ortaya çıkan artefaktlar

sayılabilir. Belirgin klostrofobi olan, kooperasyonu düşük veya düz yatmakta zorluk çeken hastalar için pratik bir seçim olmayabilir. Ayrıca gadolinyuma sekonder gelişebilecek nefrojenik fibrozis akılda tutulmalıdır. Bunun yanında aktif akım üzerinden bilgi sağlaması nedeniyle tromboze anevrizmalar gözden kaçabilir ve türbülant akım yorumlamada zorluklara yol açabilir. Tekniğin çok küçük anevrizmaların saptanmasında başarısı sınırlıdır.<sup>38</sup>

MR venogramın başlıca oftalmik endikasyonu ise kafa içi basıncında artışı ve papil ödemi olan hastalarda dural venöz sinüs trombozunun dışlanmasıdır. MRA ile benzer şekilde kontrast kullanımı görüntü kalitesini artırır.<sup>39,40</sup>

### BT Anjiyografi ve BT Venografi

Bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) ve venografi (BTV), arteriyel ve venöz yapıları değerlendirmede iyonize radyasyon ve intravasküler kontrast madde kullanılan tekniklerdir. Endikasyonları arasında anevrizmalar, orbital vasküler malformasyonlar, arteriyovenöz fistüller, akut travma komplikasyonları, venöz ve dural sinüs trombozu, vasküler anatomik varyantların saptanması yer almaktadır. Konvansiyonel anjiyografiye kıyasla non-invaziv olmalarıyla ön plana çıkmaktadırlar ve baş boyun vasküler yapılarını değerlendirmede, özellikle proksimal arter tıkanıklığının tespitinde %95'in üzerinde duyarlılık ve özgüllük ile büyük ölçüde konvansiyonel anjiyografinin yerini almışlardır.<sup>41</sup>

BTA veya BTV görüntüleme esnasında, bir kateter vasıtasıyla intravenöz kontrast madde enjekte edilir ve ince kesitli spiral BT görüntüleme gerçekleştirilir. BTV görüntüleri kontrast enjeksiyonundan 90-120 saniye sonra alınır.<sup>42</sup>

BTA'nın avantajları arasında vasküler yapıların non-invazif, hızlı ve yüksek uzaysal çözünürlükle değerlendirilebilmesi sayılabilir. Çapı 3 mm'den büyük anevrizmaların veya %70'in üzerindeki darlıkların tespitinde duyarlılığının %95'e ulaştığını bildiren çalışmalar mevcuttur.<sup>43,44</sup> BTA'nın dezavantajları arasında kafa tabanı, kavernoöz sinüs ve orbita apeksinde kemik artefaktı, daha az yumuşak doku ayrıntısı sağlaması, radyasyon maruziyeti, alerjik reaksiyonlar ve nefrotoksisiteye yol açabilen iyotlu kontrast kullanımı yer alır.<sup>42</sup> Ultrason ve MRA'dan farklı olarak, BTA görüntüleri akım ağırlıklı değildir ve dolayısıyla BTA değerlendirmesi türbülant veya yavaş akımdan etkilenmez.<sup>42</sup>

### Konvansiyonel Kateter Anjiyografi

Konvansiyonel kateter anjiyografi lokal anestezi altında femoral arter yolu ile kontrast madde enjeksiyonunu takiben internal karotid ve vertebral arterlerin görüntülenmesi

prensibine dayanır. DSA- Digital subtraction angiography, kemik gibi arka plan yapılarından kaynaklanan artefaktları bertaraf eden, kontrast dolu damarların daha net görüntülerinin elde edildiği tekniktir.

Yakın zamana kadar kateter anjiyografi, intrakraniyal anevrizmaların tanısında ilk basamak araştırma olarak kabul edilmekteydi ancak MRA ve BTA tekniklerinde meydana gelen gelişmelerle beraber günümüzde şüpheli vakalara ayrılmaktadır. Semptomatik yani üçüncü sinir felcine neden olabilecek bir anevrizma büyük olasılıkla MRA ve BTA'da tespit edilebilecek büyüklüktedir (>5 mm), ancak MRA veya BTA negatif olsa bile yüksek şüpheli vakalarda kateter anjiyografi "altın standart" olmaya devam etmektedir.

Tetkiğin genel morbiditesi yaklaşık %2,5 olup, öncelikle emboli veya vazospazmdan kaynaklanan iskemi, nefrotoksisite, boyaya bağlı reaksiyonlar veya arteriyel ponksiyon bölgesindeki komplikasyonlar (Ör: hematoma) ile ilişkilidir.<sup>45</sup>

### Metabolik ve Fonksiyonel Görüntüleme

Fonksiyonel görüntüleme çalışmaları, yapısal görüntülemenin normal olabileceği durumlarda faydalıdır.

Manyetik rezonans spektroskopisi (MRS), in-vivo biyokimyasal reaksiyonlar vasıtasıyla dokunun bütünlüğü ve metabolizması hakkında fikir sahibi olma prensibine dayanır. Nöro-oftalmolojideki MRS uygulamaları, görme yolunu etkileyen iskemik, neoplastik, demiyelinizan, inflamatuvar ve mitokondriyal bozuklukların ayırt edilmesini içerir. Akut iskemik beyin, yaralanmadan sonraki ilk 2-3 gün boyunca anaerobik metabolizma yoluyla laktat üretir ve bu durum MR spektroskopisi ile tespit edilebilir.<sup>46</sup>

Fonksiyonel MRG (fMRG) değerlendirmesi belirli bilişsel, duyuşal veya motor görevlere sekonder beyindeki lokal kan akımı değişikliklerine dayanır. Nöronal aktivitedeki lokal bir artış, serebral kan akışının artmasına ve deoksihemoglobinde bir azalmaya yol açar. fMRG deoksihemoglobinin nedeniyle T2 sinyalindeki meydana gelen değişiklikleri inceler. Bu sinyal değişikliklerine BOLD-blood oxygenation level dependent adı verilir.<sup>47</sup>

Pozitron emisyon tomografisi (PET) ve tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi SPECT metabolik aktiviteyi değerlendirmek için radyoaktif işaretlenmiş moleküller kullanır. Bu amaçla PET florodeoksiglikoz (FDG), SPECT ise teknesyum-99m moleküllerini kullanmaktadır. PET, SPECT'ten daha yüksek hassasiyete ve doku çözünürlüğüne



sahiptir ancak maliyeti daha yüksektir. Her iki fonksiyonel görüntülemenin kullanım alanları arasında toksisite, neoplazmlar, inflamatuvar hastalıklar, radyasyon nekrozu, stroke, dejeneratif bozukluklar, epilepsi ve migren sayılabilir. Fonksiyonel görüntülemeye, yapısal görüntüleme testleri (BT veya MR) normal saptanan bölgelerde hipometabolizma (“soğuk”) veya hipermetabolizma (“sıcak”) izlenebilir.<sup>48</sup>

Sonuç olarak özellikle ayırıcı tanı yapılması gereken ve ek bilgiye ihtiyaç duyulan vakalarda başta manyetik rezonans görüntüleme olmak üzere nörogörüntüleme teknikleri klinisyene değerli bilgiler sağlamaktadır. Farklı çalışma prensiplerine sahip farklı tekniklerin çeşitli hasta gruplarında avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Yukarıda detaylı şekilde açıklanan bu bilgiler Tablo’da özetlenmiştir. Bu özelliklerin klinisyen tarafından bilinmesi hastaya uygun görüntüleme seçimi, doğru ve detaylı bilgi elde etme ve maliyet etkin olma açısından oldukça önemlidir.

Tüm bu bilgiler ışığında, ayırıcı tanıda değeri olan bazı spesifik nörogörüntüleme bulguları çeşitli optik nöropati tiplerine göre şu şekilde gruplanabilir:

### 1. Demiyelinizan Optik Nöropatiler

Klinik pratikte ayırıcı tanısı önemli olan multipl skleroz (MS), nöromiyelitis optika spektrum bozukluğu (NMOSD), anti-miyelin oligodendrosit glikoprotein (MOG)-IgG hastalığı, akut dissemine ensefalomyelit (ADEM) ve glial fibriller asidik protein (GFAP)-IgG astrositopatisi gibi demiyelinizan bozukluklar spesifik MRI özellikleriyle tanımlanabilir.<sup>11</sup>

MS ilişkili optik nörit tipik olarak etkilenen sinirde T2 ağırlıklı sekanslarda hiperintens sinyal değişiklikleri (Şekil 1A) ve post-kontrast T1 ağırlıklı görüntülerde gadolinyum sinyal artışı gösterir (Şekil 1B). MR izole optik sinir tutulumu ile başvuran hastalarda (%20) kritik önemli yer tutar.<sup>3,11</sup>

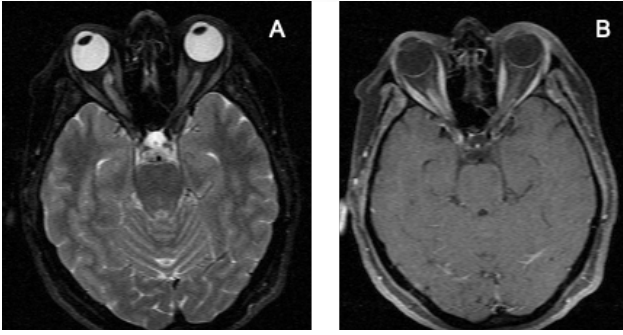
NMOSD ilişkili optik nöritin MRG bulguları MS’den farklıdır, optik sinirin daha posterior kısmı etkilenir ve tutulum kiazmaya dek uzanır. Üçüncü ventrikül ve serebral akuadukt çevresinde yerleşen diensefalik lezyonlar, dördüncü ventriküle komşu dorsal beyin sapı lezyonları, lateral ventrikülleri çevreleyen periependimal lezyonlar ve optik sinirlerin ve kiazmanın longitudinal lezyonları gibi bazı kranial MRG bulguları NMOSD için spesifiktir.

**Tablo:**

*Başlıca nörooftalmolojik görüntüleme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları*

|                           | Avantaj                                                                                                                               | Dezavantaj                                                                                                                                                                                |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MRG                       | -Yüksek yumuşak doku çözünürlüğü<br>-Radyoaktivite maruziyeti yok<br>-Posterior fossa, optik sinir ve orbita apeks vizualizasyonu iyi | -Yüksek maliyet,<br>-Uzun çekim süreleri<br>-Hastayla ilgili faktörler (örn. klostrofobi, obezite)<br>-Manyetik duyarlı implantlı hastada kontrendike<br>-Gadolinyuma bağlı toksisite     |
| BT                        | -Ucuz, hızlı, erişilebilir<br>- Başarılı kemik yapı değerlendirmesi<br>-Akut kanama ve travmada değerli                               | -İyonize radyasyon maruziyeti<br>-Kemik, metalik cisimler vb gibi yüksek dansiteli maddelere bağlı artefaktlar<br>-İyotlu kontrast maddeye bağlı nefrotoksisiteye ve alerjik reaksiyonlar |
| MRA/MRV                   | -Non-invaziv                                                                                                                          | -≤3 mm anevrizmalarda yetersiz<br>-Tromboze veya akım düşük lezyonlarda yetersiz                                                                                                          |
| BTA/BTV                   | -Non-invaziv                                                                                                                          | -≤3 mm anevrizmalarda yetersiz<br>-Süperimpoze kemik dokuya bağlı artefaktlar                                                                                                             |
| USG                       | -Yaygın, hızlı, ucuz<br>-Radyoaktivite maruziyeti yok                                                                                 | -Deneyim gerektirir<br>-Açık glob yaralanmalarında kontrendike<br>-İnvaziv                                                                                                                |
| Konvansiyonel anjiyografi | -Vasküler yapıların yüksek çözünürlüklü görüntülenmesi                                                                                | -Radyasyon maruziyeti<br>-Kontrast maddeye karşı reaksiyon<br>-Nefrotoksisite, stroke riski                                                                                               |

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme, BT: Bilgisayarlı tomografi, USG: Ultrasonografi, MRA/MRV: Manyetik rezonans anjiyograf/venografi, BTA/BTV: Bilgisayarlı tomografi anjiyografi/venografi



**Şekil 1:** MS'li bir olguda MRG. 1A: T2 sekansında hiperintensite, 1B: Post kontrast T1 sekansında kontrast tutulumu

NMOSD ile ilişkili en belirgin MRI bulgusu, üç veya daha fazla komşu vertebral segmenti etkileyen ve ağırlıklı olarak santral gri maddeyi tutan transvers miyelittir.<sup>49,50</sup>

Anti-MOG-IgG antikorları olan hastalar tekrarlayan optik nörite eğilimlidir.<sup>24,25</sup> Chen ve arkadaşları<sup>24</sup> tarafından yayımlanan 87 hastalık vaka serisinde seropozitif MOG vakalarının %50'sinde MRG'de optik sinirin orbital kısmını da içeren perinöral kontrastlanma bildirilmiştir.<sup>51</sup>

Otoimmün GFAP-IgG astrositopati MRG bulguları incelendiğinde radyal periventriküler gadolinyum kontrast artışı oldukça spesifiktir. Ayrıca periventriküler beyaz cevherde yerleşik yaygın T2 ağırlıklı anormallikler, leptomeningeal kontrastlanma ve omurilikte longitudinal T2 ağırlıklı hiperintens lezyonlar karşımıza çıkabilmektedir.<sup>52</sup>

Nöromiyelitis optika (NMO), ciddi bilateral görme etkilenmesiyle karşımıza çıkabilen agresif bir demiyelinizan hastalıktır. Görüntüleme bulguları, iki taraflı optik sinir genişlemesi ve sinyal artışı içerebilir. Ayrıca, ilişkili omurilik lezyonları büyüktür ve karakteristik olarak üç veya daha fazla vertebral segmente uzanır.<sup>4,53</sup>

## 2. İnflamatuvar, Enfeksiyöz, İnfiltratif ve Kompresif Optik Nöropatiler

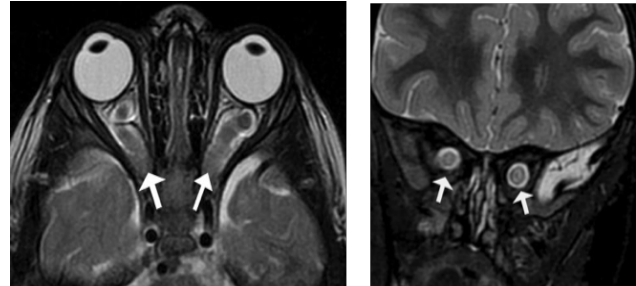
İnflamatuvar (sarkoidoz, lupus ve polianjiitli granülomatoz vb), enfeksiyöz (tüberküloz, sifiliz ve Lyme hastalığı vb) ve infiltratif (lenfoma, lösemi ve optik sinir gliomu vb) etiyojilerde orbital MRG'de optik sinirde değişken derecelerde kalınlaşma ve T2 ağırlıklı ve FLAIR sekanslarda hiperintens sinyal değişiklikleri izlenebilir.<sup>54</sup>

Sarkoidoz, tüberküloz, sifiliz, IgG4 ilişkili hastalık ve Lyme hipertrofik pakimeningit neden olabilen heterojen bir hastalık grubudur.<sup>55</sup> Tüberkülozlu hastalarda hidrocefali, serebral ödem ve tüberküloz gibi ek MRG özellikleri saptanabilir ve bunlar optik kiazmayı etkileyebilir. Sifilizde vaskülitik tutulumu sekonder stroke benzeri lezyonlar, gommatöz lezyonlarda sinyal artışı saptanabilir. Lyme'da multipl kranial sinirlerde sinyal artışı saptanabilir (Şekil 2).<sup>54,56</sup>

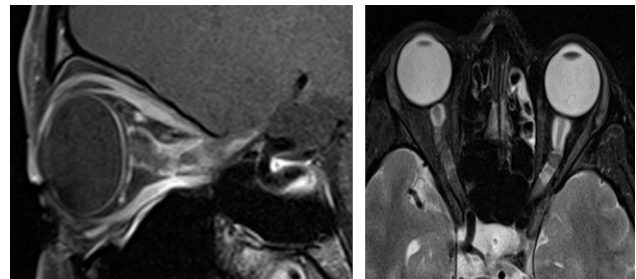


**Şekil 2:** IgG4 ilişkili hastalık bulunan bir olguda optik sinir infiltrasyonu lehine değerlendirilen MRG T1A sekansında özellikle apekte belirgin kontrast tutulumu

Optik sinir gliomu sinirde tübüler veya fusiform genişleme ile karakterizedir (Şekil 3). T1 ağırlıklı sekanslarda izointens veya hipointens izlenirken T2 ağırlıklı sekanslarda perinöral araknoid gliomatoza sekonder optik sinir çevresindeki sinyal artışı "psödo BOS" işareti ile tanımlanabilir (Şekil 3).<sup>57</sup> Orbital MRG özellikle optik sinir gliomlarının menenjiyomlardan ayırt edilmesinde önemlidir; menenjiyom optik sinir çevresinde konsantrik bir halka ile optik sinirden ayrılmaktadır (Şekil 4). Ayırıcı tanıda MRG bulgularına ek olarak BT, optik sinir kılıfı menenjiyomunda komşu kemiğin hiperostozunu, perinöral kalsifikasyonu ve "tramvay işareti" bulgusunu sağlamaktadır.<sup>58</sup>



**Şekil 3:** Bilateral optik glioma olgusu, MRG. Optik sinirlerde fusiform genişleme ve psödo-BOS işareti



**Şekil 4:** Optik sinir kılıf menenjiyonu, MRG

Optik perinevrit, sinirin göreceli olarak korunmasıyla birlikte optik sinir kılıfının inflamasyonudur, en iyi gadolinyumlu yağ baskılanmış T1 ağırlıklı sekanslarda vizualize edilebilmektedir. Tipik görünüm sirkumferansiyal optik sinir kılıfı kalınlaşmasıdır.<sup>59,60</sup>

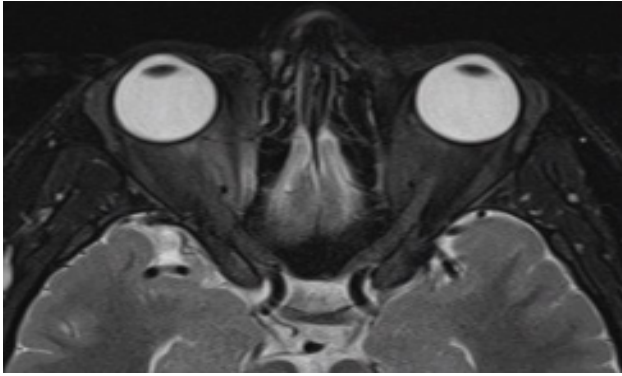
### 3. Toksik-Nutrisyonel Optik Nöropatiler

Bu grup nöropatilerde nörogörüntüleme, özellikle afferent görme yoluna bası yapan kitle lezyonu gibi diğer patolojileri dışlamak amacıyla gerçekleştirilir. Bununla beraber bazı durumlarda karakteristik görüntüleme bulguları altta yatan tanıya dair ipuçları sağlayabilmektedir.<sup>61</sup>

Karbon monoksit zehirlenmesi globus pallidusta BT'de hipodens sinyal ve MRG'de T2 ağırlıklı, FLAIR ve DWI sekanslarında artmış sinyal ile karakterizedir. MRG, bazı toksik hasarlanmalarda kontrast artışı olmadan her iki optik siniri çevreleyen BOS kaybını gösterebilir.<sup>62</sup>

### 4. Hereditör Optik Nöropatiler

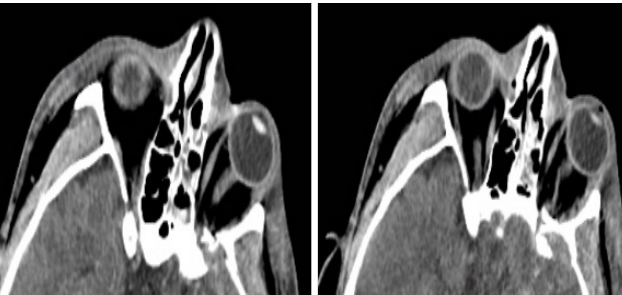
Leber'in hereditör optik nöropatis optik kiazmada genişleme, optik sinirler posterior kısımda ve optik kiazmada T2 ağırlıklı sekanslarda hiperintensite (Şekil 5) ile ilişkilendirilebilir.<sup>41</sup> Özellikle kadın taşıyıcılarda, MS'e benzeyen T2 ağırlıklı subkortikal/periventriküler sinyal değişiklikleri saptanabilir.<sup>63</sup>



**Şekil 5:** LHON olgusunda MRG: Optik sinirler posterior kısımda ve optik kiazmada T2 ağırlıklı sekanslarda hiperintensite

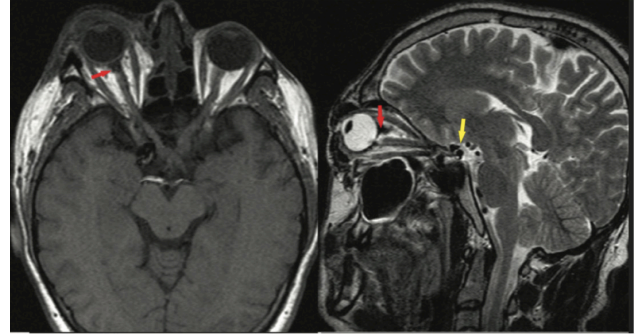
### 5. Travmatik Optik Nöropatiler

BT özellikle optik kanal kırığı, optik kanal veya optik sinir kılıfı içindeki ödem veya hemoraji, intrakanal hematom veya yabancı cismin saptanmasında değerlidir (Şekil 6).<sup>64</sup>



**Şekil 6:** Travmatik Optik Nöropati olgusunda BT bulguları. Sol orbita tüm duvarlarda deplase-nondeplase fraktürlerler, sol orbital apeks düzeyinde süperior ve inferior orbital fissüre depresyon gösteren multifragmente fraktürler, maksiller ve ethmoid sinüslerde hemosinüs bulguları

Travmatik optik sinir hasarında, DWI etkilenen optik sinirde difüzyon azalmasını gösterebilir (Şekil 7).<sup>65</sup>



**Şekil 7:** T1 ağırlıklı MRG. Künt Travma sonrası total görme kaybı ve optik sinir avulsiyonu (kırmızı ok) gelişen olguda pnömosefali (sarı ok)

### 6. Radyasyon Optik Nöropatisi

BT, kontrastsız T1 ağırlıklı ve T2 ağırlıklı MRI sekansları tipik olarak normaldir. Gadolinyumlu T1 ağırlıklı sekanslarda aylar içinde düzelen optik sinir ve kiazmada sinyal artışı izlenebilir.<sup>66</sup>

### 7. Arteritik İskemik Optik Nöropati

Dev hücreti arterit (DHA)'da damar duvarı ödeme sekonder damar lümeni çevresinde oluşan hipoekoik sinyal USG'de halo işareti olarak izlenebilir ve bu bulgu özellikle temporal arter biyopsisi negatif vakalarda giderek önem kazanmaktadır. Çoğu çalışma %80'in üzerinde özgüllük bildirmektedir.<sup>67</sup>

MRG de DHA tanısında rol oynayabilir. Post-kontrast T1 ağırlıklı görüntülerde artmış damar duvarı kalınlığı, ödem ve kontrastlanma saptanabilir, MRA'da buna karşılık gelen luminal stenoz izlenebilir. MRG'nin temporal arterin DHA tanısı için duyarlılığı %81, özgüllüğü ise %97 olarak bildirilmektedir.<sup>68</sup>

Son olarak, fludeoksiglukoz (FDG)-PET DHA dahil büyük damar vaskülitlerini saptamada değerli olabilir. Blockmans ve arkadaşları biyopsipozitif DHA vakalarının %83'ünde en az bir vasküler bölgede FDG tutulumu bildirmektedir. Yüksek maliyeti ve radyasyona maruziyeti nedeniyle tarama testi olarak pratik olmasa da biyopsi negatif vakalarda tanıyı yöneltmek ve ayırıcı tanı yapmak açısından değerli olabilir.<sup>69,70</sup>

### 8. Non-Arteritik Anterior İskemik Optik Nöropati (NAION)

NAION esas olarak klinik bir tanıdır; görüntüleme çalışmaları genellikle bu durumun tanısında veya tedavisinde gerekli değildir. Bununla birlikte özellikle atipik vakalarda kompresif veya demiyelinizan durumları dışlamak için



MRG değerli olabilir. NAION'da etkilenen optik sinirde nonspesifik T2 hiperintensite saptanabilir. Optik nöritte sık görülen kontrast tutulumu NAION'da nadirdir.<sup>71</sup>

### 9. Posterior İskemik Optik Nöropati

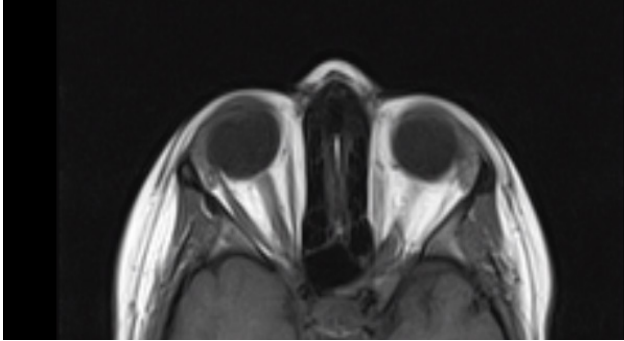
Görüntülemeye, optik sinirin etkilenen kısımlarında T2 hiperintensitesi ve difüzyon kısıtlaması saptanabilir.<sup>72</sup>

### 10. Papilödem

Papilödemden şüphelenilen durumlarda, kanama, kafa içi kitle, hidrosefali, vasküler malformasyon veya venöz sinüs trombozu gibi nedenleri dışlamak için beyin MRG veya BT yapılmalıdır.<sup>4</sup>

### Psödotümör Serebri Sendromu

İdiyopatik intrakraniyal hipertansiyon olarak da bilinen psödotümör serebri sendromu vakalarında intrakraniyal lezyonu veya venöz sinüs trombozunu dışlamak için BT/ BT venografi veya MR/MR venografi yapılmalıdır. MRG'de, psödotümör serebri sendromunu düşündüren spesifik bulguların başında sagittal T1 ağırlıklı sekanslarda %70 sıklıkta izlenebilen "empty sella" gelir.<sup>73</sup> T2 ağırlıklı sekanslar optik disk elevasyonunu, posterior globda indentasyonu ve genişlemiş optik sinir kılıfını gösterebilir (Şekil 8). MR venografi, transvers sinüslerde daralmayı saptayabilir.<sup>74</sup> Farb ve arkadaşları<sup>75</sup> gadolinyumlu MRV'nin %93 duyarlılık ve özgüllükle venöz sinüs trombozunu saptayabildiğini bildirmektedir.



**Şekil 8:** Papilödemli bir olguda bilateral optik sinir kılıfında genişleme ve bilateral optik diskte hafif düzleşme

### 11. Glokomatöz Optik Nöropati

MRG başta olmak üzere nörogörüntüleme yöntemlerinin glokomatöz optik nöropatilerde birincil değeri olmasa da posterior sklerit, miyopi, posterior stafiloma, şaşılık gibi patolojilerde artan kullanım sıklığına istinaden glokom alanında da MRG lateral genikülat nükleus, optik disk, optik sinir, optik radyasyon ve görsel korteks dahil olmak üzere merkezi görme yollarındaki yapısal değişiklikleri değerlendirmek için araştırılmaktadır.<sup>76,77</sup>

### Sonuç

Çok farklı etiyolojik sebebe bağlı ortaya çıkabilen, doğru tedavi planı ve uygun izlem için ayırıcı tanının önemli olduğu, sık karşılaşılan geniş bir hastalık grubu olan optik nöropatilerde, başta manyetik rezonans görüntüleme olmak üzere, bilgisayarlı tomografi, doppler ultrasonografi, manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi anjiyografi gibi nörogörüntüleme tetkikleri bize değerli bilgiler vermektedir. Hastanın kliniği ile korele edildiğinde çok daha kıymetli olan bu tetkiklerin özelliklerinin, kime, ne zaman istenmesi gerektiğinin ve farklı optik nöropatilerde hangi bulguların beklendiğinin bilinmesi önemlidir.

### Kaynaklar

1. De Lott LB, Bennett JL, Costello F. The changing landscape of optic neuritis: a narrative review. *J Neurol*. 2022;269(1):111-124.
2. Touitou V, LeHoang P. Diagnostic approach in optic neuropathy. *Rev Neurol (Paris)*. 2012;168(10):691-696.
3. Wilhelm H, Schabet M. The diagnosis and treatment of optic neuritis. *Dtsch Arztebl Int*. 2015;112(37):616-626.
4. Prasad S. Diagnostic neuroimaging in neuro-ophthalmic disorders. *Continuum (Minneap Minn)*. 2014;20(4):1023-1062.
5. Mustafa S, Pandit L. Approach to diagnosis and management of optic neuropathy. *Neurol India*. 2014;62(6):599-605.
6. Kruger JM, Lessell S, Cestari DM. Neuro-imaging: a review for the general ophthalmologist. *Semin Ophthalmol*. 2012;27(5-6):192-196.
7. Lee AG, Johnson MC, Policeni BA, Smoker WR. Imaging for neuro-ophthalmic and orbital disease - a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2009;37(1):30-53.
8. Hoch MJ, Bruno MT, Shepherd TM. Advanced MRI of the Optic Nerve. *J Neuroophthalmol*. 2017;37(2):187-196.
9. Niendorf T, Beenakker JM, Langner S, et al. Ophthalmic magnetic resonance imaging: where are we (Heading to)? *Curr Eye Res*. 2021;46(9):1251-1270.
10. Gokharman D, Aydin S. Magnetic resonance imaging in orbital pathologies: a pictorial review. *J Belg Soc Radiol*. 2018;101(1):5.
11. Costello F, Scott JN. Imaging in Neuro-ophthalmology. *Continuum (Minneap Minn)*. 2019;25(5):1438-1490.
12. Costello FE, Goyal M. Neuroimaging in neuro-ophthalmology. *Neurol Clin*. 2010;28(3):757-787.
13. Kakaria AK. Imaging in neuro-ophthalmology: an overview. *Oman J Ophthalmol*. 2009;2(2):57-61.
14. Fanea L, Fagan AJ. Review: magnetic resonance imaging techniques in ophthalmology. *Mol Vis*. 2012;18:2538-2560.
15. Cooper AC, Tchernykh M, Shmuel A, Mendola JD. Diffusion tensor imaging of optic neuropathies: a narrative review. *Quant Imaging Med Surg*. 2024;14(1):1086-1107.
16. Slamovits TL, Gardner TA. Neuroimaging in neuro-ophthalmology. *Ophthalmology*. 1989;96(4):555-568.



17. Blomqvist L, Nordberg GF, Nurchi VM, Aaseth JO. Gadolinium in medical imaging-usefulness, toxic reactions and possible countermeasures-a review. *Biomolecules*. 2022;12(6):742.
18. Tanenbaum RE, Lobo R, Kahana A, Wester ST. Advances in magnetic resonance imaging of orbital disease. *Can J Ophthalmol*. 2022;57(4):217-227.
19. So A, Nicolaou S. Spectral Computed Tomography: Fundamental Principles and Recent Developments. *Korean J Radiol*. 2021;22(1):86-96.
20. Igbiniedion BO, Ogbeide OU. Measurement of normal ocular volume by the use of computed tomography. *Niger J Clin Pract*. 2013;16(3):315-319.
21. Wende S, Kazner E, Grumme T. The diagnostic value of computed tomography in orbital diseases. A cooperative study of 520 cases. *Neurosurg Rev*. 1980;3(1):43-49.
22. Ainsworth JR, Hadley DM, Macpherson P, McFadzean R, Lawrence A, Teasdale GM. Indications for and accuracy of magnetic resonance imaging and computed tomography in orbital disease. *Scott Med J*. 1992;37(1):11-17.
23. Aslan F, Ozen O. Correlation of Clinical Findings with Computed Tomography in Orbital Traumas. *J Craniofac Surg*. 2019;30(7):e586-e590.
24. Kendall CJ, Prager TC, Cheng H, Gombos D, Tang RA, Schiffman JS. Diagnostic ophthalmic ultrasound for radiologists. *Neuroimaging Clin N Am*. 2015;25(3):327-365.
25. Rousou C, Schuurmans CCL, Urtti A, et al. Ultrasound and microbubbles for the treatment of ocular diseases: from preclinical research towards clinical application. *Pharmaceutics*. 2021;13(11):1782.
26. Mundt GH Jr, Hughes WF Jr. Ultrasonics in ocular diagnosis. *Am J Ophthalmol*. 1956;41(3):488-498.
27. Rosa N, De Bernardo M, Di Stasi M, Cione F, Capaldo I. A-scan ultrasonographic evaluation of patients with idiopathic intracranial hypertension: comparison of optic nerves. *J Clin Med*. 2022;11(20):6153.
28. Jianu DC, Jianu SN, Dan TF, et al. Ultrasound technologies and the diagnosis of giant cell arteritis. *Biomedicines*. 2021;9(12):1801.
29. Böhm EW, Grauhan NF, Pfeiffer N, Gericke A. Measurement of retrobulbar blood flow and vascular reactivity-relevance for ocular and cardiovascular diseases. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(23):3514.
30. Rinagel M, Chatelus E, Arnaud L, Jousse-Joulin S. Contribution of Doppler ultrasound for the diagnosis of giant cell arteritis. *Presse Med*. 2019;48(9):941-947.
31. Hamed LM, Silbiger J, Silbiger M, et al. Magnetic resonance angiography of vascular lesions causing neuro-ophthalmic deficits. *Surv Ophthalmol*. 1993;37(6):425-434.
32. Wheaton AJ, Miyazaki M. Non-contrast enhanced MR angiography: physical principles. *J Magn Reson Imaging*. 2012;36(2):286-304.
33. Roditi G. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Br J Surg*. 2002;89(7):817-820.
34. Brockmann MA, Elflein HM. Neuroradiology in ophthalmology. *Ophthalmologe*. 2019;116(7):689-706.
35. Nagpal P, Grist TM. MR angiography: contrast-enhanced acquisition techniques. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2023;31(3):493-501.
36. Panda A, Francois CJ, Bookwalter CA, et al. Non-contrast magnetic resonance angiography: techniques, principles, and applications. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2023;31(3):337-360.
37. Vaphiades MS, Horton JA. MRA or CTA, that's the question. *Surv Ophthalmol*. 2005;50(4):406-410.
38. Lim RP, Koktzoglou I. Noncontrast magnetic resonance angiography: concepts and clinical applications. *Radiol Clin North Am*. 2015;53(3):457-476.
39. Lirng JF. Magnetic resonance venography of intracranial venous diseases. *J Chin Med Assoc*. 2010;73(6):289-291.
40. Fleecs JB, Artz NS, Mitchell GS, Chan SS. Non-contrast magnetic resonance angiography/venography techniques: what are my options?. *Pediatr Radiol*. 2022;52(2):271-284.
41. Kamalian S, Lev MH, Gupta R. Computed tomography imaging and angiography - principles. *Handb Clin Neurol*. 2016; 135:3-20.
42. Foley WD, Karcaaltincaba M. Computed tomography angiography: principles and clinical applications. *J Comput Assist Tomogr*. 2003;27 Suppl 1:S23-S30.
43. von Kummer R, Dzialowski I, Gerber J. Therapeutic efficacy of brain imaging in acute ischemic stroke patients. *J Neuroradiol*. 2015;42(1):47-54.
44. McFadzean RM, Teasdale EM. Computerized tomography angiography in isolated third nerve palsies. *J Neurosurg*. 1998;88(4):679-684.
45. Singh DK, Yadav K, Singh AK, et al. Digital Subtraction Angiography of Cerebral Vessels: Basic Technique. *Neurol India*. 2023;71(1):31-34.
46. Smith JK, Castillo M, Kwock L. MR spectroscopy of brain tumors. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2003;11(3):415.
47. Sims JR, Chen AM, Sun Z, et al. Role of Structural, Metabolic, and Functional MRI in Monitoring Visual System Impairment and Recovery. *J Magn Reson Imaging*. 2021;54(6):1706-1729.
48. Dennis EL, Babikian T, Giza CC, Thompson PM, Asarnow RF. Neuroimaging of the Injured Pediatric Brain: Methods and New Lessons. *Neuroscientist*. 2018;24(6):652-670.
49. Kremer S, Renard F, Achard S, et al. Use of Advanced Magnetic Resonance Imaging Techniques in Neuromyelitis Optica Spectrum Disorder. *JAMA Neurol*. 2015;72(7):815-822.
50. Wingerchuk DM, Banwell B, Bennett JL, et al. International consensus diagnostic criteria for neuromyelitis optica spectrum disorders. *Neurology*. 2015;85(2):177-189.
51. Jitrapakulsan J, Chen JJ, Flanagan EP, et al. Aquaporin-4 and Myelin Oligodendrocyte Glycoprotein Autoantibody Status Predict Outcome of Recurrent Optic Neuritis. *Ophthalmology*. 2018;125(10):1628-1637.
52. Shan F, Long Y, Qiu W. Autoimmune Glial Fibrillary Acidic Protein Astrocytopathy: A Review of the Literature. *Front Immunol*. 2018;9:2802.
53. Khanna S, Sharma A, Huecker J, Gordon M, Naismith RT, Van Stavern GP. Magnetic resonance imaging of optic neuritis in patients with neuromyelitis optica versus multiple sclerosis. *J Neuroophthalmol*. 2012;32(3):216-220.
54. Costello F. Inflammatory optic neuropathies. *Continuum (Minneapolis)*. 2014;20(4):816-837.
55. AbdelRazek MA, Venna N, Stone JH. IgG4-related disease of the central and peripheral nervous systems. *Lancet Neurol*. 2018;17(2):183-192.
56. Baughman RP, Weiss KL, Golnik KC. Neuro-ophthalmic sarcoidosis. *Eye Brain*. 2012; 4:13-25.

57. Shapely J, Danesh-Meyer HV, Kaye AH. Diagnosis and management of optic nerve glioma. *J Clin Neurosci*. 2011;18(12):1585-1591.
58. Nair AG, Pathak RS, Iyer VR, Gandhi RA. Optic nerve glioma: an update. *Int Ophthalmol*. 2014;34(4):999-1005.
59. Hickman SJ. Optic Perineuritis. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2016;16(2):16.
60. Gupta S, Sethi P, Duvesh R, Sethi HS, Naik M, Rai HK. Optic perineuritis. *BMJ Open Ophthalmol*. 2021;6(1): e000745.
61. Baj J, Forma A, Kobak J, et al. Toxic and nutritional optic neuropathies-an updated mini-review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(5):3092.
62. Lim PJ, Shikhare SN, Peh WC. Clinics in diagnostic imaging (154). Carbon monoxide (CO) poisoning. *Singapore Med J*. 2014;55(8):405-410.
63. Chow-Wing-Bom HT, Callaghan MF, Wang J, et al. Neuroimaging in Leber Hereditary Optic Neuropathy: State-of-the-art and future prospects. *Neuroimage Clin*. 2022;36: 103240.
64. Cellina M, Cè M, Marziali S, et al. Computed tomography in traumatic orbital emergencies: a pictorial essay-imaging findings, tips, and report flowchart. *Insights Imaging*. 2022;13(1):4.
65. Gala F. Magnetic resonance imaging of optic nerve. *Indian J Radiol Imaging*. 2015;25(4):421-438.
66. Danesh-Meyer HV. Radiation-induced optic neuropathy. *J Clin Neurosci*. 2008;15(2):95-100.
67. Chrysidis S, Döhn UM, Terslev L, et al. Diagnostic accuracy of vascular ultrasound in patients with suspected giant cell arteritis (EUREKA): a prospective, multicentre, non-interventional, cohort study. *Lancet Rheumatol*. 2021;3(12):e865-e873.
68. Bley TA, Weiben O, Uhl M, et al. Assessment of the cranial involvement pattern of giant cell arteritis with 3T magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum*. 2005;52(8):2470-2477.
69. Blockmans D, Stroobants S, Maes A, Mortelmans L. Positron emission tomography in giant cell arteritis and polymyalgia rheumatica: evidence for inflammation of the aortic arch. *Am J Med*. 2000;108(3):246-249.
70. Chwalisz BK, Bouffard MA, Prasad S, Cestari DM. Neuroimaging diagnostic and monitoring approaches in ophthalmology. *Curr Opin Neurol*. 2018;31(1):66-73.
71. Rizzo JF 3rd, Andreoli CM, Rabinov JD. Use of magnetic resonance imaging to differentiate optic neuritis and nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Ophthalmology*. 2002;109(9):1679-1684.
72. Khan AA, Hussain SA, Khan M, Corbett JJ. MRI findings of bilateral posterior ischemic optic neuropathy in postcardiac transplant patient. *Neurologist*. 2012;18(5):313-315.
73. Maralani PJ, Hassanlou M, Torres C, et al. Accuracy of brain imaging in the diagnosis of idiopathic intracranial hypertension. *Clin Radiol*. 2012;67(7):656-663.
74. Higgins JN, Pickard JD. Lateral sinus stenoses in idiopathic intracranial hypertension resolving after CSF diversion. *Neurology*. 2004;62(10):1907-1908.
75. Farb RI, Vanek I, Scott JN, et al. Idiopathic intracranial hypertension: the prevalence and morphology of sinovenous stenosis. *Neurology*. 2003;60(9):1418-1424.
76. Mosleh R, Labella Álvarez F, Bouthour W, et al. Glaucoma as a cause of optic nerve abnormalities on magnetic resonance imaging. *Eye (Lond)*. Published online February 14, 2024.
77. Lee JY, Kwon HJ, Park SJ, Yoo C, Kim YY, Kim EY. Signal alteration in the optic nerve head on 3D T2-weighted MRI: a potential neuroimaging sign of glaucomatous optic neuropathy. *Curr Eye Res*. 2018;43(3):397-405.



#### Doç. Dr. Elif Demirkılınc Biler

1978 senesinde İzmir 'de doğmuş, üniversite eğitimini Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesinde (İng), uzmanlık eğitimini ise Ege Üniversitesi Göz Hastalıkları Anabilim dalında almıştır. İzmir Atatürk Eğitim Arş. Hastanesi ve sonrasında Ordu-Ünye Devlet hastanesindeki mecburi hizmet görevlerinin ardından 2012 senesinde Ege Üniversitesi Şaşılık, Pediatrik Oftalmoloji ve Nöroftalmoloji birimlerinde uzman olarak çalışmaya başlamış, 2018 senesinde FEBO ünvanını, 2019 senesinde ise doçentlik ünvanını kazanmıştır. Halen Ege Üniversitesi Nöroftalmoloji birimi ile Şaşılık ve Pediatrik Oftalmoloji birimlerinin sorumlu öğretim üyesi olarak çalışmaya devam etmektedir. Evli ve iki çocuk annesidir.