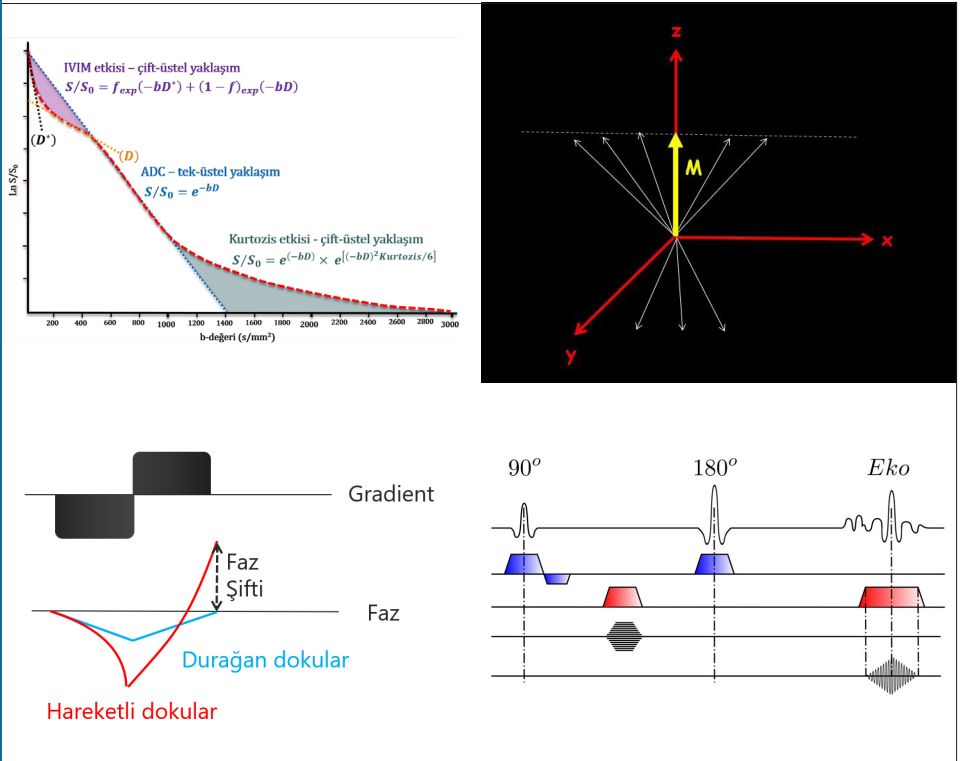


# Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği

Konuk Editör: Hasan Yiğit

## TÜRK RADYOLOJİ SEMİNERLERİ



# TÜRK RADYOLOJİ SEMİNERLERİ

Konuk Editör: Hasan Yiğit

## Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği

Cilt 8 • Sayı 2 • Ağustos 2020



TÜRK RADYOLOJİ DERNEĞİ



## Baş Editör



**Mecit Kantarcı**  
Atatürk Üniversitesi Tıp  
Fakültesi, Radyoloji Anabilim  
Dalı, Erzurum

## Editörler



**Hatice Tuba Sanal**  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi,  
Gülhane Tıp Fakültesi, Radyoloji  
Anabilim Dalı, Ankara



**Mehmet Ruhi Onur**  
Hacettepe Üniversitesi Tıp  
Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı,  
Ankara



**Yayıncı**  
İbrahim KARA

**Yayın Yönetmeni**  
Ali ŞAHİN

**Editöryel Geliştirme**  
Gizem KAYAN TEKAÜT

**Yayın Yönetmeni Yardımcısı**  
Gökhan ÇİMEN

**Yayın Koordinatörleri**  
İrem SOYSAL  
Arzu YILDIRIM  
Deniz KAYA  
Bahar ALBAYRAK  
Emre KARA

**Mali ve İdari İşler**  
Zeynep YAKIŞIRER ÜREN  
Betül ÇİMEN

**Proje Koordinatörleri**  
Sinem KOZ  
Doğan ORUÇ

**Grafik Departmanı**  
Ünal ÖZER  
Deniz DURAN  
Bezanur KARABULUT

**İletişim**  
Adres: Büyükdere Cad.  
No: 105/9 34394  
Mecidiyeköy, Şişli, İstanbul  
Telefon: +90 212 217 17 00  
Faks: +90 212 217 22 92  
E-posta: info@avesyayincilik.com

## DERGİ YÖNERGESİ

### 1. Tanım ve Amaç

Bu yönerge, Türk Radyoloji Derneği'nin yayın organı olan Türk Radyoloji Seminerleri'nin bilimsel açıdan yüksek nitelikli olması amacıyla, yayın politikasını ve işleyişini tanımlamaktadır. İçerikte yer alan maddeler Türk Radyoloji Derneği'nin bilimsel politikaları ve tüzüğünde yer alan prensiplere uygun hazırlanmıştır.

Türk Radyoloji Derneği'nin bilimsel yayını olan Diagnostic and Interventional Radiology dışında, yılda 3 kez Türkçe olarak yayımlayacağı Türk Radyoloji Seminerleri, radyoloji ve ilgili diğer branşlarda görev yapan hekimlerin, seçilmiş konularda güncel bilgi ve deneyimlere ulaşmasını ve asistan eğitimine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

### 2. İşleyiş

- Editörler Kurulu Türk Radyoloji Derneği tarafından atanan bir Editör ve iki Editör Yardımcısı'dan oluşur.
- Editörler Kurulu derginin Yazım Kuralları'nı belirler.
- Her sayı için, Editörler Kurulu tarafından ana konu başlığı ve Konuk Editör belirlenir.
- Konuk Editör, Editörler Kurulu tarafından belirlenen çerçeve ve verilen süre içinde yayımlanacak olan yazı başlıklarını ve bu yazıları hazırlayacak olan kişileri belirleyerek Editörler Kurulu'na sunar.
- Editörler Kurulu'nun onayını takiben yazarlara davet mektupları gönderilir.
- Yazılar Konuk Editör tarafından kontrol edilir ve düzeltmeler yapıldıktan sonra Editörler Kurulu'na gönderilir.
- Editörler Kurulu tarafından kontrol edilen yazılar baskı planına aktarılır. Editörler Kurulu bu aşamada yazıların içeriği ve yazarlarıyla ilgili düzenleme yapma yetkisine sahiptir.

### 3. Editörler Kurulu'nun Özellikleri

- Editörler Kurulu Türk Radyoloji Derneği Yönetim Kurulu tarafından üç sene için atanır. Editörler Kurulu'nda en fazla iki dönem görev alınabilir.
- Editörler Kurulu'na atanacak kişilerin Web of Science'ta indekslenen tıp dergilerinde yayımlanmış en az 30 adet yayını olmalıdır.
- Bu yayınların en az 10 tanesi araştırma yazısı olmalıdır.
- Bu yayınların en az 5'inde birinci isim ya da sorumlu (Corresponding) yazar olarak yer almalıdır.

### 4. Editörler Kurulu'nun Sorumlulukları

- Derginin amaçlarını ve yayın politikasını TRD Yönetim Kurulu ile birlikte belirlemek
- Baskının zamanında yapılmasını ve devamlılığını sağlamak
- Yazıların içeriğini denetlemek ve düzenlemek
- Konuk Editör'ü ve ana konu başlığını belirlemek ve yazarları onaylamak
- Gerek görüldüğünde konuk editöre alt konu başlıkları ve yazar önerisinde bulunmak

### 5. Konuk Editör'ün Özellikleri

- Konusunda, uluslararası derneklerin yönetiminde veya kongre aktivitelerinde aktif görev almış olmalı ya da aşağıdaki kuralları karşılamalıdır.
- Web of Science'ta indekslenen dergilerde yayımlanmış en az 30 yayını olmalıdır.
- Yayınların en az 8 tanesi araştırma makalesi olmalıdır.
- Yayınların en az 5 tanesinde ilk isim ya da sorumlu (Corresponding) yazar olarak yer almalıdır.

### 6. Konuk Editör'ün Görevleri

- Güncel konulu yazı başlıklarını Editörler Kurulu ile birlikte belirlemek
- Yazarları Editörler Kurulu ile birlikte belirlemek
- Yazıları süresi içinde yazarlardan toplamak
- Yazı içeriklerini, görselleri, tabloları ve kaynakları kontrol etmek ve düzeltmeleri yapmak
- Her yazı için bilimsel içerik yönünden hakemlik yapmak

## AMAÇLAR VE KAPSAM

Türk Radyoloji Seminerleri, Türk Radyoloji Derneği'nin sürekli tıp eğitimi faaliyetleri kapsamında sadece elektronik olarak yayınlanmaktadır. Yayın dili Türkçe olan dergi Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda 3 sayı yayınlanmaktadır.

Derginin öncelikli hedefi, kanıta dayalı tıp literatürüne yansımış olan en güncel bilgileri ve deneyimleri, radyoloji alanında çalışan hekimlere ve ilgili diğer branşlarda görev yapan hekimler ve sağlık profesyonellerine pratik bir şekilde aktarmaktır.

Derginin yayın politikası ve Editöryel işleyişi, Türk Radyoloji Derneği tarafından atanan bir Editör ve iki Editör Yardımcısı'dan oluşan Editörler Kurulu tarafından, uluslararası biyomedikal yayıncılık standartları ve etik prensiplere bağlı kalınarak belirlenir ve denetlenir.

Editörler Kurulu her sayı için radyolojinin alt konularından bir ana başlık belirler ve içerik planlaması ve koordinasyonu için Konuk Editör atanır. Konuk Editör yazıların başlıkları ve yazarlarını planlayarak Editörler Kurulu'nun onayına sunar. Yazıların basım öncesi denetimi ve içerik düzenlemeleri Konuk Editör ve Editörler Kurulu tarafından yapılır. Yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir.

Dergide yayınlanan yazılar [www.turkradyolojiseminerleri.org](http://www.turkradyolojiseminerleri.org) adresinde tam metin olarak yayınlanmaktadır.

Derginin mali kaynakları, reklam gelirleri ve Türk Radyoloji Derneği fonlarından oluşmaktadır. Reklam vermek isteyen kuruluşlar Türk Radyoloji Derneği'ne başvurmalıdır.

Türk Radyoloji Seminerleri'nin isim hakkı ve yayınlanan içeriklerin telif hakları yazarların yazılı izinleriyle Türk Radyoloji Derneği'ne aittir. Yazılar, tablolar, görseller ve diğer tüm içeriklerin kullanımı ve tıpkı basımları için Türk Radyoloji Derneği'ne müracaat edilmelidir.

### **Editörler Kurulu**

Adres : Hoşdere Cad., Güzelkent Sok, Çankaya Evleri, F Blok, No:2 06540 Çankaya, Ankara  
Telefon : +90 312 442 36 53  
Faks : +90 312 442 36 54  
E-posta : [info@turkradyolojiseminerleri.org](mailto:info@turkradyolojiseminerleri.org)  
Web : [www.turkradyolojiseminerleri.org](http://www.turkradyolojiseminerleri.org)

### **Yayıncı - AVES**

Adres : Büyükdere Cad. No: 105/9 34394 Mecidiyeköy, Şişli, İstanbul  
Telefon : +90 212 217 17 00  
Faks : +90 212 217 22 92  
E-posta : [info@avesyayincilik.com](mailto:info@avesyayincilik.com)  
Web : [www.avesyayincilik.com](http://www.avesyayincilik.com)

## YAZIM KURALLARI

Türk Radyoloji Seminerleri'nde sadece Editörler Kurulu ve Konuk Editör tarafından belirlenen ve davet edilen yazılar yayınlanır. Bu sistem dışında dergiye gönderilen yazılar değerlendirilmeye alınmaz.

Davet edilen kişiler yazılarını aşağıda belirtilen formatlarda hazırlayarak [www.turkradyolojiseminerleri.net](http://www.turkradyolojiseminerleri.net) web sayfası üzerinden dergiye göndermelidir. Yazıların hazırlanması aşamasında bu kurallara riayet edilmesi derginin yayın süreçlerinin hızlı ve sağlıklı bir şekilde yürütülmesi açısından önemli olduğundan tüm yazarların bu kılavuza uygun hareket etmeleri Editörler Kurulu tarafından beklenmektedir.

### Genel Kurallar

1. Yazılar bilimsel açıdan üst düzeyde olmalı ve en güncel kaynaklarla desteklenmelidir.
2. Daha önce başka bir dergi veya kitapta yayınlanmamış ya da yayın için değerlendirme aşamasında olmamalıdır.
3. Metinler özgün hazırlanmalı, başka bir yerli kaynaktan kopyalanmamalı veya yabancı kaynaklardan çeviri yapılmamalıdır. Tüm yazılar baskı öncesi iThenticate programı üzerinden aşırma ve kopya yayın yönlerinden incelenecek ve literatürdeki diğer yayımlarla benzeşme oranları yüksek bulunan yazılar yazarlarına iade edilecektir.
4. Yazılarda yer verilen tablolar, şekiller, resimler ve diğer görseller özgün olmalı, başka bir kaynaktan alındıysa Türk Radyoloji Seminerleri'nde tekrar yayınlanabilmesi için gerekli izinler yazarlar tarafından alınmalı ve izin belgeleri dergiye gönderilmelidir.
5. Kaynak listesinde yalnızca yayınlanmış ya da yayınlanmak üzere kabul edilmiş ve mümkün oldukça yeni çalışmalar kullanılmalıdır. Ulaşılması mümkün olmayan ve veri tabanlarında indekslenmeyen kaynaklar kullanılmamalıdır.
6. Özellikle tablolar, metni açıklayıcı ve kolay anlaşılır hale getirecek biçimde hazırlanmalı ve metnin tekrarı niteliğinde olmamalıdır.
7. Her yazıda en fazla iki isim olmalı ve yazarlardan en az bir tanesinin akademik ünvanı ya da eğitim hastanelerinde 10 yılın üzerinde uzmanlığı bulunmalıdır. Her sayıda, bir yazarın en fazla bir adet yazısı yayınlanabilir.
8. Yazarlardan en az birinin, Web of Science'da indekslenen dergilerde çıkmış en az 15 yazısı olmalı, bu yazılardan en az 8 tanesi araştırma ma-

kalesi olmalı, en az 5 tanesinde ilk isim olmalıdır.

9. Yazılar derginin yayınlanma tarihinden en geç 5 ay öncesinde konuk editöre iletilmiş olmalıdır.

### Teknik Kurallar

1. Yazılar Microsoft Office Word programında, Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, çift satır aralıklı ve sayfa kenarı boşlukları 2.5 cm olarak hazırlanmalıdır.
2. Derginin yayın dili Türkçe olduğundan yazı dosyalarında yer alan tüm içerikler sadece Türkçe dilinde verilmelidir.
3. İlk sayfada yazının başlığı, 500 boşluksuz karakter sayısını geçmeyecek şekilde özeti, yazarların isimleri, kurum bilgileri, posta adresleri, E-posta adresleri ve telefon numaraları yazılmalıdır.
4. İkinci sayfadan itibaren yazının tam metni verilmelidir. Tam metin, yazının konusuna uygun bir şekilde yazarlar tarafından belirlenen alt başlıklara bölünmelidir. Tam metin kelime sayısının alt ve üst sınırı, yazının konusuna uygun olacak şekilde Konuk Editör tarafından yazarlara bildirilecektir.
5. Tam metin yazıldıktan sonra Kaynaklar verilmelidir. Kaynakların alt ve üst sınırı yazının konusuna uygun olacak şekilde Konuk Editör tarafından yazarlara bildirilecektir. Tüm Kaynaklar cümle sonlarında köşeli parantez içinde yazılmalı ve metin içinde geçiş sırasına göre listelenmelidir. Kaynak yazım stilleri aşağıda verilen formata uygun olmalıdır.
  - Altı ya da daha az yazarlı kaynaklarda tüm isimler yazılmalı, yazar sayısı altıyı aştığında ise, ilk altı yazarın ismi yazılarak arkasından tam metni Türkçe olan kaynaklarda "ve ark.", İngilizce olan kaynaklarda ise "et al." ifadesi eklenmelidir.
  - Dergi: Muller C, Buttner HJ, Peterson J, Roskomun H. A randomized comparison of clopidogrel and aspirin versus ticlopidine and aspirin after placement of coronary artery stents. *Circulation* 2000; 101: 590-3.
  - Kitap bölümü: Sherry S. Detection of thrombi. In: Strauss HE, Pitt B, James AE, editors. *Cardiovascular Medicine*. St Louis: Mosby; 1974.p.273-85.
  - Tek yazarlı kitap: Cohn PF. Silent myocardial ischemia and infarction. 3rd ed. New York: Marcel Dekker; 1993.

- Yazar olarak editör(ler): Norman IJ, Redfern SJ, editors. Mental health care for elderly people. New York: Churchill Livingstone; 1996.
  - Toplantıda sunulan makale: Bengissson S. Sothemin BG. Enforcement of data protection, privacy and security in medical informatics. In: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Rienhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7th World Congress on Medical Informatics; 1992 Sept 6-10; Geneva, Switzerland. Amsterdam: North-Holland; 1992.p.1561-5.
  - Bilimsel veya teknik rapor: Smith P. Golladay K. Payment for durable medical equipment billed during skilled nursing facility stays. Final report. Dallas (TX) Dept. of Health and Human Services (US). Office of Evaluation and Inspections: 1994 Oct. Report No: HHSIGOE 169200860.
  - Tez: Kaplan SI. Post-hospital home health care: the elderly access and utilization (dissertation). St. Louis (MO): Washington Univ. 1995.
  - Yayına kabul edilmiş ancak henüz basılmamış yazılar: Leshner AI. Molecular mechanisms of cocaine addiction. N Engl J Med In press 1997.
  - Erken Çevrimici Yayın: Aksu HU, Ertürk M, Gül M, Uslu N. Successful treatment of a patient with pulmonary embolism and atrial thrombus. Anadolu Kardiyol Derg 2012 Dec 26. doi: 10.5152/akd.2013.062. [Epub ahead of print]
  - Elektronik formatta yayınlanan yazı: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. Emerg Infect Dis (serial online) 1995 Jan-Mar (cited 1996 June 5): 1(1): (24 screens). Available from: URL: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/cid.htm>.
6. Tablolar Microsoft Office Word programında “Tablo Ekle” özelliği kullanılarak hazırlanmalı ve Kaynaklar’dan sonra metin içinde geçiş sırasına uygun olarak yerleştirilmelidir. Her yazı için belirlenen tablo sayısı, yazının konusuna uygun olacak şekilde Konuk Editör tarafından yazarlara bildirilecektir.
  7. Görseller (Şekil ve Resim) tam metinde geçen konuları açıklamaya yetecek sayıda olmalı, yüksek çözünürlüklü ve en az 300 dpi jpeg dosyası formatında online sisteme ayrıca yüklenmelidir. Görsellerin numaralandırılmaları metin içinde işaretlenmeli ve alt yazıları tam metin dosyasının sonuna eklenmelidir. Her yazı için belirlenen tablo sayısı, yazının konusuna uygun olacak şekilde Konuk Editör tarafından yazarlara bildirilecektir.
  8. Video ve hareketli görüntülerle desteklenen yazılar derginin sürekli tıp eğitimi amacına hizmet etmesi açısından değerli ve önemlidir. Bu dosyalar en fazla 3 MB boyutunda ve “mpeg” formatında hazırlanmalı ve ayrı bir dosya olarak sisteme yüklenmelidir.
  9. Tablo ve görsellerin başlıklarında ve yazı içinde anılmasında Arabik rakam yazılmalı, Roma rakamları kullanılmamalıdır.
  10. Görseller, videolar ve hareketli görüntülerde hasta ve kurum isimleri yer almamalıdır.
  11. Metin, tablo ve görsellerde kullanılan ondalık sayılar virgül ile ayrılmalıdır.
  12. Paragrafların ilk cümleleri kısaltma ile başlamalıdır.
  13. Farmasötik ürünler jenerik isimleriyle yazılmalı, ticari marka adı kullanılmamalı; tıbbi malzeme ve aygıt isimlerinde ise marka ve firma ismi ile, şehir ve ülke bilgisi yer almalıdır.
  14. Hazırlanan konu ile ilgili metnin sonunda 5 adet çöktan seçmeli soru hazırlanmalı ve doğru yanıtı işaretlenmelidir.
  15. Yayın Hakkı Devir Formu doldurularak imzalanmalı ve dergiye gönderilmelidir. Yazarlar imzaladıkları formu tarayıcıdan geçirerek sisteme PDF veya JPEG formatında yükleyebilecekleri gibi, E-posta, faks veya kargo ile de aşağıda yazılı Yayıncı adreslerine gönderebilirler. Yayın Hakkı Devir Formu gönderilmeyen yazılar basılmayacaktır.
- Her türlü konuda bilgi ve destek almak için aşağıda yazılı adresler aracılığıyla Editörler Kurulu ve Yayıncı ile iletişim kurulabilir.
- Editörler Kurulu**
- Adres : Hoşdere Cad., Güzelkent Sok, Çankaya Evleri, F Blok, No:2 06540 Çankaya, Ankara
- Telefon : +90 312 442 36 53
- Faks : +90 312 442 36 54
- E-posta : [info@turkadyolojiseminerleri.org](mailto:info@turkadyolojiseminerleri.org)
- Web : [www.turkadyolojiseminerleri.org](http://www.turkadyolojiseminerleri.org)
- Yayıncı - AVES**
- Adres : Büyükdere Cad. No: 105/9 34394 Mecidiyeköy, Şişli, İstanbul
- Telefon : +90 212 217 17 00
- Faks : +90 212 217 22 92
- E-posta : [info@avesyayincilik.com](mailto:info@avesyayincilik.com)
- Web : [www.avesyayincilik.com](http://www.avesyayincilik.com)

# Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği

## KONUK EDİTÖRDEN



Değerli meslektaşlarım,

İlk klinik Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) sistemi 1980'lerin başında kullanılmaya başlandıysa da fizik temelini oluşturan nükleer manyetik rezonansın (NMR) keşfi 20. yüzyılın ilk yarısına uzanmaktadır. Klinik kullanıma girdikten sonraki dönemde MRG teknolojisindeki hızlı gelişmeler sayesinde günümüzde çok yaygın bir kullanım alanı elde etmiştir. En yüksek yumuşak doku kontrast çözünürlüğüne sahip radyolojik görüntüleme yöntemi olmasının yanı sıra yalnızca morfolojik bilgi değil sağladığı fonksiyonel bilgi ve ileri doku karakterizasyonu yetenekleri ile ön plana çıkmaktadır. Tüm teknolojik gelişmelere rağmen inceleme süreleri diğer radyolojik yöntemlere kıyasla daha uzun olsa da günlük radyoloji pratiğinde vazgeçilmez bir yere sahiptir.

Diğer radyolojik görüntüleme yöntemlerinde olduğu üzere MRG'de de yöntemin fizik temellerine ilişkin temel bilgi sahibi olmak radyoloji eğitiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu bilgi günlük pratikte uygun görüntüleme seçeneklerinin seçiminde, inceleme protokolü oluşturmada, optimizasyonda, artefaktları tanıyıp gidermede ve görüntüleri doğru değerlendirmede önemli olduğu kadar hasta ve çalışan güvenliği ve cihaz yönetimi ile ilgili konularda da önemlidir.

Çok zengin görüntüleme bileşenlerinden oluşan MRG'ye ilişkin fizik prensipler genellikle radyoloji eğitiminin en zorlayıcı konularından biri olmuştur. Türk Radyoloji Seminerleri dergisinin bu sayısında bu konuda deneyimli radyologlar tarafından, radyologlara yönelik güncel Türkçe bir kaynak oluşturmayı hedefledik. Bu sayıda temel MR fiziğinin yanı sıra, ileri görüntüleme yöntemlerinin de temel fizik prensiplerini ve klinik uygulamalarına ilişkin temel bilgileri bulabileceksiniz. Bu sayıda aynı zamanda güncel bir konu alan PET-MRG hibrid görüntülemeye de yer verdik. Bu sayının hazırlanmasına katkı sağlayan tüm değerli hocalarımıza ve size ulaşmasında görev alan ekibe teşekkür ediyorum.

Türk Radyoloji Seminerleri Dergisi, Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği sayısının gerek uzmanlık eğitimi gerekse uzmanlık sonrası eğitimde yararlı olması dileğiyle...

**Doç. Dr. Hasan Yiğit**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye



# Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği

## HAZIRLAYANLAR

**AHMET MUHTEŞEM AĞILDERE**, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**AYŞE ARALAŞMAK**, Memorial Bahçelievler Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

**AYŞE ERDEN**, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**BANU KARAALİOĞLU**, İstanbul Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**BANU TOPÇU ÇAKIR**, Ankara Şehir Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Ankara, Türkiye

**CEMİLE AYŞE GÖRMELİ**, İstinye Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**DERYA FİDAN**, Dr. Suat Günsel Girne Üniversitesi Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Girne, KKTC

**EBRU DÜŞÜNCELİ ATMAN**, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**FAZIL GELAL**, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

**HASAN YİĞİT**, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**HÜLYA ÖZDEMİR**, Başkent Üniversitesi Adana Dr. Turgut Noyan Uygulama ve Araştırma Merkezi, Radyoloji Bölümü, Adana, Türkiye

**İLHAN ERDEN**, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**KAMİL KARAALİ**, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

**MAHİNUR CERİT**, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**MERVE HOROZ DÖNMEZ**, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

**MURAT UÇAR**, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**NAGİHAN İNAN GÜRCAN**, Demiroğlu Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**NAİL BULAKBAŞI**, Dr. Suat Günsel Girne Üniversitesi Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Girne, KKTC

**PINAR NERCİS KOŞAR**, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Ankara, Türkiye

**SOHEİL SABET**, Gayrettepe Florence Nightingale Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

# Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği

Cilt 8 • Sayı 2 • Ağustos 2020

## İçindekiler

### Atomdan MR Sinyaline Temel Fizik Prensipler, Görüntü Oluşumu ve Görüntü Ağırlığı 155

*Kamil Karaali*

Kesitsel görüntüleme yöntemlerinden Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), uygulama alanı her geçen gün artan, tanı ve izlemede ilk sıralarda istenen radyolojik yöntem konumundadır. Tüm radyolojik yöntemlerde olduğu gibi, MRG’de de temel fiziğin bilinmesi, yöntemin klinik kullanımında doğru yorumlama, tuzak ve yanılgılardan kaçınma için önemlidir. Oldukça karmaşık olan MRG fiziği, birçok kaynakta basite indirgenmiş haliyle yer alır ve bu halinin kavranması çoğunlukla yeterlidir. Bu bölümde, MR sinyali ve görüntü oluşumunun aşamaları temel şekliyle ele alınacaktır.

### Manyetik Rezonans Görüntülemede Temel Sekanslar 169

*Pınar Nercis Koşar*

Manyetik rezonans görüntülemede temel olarak kullanılan Spin Eko ve Gradient Eko sekanslarının özellikleri, avantajları ve dezavantajları ile birlikte kullanım alanları tartışıldı. Bu sekansların klasik, çoklu ve hızlı formları, teknik parametreleri, çizimleri ile anlatıldı, görüntü örnekleri verildi.

### MRG’DE Kontrast Artırma Yöntemleri ve MR Kontrast Maddeler 185

*Ebru Düşünceli Atman*

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) en yüksek yumuşak doku çözünürlüğüne sahip radyolojik inceleme yöntemidir. MRG’de kontrast, dokuların birbirinden ayırt edilmesini sağlayan sinyal intensite farklılığıdır. Kontrastı etkileyen ana parametreler dokudaki proton yoğunluğu, T1, T2 süreleri gibi dokuya özgü faktörler ve puls tekrarlamaya zamanı (TR), eko zamanı (TE) gibi değiştirilebilen faktörlerdir. Kontrast üzerinde etkili olan diğer bir faktör de paramanyetik veya süperparamanyetik maddeler kullanarak dokular arasındaki sinyal intensite farklılığının belirginleştirilmesidir.

### Görüntü Optimizasyonu ve Hızlı Görüntüleme Teknikleri 200

*Murat Uçar, Mahinur Cerit*

Manyetik rezonans görüntüleme kontrast ve uzaysal çözünürlüğü üstün dijital görüntüleme yöntemidir. Görüntü kalitesi görüntünün, objeyi ya da patolojiyi ne kadar iyi temsil ettiğinin göstergesidir. Görüntülerin optimizasyonu için kritik öneme sahip kontrast, uzaysal çözünürlük ve inceleme süresi arasındaki denge gözetilmelidir. Kaliteli ve hızlı bir görüntü elde etmek için parametrelerinin optimizasyonu sağlanmalı ve paralel görüntüleme tekniklerinden faydalanılmalıdır. Bu derlemede görüntü optimizasyonu ve hızlı görüntüleme yöntemlerinden bahsedilecektir.

## MRG'de Akım Etkileri, Akıma Dayalı Görüntüleme ve MR Anjiyografi

214

*Hasan Yiğit*

MRG'de TOF fenomeni ve faz etkileri olmak üzere iki temel akım fenomeni mevcut olup geleneksel kontrastsız MR anjiyografi teknikleri olan TOF MR anjiyografi ve Faz kontrast MR anjiyografinin temelini oluştururlar. Zaman içerisinde EKG tetiklemeli FSE MR anjiyografi, b-SSFP MR anjiyografi ve bu yöntemlerin ASL teknikleri ile kombinasyonu başta olmak üzere yeni kontrastsız MR anjiyografi yöntemleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte günümüzde kontrastlı MR anjiyografi yöntemleri avantajları nedeniyle çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

## Manyetik Duyarlılığa Dayalı Görüntüleme Teknikleri

230

*Banu Karaalioğlu, Ayşe Aralaşmak*

Manyetik duyarlılık tipleri, gradient eko oluşumu, T2\* relaksasyon ve eko planar görüntülemelerden ve manyetik duyarlılık esasına dayalı MR görüntüleme yöntemlerinden SWI, fonksiyonel MR ve dokulardaki demir birikimin ortaya koyan sinyal intensite oranı ve relaksometri'den bahsedilmiştir.

## Perfüzyon MR Görüntüleme

243

*Soheil Sabet, Nagihan İnan Gürçan*

Günümüzde çözünürlük gücü giderek artan radyolojik görüntüleme yöntemleri sayesinde anatomik bilgi yanında dokudan perfüzyon, difüzyon, spektroskopi veya elastografi gibi yöntemler sayesinde fonksiyonel bilgide elde edebilmekteyiz. Bu yöntemlerinden biri olan perfüzyon görüntüleme ile dokudaki kapiller ağdaki akım, intravasküler-ekstravasküler alan arasındaki hareket görüntülenebilmektedir. Bu yazıda perfüzyon MR görüntülemenin temel konsepti ve klinik uygulamaları literatür bilgileri ile birlikte gözden geçirilecektir.

## Temel ve İleri Difüzyon Ağırlıklı MRG Teknikleri

261

*Nail Bulakbaşı, Derya Fidan*

Difüzyon görüntüleme, difüzyon gradyenti boyunca mikroskobik düzeyde hareket eden protonların voksel içi ve arası faz uyumunun bozulması sonucu, MR sinyalinde olan kaybı ölçen görüntüleme yöntemidir. Dokuların hem karakterizasyonu hem de detaylı anatomik yapısı gösterebilen difüzyon ağırlıklı görüntüleme ve gelişmiş türevleri, son 20 yıldır iskemik, dejeneratif, enfektif ve demyelinizan hastalıkların ayırıcı tanısında yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanım alanı, etkinliği ve yaygınlığı giderek artan bir yöntemdir.

## Manyetik Rezonans Spektroskopi

273

*Merve Horoz Dönmez, Fazıl Gelal*

Manyetik rezonans spektroskopi, konvansiyonel MRG uygulamalarından farklı olarak dokudan metabolik bilgi sağlayan ve günlük radyoloji uygulamalarında giderek önem kazanan bir yöntemdir. Buldukları moleküler ortama göre çekirdeklerin salınım frekanslarının farklı olması sayesinde metabolitleri birbirinden ayırır. En çok tek voksel ve multivoksel teknikler ile kullanılır. Metabolit konsantrasyonu arttıkça pik yüksekliği artar. Yöntemin fizik temellerini bilmek, hem çekim hem de yorumlama aşamasında tetkik kalitesini ve hasta yararını arttıracaktır.

*Ilhan Erden*

PET/MRG yeni bir hibrit görüntüleme yöntemi olup beyin, baş-boyun, akciğer, abdomen, pelvis, pediatrik yaş grubu kanserleri ve lenfoma olgularının evrelendirilmesinde, tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde ve radyasyon tedavisinin planlanmasında kullanılmaktadır. Onkoloji dışında önemli kullanım alanları, nörolojik ve kardiyovasküler hastalıklardır. Bu makalede, PET/MR'ın fizik prensipleri, avantajları ve teknik sınırlamaları açıklanacak; PET/BT ile karşılaştırılması yapılacak ve klinik uygulama alanlarına kısaca yer verilecektir.

*Ayşe Erden*

MR elastografi, doku sertliğinin kantitatif değerlendirilmesine olanak veren noninvazif bir tekniktir. Kronik karaciğer parankim hastalığında, fibrozis tanısı ve evrelendirilmesinde, biyopsiye alternatiftir. Nonalkolik yağlı karaciğer hastalığında, steatohepatit/fibrozis gelişimini ortaya koymada da kullanılmaktadır. Tekrarlanabilir olması, geniş bir hacimde doku sertliğinin değerlendirilmesine olanak vermesi, örnekleme ve yorumlama hatalarının daha az olması gibi biyopsiye göre üstün yönleri vardır.

*Cemile Ayşe Görmeli*

Kardiyak MR sekanslarının giderek artan karmaşıklığı nedeniyle yeni sekansların altında yatan fiziği takip etmek ve anlamak zorlaşmıştır. MR ile kardiyak görüntüleme için iki temel gereksinim mevcuttur. Bunlardan birincisi, data toplama işleminin olgunun EKG ile senkronize edilmesi; ikincisi ise MR sekansının olgunun nefes tutabileceği sürede tamamlanacak kadar kısa olabilmesidir. Bu yazı ile spesifik olarak kardiyak MR'da kullanılan temel ve ileri görüntüleme tekniklerinin fiziği anlatılmıştır.

*Banu Topçu Çakır*

Artefakt anatomik olarak normalde var olmayan ancak çeşitli etkenlerden dolayı MRG'ye yansıyan yapılardır. Aslında tüm MR görüntülerde bir miktar artefakt mevcuttur. Bazı artefaktlar sadece azaltılabilirken bazıları tamamen ortadan kaldırılabılır. Bu nedenle hem optimum görüntü elde etmek hem de patoloji ile karıştırmamak için artefaktın nedeni ve nasıl ortadan kaldırılabilceği bilinmelidir. Bu makalede sık görülen artefaktlar ve çözüm yolları gözden geçirilecektir.

*Hülya Özdemir, Ahmet Muhtesem Ağıldere*

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) cihazının temel bileşenleri ana magnet, gradient sarmallar, shim sarmallar, radyofrekans sarmallar ve bilgisayar sistemidir. MRG sisteminde güvenlik ve donanım yakın ilişkili olup, cihazın her bileşeni için ayrı güvenlik riskleri bulunmaktadır. Bu yazıda MRG donanımı ile ilgili temel bilgiler ve teknolojik gelişmelerden ve MRG'de güvenlik konusunda güncel bilgilerden bahsedilecektir.