

Uzay neşteri (CyberKnife) uygunsuz şok nedeni olabilir

CyberKnife can cause inappropriate shock

Dr. Nazmiye Çakmak, Dr. Hale Yılmaz, Dr. Nurten Sayar, Dr. Betül Erer

Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul

Özet– Takılabilir kardiyoverter defibrilatörler (ICD), hayatı tehdit eden ventrikül taşiaritmilerinin tedavisinde giderek artan oranlarda kullanılmaktadırlar. Hayat kurtarıcı özelliği olan bu cihazlar, elektromanyetik enerji kaynaklarına karşı oldukça duyarlıdır. Elektromanyetik etkileşim (elektromanyetik interferans; EMI) sonucu olarak ICD'lerin taşiaritmiyi algılama ve sonlandırma mekanizmalarında bazı sorunlar meydana geldiği bilinmektedir. Yeni nesil ICD'ler ile EMI daha az gözlenirse de radyoterapi sırasında hala sorun yaşanabilmektedir. Uzay neşteri (CyberKnife), vücuttaki kötü huylu tümörlerin tedavisi için kullanılan, radyoterapi alanındaki son stereotaktik radyocerrahi teknolojisidir. Özellikle ileri evre tümörlerde veya metastazlarda tercih edilmektedir. Rutin ICD kontrollerinde 5 kez ICD deşarjı olduğu tespit edilen hasta değerlendirilmeye alındı. Hastanın rektum adenokarsinomunun akciğer metastazı nedeniyle CyberKnife ile radyoterapi gördüğü ve şokları bu sırada aldığı öğrenildi. ICD üzerinden alınan intrakardiyak kayıtlar incelendiğinde, şokların EMI nedeniyle meydana gelen aşırı algılamaya bağlı uygunsuz şoklar olduğu saptandı.

Uzayan yaşam süresi ile kalp ve vücudun diğer organlarına ait hastalıkların bir arada görülme olasılığı artmaktadır. Hasta, kalbinde takılabilir kardiyoverter defibrilatör (ICD) taşıyorsa, diğer organlara ait hastalıkların tanısı ve tedavisinde kullanılacak metotlara, elektromanyetik etkileşim (elektromanyetik interferans; EMI) açısından özellikle dikkat edilmelidir. Örneğin günümüzde kullanılan ICD'ler manyetik rezonans görüntüleme için uygun değildir. ICD taşıyan hastalar ancak belirli koşullarda ve belirli güvenlik önlemleriyle bu incelemeyi yaptırabilirler. Yine eklem ağrılarının giderilmesi için kullanılan diatermi, böbrek taşlarının kırılmasında yararlanılan

Summary– Implantable cardioverter-defibrillators (ICD) have been increasingly used to treat life-threatening ventricular tachyarrhythmias. Although they have life-saving capabilities, they are very sensitive to electromagnetic energy sources. It has been reported that many problems associated with the detection of tachyarrhythmias and termination of the mechanism of the ICDs occur due to electromagnetic interference (EMI). In spite of the fact that EMI has been decreasingly observed with the latest generation ICDs, problems may still occur during radiotherapy. The CyberKnife is the latest stereotactic radio-surgery technology in the field of radiotherapy, and is currently being used for the treatment of malignant neoplasm in the body. It is especially preferred for the treatment of advanced stage and metastatic tumors. Five ICD shocks were detected in a patient during a routine follow-up visit. When the patient was evaluated, it was determined that he underwent radiotherapy with CyberKnife technology because of lung metastasis and rectal adenocarcinoma. He received the ICD shocks while he was on radiotherapy. When the stored intracardiac electrograms in the memory of the ICD were investigated, it was established that the shocks were inappropriate shocks due to oversensing because of the exposure to EMI.

litotripsisi, operasyon esnasında kullanılan koterler, elektriksel kardiyoversiyon ve radyofrekans ablasyon işlemleri de EMI kaynaklarıdır ve ICD taşıyan hastalarda bu işlemlerin yapılması öncesinde EMI açısından bazı önlemlerin alınması gerekmektedir.^[1,2] Tanısal radyasyonun ICD'ler üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Ancak pek çok kötü huylu tümörün tedavisinde kullanılan yüksek enerjili radyasyon, ICD'lerde çok önemli sorunlara neden olabilmektedir. Uzay neşteri (CyberKnife Image-guided Robotic

Kısaltmalar:

EMI Elektromanyetik interferans
ICD Implantable cardioverter-defibrillator
Takılabilir kardiyoverter defibrilatör

Geliş tarihi: 04.02.2012 Kabul tarihi: 24.04.2012

Yazışma adresi: Dr. Nazmiye Çakmak, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, Tıbbiye Cad., No: 13, Kadıköy, İstanbul.

Tel: +90 216 - 542 44 35 e-mail: nazcakmak@gmail.com

© 2012 Türk Kardiyoloji Derneği

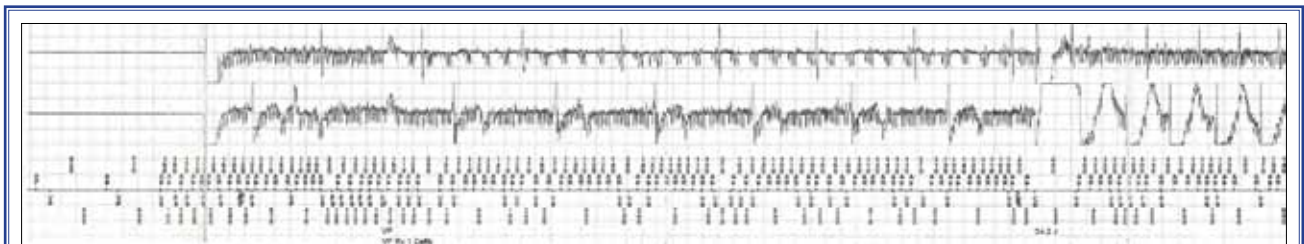
Stereotactic Ablative Radiotherapy System), bilgisayar kontrolüyle hasta etrafında hareket edebilen robotik sistem üzerine yerleştirilmiş doğrusal hızlandırıcı kullanan stereotaktik radyocerrahi cihazıdır. Radyasyon demetlerini odaksal olarak kullanarak özellikle ameliyat şansı olmayan veya zor erişilen kanserli dokuyu yüksek doz ışınlarla tedavi ederken normal dokuları büyük ölçüde koruduğu ileri sürülmektedir. Radyoterapi gören hastaların ICD'lerinde radyasyon dozuna bağlı olarak: Ventrikül taşiaritmisini tanıma, şarj olma zamanında aşırı uzama, jeneratör kapasitesinde azalma, aşırı algılamaya bağlı uygunsuz şoklar veya şokun inhibisyonu gibi sorunlar bildirilmiştir.^[3-6]

Bu yazıda, rektum adenokarsinomunun akciğer metastazı için uzay neşteri tekniği ile radyoterapi uygulandığı sırada, EMI sonucu oluşan aşırı algılamaya bağlı uygunsuz şokların görüldüğü bir olgu sunuldu ve bu konudaki literatür bilgileri gözden geçirilerek, radyoterapi uygulanması gereken ICD'li hastaya yaklaşım özetlendi.

OLGU SUNUMU

Rutin kalp pili kontrolü esnasında, 34 joule enerji ile 5 kez ICD deşarjı olduğu belirlenen 77 yaşında erkek hasta geriye dönük olarak değerlendirildi. Koroner arter hastalığı ve hipertansiyon tanılarıyla izlenen hastaya, 2006 yılında ventrikül taşikardisi nedeniyle çift odacıklı ICD (EnTrust D154ATG; Medtronic, Minneapolis, USA) yerleştirilmişti. Hastada 2009 yılında geçirdiği serebral emboli nedeniyle sağ hemiparezi mevcuttu. Rektal kanama şikayetiyle gittiği merkezde 2010 yılında yapılan kolonoskopi sonucunda alınan biyopsi materyelinin patolojik incelenmesi ile rektum adenokarsinomu tanısı konmuş ve rektum rezeksiyonu uygulanmıştı. Aynı yıl hemoptizi tanımlayan hastanın toraks tomografisinde sağ akciğer üst lob posteriyor segmentinde 22x25 mm boyutlarında kitle saptanmıştı. Daha sonra yapılan PET-CT ile bu odakta tutulum gözlenmesi üzerine kitle metastaz olarak yorumlanmıştı. Akciğer metastazının tedavisi için hastanın yaşı ve eşlik eden diğer hastalıkları da göz önüne alınarak, radyasyon onkolojisi bölümü tarafından uzay neşteri ile radyoterapi planlanmış ve doğrusal hızlandırıcı kullanılarak 6-18 MV (Megavolt) enerji ile 5 seansta her seansta 11 Gray (Gy) verilerek toplam 55 Gy dozda radyoterapi uygulanmıştı.

Kontrol esnasında hastanın kan basıncı 130/85 mm Hg, nabız sayısı 60 vuru/dk idi. Kalp ve akciğer muayenesinde bir özellik saptanmadı. Çekilen elektrokardiyografide atriyum fibrilasyonu eşliğinde kalp piline ait vurular tespit edildi. Ekokardiyografisinde sol ventrikül diyastolik çapı 5.6 cm, sistolik çapı 3.3 cm idi. Sol ventrikülde posterobazal bölgede anevrizma saptandı. Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu %45 idi. Sol atriyumun ön-arka çapı 4 cm olarak ölçülmüş ve dejeneratif kalp kapak hastalıklarına bağlı hafif derecede mitral ve aort yetersizliği akımları görülmüştü. ICD üzerinden alınan kayıtlar incelendiğinde farklı günlere ait 13-20 saniye süreli 5 atak olduğu ve her atakta ICD'nin 34 joule enerji ile bir kez defibrilasyon uyguladığı belirlendi. Hastanın öyküsü derinleştirildiğinde, şok aldığı saatlerde radyoterapi seansında olduğu ve o sırada bir titreme hissettiği öğrenildi. Hasta bu durumu almakta olduğu tedavinin bir parçası olarak düşünmüş, bu tedavi öncesinde ICD'den hiç şok hissetmemişti. Atakların tümü incelendiğinde, radyoterapi esnasında EMI nedeniyle atriyum ve ventrikül kanallarında parazitlenme olduğu saptandı. İntrakardiyak potansiyelleri taklit eden bu titreşimlerin, ventrikül kanalında ventrikül fibrilasyonu şeklinde aşırı algılamaya neden



Şekil 1. İntrakardiyak kayıtlarda her iki kanalda parazitlenmeler görülmektedir. Ventriküler kanalda saptanan parazitlenmeler ventrikül fibrilasyonu olarak algılanmakta ve ICD tarafından 34 Joule enerji ile defibrilasyon terapisi verilmektedir. Üstte; atriyal kanal, ortada; ventriküler kanal, altta; gösterge kanalı izlenmektedir. AR: Atriyal kanalda refrakter periyot içerisinde algılanan ve pil tarafından cevap oluşturulamayan vurular; Ab: Atriyal kanalda kör periyot içerisinde algılanan ve pil tarafından cevap oluşturulamayan vurular; AS: Atriyal vurunun algılanması; VS: Ventriküler vurunun algılanması; FS: Ventrikül fibrilasyonunun algılanması; CE: Şarj süresinin tamamlanması; CD: Kardiyoversiyon-defibrilasyon şokunun verilmesi.

olduğu, bu durumun da uygunsuz şoklarla sonuçlandığı belirlendi (Şekil 1). Kalp pili kontrolünde cihazla ilgili herhangi bir anormallik saptanmadı. Ancak hastanın aralıklı olarak atriyum kaynaklı hızlı ve düzensiz nabız ataklarının olduğu belirlendi. Yine kontrol sırasında hastanın son 48 saattir atriyum fibrilasyonunun bulunduğu uyarısı görüldü. Bunun üzerine kardiyoversiyon planlanarak hasta kliniğe yatırıldı. Geçirilmiş trombotik inme öyküsü de olduğundan antikoagülan tedavi başlandı. Yapılan transözefageal ekokardiyografide sol atriyum apendiksinde trombüs görüldüğünden kardiyoversiyondan vazgeçildi ve hasta varfarin tedavisi ile taburcu edildi.

TARTIŞMA

Teknolojik gelişmelere rağmen günümüzdeki ICD'ler tedavi amacıyla kullanılan yüksek enerjili iyonlaştırıcı radyasyonun doğrudan etkisinden ve meydana getirdiği EMI'den olumsuz olarak etkilenmektedirler. EMI, genellikle geçici bir olgudur. ICD üzerindeki olumsuz etkileri, etkileşim ortadan kalktığında sona erer. İyonlaştırıcı radyasyon ise kalıcı hasara yol açabilir. ICD'lerin özellikle bellek fonksiyonlarında önemli yer tutan küçük, güvenilir ve enerji tasarrufu sağlayan CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) devrelerinin kullanıma girmesi ile yeni nesil kalp pili ve ICD'ler: Kobalt radyatörler, doğrusal hızlandırıcılar ve betatronlardan kaynaklanan yüksek enerjili gama dalgaları, elektronlar, protonlar ve nötronlara karşı daha duyarlı hale gelmişlerdir. Bu duyarlılığın ICD'lerde, kalp pillerine göre 5-10 kat daha fazla olduğu ifade edilmektedir. Yüksek enerjili radyasyona maruz kalma sonucunda, CMOS devrelerini kaplayan silikon dioksit tabakadan negatif yüklü elektronlar ayrılmaktadır. Böylece pozitif yükü artıran tabakanın pek çok yerinden kaçak akımlar meydana gelmektedir. Bu anormal akımların olumsuz etkileri, ICD'nin ventrikül kaynaklı taşiaritmileri algılama ve tedavi mekanizmalarında geçici veya kalıcı önemli sorunlara yol açabilmektedir.^[2-4] Radyoterapinin ICD üzerindeki bu etkileri: *In vitro* deneysel araştırmalar, az sayıda hastayı içeren geriye dönük klinik çalışmalar ve olgu sunumları ardından yapılan derlemelere dayanmaktadır. Biz de bu yazımızda olgumuzdan yola çıkarak literatür bilgilerinin gözden geçirdik.

Hurkmans ve ark.^[5] farklı firmalar tarafından üretilmiş 11 adet yeni nesil ICD'ye doğrusal hızlandırıcı

kullanarak 6 MV enerji ile 0.5-120 Gy arasında radyasyon uyguladıkları *in vitro* deneysel çalışmalarında artan radyasyon dozlarıyla ICD'lerin uyarı ve algılama fonksiyonları arasındaki ilişkiyi ve dışarıdan uyarı vererek şok enerjileri ve şarj olma zamanlarını değerlendirmişlerdir. Dört ICD, 30 joule olarak programlanan şok enerjisi düzeyinin altında (18 ve 21 Joule) bir değere ulaşabilmişti. Bir ICD'de bu problemin yanında ventrikül algılama eşliğinde düşüş kaydedilmiş iki ICD'de tek başına algılama sorunu, birinde yalnız şarj olma zamanında uzama görülmüştü. Bir ICD'de bu sorunların tümü birlikte ortaya çıkmıştı. Dört ICD'nin ventrikül kaynaklı taşiaritmi algıladığı tedavi verme fonksiyonları açık olsaydı uygunsuz şokların ortaya çıkacağı vurgulanmıştır. Dört cihaz ise 0.5-1.5 Gy arasında uyarı çıkışının tamamen ortadan kalkması ile fonksiyonunu yitirmişti.^[5] Diğer bir *in vitro* çalışmada, Rodriguez ve ark.^[6] dört adet ICD üzerine 6 MV enerji ile 250 Gy radyasyon uyguladılar. Artan radyasyon dozları ile şarj olma zamanında uzama meydana gelirken, batarya kapasitesinde de azalma gözlemlendi.

Literatürde ICD'lere ilişkin *in vivo* yayınlar da mevcuttur. Nemeç,^[7] akciğer kanseri nedeniyle radyoterapi gören bir hastanın ICD'sinde eş zamanlı olmayan hızlı ventrikül uyarısı sonucu meydana gelen polimorf ventrikül taşikardisi olgusu yayınladı. Kendiliğinden sonlanan bu taşiaritmi sonrası ICD'de kalıcı bir hasara rastlanmadığı bildirildi. Bu olguda radyoterapi sahasının ICD'nin implante edildiği bölgeye çok yakın olduğu vurgulandı.

Gelblum ve ark.^[8] radyoterapi uygulanmış ICD'li 33 hastayı inceledikleri çalışmalarında hastaların sekizinde akciğer kanseri mevcuttu. Yalnızca bir hastada ICD'nin sesli alarm vermesinden yola çıkarak ICD'nin fabrika yazılım ayarlarına döndüğü saptandı. Bunun üzerine ICD yeniden programlandı ve 15 MV olan enerji 6 MV'a düşürülerek radyoterapiye devam edildi. Daha sonra ICD ile ilgili herhangi bir sorun saptanmadı. Bu hastada ICD'nin maruz kaldığı toplam radyasyon dozu 0,2 Gy idi. Diğer hastalarda ICD ile ilişkili bir sorun yaşanmadı. Toplam 33 hastanın sadece 3'ünde ICD'nin aldığı doz 2 Gy'in üstünde idi. Bu sonuçlara dayanılarak yüksek enerjili radyoterapinin ICD üzerine olumsuz etkileri olduğu belirtilerek ICD'yi koruma amacıyla uygulanan enerjinin 10 MV'un altında olması önerildi.

Kapa ve ark.^[9] biri akciğer kaynaklı olmak üzere, değişik kanser türleri nedeniyle radyoterapi gören 5

hastanın ICD'lerini geriye dönük olarak incelediklerinde herhangi bir fonksiyon bozukluğuna rastlamadılar. Yine Niehaus ve ark.^[10] farklı kanser türleri için radyoterapi uygulanan ICD'li 3 hastayı, Ferrara ve ark.^[11] ise ICD'li 8 hastayı incelediler. Sepe ve ark.^[12] da ICD'li bir hastaya ilişkin olgu sunumu yayımladılar. Çalışmacılar toplam olarak 5 Gy'nin altında radyasyona maruz kalan ICD'lerde herhangi bir algılama veya uyarı problemi saptamadıklarını bildirdiler. Son çalışmada, ICD'li hastalara uygulanacak radyasyon dozu hızının 300 MU (monitör unit)/dakika veya altında bir değerde olması önerildi.^[11]

Literatürde radyoterapinin ICD üzerine yukarıda bahsedilen olumsuz etkilerinin yanı sıra, şok tedavisinin ve uyarı çıkarma fonksiyonunun engellenmesi, ICD sorgulanmasında ve programlanmasında sorunlar da bildirilmiştir.^[4,13-15]

Özellikle ameliyat yapılamayacak küçük hücreli olmayan akciğer kanserlerinin tedavisinde öne çıkan uzay neşteri, bilgisayar kontrolüyle hasta etrafında hareket edebilen robotik sistem üzerine yerleştirilmiş doğrusal hızlandırıcı kullanan stereotaktik radyocerrahi cihazıdır. Hedef tümörün koordinatları cihaz tarafından netleştirildikten sonra tümör içine veya cilt yüzeyine yerleştirilen belirteçler yardımıyla, radyasyon demetlerini odaksal olarak kullanarak solunumla eş zamanlı olarak radyoterapi uygulayabilmektedir.^[16] Bizim hastamızda kullanılan uzay neşteri ile radyoterapi işlemi, hastanın sağ tarafındaki kitleye odaklanarak yapılmasına rağmen, hastanın sol tarafına yerleştirilmiş olan ICD ile EMI yaratmıştır. Hasta üzerinde dönmekte olan robotik kol tarafından odaksal olarak gönderilen radyasyon ışınları, tam da ICD bataryası veya elektrodunun olduğu bölgeden geçtiği sırada bu bölge yüksek dozda radyasyona maruz kalmaktadır. Farklı günler için, günde yaklaşık bir saat süren ve çeşitli açılardan pek çok kez yapılan radyoterapi uygulamaları süresince sadece 13-20 sn süren ICD kayıtlarının ve her bir kayıta bir şokun olması, bu kısa temas sırasında meydana gelen EMI'ye bağlanmıştır. EMI nedeniyle ventrikül kanalında meydana gelen parazitler de intrakardiyak potansiyeller olarak algılanmıştır. ICD tarafından aşırı algılama sonucu ventrikül fibrilasyonu olarak tanımlanan bu parazitler, ICD'nin taşiaritmiyi tedavi mekanizmaları devre dışı bırakılmadığından uygunsuz şoklara neden olmuştur.

Yukarıda bahsedilen çalışmalardan anlaşıldığı gibi değişik firmalarca üretilmiş ICD'lerin radyasyon to-

leransı değişkenlik göstermektedir ve bunu öngörmek mümkün değildir.^[3] EMI'den ve iyonlaştırıcı radyasyonun olumsuz etkilerinden kaçınmak için hasta ve cihaz güvenliği açısından radyoterapi öncesinde, işlem esnasında ve tedavi bittikten sonra alınması gereken önlemler vardır. Bu önlemler ve yukarıda bahsedilen olası komplikasyonlar hakkında hasta mutlaka bilgilendirilmelidir. Yine tedavinin hasta ve ICD üzerine olabilecek olumsuz etkilerini değerlendirme açısından radyoterapiyi yönlendirecek onkolog ile hem hastayı hem de ICD'yi takip eden kardiyoloğun iletişim içerisinde olmaları gerekmektedir. ICD taşıyan hastalarda işlem sırasında ICD'nin hem bataryası ve hem de elektrodu üzerine doğrudan radyasyon uygulamasından kaçınılmalıdır. Eğer doğrudan radyoterapi alanına giriyorsa yerini değiştirmek çözüm olabilir veya bu yapılamıyorsa işlem sonrasında ICD'yi değiştirme düşünülmelidir. ICD radyasyon sahasının en az 3 cm uzağında olmalıdır. ICD'nin maruz kalacağı radyasyon miktarı bilinmelidir. Bu ölçüm dozimetre ile yapılabileceği gibi hesaplama yöntemleri de mevcuttur.^[17] Radyoterapi öncesi güvenli doz açısından firma yetkilisi ile görüşülmelidir. ICD'nin alacağı radyasyon dozunun firma ve modeline bağlı olarak 1-5 Gy'yi geçmemesi önerilmektedir. Bizim hastamızın üzerinde bulunan ICD'nin radyasyon doz limiti, üretici firma tarafından 5 Gy olarak belirlenmişti.^[18] İşlemin hemen öncesinde miknatıs koyarak veya pili yeniden programlayarak ICD'nin taşiaritmiyi tedavi mekanizmaları devre dışı bırakılmalıdır. Böylece ICD hastayı sadece izleyecek, ventrikül taşiaritmişi meydana gelse bile tedavi uygulamayacaktır. Dolayısıyla işlem esnasında hastanın kalp ritmi izlenmeli, kardiyopulmoner canlandırma için gerekli donanım ve ICD'nin ait olduğu firma yetkilisi de hazır bulunmalıdır. ICD ile ilişkili bir sorun ortaya çıktığında kardiyologla görüşülmelidir. Radyoterapi öncesinde, tedavi sırasında haftalık olarak (bazı yazarlarca her radyoterapi seansı sonrasında) ve tedavi bitiminde, ICD ayrıntılı olarak kontrol edilmelidir. Bu kontroller, radyasyonun birikici etkileri de göz önüne alınarak tedavi sonrası ilk aylarda da sürdürülmelidir. Fonksiyon bozuklukları ortaya çıkarsa ICD değiştirilmelidir.^[3-5,19,20] Tüm bu güvenlik önlemleri alındığı zaman radyoterapinin ICD üzerine zararlı etkileri en aza indirilebilmektedir. Ayrıca hasta açısından son derece ağrılı olabilen uygunsuz şoklar önlenecek ve batarya ömrü de uzatılmış olacaktır.

Toplumda radyoterapi görmesi gereken ICD'li

hasta popülasyonu giderek artmaktadır. Olgumuza ve literatür bilgilerine dayanarak bu hastalarda, radyoterapiye hazırlık aşamasında, radyoterapi esnasında ve sonrasında dikkat edilmesi gereken noktaları açıklayan bir kılavuz hazırlanmasının yerinde olacağını düşündük. Bu amaçla, radyoterapinin ICD'ler üzerine kısa ve uzun dönemdeki olumsuz etkilerini değerlendirmeyi hedefleyen, radyoloji bölümü ile işbirliği içinde yapılacak ileriye dönük klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Yazar(lar) ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir ilgi çakışması (conflict of interest) yoktur.

KAYNAKLAR

- Schoenfeld MH, Blitzer ML. Follow-up assessments of the pacemaker patient. In: Ellenbogen KA, Wood MA, editors. Cardiac pacing and ICDs. 5th ed. New Jersey: Blackwell Publishing; 2008. p. 498-545.
- Dyrda K, Khairy P. Implantable rhythm devices and electromagnetic interference: myth or reality? Expert Rev Cardiovasc Ther 2008;6:823-32.
- Solan AN, Solan MJ, Bednarz G, Goodkin MB. Treatment of patients with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators during radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2004;59:897-904.
- Guidant Corporation Cardiac Rhythm Management Technical Services. The impact of radiation on Guidant implantable pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. St. Paul, MN: Guidant Corporation; 2003, Revision 02/13/03 p. 1-6.
- Hurkmans CW, Scheepers E, Springorum BG, Uiterwaal H. Influence of radiotherapy on the latest generation of implantable cardioverter-defibrillators. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2005;63:282-9.
- Rodriguez F, Filimonov A, Henning A, Coughlin C, Greenberg M. Radiation-induced effects in multiprogrammable pacemakers and implantable defibrillators. Pacing Clin Electrophysiol 1991;14:2143-53.
- Nemec J. Runaway implantable defibrillator--a rare complication of radiation therapy. Pacing Clin Electrophysiol 2007;30:716-8.
- Gelblum DY, Amols H. Implanted cardiac defibrillator care in radiation oncology patient population. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2009;73:1525-31.
- Kapa S, Fong L, Blackwell CR, Herman MG, Schomberg PJ, Hayes DL. Effects of scatter radiation on ICD and CRT function. Pacing Clin Electrophysiol 2008;31:727-32.
- Niehaus M, Tebbenjohanns J. Electromagnetic interference in patients with implanted pacemakers or cardioverter-defibrillators. Heart 2001;86:246-8.
- Ferrara T, Baiotto B, Malinverni G, Caria N, Garibaldi E, Barboni G, et al. Irradiation of pacemakers and cardio-defibrillators in patients submitted to radiotherapy: a clinical experience. Tumori 2010;96:76-83.
- Sepe S, Schaffer P, Krimmel K, Schaffer M. Irradiation treatment of laryngeal cancer in a patient with an implantable cardioverter-defibrillator (ICD). Onkologie 2007;30:378-80.
- Thomas D, Becker R, Katus HA, Schoels W, Karle CA. Radiation therapy-induced electrical reset of an implantable cardioverter defibrillator device located outside the irradiation field. J Electrocardiol 2004;37:73-4.
- Hoecht S, Rosenthal P, Sancar D, Behrens S, Hinkelbein W, Hoeller U. Implantable cardiac defibrillators may be damaged by radiation therapy. J Clin Oncol 2002;20:2212-3.
- Lau DH, Wilson L, Stiles MK, John B, Shashidhar, Dimitri H, et al. Defibrillator reset by radiotherapy. Int J Cardiol 2008;130:37-8.
- Gibbs IC, Loo BW Jr. CyberKnife stereotactic ablative radiotherapy for lung tumors. Technol Cancer Res Treat 2010;9:589-96.
- van der Giessen PH. Peridose, a software program to calculate the dose outside the primary beam in radiation therapy. Radiother Oncol 2001;58:209-13.
- Medtronic CRDM technical services. Medtronic company literature on therapeutic radiation tolerance of their implantable cardiac pacemakers, implantable cardiac defibrillators and insertable loop recorders. Revision 12/22/08. p. 1-3. Minneapolis: Medtronic USA Inc., 2008.
- Tondato F, Ng DW, Srivathsan K, Altemose GT, Halyard MY, Scott LR. Radiotherapy-induced pacemaker and implantable cardioverter defibrillator malfunction. Expert Rev Med Devices 2009;6:243-9.
- Soejima T, Yoden E, Nishimura Y, Ono S, Yoshida A, Fukuda H, et al. Radiation therapy in patients with implanted cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators: a prospective survey in Japan. J Radiat Res 2011;52:516-21.

Anahtar sözcükler: Ekipman arızası; defibrilatör, takılabilir; neoplazi/radyoterapi; radyoterapi dozu/stantartlar; stereotaktik radyocerrahi; uygulama kılavuzu.

Key words: Equipment failure; defibrillators, implantable; radiotherapy dosage/standards; neoplasms/radiotherapy; stereotactic radiosurgery; practice guidelines as topic.