

# Düşük doz BT: üniversite hastanelerindeki stratejiler ve pratik uygulamalar

Nevzat Karabulut, Macit Arıyürek

## AMAÇ

Türkiyedeki akademik enstitülerin radyoloji anabilim dallarının günlük uygulamada düşük doz BT ile ilgili politikalarını araştırmak.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Anket formları, 40 üniversitenin radyoloji departmanlarına elektronik posta ile gönderildi. İncelenen bölgeye göre veya çocuklar, hamileler ve zayıf hastalar gibi bazı özel hasta gruplarına göre standart protokollerde yapılan doz azaltımına yönelik modifikasyonlar toplandı.

## BULGULAR

Otuzüç üniversiteden (%82) cevap geldi. 28 tanesi (%85) BT parametrelerini bu yönde değiştirdiklerini bildirdiler. Bunların 5 tanesi (%18) her zaman, 10 tanesi (%36) sıklıkla, 11 tanesi (%39) bazen ve 2 tanesi (%7) nadiren değişiklik yaptığını söyledi. Düşük doz BT, en sık çocuk hastalarda ve hamilelerde tercih edilmekte olup; üniversitelerin %93'ü çocuklarda, %57'side hamilelerde bunu yaptığını belirtti. Düşük doz BT'nin en çok uygulandığı vücut bölgesi ise toraks olarak bildirildi. Bunu paranazal sinüz görüntüleme, abdomen ve BT kılavuzluğunda yapılan girişimsel işlemler takip etti. En sık tercih edilen modifikasyon ise düşük mA, daha sonra da 'pitch' değeri idi.

## SONUÇ

Ankete katılan bölümlerin çoğu düşük doz BT kavramını bilmekle birlikte, günlük uygulamada çok değişken oranda buna dikkat edilmektedir. Düşük mA ve artmış 'pitch' en sık tercih edilen yöntemlerdir.

Anahtar sözcükler: • tomografi, X-ışınli, bilgisayarlı  
• radyasyon dozu

BT teknolojisindeki son on yılda olan hızlı gelişim ve bunun klinik uygulamaları; BT tetkik sayısında ve her tetkikte taranan vücut bölgesi miktarını belirgin olarak artırmıştır. Bu dönemde, tüm dünyadaki radyolojik incelemelerin %5 ini, ve tüm medikal radyasyon maruziyetinin üçte birini BT oluşturmaktadır (1). BT kullanımı devamlı olarak artarken, tüm işlemlerin %15'ini ve büyük çaplı hastanelerde tüm tanısal radyasyon dozunun %75'ini BT oluşturur (2). BT'nin genç hastalarda ve iyi huylu hastalıklarda da çok yaygın kullanılması, rutin tanısal incelemeler sırasında mümkün olan en az dozun kullanılmasının halk sağlığı açısından ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Ancak, diğer X ışını kökenli tetkiklerin aksine, BT'nin tarama parametreleri çoğu hasta için aynı olmasına rağmen pratik BT uygulamasında çok değişmektedir (3, 4). BT uygulamalarına ve dozlarına yönelik olarak daha önce yapılan anketlerde, herhangi bir BT tetkiki için kullanılan efektif dozlar 40 ayrı departmanın herbiri için farklı olmaktadır (5).

BT isteklerinin artarak devam ettiği günümüzde, hasta dozunun azaltılması için radyologların BT tarama parametrelerini optimize etmesi gerekmektedir. Radyasyon dozunu azaltmak ve optimal BT uygulaması elde etmek için, klinik endikasyona, hasta yaşı veya vücut büyüklüğüne ve incelenen alana göre uygun stratejik yaklaşımlar geliştirilmiştir (6).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki akademik radyoloji bölümlerinde günlük BT uygulamalarında düşük doz kullanımına yönelik çalışma ve politikaları incelemektir.

## Gereç ve yöntem

Düşük doz BT'nin günlük uygulamaları ile ilgili anket formları, Ağustos 2004'te, Türkiye'deki 40 üniversitenin radyoloji departmanlarına elektronik posta ile gönderildi. Anket sorularının özellikle BT departmanında çalışan öğretim üyeleri tarafından cevaplanması sağlandı. Anket sorularının cevaplanmasını takiben elektronik posta, faks veya posta ile yazarlara geri gönderilmesi istendi. Anket formları hatırlatma olarak, Eylül-Aralık 2004 tarihleri arasında cevap oranını artırmak için aralıklı olarak tekrar gönderildi. Her enstitüden tek bir cevap kabul edildi. Anket soruları Şekil'de verilmiştir. İlk iki soruda anketin geldiği enstitüdeki BT cihazlarının sayısı ve tiplerinin yanında son bir yılda çekilen toplam BT sayısı soruldu. Üçüncü soruda, söz konusu enstitünün BT dozlarını düşürmek için parametrelerini optimize edip etmediği soruldu. Bu soru-

Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı  
(N.K. ✉ nkarabulut@yahoo.com), Denizli; Hacettepe  
Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı (M.A.),  
Ankara.

Gelişi 12 Ağustos 2005; revizyon isteği 6 Ekim 2005; revizyon gelişi 12 Ekim 2005; kabulü 19 Ekim 2005

**ANKET: Düşük doz BT için strateji ve uygulamalar**  
(BT’de çalışan öğretim üyesi radyologlar tarafından doldurulacaktır)

1- Lütfen enstitünüzde bulunan BT cihazlarının tipini ve sayısını belirtiniz.

- Tek kesit aksiyel BT  
 Spiral (helikal) BT  
 Çok kesit BT  
 Elektron demeti BT

2- Enstitünüzde geçtiğimiz yıl yapılan BT tetkiki sayısını belirtiniz.

3- Hasta dozunu azaltmak için çekim parametrelerinde değişiklik yapıyor musunuz?

- Evet  Her zaman  Sıklıkla  Bazen  Nadiren  
 Hayır (Lütfen 4-6. soruları atlayıp 7. soruya gidin)

4- Aşağıdaki hasta gruplarından hangisinde BT çekim parametrelerini değiştiriyorsunuz? Lütfen değişiklik yaptığınız tüm grupları işaretleyiniz.

- Pediyatrik hastalar  
 Hamile hastalar  
 Zayıf hastalar (kiloya göre doz ayarlaması)  
 Diğer (lütfen belirtiniz)

5- Aşağıdaki BT tetkiklerinden doz ayarlaması yaptıklarınızı işaretleyiniz. Lütfen size uygun olanların hepsini işaretleyiniz.

- Paranasal sinüs BT  
 Toraks BT  
 Yüksek çözünürlüklü akciğer BT  
 Abdominal BT  
 Ürolitiazis için BT  
 BT kolonografi  
 BT kılavuzluğunda girişimsel işlemler  
 Diğer (lütfen belirtiniz)

6- Hasta dozunu azaltmak için aşağıdaki modifikasyonlardan hangilerini tercih ediyorsunuz? Lütfen size uygun olanların hepsini işaretleyiniz.

- Düşük mAs  
 Düşük kVp  
 Yüksek “pitch”  
 Z-ekseninde azaltılmış görüntü boyutu  
 Kalın kolimasyon (geniş ışın denmeti kolimasyonu)  
 Çok dedektör yerine tek dedektör helikal BT cihazı tercihi  
 Tüp akımı otomatik modülasyonu (mevcutsa)  
 Radyasyona duyarlı organların korunması  
 Çok fazla abdomen BT uygulamalarından mümkün olduğunca kaçınma  
 Diğer (lütfen belirtiniz)

7. Lütfen sistem veya modaliteye göre radyoloji alt branşınızı belirtiniz

8. Lütfen akademik enstitü veya hastanenizin adını yazınız

Şekil. Bu araştırmada kullanılan anket.

ya ‘hayır’ cevabı veren enstitüler direkt olarak anketin son kısmına çalıştıkları enstitünün adını ve cevaplayan kişinin alanını soran sorulara yönlendirildi. Soruya ‘evet’ cevabı verenler ise; tedavi ettikleri hasta tiplerini, düşük doz

BT ile yaptıkları tetkikleri ve ne sıklıkla yaptıklarını, doz azaltma stratejilerinin detaylarını ve son olarak çalıştıkları enstitünün adını ve cevaplayan kişinin alanını soran sorulara yönlendirildi. Türkiye’deki toplam lisanslı BT

cihazı sayısı, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’ndan öğrenildi.

## Bulgular

Kırk üniversiteyi temsilen ankete cevap veren 33 birim, %82’lik cevap oranına karşılık gelmektedir. Toplamda 33 üniversitenin 61 BT cihazı olup tüm Türkiye’deki 715 BT ünitesinin %8.5’idir. Ondört enstitü tek BT cihazına sahipken 13 tanesi iki adet, 3 tanesi üç ve 3 tanesi de dört cihaza sahiptir. Her bir enstitüde yıllık tetkik sayısı 3000 ile 44369 arasında değişmekte olup (ortalama±standart deviasyon: 13988±9075) her cihaz başına 4910 tetkik anlamına gelir. BT cihazının tipi anlamında; ankete katılan 33 enstitünün 13 (%39) tanesinde yalnızca tek kesit alabilen spiral BT cihazı, 3 (%9) tanesi yalnızca çok kesit alabilen helikal BT cihazı ve 2 (%6) tanesi yalnızca konvansiyonel helikal olmayan (aksiyel) BT cihazına sahiptir. Yedi bölümde (%21) hem tek kesitli helikal BT hem de konvansiyonel helikal olmayan BT cihazı bulunmaktayken, 6 bölümde (%18) hem tek kesitli helikal BT hem de çok kesitli BT cihazı, ve 2 bölümde de (%6) tümü birlikte bulunmaktaydı. Ankete katılan 33 üniversiteden 28 tanesi (%85), hasta dozunu azaltmak amacıyla BT çekim parametrelerini değiştirdiklerini bildirdiler. Optimizasyon için yapılan parametre değişikliklerinin sıklığı ise, 28 bölüm içinde 5 bölümde (%18) her zaman, 10 bölümde (%36) sıklıkla, 11 bölümde (%39) bazen ve 2 bölümde (%7) nadiren yapılmakta olarak bildirildi.

Özel hasta grupları dikkate alındığında, 28 katılımcının 26 tanesinde (%93) çocuklar en sık düşük doz BT uygulanan popülasyonu oluşturmaktaydı. Onaltı (%57) katılımcı hamile hastalarda BT parametrelerini değiştirdiğini ve 3 (%9) katılımcı hamile hastalarla çalışılmadığını bildirdi. Onbir katılımcı (%39), zayıf hastalarda düşük doz BT ayarlamaları yaptıklarını bildirdi. Düşük doz BT nin en çok uygulandığı vücut bölgesi, 28 katılımcının 19’u (%68) ile toraks olarak bildirildi. Bunu paranasal sinüz görüntüleme ve abdomen (n= 15; %54) takip etti. Katılımcıların yarısından azı, düşük doz

BT kılavuzluğunda girişimsel işlemler yaptığını, ürolitiazis için veya yüksek çözünürlüklü BT ve kolonoskopi için düşük doz BT kullandığını bildirdi (Tablo).

Doz azaltımı için, düşük mA en sık tercih edilen yol olup 28 katılımcının 26'sı (%93) tarafından kullanımı bildirildi. Bunu yüksek "pitch" değeri (n=12; %43), ve düşük tepe kilovoltu (n=11; %39) takip etti. Diğer potansiyel önlemler olan, radyasyona duyarlı organlara bariyer, abdomende mümkün olduğunca çok fazlı tetkiklerden kaçınma, tüp akımında otomatik modülasyon kullanma, kalın kolimasyon kullanma, ve z-ekseni kaplama alanını azaltma katılımcıların %25'inden daha azı tarafından bildirildi (Tablo).

Hem tek kesit helikal hem de çok kesit CT cihazları olan 9 katılımcının, yalnızca 1 tanesi (%11) dozu azaltmak amacıyla tek kesit helikal BT'yi diğerine tercih ettiğini bildirdi. Üç katılımcı (%11) yalnızca bir parametre değiştirdiklerini (düşük mA; n=2: düşük kVp; n=1), 12 tanesi (%43) iki parametre değiştirdiklerini bildirdi (düşük mA ve düşük kVp; n=3: düşük mA ve artmış "pitch"; n=3: düşük mA ve akım tüpünün otomatik modülasyonu; n=2: düşük mA ve kurşun koruma; n=2: düşük mA ve çok fazlı tetkiklerden kaçınma; n=2). Sekiz katılımcı (%29) üç

parametre ayarladıklarını, 3 katılımcı (%11) dört parametre, 1 katılımcı (%3) beş parametre ve 1 katılımcı (%3) 6 parametre değiştirdiğini bildirdi.

Anket formlarını dolduran 33 katılımcının radyoloji alt branşları şu şekilde bildirildi; sekiz tanesi (%24) toraks radyoloğu, 7 tanesi (%21) abdomen radyoloğu, 4 tanesi (%12) baş ve boyun radyoloğu, 4 tanesi (%12) toraks-abdomen radyoloğu, 4 tanesi (%12) toraks-abdomen-baş ve boyun ve aynı zamanda pediatrik radyolog, 2 tanesi (%6) toraks ile baş ve boyun radyoloğu, 2 tanesi (%6) toraks-abdomen ve baş ve boyun radyoloğu, 1 tanesi (%3) toraks-abdomen-pediatri radyoloğu ve 1 tanesi de (%3) pediatri ve abdomen radyoloğu olarak çalışmaktaydı.

### Tartışma

Birleşmiş Milletler Bilim Komitesinin, atomik radyasyonun etkileri ile ilgili 1993 raporunda, dünyada yıllık yaklaşık 93 milyon BT tetkiki yapıldığını ve bunun her 1000 kişiye 16 tetkike karşılık geldiği belirtilmektedir (7). Helikal ve çok kesitli BT'nin kullanıma girmesi ile vasküler, kardiyak ve onkolojik görüntüleme, BT kullanımındaki ciddi artış radyasyon dozunu daha da artırmakta gibi görünmektedir (4, 6). BT tetkiklerindeki iyonize radyasyon hastalarda karsinogenezi artırabilece-

ği gibi sitokastik etkisi ile hastaların çocuklarında genetik defektlere neden olabilir. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonunun (ICRP) önerilerine göre BT ile tetiklenen kanser riski şu bilgiyi kullanarak kabaca tahmin edilebilir; her bir milyon insanın aldığı her 1 miliSievert efektif dozu ile ortalama popülasyon riski 50 kanser vakası artmaktadır (8). Bu nedenle radyologlar, tanısal görüntüleme kalitesi ile alınan radyasyon dozu arasındaki dengeyi kurmaktaki rollerinin bilincinde olmalıdır. BT çekim parametreleri, radyasyon maruziyetini en azda tutarak tanısal görüntüler elde edebilecek düzeyde tutulmaya çalışılmalıdır. BT radyasyon dozunu görüntü kalitesinden ciddi bir ödün vermeden azaltmak için çeşitli stratejiler uygulanabilir (6). Bu ankette, Türkiye'deki akademik enstitülerin radyoloji anabilim dallarının günlük uygulamada düşük doz BT ile ilgili politikalarını araştırdık. Bizim %82'lik cevap oranımız, radyoloji literatüründeki benzer çalışmalardan çok daha yüksektir (9, 10).

Otuzüç enstitüde 61 cihazla yıllık ortalama BT sayısı 14000 (cihaz başına 4910 tetkik) idi. Bu rakam lisanslı 715 BT cihazı ile çarpıldığında, Türkiye'de yılda 3.5 milyondan fazla BT tetkiki yapıldığı sonucuna varabiliriz ki bu da batı dünyası rakamlarına ben-

**Tablo.** Türkiye'deki akademik radyoloji bölümlerinin BT radyasyon dozunu optimize etmek için yaptığı strateji ve uygulamalar

<i>DDBT için çekim parametreleri ayarlama sıklığı (n= 33)</i>	<i>Özel hasta grupları için çekim parametrelerini ayarlama (n= 28)</i>	<i>Çekilecek vücut bölgesine göre çekim parametrelerini ayarlama (n= 28)</i>	<i>DDBT için değiştirilen çekim parametreleri (n= 28)</i>
Daima 5 (%15)	Çocuklar 26 (%93)	Toraks BT 19 (%68)	Düşük mA 26 (%93)
Sıklıkla 10 (%30)	Hamile hastalar 16 (%57)	Paranasal BT 15 (%54)	Yüksek "pitch" 12 (%43)
Bazen 11 (%34)	Zayıf hastalar 11 (%39)	Abdominal BT 14 (%50)	Düşük kVp 11 (%39)
Nadiren 2 (%6)		BT kılavuzluğunda girişim 12 (%43)	Çok fazlı BT'den kaçınma 7 (%25)
Hiçbir zaman 5 (%15)		Ürolitiazis için BT 10 (%36)	Kurşun koruma 6 (%21)
		Yüksek çözünürlüklü toraks BT 9 (%32)	Tüp akımının otomatik modülasyonu 5 (%18)
		BT kolonoskopi 4 (%14)	Kalın kolimasyon 4 (%14)
			Düşük tarama uzunluğu 4 (%14)

DDBT: Düşük doz BT

zer olarak Türkiye nüfusunun %5'ine karşılık gelir.

Sonuçlarımız, katılımcıların büyük çoğunluğunun (%85) BT parametrelerini radyasyon dozunu düşürmek için ayarladığını, ancak ancak %18'inin bunu her hasta için optimize ettiğini gösteriyor. Diğer yandan, katılımcıların neredeyse yarısı (%46) düşük doz BT manipülasyonlarını bazen veya nadiren yaptığını söylüyor. Bu sonuçlar bize, çoğu katılımcının BT'deki radyasyon dozu ile ilgili kaygıları olduğunu ancak rutin kullanımda çok nadir düşük doz BT ayarları yapıldığını gösteriyor.

#### *Hasta bazlı stratejiler*

Ankete katılan radyologların çoğu pediyatrik hastaların radyosensitif olduklarının farkındaydı ve %93 katılımcı çocuklarda düşük doz BT kullandıklarını bildirdi. Çocukların, özellikle de kız çocuklarının, iyonize radyasyonun aynı efektif dozu ile kanser oluşumuna, erişkinden 10 kez daha duyarlı oldukları ve BT'de erişkin protokolleri kullanılması durumunda bebeklerin ve küçük çocukların maruz kalacağı efektif radyasyon dozunun %50'den daha fazla olacağı gösterilmiştir (11-13). Dahası, daha önce yapılan çalışmalarda, normalde kullanılan radyasyonun %50 daha azı ile kabul edilebilir tanısal kalitede BT görüntüleri elde edilebileceği gösterilmiştir (14-18). Ancak, pediyatrik radyoloji derneği mensupları arasında yapılan bir anket, katılımcıların %15-40'ının kendi enstitülerinde özellikle radyasyon maruziyetini belirleyen parametreleri bilmediğini ortaya koymuştur (19). Aynı ankette, katılımcıların %33'ü 4 yaşındaki hastalara, %22'si de daha küçük hastalara abdomen ve toraks BT çekilirken tüp akımının 100mA'dan düşük tutulduğunu bildirmişlerdir. Ancak, toraks BT çeken katılımcıların %14'ü ve abdomen BT çekenlerin %16'sı tüp akımlarının 200mA'dan fazla olduğunu bildirmiştir.

Hamile hastalarla ilgili olarak, bizim anketimize katılanların %57'si BT parametrelerini optimize ettiklerini ve %9'u hamile hastalara radyasyon dozu ve İV kontrast madde zararlarından endişe ettikleri için BT çekmediklerini bildirdi.

Winer-Muram ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada; pulmoner emboli için çekilen BT anjiyografilerde, tüm trimesterlerde, ventilasyon-perfüzyon sintigrafisine oranla ortalama fetüs radyasyon dozunun daha az olduğunu göstermiştir (17). Schuster ve arkadaşları, toraks radyoloji derneği üyeleri arasında yapılan ve hamile hastalarda pulmoner BT anjiyografi stratejilerini araştıran bir ankette; hamile hastalara pulmoner BT anjiyografi yapan 43 katılımcının yalnızca %40'ının radyasyon dozunu düşürmek için BT protokollerini değiştirdiklerini bildirdiler (9).

Hamile hastalarda yapılan BT incelemeleri sırasında, fetal radyasyon dozu 5 rad limitinin çok altında olup güvenli kabul edilmesine rağmen, radyologların BT'nin radyasyon riskleri hakkında bilgili olup tetkikten önce risk-yarar oranını düşünmelidirler. Alternatif olarak ultrasonografi veya MRG, uygun olan hastalarda mutlaka düşünülmelidir.

Merkezdeki radyasyon dozunun yüzyedekinin yarısı olduğu iri hastaların aksine, zayıf hastalarda radyasyon dozu hemen hemen aynıdır. Hastanın kesitsel çapındaki her 4 cm'lik azalmada tüp akımı, görüntü kalitesinde ciddi bir kayıp olmaksızın %50 azaltılabilir (20). Bu nedenle, çocuklarda veya zayıf hastalarda bu yolla, görüntü kalitesinden fazla ödün vermeden düşük doz BT kullanılabilir. Bizim anketimizde, düşük doz BT uygulayan katılımcıların sadece %39'u zayıf hastalarda tarama parametrelerini optimize ettiklerini söylediler. Bu da Türkiye'deki radyologların, karın ölçüleri ve hasta ağırlığına çok fazla bakmadan doz optimizasyonu yaptığını göstermektedir. Abdomende standart bir çekim ile %50 doz azaltılarak yapılan bir çekimin görüntü kalitelerini karşılaştıran yakın zamanlı bir çalışmada, 81kg'dan az, transvers karın çapı 34.5 cm'den az, ön-arka çapı 28 cm'den az, kesitsel çevresi 105 cm'den az ve kesitsel alan çapı 800 cm<sup>2</sup>'den az olan hastalarda anlamlı fark bulunmadı (18).

#### *Çekilecek vücut bölgesine göre stratejiler*

BT parametrelerinin optimize edilmesinde çalışılacak vücut bölgesi de

önemlidir. Özellikle toraks ve paranasal sinüs BT, ürolitiazis için çekilen BT veya BT kolonografi gibi yüksek kontrastlı dokularda, radyasyon dozu göreceli olarak azaltılabilir. Daha önceki çalışmalarda, tanısal görüntü kalitesini devam ettirmek kaydıyla toraks (21-25), paranasal sinüsler (26-29), BT kolonoskopi (30) ürolitiazis için çekilen BT'de (31-33) BT dozunun 2 ila 10 kat (140-10 mAs) arasında düşürülebileceği gösterilmiştir. Bizim anketimizde toraks, düşük doz BT'nin en fazla uygulandığı vücut bölgesi olarak katılımcıların %68'i tarafından bildirilmişti. Bunu paranasal sinüs BT (54%), abdomen BT (50%), BT kılavuzluğundaki girişimsel işlemler (43%), ürolitiazis için çekilen BT (36%), yüksek çözünürlüklü akciğer BT (32%) ve BT kolonoskopi(14%) izlemekteydi. Bu sonuçlar, katılımcılarımızın yaklaşık yarısının taranacak vücut bölgesine göre çekim parametrelerini değiştirmediklerini göstermektedir. Bu anketteki radyologların çoğunun görüntüleme modalitesinden çok vücut bölgelerine göre branşlaşmış olmaları ile bu kısmen açıklanabilir. Çoğu katılımcı birden fazla organ sistemi ile uğraşmasına karşın, toraks (n=21), abdomen (n=18), ve baş-boyun radyologlarının (n=12) göreceli fazlalığı, düşük doz BT'nin vücut bölgelerine göre uygulanım sonuçlarını etkilemiş olabilir.

#### *Çekim parametrelerinin ayarlanması*

BT çekimi sırasında açığa çıkan radyasyon dozu, tüp akımına, voltaja, çekim süresine, kesit kalınlığına, taranan hacme, ve "pitch" değerine bağlıdır. Yapılan çalışmalar, tüp akımını azaltarak baş-boyun, toraks, abdomen ve pelviste, görüntü kalitesinde ciddi kayıp olmaksızın çalışılabileceğini söylemektedir (21-23). Bizim anketimizde, düşük tüp akımının %93 ile en sık tercih edilen modifikasyon olduğunu ve bunu artmış "pitch" (%43) ve düşük tepe kilovoltunun (%39) takip ettiğini göstermiştir. Tüp potansiyeli X-ışını demetinin enerjisini belirler ve radyasyon dozu tüp voltajının karesi ile doğru orantılıdır. Yakın zamanlı bir çalışmada, 75 kg'nin altındaki erişkin hastalarda 80 kV değerinin görüntü kalitesinde

bir miktar kayba rağmen kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır (34). Wintersperger ve arkadaşlarının 16 dedektörlü BT cihazlarında, abdominal BT anjiyografi için 100 kVp kullanarak yaptığı çalışmada, 120 yerine 100 kVp kullanmanın görüntü kalitesinde, sinyal-gürültü ve kontrast-gürültü oranlarında ciddi bir fark yaratmadan hasta dozunda anlamlı bir düşüş sağlanabileceğini göstermektedir (35). Ancak, tüp akımında ve voltajında yapılacak her değişiklik, özellikle beyin ve karın gibi düşük kontrastlı alanlarda gürültüyü artırarak görüntülerin tanınabilirliğini bozabileceğinden çok dikkatli düşünülp yapılmalıdır.

Gantrinin her 360° dönüşündeki masa hareketinin X-ışını demeti kalınlığına oranı "pitch" olarak tarif edilir. "Pitch" değeri arttıkça, taranacak alanın radyasyon maruziyeti buna bağlı olarak azalır. Cihazlarda efektif miliamper-saniye değeri "pitch" değerinden bağımsız sabit tutulmasına karşın, efektif ayarlarda miliamper-saniyenin "pitch" değerine oranı olarak tanımlanır (36). Abdominal ve pelvik görüntüleme, radyasyon dozunu %50 azaltmasına karşın 1.5:1 "pitch" değeri ile 0.75:1 arasında görüntü kalitesinde ciddi fark yoktur (37).

Pulmoner emboli açısından şüpheli hamile hastalarda doz azaltma metodlarını araştıran yakın zamanlı bir ankette, en fazla tercih edilen modifikasyon olan tarama alanını z-aksı boyunca kısaltma ankete katılanların %71'i tarafından seçilmişti (9). Bizim anketimizde, katılımcıların sadece %14'ü tarama alanını kısalttıklarını bildirdi. Radyologlar, efektif radyasyon dozunu artırma pahasına tarama alanını gerçekte ilgilenilen alandan artırma eğilimindedir.

Çok kesitli BT cihazlarının çıkması, hasta başına ve cihaz başına düşen BT işlemi sayısını ciddi bir biçimde artırmıştır. Yakın zamanlı bir çalışma, ortalama efektif radyasyon dozunun tek kesitli helikal BT'de 7.4 mSv'den 4 dedektörlü BT'de 8.1 mSv'ye çıktığını göstermiştir (38). Son zamanlarda piyasaya çıkan çok kesitli BT cihazları otomatik tüp akımı modülasyon özelliğine sahip olup hastanın atenuasyon

özelliğine bakmaksızın, radyasyon dozunu görüntü kalitesini bozmadan optimize etmesi endüstriye çok önemli bir katkıdır.

Bunun iki yöntemi Z-aksis modülasyonu ve açılmalı (x-y) modülasyonlarıdır. Çocuklarda çekilen 100 helikal BT tetkikinde, açılmalı modülasyonun görüntü kalitesinde kayıp olmadan dozu %10-60 oranında azalttığı bildirilmiştir (39). Böbrek ve üreter taşları olan 22 hastada yapılan yakın zamanlı bir çalışmada, z-aksis modülasyonu kullanılan hastalarda, taş saptama duyarlılığını düşürmeden gürültü indeksi 14 ve 20'de radyasyon dozunda %43-66 azalma sağlanmıştır (40). Bizim anketimizde, çok kesitli BT kullanan 11 katılımcının 5 tanesi (%45) otomatik tüp akım modülasyon tekniğini kullandığını bildirdi.

Bizim anketimizin bir takım limitasyonları mevcuttur. İlk olarak, akademik platformda görev yapan radyologları içerdiğinden, sonuçlarımız akademik ortamdaki düşük doz BT kullanım stratejilerini değerlendirebilir. Akademik radyologların düşük doz BT kullanım stratejileri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaları muhtemel olduğundan, politikalar devlet hastaneleri ve özel merkezlerde çok farklılık gösterebilir. İkinci bir limitasyon; her enstitünün tek bir cevap hakkı olması nedeniyle, ve aynı enstitüde bile farklı uygulamalar olabileceğinden cevaplar tüm departmanı yansıtmamaktadır. Üçüncü bir limitasyon; anket sorularının değişik tip BT cihazları ile çalışan heterojen bir radyolog grubuna düşük doz BT'ye ilişkin genel sorular olmasıdır. Spesifik bir radyoloji alt branşı olan kişiye daha spesifik sorular sorulması düşük doz BT stratejilerinin kullanımını konusunda daha uygun sonuçlar verecektir. Dördüncü limitasyon; düşük doz BT modifikasyonlarının kullanım sıklığı için verilen şıkların kesin rakamlar yerine subjektif ifadeler olmasıdır. Bu nedenle, çekim parametrelerini her zaman optimize ettiklerini söyleyen katılımcılar hariç, nadiren, bazen gibi diğer sıklıklar birbirleriyle örtüşebilirler. Benzer şekilde 6. soruda, mA ve kVp değerlerindeki düşüş ve "pitch" değerindeki artışın sayısal

değeri sorulmamıştır. Bu yüzden düşük doz stratejilerinin uygulanması ile ilgili bizim oranlarımız yanıltıcı olabilir. Örneğin, mA değerini 400'den 300'e düşürmek düşük doz uygulaması gibi gözükse de aslında değildir. Sonuç olarak, bizim anketimiz, çoğu radyologun BT incelemesinde hastaların aldığı radyasyonun bilincinde olduğunu göstermiştir. Ancak, düşük doz BT uygulama sıklıkları çok değişken olup genellikle özel endikasyonlara ve hastalara özgü iyi oturtulmuş protokoller olmamasından kaynaklanmaktadır. Radyologlar, 'mümkün olan en azla başarıma' ilkesine göre hareketle, rutin uygulamada kullanılacak, taranacak vücut bölgesine, endikasyona veya hasta yaşı ve büyüklüğüne göre pratik BT doz optimizasyon kriterleri hazırlamalıdır.

#### Kaynaklar

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2000 Report to the General Assembly, Annex D: medical radiation exposures. New York: United Nations, 2000.
2. Wiest PW, Locken JA, Heintz PH, Mettler FA Jr. CT scanning: a major source of radiation exposure. Semin Ultrasound CT MR 2002; 23:402-410.
3. Kalra MK, Maher MM, Rizzo S, Kanarek D, Shepard JA. Radiation exposure from chest CT: issues and strategies. J Korean Med Sci 2004; 19:159-166.
4. Golding SJ, Shrimpton PC. Radiation dose in CT: are we meeting the challenge? Br J Radiol 2002; 75:1-4.
5. Shrimpton PC, Jones DG, Hillier MC, Wall BF, Le Heron JC, Faulkner K. Survey of CT practice in UK. Part 2: Dosimetric aspects, NRPB R249. Chilton: NRPB, 1991.
6. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Strategies for CT radiation dose optimization. Radiology 2004; 230:619-628.
7. Mettler FA, Briggs JA, Carchman R, et al. Use of radiology in U.S. general short-term hospitals: 1980-1990. Radiology 1993; 189:377-380.
8. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP publication no. 60. Oxford, England: Pergamon, 1991.
9. Schuster ME, Fishman JE, Copeland JF, Hatabu H, Boiselle PM. Pulmonary embolism in pregnant patients: a survey of practices and policies for CT pulmonary angiography. AJR Am J Roentgenol 2003; 181:1495-1498.
10. Munden RF, Hess KR. "Ditzels" on chest CT: survey of members of the Society of Thoracic Radiology. AJR Am J Roentgenol 2001; 176:1363-1369.

11. Ware DE, Huda W, Mergo PJ, Litwiller AL. Radiation effective doses to patients undergoing abdominal CT examinations. *Radiology* 1999; 210:645-650.
12. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations (BEIR V), National Research Council. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR V. Washington, DC: National Academy Press 1990; 1-436.
13. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication no. 60. Oxford, UK: Pergamon, 1991; 1-201.
14. Ravenel JG, Scalzetti EM, Huda W, Garrisi W. Radiation exposure and image quality in chest CT examinations. *AJR* 2001; 177:279-284.
15. Rogalla P, Stover B, Scheer I, Juran R, Gaedicke G, Hamm B. Low-dose spiral CT: applicability to pediatric chest imaging. *Pediatr Radiol* 1999; 29:565-569.
16. Frush DP. Pediatric CT: practical approach to diminish the radiation dose. *Pediatr Radiol* 2002; 32:714-717.
17. Winer-Muram HT, Boone JM, Brown HL, Jennings SG, Mabie WC, Lombardo GT. Pulmonary embolism in pregnant patients: fetal radiation dose with helical CT. *Radiology* 2002; 224:487-492.
18. Kalra MK, Prasad S, Saini S, et al. Clinical comparison of standard-dose and 50% reduced-dose abdominal CT: effect on image quality. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179:1101-1106.
19. Hollingsworth C, Frush DP, Cross M, Lucaya J. Helical CT of the body: a survey of techniques used for pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180:401-406.
20. Maher MM, Karla MK, Toth TL, Wittram C, Saini S, Shepard J. Application of rational practice and technical advances for optimizing radiation dose for chest CT. *J Thorac Imaging* 2004; 19:16-23.
21. Zhu X, Yu J, Huang Z. Low-dose chest CT: optimizing radiation protection for patients. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183:809-816.
22. Prasad SR, Wittram C, Shepard JA, McLoud T, Rhea J. Standard-dose and 50%-reduced-dose chest CT: comparing the effect on image quality. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179:461-465.
23. Karabulut N, Toru M, Gelebek V, Gulsun M, Ariyurek OM. Comparison of low-dose and standard-dose helical CT in the evaluation of pulmonary nodules. *Eur Radiol* 2002; 12:2764-2769.
24. Nawa T, Nakagawa T, Kusano S, Kawasaki Y, Sugawara Y, Nakata H. Lung cancer screening using low-dose spiral CT: results of baseline and 1-year follow-up studies. *Chest* 2002; 122:15-20.
25. Rusinek H, Naidich DP, McGuinness G, et al. Pulmonary nodule detection: low-dose versus conventional CT. *Radiology* 1998; 209:243-249.
26. Hagtvedt T, Aalokken TM, Notthellen J, Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Eur Radiol* 2003; 13:976-980.

## LEARNING OF SERIAL DIGITS LEADS TO FRONTAL ACTIVATION IN FUNCTIONAL MR IMAGING

### PURPOSE

We surveyed the practices and policies of the radiology departments of academic institutions in Turkey regarding the use of low dose CT in daily practice.

### MATERIALS AND METHODS

Surveys were mailed electronically to radiology departments of 40 university hospitals. Information gathered included modifications of standard protocols for dose reduction according to body parts being examined or depending on specific patient groups such as children, pregnant, or slim patients.

### RESULTS

Thirty-three radiology departments (82%) responded. Twenty-eight (85%) reported that they modify CT scanning parameters in order to reduce the patient dose. Of these, 5 (18%) reported that they always modulate the scan parameters, 10 (36%) often, 11 (39%) sometimes, and 2 (7%) seldom. Reduced dose CT is applied mostly in pediatric and pregnant patients, reported by 93% and 57% of respondents, respectively. The most common body part for the application of low dose CT was chest examination followed by imaging of paranasal sinuses, abdomen, and CT-guided interventions. The most common modification for dose reduction is using low mA, followed by increasing the pitch value.

### CONCLUSION

Most respondents are aware of low dose CT, but the frequency of application varies considerably in routine practice. Reduced mA and increased pitch are the most commonly used modifications.

Key words: • tomography, X-ray computed • radiation dosage

*Diagn Interv Radiol* 2006; 12:3-8

27. Karabulut N, Akti U, Kazil S. Comparison of low dose and standard dose CT in the evaluation of inflammatory diseases of paranasal sinuses. *Tani Girisim Radyol* 2003; 9:315-320.
28. Tack D, Widelec J, De Maertelaer V, Bailly JM, Delcour C, Gevenois PA. Comparison between low-dose and standard-dose multidetector CT in patients with suspected chronic sinusitis. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 181:939-944.
29. Metin K, Arslan A, Akgoz Y, Akansel G, Ciftci E, Demirci A. Diagnostic efficacy of low dose paranasal sinus CT examination. *Tani Girisim Radyol* 2003; 9:321-326.
30. Iannaccone R, Laghi A, Catalano C, et al. Detection of colorectal lesions: lower-dose multi-detector row helical CT colonography compared with conventional colonoscopy. *Radiology* 2003; 229:775-781.
31. Hamm M, Knopfle E, Wartenberg S, Wawroschek F, Weckermann D, Harzmann R. Low dose unenhanced helical computerized tomography for the evaluation of acute flank pain. *J Urol* 2002; 167:1687-1691.
32. Spielmann AL, Heneghan JP, Lee LJ, Yoshizumi T, Nelson RC. Decreasing the radiation dose for renal stone CT: a feasibility study of single- and multidetector CT. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 178:1058-1062.
33. Heneghan JP, McGuire KA, Leder RA, DeLong DM, Yoshizumi T, Nelson RC. Helical CT for nephrolithiasis and ureterolithiasis: comparison of conventional and reduced radiation-dose techniques. *Radiology* 2003; 229:575-580.
34. Sigal-Cinqualbre AB, Hennequin R, Abada HT, Chen X, Paul JF. Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose. *Radiology* 2004; 231:169-174.
35. Wintersperger B, Jakobs T, Herzog P, et al. Aorto-iliac multidetector-row CT angiography with low kV settings: improved vessel enhancement and simultaneous reduction of radiation dose. *Eur Radiol* 2005; 15:334-341.
36. Mahesh M, Scatarige JC, Cooper J, Fishman EK. Dose and pitch relationship for a particular multislice CT scanner. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 177:1273-1275.
37. Sahani D, Saini S, D'Souza RV, et al. Comparison between low (3:1) and high (6:1) pitch for routine abdominal/pelvic imaging with multislice computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 2003; 27:105-109.
38. Brix G, Nagel HD, Stamm G, et al. Radiation exposure in multi-slice versus single-slice spiral CT: results of a nationwide survey. *Eur Radiol* 2003; 13:1979-1991.
39. Greess H, Nomayr A, Wolf H, et al. Dose reduction in CT examination of children by an attenuation-based on-line modulation of tube current (CARE dose). *Eur Radiol* 2002; 12:1571-1576.
40. Kalra MK, Maher MM, D'Souza RV, et al. Detection of urinary tract stones at low-radiation-dose CT with z-axis automatic tube current modulation: phantom and clinical studies. *Radiology* 2005; 235:523-529.