

BÖBREK NAKLİ VERİCİLERİNDE RENAL BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ ANJİYOĞRAFİ TEKNİĞİ VE RADYASYON DOZU

RENAL COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY PROTOCOL AND RADIATION DOSE IN KIDNEY TRANSPLANT DONORS

Eray ATLI¹, Abidin KILINÇER², Sadık Ahmet UYANIK¹, Umut ÖĞÜŞLÜ¹, Halime Çevik CENKERİ¹

¹İstanbul Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Bölümü

²Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Bölümü

ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmada amaç, böbrek nakli vericilerinin renal bilgisayarlı tomografi anjiyografi (RBTA) tetkiklerinin radyasyon dozunu saptamaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Etik kurul onayı retrospektif olarak alınan bu çalışmaya 3. basamak hastanede Temmuz 2017 ve Aralık 2019 tarihleri arasında çekilen RBTA tetkikleri dahil edildi. Görüntü arşivleme iletişim sisteminden, BT tetkiklerinin hacimsel BT doz indeksi (*Volume CT dose index*, $CTDI_{vol}$) ve tarama alanı boyunca alınan doz (*dose length product*, DLP) değerleri hasta doz raporlarından kaydedildi. Etkin doz (ED) ve tarama uzunluğu (TU) hesaplandı.

BULGULAR: RBTA çekilmiş 142 hastanın % 54 (n=76)'ü erkek, % 46 (n=66)'sı kadındı. RBTA'sı elde edilen hastaların ortalama yaşı $43,8 \pm 12,5$ 'dir. RBTA tetkiklerinin ikinci çeyrek (ortanca) toplam tarama alanı boyunca alınan doz (DLP) ve ED değerleri sırasıyla 835 mGy.cm ve 12,5 mSv'dir. Kontrastsız, arteryel, venöz ve geç faz çekimlerin ortalama TU değerleri sırasıyla $31,4 \pm 3$, $21,9 \pm 3$, $32,1 \pm 4,5$ ve $22,7 \pm 4,7$ cm'dir.

SONUÇ: Çalışmamızda RBTA tetkiklerinin radyasyon dozu parametreleri literatüre göre daha düşüktür.

ANAHTAR KELİMELER: Renal BT anjiyografi, Böbrek nakli, Radyasyon dozu, Hacimsel bilgisayarlı tomografi doz indeksi, Tarama alanı boyunca alınan doz

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of this study is to determine the radiation dose parameters of renal computed tomography angiography (RCTA) scans in kidney transplant donors.

MATERIAL AND METHODS: RCTA scans obtained between July 2017 and December 2019 in a tertiary reference hospital were included in this study whose ethics committee approval was obtained retrospectively. CT radiation dose parameters were obtained from the picture archiving and communication system. *Volume CT dose index* ($CTDI_{vol}$) and *dose length product* (DLP) values were recorded from the patient dose reports. Effective dose (ED) and scan length (SL) were calculated.

RESULTS: Of the 142 patients who underwent RCTA, 54 % (n = 76) were men and 46 % (n = 66) were women. The mean age of the patients was 43.8 ± 12.5 . The second quarter (median) of total DLP and ED values of RCTA scans were 835 mGy.cm and 12.5 mSv, respectively. The mean SL value of unenhanced, arterial, venous and late phase series were 31.4 ± 3 , 21.9 ± 3 , 32.1 ± 4.5 and 22.7 ± 4.7 cm, respectively.

CONCLUSIONS: In this study, radiation dose parameters of RCTA scans were lower than the relevant literature.

KEYWORDS: Renal CT angiography, kidney transplant, radiation dose, volume computed tomography dose index, dose length product

Geliş Tarihi / Received: 27.08.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 16.11.2020

Yazışma Adresi / Correspondence: Dr. Öğr. Üyesi Eray ATLI

İstanbul Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Bölümü

E-mail: atlieray@gmail.com

Orcid No (Sırasıyla): 0000-0002-2639-9924, 0000-0001-6027-874X, 0000-0003-0622-2985, 0000-0001-7985-0734, 0000-0003-1622-7501

GİRİŞ

Son dönem böbrek hastalığı (SDBH), prevalansı %11 - 13 olan, dünya çapında bir sağlık sorunudur (1, 2). SDBH tedavisinde altın standart seçenek böbrek naklidir (3). Böbrek nakli kadavra veya canlı donörden yapılabilir. SDBH hastaları için artan organ ihtiyacını kadavra böbrekler tek başına karşılayamamaktadır. Diğer seçenek olan canlıdan yapılan böbrek nakillerinde, greft sağ kalımı kadavradan yapılan nakillere göre daha yüksektir (4 - 6). Kadavradan yapılan nakillere göre canlıdan böbrek nakli artış eğilimindedir.

Canlı böbrek nakli için organ bağıışı oranları değişken olmasına rağmen, son zamanlarda batı dünyasında da baskın böbrek nakli seçeneği haline gelmiştir (7, 8). Nakil öncesinde vericinin böbrek anatomisinin değerlendirilmesi cerrahlar açısından oldukça önemli olup, non-invaziv renal bilgisayarlı tomografi anjiyografi (RBTA) vasküler varyasyonların saptanmasında yararlıdır (9).

Canlıdan böbrek naklinde, cerrahi planlamaya etkisi olan arter, ven ve üreterlerin anatomisi ile varyasyonların saptanmasında BT'nin genel doğruluğu sırasıyla %94, %97 ve %99'dur (10). Bu çalışma ile amacımız merkezimizde böbrek nakli vericilerinde RBTA tetkikiğinin radyasyon dozunu saptamaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

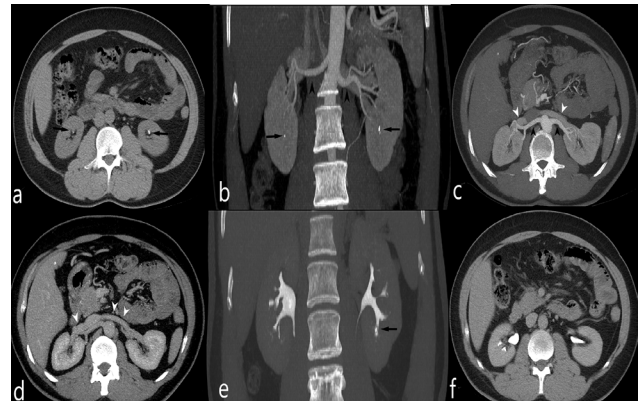
Hasta Verilerinin Toplanması

Merkezimizde, Temmuz 2017 ve Aralık 2019 tarihleri arasında çekilen RBTA tetkikleri çalışmaya dahil edildi. Görüntü arşivleme iletişim sisteminden (*picture archiving and communication system*, PACS) BT tetkiklerinin radyasyon dozu parametreleri elde edildi. Çekim esnasında BT cihazının hastaya verdiği radyasyon dozunu gösteren parametreler olan hacimsel BT doz indeksi (*Volume CT dose index*, CTDI_{vol}) ve tarama alanı boyunca alınan doz (*dose length product*, DLP) hasta doz raporundan kaydedildi. Hastanın aldığı radyasyon dozunu ifade eden etkin doz (ED), DLP değerinin ilgili anatomik bölgenin k katsayısı olan 0,015 ile çarpılmasıyla hesaplandı (11). Tarama uzunluğu (TU), DLP'nin CTDI_{vol}'e bölünmesi ile hesaplandı.

Renal BT Anjiyografi Protokolü

Merkezimizde RBTA 4 fazlı olarak uygulandı. Birinci faz (kontrastsız faz), böbreklerin lokalizasyonunu ve taş varlığını değerlendirmek için üst abdomene yönelik kontrastsız kesitlerden oluşmaktadır. İkinci faz (arteryel ya da kortikomedüller faz), intravenöz (İV) kontrast madde verilmesi sonrasında 25 - 30. s'de arterlerin sayı ve orijinlerinin değerlendirilmesi için böbreklere yönelik aksiyel kesitlerden oluşmaktadır.

Üçüncü faz (venöz ya da nefrografik faz), renal ven sayı ve uzunlukları ile üst abdominal diğer yapıların değerlendirilmesi için 65 - 75. s'de üst abdomene yönelik aksiyel kesitlerden oluşmaktadır. Dördüncü faz (geç ya da piyelografik faz), üst toplayıcı sistemin değerlendirilmesi için 5 - 10. dk'da böbreklere yönelik aksiyel kesitlerden oluşmaktadır. Suda çözünür non-iyonik İV kontrast madde (350 mgI/mL'lık form) otomatik çift enjektörlü bir sistem ile 1 ml/kg dozunda, 4 - 5 ml/s hız ile antekubital vene yerleştirilmiş 18-gauge kanül yoluyla verildi. İV kontrast madde zamanlaması için bolus izleme tekniği kullanıldı. Elde edilen aksiyel BT kesitlerinden, 2 ve 3 boyutlu reformat görüntüleri oluşturdu (**Resim 1**). Tetkikler 64 kesitli BT'de (*Optima CT 660, General Electric Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, ABD*) elde edildi. Protokolün çekim parametreleri özetlendi (**Tablo 1**).



Resim 1: a-f. Dört fazlı renal BT anjiyografi tetkikinde kontrastsız aksiyel (a), arteryel fazda koronal ve aksiyel MIP (b ve c), venöz fazda aksiyel (d) ile ekskresyon fazında koronal MIP ve aksiyel görüntüleri görülmektedir. a, b ve e'de böbrek taşlarına dikkat ediniz (siyah oklar). Bu hastanın bilateral tek renal arter (siyah ok başları) ve veni (yıldız) vardır (sol renal ven preaortik seyirlidir). Toplayıcı sistemde ise herhangi bir duplikasyon yoktur (e ve f). Tetkikin kontrastsız, arteryel, venöz faz ve ekskresyon fazının CTDI_{vol} ve DLP değerleri sırası ile 6,2 mGy ve 233 mGy.cm; 9,5 mGy ve 179 mGy.cm; 8,7 mGy ve 298 mGy.cm; 9,5 mGy ve 179 mGy.cm'dir (CTDI_{vol}: Hacimsel bilgisayarlı tomografi indeksi, DLP: Doz uzunluk çarpımı)

Tablo 1: Renal BT anjiyografi çekim parametreleri

Parametreler	Kontrastsız faz	Arteriyel faz	Venöz faz	Piyelografik faz
Kesit kalınlığı (mm)	5	1,25	1,25	1,25
Dedektör kapsama mesafesi (mm)	40	40	40	40
Tüp akımı (reference noise index) (mAs)*	80-250 (11,57)	80-350 (21,45)	80-450 (21,45)	80-350 (21,45)
Tüp potansiyeli (kV)	120	120	120	120
Gantry rotasyon zamanı (s)	0,5	0,6	0,6	0,6
Pitch	1,37	1,37	1,37	1,37
Tarama alanı	Üst abdomen	Böbrekler	Üst abdomen	Böbrekler

*Otomatik ekspozur sistemi kullanıldı.

Etik Kurul

Çalışma için İstanbul Okan Üniversitesi Etik Kurulundan retrospektif olarak alınmış olup (Karar no: 2019/115-1) hasta onamından feragat edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Kalitatif değişkenler sayı ile ifade edildi. Kuantitatif değişkenlerin normal dağılım açısından değerlendirilmesi Kolmogorov-Smirnov testi ile yapıldı. Normal dağılmayan değişkenler için ortanca (1. - 3. çeyrek) değerleri, normal dağılan değişkenler için ortalama \pm SS verildi. İstatistik analizleri için SPSS v23.0 (IBM, Armonk, New York, Amerika) programı kullanıldı.

BULGULAR

Belirtilen tarihler arasında merkezimizde 142 hastaya RBTA çekilmiş olup, hastaların % 54 (n=76)'ü erkek, % 46 (n=66)'sı kadındı. RBTA'sı elde edilen hastaların ortalama yaşı $43,8 \pm 12,5$ 'di. RBTA tetkiklerinin ortanca (ikinci çeyrek) toplam DLP, ED değerleri sırası ile 835 mGy.cm ve 12,5 mSv'dir (**Tablo 2**). Kontrastsız, arteriyel, venöz ve geç faz çekimlerin ortalama TU değerleri sırasıyla $31,4 \pm 3$, $21,9 \pm 3$, $32,1 \pm 4,5$ ve $22,7 \pm 4,7$ cm'di.

Tablo 2: Birinci, 2 (ortanca) ve 3. çeyrek CTD_{vol}, DLP ve ED değerleri

Parametreler	Kontrastsız Faz Ortanca (1-3. çeyrek)	Arteriyel Faz Ortanca (1-3. çeyrek)	Venöz faz Ortanca (1-3. çeyrek)	Piyelografik faz Ortanca (1-3. çeyrek)	Toplam Ortanca (1-3. çeyrek)
CTD _{vol} (mGy)	5,5 (4,4-7,5)	9,4 (5,7-13,4)	8,29 (5,1-11,7)	8,3 (4,8-11,9)	Uygulanamaz
DLP (mGy.cm)	178,3 (134,2-251,9)	203,5 (126,4-290,5)	260,6 (152,8-391,6)	176,6 (104,4-269,1)	835 (572,1-1243,3)
ED (mSv)	2,6 (2-3,7)	3 (1,8-4,3)	3,9 (2,2-5,8)	2,6 (1,5-4)	12,5 (8,5-18,6)

CTD_{vol}: Hacimsel bilgisayarlı tomografi doz indeksi, DLP: Tarama alanı boyunca alınan doz, ED: Etkin doz

TARTIŞMA

Bu çalışma ile amacımız merkezimizde canlı donörden yapılan böbrek nakli öncesinde, vericinin değerlendirilmesi sırasında elde edilen RBTA tekniği özetlemek, bunun yanı sıra RBTA radyasyon dozunu saptamak ve verilerimizi literatür ile karşılaştırmaktır. Canlı donörün böbrek nakli öncesi değerlendirilmesinin amacı böbreklerin anatomisinin belirlenmesi, cerrahi planlamaya etkisi olan arteriyel, venöz ve toplayıcı sistem varyasyonlarının saptanmasıdır. Renal arterler ve venler bir veya birden fazla sayıda olabilir ve anatomik varyasyon (retroaortik, sirkumaortik, retrokaval seyir vs) gösterebilir. Özellikle laparoskopik nefrektomi yapılıyorsa, vasküler anatomici organ nakli için böbrek seçiminde belirleyici role sahiptir. Böbrek içinde arteriyel herhangi bir anastomoz olmaması nedeniyle, her arteriyel dalın bir terminal arteri temsil etmesi ve bu dalların kesilmesi ya da zarar görmesi böbrekte iskemik hasara neden olur (12). Damarlara ait varyasyonların yanında, böbrek nakli öncesinde toplayıcı sistemin de değerlendirilmesi önemli olup, üst üriner sistemde varsa, parsiyel ya da komplet çift toplayıcı sistem varlığı ortaya konmalıdır. Ek olarak, her iki böbrek boyutları ve parankim kalınlıkları ölçülür ve böbrekler yer kaplayan lezyon ile taş açısından gözden geçirilir.

RBTA, donörün preoperatif değerlendirilmesinde tercih edilen yöntemdir (13 - 16). Çok kesitli BT'nin tanısallık doğruluğu % 95 - 100'dir ve yüksek uzaysal çözünürlüğü ve hızlı elde edilmesi sebebiyle MRG'ye tercih edilir. BT, aksesuar renal arterleri %89 - 97, renal arterlerdeki erken bifurkasyonu %93 - 97 ve renal ven anomalilerini %96 - 100 doğrulukla tespit edebilir (10, 16).

Çok fazlı bir BT protokolü, canlı böbrek vericilerinin minimal invaziv ve yüksek doğrulukta değerlendirilmesini sağlar.

Çalışmamızda tetkik protokolünde kontrastsız ve nefrografik faz üst abdomene yönelik iken, arteriyel ve piyelografik faz böbreklere yöneliktir. Tetkikin ortanca toplam DLP ve ED değerleri 835 mGy.cm ve 12,5 mSv'dir. Kontrastsız ve piyelografik fazı abdomen ile pelvise, arteriyel fazı böbreklere yönelik olan 3 fazlı bir BT ürografi çalışmasında ortalama ED değeri 14,8 mSv olarak bildirilmiş (17) ve 4 fazlı olan protokolümü-

ze göre bu değer daha yüksektir. Sahani ve ark. canlı böbrek donörlerinde 100, 120 ve 140 kV ile elde ettiği renal BTA'da arteriyel fazda taranan abdomenin ortalama CTDI_{vol} değerleri sırasıyla 12, 17 ve 25 mGy'dir (18). Çalışmamızda arteriyel fazın ortanca CTDI_{vol} değeri 9,4 mGy olup, bu değerlerden daha da düşüktür.

Davarpanah ve ark.larının potansiyel canlı böbrek vericilerinde 64 kesitli BT'de arteriyel fazda 80 ve 120 kV'de elde edilen renal anjiyografi tetkikinde ortalama CTDI_{vol} ve DLP değerleri çalışmamızın ortanca değerlerine göre daha yüksektir (CTDI_{vol} 120 kV'de 17,2 mGy, 80 kV'de 9,7 mGy ; DLP değeri 120 kV'de 500 mGy.cm, 80 kV'de 253,5 mGy.cm & CTDI_{vol} 9,4 mGy, DLP 203,5 mGy.cm) (19). Bir diğer 4 fazlı canlı donör değerlendirilmesi için elde edilmiş BTA tetkikinin toplam ED değeri 15 - 25 mSv aralığında bildirilmiş (20) ve çalışmamızın ortanca toplam ED'si bu değer aralığının altındadır. Zamboni ve ark.larının canlı böbrek vericilerinde radyasyon dozunu azaltan nefrografik ve piyelografik fazı birleştiren bir teknik bildirmiştir. Kontrastsız kesitleri abdomen ile pelvise, kombine arteriyel, venöz ve piyelografik fazı böbreklere yönelik olan düşük doz BTA tetkikinde ortalama DLP değeri 676 mGy.cm olup (21), çalışmamızın ortanca DLP değerinden düşüktür (835 mGy.cm).

Çalışmamızda RBTA tetkiklerinin radyasyon dozu parametreleri literatüre göre genellikle daha düşüktür. Dört fazlı RBTA protokolümüzün radyasyon dozu parametrelerinin literatüre göre düşük olması büyük olasılıkla RBTA tetkikinin 2 fazının üst abdomene 2 fazının böbreklere yönelik olmasıdır. Çekim parametrelerinde yapılacak değişiklikler ile de ilgili tetkikin radyasyon dozu daha da düşürülebilir.

Türkiye'de BT çekim sayısı 2008 yılından 2015 yılına kadar yaklaşık 3 kat artmıştır (22). BT'nin gün geçtikçe artan kullanımı, X-ışını maruziyetine bağlı kanser gelişimi endişesini de artırmaktadır (23, 24). Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD), BT tüm görüntüleme yöntemlerinin %12'sini oluşturmasına rağmen, popülasyonda medikal görüntüleme kaynaklı radyasyon maruziyetinin %50'sini oluşturmaktadır (25). BT'nin yararlarına karşın, kullanımı sınırlandıran başlıca neden X ışınına bağlı radyasyon maruziyetidir. BT tetkiki yararları göz önüne alındığında

mümkün olan en düşük radyasyon dozunda ve kabul edilebilir tanısal kalitede elde edilmelidir. Bu prensip "as low as reasonably achievable" yani ALARA olarak bilinir. BT tetkiklerinde radyasyon dozunu azaltmak için tüp potansiyeli (kV) ve akımı (mA) modülasyonu, gürültü azaltma yöntemleri gibi çeşitli teknikler bildirilmiştir (26 - 28). Doz azaltma yöntemlerinden bir diğeri de oldukça basit bir yöntem olan tarama uzunluğunun endikasyon bazlı mümkün olan en kısa şekilde ayarlanmasıdır. Badawy ve ark. (29), BT'de doğru tarama uzunluğu ile her bir taramanın ED'yi potansiyel olarak 2 mSv'ye kadar azaltılabileceğini bildirmiştir. Dört fazlı BT protokolümüz spesifik bir gruba özgü olduğu için tarama uzunluğunu olabildiğince kısa tutmaya çalıştık. Bu tutumun, DLP ve ED değerlerinin literatüre göre daha düşük olmasına katkısı kaçınılmazdır.

Çalışmamızda bir limitasyon vardır. RBTA tetkikinin fazlarının tarama uzunluğu teknisyenden teknisyene değişebilmektedir. Bu değişkenliği azaltmak adına fazlara yönelik tarama uzunluğu gereç ve yöntem bölümünde belirtilen referans anatomik bölgelere göre standardize edilmiştir.

Çalışmamızda RBTA tetkiklerinin radyasyon dozu parametreleri literatüre göre daha düşüktür. ALARA prensipleri ışığında elde edilen RBTA tetkiki radyasyon dozu tanısal kaliteden ödün verilmeden tüp potansiyeli ve akımı, vb. diğer parametrelerin ayarlanması ile daha da azaltılabilir, bu da gelecekteki çalışmaların konusu olabilir.

KAYNAKLAR

1. Kute VB, Prasad N, Shah PR, Modi PR. Kidney exchange transplantation current status, an update and future perspectives. *World J Transplant.* 2018;8(3):52-60.
2. Purnell TS, Luo X, Cooper LA, et al. Association of Race and Ethnicity With Live Donor Kidney Transplantation in the United States From 1995 to 2014. *JAMA.* 2018;319(1):49-61.
3. Roi GS, Mosconi G, Totti V, et al. Renal function and physical fitness after 12-mo supervised training in kidney transplant recipients. *World J Transplant.* 2018;8(1):13-22.
4. Koo DD, Welsh KI, McLaren AJ, Roake JA, Morris PJ, Fuggle SV. Cadaver versus living donor kidneys: impact of donor factors on antigen induction before transplantation. *Kidney Int.* 1999;56(4):1551-9.

5. Lowell JA, Brennan DC, Shenoy S, et al. Living-unrelated renal transplantation provides comparable results to living-related renal transplantation: a 12-year single-center experience. *Surgery*.1996;119(5):538-43.
6. Truog RD. The ethics of organ donation by living donors. *New Engl J Med*. 2005;353(5):444-6.
7. Price D. Living kidney donation in Europe: legal and ethical perspectives--the EUROTOLD Project. *Transpl Int*. 1994;7(1):665-7.
8. Davis CL, Delmonico FL. Living-donor kidney transplantation: a review of the current practices for the live donor. *J Am Soc Nephrol*. 2005;16(7):2098-110.
9. Ferhatoglu MF, Atli E, Gurkan A, Kebudi A. Vascular variations of the kidney, retrospective analysis of computed tomography images of ninety-one laparoscopic donor nephrectomies, and comparison of computed tomography images with perioperative findings. *Folia Morphol*. 2019.
10. Sahani DV, Rastogi N, Greenfield AC, et al. Multi-detector row CT in evaluation of 94 living renal donors by readers with varied experience. *Radiology*. 2005;235(3):905-10.
11. Christner JA, Kofler JM, McCollough CH. Estimating effective dose for CT using dose-length product compared with using organ doses: consequences of adopting International Commission on Radiological Protection publication 103 or dual-energy scanning. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194(4):881-9.
12. Hussain SM, Kock MC, JN IJ, Pattynama PM, Hunink MG, Krestin GP. MR imaging: a "one-stop shop" modality for preoperative evaluation of potential living kidney donors. *Radiographics*. 2003;23(2):505-20.
13. Kapoor A, Kapoor A, Mahajan G, Singh A. Multispiral CT angiography of renal arteries of live potential renal donors : A review of 118 cases. *Transplantation*. 2004;14(2):199-203.
14. Chai JW, Lee W, Yin YH, et al. CT angiography for living kidney donors: accuracy, cause of misinterpretation and prevalence of variation. *Korean J Radiol*. 2008;9(4):333-9.
15. Holden A, Smith A, Dukes P, Pilmore H, Yasutomi M. Assessment of 100 live potential renal donors for laparoscopic nephrectomy with multi-detector row helical CT. *Radiology*. 2005;237(3):973-80.
16. Kawamoto S, Montgomery RA, Lawler LP, Horton KM, Fishman EK. Multidetector CT angiography for preoperative evaluation of living laparoscopic kidney donors. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;180(6):1633-8.
17. Nawfel RD, Judy PF, Schleipman AR, Silverman SG. Patient radiation dose at CT urography and conventional urography. *Radiology*. 2004;232(1):126-32.
18. Sahani DV, Kalva SP, Hahn PF, Saini S. 16-MDCT angiography in living kidney donors at various tube potentials: impact on image quality and radiation dose. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;188(1):115-20.
19. Davarpanah AH, Pahade JK, Cornfeld D, Ghita M, Kul-karni S, Israel GM. CT angiography in potential living kidney donors: 80 kVp versus 120 kVp. *AJR Am J Roentgenol*. 2013;201(5):W753-60.
20. Ghonge NP, Gadanayak S, Rajakumari V. MDCT evaluation of potential living renal donor, prior to laparoscopic donor nephrectomy: What the transplant surgeon wants to know? *Indian J Radiol Imaging*. 2014;24(4):367-78.
21. Zamboni GA, Romero JY, Raptopoulos VD. Combined vascular-excretory phase MDCT angiography in the preoperative evaluation of renal donors. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194(1):145-50.
22. Schmid D. Computed tomography (CT) scan examinations in Turkey 2008-2015. 2018; <https://www.statista.com/statistics/862506/computed-tomography-scan-examinations-in-turkey/>.Erişim 25.07.2020.
23. Berrington de Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*. 2004;363(9406):345-51.
24. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2012;380(9840):499-505.
25. Schauer DA, Linton OW. NCRP Report No. 160, Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, medical exposure--are we doing less with more, and is there a role for health physicists? *Health Phys*. 2009;97(1):1-5.
26. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Strategies for CT radiation dose optimization. *Radiology*. 2004;230(3):619-28.
27. McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM, Jr. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics*. 2006;26(2):503-12.
28. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: Ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194(4):868-73.
29. Badawy MK, Galea M, Mong KS, U P. Computed tomography overexposure as a consequence of extended scan length. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2015;59(5):586-9.