



IJBCM

International Journal of Basic and Clinical Medicine  
Uluslararası Temel ve Klinik Tıp Dergisi

Research Article / Araştırma Makalesi

## Soliter Böbrek İle Normal Böbreğin BT Görüntüleri Üzerinde Morfolojik Olarak Karşılaştırılması

Morphological Comparison of Solitary and Normal Kidney on Ct Images

Veli Çağlar<sup>1</sup>, Ömer Kurt<sup>2</sup>, Ramazan Uygur<sup>1</sup>, Ümit Şener<sup>3</sup>, Ömer Özçağlayan<sup>4</sup>, Zeynettin Kasırga<sup>1</sup>, Berrin Tuğtağ<sup>1</sup>

Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi <sup>1</sup>Anatomi AD, <sup>2</sup>Üroloji AD, <sup>3</sup>Fizyoloji i AD, <sup>4</sup>Radyoloji AD, Tekirdağ

### Özet

#### Amaç

Çalışmamız soliter böbrek ile sağlıklı iki böbreğe sahip bireylerde böbrek boyut ölçümleri ve stereolojik yöntemle böbrek hacim hesaplamasının yapılması ve iki grup arasındaki morfolojik farklılıkların belirlenmesi amaçlandı.

#### Materyal ve Metot

Herhangi bir şikayet ile Namık Kemal Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezine başvuru, kontrast madde verilerek abdominal bilgisayarlı tomografisi (BT) çekilen hastalar çalışmaya dahil edildi. Hacim ölçümleri BT görüntüleri üzerinde Cavalieri prensibi ile yapıldı.

#### Bulgular

Çalışmamıza katılan bireylerin 22'si soliter böbrek, 30'u sağlıklı iki böbreğe sahiptir. Normal grup için böbrek hacim ortalaması 159 cm<sup>3</sup>, böbrek uzunluğu 10.7 cm, genişliği 6.6 cm ve kalınlığı 5 cm olarak bulundu. Soliter böbrek grubunda ise, böbrek hacmi 274 cm<sup>3</sup>, uzunluğu 12 cm, genişliği 7 cm ve kalınlığı 6 cm bulundu.

#### Sonuç

Soliter böbrek, normal böbreğe göre daha uzun, daha geniş, daha kalın ve hacimsel olarak da daha büyük olma eğilimindedir. Çalışmamızda soliter böbrek ile sağlıklı iki böbreğe sahip bireyler arasında, böbrek boyut ve hacim ölçümleri ile ilgili morfolojik farklılıklar ortaya konulmuştur. Elde edilen bu bulgular bazı böbrek hastalıklarının klinik tanı ve tedavisinde böbrek boyut ve hacminin doğru olarak değerlendirilmesi açısından literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Böbrek hacmi, böbrek uzunluğu, BT, Cavalieri prensibi

### Abstract

#### Aim

This study was undertaken to compare the morphological differences between individuals with one functioning kidney and individuals with two functioning kidneys through the measurement of dimensions and stereological renal volume estimations.

#### Materials and Methods

The target sample consisted of patients who underwent an abdominal CT examination after attending Namık Kemal University's Clinical Research and Application Center seeking medical attention. The volumetric estimations of CT images were based on the Cavalieri Principle.

#### Results

Of the overall study population, 22 had one healthy kidney and 30 had two healthy kidneys. Average renal dimensions were volume 159 cm<sup>3</sup>, length 10.7 cm, width 6.6 cm, and thickness 5 cm among anatomically normal individuals. The corresponding figures in the sole-functioning kidney group were volume 274 cm<sup>3</sup>, length 12 cm, width 7 cm, and thickness 6 cm.

#### Conclusion

Sole-functioning kidneys were longer, thicker, wider, and more voluminous compared with normal kidneys. We believe that the morphological differences between solitary and normal kidneys observed in this study in terms of dimensions and volume may represent a contribution to the existing literature that may assist in accurate volume and dimension estimations for clinical diagnosis and treatment of renal conditions.

**Key words:** Kidney volume, kidney length, CT, Cavalieri Principle

### Corresponding Author / Sorumlu Yazar:

Dr. Veli Çağlar  
Namık Kemal Üniversitesi, Tıp Fakültesi  
Anatomi Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye  
Telefon: (+90) 282 250 5523  
E-mail: vcaglar32@hotmail.com

### Article History / Makale Geçmişi:

Date Received / Geliş Tarihi: 02.07.2014  
Date Accepted / Kabul Tarihi: 20.08.2014

**Giriş**

Böbreklerle ilgili morfolojik yapıların hacim ve boyutlarının somut olarak ortaya konulması oldukça önemlidir. Böbrek anatomisinde özellikle böbrek boyutu ve nefron kitlesinde yaşın ilerlemesi ile birlikte meydana gelen değişiklikler, böbrek hastalıklarının gelişiminde önemli bir faktördür<sup>1</sup>. Böbrek yapısına ait korteks, medulla ve kaliksiyel yapılarda meydana gelen gelişme geriliği, patoloji ve anomalilerle sonuçlanmaktadır. Böbrek hacmi ve boyutu, atrofi, hipoplazi ve hipertrofi gibi böbrek büyüklüğü ve anomalilerinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli birer parametredir. Son elli yılda soliter böbrek hastalıkları insidansı en az iki kat artmıştır. 9000 den fazla otopsi üzerinde yapılan histopatolojik çalışmalarda soliter böbrek insidansı 1:1000 olarak bulunmuştur<sup>2</sup>. Genel populasyon içinde ultrasonografi kullanarak yapılan çalışmada insidansın 1:500 olduğunu bildirilmiştir<sup>3</sup>. Böbrek yetmezliğinin farklı aşamalarındaki soliter böbrek hastalıklarının etkili bir konservatif tedavileri klinik pratikte henüz uygulanmamaktadır. Sadece kronik böbrek yetmezliğinin son evrelerinde hemodiyaliz ve böbrek transplantasyonu uygulanmaktadır<sup>4</sup>. Bu nedenle tek böbrekli olgularda böbrek hacim ve boyutlarında meydana gelen değişikliklerin ortaya konulması önem arz etmektedir. Böbrek hacim ve boyutu ile ilgili elde edilen morfolojik bilgiler, teşhis ve tedavi sonrası takip açısından oldukça önemlidir.

Böbrek hastalıklarının teşhisi, klinik değerlendirilmesi ve tedavi seçeneğinin belirlenmesinde, radyolojik görüntüleme yöntemleriyle elde edilen böbrek hacim ve boyut ölçümleri önemli bilgiler vermektedir<sup>5,6</sup>. Gerek deneysel gerekse klinik çalışmalarda çeşitli radyolojik görüntüleme yöntemleriyle ölçülen böbrek hacim ve boyut ölçümlerinin,

böbreğin fonksiyonel parametreleriyle yakın ilişki gösterdiği belirtilmektedir. Görüntüleme yöntemlerinden BT böbrek hacim ölçümünde güvenilir ve hassas bir yöntemdir<sup>6,7</sup>.

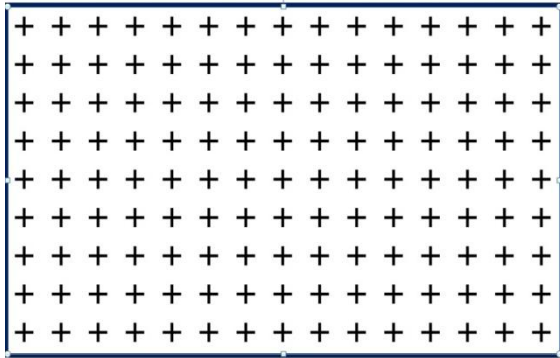
Çalışmamızda soliter böbrek ile sağlıklı iki böbreğe sahip bireylerde, böbrek boyut ölçümleri ve stereolojik yöntemle böbrek hacim hesaplamasının yapılması ve iki grup arasındaki morfolojik farklılıkların tespit edilmesi ve amaçlandı. Klinik tanı ve tedavide böbrek boyut ve hacminin doğru olarak değerlendirilmesi çok önemlidir. Bu nedenle bu organlara ait normal parametrelerin saptanması bu değişiklikleri doğru değerlendirebilmek için gereklidir. Normal böbrek ile soliter böbrek arasındaki boyutsal ve hacimsel farklılıkların tespit edilmesi, böbrek gelişimi, patolojisi ve anomalilerinin değerlendirilmesinde klinisyenlere yardımcı olacağı düşüncesindeyiz.

**Materyal ve Metot**

Herhangi bir şikayet ile Namık Kemal Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezine başvurup, intravenöz non-iyonik iyotlu kontrast madde verilerek abdominal BT'si (Lightspeed, GE, Milwaukee, U.S.A) çekilen hastalar çalışmaya dahil edildi. Yaş aralığı 25-83 yıl olan katılımcılar 52 erkek bireyden oluşmaktadır. Katılımcıların 30'u sağlıklı iki böbreğe sahip ve kontrol grubu olarak tanımlandı, 22'si ise soliter böbreğe sahip ve çalışma grubu olarak tanımlandı. Hacim ve boyut ölçüm çalışmaları her iki grubun sağ böbrekleri üzerinde yapıldı. Çalışmaya, böbrek morfolojisini etkileyebilecek herhangi bir hastalık veya abdominal patolojiye sahip olmadığı klinik ve radyolojik olarak tespit edilmiş hastalar dahil edildi. 4-5 mm kesit kalınlığındaki abdominal BT görüntüleri retrospektif olarak incelendi. BT çekimi esnasında cinsiyet, yaş (yıl), boy (cm), ağırlık

(kg) gibi demografik bilgileri kayıt edilmiş olan hastalar çalışmaya dahil edildi.

BT görüntülerinin kesit kalınlığı ve kesitler arası boşluk miktarı aksiyel planda 5 mm/0,5 mm idi. Ölçümler PACS Sistemi (Enlil, Eroğlu, Eskişehir) üzerinden aksiyel (transvers) BT kesitleri kullanılarak stereolojik yöntemlerden Cavalieri metodu ile yapıldı. BT görüntülerinin her bir kesitinde böbrek üzerine noktali alan ölçüm cetveli (NAÖC) (Şekil 1) rastgele yerleştirildi ve böbrek üzerine düşen noktalar sayıldı (Resim 1). Sayım işlemi her bir kesit görüntüsü için üç defa yapıldı ve bu sayımların ortalaması alındı. Sayım esnasında NAÖC üzerinde bulunan ve noktayı temsil eden işaretin sağ üst köşesi kullanıldı (Şekil 2).

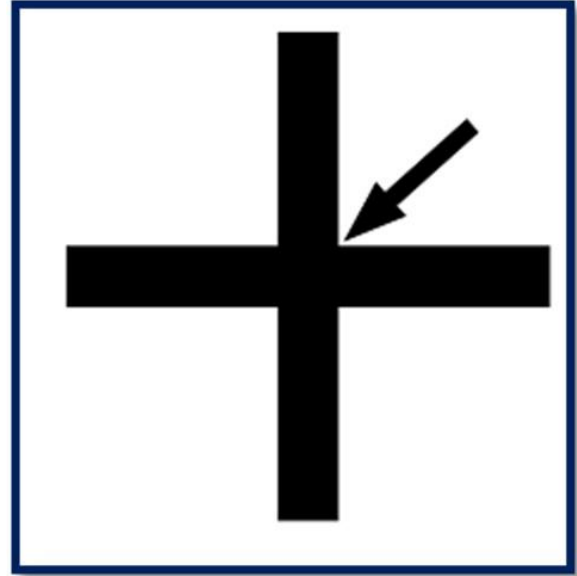


Şekil 1. Nokta sayımında kullanılan noktali alan ölçüm cetveli.



Resim 1. BT görüntüsü üzerinde böbrek üzerine denk gelen noktali alan ölçüm cetveline ait noktalar (a: aorta abdominalis, b: böbrek, c: corpus vertebra).

Görüntüde böbrek sınırları içerisinde kalan noktalar sayıma dahil edildi. Sınırın dışındaki diğer noktalar, sınıra çok yakın olsalar bile



Şekil 2. Noktali alan ölçüm cetvelinde iki doğrunun kesişim yeri, (+) işaretinin iki kolunun birleştiği köşe (okla gösterilen) nokta olarak kullanılır.

sayıma dahil edilmedi<sup>8,9</sup>. Sayım sonrası elde edilen veriler aşağıdaki formüle göre hazırlanmış bir Microsoft Office Excel hesap tablosu sayfasına girilerek böbrek hacim hesaplaması yapıldı.

$$V = t \times [(SU \times d) / SL]^2 \times \Sigma P$$

Formülde "t" kesit kalınlığını, "SU" BT görüntülerindeki skalanın gösterdiği uzunluğu, "d" noktali alan ölçüm cetvelindeki noktalar arasındaki mesafeyi, "SL" BT görüntülerindeki skalanın uzunluğunu, "P" ise her bir seri kesit görüntüsünden elde edilen nokta sayısını göstermektedir.

BT görüntüleri üzerinde her bir hasta için böbrek uzunluğu, genişliği ve kalınlığı ölçüldü. Böbrek uzunluğu, hacim ölçümü için kullanılan görüntü sayısı ile görüntünün kesit kalınlığı arasındaki çarpım ile elde edildi. Örneğin, böbrek hacim ölçümü 5 mm kesit kalınlığındaki 12 BT görüntüsü üzerinde yapıldı ise böbrek uzunluğu 60 mm olarak kabul edildi. Böbrek genişliği ve kalınlığı BT görüntüleri üzerinde NAÖC ile yapılan nokta sayımında en fazla noktaya sahip görüntü üzerinde yapıldı. Böbreğin üst ve alt yönde birbirine en uzak iki

nokta arası genişliğin ölçümünde, yine birbirine en uzak medial ve lateral iki nokta arası kalınlığın ölçümünde kullanıldı. İstatistiksel analizler için SPSS 15.0 for Windows istatistik paket programı kullanıldı. Tüm değerlerin ortalama ve standart sapmaları (ortalama± SD) hesaplandı. Böbrek hacim ve boyut ölçümleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi Pearson korelasyon analiziyle değerlendirildi. İki grup arası değerlendirmelerde student-t test ve gereğinde ki-kare testi kullanıldı. P<0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

### Bulgular

Çalışma grubunun yaş ortalaması 48 iken, kontrol grubunun yaş ortalaması 57'dir. Gruplar arasında yaş (p=0.008) ve vücut uzunluğu ortalamaları arasındaki fark (p=0.017) istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, vücut ağırlığı (p>0.05) ortalamaları arasındaki fark ise anlamlı değildi (Tablo 1). Çalışma grubunun böbrek hacim ortalaması 274.9 cm<sup>3</sup>, uzunluğu 12.1 cm, genişliği 7.1 cm ve kalınlığı 6.2 cm olarak bulundu. Kontrol grubunun ise böbrek hacim ortalaması 159.3 cm<sup>3</sup>, uzunluğu 10.7 cm, genişliği 6.6 cm ve kalınlığı 5 cm olarak bulundu. İki grup arası karşılaştırmada böbrek hacmi (p<0.0001), uzunluğu (p<0.0001), genişliği (p=0.039) ve kalınlığı (p<0.0001) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi (Tablo 1).

Çalışma grubunda böbrek hacmi ile vücut uzunluğu arasında istatistiksel olarak önemli korelasyon (r= 564, p=0.006) tespit edilirken, yaş ve vücut ağırlığı ile korelasyon tespit edilemedi (Tablo 2). Yine böbrek hacmi ile böbrek uzunluğu (r= 704, p<0.0001), genişliği (r= 636, p=0.001) ve kalınlığı (r= 809, p<0.0001) arasında güçlü bir korelasyon tespit edildi. Kontrol grubunda ise böbrek hacmi ile vücut uzunluğu, yaş ve vücut ağırlığı arasında herhangi bir ilişki saptanmadı (Tablo 2).

Böbrek hacmi ile böbrek uzunluğu (r= 674, p<0.0001), genişliği (r= 668, p<0.0001) ve kalınlığı (r= 414, p=0.023) arasında güçlü bir ilişki tespit edildi.

Çalışma grubunda vücut uzunluğu ile böbrek genişliği (r= 543, p=0.009) ve kalınlığı (r= 473, p=0.026) arasında korelasyon bulunurken, yaş ve vücut ağırlığı ile ilişki saptanamadı. Kontrol grubunda ise böbrek genişliği ile yaş (r= -463, p=0.010) ve vücut uzunluğu (r= 467, p=0.009) arasında korelasyon tespit edildi.

**Tablo 1.** Katılımcıların demografik bilgileri ve çalışma bulguları

	Çalışma Grubu (22)	Kontrol Grubu (30)	p
Yaş (yıl)	48.6 ± 16.5	56.9 ± 7	0.018
Boy (cm)	165.5 ± 5.7	170.2 ± 7.6	0.017
Kilo (kg)	72 ± 15.2	73.9 ± 13	<0.001
BH (cm <sup>3</sup> )	274.9 ± 84.6	159.3 ± 36.7	<0.0001
BU (cm)	12.1 ± 1.33	10.7 ± 1.39	<0.0001
BG (cm)	7.1 ± 0.7	6.6 ± 0.8	0.039
BK (cm)	6.2 ± 1	5.05 ± 0.5	<0.0001

Ortalama değer ± Standart sapma. p: İki grup arası istatistiksel farklılık değeridir. AD: Anlamlı değil (p>0.05). BH: Böbrek hacmi, BU: Böbrek uzunluğu, BG: Böbrek genişliği, BK: Böbrek kalınlığı.

**Tablo 2.** Böbrek hacim ve boyutlarının vücut kompozisyonu ile korelasyonu

	Yaş (yıl)		Kilo (kg)		Boy (cm)	
	Ç	K	Ç	K	Ç	K
Hacim	R				0.564	
	p				0.006	
Uzunluk	R	AD			AD	
	p				AD	
Genişlik	R	AD	-0.466	AD	0.543	0.467
	p		0.01		0.009	0.009
Kalınlık	R				0.473	
	p				0.026	

Ç: Çalışma Grubu, K: Kontrol Grubu, r: korelasyon katsayısı, p: olasılık değeri, AD: anlamlı değil.

### Tartışma

Literatürde böbrek hacmi ile böbrek fonksiyon parametreleri arasında ciddi bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir<sup>10</sup>. Seyer-Hansen ve ark.<sup>11</sup> ratlarda yaptıkları kompensatuar renal hipertrofi çalışmasında, tek taraflı yapılan nefrektomi sonrası karşı tarafta renal hipertrofi geliştiğini stereolojik verilerle ortaya koydular.

Ayrıca soliter böbreğin, adaptasyona yanıt olarak normal böbrekten daha uzun olma eğiliminde olduğu belirtildi<sup>12</sup>. Bizim çalışma sonuçlarımız da literatürle uyumludur. Çalışmamızda soliter böbrek hacmini, uzunluğunu, genişliğini ve kalınlığını kontrol grubundan daha fazla olduğunu tespit ettik. Çalışma grubunda böbrek hacmi ile vücut uzunluğu arasında iyi bir ilişki saptanırken kontrol grubunda ise bu ilişki saptanmadı. Yapılan çalışmalarda böbrek hacmi ile erkek cinsiyet, vücut kitle indeksi, vücut yüzey alanı ve glomerüler filtrasyon hızı (GFH) arasında pozitif ilişkinin olduğu gösterilmiştir<sup>6,10,13,14</sup>.

Mei-Zahav ve ark.<sup>15</sup> çalışmalarında soliter böbrekli çocukların sistolik kan basıncını, böbrek uzunluğunun fazla olmasından dolayı kontrol grubundan daha yüksek olarak buldu. Wasilewska ve ark.<sup>16</sup> çalışmalarında sağlıklı kongenital soliter böbreğe sahip çocuklarda glomerüler filtrasyon hızının sağlıklı iki böbreğe sahip olanlarla benzer değerde olduğunu tespit etmiştir. Ancak, yapılan hayvansal deney çalışmaları sonucunda böbreğin telafi edici yöndeki büyüme ve fonksiyonel yanıtlarının hipertansiyon, glomeruloskleroz, proteinüri ve hatta progresif böbrek yetmezliğinin başlamasına sebep olması ile uzun vadede zararlı etki edeceği belirtilmiştir<sup>12</sup>. Bu görüşü destekleyen çalışmalar mevcuttur. Heinonen<sup>17</sup> hem hamile hemde uterus anomalisi bulunan soliter böbrekli ve normal iki böbreğe sahip bireyler üzerinde bir çalışma yaptı. Çalışma sonucunda soliter böbrekli kişilerde gestasyonel hipertansiyon, pre-eklampsi veya gestasyonel proteinürinin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu buldu. Duke ve ark.<sup>18</sup> Kallmann sendromlu genç erişkinlerde soliter böbreğin, hipertansiyon, proteinüri ve progresif böbrek yetmezliği ile ilişkili olabileceğini bildirdi. Böbrek büyüklüğü ve nefron miktarı yaşın ilerlemesi ile birlikte böbrek hastalığı gelişiminde önemli bir etkidir<sup>1</sup>. Yaşın

ilerlemesi ile birlikte böbrek kitlesinde azalma olduğu gibi glomerül sayısında da azalma olmaktadır<sup>19</sup>. Elli yaşından sonra böbrek kitlesinde azalma daha da artmaktadır. Otuz yaşında 200-270 gr olan böbrek kitlesi, 80 yaşında %20-%30 oranında azalarak 180-200 gr'a düşer<sup>20</sup>. Bu kitle kaybı medulla dokusundan ziyade esas olarak korteks dokusunda olmakta ve korteks dokusunun yerini yağ ve fibrotik doku almaktadır. Hatta 20-40 yaş arası kronik böbrek yetmezliği sıklığı %4'iken 70'li yaşlarda bu oran %45'lere kadar çıkmaktadır<sup>21</sup>. Yapılan bir çalışmada 20'li yaşlarda nefroskleroz oranı yaklaşık %3 iken 70'li yıllarda bu oran %70'lere kadar çıkmaktadır<sup>22</sup>. Nefron miktarının azalması hiperfiltrasyona yol açar. Bu da glomerül içi basıncı artırır ve glomeruloskleroza sebep olur. Bunun sonucu olarak esansiyel hipertansiyon (HT) gelişir. Bunun da böbrek hastalığının ilerlemesinde etken olduğu ileri sürülmektedir<sup>23</sup>. Keller ve ark.<sup>24</sup> yaptıkları kontrollü çalışmada esansiyel HT olan grubun normotansif gruba göre çok daha düşük nefron sayısına (%46) ve daha büyük glomerül hacmine sahip olduğunu saptadılar<sup>24</sup>. Yapılan çalışmalarda nefrosklerosis'in ileri yaş, HT, diyabet, hiperlipidemi, obezite ve proteinüri ile ilişkili olduğu belirtildi<sup>22,25</sup>. Literatürde birçok çalışmada böbrek hacmi ile yaş arasında negatif ilişkinin olduğu belirtilmiştir<sup>6,10,13,14</sup>. Çalışmamızda hem kontrol grubu hem de soliter böbrek grubunda yaşla ilişki korelasyon bulunamadı. Bunun nedeninin çalışma gruplarında yer alan katılımcı sayılarındaki azlığın sebep olduğu düşünülmektedir.

Soliter böbrek, normal böbreğe göre daha uzun, daha geniş, daha kalın ve hacimsel olarak da daha büyük olma eğilimindedir. Bu durum soliter böbreğin, vücut fonksiyonlarına adaptasyonun bir yanıtı olarak açıklanabilir. Çalışmamızda soliter böbrek ile sağlıklı iki

böbreğe sahip bireyler arasında, böbrek boyut ve hacim ölçümleri ile ilgili morfolojik farklılıklar ortaya konulmuştur. Elde edilen bu bulgular bazı böbrek hastalıklarının klinik tanı ve tedavisinde böbrek boyut ve hacminin doğru olarak değerlendirilmesi açısından literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Barker DJ, Bull A R, Osmond C, Simmonds SJ. Fetal and placental size and risk of hypertension in adult life. *BMJ* 1990; 301(6746): 259–62.
- Kiprov DD, Calvin RB, McLuskey RT. Focal and segmental glomerulosclerosis and proteinuria associated with unilateral renal agenesis. *Lab Invest* 1982;46(3):275–81.
- Roodhooft AM, Birnholz JC, Holmes LB. Familial nature of congenital absence and severe dysgenesis of both kidneys. *N Engl J Med* 1984;310(21):1341–45.
- Tiuzikov IA, Grekov EA, Martov AG. Diseases of solitary kidney: the history and evolution of scientific issues. *Urologia*. 2013;6(6):103-10.
- Luyckx VA, Brenner BM. The clinical importance of nephron mass. *J Am Soc Nephrol*. 2010;21(6):898-910.
- Hwang HS, Yoon HE, Park JH, et al. Noninvasive and direct measures of kidney size in kidney donors. *Am J Kidney Dis*. 2011;58(2):266-71.
- Giral M, Nguyen JM, Karam G, et al. Impact of graft mass on the clinical outcome of kidney transplants. *J Am Soc Nephrol*. 2005;16(1):261-8.
- Canan S, Sahin B, Odacı E ve ark. Toplam hacim, hacim yoğunluğu ve hacim oranlarının hesaplanmasında kullanılan bir stereolojik yöntem: cavalieri prensibi. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri* 2002;22(1):7–14.
- Çağlar V, Songur A, Yagmurca M, et al. Age-related volumetric changes in pancreas: a stereological study on computed tomography. *Surg Radiol Anat* 2012;34(10):935-41.
- Muto NS, Kamishima T, Harris AA, et al. Renal cortical volume measured using automatic contouring software for computed tomography and its relationship with BMI, age and renal function. *Eur J Radiol*. 2011;78(1):151-6.
- Seyer-Hansen K, Gunderson HJG, Otterby R. Stereology of the rat kidney during compensatory renal hypertrophy. *Acta Path Microbiol Immunol Scand Sect A*. 1985;93(1):9-12.
- Woolf AS. The single kidney. In Stringer MD, Oldham KT, Mouriquand PD eds, *Pediatric Surgery and Urology: Long-Term Outcomes*, Chapt. 54. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006;675-82.
- Velosa JA, Öfford KP, Schroeder DR. Effect of age, sex, and glomerular filtration rate on renal function outcome of living kidney donors. *Transplantation* 1995;60(12):1618–21.
- Zeier M, Dohler B, Opelz G, Ritz E. The effect of donor gender on graft survival. *J Am Soc Nephrol* 2002;13(10):2570–6.
- Mei-Zahav M, Korzets Z, Cohen I, et al. Ambulatory blood pressure monitoring in children with a solitary kidney – a comparison between unilateral renal agenesis and uninephrectomy. *Blood Press Monit* 2001;6(5):263–7.
- Wasilewska A, Zoch-Zwierz W, Jadeszko I, et al. Assessment of serum cystatin C in children with congenital solitary kidney. *Pediatr Nephrol* 2006;21(5):688–93.
- Heinonen PK. Gestational hypertension and preeclampsia associated with unilateral renal agenesis in women with uterine malformations. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2004;114(1):39–43.
- Duke V, Quinton R, Gordon I, Bouloux PM, Woolf AS. Proteinuria, hypertension and chronic renal failure in X-linked Kallmann's syndrome, a defined genetic cause of solitary functioning kidney. *Nephrol Dial Transplant* 1998;13(8):1998–2003.
- Nyengaard JR, Bendtsen TF. Glomerular number and size in relation to age, kidney weight, and body surface in normal man. *Anat Rec* 1992;232(2):194-201.
- Tauchi H, Tsuboi K, Okutomi J. Age changes in the human kidney of the different races. *Gerontologia* 1971;17(2):87-97.
- Coresh J, Selvin E, Stevens LA, et al. Prevalence of chronic kidney disease in the United States. *Jama* 2007;298(17):2038–47.
- Rule AD, Amer H, Cornell LD, et al. The association between age and nephrosclerosis on renal biopsy among healthy adults. *Ann Intern Med*. 2010;152(9):561-7.
- Brenner BM, Garcia DL, Anderson S. Glomeruli and blood pressure. Less of one, more the other? *Am J Hypertens*. 1988;1(4):335-47.
- Keller G, Zimmer G, Mall G, Ritz E, Amann K. Nephron number in patients with primary hypertension. *N Engl J Med*. 2003;348(2):101-8.
- Erten S, Gungor O, Sen S, et al. Nephrosclerosis and carotid atherosclerosis: lessons from kidney donor histology. *Nephrology (Carlton)*. 2011;16(8):720-4.