



Yarı Otomatik Bir Yöntemle Böbrek, Korteks ve Medulla Hacimlerinin Hesaplanması

Calculation of Renal, Cortex and Medulla Volumes using Semi Automated Method

Vural Taner Yılmaz¹, Gökalp Tulum², Tuncer Ergin³, Ferhat Cüce³, Özgür Dandin⁴, Hüseyin Koçak¹, Abdullah Kısaoğlu⁵, İsmail Demiryılmaz⁵, Bora Dinç⁶, Muhittin Yaprak⁵, Bülent Aydın⁵, Onur Osman²

¹Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, İç Hastalıkları AD.,
Nefroloji BD., Prof. Dr. Tuncer Karpuzoğlu Organ Nakli Merkezi, Antalya/Türkiye,
vuraltaneryl@yahoo.com.tr, hkocakakdeniz.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
gokalptulum@arel.edu.tr, onurosman@arel.edu.tr

³Radyoloji Bölümü, SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye
tuncerergin@yahoo.com, ferhatcuce@hotmail.com

⁴Genel Cerrahi Servisi, SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye
dandinozgur@gmail.com

⁵Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Genel Cerrahi AD., Prof. Dr.
Tuncer Karpuzoğlu Organ Nakli Merkezi, Antalya/Türkiye
kisaoglu.a@gmail.com, bulentaydinli@gmail.com, ismail-2007@hotmail.com, muhittin.yaprak@gmail.com

⁶Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD.,
Antalya/Türkiye, drboradinc@gmail.com

Özetçe—Böbrek nakli sonrasında böbrek, korteks ve medulla hacimlerinin sağ kalımla ilişkisi olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada yarı otomatik bir yöntemle böbreğe ilişkin hacimlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilen yazılım sayesinde radyologlar çeşitli araçlar kullanarak bu hacimleri elde edebilmektedir. Çalışmada 5 vericiye ait 10 adet böbrek kullanılmıştır. Geliştirilen yöntemin ilk verdiği hacim sonuçlarıyla radyologların üzerinde çeşitli düzeltmeler yaptığı hacim sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Hacim hata oranı böbrek için %0,62±0,01, korteks için %1,26±0,01 ve medulla için %1,23±0,01 olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Böbrek nakli; böbrek, korteks ve medulla segmentasyonu.

Abstract—It is assumed that renal volume with cortex and medulla volumes are related with recovery of the kidney after transplantation. In this study it is aimed that a semi automated method is developed for renal volumes. These volumes can be obtained with some tools in the developed interface. We used 10 kidneys of 5 donors in this study. The first outputs of the method were compared to the tuned ones and it is found that the first outputs are very close to the corrected contours. Volume error rates were obtained as 0.62%±0.01 for total renal volume, 1.26%±0.01 for cortex volume and 1.23%±0.01 for medulla volume.

Keywords — Renal transplantation; segmentation of kidney, cortex and medulla.

I. GİRİŞ

Böbrek hacmi böbrek boyutunun en kesin göstergesi olarak kabul edilir ve son çalışmalar göstermiştir ki BT tabanlı volüm ölçümleri nükleer tabanlı split böbrek fonksiyon teknikleri ile etkili bir korelasyona sahiptir ve transplant öncesi vericiden alınan böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde mevcut metodların yerini alma potansiyelini taşımaktadır.

Brenner ve Milford böbrek greft fonksiyonunu sürdürmek için karşılanması gereken kritik bir nefron yükünün olduğunu bildirmişlerdir [1]. Nefron sayısı bir donörde kolayca ölçülemez ve böylelikle böbrek volümü bir belirteç olarak kullanılmıştır. Daha büyük veya daha genç donörlerden alınan böbrek alıcıları arasında üstün allogreft sağkalımı gözlenmiştir; bu durum artmış nefron dozuna sekonder olduğu düşünülebilir [2].

Çeşitli çalışmalarda bağışlanan böbrek hacminin nakil sonrası sonuçları etkilediği gösterilmiştir [3]. Bu nedenle böbrek volümünün doğru ve kesin metodlarla ölçülmesinin büyük bir klinik önemi vardır.

Literatürde intraabdominal organ segmentasyonu için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlar voksel-tabanlı segmentasyon [4], bölge-tabanlı segmentasyon [5], lokal bilgiye dayalı şekilsel-tabanlı segmentasyon [6] ve global bilgiye dayalı şekilsel-tabanlı metodlardır [7-9].

Bu çalışmanın motivasyonu böbrek naklinde vericinin böbreğinin ve böbreği oluşturan yapılardan korteks ve medullanın hacimlerinin böbrek sağ kalımıyla ilişkisinin yüksek olduğunun düşünülmesidir. Bu hipotezin doğrulanabilmesi için çok sayıda verici böbreğiyle birlikte korteks ve medullanın radyologlar tarafından segmente edilmesi ve sağ kalım süreleriyle ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu bildiride radyologlar için böbrek, korteks ve medulla kontörlerini hızlı bir biçimde çizmelerini sağlayacak yarı otomatik bir arayüz geliştirilmiştir. Çalışmanın bu kısmında geliştirilen yarı otomatik yöntemin hacim hesaplamasının performans analizleri sunulacaktır.

II. MATERYAL VE METOD

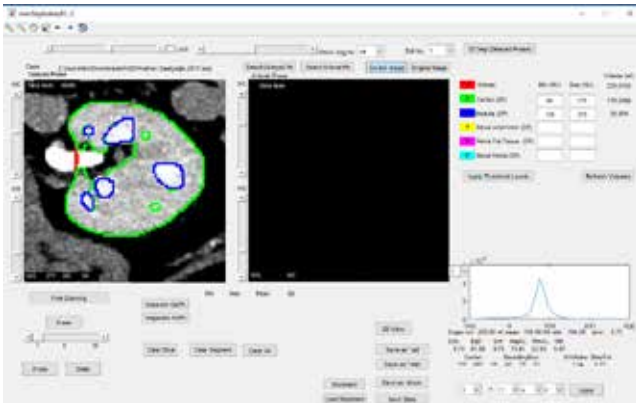
A. Veri

Çalışmada Akdeniz Üniversitesi Organ Nakli Merkezinde donör olmuş 5 kişiye ait BT görüntüleri kullanılmıştır. Hem anjiyo hem de geç faz çekimleri yapılmış olup segmentasyon işlemleri için 1,5 mm kesit kalınlıklı geç faz görüntüleri kullanılmıştır.

10 böbreğe ait hacim bilgileri ortalama±standart sapma [min maks] formatında verilmiştir. Böbrek hacmi 164,31±27,71 [129,75 222,71] ml, korteks hacmi 121,99±27,50 [97,04 178,45] ml, medulla hacmi 26,50±7,82 [10,84 38,38] ml.

B. Yöntem

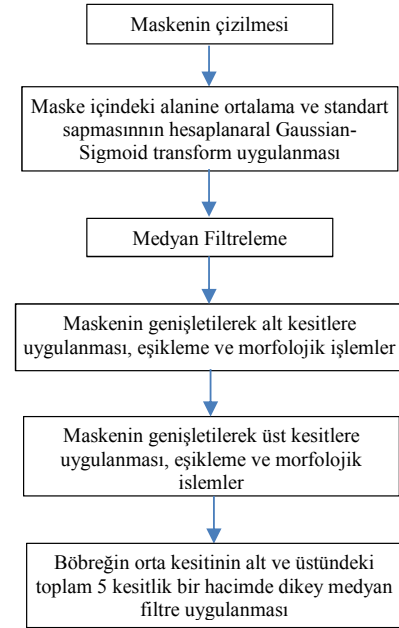
Bu çalışmada geliştirilen yarı otomatik yöntemle önce böbrek segmente edilecek ardından korteks ve medulla eşik değerler girilerek belirlenecektir. Şekil 1'de gösterildiği gibi her seviyede radyolog sisteme müdahale ederek düzeltmeler yapabilmektedir.



Şekil 1. ManSegKidneyR1_3 arayüzü

Burada böbrek kontürleri kırmızı, korteks yeşil ve medulla da mavi renkle gösterilmiştir.

1) *Yarı otomatik böbrek segmentasyonu:* Yarı otomatik böbrek segmentasyonu [10] çalışmasındaki dalak segmentasyonu yöntemi temel alınarak geliştirilmiştir. Yarı otomatik böbrek segmentasyonu yöntemi Şekil 2'de akış şemasıyla açıklanabilir.



Şekil 2. Yarı otomatik böbrek segmentasyonu akış şeması

Öncelikle radyolog böbreğin alt taraflarında uygun bir kesitte böbrek kontürünü çizerek maskeyi belirler. Maske içinde kalan alanın ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak suretiyle tüm hacim Gaussian-Sigmoid fonksiyonundan geçirilir. Ardından 5x5'lik medyan filtreleme uygulanır. Maske büyütülerek önce bir alt kesite uygulanır ve bu bölgenin içi kısmı eşiklenir. Şekilsel olarak daha uygun bir forma getirmek için morfolojik operatörler kullanılır. Elde edilen böbrek kesiti bir alt kesite uygulanır. Aşağı yönde tüm kesitler elde edildikten sonra aynı işlemler yukarı doğru yapılır.

Böbreğin orta bölümünde renal arter ve ven bulunduğundan segmentasyonun doğru şekilde yapılmasını önler. Bu bölgedeki damar yapılarının olabildiğince ortadan kaldırılması için böbreğin ortasındaki 5 kesite dikey yönlü 1x1x5'lik medyan filtre uygulanır. Böylece 3 boyutlu yarı otomatik böbrek segmentasyonu tamamlanmış olur.

2) *Korteks ve medullanın segmentasyonu:* Korteks ve medulla radyologun gireceği eşik değerlere göre belirlenmektedir. Eşik değerlerin belirlenmesi bu bölgelerin bölütlenmesi için yeterli olmamaktadır. Ayrıca morfolojik bilgilerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Örneğin çok küçük bölgelerin görünmemesi için tüm bölgeler 5x5'lik medyan filtreden geçirilmektedir. Ayrıca böbreğin çevresinde korteks dışında herhangi başka bir bölge bulunmaması gerektiğinden dış kısım yoğunluğa bakılmadan korteks olarak belirlenir.

3) *Düzeltilmelerin yapılması:* Radyologun gerekli düzeltmeleri yapabilmesi için dört fonksiyon oluşturulmuştur.



- Serbest çizim: Radyolog yeni bir kontür veya çizilmiş bir kontüre eklemeler yapabilir.
- Silme: Yarıçap seçilerek o bölge silinir.
- Daralma: Morfolojik olarak şekil küçültülmüş olur.
- Genişleme: Morfolojik olarak şekil genişletilmiş olur.

Radyolog her bir segment için bu fonksiyonları kullanarak böbrek, korteks ve medullayı tam olarak belirler. Arayüzün sağ alt tarafında analiz bölgesinde her bir segment seçilerek hacim, ortalama ve standart sapma gibi birçok değer hesaplanır.

C. Karşılaştırma

Geliştirilen yarı otomatik yöntemin herhangi bir düzeltme işlemi yapmadan böbrek, korteks ve medullayı hangi oranla doğru segmente ettiği belirleyebilmek için 5 vericiye ait 10 adet böbrek önce sadece geliştirilen yöntemle yarı otomatik olarak segmente edilmiştir. Hacim, ortalama değer ve standart sapma bilgileri kaydedildikten sonra radyolog tarafından düzeltmeler yapılarak istenen forma getirilmiş ve aynı veriler tekrar kaydedilmiştir.

III. SONUÇLAR

10 böbreğe ilişkin hem yarı otomatik hem de sonrasında gerekli düzeltmeler yapılarak elde edilen böbrek, korteks ve medulla bölgelerinin hacimsel ve yoğunluk değişimleri Hacim Hata Oranı (HHO), ortalama Yoğunluk Hata Oranı (YHO) ve yoğunluktaki Standart sapma Hata Oranı (SHO) Tablo I'de verilmiştir. Radyoloğun yarı otomatik segmente edilen görüntüler üzerine yaptığı düzeltmelerle elde edilen bölgeler altın standart olarak kabul edilmiştir. Hata oranları aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

$$HHO = 100 \frac{|V_R - V_O|}{V_R} \quad (1)$$

$$YHO = 100 \frac{|Y_R - Y_O|}{Y_R} \quad (2)$$

$$SHO = 100 \frac{|S_R - S_O|}{S_R} \quad (3)$$

Burada V_R ve V_O radyolog tarafından düzeltilmiş ve yarı otomatik yöntem tarafından belirlenmiş bölgelerin hacimlerini, Y_R ve Y_O radyolog tarafından düzeltilmiş ve yarı otomatik yöntem tarafından belirlenmiş bölgelerin ortalama yoğunluk değerlerini, S_R ve S_O ise radyolog tarafından düzeltilmiş ve yarı otomatik yöntem tarafından belirlenmiş bölgelerin ortalama yoğunluk değerlerinin standart sapmasını göstermektedir.

TABLO I. HACİM HATA ORANLARI

	Total Böbrek	Korteks	Medulla
HHO	%0,62±0,01	%1,26±0,01	%1,23±0,01
YHO	--	%0,54±0,01	%0,41±0,01
SHO	--	%29,11±0,15	%7,16±0,06

Hata oranları dışında başka bir hata göstergesi de ortalama karesel hata oranıdır (MSE). Hacimlerdeki MSE değerleri Tablo II'de verilmiştir.

TABLO II. BÖBREK, KORTEKS VE MEDULLA HACİMLERİNİN ORTALAMA KARESEL HATALARI (MSE)

Total Böbrek	Korteks	Medulla
1,40 ml	1,74 ml	0,49 ml

Önemli karşılaştırma faktörlerinden birisi de zamandır. Bir böbreğin standart yöntemlerle yani her kesitin kontürünün bilgisayar ortamında elle çizilerek belirlenmesi 70 kesitten oluşan bir böbrek için yaklaşık 30dk sürmektedir. Korteks ve medullanın da ayrı ayrı çizilmesini düşünürsek bu süre 2 saatin üzerine çıkmaktadır. Geliştirdiğimiz arayüz programı kullanıldığında radyoloğun düzeltmeler yapmadığı durumlarda böbrek, korteks ve medullanın belirlenmesi yaklaşık 2 dk sürmektedir. Düzeltmeler yapması durumunda da yaklaşık 12,5 dk sürmektedir. Tablo I ve II'den de görüleceği gibi radyoloğun herhangi bir düzeltme yapmadan önce bir kesitte maskeyi belirleyerek böbreği segmente etmesi ve sonrasında korteks ve medulla için eşik değeri belirleyerek deneme yapması sonucunda elde ettiği hacim değerleri yaklaşık %1 'lik bir hatayla elde edilebilmektedir.

IV. TARTIŞMA

Böbrek hacmi nefron sayısının yeterli bir tahminini sağlar ki eğer düşükse bireyleri daha yüksek tansiyon ve böbrek yetmezliğine eğilimli yapar [11,12]. Bu nedenle, böbrek transplantasyonundaki greft büyüklüğünün greft fonksiyonunu ve transplantasyon sonrası komplikasyonları etkileyebileceği düşünülebilir.

Dias ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Kafkas bir popülasyonda canlıdan canlıya böbrek nakli sonrası 12. ayda yüksek böbrek volümünün alıcıda yüksek eGFR ile yüksek oranda körele olduğunu göstermişlerdir [3].

Bazı makaleler de toplam böbrek hacmi yerine kortikal hacminin böbrek fonksiyonunun daha iyi bir belirteci olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte, bu bulgunun klinik olarak uygulanabilirliği hakkındaki veriler azdır [13,14].

Bu çalışmada toplam böbrek hacmi, kortikal volüm ve medulla volümünü BT görüntülerinden yarı otomatik olarak yaklaşık her bir böbrek için 2dk'lık bir sürede hesaplayabilen bir yöntem geliştirilmiş olup çok daha büyük veriler üzerinde klinik çalışma yapmaya elverişli olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] B.M. Brenner, E.L. Milford, "Nephron underdosing: a programmed cause of chronic renal allograft failure", *Am J Kidney Dis*, vol.21, no.2, pp.66-72, 1993.
- [2] K Juluru, J.A. Rotman, P. Masi, R. Spandorfer, C.A. Ceraolo, A.E. Giambone, D. Serur, C. Hartono, "Semiautomated CT-Based Quantification of Donor Kidney Volume Applied to a Predictive Model of Outcomes in Renal Transplantation" *AJR Am J Roentgenol*, vol.204, no.5, pp.566-572. doi: 10.2214/AJR.14.13454, 2015.
- [3] J. Dias, J. Malheiro, M. Almeida, L. Dias, M. Silva-Ramos, L.S. Martins, L. Xambre, A. Castro-Henriques, "CT-based renal volume and graft



- function after living-donor kidney transplantation: Is there a volume threshold to avoid?”, *Int Urol Nephrol*, vol.47, no.5, pp.:851-859. doi: 10.1007/s11255-015-0959-3, 2015.
- [4] P. Campadelli, E. Casiraghi, S. Pratisoli. “Automatic Abdominal Organ Segmentation from CT images,” *J. Sound and Vibration*, vol.8, no.1, pp.1-14, 2009.
- [5] V. Grau, A.U.J. Mewes, M. Alcañiz, R. Kikinis, and S.K. Warfield, “Improved watershed transform for medical image segmentation using prior information,” *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol.23, no.4, pp.447–458, 2004.
- [6] M.G. Linguraru, J.A. Pura, V. Pamulapati, R.M. Summers, “Statistical 4D graphs for multi-organ abdominal segmentation from multiphase CT,” *Medical Image Analysis*, vol.16, pp.904–914, 2012
- [7] M.G. Linguraru, R.M. Summers, “Multi-Organ Automatic Segmentation in 4D Contrast-Enhanced Abdominal CT,” *Biom. Imag.: From Nano to Macro, 2008 IEEE International Symposium*, pp.45-48, 2008
- [8] R. Wolz, C. Chu, K. Misawa, M. Fujiwara, K. Mori, D. Rueckert, “Automated Abdominal Multi-Organ Segmentation With Subject-Specific Atlas Generation,” *IEEE Trans. on Med. Imag.*, vol.32, no.9, pp.1723-1730, 2013
- [9] C. Li, X. Wang, J. Li, S. Eberl, M. Fulham, Y. Yin, D. D. Feng, “Joint Probabilistic Model of Shape and Intensity for Multiple Abdominal Organ Segmentation From Volumetric CT Images,” *IEEE Journal of Biomed. and Health Inf.*, vol.17, no.1, pp.92-102, 2013
- [10] O. Dandin, U. Teomete, O. Osman, G. Tulum, T. Ergin, M.Z. Sabuncuoglu, “Automated segmentation of the injured spleen”, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* vol.11, no.3, pp.:351-68, 2016.
- [11] B.M. Brenner, D.L. Garcia, S. Anderson, “Glomeruli and blood pressure. Less of one, more the other?” *Am J Hypertens*, vol.1, no.4, pp.335–347, 1988.
- [12] B.M. Brenner, H.S. Mackenzie, “Nephron mass as a risk factor for progression of renal disease”, *Kidney Int Suppl*, vol. 63, pp.124–127, 1997.
- [13] M.D. Beland, N.L. Walle, J.T. Machan, J.J. Cronan, “Renal cortical thickness measured at ultrasound: is it better than renal length as an indicator of renal function in chronic kidney disease?” *AJR Am J Roentgenol*, vol.195, no.2, pp:146–149, 2010.
- [14] C. Mounier-Vehier, C. Lions, P. Devos, O. Jaboureck, S. Willoteaux, A. Carre, J.P. Beregi, “Cortical thickness:an early morphological marker of atherosclerotic renal disease”, *Kidney Int*, vol.61, no.2, pp.591–598, 2002.