

**LATERAL VENTRİKÜL VE SANTRAL SULKUS BOYUTLARININ ELLE VE OTOMATİK ÖLÇÜMÜ VE ATROFİ DERECESİ İLE UYUMU**  
**MANUAL AND AUTOMATIC SIZE MEASUREMENT OF LATERAL VENTRICLES AND CENTRAL SULCI AND THEIR COMPLIANCE WITH ATROPHY GRADE**

Gökhan Gökay<sup>1</sup>, Melek Kandemir<sup>4</sup>, M.Savaş Tepe<sup>2</sup>, Betül Yalçın<sup>4</sup>, Devrim Ünay<sup>3</sup>

1. Sistem Modelleme ve Kontrol Bölümü  
Figes Mühendislik, Kurtköy, İstanbul  
gokhan.gokay@figes.com.tr

2. Nöroloji Bölümü  
Bayındır Hastanesi İçerenköy, İstanbul

3. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
İzmir Ekonomi Üniversitesi, Balçova, İzmir  
devrim.unay@ieu.edu.tr

4. Radyoloji Bölümü  
Bayındır Hastanesi İçerenköy, İstanbul

**ÖZETÇE**

*İnsan beyninde yaşlanmanın etkisi ile demans gibi oluşan çeşitli hastalıkların teşhisi ve tedavisi, dünyada ve ülkemizde yaşlı nüfusun artması ile günümüz araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Hücre ölümlerine bağlı doku kaybı olarak tanımlanan beyin atrofisi, beyin bir kısmını ya da tümünü etkileyen ve demans vakalarında görülebilen bir özelliktir. Atrofi varlığının ve şiddetinin belirlenmesi amacıyla uzmanlar manyetik rezonans görüntülerini kullanarak lateral ventrikül ve sulkuslar gibi beyin bölgelerinde görsel değerlendirmelere başvurmuşlardır. Bu bağlamda, demansla ilişkili olduğu düşünülen lateral ventrikül ve santral sulkus boyutlarının 3 boyutta otomatik olarak ölçülmesi ve bu ölçümlerin uzmanların atrofi derecelendirmeleriyle uyumunun incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, unutkanlık şüphesi ile hastaneye başvuru vakaların MR görüntülerinden lateral ventrikül ve santral sulkus yapılarının uzunluk, alan ve hacim gibi değerlerini ölçen ve uzmanlar tarafından oluşturulan atrofi derecelendirmeleri ile kıyaslayan görüntü işleme temelli bir çalışma sunulmuştur. Sunulan yöntem ile elde edilen lateral ventrikül hacim ölçümleri ile atrofi dereceleri arasında yüksek uyum (0.84 civarında) gözlenmiştir.*

*Anahtar Kelimeler: demans, beyin atrofisi, uzman derecelendirmesi, lateral ventrikül, santral sulkus, otomatik boyut ölçümü, 3B ölçüm, ilinti analizi*

**ABSTRACT**

*Diagnosis and treatment of various brain diseases occurring due to aging such as dementia, take an important role in contemporary research for elderly population in the world and in our country with increasing progressively. Cerebral atrophy is a feature observed in dementia patients and described as neuronal loss or cell death affecting part or all of the brain, to determine the presence and severity of atrophy, experts visually evaluate magnetic resonance images of the brain, especially at locations such as lateral ventricles and central sulci. The aim of this study is measuring the sizes (e.g. length, area and volume) of lateral ventricles and central sulci in 3D and to compare these measurements with experts' atrophy ratings. Lateral ventricle width shows high agreement (around 0.84) with atrophy grades. Keywords: dementia, brain atrophy, expert grading, lateral ventricle, central sulcus, automatic size measurement, correlation analysis*

**1. GİRİŞ**

Yıkıcı ve geri dönüşümsüz bir beyin sendromu olan demans, bellek, dil, muhakeme, planlama, kişileri veya nesnelere tanımlamak gibi bilişsel fonksiyonların ilerleyici kaybı olarak tarif edilebilir. Demans için yaş önemli risk faktörlerinden biridir. Bununla beraber 65 yaş ve üstü (geriatrik) nüfus, gelişmiş ülkelerde yaşam koşullarının iyileşmesine paralel olarak toplam nüfusta önemli bir paya sahiptir [1]. 2000 yılı verilerine göre ülkemizde 4 milyon civarında 65 yaş ve üstü nüfus bulunmakta ve bu sayı gün geçtikçe artmaktadır [2].

Dünya ve ülkemizde gözlenen bu durum geriatrik nüfus açısından önemli olan hastalıkların teşhis ve tedavisini araştırmaya değer ve öncelikli bir alan kılmaktadır. Bu nedenle geriatrik nüfusta daha sık gözlenen demans için önemli bir biyomarker olan beyin atrofisinin ve şiddetinin otomatik tespiti önemli bir konudur. Demans, genellikle yavaş ilerler bu nedenle erken aşamalarında doğru bir teşhis yapmak zor ancak önemlidir [3].

Demans tanısı genellikle bilişsel beceriler, demografik durum, aile öyküsü ve beyin görüntüleme sonuçlarının, uzmanlar tarafından değerlendirilmesi ile yapılır [4]. Biz de bu çalışmamızda uzmanlar tarafından görsel değerlendirilen manyetik rezonans (MR) görüntüleri üzerinde demans için önemli bir biyomarker olan beyin atrofisini bulabilmek için lateral ventrikül (LV) ve santral sulkus (SS) üzerinde 3B olarak çeşitli ölçümler ile uzman derecelendirmelerini kıyaslamayı hedefledik. Bu nedenle bu çalışmada unutkanlık şikayeti ile hastahaneye başvuran hastaların, klinik ortamda yapılan tetkikler sonucunda MR görüntüleme yapılmış ve gerekli veri kümesi oluşturulmuştur. Bizde bu çalışmamızda oluşturulan veri kümesi içerisindeki görüntüler üzerinde LV ve SS yapılarının uzunluk, kesit alanı ve hacimlerini 3 boyutta otomatik olarak ölçen ve bunları uzman atrofi derecelendirmeleri ile kıyaslayan görüntü işleme temelli bir çalışma sunuyoruz.

**2. YÖNTEM**

Demansın bir sonucu olan beyin atrofisine bağlı olarak, LV ve SS yapıları üzerinde çeşitli fiziki bozulmalar meydana gelmektedir [5]. Bu bağlamda bu yapıların fiziksel özelliklerini görüntü işleme temelli otomatik bir algoritma ile inceleyerek çıkan sonuçları vakaların uzmanlar tarafından

## Beyin Görüntüleme

3. Gün / 17 Ekim 2015, Cumartesi

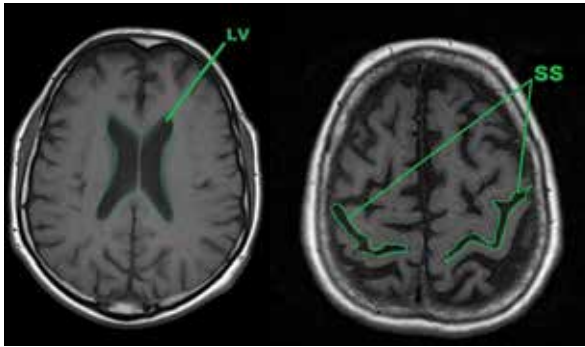
belirlenmiş dereceleri ile kıyaslamak amacıyla ilk önce veri kümesindeki hastaların MR görüntülerinde LV ve SS yapılarını bölütleyip bu bölütler üzerinde 3B uzunluk, kesit alanı ve hacim değerlerini hesapladık.

Unutkanlık şüphesi olan hastalardan oluşan veri kümesi oluşturulurken yaşları 29 ile 88 arasında 20 vaka üzerinde Bayındır Hastanesi İçerenköy Radyoloji Bölümü tarafından 1.5 Tesla tarayıcı (Siemens, Almanya) ile çekilen T1 MR görüntüleri kullanılmıştır. Her hasta için ayrı ayrı olmak üzere iki nöroloji ve iki radyoloji uzmanı ventriküler ve sulkal atrofi değerleri için [5]'tekine benzer bir derecelendirme skalası kullanarak görsel değerlendirme yapmış ve bunun neticesinde hastanın atrofi değerini 0-9 arasında belirlemiştir. (0'dan 9'a atrofi derecesi artmaktadır.)

İki boyutta ölçümler içeren önceki çalışmamızın [6] aksine bu çalışmamızda tüm ölçümler üç boyutta gerçekleştirilmiştir. Databasedeki tüm MR verilerinde sırasıyla ilgili yapının bölütlenmesi, 3B iskeletinin çıkarılması ve boyutunun ölçülmesi işlemleri hem LV hem de SS (Şekil 1) için gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçları doğruluyabilmek adına geliştirilen otomatik yöntemin yanında, ölçümler hem 2B yöntemle hem de elle işaretlemeler yoluyla tekrar edilmiştir.

### 2.1. Lateral Ventriküllerde ve Santral Sulkusta 3B Uzunluk, Kesit Alanı ve Hacim Ölçümü

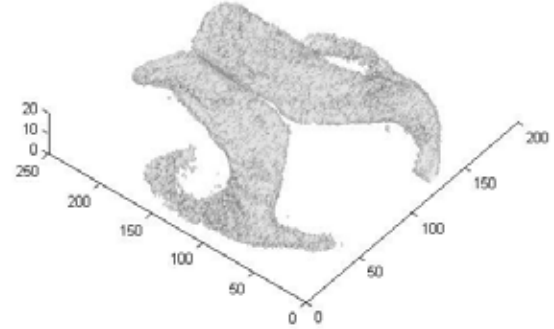
Beyindeki atrofi şiddeti arttıkça hem LV'nin hem de SS'in yapısı bozulmakta, buna bağlı olarak uzunluk, genişlik ve hacimleri değişmektedir [3] (Şekil 1). Bu değişimleri incelemek için sırasıyla bölütleme, iskelet çıkartımı ve boyut ölçümü yaparak elde edeceğimiz sonuçları uzman derecelendirmeleri ile kıyaslanmayı hedefliyoruz.



Şekil 1: Aksiyel T1 MR verisinde lateral ventrikül (sol) ve santral sulkusun (sağ) yerleri.

#### 2.1.1. LV Bölütleme

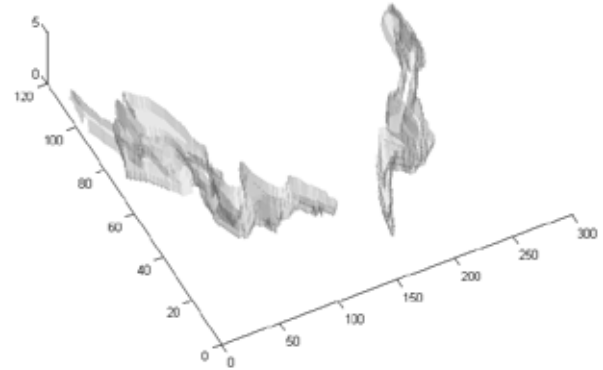
LV'nin fiziksel özelliklerinin çıkarımını başlatabilmek için ilk önce ALVIN algoritması [7] kullanılarak yapının 3-boyutta bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). ALVIN, SPM8'e gömülü Gauss karışım modeli temelli yöntem ile elde edilen beyin omurilik sıvısı bölütleme sonucunu 275 sağlıklı vakanın MR verisinden elde edilen LV maskesi ile sınırlayarak ilgili bölütlemeyi tamamlar.



Şekil 2: Bölütlenen Lateral Ventrikülün 3B olarak bilgisayar çizimi üzerinde gösterimi.

#### 2.1.2. SS Bölütleme

SS bölütlemesi için literatürde önerilmiş farklı yöntemler vardır (örneğin [12]). Ancak, bu çalışmada kullanılan verinin kesit kalınlığı yüksek olduğu için bahsedilen yöntemler yetersiz kalacaktır. Bunun yerine SS bölütlemesi için Dr. Ünay ve ekibi tarafından geliştirilen bölge büyütme temelli otomatik çözüm kullanılmıştır [13]. Örnek bir bölütlenme sonucu Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3: Bölütlenen Santral Sulkusun 3B olarak bilgisayar çizimi üzerinde gösterimi.

#### 2.1.3. İskelet Çıkartımı

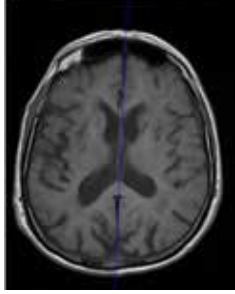
3B iskelet çıkarma işlemi beyin içerisinde kısmen simetrik olarak bulunan LV ve SS'in sağ ve sol yarıküre kısımlarına ayrılması ile başlar. Özellikle LV'nin beyin içerisindeki şekli nedeniyle bu yapıyı ayırmak için hassas bir işlem gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada iki beyin yarı küresi arasındaki interhemisferik fissür RANSAC temelli bir yöntem [8] kullanılarak tespit edilmiş ve ayırım gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen interhemisferik fissür tespitine bir örnek Şekil 4'te gösterilmiştir.

Beyin yapılarının özelliklerini incelemek için literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur [7-11]. Fakat, beyinin ve beyin yapılarının sahip olduğundan dolayı bir çok çalışmada bu yapıların sadece hacimleri değerlendirmeye alınmış [7-11] Veya kolay uygulanamayan karmaşık yöntemler ile şekil ölçümü yoluna gidilmiştir [12]. Biz bu çalışmada ise hem şekillerin geometrik özelliklerini hassas olarak ölçecek hem de kolay uygulanabilir bir algoritma gerçekleştirdik. Sağ ve sol

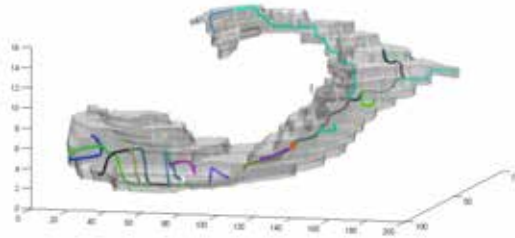
## Beyin Görüntüleme

3. Gün / 17 Ekim 2015, Cumartesi

kısımlarına ayrılmış LV ve SS bölütleri üzerinde hızlı yürüyüş (fast marching) temelli iskeletleştirme algoritması kullanarak [14-15] iskelet çıkarımı yapmaktayız (Örneğin Şekil 5).



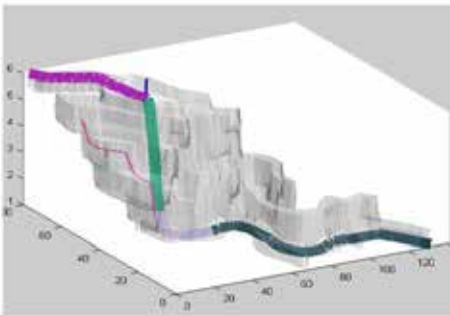
Şekil 4: Beynin iki yarım küresi arasındaki interhemisferik çizginin bulunması



Şekil 5: Lateral ventrikülde uzunluk ölçümü için iskeletlendirme algoritmasının koşulmuş hali.

### 2.1.4. Boyut Ölçümü

LV ve SS uzunluğunun ölçülmesi için iskeletin başlangıç ve bitiş noktaları otomatik tespit edildikten sonra iskelet üzerinde bu noktalardan geçen en kısa kesel uzaklık (geodesic distance) hesaplanır (Şekil 6). Genişlik ya da ortalama kesit alanı ise yapının uzunluğunun hacmine oranı şeklinde yaklaşık olarak hesaplanmış olur. Otomatik ölçüm sonuçlarının doğruluğunu belirlemek amacıyla bahsedilen ölçümler hem elle işaretleme yöntemi ile hem de önceki çalışmamızda [6] sunduğumuz 2B ölçüm yaklaşımı kullanılarak tekrarlanmıştır.



Şekil 6: Santral sulkusta derinlik ve kesit alanı ölçümü.

## 3. SONUÇLAR

LV ve SS için elde edilen 3B otomatik ölçümlerin uzmanların atrofi derecelendirmeleri ile ilişkisi Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir.

### 3.1. Lateral Ventrikül Sonuçları

Proje ekibimizdeki doktorlardan ve literatür taramasında edindiğimiz bilgiler ışığında LV için elde edilen uzunluk, kesit

alanı ve hacim ölçümlerinin uzman derecelendirmeleriyle uyumlu olmasını beklemekteyiz. El ile, otomatik 2B ve otomatik 3B ölçüm sonuçlarının uzman derecelendirmeleri ile korelasyonları Tablo 1'de verilmiştir. Otomatik 3B yöntemle elde edilen ölçüm sonuçları ile uzman derecelendirmeleri arasındaki ilişki saçılma diyagramı olarak Şekil 7'de (sağ) ayrıca sunulmuştur. Hem elle ölçümler hem de 2B ve 3B otomatik ölçümler yukarıdaki beklentiyi destekler niteliktedir. Elle ve 2B otomatik yaklaşımlarda genişlik, 3B otomatik yaklaşımda da hacim uzman derecelendirmeleri ile en yüksek uyumu gösterir.

LV ölçüm yöntemi	Uzunluk		Genişlik		Alan	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Elle (2B)*	0.44	0.58	0.93	0.88	-	-
Otomatik (2B)*	0.78	0.62	0.90	0.87	0,78	0,78
	Uzunluk		Kesit Alanı		Hacim	
Otomatik (3B)	0,71	0,65	0,71	0,69	0,82	0,84

Tablo 1: Lateral ventriküllerde elle ve otomatik ölçümlerin uzman derecelendirmeleri ile ilintisi. \*Mevcut sonuçlar [6] çalışmasından alınmıştır.

### 3.2. Santral Sulkus Sonuçları

SS yapısının boyut ölçümlerinin uzman derecelendirmesine göre uyum sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. LV ile karşılaştırıldığında, SS boyutları atrofi derecesi ile daha düşük uyum göstermektedir. Sonuçları değerlendirdiğimizde santral sulkus uzunluğunun atrofi derecesiyle uyummadığını görmekteyiz. Bu fark SS'in LV'ye göre bölütlenmesi daha zor bir yapı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Otomatik 3B yöntem ile hesaplanan SS özelliklerine ait sonuç ve derecelendirme saçılma diyagramları Şekil 7'de (sol) görülmektedir. Grafikten görüldüğü üzere Hem görsel değerlendirme hem de R<sup>2</sup> belirlilik katsayısı değerleri Tablo 2 deki sonuçlarla örtüşmektedir.

SS ölçüm yöntemi	Uzunluk		Genişlik		Alan	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Elle (2B)*	-0.30	-0.24	0.61	0.70	-	-
Otomatik (2B)*	-0.15	-0.05	0.39	0.42	0,36	0,31
	Uzunluk		Kesit Alanı		Hacim	
Otomatik (3B)	0,01	0,01	-0,16	0,15	0,37	0,27

Tablo 2: Santral sulkuslarda elle ve otomatik ölçümlerin uzman derecelendirmeleri ile ilintisi. \*Mevcut sonuçlar [6] çalışmasından alınmıştır.

## 4. TARTIŞMA VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Otomatik ölçümlerde LV'nin uzunluk ve kesit alanının uzmanların atrofi derecelendirmeleriyle yüksek, hacminin ise çok yüksek uyum sağladığı görülmüştür. Otomatik ölçümlerin elle yapılanlara göre daha uyumlu çıkması otomatik yaklaşımın daha gürbüz olmasından kaynaklanıyor olabilir. SS ölçümleri LV'ye göre derecelendirmeler ile daha düşük korelasyon göstermiştir. Gelecek çalışmalarımızda burada sunduğumuz ölçüm yöntemleri ile elde edeceğimiz sonuçları diğer biyomarkerler ile birlikte kullanarak demansın teşhis ve derecelendirmesinde daha etkili sonuçlara ulaşmayı hedeflemekteyiz.

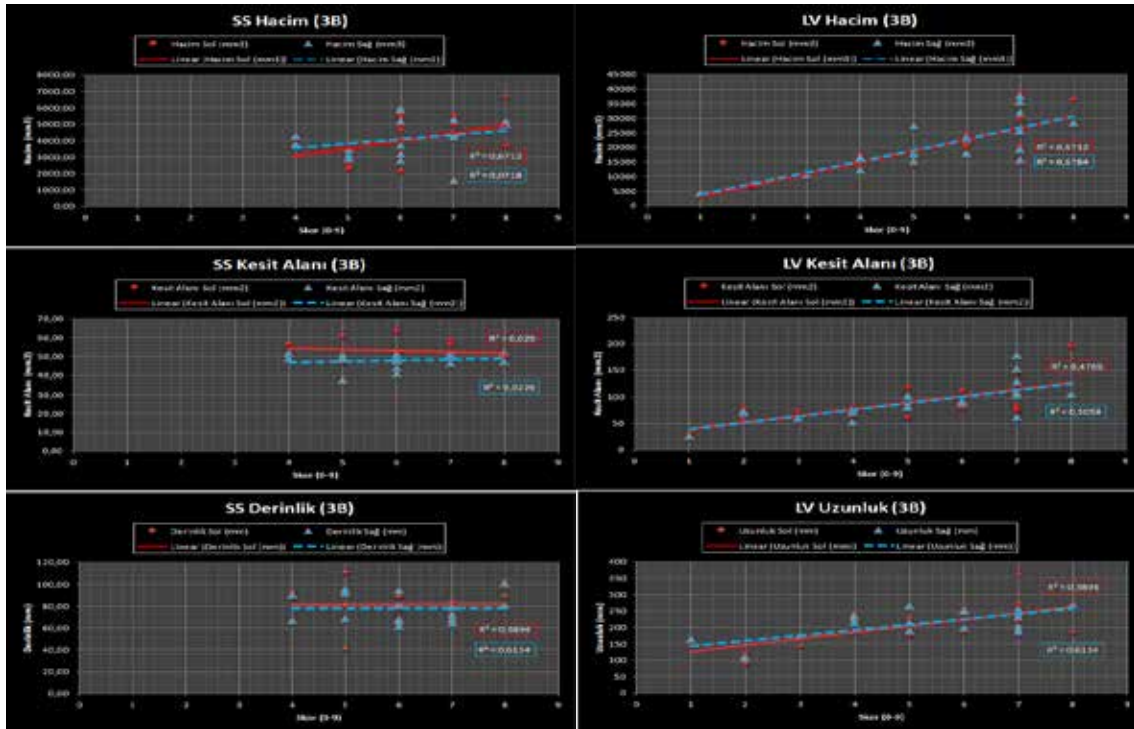
## Beyin Görüntüleme

3. Gün / 17 Ekim 2015, Cumartesi

Bu bildiriye ilişkin çalışmalar TÜBİTAK tarafından 111E083 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

### 5. KAYNAKÇA

- [1] van de Pol LA, Verhey F, Frisoni GB, Tsolaki M, Papapostolou P, Nobili F, Wahlund LO, Minthon L, Frolich L, Hampel H, Soyninen H, Knol DL, Barkhof F, Scheltens P, Visser PJ. White matter hyperintensities and medial temporal lobe atrophy in clinical subtypes of mild cognitive impairment: the DESCRIPA study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 80(10):1069-1074, 2009.
- [2] Cankurtaran M., Arıoğul S. Alzheimer hastalığı ve vasküler demansta risk faktörleri. Hacettepe Üniversitesi İç Hastalıkları AD Geriatri Ünitesi Yan dal uzmanlık tezi, 2004.
- [3] Kawasaki, R. et al.: Retinal Microvascular Signs and 10-Year Risk of Cerebral Atrophy: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Stroke*, 41(8), 1826-1828, 2010.
- [4] Scheltens, P. et al.: Atrophy of medial temporal lobes on mri in “probable” alzheimer’s disease and normal ageing: diagnostic value and neuropsychological correlates. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 55(10), 967– 972, 1992.
- [5] Yue, N.C. et al.: Sulcal, ventricular, and white matter changes at mr imaging in the aging brain: data from the cardiovascular health study. *Radiology*, 202(1), 33–39, 1997.
- [6] Gökay, G., Kandemir, M., Tepe, M.S., Yalçın, B., Ünay, D., “Comparison of Cerebral Atrophy Grade with Sizes of Lateral Ventricle and Central Sulci”, Proc. of IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2014.
- [7] Kempton, M.J. et al.: A comprehensive testing protocol for MRI neuroanatomical segmentation techniques: Evaluation of a novel lateral ventricle segmentation method. *Neuroimage* 58(4), 1051-1059, 2011.
- [8] Ekin A. Feature-based brain mid-sagittal plane detection by ransac, Proc. EURASIP EUSIPCO, 2006.
- [9] Albert M. et al.: Ventricular Size in Patients With Presenile Dementia of the Alzheimer’s Type. *Arch Neurol*. 41(12), 1258-1263, 1984.
- [10] Ünay, D. Local and Global Volume Changes of Subcortical Brain Structures from Longitudinally Varying Neuroimaging Data for Dementia Identification, Computerized Medical Imaging and Graphics, 36, 464-473, 2012.
- [11] Zhao Z. et al.: Hippocampus Shape Analysis and Late-Life Depression. *PLoS ONE* 3(3), e1837, 2008.
- [12] Yang, F. and Kruggel, F.: Automatic segmentation of human brain sulci, *Medical Image Analysis*, 12(4), 442-451, 2008.
- [13] Demir O. Automatic segmentation of central sulcus on brain MR images. MSc Thesis, Bahçeşehir University, 2013.
- [14] Hassouna, M. S. et al. Multistencils Fast Marching Methods: A Highly Accurate Solution to the Eikonal Equation on Cartesian Domains, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. vol. 29, no:9. 2007.
- [15] Robert Van Uitert and Ingmar Bitter. Subvoxel precise skeletons of volumetric data based on fast marching methods. *Med. Phys.* 34, 627, 2007.



Şekil 7: Her iki yapının sağ ve sol yarımküre kısımları için ölçülen boyut- atrofi skoru saçılma diyagramları.