



Arteriyel Pulsatil İndeks Değerlerinin Anevrizma Öngörüsünde Kullanılması

Arterial Pulsatility Index Values for Prediction of Aneurysm

Engin Tekin¹, Murat Pehlivan²

1 Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu, İzmir

engin.tekin@ege.edu.tr

2 Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, İzmir

murat.pehlivan@ege.edu.tr

Özetçe

Kan akışı pulsatildir ve pulsatillik damar duvarı işlevinin korunmasında gereklidir. Pulsatil İndeksi vasküler direncin bir ölçüsüdür. Faz kontrast tekniği, serebrovasküler ve kardiyovasküler patolojilerde kan akımı miktarı belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kontrol grubu için 4 sağlıklı denek ile beyin damarlarında anevrizma tespit edilen kanamasız 4 hastadan faz kontrast yöntemi ile bir kardiyak döngü boyunca elde edilen arteriyel kan akış hızı değerleri kullanılarak, beyini besleyen iç karotis ve vertebral arterlerin pulsatil indeks değerleri hesaplanmıştır. Anevrizmalar tek taraflı ve kanamasızdır.

Anevrizma grubunda sağ ve sol iç karotis arter ve sağ ve sol vertebral arter pulsatil indeks değerleri arasında anlamlı derecede fark görülmüştür. Ancak sağlıklı grupta sağ ve sol arterlerin pulsatil indeksleri arasında belirgin bir fark bulunamamıştır. Anevrizma grubunda, anevrizmanın görüldüğü taraftaki iç karotis arter pulsatilliği diğer tarafa göre yüksek iken, vertebral arterde ise düşük bulunmuştur.

Anevrizma grubunda görülen sağ ve sol arteriyel pulsatillik farkı, kan akışında bir asimetri oluşumunu düşündürmektedir. Anevrizmaların sıklıkla tek taraflı olduğu da düşünüldüğünde, beyinin sağ ve solu arasındaki pulsatillik farkı anevrizma öngörüsünde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler — Pulsatil İndeks, Serebral Anevrizma, Faz Kontrast Manyetik Rezonans Görüntüleme, Kan Akış Hızı

Abstract

Blood flow is pulsatile and the pulsatility is essential to maintain vessel wall function. Pulsatility Index is measures of vascular resistance. Phase contrast technique is used to determine blood flow quantification in cerebrovascular and cardiovascular pathologies. In this research, using blood flow velocity values obtained phase contrast technique over the one cardiac cycle from 4 control subjects and 4 cerebral aneurysm patients, Pulsatility Index value was calculated for internal carotid and vertebral arteries that supporting the brain. Aneurysms were unilateral and unruptured.

Pulsatile Index of arteries for right and left side of the brain were significantly different for aneurysm group. However

right and left arterial Pulsatility Index values were close to each other in control group. Internal carotid artery Pulsatility Index of occurred aneurysm side was higher than contratory side, however vertebral artery Pulsatility Index of occurred aneurysm side was smaller as compared to contratory side.

The difference of right and left arterial Pulsatility Index values implies that there is an asymmetry in flow velocity of aneurysm group. Assuming that aneurysms are unilateral, right and left arterial Pulsatility difference can be used for prediction of aneurysm.

Keywords — Pulsatility Index, Cerebral Aneurysm, Phase Contrast Magnetic Resonance Imaging, Blood Flow Velocity

1. Giriş

Pulsatil İndeks (PI), bir damardaki kan akışının değişkenliğinin ölçüsüdür. Kan akışı pulsatildir, yani her kalp atımında kan tüm vücuda pompalanır ve tekrar kalbe geri döner. Pulsatillik besin ve oksijenin tüm vücuda ulaştırılmasında gereklidir. Vasküler sistemdeki pulsatil akışının karakteristikleri, damar geometrisini ve duvar elastikiyetini yansıtır. Anevrizmal kan akışı pulsatilliğin doğasından etkilenir ve kardiyak döngü boyunca değişir. PI, pulsatilliğin seviyesinin miktarını hesaplayan bir parametredir. Serebral dolaşım ve fonksiyon için pulsatilliğin gerekli olduğunun bilinmesine rağmen, beyin anevrizmalarında pulsatilliğin özellikleri üzerine çalışmalar sınırlıdır [1].

Anevrizma kendini arteriyel duvarların lokal sulanmaları ile karakterize eden vasküler bir hastalıktır [2]. Serebral anevrizmada beyin damar duvarlarındaki zayıflama ile birlikte balon şeklinde genişleme olur [3]. Anevrizma yırtılmasına bağlı olarak gelişen sabaraknoid kanamada mortalite yüksek olup, ölümlerin çoğu ilk kanamaya ve tekrarlayan kanamalara bağlı olarak meydana gelmektedir [4].

Faz kontrast manyetik rezonans görüntüleme, invaziv olmayan ve vasküler hızları ve kan akış volümlerini belirleyebilen bir tekniktir [5].

Literatürde kanamalı anevrizma grubu ve kanamasız anevrizma grubunda PI değeri değerlendirilmiş ve kanamalı grupta daha yüksek bir PI trendi olduğu ve bu PI değerinin anevrizma kanama tahmininde kullanışlı olabileceği bildirilmiştir [1]. Son yıllarda yapılan bir çalışmada da PI

Tıbbi Görüntüleme 3

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

değerindeki artışın anevrizma kanamasında önemli bir risk faktörü olabileceği ortaya konmuştur [6].

Literatürde ayrıca anevrizma içindeki Pİ değerlerinin değerlendirildiği görülmektedir. Bir araştırmada iç karotis arterde anevrizma içinde anevrizma boynuna göre daha yüksek Pİ değeri [7], diğerinde ise anevrizma boynunda yüksek Pİ değeri bildirilmiştir [1].

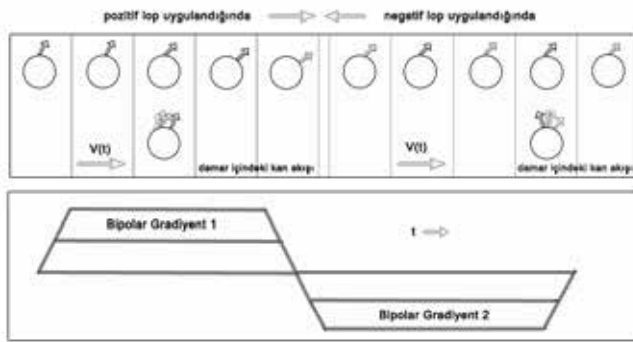
Literatürdeki Pİ örnekleri anevrizma kanaması tahmini ve anevrizma içi Pİ değerlendirilmesi üzerine iken, anevrizmanın erken tahmin edilmesi üzerine çalışma yoktur. Anevrizmanın erken belirlenebilmesi toplum sağlığı açısından çok önemlidir. Anevrizma sıklıkla tek taraflı olarak ortaya çıkar [8-12]. Bu araştırmada, anevrizmanın genellikle beyinin bir tarafında görülmesi kabulünden yola çıkarak, anevrizma ve kontrol grubunda, beyinin sağ ve sol tarafı için arteriyel kan akış pulsatilite farkını elde ederek, bu pulsatilite farkının anevrizma öngörüsünde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

2. Yöntem ve Teknikler

Tüm manyetik rezonans çekimleri Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik AD'ndaki 1.5 Tesla MR cihazı ile yapılmıştır. Arteriyel kan akış hızı değerleri 2 boyutlu faz kontrast tekniği ile elde edilmiştir.

2.1. Faz Kontrast Tekniği

Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme kullanılan faz kontrast tekniğinde, iki kutuplu (bipolar) manyetik alan gradiyenti kullanılarak vücuttaki hareketsiz dokular ve kan gibi hareketli sıvılardaki MR sinyalini oluşturan protonların spinleri arasındaki faz farkı ortaya çıkarılır (Şekil 1). Oluşan faz farkı, hareketin hızı ile orantılıdır (Denklem 1).



Şekil 2. Faz kontrast tekniğinde oluşan faz farkı.

$$\phi = \gamma \times M \times V \quad \text{Denklem 1}$$

ϕ : Sinyaldeki faz kayması

γ : Jiromanyetik oran

M : Manyetik alan gradiyenti

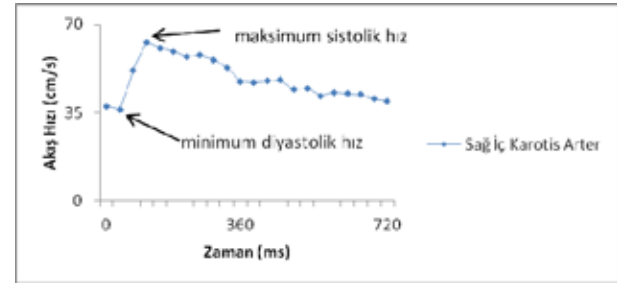
V : Akış hızı

Faz kontrast tekniğinde, bipolar manyetik alan gradiyentinin pozitif diliminde hareketsiz ortamdaki protonda oluşan transvers manyetizasyon, negatif dilim uygulandığında sıfırlanır. Hareketli ortamdaki protonda ise sıfırlanma olmaz

ve faz farkı oluşur (Şekil 1). Bu yöntemde hız-zaman eğrileri elde edilirken kalp ritmi ile senkronizasyon sağlanır. Bu senkronizasyon retrospektif yada prospektif EKG tetikleme ile olur. Faz kontrast tekniğinin bir özelliği de, sekansın belli bir hız aralığına duyarlı olmasıdır. Bu aralık hız kodlama (Velocity Encoding, Venc) değeri ile belirlenir.

Faz kontrast tekniği ile elde edilen faz görüntüleri ARGUS akış analiz programına transfer edilmiştir. Her faz görüntü üzerine Region of Interest (ROI) yerleştirilerek sağ ve sol iç karotis ve vertebral arter (beyini besleyen arterler) kan akış hız-zaman eğrileri elde edilmiştir. Venc değeri 100 cm/s olarak ayarlanmış ve retrospektif EKG tetikleme kullanılmıştır.

Hız-zaman eğrilerinden her damara ait pik sistolik, minimum diyastolik ve ortalama hız değerleri elde edilmiştir (Şekil 2). Şekil 2'de, kalp atım hızına bağlı olarak 22 adet faz görüntüsü ve her görüntüden hesaplanan hız değerinden oluşan hız-zaman eğrisi görülmektedir. Bu 22 hız değerinin ortalaması, ortalama hız değeri olarak ARGUS yazılımı ile verilmektedir. Hız değerlerinden ikincisi minimum diyastolik hız değerine, dördüncüsü ise maksimum sistolik hız değerine karşılık gelmektedir.



Şekil 2. Hız-zaman eğrisinde mak. ve min. hız değerleri

2.2. Pulsatil İndeksi (Pİ)

Pulsatil İndeksi vasküler direncin bir ölçüsüdür [13]. Pİ değerleri Gosling metoduna göre hesaplandı [14]. Bu metoda göre, sağ ve sol iç karotis ve vertebral arter Pİ değerleri, maksimum sistolik ve minimum diyastolik hız farkının, ortalama hız değerine bölünmesi ile elde edilmiştir (Denklem 2).

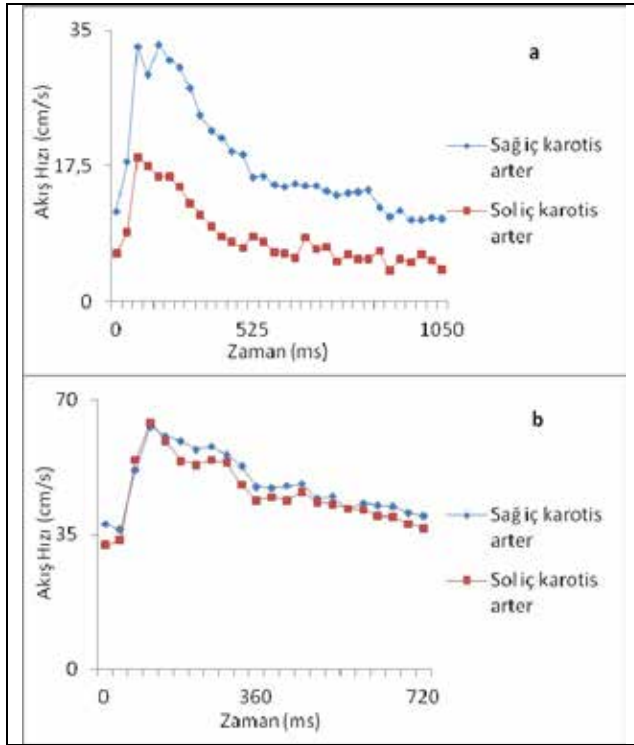
$$Pİ = \frac{\text{maksimum sistolik hız} - \text{minimum diyastolik hız}}{\text{ortalama hız}} \quad \text{Denklem 2}$$

3. Sonuçlar

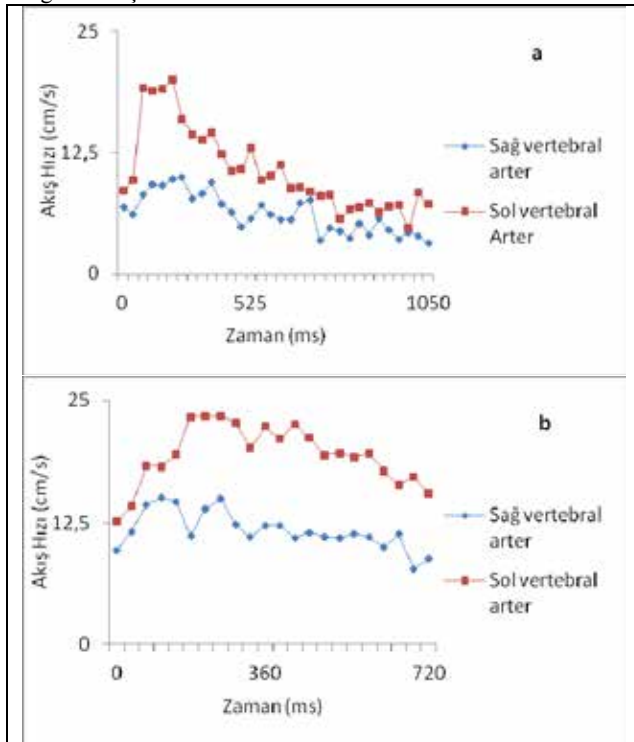
Elde edilen veriler anevrizma ve kontrol grubu sağ ve sol iç karotis ve vertebral arter hız-zaman eğrileridir. Hız-zaman eğrilerine ait örnekler Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. X eksenindeki zaman kalp atım hızına göre değişkenlik göstermektedir.

Tıbbi Görüntüleme 3

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma



Şekil 3. İç karotis arter hız-zaman eğrileri (a) anevrizma hastasına ait sağ ve sol iç karotis arter (b) sağlıklı deneğe ait sağ ve sol iç karotis arter.



Şekil 4. Vertebral arter hız-zaman eğrileri (a) anevrizma hastasına ait sağ ve sol vertebral arter (b) sağlıklı deneğe ait sağ ve sol vertebral arter.

Anevrizma grubunda sağ ve sol arteriyel Pİ değerleri arasında anlamlı fark varken, kontrol grubunda sağ ve sol tarafın Pİ değerleri birbirine yakın bulunmuştur (Tablo 1 ve Tablo 2). Anevrizma grubunda, anevrizmanın olduğu tarafın iç karotis Pİ değerleri daha yüksek bulundu. Vertebral arterlerde ise anevrizmanın olduğu tarafta Pİ değeri karşı tarafa göre küçük bulundu.

Tablo 1. Anevrizma grubu arteriyel Pİ değerleri.*

Grup	Sağ karotis	Sol karotis	Sağ vertebral	Sol vertebral
Anevrizma	1.73	1.28	1.29	1.45
Anevrizma	2.14	1	0.81	1.05
Anevrizma	0.78	1.2	2.07	1.06
Anevrizma	0.85	1.44	1.31	0.96
ort±std	1.37	1.23	1.37	1.13

*Tablo 1'de Pİ değerleri verilen ilk iki hastada beyinin sağ tarafında, 3. ve 4. hastanın ise sol tarafında anevrizma oluşmuştur.

Tablo 2. Kontrol grubu arteriyel Pİ değerleri.

Grup	Sağ karotis	Sol karotis	Sağ vertebral	Sol vertebral
Kontrol	0.74	0.81	0.6	1
Kontrol	0.53	0.63	0.6	0.51
Kontrol	1.03	1.01	1.04	0.86
Kontrol	0.6	0.61	0.64	0.61
ort±std	0.725	0.765	0.72	0.74

4. Tartışma

Yaşla birlikte arter duvarlarındaki dejenerasyonla birlikte pulsatilite artar. Bu çalışmada anevrizma grubu yaş ortalaması daha yüksek olduğu için Pİ değerleri kontrol grubuna göre daha yüksektir. Burada birbirine daha yakın yaş gruplarındaki anevrizmalı ve sağlıklı denek grubunda çalışma yapılmasının Pİ açısından nasıl bir sonuç vereceği önemlidir. Daha fazla sayıda kanamasız anevrizma gruplarında pulsatilite indeks değeri elde edilmesine ihtiyaç vardır. Bu araştırmaların sonucunda anevrizma öngörüsü için eşik pulsatilite indeks değerine ulaşılabilir.

Sağ ve sol arteriyel pulsatilite farkının anevrizma grubunda anlamlı derecede farklı bulunması, kan akışında bir asimetri oluşumunu düşündürmektedir. Beyinin sağ ve solu arasındaki bu pulsatilite farkı anevrizma öngörüsünde kullanılabilir. Özellikle 50 yaş üstü bireylerde görülecek bu pulsatilite farkı, anevrizma şüphesi yaratabilir ve o bireylerde uzun süreli takip ve tetkikler yapılarak anevrizma başlangıcı olabileceği değerlendirilmelidir.

Beyin kan akımının %80'nini karşılayan iç karotis arterlerde, anevrizmanın olduğu tarafın Pİ değeri yüksektir. Ancak bu durum vertebral arterler için tam tersi bulunmuştur. Bir

Tıbbi Görüntüleme 3

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

araştırmada, anterior komunikan arterde anevrizması olan grupta, anterior serebral ve orta serebral arterde, anevrizmanın olmadığı kontralateral tarafta kontrol grubuna göre yüksek Pİ değeri bildirilmiştir [15]. Anevrizmalı tarafın pulsatilliğinin yüksek olup olmayışı da damarlardaki hız değerleri ile birlikte ileriki araştırmaların bir konusu olmalıdır.

Kontrol grubunda ise sağ ve sol arteriyel Pİ arasında bir fark görülmemiştir ve asimetriden söz edilemeyecektir. Literatürde de kontrol grubunda sağ ve sol pulsatillik farkının olmadığı bildirilmiştir [16-17].

Anevrizmal subaraknoid kanama sonrası görülecek düşük pulsatil indeks değerinin vasospazm öngörüsü için iyi bir veri olabileceği de belirtilmiştir [18]. Ancak anevrizma olgularında beyinin sağ ve solu arasındaki pulsatillik farkını inceleyen bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca, hemodinamik faktörlerin, endovasküler anevrizma ameliyatı sonrasında tekrar anevrizma oluşumunun takibinde önemli rol oynayabileceği bildirilmiştir [19]. Buradan hareketle, sağ ve sol arteriyel pulsatillik farkının, anevrizma olgularında ameliyat sonrası değerlendirilmede de faydalı olacağını düşünüyoruz.

Araştırmada kan akış hızlarını elde ederken anevrizmanın görüldüğü üst serebral bölgeyi değil, beyni besleyen damarları kullandık. Anevrizma oluşumu ile birlikte üst serebral bölgedeki kan akış hızındaki değişimler beyni besleyen bölgedeki kan akımını da etkileyecektir. Buradan hareketle beyni besleyen damarlarda oluşacak pulsatillik farkı, anevrizma hangi damarda olursa olsun anevrizma için öngörü yapılmasını sağlayabilecektir.

Araştırmamızda arteriyel kan akış hızı değerleri MR cihazı ile elde edilmesine rağmen doppler ultrason cihazı direk olarak pulsatil indeks değerini vermektedir. Ultrason cihazının bu kolaylığı kullanılarak sağlıklı bir kişide sağ-sol arteriyel pulsatillik farkının görülmesi durumunda, elde edilen hemodinami değerleri, kan basıncı, hemoglobin, hematokrit değeri, aile öyküsü ve cinsiyet gibi diğer parametreler de kullanılarak o kişide anevrizma öngörüsü yapılabileceğini düşünüyoruz.

5. Kaynakça

- [1] Patty J, Vinuela F, " Distinct trends of pulsatility found at the necks of ruptured and unruptured aneurysms", *Journal of Neurointerventional Surgery*, 6(2), 103-7, 2014.
- [2] Jeong W, Rhee K., " Hemodynamics of Cerebral Aneurysms: Computational Analyses of Aneurysm Progress and Treatment", *Computational and Mathematical Methods in Medicine* 6(2), 103-7, 2012.
- [3] Peter Lau WH, Mong L., " Prediction of Cerebral Aneurysm Rupture ", *19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, 2007, Volume1, 350-7.
- [4] Uysal E, Yanbuluğu B., " Spiral CT angiography in diagnosis of cerebral aneurysms of cases with acute subarachnoid hemorrhage", *Diagn Interv Radiol.*, 11, 77-82, 2005.
- [5] Guo G, Yang Y., " Cerebral blood flow volume measurements of the carotid artery and ipsilateral

- branches using two-dimensional phase-contrast magnetic resonance angiography ", *Neural Regeneration Research* , 6(30), 2367-2371, 2011.
- [6] Chien A, Sayre J., " Morphologic and Hemodynamic Risk Factors in Ruptured Aneurysms Imaged Before and After Rupture", *American Journal of Neuroradiology.*, 35(11), 2130-2135, 2014.
- [7] Benndorf G, Wellnhofer E., " Intraaneurysmal flow: Evaluation with Doppler guidewires.", *American Journal of Neuroradiology.* ,17(7), 1333-7, 1996
- [8] Huston J, Nichols DA., " Blinded Prospective Evaluation of Sensitivity of MR-Angiography to Known Intracranial Aneurysms. Importance of Aneurysm Size. ", *American Journal of Neuroradiology.*, 15(9), 1607-14, 1994.
- [9] Karmonik C, Yen C., " Intra-aneurysmal flow patterns and wall shear stresses calculated with computational flow dynamics in an anterior communicating artery aneurysm depend on knowledge of patient-specific inflow rates ", *Acta Neurochirurgica*, 151(5), 479-85, 2009.
- [10] Kulcsar Z, Ugron A., " Hemodynamics of Cerebral Aneurysm Initiation: The Role of Wall Shear Stress and Spatial Wall Shear Stress Gradient", *American Journal of Neuroradiology*, 32(3), 587-94, 2011.
- [11] Fukunaga A, Uchida K., " Neuropsychological evaluation and cerebral blood flow study of 30 patients with unruptured cerebral aneurysms before and after surgery", *Surgical Neurology.*, 51(2), 132-8, 1999.
- [12] Hope TA, Hope MD., " Evaluation of intracranial stenoses and aneurysms with accelerated 4D flow", *Magnetic Resonance imaging*, 28(1), 41-6, 2010.
- [13] Marshall S. A., Nyquist P. "The Role of Transcranial Doppler Ultrasonography in the Diagnosis and Management of Vasospasm After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage", *Neurosurgery Clinics of North America* , 21(2), 291-303, 2010
- [14] Gosling RG, K DH., " Arterial Assessment by Doppler-shift Ultrasound ", *Proc R Soc Med* , 67., 447-449, 1974.
- [15] Kaspera W, Majchrzak H., " Color Doppler Sonographic Evaluation of Collateral Circulation in Patients with Cerebral aneurysms and the Occlusion of the Brachiocephalic Vessels", *Neurosurgery*, 57(6), 1117-26, 2005.
- [16] Steinmeier R, Laumer R., " Cerebral Hemodynamics in Subarachnoid Hemorrhage Evaluated by Transcranial Doppler Sonography ", *Neurosurgery* , 33(1), 9-10, 1993.
- [17] Gwilliam MN, Hoggard N., " MR derived volumetric flow rate waveforms at locations within the common carotid, internal carotid and basilar arteries", *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism* , 29(12), 1975-82, 2009
- [18] Rajajee V, Fletcher JJ, " Low Pulsatility index on Transcranial Doppler Predicts Symptomatic large-vessel vasospasm after Aneurysmal Subarachnoid hemorrhage.", *Neurosurgery.* ,70(5), 1195-206, 2012
- [19] Luo B, Yang X, " High Shear Stress and Flow Velocity in Partially Occluded Aneurysms Prone to Recanalization.", *Stroke.* ,42(3), 745-53, 2011