

## &lt;원저&gt;

# 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 중대뇌동맥의 협착 측정을 위한 North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial 및 Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease 방법의 비교 평가

이정훈·김상현

신한대학교 방사선학과

## Comparative Evaluation of North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial and Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease Methods for Measurement of Middle Cerebral Artery Stenosis in Digital Subtraction Angiography and Magnetic Resonance Angiography

Jung-Hoon Lee·Sang-Hyun Kim

*Department of Radiological Science, Shinhan University*

**Abstract** This study aimed to determine whether there was a difference in measurements between North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial(NASCET) and Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease(WASID) methods that measure the middle cerebral artery stenosis in Digital Subtraction Angiography (DSA) and Magnetic Resonance Angiography (MRA). It involved 24 patients who had completed both DSA and MRA among patients with Middle Cerebral Artery (MCA) stenosis. The Middle Cerebral Artery (MCA) stenosis was measured using the NASCET and WASID methods through a retrospective analysis. For the NASCET and WASID methods, they performed measurements on normal blood vessels located far from and close to the stenosis, respectively. The mean value and standard deviation of the Digital Subtraction Angiography (DSA) measured by the NASCET method were 59.23% and 13.27%. On the other hand, those of the Digital Subtraction Angiography (DSA) measured by the WASID method were 66.64% and 12.47%. And, the mean value and standard deviation of the Magnetic Resonance Angiography (MRA) measured by the NASCET method were 49.82% and 12.06%. By contrast, those of the Magnetic Resonance Angiography (MRA) measured by the WASID method were 56.63% and 10.67%. All the p-values obtained by the Pearson and Spearman correlation tests in the Digital Subtraction Angiography (DSA) and the Magnetic Resonance Angiography (MRA) were <0.01. In conclusion, this study suggests that both the NASCET and WASID methods to measure the middle cerebral artery stenosis in the Digital Subtraction Angiography (DSA) and the Magnetic Resonance Angiography (MRA) can be used if they are not used interchangeably.

**Key Words:** Digital Subtraction Angiography, Magnetic Resonance Angiography, Nascet, Wasid, Middle Cerebral Artery

**중심 단어:** 디지털 감산 혈관조영술, 자기 공명 혈관조영술, NASCET, WASID, 중대뇌동맥

Corresponding author: Sang-Hyun Kim, Department of Radiological Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, 11644, Republic of Korea / Tel: +82-31-870-3413 / E-mail: kbm0821@shinhan.ac.kr

Received 19 August 2019; Revised 21 October 2019; Accepted 22 October 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

## I. 서 론

두개 내 죽상경화증은 허혈성 뇌졸중의 중요한 원인이며, 대부분 중대뇌동맥의 근위 부분과 관련이 있다[1-2]. 협착의 영상 평가는 치료 계획에 중요하며, 도플러 초음파 검사(Doppler sonography), 전통적인 혈관조영술(Conventional angiography), 자기 공명 혈관조영술(Magnetic resonance angiography; MRA), 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술(Computed tomography angiography; CTA), 최근에는 고해상도의 혈관조영술을 이용하여 협착증을 분류하려고 시도하고 있다[3]. 디지털 감산 혈관조영술(Digital Subtraction Angiography; DSA)과 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술은 매우 정확한 영상을 제공하나 조영제를 사용하므로 요오드에 대한 부작용이 있거나 신장 기능이 손상된 환자에게는 제한적으로 사용된다. 하지만 자기 공명 혈관조영술은 디지털 감산 혈관조영술, 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술과 달리 조영제를 사용하지 않고도 비침습적으로 혈관의 영상을 획득할 수 있는 장점을 가지고 있어 많이 사용되어 지고 있다[4]. 협착 정도의 정확한 측정은 치료 결정에 있어 매우 중요하다. 최근의 보고에 따르면 협착이 70%를 넘는 환자는 스텐트 시술을 받는 것이 좋다고 하였고, 다른 연구에서는 중증 협착이 있는 환자에서 뇌졸중의 재발 위험이 높아진다고 보고되었다[5,6].

Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease (WASID) 임상 시험은 두개 내 협착의 위험을 정확히 알기 위해 시도된 대규모 임상 시험이었다. 이 연구는  $[1 - (D_{stenosis} / D_{normal})] \times 100 = \% \text{ Stenosis}$  라는 공식에 기초하여 협착 정도를 정의하는 새로운 시스템을 제안했다[7]. 이 계산에서 정상 혈관의 측정은 협착 병변 근위부에서 측정된다. 우리나라의 보험심사에서 사용되는 경동맥 협착을 측정하는 방법 중에 하나가 North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial(NASCET) 이다[8]. 이 방법은 경동맥 협착을 위해 설계되었지만, 두개 내 협착에도 적용되었다[9-11]. NASCET 방법은 WASID 방법과 다르게 병변 원위부에서 정상 혈관의 직경을 측정해서 사용한다[12]. NASCET 방법의 공식은  $[(D_{normal} - D_{stenosis}) / D_{normal}] \times 100 = \% \text{ Stenosis}$  이다. Huang 등은 디지털 감산 혈관조영술(Digital subtraction angiography, DSA)과 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술(CTA)을 이용하여 중대뇌동맥(Middle cerebral artery, MCA)에서의 NASCET과 WASID 방법을 최초로 비교하였고[9], Chen 등은 디지털 감산 혈관조영술(DSA)을 이용하여 중대뇌동맥에서의 NASCET과 WASID 방법의 재현성을 평가하였다[11]. 이에 우리는 중대뇌동맥에서의 디지털 감산 혈관조영술(DSA)와 자기 공

명 혈관조영술(MRA)를 이용하여 NASCET과 WASID 방법을 최초로 비교 평가 하고자 한다.

본 연구의 목적은 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 중대뇌동맥(MCA)의 협착을 측정하는 NASCET 방법과 WASID 방법 간에 측정값의 차이가 있는지를 확인하고자 한다.

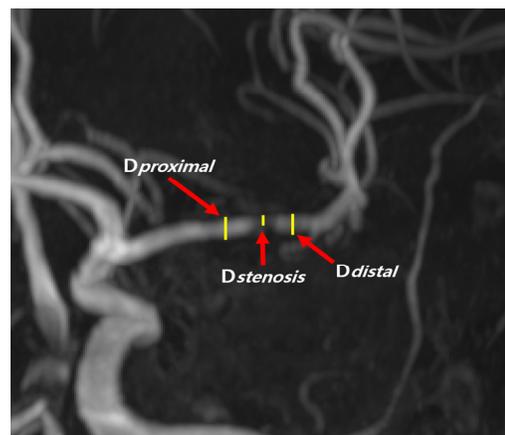
## II. 대상 및 방법

### 1. 대상 및 영상

중대뇌동맥(MCA)에 협착을 가진 환자로 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술을 모두 검사한 24명의 환자를 대상으로 하였다. 성비는 남자 11명과 여자 13명이었고, 평균 나이는 65세(38~82세)였다. 본 연구의 포함 기준은 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술을 30일 이내에 모두 검사한 환자를 대상으로 하였고 30일 이상의 기간을 두거나 한 가지만 검사한 환자는 배제하였다. 또한 영상 품질이 낮아 측정이 어려운 환자들을 배제하였고 중대뇌동맥의 M1 분절에 협착을 가진 환자만을 대상으로 하였다.

### 2. 데이터 분석

중대뇌동맥의 협착은 후향적 분석을 통해 NASCET과 WASID 방법을 이용하여 측정하였다. NASCET 방법은 협착부



**Fig. 1.** Magnetic resonance angiography image showing the sites where measurements were taken. The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial classification uses the distal segment as comparator to the stenotic region. The Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease method divides the stenotic segment measurement by that of the proximal normal segment.

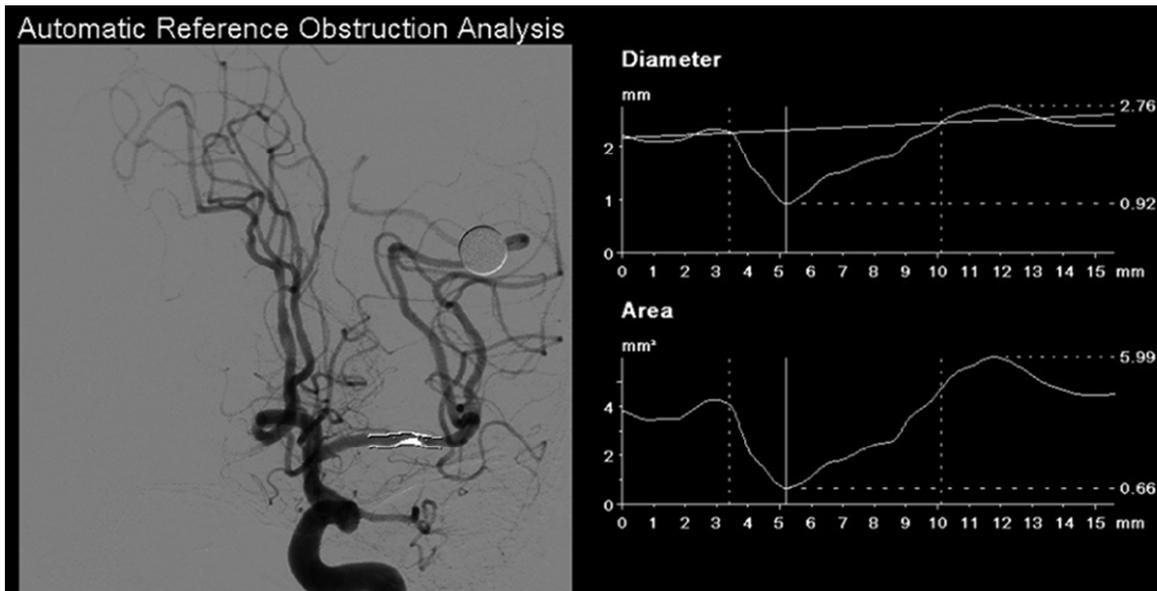


Fig. 2. CAAS software can perform automatic contour detection and quantification of severity of the stenosis.

위에서 먼 쪽의 정상 혈관의 측정치를 구하였고, WASID 방법은 가까운 쪽의 정상 혈관을 측정하였다(Fig. 1). 디지털 감산 혈관조영술의 영상은 Cardiovascular Angiographic Analysis System(CASS) 프로그램을 이용하여 자동측정 하였고, 자기 공명 혈관조영술의 영상은 INFINITT Version 3.0.11.4 BN4 32Bit과 Image J를 이용하여 분석하였다(Fig. 2).

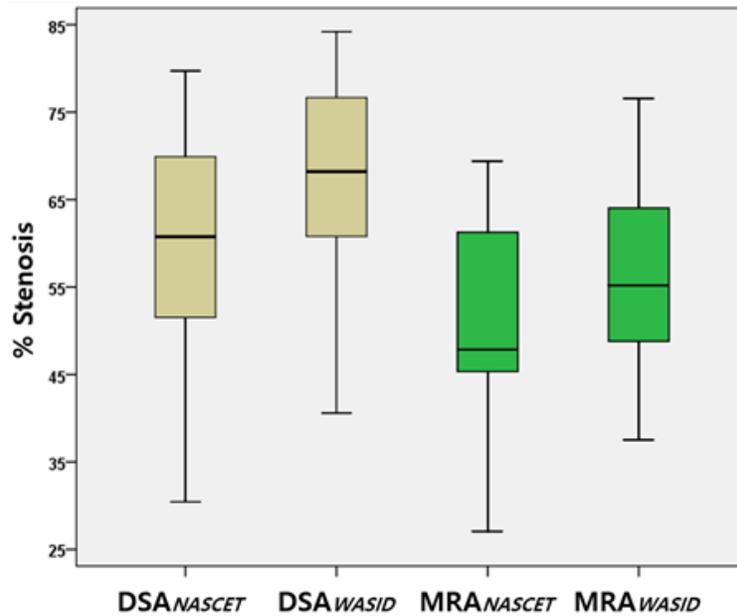
### 3. 통계 분석

수집된 데이터는 SPSS software(SPSS 23.0 for Windows, SPSS, Chicago, IL USA)로 통계학적 분석을 실행하였다. 분석 기법으로는 Wilcoxon signed rank test를 이용하여 비모수적 방법으로 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서의 NASCET과 WASID 측정치를 각각 비교하였다. 또한 Pearson과 Spearman을 이용하여 상관관계를 분석하였다. Box plot을 이용하여 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서의 NASCET과 WASID 측정치를 그래프로 나타내었다(Fig. 3).

## III. 결 과

중대뇌동맥의 M1 분절에서 협착을 보인 24명의 환자에서 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술의 평균과 표준편차, 상관관계를 분석해 Table 1에 나타내었다. 디지털 감산 혈관조영술을 NASCET 방법으로 측정된 평균값은 59.23%, 표준편차는 13.27%이었다. 디지털 감산 혈관조영

술을 WASID 방법으로 측정된 평균값은 66.64%, 표준편차는 12.47%이었다. 자기 공명 혈관조영술을 NASCET 방법으로 측정된 평균값은 49.82%, 표준편차는 12.06%이었다. 자기 공명 혈관조영술을 WASID 방법으로 측정된 평균값은 56.63%, 표준편차는 10.67%이었다. Wilcoxon signed rank test를 이용한 디지털 감산 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법의 측정값들에 대한 검정통계량은 -4.286, 유의확률은 <0.001로 NASCET과 WASID 방법의 측정값에 차이가 있다고 할 수 있다. 또한 Wilcoxon signed rank test를 이용한 자기 공명 혈관조영술에서도 NASCET과 WASID 방법의 측정값들에 대한 검정통계량은 -4.286, 유의확률은 <0.01로 NASCET과 WASID 방법의 측정값에 차이가 있다고 할 수 있다. 디지털 감산 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법의 측정값들에 대한 Pearson correlation test에서의 상관계수는 0.949, Spearman correlation test에서의  $r$ -value는 0.947로 통계적으로 유의한 선형관계가 있다고 할 수 있다. 또한 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법의 측정값들에 대한 Pearson correlation test에서의 상관계수는 0.953, Spearman correlation test에서의  $r$ -value는 0.959로 통계적으로 유의한 선형관계가 있다고 할 수 있다. 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 Pearson과 Spearman correlation test의  $p$ -value는 모두 <0.01이었다. 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법으로 측정된 모든 값들에 대한 그래프는 Box plot으로 나타내었다(Fig. 3).



**Fig. 3.** It shows a box plot of the measurements analyzed by the NASCET and WASID methods in the Digital Subtraction Angiography (DSA) and the Magnetic Resonance Angiography (MRA).

**Table 1.** Comparison of values measured with the NASCET and WASID methods.(DSA: Digital Subtraction Angiography, MRA: Magnetic resonance angiography)

	Median degree of stenosis (%)	Std. Deviation	Wilcoxon matched-pairs test <i>P</i> value	Spearman <i>r</i> value ( <i>P</i> value)	Pearson correlation coefficient
DSANASCET	59.23	13.27	< 0.01	0.947 ((<0.01)	0.949 ((<0.01)
DSAWASID	66.64	12.47			
MRANASCET	49.82	12.06	< 0.01	0.959 ((<0.01)	0.953 ((<0.01)
MRAWASID	56.63	10.67			

#### IV. 고 찰

본 연구는 중대뇌동맥에서의 협착을 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법의 유용성을 비교한 논문이다. 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법의 측정값들은 평균 7.4%와 6.8% 정도의 차이를 보여 유의한 차이가 있었다. 이는 중대뇌동맥의 협착을 측정하기 위해 NASCET과 WASID 방법을 상호 교환해서 사용해서는 안 되는 것을 알 수 있었다. 그러나 Spearman의 *r*-value와 Pearson 상관계수에서 높은 선형관계를 보였다. 이는 중대뇌동맥의 협착을 측정하는데 NASCET과 WASID 방법 모두를 사용할 수 있음을 의미한다.

두개 내 동맥 협착증(Intracranial arterial stenosis)은 큰 혈관의 내강 협착과 관련이 있다[13]. 죽상 경화증은 일

반적으로 뇌 반구를 관류하는 주요 동맥인 중대뇌동맥에서 발생한다[14]. 디지털 감산 혈관조영술, 컴퓨터 단층 혈관조영술, 자기 공명 혈관조영술을 포함한 다양한 장비의 검사를 통해 두개 내 죽상 경화증을 평가할 수 있다. 그러나 아직까지 두개 내 죽상 경화증의 평가를 위한 방법은 여전히 디지털 감산 혈관조영술을 우선한다. 이에 본 연구에서는 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술을 비교 평가하였다. 또한 자기 공명 혈관조영술은 조영제 없이 중대뇌동맥을 확인할 수 있는 장점을 가지고 있다. NASCET과 WASID 방법은 혈관 협착증을 평가하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 두 방법 모두 혈관의 내강 협착의 정도를 측정할 수 있는 방법이다. WASID 방법은 두개 내 혈관 협착을 측정하는 기본적인 방법으로 널리 사용되고 있으며, NASCET 방법은 원래 경동맥 협착증을 평가하기 위해 개발되었으나 현재는 두개 내 혈관 협착증에도 사용되고

있다[9-11]. Bash 등은 27명의 환자를 대상으로 디지털 감산 혈관조영술, 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술, 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET 방법으로 중대뇌동맥을 포함한 혈관들의 협착을 비교 평가하였다[10]. 또한 Huang 등은 디지털 감산 혈관조영술과 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술을 이용하여 중대뇌동맥에서의 NASCET과 WASID 방법을 최초로 비교하였다[9]. 이에 본 연구에서는 중대뇌동맥의 협착을 측정할 수 있는 다양한 방법 중에 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술을 이용한 방법을 최초로 사용하게 되었다. Chen 등은 디지털 감산 혈관조영술(DSA)을 이용하여 중대뇌동맥에서의 NASCET과 WASID 방법을 평가하여 두 방법 모두 사용가능하나 조금 더 재현성이 높은 WASID 방법을 권고하였다[11]. 본 연구의 결과 또한 NASCET과 WASID 방법 모두 중대뇌동맥에서 협착증을 측정하는데 사용할 수 있다는 결과를 얻었다. NASCET과 WASID 방법은 정상 혈관 직경을 결정하기 위해 각기 다른 부위를 채택하므로, 각 방법은 동일한 혈관조영술에서 동일한 병변에 대해 다른 협착률을 제공하게 된다[7,15]. NASCET 방법으로 측정된 정상혈관의 직경은 WASID 방법으로 측정된 직경보다 작게 되는데, 그 이유는 중대뇌동맥의 근 위부의 직경이 원 위부 보다 크기 때문이다[16]. 본 연구의 결과를 바탕으로 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법 모두를 사용할 수 있으나 서로 혼용해서 사용하면 안 된다는 것을 알 수 있었다. 상관관계에서 높은 선형관계를 보이므로 두 방법 모두 사용 가능하나, NASCET과 WASID 방법의 측정값들의 평균은 유의한 차이가 있으므로 상호 교환해서 사용해서는 안 된다.

제한점으로는 NASCET과 WASID 방법을 통한 재현성 평가를 하지 않았고, 중대뇌동맥의 협착을 진단할 수 있는 디지털 감산 혈관조영술, 컴퓨터 단층 촬영 혈관조영술, 도플러 초음파, 자기 공명 혈관조영술 등의 다양한 검사 방법에 대한 비교를 하지 않았다는 것이다. 향후에는 조금 더 다양한 장비의 검사법들에 대한 비교 평가를 통해 중대뇌동맥의 협착을 측정할 수 있는 NASCET과 WASID 방법에 대한 분석이 이루어지기를 기대한다.

## V. 결 론

본 연구는 디지털 감산 혈관조영술과 자기 공명 혈관조영술에서 중대뇌동맥의 협착증 측정을 위한 NASCET과 WASID 방법은 상호 교환해서 사용하지 않는다면 두 방법 모두 사용할 수 있음을 알 수 있다. 디지털 감산 혈관 조영

술과 자기 공명 혈관조영술에서 NASCET과 WASID 방법은 선형적인 상관관계를 보였다. 하지만 두 방법이 혼용되어 사용될 우려가 있으므로 한 가지 방법을 정해 사용할 필요가 있다.

## REFERENCES

- [1] Weimar C, Goertler M, Harms L, et al. Distribution and outcome of symptomatic stenoses and occlusions in patients with acute cerebral ischemia. *Archives of Neurology*. 2006;63(9):1287-91.
- [2] Kim HG. Intracerebral Regional and Vasculature-Specific Distributions of Ischemic Cerebrovascular Diseases: Using MRI and MRA. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2010;33(3):223-30.
- [3] Arenillas JF. Intracranial atherosclerosis: current concepts. *Stroke*. 2011;42(1):S20-3.
- [4] Lee JH. Evaluation of O-MAR XD technique for reduction of magnetic susceptibility artifact of knee implant. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(5):413-9.
- [5] Tang CW, Chang FC, Chern CW, Lee YC, Hu HH, Lee IH. Stenting versus medical treatment for severe symptomatic intracranial stenosis. *AJNR*. 2011;32(5):911-6.
- [6] Mazighi M, Tanasescu R, Ducrocq X, Vicaut E, Bracard S, Houdart E, et al. Prospective study of symptomatic atherothrombotic intracranial stenoses: the gesica study. *Neurology*. 2006;66(8):1187-91.
- [7] Samuels OB, Joseph GJ, Lynn MJ, Smith HA, Chimowitz MI. A standardized method for measuring intracranial arterial stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000;21(4):643-6.
- [8] SUH, Sang Il. Guideline for Extracranial Carotid Stenting: Preliminary Report. *Neurointervention*. 2007;2(1):24-9.
- [9] Huang J, Degnan AJ, Liu Q, Teng Z, Yue CS, Gillard JH, et al. Comparison of NASCET and WASID criteria for the measurement of intracranial stenosis using digital subtraction and computed tomography angiography of the middle cerebral artery.

- J Neuroradiol. 2012;39(5):342-5.
- [10] Bash S, Villablanca JP, Jahan R, Duckwiler G, Tillis M, Kidwell C, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusive disease: Evaluation with ct angiography, mr angiography, and digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol.* 2005;26(5):1012-21.
- [11] Chen, L, Zhan Q, Ma C, Liu Q, Zhang X, Tian X, et al. Reproducibility of middle cerebral artery stenosis measurements by DSA: Comparison of the NASCET and WASID methods. *PLoS one.* 2015;10(6): e0130991.
- [12] Fox AJ. How to measure carotid stenosis. *Radiology.* 1993;186(2):316-8.
- [13] Turan TN, Makki AA, Tsappidi S, Cotsonis G, Lynn MJ, Cloft HJ, et al. Risk factors associated with severity and location of intracranial arterial stenosis. *Stroke.* 2010;41(8):1636-40.
- [14] Carvalho M, Oliveira A, Azevedo E, Bastos-Leite AJ. Intracranial arterial stenosis. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2014;23(4):599-609.
- [15] Eliasziw M, Smith RF, Singh N, Holdsworth DW, Fox AJ, Barnett HJ. Further comments on the measurement of carotid stenosis from angiograms. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) Group. *Stroke.* 1994;25(12):2445-9.
- [16] Zhu XJ, Du B, Lou X, Hui FK, Ma L, Zheng BW, et al. Morphologic characteristics of atherosclerotic middle cerebral arteries on 3T high-resolution MRI. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2013;34(9): 1717-22.