

## &lt;원저&gt;

## 혈관조영장비의 테이블-피사체간 거리 변화에 따른 혈관측정 정확도 연구

김승기

명지병원 영상의학과

## Study on the Accuracy of Vessel Measurement According to Table Object Distance Changes

Kim Seung-Gi

Department of Radiology, Myongji Hospital

**Abstract** This is to study the accuracy of the actual size according to the TOD(table object distance; TOD) change when measuring blood vessels using angiography equipment, and to help the optimal selection of the device used accordingly. Balls similar to the size of common vessels were calibrated with TOD using 30 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm and acrylic phantoms, catheter calibration from 0 cm to 10 cm, 20 cm and 30 cm, respectively. It was measured whether there was a change in the measured value according to the change. The equipment used was GE Innova 3131 IQ equipment, and the image reconstruction method was GE AW4,7 post processing program. Two radiotechnologists were scanned three times by catheter calibration method and 3DRA(3dimension rotational angiography; 3DRA) volume rendering method. The independent sample T-test showed 0.981 ( $p > 0.05$ ) to verify the significance between the two observers. As a result, in case of catheter calibration, the error rate at TOD 0 mm and 10 mm is within  $\pm 10\%$ , but when the TOD is changed to 20 mm and 50 mm respectively, the tolerance is  $\pm 10\%$  except for 30 mm ball exceeded. On the other hand, 3DRA was included within the tolerance range of  $\pm 10\%$  overall even when the TOD was changed from 0 mm to 50 mm. In the catheter calibration method, the larger the TOD, the larger the error range, and the 3DRA method was able to measure vascular vessels accurately close to the actual measurement without any consideration of the TOD.

**Key Words**: 3dimension rotational angiography, Catheter calibration, Volume rendering, Table object distance, Vascular measurement

**중심 단어**: 혈관측정, 볼륨렌더링, 삼차원 회전 혈관조영술, 카테터 보정 측정법, 테이블-피사체간 거리

## I. 서론

혈관조영술을 이용한 인터벤션(intervention) 시술은 의학의 발달과 더불어 컴퓨터 소프트웨어의 급속한 발전으로 점점 치료의 비중이 높아지고 있다. 최근에는 장비의 영상처리 능력과 각종 혈관중재 시술에 사용되는 카테터(catheter), 풍선(balloon), 스텐트(stent) 등의 기구(device)들이 다양화와 업그레이드, 그리고 최소 침습(minimal invasive)으로 치료가 가능한 장점이 있어 점차 증가하는 추세이다[1]. 혈관조

영장비를 이용한 혈관측정 방법에는 크게 두 가지로 전통적인 catheter calibration방법과 삼차원 회전 혈관조영술(3dimension rotational angiography; 3DRA)을 이용하는 방법이 있으며, catheter calibration방법은 영상에 포함된 catheter의 정해진 직경을 대입해서 보정하는 방법으로 간단하여 많이 사용했으나[2], 소프트웨어의 눈부신 발전으로 인해 근래에는 대부분에서 3DRA를 이용하여 볼륨렌더링(volume rendering; VR)을 이용하여 측정하는 방법을 사용하고 있다. 3DRA 방법은 1970년대부터 일부에서만 제한적으

Corresponding author: Seung-Gi Kim, Department of Radiology, Myongji Hospital, 55, Hwasu-ro 14beon-gil, Deokyang-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 10475, Republic of Korea / Tel: +82-31-810-5533 / E-mail: cocuncap@naver.com

Received 20 November 2019; Revised 13 December 2019; Accepted 25 December 2019

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

로 사용이 되었으나[3], 최근에는 혈관에 대한 입체적이고 정확한 정보를 제공해 줌으로 겹쳐 보이는 해부학적 구조인 혈관의 길이나 직경을 측정해야 하는 대부분의 경우에서 사용되어지고 있다[4-6]. 그러나 3DRA에서는 테이블-피사체간 거리((table object distance; TOD)를 전혀 고려하지 않으며, 영상평가에 대한 장비 회사에 따라 정확한 프로토콜, calibration방법이나 기준이 마련되어져 있지 않아 자칫 잘못하면 측정의 오류가 발생할 수 있다[7-10]. 이는 특히 뇌신경계 환자의 경우 머리받침이 있고 없음이나 높이의 변화에 따라 TOD가 변하게 되는데 3DRA는 TOD를 고려하지 않기에 뇌동맥자루(aneurysm) 환자의 코일색전술 치료 시 뇌동맥자루 크기에 따른 적절한 백금코일을 선택한다든지, 혈관의 협착(stenosis)이나 폐색(occlusion) 환자에서 측정된 혈관크기에 적합한 풍선카테터(balloon catheter)를 이용한 경피적 혈관성형술(percutaneous transluminal angioplasty; PTA)이나 스텐트 삽입술(stent insertion)등을 시술할 때 정확한 혈관측정이 필요하며 그렇지 못할 경우 혈관측정의 오차로 인한 심각한 합병증인 파열(rupture), 혈관박리(dissection), 재협착(restenosis)등을 유발할 수도 있다.

이에 본 연구는 여러 가지 크기가 정해진 볼을 이용해 TOD를 변화시켜 catheter calibration 측정법과 3DRA를 이용한 측정값을 실제 크기와 비교하여 측정값이 어느 정도 일치하는지를 알아보고 실제 그 결과를 토대로 임상에서 혈관크기의 정확도를 높여 그에 따라 사용하는 기구(device)에 대한 최적의 선택을 돕기 위함이다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구 방법

인체 대표 혈관과 비슷한 크기의 볼을 제작하여 catheter calibration 방법과 3DRA 방법으로 각각에 TOD를 변화하여 측정하여 그 값을 비교하여 차이가 있는지를 검증하였다.

### 2. 연구 장치

#### 1) 실험 장비

본 연구에 사용된 혈관조영장비는 Innova 3131-IQ angiography image system(GE Healthcare, France)장비를 사용하였고, post processing을 위해 AW4.7 volumeshare5 workstation이 사용되었다 [Fig. 1].



Fig. 1. GE Innova 3131 IQ angiography image system

#### 2) 실험 도구

모든 기구들의 내경과 외경을 정확히 측정하기 위해 Mitutoyo electronic digital caliper(Resolution: 0.1 mm /0.01 "Accuracy:  $\pm 0.2$  mm/0.01", Japan)를 사용하였고, catheter calibration을 위해 좀더 구경이 큰 6F ENVOY DA(Codman Neurovascular, USA) distal access guiding catheter를 준비하였다[Fig. 2].

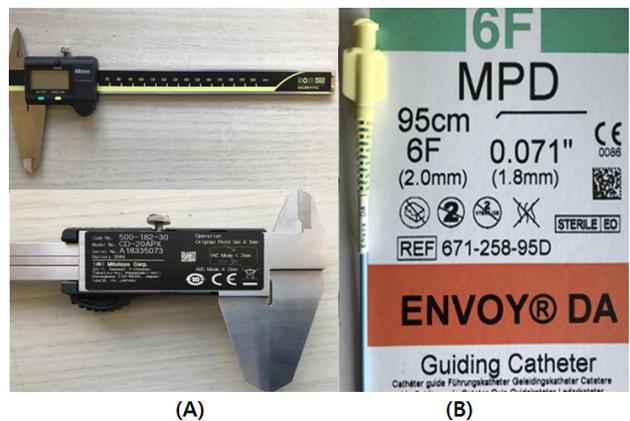


Fig. 2. Electronic caliper used in actual measurements(A), 6F ENVOY catheter used for catheter calibration(B)

인체 혈관의 크기 중 가장 대표적인 크기인 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm의 원형 볼을 제작하였다[Fig. 3].

여러 크기의 볼을 고정하기 위해 직사각형 아크릴에 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm의 원기둥 형태의 구멍을 뚫어 볼이 스캔(scan)시 움직이지 않도록 하였고, TOD 변화를 주기위해 아크릴 평판 팬텀을 10 mm, 20 mm, 50 mm 높이로 각각 준비하였다[Fig. 4].

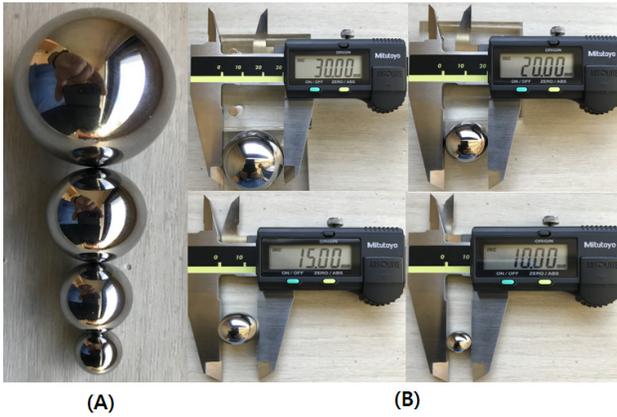


Fig. 3. Various sizes of Iron-ball(A), Actually measured ball size(B)

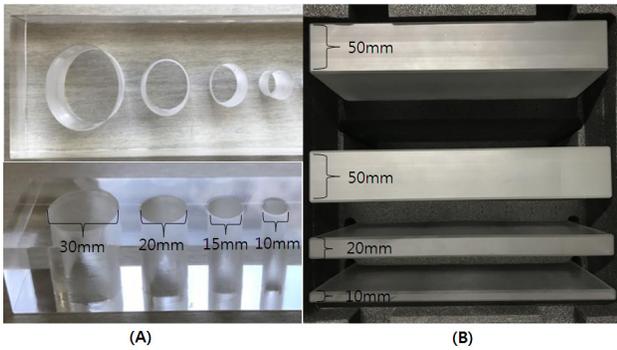


Fig. 4. Acrylic frame to fix the ball(A), Various sizes of Acrylic Plates(B)

### 3. 연구 방법

10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm 각각의 볼을 아크릴 홀더에 넣어 고정하고, 아크릴 평판 팬텀을 이용하여 TOD를 변화하여 각각의 방법으로 볼을 영상의 정중앙에 위치시키고 각각 3회 촬영하여 볼의 크기를 측정한다. 촬영조건은 3DRA와 동일하게 FOV(field of view; FOV) 30×30 cm, SID (source-image distance; SID) 119 cm으로 하여 정 정면상(true AP position)에서 table높이를 iso center로 고정시킨 후 TOD 0 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm으로 변화시켜 catheter calibration 방법과 3DRA방법으로 실험하였으며, 3DRA방식에서는 측면 상(lateral view)은 TOD를 고려하기 위해 table 높이를 움직이지 않았고 그 때문에 TOD 50 mm 이상에서는 영상에 모두 포함되지 않아 TOD를 50 mm까지만 변화시켰다. 촬영된 영상은 post processing AW4.7 workstation에서 각각의 방법으로 10년차 이상 방사선사 2인이 중복 측정하여 평균값을 기록하였다[Fig. 5].

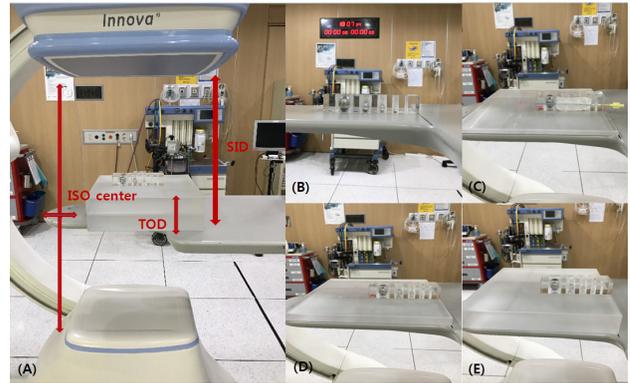


Fig. 5. Description of each Iso center, TOD, SID description(A), TOD zero position(B), Attach catheter to TOD 10 mm position(C), TOD 20 mm position(D), TOD 50 mm position(E)

#### 1) catheter calibration 방법

6F ENVOY DA Guiding catheter를 볼 홀더에 중앙에 위치시켜 고정 한 후 3회 촬영하여 볼의 크기를 측정하였다 [Fig. 6].

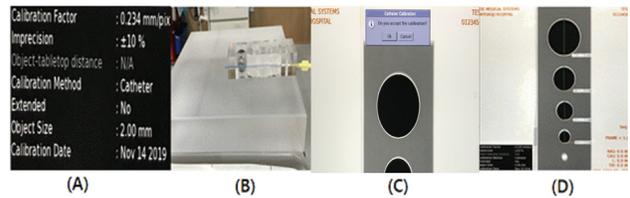
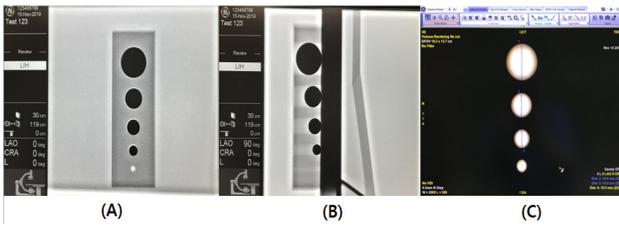


Fig. 6. catheter calibration factor(A), Catheter attachment location(B), catheter calibration method(C), Length measurement by catheter calibration method(B)

측정된 영상은 볼이 구별이 잘 되도록 히스토그램을 조절하여 WW(window width; WW) 1000, WL(window level; WL) 3000으로 고정하였고 볼이 전부 보이는 범위 내에서 최대한 확대하여 측정하였다.

#### 2) 3DRA 방법

정면 상에서 영상의 정중앙에 위치시킨 후 측면 상(lateral view)에서는 영상의 중앙에 놓지 않고 table높이를 조절하지 않아 TOD 변화에 따른 영상의 왜곡이 있는지를 평가하였다. 3D는 VR 기법으로 40deg/sec, 확대율은 DFOV 16.1 × 11.4 cm으로 통일하였고 영상의 재구성은 주로 뇌신경계에서 사용하는 알고리즘으로 No filter와 fast 512matrix 기법으로 볼을 가장 잘 관찰 할 수 있도록 히스토그램의 WW: 1534, WL: 256에서 높이를 직각으로 측정하였다[Fig. 7].



**Fig. 7.** 3DRA calibration method AP position image(A), 3DRA calibration method lateral position image(B), Length measurement by 3DRA method(C)

3) 통계처리 방법

각 측정 방식에 따른 차이 값의 유의성 평가를 위해 통계 분석 프로그램 IBM SPSS ver. 20을 이용하여 독립표본 *T*-test를 통해 측정방법 별 실제 값과 측정치의 평균, 오차를 각각 비교하여 정확도를 검증하였다.

III. 결과

방사선사 2인이 catheter calibration방법과 3DRA 방법으로 각각 3회 촬영하여 측정하였다. 관찰자간 유의성을 검증하기 위해 독립표본 *T*-test 결과  $t = -.024, p = 0.981(p > 0.05)$ 로 두 관찰자간 차이를 보이지 않았다[Table 1].

P사를 제외하고 장비회사에 따른 측정오차를 명확히 규정하고 있지는 않지만 장비에서 지원하는 허용오차를  $\pm 10\%$ 로 표기하고 있어 그를 기준으로 측정값이 허용오차 범위에 포함되는지를 알아보았다[11]. 먼저 catheter calibration(A method)의 경우 TOD 0 mm과 10 mm에서의 오차율은  $\pm 10\%$  이내이지만 TOD를 각각 20 mm와 50 mm로 변경하였을 때는 30 mm 볼 만 제외하고 대부분 허용오차인  $\pm 10\%$ 를 초과하였다. 반면 3DRA(B method)는 TOD 0 mm에서 50 mm까지 변경하여도 전체적으로 허용오차 범위인  $\pm 10\%$  이내에 모두 포함되었고, 유의확률에서 실제 크기와 측정된 크기가 변화가 없다고 말할 수 있다( $p > 0.05$ ), [Table 2].

두 가지 측정방법 중 TOD가 증가할수록 오차율이 커지는지에 대한 유의성 검증을 위해 독립표본 *T*-test 결과  $t = -.9.71, p = .000(p < 0.05)$ 로 TOD가 증가할수록 catheter calibration방법이 3DRA방법 보다 오차범위가 커지는 것으

로 확인되었다[Table 3].

IV. 고찰

혈관조영장비를 이용한 인터벤션 시술에 이용되는 3DRA 측정방법은 특히 정교함이 필요로 하는 목동맥 스텐트설치술이나 뇌동맥자루 코일색전술, 풍선혈관성형술 등 뇌신경계 인터벤션 시술에서 혈관이나 동맥자루의 측정에 반드시 필요한 역할을 하게 된다[12-15]. 특히 뇌동맥자루를 측정하여 적당한 코일을 삽입한다던지, 좁아진 혈관에 정상혈관의 크기를 측정하여 확장형 풍선의 크기를 측정하거나 그곳에 스텐트를 설치 할 때는 정확한 측정이 요구된다. 그러나 3DRA를 이용하여 측정하는 방법에는 그 측정 방법이나 영상 정보에 대한 정확한 규정이 없으며 특히 TOD를 고려하지 않기 때문에 생길 수 있는 오차에 대한 정확성과 재현성에 문제가 있을 수 있다. 또한 장비 회사에 따라 대략 6개월을 주기로 3D calibration을 하지만 대부분 장비의 SID변화와 spin speed에 대해 시행하고, 영상평가에 대한 정확한 tool을 가지고 있지 않은 게 현실이다. 게다가 사람이 측정을 하게 됨으로 주관적인 요인과 성향에 따라서도 조금씩 오차가 발생할 수 있다. 그러기에 부정확한 측정결과로 인해 발생할 수 있는 오차가 치료받는 환자에게는 치명적일 수 있기에 측정치에 대한 검증은 연구의 대상이 되기 충분하다고 생각한다.

측정결과를 보면 catheter calibration방법은 영상에 포함된 catheter의 외경(out diameter)을 기준으로 측정하기 때문에 catheter가 흔들린다던지, catheter 내부에서 조영제가 씻기는(washout) 현상으로 인해 장비가 정확히 catheter를 측정하는 데에 오류가 발생할 수 있으며 TOD 변화가 클수록 그 오차가 점점 커지는 결과를 가져왔다. 특히 TOD가 20 mm, 50 mm 로 커질수록 볼의 크기가 10 mm, 15 mm, 20 mm에서는 그 오차범위가  $\pm 10\%$  이상의 더 큰 오차가 발생하였다. 이는 보통 3 mm ~ 6 mm정도 크기인 뇌신경계 혈관에서는 그 측정오류가 심각한 결과를 초래할 수도 있다. 반면 TOD를 전혀 고려하지 않는 3DRA방법에서 TOD를 고려하지 않는 이유가 정면상과 측면 상에서 모두 영상의 정중상에 위치시키는 방법으로 고정된 축이 회전함으로 x축과 y축의 회전반경이 일정범위 내에 있어 x축으로부터 y축까지 회전하면서 생기는 각각의

**Table 1.** Independent table t-test between examiners according to measured ball size

	Size of the measured ball	<i>t</i>	<i>p</i>
	Mean±SD(mm)		
Radiotechnologist 1	17.95±7.29	-.024	.981
Radiotechnologist 2	17.97±8.98		

**Table 2.** Measurement result and mean, standard deviation, error rate, significance probability

TOD(mm)	Method	Boll Size(mm)	Mean±SD(mm)	Error Rate(%)	$\rho$	
0	A	10	9.35±0.19	-6.50	.000	
		15	14.48±0.18	-3.40	.001	
		20	19.37±0.28	-3.15	.003	
	B	30	28.65±0.26	-4.67	.000	
		10	9.93±0.05	-0.60	.025	
		15	15.07±0.10	+0.47	.175	$p>0.05$
10	A	20	20.20±0.46	-1.00	.332	$p>0.05$
		30	30.07±0.08	-0.33	.102	$p>0.05$
		10	9.18±0.21	-8.30	.000	
	B	15	13.80±0.29	-8.00	.000	
		20	18.43±0.24	-7.80	.000	
		30	27.90±0.18	-7.00	.000	
20	A	10	9.98±0.12	-0.10	.741	$p>0.05$
		15	15.07±0.05	+0.47	.064	$p>0.05$
		20	19.87±0.12	-0.65	.053	$p>0.05$
	B	30	30.05±0.05	+0.30	.076	$p>0.05$
		10	8.78±0.09	-12.20	.000	
		15	13.31±0.18	-11.20	.000	
50	A	20	17.73±0.13	-11.35	.000	
		30	27.41±0.16	-8.60	.000	
		10	10.10±0.08	+1.00	.041	
	B	15	15.01±0.09	+0.13	.695	$p>0.05$
		20	20.00±0.08	0.00	1.000	$p>0.05$
		30	30.08±0.07	+0.16	.042	
50	A	10	8.45±0.19	-15.50	.000	
		15	13.00±0.20	-13.33	.000	
		20	17.35±0.18	-13.25	.000	
	b	30	27.11±0.23	-9.60	.000	
		10	10.01±0.09	+0.20	.695	$p>0.05$
		15	15.05±0.05	+0.33	.076	$p>0.05$
		20	19.95±0.08	-0.35	.203	$p>0.05$
		30	30.05±0.05	+0.17	.076	$p>0.05$

\* A: catheter calibration method, B: 3DRA VR method

**Table 3.** Independent table t-test between method according to measured ball size

Method	Error rate (Mean±SD(%))	t	$\rho$
catheter calibration	-8.94±3.68	-9.71	.000
3DRA	.0637±.4425		

픽셀(pixel)값들이 하나의 타겟 복셀(voxel)을 형성하여 복셀 범위 내에 있는 모든 값을 수학적 계산법에 의해 자동 보정이 된다는 것이다. 실제 측정된 결과를 보면 TOD 변화에 따른 다양한 크기의 볼을 측정해 봤을 때 측정오차 범위가 대부분 ±1%(허용 오차율: ±10%)을 넘지 않을 정도로 정확했다.

다만 측정하는 사람에 따라 조금씩 차이가 날 수 있고 보여 지는 영상의 히스토그램 조절, 그리고 확대율에 따라 오차가 생길 수 있으므로 그 오차를 줄이기 위해 표준화된 프로토콜을 정하고 정해진 방법으로 장비의 정도관리를 통해

최대한 정확하게 측정 할 수 있도록 하여 임상에 근무하면서 혈관조영장비를 이용한 혈관측정방법을 이해하고 측정방법에 따른 특성과 오차 인자를 파악한다면 시술 시에 사용되어 지는 각종 기구들의 선택에 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 현재 운용중인 모든 회사의 혈관조영장비를 실험하지 못해 객관성이 부족하며, 실험 횟수를 30회 이상 하지 못하여 그 결과의 데이터를 통한 통계자료의 정확성이 떨어진다는 점이다.

## V. 결론

고식적인 catheter calibration 방법은 TOD가 커질수록 오차범위 내에서 증가하지만, 현재 대부분 사용하고 있는 3DRA 방식의 측정방법은 TOD를 전혀 고려하지 않아도 실측에 가깝게 정확한 혈관측정이 가능하다.

## REFERENCES

- [1] Yoon PH, Kim YB. Endovascular treatment of cerebral aneurysm, The Korean Neurocritical Care Society. 2009;2:74-92.
- [2] Fortin DF, Spero LA, Cusma JT, et al. Pitfalls in the determination of absolute dimension using angiographic catheter as calibration device in quantitation angiography. Am J Cardiol. 1991;68(11):1176-82.
- [3] Okuda K, Ohtsuki T, Obata H, Tomimatsu M, Okazaki N, Hasegawa H, et al. Natural history of hepatocellular carcinoma and prognosis in relation to treatment Study of 850 patients. Cancer. 1985;56(4):918-28.
- [4] Raabe A, Beck J, Rohde S, Berkefeld J, et al. Three-dimensional rotational angiography guidance for aneurysm surgery. Journal of Neurosurgery, 2006;105(3):406-11.
- [5] Hirai T, Korogi Y, Suginozawa K, et al. Clinical usefulness of unsubtracted 3D digital angiography compared with rotational digital angiography in the pretreatment evaluation of intracranial aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol 2003;24:1067-74.
- [6] Bozlar U, Brayman KL, Hagspiel KD. Pancreas allografts: Comparison of threedimensional rotational angiography with standard digital subtraction angiography. J Vasc Interv Radiol. 2008; 19(2):239-44.
- [7] Lee JH, Kwon SU, Lee JH, et al. Percutaneous transluminal angioplasty for symptomatic middle cerebral artery stenosis: Long-term follow-up. Cerebrovasc Dis. 2003;15:90-7.
- [8] Levy EI, Horowitz MB, Koebb CJ, et al. Transluminal stent-assisted angioplasty of the intracranial vertebralbasilar system for medically refractory, posterior circulation ischemia: Early results. Neurosurgery. 2001;48:1215-23.
- [9] Connors JJ, Wojak JC. Percutaneous transluminal angioplasty for intracranial atherosclerotic lesions: Evolution of technique and short-term results. J Neurosurg. 1999;91:415-23.
- [10] Bridcut RR, Winder RJ, Workman A, et al. Assessment of distortion in a three-dimensional rotational angiography system. B J Radiol. 2002; 75:266-70.
- [11] Product Manual. Xtravision Calibration and verification. Koninklijke Philips, Electronics, N.V; 2008.
- [12] Sugahara T, Korogi Y, Nakashima K, et al. Comparison of 2D and 3D digital subtraction angiography in evaluation of intracranial aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol. 2002;23:1545-52.
- [13] Kiyosue H, Tanoue S, Okahara M, et al. Anatomic features predictive of complete aneurysm occlusion can be determined with three-dimensional digital subtraction angiography. AJNR Am J Neuroradiol. 2002;23:1206-13.
- [14] Hochmuth A, Spetzger U, Schumacher M. Comparison of three-dimensional rotational angiography with digital subtraction angiography in the assessment of ruptured cerebral aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol. 2002;23:1199-205.
- [15] Anxionnat R, Bracard S, Ducrocq X, et al. Intracranial aneurysms: Clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment. Radiology. 2001; 218:799-808.

구분	성명	소속	직위
단독	김승기	명지병원 영상의학과	방사선사