Journal of Radiological Science and Technology, 46(1), 9-14 ISSN 2384-1168(On-line) ISSN 2288-3509(Print)

<원저>

뇌혈관 직경측정을 위한 3차원 회전 혈관조영술의 유용성

김승기[1)]·김상현[2)]

[1)]명지병원 영상의학과·[2)]신한대학교 방사선학과

Usefulness of 3D Rotational Angiography for Cerebral Vascular Diameter Measurement

Seung-Gi Kim[1)]·Sang-Hyun Kim[2)]

[1)]*Department of Radiology, Myongji Medical Foundation Myongji Hospital*

[2)]*Department of Radiological Science, Shinhan University*

Abstract When measuring cerebrovascular with 3D rotational angiography, the accuracy was verified by comparing the actual size and measurement size, respectively. It is intended to help select therapeutic materials and instruments during cerebrovascular intervention by comparing the average error rates for measured values in the 3DRA and CTA methods by examining with protocols such as brain CTA, which are always performed in emergency situations. The mean error rate between the groups of measurers was ±3.655% for radiation technologist and ±3.331% for university students, and the mean error rate of the student group was within tolerance (±10%), and the independent sample T-test result t =0.879, p=0.394 (p〉0.05) showed no statistically difference between the two. In addition, the average error rate measured by both groups by 3DRA was measured below ±5% within the tolerance error rate (±10%), and most of CTA was measured within the tolerance range (±10%), but showed an average error rate of up to 5.65%, and the independent sample T-test result was statistically more accurate than 3DRA. Both the 3DRA method and the brain CTA method for measuring cerebrovascular size could be accurately measured within tolerance, but it would be better to measure cerebrovascular blood vessels using a more accurate 3DRA method during cerebrovascular intervention.

Key Words: Cerebrovascular intervention, Blood vessel measuremen, 3D rotational angiography, CTA, Error rate

중심 단어: 뇌혈관 중재술, 혈관 측정, 3차원 회전 혈관조영술, CTA, 오차율

Ⅰ. 서 론

최근 뇌혈관질환의 치료방법에는 전통적인 외과적 수술보다는 최소 침습으로 시술이 가능한 혈관 내 중재 시술이 급속도록 증가하고 있다[1]. 특히 뇌신경계 인터벤션(intervention)은 뇌혈관의 협착(stenosis), 폐색(occlusion), 비정상적인 교통(fistular) 그리고 뇌동맥자루(cerebral aneurysm)등의 치료를 위해 뇌혈관의 직경이나 뇌동맥자루 등의 정확한 측정이 중요하다. 측정값에 따라 크기에 맞는 기구(device)나 치료재료의 선택을 통해 좁아진 혈관을 풍선 카테터나 스텐트를 이용하여 치료하거나, 비정상적인 혈관의 교통을 색전(embolization)하거나, 뇌동맥자루에 백금 코일을 채우는 등의 시술을 진행하기 때문이다[2].

뇌혈관의 직경측정을 위한 검사 방법으로는 혈관조영장비를 이용한 3차원 회전 혈관조영술(3-dimension rotational angiography; 3DRA)과 뇌 컴퓨터단층 혈관조영술(brain computed tomoangiography; Brain CTA), 뇌 자기공명 혈관조영술(brain magnetic resonance angiography; Brain MRA)등이 주로 이용된다[3-5]. 이 방법들 중에서 최종 진단이나 치료의 필요성 유무 또는 혈관 내 인터벤션 시술을 통한 치료 시 뇌혈관 측정은 3DRA를 이용한 볼륨렌더링(volume rendering; VR)기법이 주로 이용되며 높이(hight), 깊이

Corresponding author: Seung-Gi Kim, Department of Radiology, Myongji Medical Foundation Myongji Hospital, Myongji Hospital, 55, Hwasu-ro 14beon-gil, Deogyang-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 10475, Republic of Korea / Tel: +82-31-810-7150 / E-mail: cocuncap@naver.com

Received 14 November 2022; Revised 06 December 2022; Accepted 06 January 2023

Copyright ⓒ2023 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

(depth), 길이(length)등을 측정하여 치료에 이용하고 있다[6]. 3DRA는 혈관조영장비를 이용하여 혈관이나 병변을 입체적으로 묘사하여 정확한 정보를 제공해 주어 치료에 필요한 풍선 카테터(balloon catheter), 스텐트(stent), 코일(coil) 등의 치료재료 선택에 도움을 주고 있다[7-8]. 이에 본 연구는 3DRA를 통한 뇌혈관 측정의 정확도를 실제 크기와 측정 크기를 각각 비교하고, 뇌혈관 측정 검사 중 혈관조영제를 사용하고 검사 시간이 빨라 응급 상황에서 선행 검사가 이루어지는 컴퓨터단층촬영인 brain CTA 프로토콜로 검사하여 3DRA와 CTA에서 측정값을 비교하여 허용 오차범위 내에서 정확도가 어느 정도 일치하는지를 비교하여 뇌혈관 중재시술 시 진단과 치료 기구의 선택에 도움을 주고자 한다.

II. 대상 및 방법

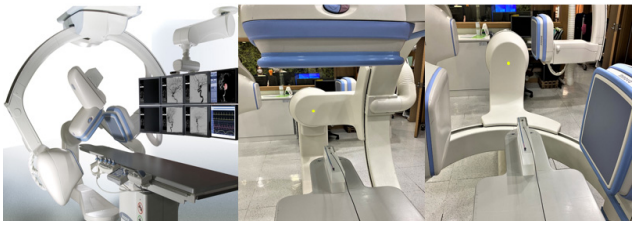
1. 대상 및 방법

실제 뇌혈관과 비슷한 크기로 사용되고 있는 안내 카테터(guiding catheter), 풍선 카테터(balloon catheter), 크기가 정해진 임의의 금속 막대와 너트를 이용하여 아크릴 막대에 고정하는 방식으로 팬텀을 제작하여 3DRA 방법과 brain CTA로 각각 스캔(scan)하여 획득된 영상을 비교하여 길이를 측정하여 그 측정값의 차이를 검증하고, 측정 장비 간 차이가 있는지를 검증하였다.

2. 연구 장치

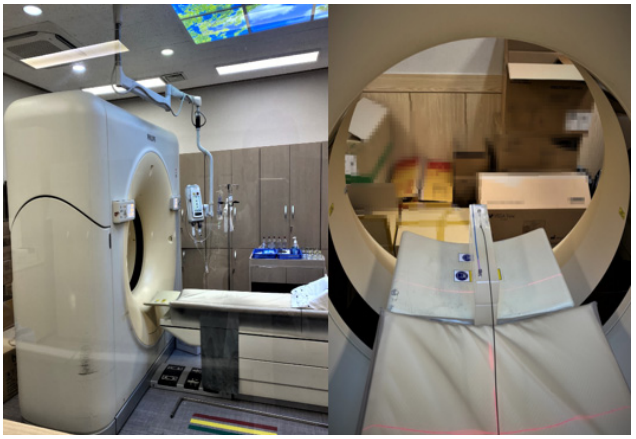
1) 실험 장비

본 연구에 사용된 혈관조영장비는 뇌혈관전용인 GE사의 Innova 3131-IQ bi-plane angiography image system을 이용하여 3DRA로 획득된 영상을 AW4.7 volumeshare5 workstation으로 post processing하여 측정하였고[Fig. 1], CT장비는 본원 장비 중 혈관조영장비와 출시연도가 비슷하고 응급전용으로 사용하고 있는 PHILIPS사의 Brilliance 64CT를 사용하였다[Fig. 2].



(a) (b) (c)

Fig. 1. GE Innova 3131 IQ angiography image system(a), AP position(b), LAT position(c)



(a) (b)

Fig. 2. PHILIPS Brilliance 64C(a), CT iso center(b)

2) 실험용 팬텀

TOD(table of distance)를 실제 환자의 두경부 혈관과 비슷한 위치가 되도록 50.0 ㎜ 아크릴 막대 두개를 포개어 100.0 ㎜가 되게 한 후 그 위에 길이 측정을 위해 실제 뇌혈관과 비슷한 크기로 두께와 길이가 서로 다른 5.0 ㎜ 풍선 카테터(balloon catheter), 8 F 안내 카테터(guiding catheter), 5.5 ㎜ 금속 막대와 10.0 ㎜ 너트를 각각 올려 측정할 팬텀으로 제작하였다[Fig. 3].

(a) (b) (c)

Fig. 3. Acrylic phantom(a)(b), phantom(c)

풍선 카테터에는 현재 뇌혈관계 혈관조영에 가장 많이 사용하는 조영제인 비지파큐(visipaque™, GE Healthcare) 270 ㎎ I/㎖와 생리식염수를 1:1로 희석하여 사용하였다.

3) 실험 기구

모든 기구들의 두께와 길이를 정확히 측정하기 위해 carbon fiber composites electronic digital caliper(Resolution: 0.1 ㎜/0.01" Accuracy: ±0.2 ㎜/0.01", China)를 사용하였고, 뇌혈관 크기와 비슷한 정도의 크기인 안내 카테터는 8 F Guider Softtip XF(2.7 ㎜, Boston Scientific, USA), 풍선 카테터는 Mustang 5.0 ㎜ × 40.0 ㎜ 풍선 확장형 카테터(Boston Scientific, USA)를 사용하였고, 풍선 카테터의 기압(atm)은 nominal 10 atm(5.04 ㎜)으로 풍선 크기가

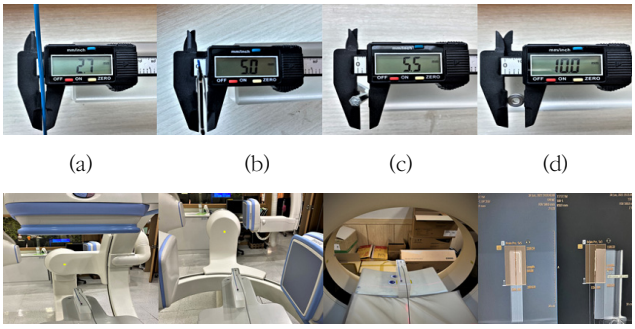
5.0 ㎜에 가장 가깝게 부풀렸다[Fig. 4].

(a) (b) (c)

Fig. 4. Electronic caliper(a), 8F Guiding catheter(B), balloon catheter(c)

3. 연구 방법

8 F(2.7 ㎜) 안내 카테터, 5.0 ㎜ 풍선 카테터, 금속 막대와 너트를 electronic caliper를 이용하여 실제 측정하여 기록한 후 10.0 ㎜ 높이의 아크릴막대에 올려 고정한 팬텀을 이용하여 혈관조영장비를 이용한 3DRA 방식과 컴퓨터단층촬영 장비의 brain angio CT 3D 프로토콜을 이용하여 스캔 후 실제 측정된 크기와 각각의 장비에서 획득된 이미지에서 크기를 측정하여 비교한다. 측정은 측정값의 일반화를 위해 혈관조영실 근무 경력 5년차 이상 방사선사 3명과 방사선학과 3학년 재학생 3명이 같은 방법으로 각각 10회 측정하여 평균값을 비교하였다[Fig. 5].



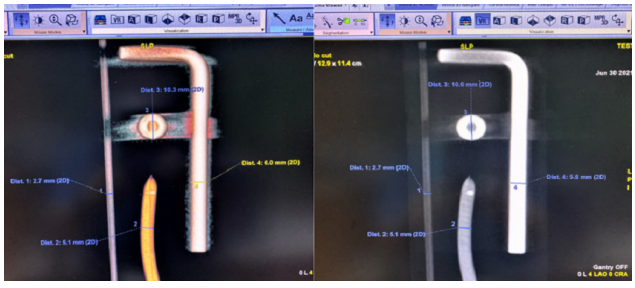
(a) (b) (c) (d)

(e) (f) (g) (h)

Fig. 5. Guiding catheter actual measurements(a), Balloon catheter actual measurements(b), Metal rod actual measurements(c), Metal nut actual measurements(d), 3DRA AP position(e), 3DRA LAT position(f), CTA iso center(g), CTA scan range(h)

1) 3DRA 측정 방법

촬영조건은 정면 상(AP position)에서 iso center를 맞춘 후, 측면 상(LAT position)에서 table의 높이를 정중앙이 되도록 하고 FOV(field of view; FOV) 30 ㎝ × 30 ㎝, SID(source-image distance; SID) 119 ㎝(±0.55 ㎝), 89 to 119 ㎝ ±0.55 ㎝ 30 fps 40 deg/sec 512 sharp 영상을 획득한 후 post processing AW4.7 workstation에서 측정하였으며 영상의 왜곡과 측정 오차를 줄이기 위해 3D는 VR(Volume Rendering)기법으로 확대율은 DFOV 12.9 ㎝ × 11.6 ㎝, WW(window width) 1534, WL(window level) −256으로 고정하여 측정하였으나 금속에 의한 영상 번짐과 artifacts를 줄이기 위해 MIP(maximum intensity projection)기법으로 DFOV 12.9 ㎝ X 11.6㎝, WW: 2000, WL: 1000으로 길이를 직각이 되도록 측정하였다[Fig. 6].

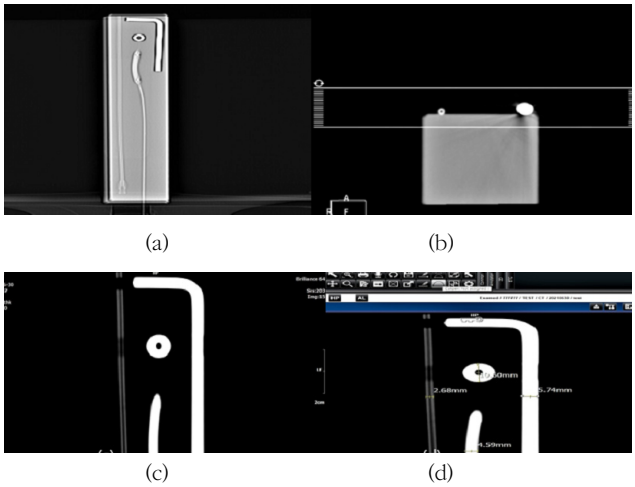


(a) (b)

Fig. 6. Actual measurements in 3DRA VR image(a), Actual measurements in 3DRA MIP image(b)

2) CTA 측정 방법

Brain angio CT 3D helical mode로 120 kVp 200㎃s, FOV 250, 512 matrix, collimation 64 × 0.625, pitch 0.298, rotation time 0.5 sec, CTDI vol (mGy) 258, head 16 ㎝ type phantom으로 스캔하여 얻어진 영상을 ZeTTA PACS Viewer(Taeyeong Soft, south korea)에서 길이 측정 tool을 이용하여 측정하였으며, 측정된 영상은 측정 오차를 줄이기 위해 팬텀의 구조물이 가장 잘 구별되어 보이도록 히스토그램을 조절하여 확대율 154.96%, WW(window width) 1727, WL(window level) 668로 고정하여 측정하였다[Fig. 7].



(a) (b)

(c) (d)

Fig. 7. CTA scout image(a), CTA scan range(b), Coronal image of the phantom in CTA(c), Actual measurements using ZeTTA PACS viewer(d)

3) 통계처리 방법

통계분석 프로그램 IBM SPSS ver. 22를 이용하여 기술통계분석과 독립표본 T-test를 통해 측정자 간 차이, 측정장비 간 평균오차 값의 차이에 대한 유의성을 평가하고 실제크기와 측정크기와의 오차율을 분석하여 비교하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 측정결과

혈관조영과 CT 장비회사별 측정오차에 대한 명확한 규정이나 형식은 없었으며, 대부분 장비 회사별로 장비에서 지원하는 허용오차를 ±10%로 표기하고 있어[8] 그것을 기준으로 평균 측정오차를 비교하였다. 먼저 3DRA로 검사해 측정한 평균 오차율은 모두 허용오차(±10%) 범위 이내인 ±5% 이하로 측정되었다[Table 1].

같은 방법으로 CTA에서 평균 측정오차를 비교한 결과 평균 오차율은 모두 허용오차(±10%) 범위 이내인 ±5%이하로 측정되었으나 최고 5.65%의 평균 오차율을 보여 3DRA에 비해 오차범위 이내에서 조금 높은 오차율을 나타냈다[Table 2].

측정의 객관성과 일반화를 위해 측정자 그룹 간 평균 오차율을 비교한 결과 방사선사 그룹이 ±3.955, 재학생 그룹이 ±3.331로 방사선사 그룹의 평균 오차율이 조금 높았으나 모두 허용오차(±10%) 범위 이내였다. 방사선사가 오차율이 근소하게 높았던 이유는 제한된 시간 내에 측정해야 하고 필요한 만큼의 오차 범위를 미리 알고 있어 학생들이 시간제한 없이 세밀하게 측정했던 것과 근소한 차이가 생겼다고 판단되며, 두 관찰자 간 차이가 있는지에 대한 유의성을 검증하기 위해 독립표본 T-test 결과 t=0.879, p=0.394 (p〉0.05)로 통계적으로 두 측정자 간 차이를 보이지 않았다[Table 3].

측정 방법에 대한 정확도를 비교한 결과 3DRA에서 평균 오차율은 ±2.654%이고 CTA는 ±4.508%로 측정되었으며 모두 장비에서 허용하는 허용오차(±10%) 이내로 측정되었고, 두 측정 방법 간 차이 검증을 위한 독립표본 T-test 결과 통계적으로 3DRA가 CTA보다 좀 더 정확한 것으로 확인되었다(t=-4.878, p〈0.05)[Table 4]

Table 1. 3DRA measurement result and error rate (n: 240)

	Real size(mm)	Measuring Equipment	Measured size by rater	
			RT group	US group
8 F Guiding catheter	2.7	3DRA	2.68	2.50
		Average error rate±(%)	1.13	2.84
5 mm Balloon catheter	5	3DRA	5.05	5.11
		Average error rate±(%)	0.92	3.62
Metal rod	5.5	3DRA	5.55	5.42
		Average error rate±(%)	1.74	3.38
Metal nut	10	3DRA	10.47	9.74
		Average error rate±(%)	3.78	3.04

* RT: Radiologic technologist * US : University student

Table 2. CTA measurement result and error rate (n: 240)

	Real size(mm)	Measuring Equipment	Measured size by rater	
			RT group	US group
8 F Guiding catheter	2.7	CTA	2.64	2.75
		Average error rate±(%)	2.93	2.53
5 mm Balloon catheter	5	CTA	4.87	4.86
		Average error rate±(%)	3.28	3.24
Metal rod	5.5	CTA	5.60	5.69
		Average error rate±(%)	2.11	3.25
Metal nut	10	CTA	10.59	10.44
		Average error rate±(%)	5.65	4.21

Table 3. Independent sample t-test between examiners (*n*: 240)

	Average error rate±(%)±SD	*t*	*p*
Radiatologic technologist group	3.955±1.941	.879	.394
University student group	3.331±0.514		

Table 4. Accuracy comparison by measurement method (*n*: 240)

	Average error rate±(%)±SD	*t*	*p*
3DRA	2.654±3.245	-4.878	.000
CTA	4.508±4.910		

Ⅳ. 고 찰

뇌혈관 인터벤션 시술은 어느 한 질병에 국한된 치료방법이 아니며 혈관조영장비를 이용하여 비 침습적인 방법으로 여러 질병을 진단 및 치료하는 전문의료 분야이다. 뇌혈관 질환은 대부분 혈관이 좁아지거나, 막힘, 비정상적인 교통, 동맥과 정맥의 비정상적인 연결, 뇌동맥자루로 인해 문제를 일으킨 경우가 대부분이다. 그리고 이와 같은 문제로 좁아진 혈관을 넓히고, 막힌 혈관을 뚫어주거나, 비정상적인 개통을 차단, 부풀어 오른 뇌동맥자루를 막아주는 등의 인터벤션 시술을 하게 된다. 이 경우 혈관의 직경이나 뇌동맥자루의 크기를 정확하게 측정하여 그 크기에 알맞은 치료재료를 선택하는 것이 중요하다. 혈관조영장비를 이용한 3DRA 측정 방법은 특히 정교함이 필요로 하는 뇌혈관 인터벤션 시술에서 혈관직경이나 동맥자루의 측정에 매우 중요한 역할을 하게 된다[10-14]. 그러나 혈관조영장비의 3DRA에 대한 정확한 규정이나 평가, 오차에 대한 규정이 모호하며 단지 장비회사별로 장비의 측정허용 오차율을 ±10% 이내로만 규정하고 있다. 특히 3D 영상평가에 대한 정확한 규정이 없어 생길 수 있는 오차에 대해 정확성과 재현성에 문제가 있을 수 있다. 다만 장비회사별로 차이가 있지만 대략 6개월을 주기로 3D calibration을 시행하도록 하지만 대부분 장비의 SID 변화나 spin speed에 대해 시행하고, 영상평가에 대한 정확한 tool을 가지고 있지 않은 것이 현실이다. 또한 시술자가 제한된 시간 내에 측정하기 때문에 시술자의 개인적 요인과 성향에 따라 주관적인 측정으로 오차가 발생할 수 있다. 그 결과 부정확한 측정으로 치료재료 선택의 오류가 발생한다면 치료받는 환자에게는 치명적인 결과를 초래할 수도 있어 측정에 대한 검증이 필요하다고 생각된다.

CTA의 경우도 마찬가지이다. 뇌혈관질환 응급환자 발생 시 CTA 검사 후 바로 수술을 하는 경우가 있는데 CT 장비에서 지원하는 측정값이 얼마나 신뢰할 수 있는지에 대한 검증과[13] 장비 특성상 동맥의 선택적 조영을 하는 혈관조영장비와 정맥을 통해 조영제를 주입하여 검사하는 CT장비의 특성의 차이를 고려하여 두 장비 간 측정의 정확도를 각각 비교하여 허용오차 범위 내에 있는지, 오차율을 비교하여 정확도의 차이가 있는지를 검증할 필요가 있다고 생각한다[15].

측정결과를 보면 3DRA를 이용한 측정법과 CTA를 이용한 측정법 모두 허용된 오차 범위 인 ±10% 이내로 정확성이 검증되었으나 정맥에 조영제를 주입하여 뇌혈관 동맥으로 조영제가 주입될 때 스캔 하는 CTA 방법보다는 보고자 하는 혈관에 직접 선택적 조영을 하는 3DRA 방법이 오차범위 내에서 좀 더 정확한 측정이 가능한 것으로 나타났다. 그러나 두 방법 모두 측정하는 사람에 따라 조금씩 차이가 생길 수 있기 때문에 영상의 품질관리나 규정된 프로토콜을 통해 측정자 간 차이에 따른 오차를 줄이기 위해 프로토콜의 표준화와 철저한 정도관리를 통해 허용오차 이상의 오차가 발생하지 않도록 노력해야겠다.

본 연구의 제한점으로는 현재 병원들에서 사용하는 회사들의 모든 장비를 실험하지 못했고 측정자가 적어 일부 객관성이 부족할 수 있으며, 단일 기관에서 측정하여 그 결과 데이터에 대한 통계자료의 정확성을 일반화하기에 부적합할 수 있다는 점이다.

Ⅴ. 결 론

뇌혈관 직경 측정방법은 CTA 측정방법 보다는 3DRA를 통한 측정방법이 통계적으로 더 정확한 것으로 나타났다. 따라서 뇌혈관 중재 시술을 시행할 때는 가능하면 3DRA 방법을 이용하여 뇌혈관을 측정하는 것이 시술 시에 치료재료로 사용하는 스텐트나 풍선 카테터, 분리형 코일 등을 선택하는 것이 좋겠다고 판단된다.

REFERENCES

[1] Yoon PH, Kim YB. Endovascular Treatment of Cerebral Aneurysm. The Korean Neurocritical Care Society. 2009;2 Supply2:74-9.

[2] Kim SG. Study on the Accuracy of Vessel Measurement According to Table Object Distance Change. Journal of Radiological Science Technology. 2019;42(6): 435-40.

[3] Hirai T, Korogi Y, Ono K, Nagano M, Maruoka K, Uemura S, et al. Prospective evaluation of suspected stenooculusive disease of the intracranial artery: Combined MR angiography and CT angiography compared with distal subtraction angiography. AJNR Am J Neuroradiol. 2002;23:93-101.

[4] Chung TS, Joo JY, Lee SK, Laub G. Evaluation of cerebral aneurysms with high resolution MR angiography using a section interpolation technique; Correlation with digital subtraction angiography. AJNR Am J Neuroradiol. 1999 Feb;20(2):229-35.

[5] Leung DA, Makinnon GC, Davis CP, Pfammater T, Krestin GP, Debatin JF. Contrast-Enhanced, three-dimensional MR angiography. Radiology. 1996;200:569-71.

[6] Yoon JT, Lee GB. Radiation Dose Reduction of Lens by Adjusting Table Height and Magnification Ratio in 3D Cerebral Angiography. Journal of Radiological Science and Technology. 2022;45(4):314-5.

[7] Hirai T, Korogi Y, Suginohara K, Nishi T, Uemura S, Yamura M, 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 Jun-Jul;24(6):1067-74.

[8] Hpchmuth A, Spetzger U, Schumacher M. Pancreas Allografts: Comparison of Three-dimensional Rotational Angiography with Digital Subtraction Angiography in the assessment of ruptured cerebral aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol. 2002 Aug; 23(7):1199-205.

[9] Product Manual: Xtravision Calibration and verification. Koninklijke Philips Electronics, N.V; 2008.

[10] Sugahara T, Korogi Y, Kouji N, Hamatake S, Honda S, Takahashi M. Comparison of 2D and 3D digital subtraction angiography in evaluation of intracranial aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol. 2002 Oct;23(9):1545-52.

[11] Kiyosue H, Tanoue S, Okahara M, Hori Y, Nakamura T, Nagatomi H, et al. Anatomic features predictive of complete aneurysm occlusion can be determined with three-dimensional digital subtraction angiography. AJNR Am J Neuroradiol. 2002 Aug;23(7):1206-13.

[12] 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 Aug;23(7):1199-205.

[13] Anxionnat R, Bracard S, Ducrocq X, Trousset Y, Launay L, Kerrien E, Braun M, et al. Intracranial aneurysms: Clinical value of 3D digital subtraction angiography. Radiology. 2001 Mar;218(3):799-808.

[14] Kim BJ, Kim YH, Jeon JS, Chong JY, Kim JK, Park JG, Kang HK, et al. Usefulness of CT Angiography in Patients with Intracranial Occlusive Vascular Disease of the Circle of Willis: Comparison with Conventional Angiography. Journal of the Korean Radiological Society. 1996;35(3):301-6.

[15] Khang HS, Seo SY, Han DK, Kwon SI, Shim SJ, Cho SJ. The Comparison of Usefulness between MDCT Angiography and DSA in the Diagnosis of Intracranial Aneurysm. Korean Journal of Medical Physics. 2011;22(4):184-9.

구분	성명	소속	직위
제1저자/교신저자	김승기	명지병원 영상의학과	방사선사/파트장
공동저자	김상현	신한대학교 방사선학과	조교수