

Analysis of Contrast Medium Dilution Rate for changes in Tube Current and SOD, which are Parameters of Lower Limb Angiography Examination

Chang gi Kong¹, Jae Bok Han^{2,*}

¹Department of Radiology, Cheom dan Hospital

²Department of Radiological Science, DongsinUniversity

Received: October 13, 2020. Revised: October 28, 2020. Accepted: October 31, 2020

ABSTRACT

This study has a purpose to look into the effect of the relationship between the Tube current (mA) and SOD(Source to Object Distance), which is a parameter of lower limb angiography examination, and the dilution rate of the contrast medium concentration (300, 320, 350) on the image. To that end, using 3 mm vessel model water phantom, a vessel model custom made in the size of peripheral vessel diameter, this study measured relationships between change of parameters, such as tube current (mA), SOD and varying concentrations (300, 320, 350) of contrast medium dilution into SNR and CNR values while analyzing the coefficients of variance($cv < 10$). The software used to measure SNR and CNR values was Image J 1.50i from NIH (National Institutes of Health, USA). MPV (mean pixel value) and SD (standard deviation) were used after verifying numerically the image signal for region of interest (ROI) and background on phantom from the DICOM (digital imaging and communications in medicine) 3.0 file transmitted to PACS. As to contrast medium dilution by the change of tube current, when 146 mA and 102 mA were compared, For both SNR and CNR, the coefficient of variation value was less than 10 until the section of CM: N/S dilution (100% ~ 30% : 70%) but CM: N/S dilution rate (20%: 80% ~ 10% : 90%) the coefficient of variation was 10 or more. As to contrast medium dilution by concentration for SOD change, when SOD's (32.5 cm and 22.5 cm) were compared,For both SNR and CNR, the coefficient of variation value was less than 10 until the section of CM: N/S dilution (100% ~ 30% : 70%) but CM: N/S dilution rate (20%: 80% ~ 10% : 90%) the coefficient of variation was 10 or more. As to contrast medium dilution by concentration for SOD change, when SOD's (32.5 cm and 12.5 cm) were compared,For both SNR and CNR, the coefficient of variation value was less than 10 until the section of CM: N/S dilution (100% ~ 30% : 70%) but CM: N/S dilution rate (20%: 80% ~ 10% : 90%) the coefficient of variation was 10 or more. As a result, set a low tube current value in other tests or procedures including peripheral angiography of the lower extremities in the intervention, and make the table as close as possible to the image receiver, and adjust the contrast agent concentration (300) to CM: N/S dilution (30%: 70%).) Is suggested as the most efficient way to obtain images with an appropriate concentration while simultaneously reducing the burden on the kidney and the burden on exposure.

Keywords: Tube current (mA), SOD(Source to Object Distance), Coefficient of Variation value

I. INTRODUCTION

최근 우리나라의 의료수준이 꾸준히 향상되고,

외과수술 보다 덜 침습적이며, 시술 후 회복기간이 짧은 장점으로 진단 및 치료에 중요한 역할을 하고 있어 인터벤션 건수가 날로 증가 추세에 있다.^[1] 인

* Corresponding Author: Jae Bok Han

E-mail: way2cal@naver.com

Te+82-61-330-3574

Address: Dongshin University, 185 Keonjae-ro, Naju-si, Jeonlanmdo, 58245, Korea.

터벤션에서 조영제(Contrast Medium)는 각 조직의 X선 흡수차를 인위적으로 크게 함으로써 영상의 대조도를 크게 한다. 그러나 조영제의 사용량과 빈도가 늘어나서 조영제에 의한 급성 신손상(Acute kidney Injury)의 발생률은 증가하는 추세이고^[2] 조영제를 이용한 검사와 시술 뒤 발생하는 조영제 유발 급성신부전의 발생 빈도는 환자의 위험인자에 따라 0% ~ 24%까지 다양하게 보고 되고 있다.^[3] 그리고 말초혈관조영술 경우 유발 신부전 발생 빈도는 9%의 빈도를 보인다고 한다.^[4]

급성으로 인한 신손상 환자의 발생을 줄이기 위해 조영제의 사용량과 농도를 낮추는 목적으로 조영제와 생리식염수를 희석하여 사용하는데, 조영제 희석에 관한 선행 연구들을 살펴보면 전산화단층촬영 하지 동맥 조영 검사 경우 일정 비율로 희석한 조영제를 사용하여 기존 영상의 질을 유지할 수 있고, 조영제의 총량을 줄여 단위 분자 당 요오드 함량이 낮아져 조영제로 인한 부작용을 줄일 수 있다고 하였다.^[5] 그리고 CT영역에서는 화질과 관계되는 매개변수와 조영제 농도별 희석률에 대한 연구가 상당히 진행되어 있지만 인터벤션 영역에서는 매개변수와 조영제 농도별 희석률에 대한 연구가 미미하고 참고할 만한 가이드라인이 없는 실정이다. 그래서 임상병원의 인터벤션 실에서는 기준 및 규칙이 있을 거라 판단이 되어 대학병원과 종합병원을 조사하였다. 하지 말초혈관조영술을 시행하는 대학병원 4곳과 종합병원 11곳의 인터벤션실에 확인해 본 결과 조영제 100% 원액 그대로 사용하는 곳이 10곳, 조영제(CM)와 생리식염수(N/S, normal saline)를 (70% : 30%)으로 희석하여 사용하는 곳이 1곳, (60% : 40%)으로 희석하여 사용하는 곳이 1곳, (50% : 50%)으로 사용하는 곳이 2곳, (40% : 60%)으로 사용하는 곳이 1곳으로 인터벤션실마다 매개변수와 관계없이 관행적으로 검사를 시행하고 있었다.

본 연구에서는 매개변수인 관전류(mA)와 SOD(Source to Object Distance) 대한 조영제 농도(300, 320, 350) 희석률 변화의 관계를 SNR 값과 CNR 값으로 측정하고, 변동계수로 분석하여, 관전류(mA)와 SOD에 대한 조영제 희석률의 관계가 화

질에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 장비 및 팬텀

본 실험은 혈관조영 촬영장치, Autoinjector, 조영제, (N/S, normal saline), 자체 제작한 팬텀 이용하였다. 혈관조영 촬영장치의 실험 장비는 일 종합병원이 보유한 장비로 RF-1000-150/INNOVA-3100 (General Electric Company, France), Autoinjector Mark V Provis (MEDRAD, USA), 조영제는 Xenetix 300 mg I/ml (France), Visipaque 320 mg I/ml (GE Healthcare), Omnihexol 350 mg I/ml (Korea United Pharm. Inc.)의 제품을 사용하였고, (N/S : normal saline)은 0.9% NS 1000 mL (CJ HealthCare Corp.), 팬텀은 Fig. 1과 같이 3 mm 혈관모형에 아크릴 지름 100 mm, 길이 200 mm로 자체 제작한 Water 팬텀을 이용하였다.

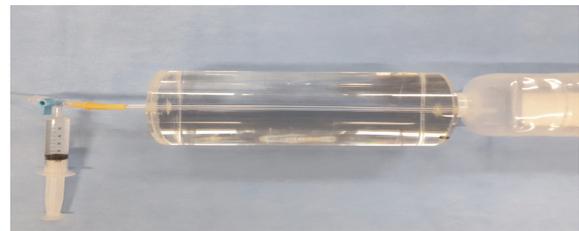


Fig. 1. Water phantom of 3 mm vessel model.

2. 실험 방법

첫 번째, 기준검사의 실험 방법은 본 장비에 Setting되어 있는 (146 mA), SOD (32.5 cm), FOV (30 cm), 노출조건 (0.3 mm/Cu), (67 kV), (40 ms)으로 유지하였고, 조영제 농도 (300, 320, 350)을 N/S으로 (100% ~ 10% : 90%)로 각각 희석하였고, Autoinjector는 Flow rate 3 m/s, Volume 15, Image record는 Frame rate 1 fps, Duration 5 sec DSA 기법으로 이미지를 획득하였다.

두 번째, 관전류(mA)변화 대한 조영제 농도(300, 320, 350) 희석률 변화가 화질에 미치는 영향을 알아보기 위해 기준검사의 실험 방법에서 관전류만 (102 mA)로 변화하여 실험하였다

세 번째, SOD 변화 대한 조영제 농도(300, 320,

350) 희석률 변화가 화질에 미치는 영향을 알아보기 위해 기준검사의 실험 방법에서 SOD만 (22.5 cm), (12.5 cm) 변화하여 실험하였다.

3. 실험 조건

첫 번째, 기준검사의 실험 조건은 본 장비에 Setting되어 있는 (146 mA), SOD (32.5 cm), FOV (30 cm), 노출조건 (0.3 mm/Cu), (67 kV), (40 ms)으로 유지하였다.

두 번째, mA 크기 변화에 대한 실험 조건은 기준 실험 조건과 동일하게 유지하고, mA만 (146 mA)에서 (102 mA)로 변화를 주었다.

세 번째, SOD 크기 변화에 대한 실험 조건은 기준검사 실험 조건과 동일하게 유지하고, Fig. 2와 같이 SOD만 SOD (32.5 cm)를 SOD (22.5 cm), SOD (12.5 cm)으로 거리 변화를 주었다.

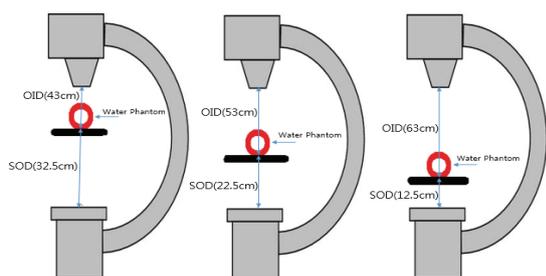


Fig. 2. The relationship between OID and SOD distance changes.

4. 분석 방법

PACS에 전송된 의료영상표준(DICOM, Digital Imaging and Communications in Medicine) 3.0 파일을 이용하여 윈도우용 수치 해석 및 프로그래밍 소프트웨어(Image J 1.50i, (NIH) National Institutes of Health, USA)를 사용하였고, 매회 검사마다 획득된 5개 이미지 중 제일 마지막 5번째 이미지를 분석하였다. 팬텀에 대한 관심영역(ROI, region of interest)과 배경(Background)의 영상 Signal을 수치적으로 확인한 후 평균 신호값(MPV, Mean Pixel Value)과 표준편차(SD, Standard Deviation)를 이용하여 분석하였다.

5. 측정 및 평가 방법

본 연구에서 이미지의 화질 평가는 SNR 값과 CNR 값으로 측정하고, 변동계수로 분석하여 이용하였다. 영상 평가를 위한 지표를 알아보기 위해 Image J 프로그램을 이용하여 Signal를 수치적으로 획득하고 3 mm 혈관모형 Water 팬텀의 영상에서 조영제와 물체 밖의 배경에 대한 화질을 평가하였다. 조영제 희석에 대한 비율은 CM : N/S 희석률 (100% ~ 10% : 90%)으로 Fig. 3과 같이 이미지를 획득하였다.

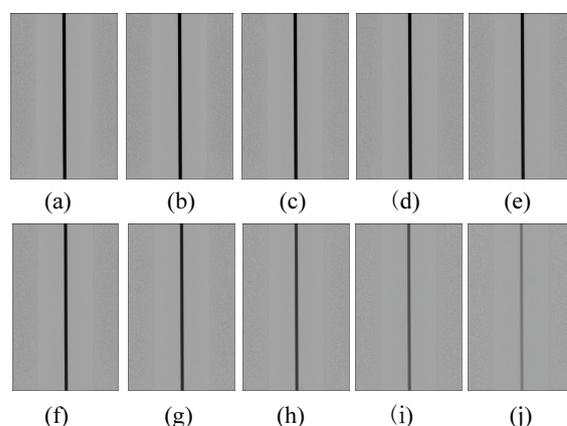


Fig. 3. DSA image for dilution rate; CM : N/S
 (a) 100% (b) 90% : 10% (c) 80% : 20%
 (d) 70% : 30% (e) 60% : 40% (f) 50% : 50%
 (g) 40% : 60% (h) 30% : 70% (i) 20% : 80%
 (j) 10% : 90%

Background에 대한 측정 방법으로 Fig. 4와 같이 물체 밖의 배경이 되는 지점으로 우측 상부 45° 방향, 우측 하부 45° 방향, 좌측 상부 45° 방향, 좌측 하부 45° 방향의 4개 지점에서 특정 영역을 설정하여, 3 mm 혈관모형 Water 팬텀의 Background Signal MPV와 SD를 측정하였다.

팬텀에 대한 ROI 측정 방법으로 Fig. 4와 같이 혈관모형 영역 1번에서 5번 지점으로 5개 지점과 Water 팬텀 영역 대상으로 6번에서 9번의 특정 영역을 설정하여 총 9개 지점에서 3 mm 혈관모형 Water 팬텀의 ROI Signal MPV과 SD를 측정하였다.

변동계수(CV, Coefficient of Variation)는 표준편차를 평균으로 나눈 값으로, 통계치의 신뢰도를 나타내는 척도로 본 연구에서 변동계수는 조영제 농

도(300, 320, 350)을 이용한 CM : N/S (100% ~ 10% : 90%)에서 SNR은 표준편차와 평균으로 나눈 값에 1000을 곱하여 나온 값을 변동계수로 하였고, CNR은 표준편차와 평균으로 나눈 값에 100을 곱하여 나온 값을 변동계수로 하였다. 그리고 10을 기준으로 10 이하는 변동양산이 작아 화질의 변화가 낮은 상태를 나타내고, 10 이상은 상대적으로 변동양산이 커서 화질의 변화가 큰 상태로 임계점을 설정하였다.

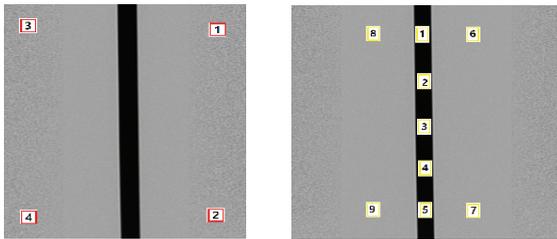


Fig. 4. ROI of 3 mm vessel model water phantom; background measurement value and foreground measurement value

III. RESULT

1. 조영제 농도 희석률 변화에 대한 검사 결과(기준검사)

기준검사 실험조건으로 촬영조건은 본 장비에 Setting 되어 있는 (146 mA), SOD (32.5 cm), FOV (30 cm), 노출조건 (0.3 mm/Cu), (67 kV), (40 ms)으로 모든 조건은 일정하게 유지하고, 조영제 농도 (300, 320, 350)을 이용하여 CM : N/S 희석률 (100% ~ 10% : 90%)로 변화를 주어 SNR 값과 CNR 값을 산정하였다. 산정된 값은 Table 1과 같다. 기술통계 분석에서 SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (30% : 70%) 구간까지는 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났으나 (20% : 80%) 구간부터는 변동계수 값이 10 이상으로 크게 나타났다(cv < 10).

Table 1. Measurement of SNR, CNR for the dilution rate of (300, 320 and 350) Contrast Medium concentrations

CM(mg I/ml) (CM:NS)	SNR			CV Value
	300	320	350	
100%	1.027149	1.021799	1.029432	3.12
90% : 10%	1.026543	1.020470	1.029035	3.51
80% : 20%	1.023685	1.016285	1.027385	4.51
70% : 30%	1.018870	1.013465	1.023669	4.09

60% : 40%	1.015307	1.012985	1.018364	2.17
50% : 50%	1.006969	1.003216	1.005701	1.55
40% : 60%	0.992747	1.002142	1.002744	4.58
30% : 70%	0.991706	0.990371	0.988616	1.28
20% : 80%	0.960870	0.932518	0.968457	16.2
10% : 90%	0.818046	0.824855	0.898087	42.8

CM(mg I/ml) (CM:NS)	CNR			CV Value
	300	320	350	
100%	0.000864	0.000897	0.000800	4.72
90% : 10%	0.000891	0.000948	0.000805	6.67
80% : 20%	0.000957	0.000967	0.000855	5.46
70% : 30%	0.001042	0.000992	0.000934	4.46
60% : 40%	0.001188	0.001110	0.001009	6.65
50% : 50%	0.001348	0.001296	0.001225	3.91
40% : 60%	0.001637	0.001440	0.001389	7.18
30% : 70%	0.001901	0.001577	0.001837	7.91
20% : 80%	0.002749	0.002949	0.002158	12.8
10% : 90%	0.005498	0.004487	0.003792	15.3

2. (102 mA)에서 조영제 농도 희석률 변화에 대한 검사 결과

기준검사 실험조건에서의 촬영조건으로 본 장비에 Setting 되어 있는 SOD (32.5 cm), FOV (30 cm), 노출조건 (0.3 mm/Cu), (67 kV), (40 ms)으로 유지한 후 모든 조건으로 일정하게 유지하고 mA 만 (146 mA)에서 (102 mA)로 변화를 주었다. 조영제 농도 (300, 320, 350)를 이용하여 CM : N/S 희석률 (100% ~ 10% : 90%)로 변화를 주어 SNR 값과 CNR 값을 산정하였다. 산정된 값은 Table 2와 같다. 기술통계 분석에서 SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (30% : 70%) 구간까지는 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났으나 (20% : 80%) 구간부터는 변동계수 값이 10 이상으로 크게 나타났다(cv < 10).

Table 2. Measurement of SNR, CNR for the dilution rate

CM(mg I/ml) (CM:NS)	SNR			CV Value
	300	320	350	
100%	1.03292	1.03200	1.033679	0.66
90% : 10%	1.02836	1.03074	1.031658	1.35
80% : 20%	1.02443	1.02504	1.032445	3.55
70% : 30%	1.02405	1.02364	1.025978	0.99
60% : 40%	1.01625	1.01893	1.023399	2.89
50% : 50%	1.01247	1.01138	1.015230	1.60
40% : 60%	0.98526	0.99666	1.000228	6.42
30% : 70%	0.97238	0.98591	0.991247	8.08
20% : 80%	0.92624	0.96287	0.980778	23.7
10% : 90%	0.83538	0.78969	0.974623	90.8

of (300, 320 and 350) Contrast Medium concentrations at (102 mA)

CM(mg I/ml) (CM:NS)	CNR			CV Value
	300	320	350	
100%	0.000872	0.000858	0.000830	2.05
90% : 10%	0.000898	0.000885	0.000858	1.89
80% : 20%	0.000946	0.000933	0.000882	3.00
70% : 30%	0.001047	0.001036	0.000961	3.77
60% : 40%	0.001167	0.001172	0.00109	3.28
50% : 50%	0.001256	0.001236	0.001134	4.42
40% : 60%	0.001776	0.001643	0.001613	4.22
30% : 70%	0.002111	0.001859	0.001892	5.72
20% : 80%	0.003417	0.002868	0.002569	11.9
10% : 90%	0.005017	0.006794	0.005471	13.1

3. SOD (22.5cm)에서 조영제 농도 희석률 변화에 대한 검사 결과

기준검사 실험조건에서의 촬영조건으로 본 장비에 Setting 되어 있는 (146 mA), FOV (30 cm), 노출 조건 (0.3 mm/Cu), (67 kV), (40 ms)으로 유지한 후 SOD (32.5 cm)를 SOD (22.5 cm)으로 10 cm의 거리 변화를 주었다. 조영제 농도 (300, 320, 350)을 이용하여 CM : N/S 희석률 (100% ~ 10% : 90%)로 변화를 주어 SNR 값과 CNR 값을 산정하였다. 산정된 값은 Table 3과 같다. 기술통계 분석에서 SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (30% : 70%) 구간까지는 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났으나 (20% : 80%) 구간부터는 변동계수 값이 10 이상으로 크게 나타났다(cv < 10).

Table 3. Measurement of SNR, CNR for the dilution rate of (300, 320 and 350) Contrast Medium concentrations at (SOD 22.5cm)

CM(mg I/ml) (CM:NS)	SNR			CV Value
	300	320	350	
100%	1.026956	1.026814	1.028518	0.75
90% : 10%	1.024665	1.024576	1.026623	0.92
80% : 20%	1.022210	1.023660	1.022921	0.58
70% : 30%	1.018178	1.021428	1.021632	1.55
60% : 40%	1.016254	1.019123	1.020316	1.67
50% : 50%	1.003356	1.003678	1.014006	4.91
40% : 60%	0.999332	0.996664	1.003267	2.71
30% : 70%	0.979252	0.977475	0.966458	5.81
20% : 80%	0.944653	0.924837	0.945144	10.1
10% : 90%	0.831738	0.780878	0.839711	31.9

CM(mg I/ml) (CM:NS)	CNR			CV Value
	300	320	350	
100%	0.000857	0.000842	0.000817	1.97
90% : 10%	0.000890	0.000872	0.000829	2.96

80% : 20%	0.000935	0.000913	0.000880	2.49
70% : 30%	0.001027	0.000998	0.000953	3.07
60% : 40%	0.001070	0.001106	0.001021	3.27
50% : 50%	0.001386	0.001321	0.001259	3.92
40% : 60%	0.001485	0.001533	0.001399	3.77
30% : 70%	0.002008	0.002104	0.002043	1.93
20% : 80%	0.002166	0.002869	0.002657	11.5
10% : 90%	0.004818	0.005798	0.004613	10.2

4. SOD (12.5cm)에서 조영제 농도 희석률 변화에 대한 검사 결과

기준검사 실험조건에서의 촬영조건으로 본 장비에 Setting 되어 있는 (146 mA), FOV (30 cm), 노출 조건 (0.3 mm/Cu), (67 kV), (40 ms)으로 유지한 후 SOD (32.5 cm)를 SOD (12.5 cm)으로 20 cm의 거리 변화를 주었다. 조영제 농도 (300, 320, 350)을 이용하여 CM : N/S 희석률 (100% ~ 10% : 90%)로 변화를 주어 SNR 값과 CNR 값을 산정하였다. 산정된 값은 Table 4와 같다. 기술통계 분석에서 SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (30% : 70%) 구간까지는 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났으나 (20% : 80%) 구간부터는 변동계수 값이 10 이상으로 크게 나타났다(cv < 10).

Table 4. Measurement of SNR, CNR for the dilution rate of (300, 320 and 350) Contrast Medium concentrations at (SOD 12.5cm)

CM(mg I/ml) (CM:NS)	SNR			CV Value
	300	320	350	
100%	1.026281	1.024272	1.025966	0.86
90% : 10%	1.021622	1.027388	1.024553	2.30
80% : 20%	1.019928	1.021307	1.024463	1.86
70% : 30%	1.015618	1.019796	1.020730	2.18
60% : 40%	1.009906	1.019572	1.017811	4.14
50% : 50%	1.009895	1.011727	1.013124	1.31
40% : 60%	0.995478	0.998987	1.002862	3.02
30% : 70%	0.990477	0.977286	0.971763	8.01
20% : 80%	0.960684	0.984796	0.954387	13.6
10% : 90%	0.839423	0.814002	0.891935	38.2

IV. DISCUSSION

본 연구를 위한 인체 대상의 실험은 연구윤리에 위반되는 행위여서 임상의 하지 말초혈관조영술에서 일어날 수 있는 유사한 상황을 재현하고자 자체적으로 제작한 3 mm 혈관모형 Water 팬텀을 이용

CM(mg I/ml) (CM:NS)	CNR			CV Value
	300	320	350	
100%	0.000853	0.000835	0.000814	1.91
90% : 10%	0.000883	0.000848	0.000823	2.89
80% : 20%	0.000927	0.000891	0.000859	3.11
70% : 30%	0.000995	0.000971	0.000881	5.17
60% : 40%	0.001122	0.001062	0.000992	5.02
50% : 50%	0.001238	0.001197	0.001066	6.29
40% : 60%	0.001492	0.001457	0.001307	5.66
30% : 70%	0.001835	0.002025	0.001801	5.22
20% : 80%	0.002929	0.002628	0.002279	10.2
10% : 90%	0.005042	0.004753	0.003467	15.5

하였다. 인터벤션에서 조영제를 이용한 하지 말초 혈관질환의 진단 및 시술이 점차 증가하고 있고, 더불어 조영제의 사용량 또한 증가하고 있다. 조영제는 인터벤션에서 있어 정확도를 높이지만, 부작용을 일으킬 수 있으므로 조영제를 사용할 때는 이에 대한 유해반응의 위험도를 인식하여야 한다.^[6] 신명진 등에 의하면 조영제는 안전성이 입증된 제품들이 상용화되어 사용되고 있으나, 크고 작은 유해반응 때문에 경우에 따라 인체에 심각한 위험을 초래할 수 있다. 또한, 미국이나 유럽 등에서 조영제의 안전한 사용과 유해반응 시의 대처 및 치료에 대한 가이드라인이 발간되어 널리 사용되고 있지만, 우리나라의 실정이 맞게 손쉽게 유용할 수 있는 지침서가 없다고 주장한다.^[7] Brown JR 등은 조영제의 종류와 양을 조절하여 조영제 유발 신독성의 위험성을 감소시키는 것이 중요한 요인 중 하나이나 검사에 따라 필요한 조영제 사용의 최소 용량이 다양하기 때문에 환자의 체액량과 위험인자에 따라 조영제 사용량을 제한하여 위험 용량을 넘지 않도록 해야 한다고 한다.^[8]

이성주 등에 의하면 부위별 CT검사에서 조영제와 생리식염수를 희석해서 사용함으로써 조영제 사용량을 줄여 부작용을 감소시킬 수 있다.^[9]

김윤기 등에 의하면 CT조영제의 요오드 농도와 양에 따른 조영 효과를 비교하는 연구에서 요오드 농도와 삼투압이 높을수록, 주사량이 많을수록, 주사속도가 빠를수록 부작용의 위험도가 높아지며, 반대로 조영제의 요오드 농도와 삼투압이 낮을수록, 주사량이 적을수록, 주사속도가 느릴수록 부작용 위험도는 낮아진다.^[10] 또한 김정훈 등에 의하면 MDCT를 이용한 Head Angiography 검사 연구에서 뇌혈관과 경동맥 혈관조영술 검사의 영상평가에서

조영제량을 감소하여 연구한 결과, 화질의 향상뿐만 아니라 조영제로 인한 부작용도 감소하였다고 보고하고 있다.^[11]

GyooHyung Kim 등은 CT로 brain angio 검사 시 조영제를 40%로 줄여서 사용하더라도 영상의 질 저하 없이 조영제 사용으로 발생하는 부작용을 최소화 할 수 있으리라 사료된다고 하였고^[12], HyeRan Choi 등[42]의 연구에 의하면 CT 혈관조영에서 각각 2 mm, 3 mm, 5 mm 혈관 직경을 사용하여 조영제와 생리식염수를 1 : 4, 1 : 5 희석 비율에 대해 두드러진 결과를 얻었고, 조영제와 일반식염수(N/S)의 희석률은 영상의 화질에 영향을 미친다.^[13]

이처럼 CT 영역에서는 조영제의 농도와 희석률을 낮추어 신장에 대한 부담을 줄이기 위한 선행연구로 매개변수와 조영제의 희석률을 이용한 화질에 대한 선행 연구가 상당히 진행되고 있는 반면 인터벤션에서는 매개변수와 조영제 희석률에 대한 화질 평가 연구는 진행된 부분이 거의 없어서 본 저자는 인터벤션에서 매개변수인 관전류, SOD 변화와 조영제 농도별 희석률을 분석하여 신장에 대한 부담을 낮추고 적정 농도의 영상 화질을 제공하는 방법을 제시하고자 하였다.

관전류량이 증가하면 영상수상기가 받아들이는 신호량은 비례하여 증가 되어 영상의 화질을 좋게 유지할 수 있다. 그러나 검사조건이 과도하게 설정 되면 광자량은 영상수상기가 받아들일 수 있는 범위를 넘어서게 되어 Noise가 증가하게 된다. 그리고 받아들이는 신호량은 영상수상기의 동적범위 이상으로 증가하지 않게 되므로 영상의 화질은 저하된다. 즉, 필요 이상으로 과잉노출이 되는 경우 영상수상기의 Noise가 증가하여 감도가 떨어지게 되며, 동시에 영상의 화질도 함께 저하된다.^[14] 이정은 등에 의하면 관전류는 X선 발생장치에서 발생하는 X선 양을 결정하고, 과도한 관전류는 최종적으로 환자가 받는 방사선량을 증가시키기 때문에 영상의 화질은 진단에 필요한 정도로만 유지하고 가능한 낮게 유지하는 것이 가장 중요하다 하였다.^[15] 엠마누엘 네리는 고농도 조영제 대신에 모회사의 조영제 270 mg/ml의 사용으로 저요오드 함량

상태에서도 이용 가능하며, 낮은 kVp에서, 저선량 CT 혈관 조영술 및 CT 관상 동맥 혈관 조영술에 사용되는 경우, 고농도 요오드 조영제의 이미지 품질과 동일하거나 더 좋은 품질의 이미지를 도출할 수 있다고 제안하였다.^[16]

본 연구에서도 관전류(146 mA)과 관전류 (102 mA)중에서 관전류 (102 mA)를 사용하여도 CM : N/S 희석률이 (30% : 70%)까지는 조영제 농도별 의미 있는 차이점은 보이지 않았고, 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타나 화질에서도 변화가 크지 않았다. 임상에서 장비는 저관전류의 조건으로 Setting하고 조영제는 농도 300으로 CM : N/S 희석률이 (30% : 70%)까지로 하여 검사 및 시술을 하는 것이 시술자나 환자에게 피폭의 부담을 줄이면서 신장의 부담을 줄일 수 있다고 판단한다.

SOD 및 OID는 환자가 노출되는 방사선량뿐만 아니라 방사선 이미지의 다양한 품질에도 영향을 미치고, OID를 증가시키면 수용체에 도달하는 산란 방사선의 양을 줄임으로써 영상 Contrast를 개선할 수 있지만, SID도 비례적으로 증가하지 않으면 영상이 확대된다.^[17] SOD의 관계는 환자와 X선관 간의 간격을 최대한 멀게 하여 입사면의 방사선 세기를 최대한 줄이고, 환자와 영상수용기 간의 간격은 최대한 가까이한다. 영상수용기와 환자와의 거리가 반으로 될 때마다 같은 영상 화질을 구현하기 위한 입사선량의 강도는 반으로 감소하며 이와 함께 산란선에 의한 환자와 시술자의 2차 피폭을 줄일 수 있다.^[18]

인터벤션에서 환자선량 저감을 위한 방사선 방어 가이드라인의 SOD에 대한 선량연구를 살펴보면 SID를 120 cm로 고정하고, 환자 테이블 높이를 60, 70, 80, 90 cm로 10 cm 간격으로 바꾸어 선량을 측정했을 때 테이블의 높이가 60 cm에서 90 cm로 증가하면 선량이 60% ~ 70% 감소한다고 하였다.^[19]

본 연구의 SOD 변화에 대한 조영제 농도별 희석률의 연구에서 SID를 (75.5 cm)으로 하고 SOD를 (32.5 cm), (22.5 cm), (12.5 cm)로 10 cm 간격으로 바꾸어 측정한 결과 CM : N/S 희석률이 (30% : 70%)까지는 조영제 농도별 의미 있는 차이점은 보이지 않았고, 변

동계수 값이 10 이하로 작게 나타나 화질에서도 변화가 크지 않았다. 임상에서 인터벤션은 MRI검사나 CT 검사처럼 테이블의 높이가 고정되어있는 것이 아니고, 환자의 체형, 시술부위, 시술자의 체형 혹은 시술자의 선호의 높이에 따라 항상 다르다. 앞서 이야기 한 선행연구에서 테이블이 영상수상기에서 멀어질수록 피폭은 증가한다고 하였다. 임상에서 가급적이면 테이블을 영상수상기에 최대한 근접하게 하고 조영제는 농도 300으로 CM : N/S 희석률이 (30% : 70%)까지로 하여 검사 및 시술을 하는 것이 시술자나 환자에게 피폭의 부담을 줄이면서 신장의 부담을 줄일 수 있다고 판단된다.

본 연구의 한계점과 제언으로 첫째, 데이터 값의 오차를 최소화하기 위하여 같은 파라미터를 Setting 하였으며, 인터벤션 장비의 테이블에 위치를 표시하여 3 mm 혈관모형 Water 팬텀을 동일한 위치에서 촬영하도록 하였고, SNR과 CNR의 오차를 최소화하기 위해 영상의 동일한 위치에서 ROI와 Background를 설정하도록 노력하였다.

둘째, CNR 값은 주변잡음에 대한 관심영역의 대조도를 나타내는 값으로 관심영역의 영상이 밝을수록 값이 상승한다. 본 연구의 CNR의 값은 CM : N/S 희석률이 (10% : 90%)로 갈수록 즉, N/S 양이 많아져 희석이 많이 될수록 CNR의 값이 상승함을 나타내지만, 본 연구에서는 이 CNR 값을 역위하여 분석하였다.

셋째, 방사선 피폭에 대한 상관관계를 실험하지 못하였다. 향후 방사선 피폭에 관한 후속 연구를 통해 보완해 나간다면, 인터벤션에서 최적의 매개변수와 조영제 희석률의 상관관계에 대한 깊이 있는 연구가 될 것으로 생각한다.

V. CONCLUSION

연구의 결과를 요약하면 자체 제작된 혈관모형 Water 팬텀을 이용하여 피폭 위험과 조영제의 위험에서 벗어나 실험을 할 수 있었으며 연구윤리에 위반되지 않고 임상에서의 하지 말초혈관조영술과 같은 유사한 상황을 재현하였다. 매개변수인 관전류(mA), SOD에 대한 조영제 농도(300, 320, 350) 희석률에서 CM : N/S (30% : 70%) 구간까지는 조영

제 농도별 유의한 차이점은 보이지 않았고, 변동계수 값이 기준값 이하로 작게 나타나 화질에서도 변화가 크지 않았다. 그러나 (20% : 80%)부터는 변동계수 값이 기준값 이상으로 커서 화질의 변화가 크게 나타났다.

인터벤션에서 하지 말초혈관조영술을 포함한 다른 검사나 시술에서 낮은 관전류 값을 설정하고, 테이블은 영상수상기에 최대한 가깝게 하며, 조영제 농도(300)을 CM : N/S 희석률 (30% : 70%)로 사용하는 것이 신장에 대한 부담과 피폭에 대한 부담을 동시에 줄이면서 적정 농도의 영상을 얻을 수 있는 가장 효율적인 방법으로 제시한다.

Reference

- [1] Y. S. Do, "Establishment of Standard of Safety Control of Angiographic Unit", Korea Food & Drug Administration Service R&D project, 2003.
- [2] <http://www.ksn.or.kr/file/journal/701525435/1999/18603068.PDF/>
- [3] Noboru Mizushima, Beth Levine, Ana Maria Cuervo, Daniel J. Klionsky, "Autophagy fights disease through cellular self-digestion", *Nature*, Vol. 451, No. 7182, pp. 1069-1075, 2008. <http://dx.doi.org/10.1038/nature06639>.
- [4] R. P. Karlsberg, S. Y. Dohad, R. Sheng, Iodixanol Peripheral CTA Study Investigator Panel, "Contrast-induced acute kidney injury (CI-AKI) following intra-arterial administration of iodinated contrast media", *Journal of Nephrology*, Vol. 23, No. 6, pp. 658-666, 2010.
- [5] S. H. Kim, "A Convergence Study on effectiveness of contrast agent reduction by normal saline solution dilution in the computed tomography of arteries of lower limb", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 9, pp. 431-437, 2015. <http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2015.13.9.431>
- [6] W. H. Bush, D. P. Swanson, "Acute reactions to intravascular contrast media; types, risk factors, recognition, and specific treatment", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 157, No. 6, pp. 1153-1161, 1991.
- [7] M. J. Shin, Y. J. Cho, "Management of adverse reaction to iodinated radiocontrast media", *Journal of the Korean medical association*, Vol. 55, No. 8, pp. 779-790, 2012. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2012.55.8.779>
- [8] Jeremiah R. Brown, John F. Robb, Clay A. Block, Anton C. Schoolwerth, Aaron V. Kaplan, Gerald T. O'Connor, Richard J. Solomon, David J. Malenka, "Does Safe Dosing of Iodinated Contrast Prevent Contrast-Induced Acute Kidney Injury?", *Circulation: Cardiovascular Interventions*, Vol. 3, No. 4, pp. 346-350, 2010. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.109.910638>
- [9] S. J. Lee, Y. Park, D. H. Jeong, S. H. Ock, H. J. Hwang, H. S. Hwang, "A Study on the usefulness of Dilution of Contrast Media in CT Examinations", *Korean Society Computed Tomographic Technology*, Vol. 13, No. 2, pp. 161-167, 2011.
- [10] Y. K. Kim, M. S. Kim, S. Y. Lee, J. M. Lee, H. S. Lee, J. S. Jeong, M. G. Kim, "Comparison of the contrast effect of the amount and iodine concentration of CT contrast agent", *Korean Society Computed Tomographic Technology*, Vol. 16, No. 2, pp. 181-187, 2014.
- [11] J. H. Kim, J. H. Jeong, K. H. Kim, "Reduction of Contrast Volume in Head Angiography by MDCT", *Korean Society Computed Tomographic Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 117-121, 2008.
- [12] G. H. Kim, S. H. Lee, "A Study on the Optimum Amount of Contrast Media in Brain Angiography", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 41, No. 2, pp. 123-128, 2018.
- [13] H. R. Choi, W. H. Choi, S. C. Lee, Y. K. Ha, S. H. Kang, D. H. Kim, Y. J. Lee, "Evaluation of image quality for stent image with different dilution ratio of contrast agent in self-production vessel model on angiographic X-ray computed tomography(CT)", *Optik*, Vol. 143, pp. 180-187, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.06.068>
- [14] S. Jeff Shepard, Jihong Wang, Michael Flynn, Eric Gingold, Lee Goldman, Kerry Krugh, David L. Leong, Eugene Mah, Kent Ogden, Donald Peck, Ehsan Samei, Charles E. Willis, "An exposure indicator for digital radiography: AAPM Task Group 116 (Executive Summary)", *Medical Physics*, Vol.

36, No. 7, pp. 2898-2914, 2009.
<https://doi.org/10.1118/1.3121505>

- [15] J. G. Lee, H. J. Kim, H. K. Lee, "Strategies for radiation dose optimization in medical radiation exposure", Public Health Weekly Report, Vol. 12, No. 32, pp. 1121-1131, 2019.
- [16] <https://www.genewsroom.com/sites/default/files/6362.pdf>
- [17] Beth A. Scbueler, "The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: General Overview of Fluoroscopic Imaging", Radiographics, Vol. 20, No. 4, pp. 1115- 1126, 2000.
<http://dx.doi.org/10.1148/radiographics.20.4.g00jl301115>
- [18] <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-patient-radiation-protection.pdf>.
- [19] https://www.nifds.go.kr/brd/m_15/view.do?seq=5821

하지 혈관조영검사 시 매개변수인 관전류와 SOD에 변화에 대한 조영제 희석률 분석

공창기,¹ 한재복^{2,*}

¹첨단종합병원 영상의학과

²동신대학교 방사선과

요 약

본 연구의 목적은 하지 혈관조영검사에서 매개변수인 관전류 (mA)와 SOD에 대한 조영제 농도(300, 320, 350) 희석률의 관계가 화질에 미치는 영향을 알아보는 데 있다. 이를 위해 말초혈관 직경 크기로 자체 제작한 3 mm 혈관모형 Water 팬텀을 이용하여, 관전류 (mA), SOD 변화와 조영제 농도(300, 320, 350) 희석률 변화의 관계를 SNR 값과 CNR 값으로 측정하고 변동계수를 ($cv < 10$) 분석하였다. SNR 값과 CNR 값의 측정에 사용된 소프트웨어는 Image J 1.50i, (NIH) National Institutes of Health, USA)로, PACS에 전송된 의료영상 표준준(DICOM, digital imaging and communications in medicine) 3.0 파일에서 팬텀에 대한 관심영역(ROI, region of interest)과 배경(Background)의 영상 신호를 수치적으로 확인한 후 평균 신호값(MPV, mean pixel value)과 표준편차(SD, standard deviation)를 이용하였다.

관전류 변화에 대한 조영제 농도별 희석률에서 관전류 (146 mA)과 관전류 (102 mA)의 SNR과 CNR 비교 결과, SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (100% ~ 30% : 70%) 구간까지 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났으나, CM : N/S 희석률 (20% : 80% ~ 10% : 90%) 구간에서는 변동계수 값이 10 이상으로 나타났다.

SOD 변화에 대한 조영제 농도별 희석률에서 SOD (32.5 cm)과 SOD (22.5cm)의 SNR과 CNR 비교 결과, SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (100% ~ 30% : 70%) 구간까지 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났으나, CM : N/S 희석률 (20% : 80% ~ 10% : 90%) 구간에서는 변동계수 값이 10 이상으로 나타났다. SOD 변화에 대한 조영제 농도별 희석률에서 SOD (32.5 cm)과 SOD (12.5cm)의 SNR과 CNR 비교 결과, SNR과 CNR 모두 CM : N/S 희석률 (100% ~ 30% : 70%) 구간까지 변동계수 값이 10 이하로 작게 나타났다. 그러나 CM : N/S 희석률 (20% : 80% ~ 10% : 90%) 구간에서는 변동계수 값이 10 이상으로 나타났다.

결과적으로 인터벤션에서 하지 말초혈관조영술을 포함한 다른 검사나 시술에서 낮은 관전류 값을 설정하고, 테이블은 영상수상기에 최대한 가깝게 하여, 조영제 농도(300)을 CM : N/S 희석률 (30% : 70%)로 사용하는 것이 신장에 대한 부담과 피폭에 대한 부담을 동시에 줄이면서 적정 농도의 영상을 얻을 수 있는 가장 효율적인 방법으로 제시한다.

중심단어: 관전류, 에스오디(소스 투 오브젝트 디스탄스), 변동계수

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	공창기	첨단종합병원	첨단종합병원 의료기사
(교신저자)	한재복	동신대학교 방사선학과	교수