

Dose Comparison between Fast Low Dose C-arm CT and DSA

Chan-woo Kim, Jae-Seok Kim*

Department of Radiology, Ajou University Hospital of Korea

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

ABSTRACT

The average dose of Fast Low Dose C-arm CT used during hepatic arterial chemoembolization was compared with the average dose of DSA, and the exposure dose was analyzed by analyzing the average dose for each test technique in the total accumulated dose.

50 patients were randomly selected at our clinic and compared with Fast Low Dose C-arm CT, DAP and Air Kerma of DSA, and the accumulation of four test techniques (DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy) The proportion of dose (DAP, Air Kerma) was analyzed. For statistical comparative analysis, the corresponding sample T test and ANOVA test (post hoc test: Tukey) were performed using the statistical program SPSS 20.0.

Fast Low Dose C-arm CT showed statistically significantly lower average dose (DAP, Air Kerma) than DSA. Reducing the number of tests for DSA can reduce the patient's exposure to medical radiation.

Keywords: TACE, Fast Low Dose C-arm CT, Fluoroscopy Dose

I . INTRODUCTION

간동맥 화학색전술 (Trans catheter Arterial Chemo embolization; TACE)은 간암의 치료 방법의 한 분야 로써 항암제와 리피오돌(Lipiodol)을 희석해 간동맥 에 주입하는 방식으로 임상에서 많이 시행하고 있 는 중재적 기술이다^[1].

간암은 우리나라에서 5번째로 많이 발생하는 암 이며 세계적으로도 암 연관 사망에 2번째 원인이 된다. TACE은 수술이나 국소 치료가 어려운 다양 한 병기의 간암의 치료법 중 가장 대표적인 방법이 며, 간세포암의 진행에 따라 반복적인 기술을 필요 로 한다. 또한, 2019년 아주대학교 병원 소화기내과 환자의 입원 사유들 중에서 간 및 간 내 담관의 암 이 가장 높은 비율을 보였다.

본원 영상의학과에서는 2017년 386건, 2018년 408건 2019년 379건으로 3년 평균 391건으로 인터

벤션실의 기술 비중이 높은 기술 중 하나이다.

혈관조영장비의 경우 최근 Flat-Panel-Detector의 보편화와 함께 화질과 해상도가 크게 개선되었으 며, C-arm CT(Computed Tomography) 기능이 추가 되어 고해상도의 삼차원적 간동맥 조영술이 가능 해졌다. 이를 TACE에 활용하여 항암제·리피오돌 혼합물 주입 전 간세포암에 공급되는 영양 혈관 (feeding artery)을 추적하고, 항암제·리피오돌 혼합 물 주입 후 리피오돌의 집적을 추적하는 방법이 점 차 증가하고 있다^[2].

이에 따라, C-arm CT 영상의 질에 대한 연구는 MDCT(Multi Detector Computed Tomography) 영상 과의 비교를 통해 다수 진행되어 왔지만, 선량적인 측면에서 항암제·리피오돌 혼합물 주입 전후로 C-arm CT를 활용하는 방법과 DSA (Digital Subtraction Angiography)를 이용하는 방법과의 선량 비교에 대한 연구는 부족하였다^[3].

* Corresponding Author: Jae-Seok Kim

E-mail: m4f5r@naver.com.ac.kr

Tel: +82-10-2222-3818

또한 TACE는 시술의 특성상 환자의 혈관분포가 복잡하여 시술의 난이도가 높아 시술 시간이 길어질 수 있으며, 일회성이 아니라 반복을 필요로 하는 시술이다. 게다가 전산화단층촬영(CT)을 통한 추적관찰을 필요로 하기 때문에 방사선 방어와 관련하여 중요도가 높은 시술로 선정되어 있다.

의료과정에서 방사선 피폭을 수반하는 행위가 피폭으로 인한 손실보다 이득이 크고 이득을 받는 대상이 환자 본인이므로 피폭이 정당화되어 의료 피폭의 선량한도가 정해져 있지는 않지만, TACE 시술의 경우와 같이 반복되는 시술과 동반되는 CT 검사로 인한 의료피폭에서는 환자방호의 최적화적인 측면에서 환자들이 받는 선량에 대해 생각해 볼 필요성이 있다⁴⁾.

본 연구는 간동맥 화학색전술에서 자주 활용되고 있는 Fast Low Dose C-arm CT의 평균선량을 DSA의 평균선량과 비교해 보고, 전체 누적선량에서 많은 비중을 차지하는 검사기법을 분석하여 환자와 시술자의 피폭선량을 낮추고 시술의 효율성을 높이는 데 도움을 주는 방안을 찾아보고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. Experimental Objects And Devices

본원 영상의학과 혈관조영실에서 2017년 12월부터 2018년 02월까지 간동맥 화학색전술을 받은 환자 50명을 임의로 선정하였다. 성별로는 남성이 42명(84%), 여성이 8명(16%)이었으며 연령분포는 41-80세(64±9세)였다.

실험 장비는 Table 1과 같이 C-arm CT의 재원으로 Model은 'Xper CT Abdomen Fast Low Dose'를 사용하였으며 X선이 조사되는 시간은 5.2초였다.

Table 1. X-ray Equipment

Manufacture company	Model name	Detector Type	Mode
Philips	Allura Xper FD20	FPD type	Pulse mode

TACE 시술이 끝난 후 혈관조영 장비에 기록된 Examination Report (DAP, Air Kerma)를 출력하여 4가지 검사기법(DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy)의 누적선량(한 가지 검사기법만을 모두 합한 선량)과 평균선량(검사기법 1회당 평균선량)을 각각 기록하였다.

2. Research method

2.1 Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 평균선량 (DAP, Air Kerma) 비교

실험 기간 동안 TACE 시술을 받은 환자 50명의 Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 평균선량(DAP, Air Kerma) 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 대응표본 T검정을 실시하였다.

2.2 전체 누적선량에서 4가지 검사기법(DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy)의 누적선량(DAP, Air Kerma)이 차지하는 비중 비교

동일한 환자 군을 대상으로 시술 당 전체 누적선량에서 4가지 검사기법 (DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy)의 누적선량(DAP, Air Kerma)이 차지하는 비중 비교가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 일원 배치 분산 분석 (ANOVA)을 실시하였다. (post hoc test : Tukey)

통계적인 비교 분석을 위해 통계프로그램 SPSS 20.0을 사용하였고, $p < 0.05$ (양측)미만인 경우 통계적 유의성이 있는 것으로 평가하였다.

III. RESULTS

1. Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 평균선량 (DAP, Air Kerma) 비교

Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 평균선량 (DAP, Air Kerma) 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 대응표본 T검정을 실시하였다.

2. Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 평균 DAP 값의 비교

통계적으로 비교 분석한 결과 통계적 유의수준 하에서 차이가 있는 것으로 나타났다($t=20.702$,

p<.001). Table 2.의 결과와 같이 Fast Low Dose C-arm CT의 평균 DAP 값이 10461.72mGy · cm²이고, DSA의 평균 DAP 값이 47666.92mGy · cm²이므로 Fast Low Dose C-arm CT가 DSA에 비해 통계적으로 유의하게 낮다고 말할 수 있다.

Table 2. DAP (mGy · cm²)

	N	Mean	S.D	t value	P value
C-arm CT	50	10461.72	2070.64	20.702	.000***
DSA	50	47666.92	14272.95		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

3. Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 평균 Air Kerma 값의 비교

통계적으로 비교 분석한 결과 통계적 유의수준 하에서 차이가 있는 것으로 나타났다(t=19.610, p<.001). Table 3에서 보듯이 Fast Low Dose C-arm CT의 평균 Air Kerma 값이 24.87mGy이고 DSA의 평균 Air Kerma 값이 150.40mGy이므로 Fast Low Dose C-arm CT가 DSA에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다.

Table 3. Air Kerma (mGy)

	N	Mean	S.D	t value	P value
C-arm CT	50	24.87	5.55	19.610	.000***
DSA	50	150.40	48		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

4. 전체 누적선량에서 4가지 검사기법(DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy)의 누적선량(DAP, Air Kerma)이 차지하는 비중 비교

Fig. 1의 그래프는 TACE 시술 당 전체 누적선량에서 4가지 검사기법(DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy)의 누적선량이 평균적으로 차지하는 비율을 나타낸 결과이다.

DAP 값은 DSA 52%, Fluoroscopy 35%, Fast Low Dose C-arm CT 7%, Roadmap 5%를 차지하였으며, Air Kerma 값은 Fluoroscopy 46%, DSA 44%, Fast Low

Dose C-arm CT 5%, Roadmap 5%를 차지하였다.

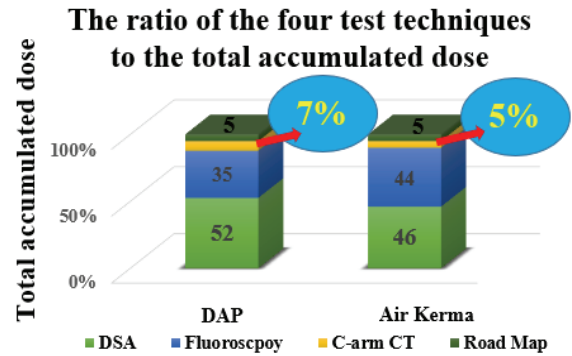


Fig. 1. The ratio of the four test techniques to the total accumulated dose.

Table 4는 4가지 검사기법에 대한 DAP 값의 비중 차이를 일원배치 분산 분석(ANOVA)을 한 결과이다.

Table 4. DAP's technical statistics and ANOVA

								ANOVA	
C-arm CT (a)		DSA (b)		Roadmap (c)		Fluoroscopy (d)		F	p
N	Mean ±S.D	N	Mean ±S.D	N	Mean ±S.D	N	Mean ±S.D	322.634	.000
50	7.20 ±3.614	50	51.96 ±12.935	50	4.80 ±4.121	50	35.22 ±11.143	Tukey (b>d>a=c)	

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

각각의 검사기법에 따라 DAP 값이 차지하는 비중을 알아보기 위해 일원배치 분산분석을 실시하였다. 그 결과 검사기법마다 DAP 값의 비중에 유의한 차이가 있었다(F=322.634, p<.001).

Table 5에 결과값은 DAP값의 사후검정으로 Tukey를 실시한 결과 Fast Low Dose C-arm CT와 Roadmap의 비교(p<.540)에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 나머지 다중 비교에는 모두 유의한 차이를 보였다(p<.001). 전체 DAP 값에서 평균적으로 DSA가 차지하는 비중 51.96%과 Fluoroscopy 35.22%를 합하면 87.18%이다. 그러므로 DSA와 Fluoroscopy가 전체 누적선량(DAP)에서 차지하는 비중은 유의한 수준에서 높은 것으로 나타났다.

Table 6은 4가지 검사기법에 대한 Air Kerma 값의 비중 차이를 일원배치 분산 분석(ANOVA)을 한 결과이다.

Table 5. DAP post-test

(I) Group		(J) Group	유의확률
C-arm CT		DSA	.000
		Roadmap	.540
		Fluoroscopy	.000
DSA		C-arm CT	.000
		Roadmap	.000
		Fluoroscopy	.000
Roadmap		C-arm CT	.540
		DSA	.000
		Fluoroscopy	.000
Fluoroscopy		C-arm CT	.000
		DSA	.000
		Roadmap	.000

Table 6. Technical statistics and ANOVA of Air Kerma

(a)		(b)		(c)		(d)		ANOVA	
N	Mean ±S.D	N	Mean ±S.D	N	Mean ±S.D	N	Mean ±S.D	F	p
50	4.70 ±2.71	50	43.94 ±13.8	50	5.40 ±4.4	50	46.10 ±13.0	273.1 94	.000

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 7. Air Kerma's post-test

(I) Group		(J) Group	유의확률
C-arm CT		DSA	.000
		Roadmap	.985
		Fluoroscopy	.000
DSA		C-arm CT	.000
		Roadmap	.000
		Fluoroscopy	.694
Roadmap		C-arm CT	.985
		DSA	.000
		Fluoroscopy	.000
Fluoroscopy		C-arm CT	.000
		DSA	.694
		Roadmap	.000

각각의 검사기법에 따라 Air Kerma 값이 차지하는 비중을 알아보기 위해 일원배치 분산분석을 실

시하였다. 그 결과 검사기법마다 Air Kerma 값의 비중에 유의한 차이가 있었다(F=273.194, p<.001). Table 7은 Air Kerma 값의 사후검정으로 Tukey를 실시한 결과 Fast Low Dose C-arm CT와 Roadmap의 비교(p<.985), DSA와 Fluoroscopy의 비교(p<.694)에서만 유의한 차이를 보이지 않았으며, 나머지 다중 비교에는 모두 유의한 차이를 보였다.(p<.001) 전체 Air Kerma 값에서 평균적으로 DSA가 차지하는 비중 43.94%과 Fluoroscopy 46.10%을 합하면 90.04%이다. 그러므로 DSA와 Fluoroscopy가 전체 누적선량(Air Kerma)에서 차지하는 비중은 유의한 수준에서 높은 것으로 나타났다.

IV. DISCUSSION

본 연구에서는 TACE에서 Fast Low Dose C-arm CT와 DSA를 이용하는 방법의 평균선량(DAP, Air Kerma) 차이를 비교해 보고자 하였다. 그 결과 DSA가 Fast Low Dose C-arm CT보다 DAP에서 4배, Air Kerma는 6배 이상 높았다.

CT라는 편견 때문에 C-arm CT가 DSA보다 선량이 많을 것으로 생각할 수 있지만, 연구결과 Fast Low Dose C-arm CT보다 DSA가 월등히 선량이 많다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 항암제 주입 전후로 Fast Low Dose C-arm CT를 적극 활용하여 DSA의 검사 횟수를 가능한 줄인다면 환자들의 의료피해를 줄이는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

또한 TACE에서 사용하는 4가지 검사기법(DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy) 중 의료피해에 많은 비중을 차지하는 검사기법을 알기 위해 검사기법별 누적선량을 구하여 비교해 보았다. 그 결과 DAP 값은 DSA 52%, Fluoroscopy 35%, Fast Low Dose C-arm CT 7%, Roadmap 5%를 차지하였으며, Air Kerma 값은 Fluoroscopy 46%, DSA 44%, Fast Low Dose C-arm CT 5%, Roadmap 5%를 나타내었다. 이를 통해 DAP, Air Kerma 값 모두에서 DSA와 Fluoroscopy를 합한 누적선량이 전체 누적선량의 약 90%를 차지할 정도로 주된 피폭선량의 요인이었으며, 특히 Fluoroscopy의 누적선량이 전체 누적선량에서 차지하는 비중은 결코 무시하지 못할 것임을 확인할 수 있었다.

이처럼 Fluoroscopy 검사로 인한 환자의 방사선 피폭선량은 결코 무시할 정도가 아니며, 특히 TACE와 같은 고난도 중재적 시술 시 환자와 시술자에게 조사되는 피폭은 매우 심하다. 따라서 피폭을 줄이기 위한 시술자의 노력이 절대적으로 필요하며, 시술자의 'As Low as Reasonably Achievable 원칙'의 실천이 어느 영역보다도 필요하다고 말할 수 있다^[6].

본 연구의 한계점으로는 시술과 검사의 특성상 검사기법들의 선량에 대한 정확한 정량적인 평가가 어렵다는 점이다. TACE의 경우 시술자에 의해 DSA 촬영 횟수와 투시시간, 시준기(Collimation)의 크기와 모양, 확대율과 각도 등이 다양하게 사용되는 등 방사선량을 결정하게 되는 중요한 요인들이 많기 때문에 이와 같은 요인들에 의한 영향은 고려하지 못하였다^[4]. 장비에 기록된 DAP, Air Kerma 값으로만 비교를 하였기 때문에 환자의 결정적 영향을 직접적으로 평가하기엔 어려움이 따른다. 논문에서 측정된 DAP, Air Kerma 수치만으로는 확률적 영향의 관리측면에서는 유용하지만 결정적 영향 관리 측면에는 한계점이 있다^[7]. 여러 회사의 혈관조영장비로 검사기법들의 선량을 비교 분석하지 못하였으며, 다양한 C-arm CT mode를 사용하여 연구를 하지 못하였다.

V. CONCLUSION

본 연구의 결과 TACE 시술 시 항암제 주입 전후로 Fast Low Dose C-arm CT를 적극 활용하여 DSA의 검사 횟수를 가능한 줄인다면 환자의 의료피폭을 줄이는데 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 환자와 시술자의 불필요한 피폭을 줄이기 위해 시술자가 의도적으로 투시시간(Fluoroscopy time)을 줄이려는 노력과 함께, 가능한 Fluoroscopy Frame율을 진단이나 시술에 영향을 주지 않는 범위 내에서 최소로 낮추어 시술한다면 피폭선량 감소에 상당한 도움이 될 것으로 사료된다.

이처럼 시술자의 피폭에 대한 인식 정도 및 노력 여하에 따라 의료피폭을 줄일 수 있는 여지가 충분히 있으므로 향후 이에 대한 교육 및 관리가 필요할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] H. Y. Jeong, S. B. Kim, J. S. Ann, S. H. Na, "Evaluation of the usefulness of CBCT imaging after hepatic arterial chemoembolization", *Journal of Korean Intervention Imaging Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 179-185, 2011.
- [2] J. W. Jeong, "Advances in hepatic artery embolization", *Journal of Korean Medical Association*, Vol. 56, No. 11, pp. 972-982, 2013.
- [3] S. B. Kim, "Evaluation of the usefulness of C-arm CT for hepatic arterial chemoembolization", *Journal of Korean Intervention Imaging Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 135-145, 2012.
- [4] J. H. Kim, "A study on the annual cumulative radiation exposure of patients who underwent hepatic artery chemoembolization (TACE)", *Journal of Korean Intervention Imaging Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 69-76, 2015.
- [5] J. W. Jaco, D. L. Miller, "Measuring and monitoring radiation dose during fluoroscopically guided procedures", *Technology of Vascular Intervention Radiology*, Vol. 13, No. 3, pp. 188-281, 2010. <http://dx.doi.org/10.1053/j.tvir.2010.03.009>
- [6] W. K. Jeong, "Radiation exposure and reduction methods in fluoroscopy and interventional procedures", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 54, No. 12, pp. 1269-1276, 2011.
- [7] S. W. Kim, "DAP statistical analysis by intervention procedure", *Journal of Korean Intervention Imaging Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 126-133, 2011.

Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 선량 비교

김찬우, 김재석*

아주대학교병원 영상의학과

요 약

간동맥화학색전술 중 사용되고 있는 Fast Low Dose C-arm CT의 평균선량을 DSA의 평균선량과 비교해 보고, 전체 누적선량에서 검사기법별 평균선량 분석을 통해 피폭선량을 분석해 보았다.

본원에서 환자 50명을 임의로 선정하여 Fast Low Dose C-arm CT와 DSA의 DAP 및 Air Kerma를 조사하여 비교하였으며, 4가지 검사기법(DSA, Fast Low Dose C-arm CT, Roadmap, Fluoroscopy)의 누적선량(DAP, Air Kerma)이 차지하는 비율을 분석하였다. 통계적인 비교 분석을 위해 통계프로그램 SPSS 20.0을 이용하여 대응표본 T검정, ANOVA 검증(post hoc test : Tukey)하였다.

Fast Low Dose C-arm CT가 DSA에 비해 평균선량(DAP, Air Kerma)이 통계적으로 유의하게 낮았다.($p < .001$) 간동맥화학색전술에서 항암제 주입 전후로 Fast Low Dose C-arm CT를 적극 활용하여 DSA의 검사 횟수를 줄인다면 환자의 의료방사선 피폭을 감소시킬 수 있다.

중심단어: 간동맥화학색전술, Fast Low Dose C-arm CT, Fluoroscopy 선량

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김찬우	아주대학교병원	주임방사선사
(교신저자)	김재석	아주대학교병원	주임방사선사