

<원저>

심장 전기생리학 검사 시 조건 변화에 따른 환자 피폭 선량 평가

고성빈·안성민

가천대학교 방사선학과

Evaluation of Patient Exposure Dose during Cardiac Electrophysiology Study under Various Conditions

Seong-Bhin Koh·Sung-Min Ahn

Department of Radiological Science, Gachon University

Abstract This study used a adult absorption dose phantom (CIRS model 701-G, USA) made of human equivalent material and the vascular imaging equipment Allura Xper FD 20 (Philips, Netherlands). Optically stimulated luminescent dosimeters (OSLD) were inserted into the anatomical positions corresponding to each organ, and the exposure dose was measured. Dose area product (DAP) and air kerma (AK) measured by the dose meter in the equipment were compared. Continuous imaging was performed at two angles for a total of 20 minutes, with a frame per seconds of 3.75 and 7.5 fps and an FOV of 42 cm, 37 cm, and 31 cm, respectively, under the conditions of fluoflavor I, II, and III, each selected for 5 repetitions. This study was found that selecting a lower fps was the most effective way to reduce patient exposure dose, and adjusting the fluoflavor was a good alternative method for reducing patient exposure dose at high fps. Therefore the method of condition change with the greatest dose reduction effect is to set the minimum FPS and can reduce patient exposure dose according to geometric conditions and fluoflavor characteristics.

Key Words : Electrophysiology Study, Fluoroscopy, FPS, Fluoflavor, Dose Reduction

중심 단어 : 심장 전기생리학 검사, 연속 투시촬영, 초당 프레임 수, Fluoflavor, 피폭선량 감소

I. 서론

심장 전기생리학 검사는 우심방, 우심실, 히스속 (Bundle of His), 관정맥동에 위치시킨 전극 도자를 통하여 전기 활성 흐름을 기록할 수 있고 다양한 전기 자극을 가할 수 있는 검사다. 이를 통해 심장 전도계의 전기생리학적 성질을 파악하고 부정맥을 유발 및 종료시켜 부정맥의 기전을 규명할 수 있다[1]. 1980년 후반부터 라디오 주파 전류를 에너지원으로 사용해 빈맥성 부정맥을 일으키는 방실 부전도로, 방실전도로의 일부, 또는 심방 및 심실 등의 심근조직을 절제 시킴으로써 부정맥을 완치하거나 조절하는 전극 도자 절제술이 이용되었다. 라디오 주파 전류는 균일한 심근조직 괴사를 일으켜 심실세동과 같은 심각한 부정맥을 발생시키지

않아 안전하며 효과적으로 사용할 수 있다. 상심실성 부정맥의 전극 도자 절제술의 성공률은 약물치료와 비교하여 95% 이상으로 매우 높고 시술의 안정성도 높아 삶의 질을 향상하는 데 장점이 있다[2-3]. 심장 전기생리학 검사는 혈관 조영 장비의 투시 촬영을 통해 전극 카테터를 위치시키고 시술을 진행한다. 심방세동 시술의 투시 촬영 시간은 최대 68.4 분, 방실결절 회귀성 빈맥 시술 최대 27.4 분, 방실 회귀성 빈맥은 최대 44.2 분이 소요됐고 초당 프레임 수 (Frame Per Seconds)를 15로 설정하여 각 심장 전기생리학 검사 및 고주파 절제술에 대한 DAP 값을 유효 선량으로 환산한 환자의 장기 선량은 흉선에서 평균 239.48 mGy, 심장 193.47 mGy, 유방 143.46 mGy가 나왔다. 이처럼 투시 촬영 시간이 긴 만큼 환자는 방사선에 노출되며 이로 인한 피

Corresponding author: Sung-Min Ahn, Department of Radiological Science, Gachon University, 191 Hambakmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon 21936, Republic of Korea / Tel: +82-32-820-4363 / E-mail: sman@gachon.ac.kr

Received 14 September 2023; Revised 25 October 2023; Accepted 4 November 2023

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

부 손상, 암 및 유전적 영향을 초래할 수 있다. 또 다른 연구에서는 환자가 1시간의 형광 투시에 대해 8.3 mSv의 유효 선량을 가질 때 환자 100만 명 중 480명에서 680명의 암 발생률을 나타낸다고 했다[4-8]. 따라서 투시 촬영 시간이 긴 심장 전기생리학 검사 시 조건 변화를 통해 방사선 노출량을 최소로 할 수 있는 방법을 찾고 검사에 참여하는 실무자는 실천에 옮겨야 할 필요가 있다. 혈관 촬영 장비는 자동 노출 제어장치 (Automatic Exposure Control)가 장착되어 있어 피사체의 두께 및 거리 등의 조건 변화에 따라 입사하는 선량이 변화하는데 자동 노출 제어장치를 사용하는 심혈관 촬영 시 FOV가 확대될수록 진단 방사선 영역에서 흡수 선량에 해당하는 공기커마 (Air Kerma) 선량이 1.21 배에서 2 배 증가한다[9]. 따라서 본 연구는 실제 환자 대신 실제 인체와 유사한 물리학적 특성을 갖춘 팬텀 (Phantom)을 이용하여 심장 전기생리학 검사 시 조건 변화에 따른 환자 피폭 선량 평가를 수행하였다. 이를 통해 심장 전기생리학 검사 시 조건 변화에 따른 선량 변화를 확인하고 조사야 안에 들어오는 심장과 불필요하게 방사선에 노출되는 고 감수성 장기인 수정체, 갑상선의 피폭 선량을 평가함으로써 영상의 품질이 문제 되지 않으면서 심장 전기생리학 검사를 위한 최적의 조건을 연구하고자 한다.

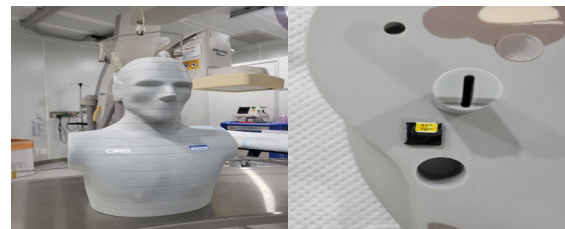
II. 대상 및 방법

1. 연구 재료

심장 전기생리학 검사 시 사용되는 혈관 촬영 장비 중 Philips 사의 Allura Xper FD 20을 이용하였다(Fig. 1). Phantom은 CIRS model 701-G를 사용했으며 22개의 내부 기관에 최적화된 위치에 선량계 삽입을 할 수 있고 진단에서 치료에 이르기까지 넓은 에너지 범위를 포함하는 우수한 조직 구현을 제공하는 특징이 있다. 각 단면에 기본 5 mm diameter × 25 mm long의 구멍이 있어 광자극발광선량조사 (OSLD)를 이용하여 측정하고자 하는 조직의 피폭 선량을 측정하였다[10]. 선량은 LANDAUER 사의 MicroStar reader 장비를 통해 잔존 선량을 기록하고 방사선 노출 후 다시 측정하여 값을 비교하여 구하였다. 측정 소자는 방사선 발생 장비로부터 전달되는 선량의 양을 독립적으로 확인할 수 있는 도구로서 LANDAUER 사의 NanoDot dosimeter를 사용하였다(Fig. 2)[11-12].



Fig. 1. Philips Allura Xper FD 20



(a)

(b)



(c)

(d)

(e)

Fig. 2. CIRS model 701-G(a), OSLD hole(b), Eyeball location(c), Thyroid location(d), Heart location(e)

2. 연구방법

본 연구에 사용된 혈관 촬영 장비의 고정 조건으로는 SID 100 cm, 테이블 높이 90 cm이고 장비 내에 여과 장치 (Filteration)는 0.4 mmCu와 1.00 mmAl이 장착되어 있다. fps는 7.5 fps, 3.75 fps로 설정하였고 FOV는 화면 영역의 대각선 길이가 42 cm, 37 cm, 31 cm이 되도록 설정했다. Fluoroflavor는 I, II, III으로 구분해서 실험하였고 fluorotime은 20 분으로 했다. 팬텀의 수정체, 갑상선, 심장 전면과 후면에 해당하는 해부학적 위치에 OSLD를 삽입하였다. 수

Table 1. Experimental conditions

SID(cm)	Table height(cm)	Fluoro time(min)	Angulation(°)	FPS	Fluoroscopy prefilter	Fluoflavor	FOV
100	90	20	LAO 35	3.75	0.4 mmCu + 1.0 mmAl	I, II, III	42, 37, 31
			RAO 35	7.5			

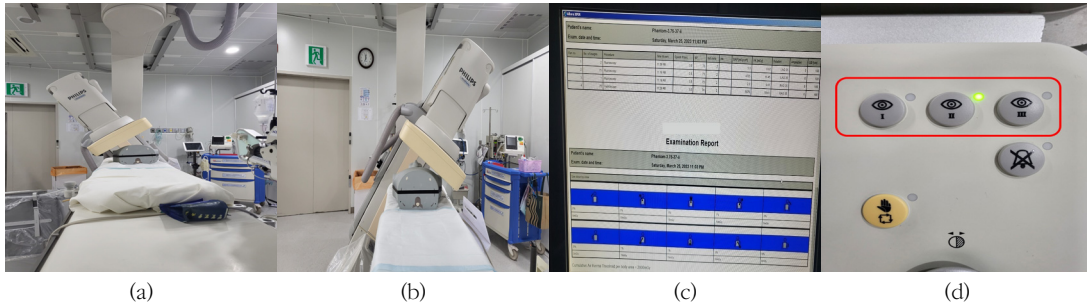


Fig. 3. RAO 35° (a), LAO 35° (b), Dose report (c), Fluoflavor button (d)

정체는 팬텀의 section 6의 14번, 15번, 갑상선은 팬텀의 section 10의 25번, 26번, 심장은 팬텀의 section 21의 124번, 128번에 삽입하였다(Fig. 2). X선의 관전압, 관전류는 수동 제어 없이 자동 노출 제어장치에 의해 자동 설정되었다. 각 실험군은 심장 전기생리학 검사 시 가장 많이 사용되는 LAO 35°, RAO 35° 총 2개의 각도에서 각각 fluorotime 10분, 1개 실험군마다 총 20분간 연속 투시를 하였고 측정값에 대한 신뢰도를 높이기 위해 5회 누적 측정하고 평균을 계산하였다(Table 1). OSLD와 함께 비교하기 위해 장비에 내장된 면적 선량 (Dose Area Product)과 공기 커마 (Air Kerma)를 구하였다. DAP와 AK는 장비 내 소프트웨어에서 자동 계산되어 나타난다(Fig. 3).

III. 결과

1. 통계 방법

SPSS 26.0 프로그램 (IBM)을 사용하여 분석하였다. Type, fps, FOV, fluoflavor에 따라 deep dose, DAP, AK의 차이를 살펴보기 위해 독립표본 t-검정과 일원배치 분산분석

(ANOVA)을 실시하였다. 본 연구는 양측검정이며 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

2. 실험 결과

1) FPS별 type에 따른 deep dose의 차이

FPS별 Type에 따른 deep dose의 차이를 살펴보기 위해 일원배치 분산분석 (ANOVA)을 실시한 결과는 Table 2와 같다. fps가 3.75인 경우 심장의 deep dose 평균이 4.23 (SD=1.11) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.05 (SD=0.02) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며($F=118.899, p<.001$), fps가 7.5인 경우 심장의 deep dose 평균이 15.61 (SD=7.87) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.11 (SD=0.08) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였다($F=33.293, p<.001$).

2) FPS에 따른 DAP, AK 차이

FPS에 따른 주요 변인의 차이를 살펴보기 위해 독립표본 t-검정을 실시한 결과는 Table 3과 같다. DAP의 경우 7.5 fps가 39840.33 (SD=24544.83) mGycm²으로 3.75 fps의 9478.96 (SD=2682.51) mGycm²에 비해 높아 유의한 차이

Table 2. Difference in deep dose for types by fps

fps	Deep dose(mGy)			F (post-test)	p
	Heart ^a M ± SD	Thyroid ^b M ± SD	Eyeball ^c M ± SD		
3.75	4.23±1.11	0.30±0.14	0.05±0.02	118.899*** (c<a)	<.001
7.5	15.61±7.87	0.84±0.34	0.11±0.08	33.293*** (c<a)	<.001

를 보였다($t=-6.389, p<.001$). AK의 경우 7.5 fps의 평균이 133.61 (SD=83.85) mGy으로 3.75 fps의 31.59 (SD=8.07) mGy에 비해 높아 유의한 차이를 보였다($t=-6.293, p<.001$).

3) FOV와 fps별 type에 따른 deep dose의 차이

FOV와 fps별 Type에 따른 Deep dose의 차이를 살펴보기 위해 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과는 Table 4와 같다. FOV가 31 cm이고, fps가 3.75인 경우 심장의 deep dose 평균이 4.43 (SD=1.30) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.06 (SD=0.01) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며($F=30.882, p<.001$), FOV가 37 cm이고, fps가 3.75인 경우 심장의 deep dose 평균이 4.21 (SD=1.26) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.05 (SD=0.02) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며($F=30.773, p<.001$), FOV가 42 cm이고, fps가 3.75인 경우 심장의 deep dose 평균이 4.05 (SD=1.24) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.04 (SD=0.02) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였다($F=30.385, p<.001$). FOV가 31 cm이고, fps가 7.5인 경우 심장의 deep dose 평균이 18.45 (SD=9.89) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.14 (SD=0.09) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며 ($F=9.717, p<.05$), FOV가 37 cm이고, fps가 7.5인 경우 심

장의 deep dose 평균이 15.28 (SD=8.54) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.12 (SD=0.07) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며($F=9.079, p<.05$), FOV가 42 cm이고, fps가 7.5인 경우 심장의 deep dose 평균이 13.10 (SD=7.42) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.08 (SD=0.08) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였다($F=8.858, p<.05$).

4) FOV에 따른 DAP, AK의 차이

FOV에 따른 DAP, AK의 차이를 살펴보기 위해 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과는 Table 5와 같다. DAP의 경우 42 cm는 27385.17 (SD=25127.47) mGycm²으로 가장 높았고, 31 cm는 21900.83 (SD=21215.93) mGycm²으로 가장 낮았으나 유의한 차이는 아니었다. AK의 경우 31 cm의 평균이 98.36 (SD=93.79) mGy으로 가장 높았고, 42 cm는 69.75 (SD=63.44) mGy으로 가장 낮았으나 유의한 차이는 아니었다.

5) Fluoflavor와 fps별 type에 따른 deep dose의 차이

Fluoflavor와 fps별 Type에 따른 deep dose의 차이를 살펴보기 위해 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과는 Table 6과 같다. fluoflavor가 I이고, fps가 3.75인 경우

Table 3. Difference between DAP, AK for fps

	3.75 fps	7.5 fps	t	p
DAP (mGycm ²)	9478.96±2682.51	39840.33±24544.83	-6.389***	0.000
AK (mGy)	31.59±8.07	133.61±83.85	-6.293***	0.000

Table 4. Difference in deep dose for types by FOV and fps

FOV (cm)	fps	Deep dose(mGy)			F (post-test)	p
		Heart ^a M ± SD	Thyroid ^b M ± SD	Eyeball ^c M ± SD		
31	3.75	4.43±1.30	0.42±0.14	0.06±0.01	30.882*** (c(a))	<.001
37		4.21±1.26	0.30±0.09	0.05±0.02	30.773*** (c(a))	<.001
42		4.05±1.24	0.18±0.07	0.04±0.02	30.385*** (c(a))	<.001
31	7.5	18.45±9.89	1.16±0.37	0.14±0.09	9.717* (b,c(a))	.013
37		15.28±8.54	0.74±0.26	0.12±0.07	9.079* (c(a))	.015
42		13.10±7.42	0.62±0.17	0.08±0.08	8.858* (c(a))	.016

심장의 deep dose 평균이 2.80 (SD=0.17) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.04 (SD=0.01) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며(F=602,612, $p<.001$), fluoflavor가 II이고, fps가 3.75인 경우 심장의 deep dose 평균이 4.68 (SD=0.11) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.06 (SD=0.01) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며(F=1890.445, $p<.001$), fluoflavor가 III이고, fps가 3.75인 경우 심장의 deep dose 평균이 5.21 (SD=0.29) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.06 (SD=0.01) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며(F=713.667, $p<.001$). Fluoflavor가 I이고, fps가 7.5인 경우 심장의 deep dose 평균이 8.42 (SD=1.14) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.04 (SD=0.02) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며 (F=147.798, $p<.001$),

fluoflavor가 II이고, fps가 7.5인 경우 심장의 deep dose 평균이 13.29 (SD=3.27) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.09 (SD=0.04) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며(F=46.252, $p<.001$), fluoflavor가 III이고, fps가 7.5인 경우 심장의 deep dose 평균이 25.12 (SD=3.79) mGy으로 가장 높았고, 수정체는 0.20 (SD=0.04) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였다 (F=123.691, $p<.001$).

6) Fluoflavor에 따른 DAP, AK의 차이

Fluoflavor에 따른 주요 변인의 차이를 살펴보기 위해 일원배치 분산분석 (ANOVA)을 실시한 결과는 Table 7과 같다. DAP의 경우 III타입이 42197.22 (SD=32081.69) mGycm²으로 가장 높았고, I타입은 12477.89 (SD=6465.72) mGycm²

Table 5. Difference between DAP, AK for FOV

	31 cm ^a	37 cm ^b	42 cm ^c	F (post-test)	ρ
DAP (mGycm ²)	21900.83±21215.93	24692.94±23811.64	27385.17±25127.47	0.246	0.783
AK (mGy)	98.36±93.79	79.70±76.50	69.75±63.44	0.610	0.547

Table 6. Difference in deep dose for types by fluoflavor and fps

Fluoflavor	FPS	Deep dose(mGy)			F (post-test)	ρ
		Heart ^a M ± SD	Thyroid ^b M ± SD	Eyeball ^c M ± SD		
I		2.80±0.17	0.19±0.07	0.04±0.01	602.612*** (c(a))	<.001
II	3.75	4.68±0.11	0.33±0.14	0.06±0.01	1890.445*** (c(a))	<.001
III		5.21±0.29	0.38±0.14	0.06±0.01	713.667*** (c(a))	<.001
I		8.42±1.14	0.61±0.19	0.04±0.02	147.798*** (c(a))	<.001
II	7.5	13.29±3.27	0.78±0.28	0.09±0.04	46.252*** (c(a))	<.001
III		25.12±3.79	1.13±0.39	0.20±0.04	123.691*** (c(a))	<.001

Table 7. Difference between DAP, AK for fluoflavor

	I ^a	II ^b	III ^c	F (post-test)	ρ
DAP (mGycm ²)	12477.89±6465.72	19303.83±8957.10	42197.22±32081.69	11.366*** (a(c))	<.001
AK (mGy)	42.86±23.48	64.31±31.18	140.63±109.56	10.541*** (a(c))	<.001

으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였다($F=11.366$, $p<.001$). AK의 경우 III타입의 평균이 140.63($SD=109.56$) mGy으로 가장 높았고, I타입은 42.86 ($SD=23.48$) mGy으로 가장 낮아 유의한 차이를 보였다($F=10.541$, $p<.001$). 따라서, DAP와 AK는 fluoflavor에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

IV. 고찰

디지털 혈관촬영장치의 기하학적 특성에 따른 선량 감소를 확인했던 선행 연구에서 SID 변화 없이 FOV가 작아지게 되면 DAP는 일정한 값을 나타내거나 줄어들고 AK는 증가한다는 결과를 발표했다[4]. 본 연구에서도 7.5 fps 기준 FOV 42 cm에서 37 cm로 작아질 때 DAP가 평균 8.8%, 37 cm에서 31 cm로 작아질 때 9.5% 감소하였고 3.75 fps 기준 FOV 42 cm에서 37 cm로 작아질 때 17.2%, 37 cm에서 31 cm 15.8% 감소된 결과를 보였다. 이는 선행 연구에서 보고된 것과 같이 FOV가 작아지면 DAP도 일정하거나 감소한다는 결과의 근거가 될 수 있는 결과를 보였다. AK도 7.5 fps 기준 FOV 42 cm에서 37 cm로 작아질 때 10%, 37 cm에서 31 cm로 작아질 때 20% 증가했고, 3.75 fps 기준 FOV 42 cm에서 37 cm로 작아질 때 5%, 37 cm에서 31 cm로 작아질 때 18% 증가하는 결과를 보였다. 이는 선행 연구에서 보고된 것과 마찬가지로 FOV가 작아질 때 AK는 증가하는 결과를 보였다[13,14].

FOV 차이에 따른 deep dose를 직접 측정된 결과, 7.5 fps 기준 FOV 42 cm에서 37 cm로 작아질 때 심장은 17%, 갑상선 17%, 수정체 50% 증가하였고 37 cm에서 31 cm로 작아질 때 심장 20%, 갑상선 58%, 수정체 22% 증가했다. 3.75 fps 기준 FOV 42 cm에서 37 cm로 작아질 때 심장은 4%, 갑상선 68%, 수정체 31% 증가하였고 37 cm에서 31 cm로 작아질 때 심장 5%, 갑상선 41%, 수정체 34% 증가하는 결과를 보였다. 본 연구에서는 FOV에 따른 DAP와 AK, mA의 차이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만, FOV가 작아짐에 따라 DAP도 비례하여 감소하는 결과가 나왔고, AK와 deep dose는 오히려 증가하는 결과를 보였다. 이는 이미지 화질을 유지하기 위한 자동 노출 제어장치 기능이 작동되어 관전류를 높여 AK가 증가하였고 그 결과로 deep dose가 증가하였을 것이라고 사료된다.

이론적으로 fps가 50% 줄어들면 선량 감소도 50%로 나타나겠지만 선량 감소에 따른 영상의 품질을 장비 내 AEC 기능으로 자동 조절해주어 관전류가 증가해 실제 감소하는

선량은 50%에 못 미친다. fps가 적을수록 DAP에 유효 선량 전환계수를 곱해서 구한 유효 선량이 30%에서 40% 감소한다고 보고하였다[4]. 실험 결과, 본 연구에서도 7.5 fps 대비 3.75 fps에서 심장의 deep dose는 27%, 갑상선의 deep dose는 33%, 수정체 deep dose는 40% 감소하였다.

심장 전기생리학 검사 및 고주파 절제술에서 방사선 노출을 줄이기 위해 방사선 안전 교육, 저선량 형광 투시 설정 등 ALARA 원칙 적용을 적극적으로 한다면 DAP를 최대 85% 감소시킨다고 보고하였다[15]. 본 연구에서 이용된 혈관 촬영 장비에 내장된 면적 선량계로 측정된 DAP는 3.75 fps에서 7.5 fps 대비하여 80% 감소한 것을 확인하였다. 따라서 심장 전기생리학 검사 시 전극 카테터를 위치시키며 목표하는 해부학적 위치까지 접근시키는 데까지 영상의 품질이 문제 되지 않는 선에서 최소의 fps로 설정한다면 심장 전기생리학 검사실 안의 환자 피폭 선량 감소에 효과적일 것이다. 선행 연구(Cho et al, 2015)에 따르면 심장 전기생리학 검사 시 fps를 15 fps, fluoflavor를 II로 설정했을 때의 DAP 값을 PCXMC 프로그램을 이용하여 계산한 환자의 심장 deep dose는 193.47 mGy이었다[4].

본 연구에서는 7.5 fps와 3.75 fps에서 fluoflavor에 변화를 주어 팬텀에 OSLD를 삽입하여 직접 deep dose를 측정하였으며, 심장의 deep dose를 측정된 결과 7.5 fps, fluoflavor III에서 가장 높은 25.12 mGy를 보였고 3.75 fps, fluoflavor I에서 가장 낮은 2.8 mGy의 deep dose를 측정하였다. 이는 Cho 외(2015)의 연구보다 최대 87% 감소하는 결과를 보였다. DAP, AK에서도 fluoflavor I에서 III로 높일수록 증가하는 결과를 얻었다. 7.5 fps에서 DAP 3.92 배, AK 3.79 배 증가하였고 3.75 fps에서 DAP 1.79 배, AK 1.74 배 증가하는 결과를 보였다. 특히 fps와 fluoflavor의 조합에 따라 DAP, AK가 구간에 따라 증가 폭이 다른 것을 확인할 수 있었다. 3.75 fps 기준, fluoflavor I - II 차이가 DAP 4,450 mGycm², AK 14.3 mGy이고 fluoflavor II - III 차이가 DAP 511 mGycm², AK 1.6 mGy이다. 7.5 fps 기준 fluoflavor I - II 차이가 DAP 9,201 mGycm², AK 28.6 mGy이고 fluoflavor II - III 차이가 DAP 45,275 mGycm², AK 151 mGy를 보였다. 이처럼 3.75 fps은 fluoflavor I에서 II, 7.5 fps은 fluoflavor II에서 III로 선택할 때 증가 폭이 크게 나타났다. 이는 fluoflavor에 따른 자동 노출 제어장치의 기능으로 인한 선량 조건 변화에 따라 달라져 나타난 것으로 보이며 심장 전기생리학 검사 시 fps에 따라 fluoflavor를 알맞게 선택한다면 진단가치의 영상을 얻으면서 환자의 피폭 선량까지 줄일 방법이 될 것으로 사료된다. Deep dose도 fluoflavor III에서 가장 높은 선

량 값을 보였다. fluoflavor I과 비교하여 7.5 fps 기준, 심장 2.98 배, 갑상선 1.85 배, 수정체 7.93 배 높은 선량이 측정되었다. 3.75 fps 기준, 심장 1.85 배, 갑상선 2.14 배, 수정체 1.96 배 높은 선량이 측정되었다. DAP, AK과 같이 deep dose에서도 7.5 fps 기준 fluoflavor II - III, 3.75 fps 기준 fluoflavor I - II에서 증가 폭이 크게 나타났다. 본 연구에서는 fluoflavor가 작을수록 deep dose, DAP, AK이 비례하여 선량이 작아지는 결과를 얻었다. 하지만 fps에 따라 fluoflavor를 선택할 때 선량의 증가 폭이 다르다는 것을 알고 심장 전기생리학 검사에 참여한다면 환자 피폭 선량을 줄이는 데 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 LAO 35°, RAO 35°, 두 가지의 각도로만 비교를 해 보았는데 환자마다 심장의 중심축이 다를 수 있어 보고자 하는 각도가 다르다면 변수로 작용할 수 있다. 그리고 실제 환자가 아닌 팬텀을 이용한 평가로만 이루어졌고 1대의 혈관 촬영장 비만을 사용하였기에 본 연구의 선량 감소율을 모든 심장 전기생리학 검사 절차에 적용하기에는 무리가 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

선량 감소 효과가 가장 큰 조건 변화 방법은 최소의 fps로 설정하는 것이고 FOV 변화를 통한 선량 감소는 통계적으로 유의미한 결과를 확인하지 못하였으나 fps와 fluoflavor의 조건 변화를 통한 DAP와 AK 감소 효과를 통계적으로 유의미하게 확인할 수 있었다. fps에 따른 fluoflavor 증가 구간에서 deep dose, DAP, AK의 선량 증가 폭이 다르다는 것을 확인했다. 따라서 불가피하게 높은 fps를 선택해야 할 경우 fluoflavor를 적절히 선택한다면 영상의 진단적 가치와 환자 피폭 선량 감소 효과를 동시에 얻을 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Lee CH, Jung DC, Lim SY, Kim JH, Ko SI, Park YB, Ham DH. Electrophysiology study & radiofrequency catheter ablation. *Journal of Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*. 2005; 8(1):45-52. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01206956>
- [2] On YK. Radiofrequency catheter ablation for tachyarrhythmia. *The Korean Journal of Internal Medicine*. 2016;90(3):206-9. <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002089168>. DOI: <http://dx.doi.org/10.3904/kjm.2016.90.3.206>
- [3] Seo YH. Relation between ablation execution time and radiation exposure effect in the treatment of atrial-fibrillation using cryo-balloon and 3D radio-frequency ablation. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2022;16(4):427-34. DOI: <https://doi.org/10.7742/JKSR.2022.16.4.427>
- [4] Cho HO, Park HS, Choi HC, Cho YK, Yoon HJ, Kim HS, Hyun DW. Radiation dose and cancer risk of cardiac electrophysiology procedures. *International Journal of Arrhythmia*. 2015;16(1):4-10. Retrieved from <https://kmbase.medric.or.kr/KMID/1011920150160010004>
- [5] Prames K, Michelle R, Lee C, John B, David L. Risk to patients from radiation associated with radio-frequency ablation for SVT. *Circulation* 1998;98(15):1534-40. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.98.15.1534>
- [6] Marini M, Del Greco M, Ravanelli D, Cima A, Coser A, Porcedda G, Guarracini F, Valentini A, Bonmassari R. The benefit of a general, systematic use of mapping systems during electrophysiological procedures in children and teenagers: The experience of an adult EP laboratory. *Pediatric Cardiology*. 2016;37(4):802-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00246-016-1354-2>
- [7] Kim YN. Significance of cardiac electrophysiological testing in the diagnosis and treatment of arrhythmias. *Keimyung Medical Journal*. 1992;11(3):337-44. Retrieved from <https://kmbase.medric.or.kr/KMID/0352419920110030337>
- [8] Park TH, Eichling JO, Schechtman KB, Bromberg BI, Smith JM, Lindsay BD. Risk of radiation induced skin injuries from arrhythmia ablation procedures. *Pacing and Clinical Electrophysiology: PACE*. 1996; 19(9):1363-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.1996.tb04216.x>
- [9] Kang YH, Cho PK. Dose reduction according to the geometric characteristics of digital cardiovascular angiography devices. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2013;7(4):277-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2013.7.4.277>

- [10] Jung HY. A study on the reduction of radiation dose in pediatric chest CT examinations using advanced model-based iterative reconstruction [master's thesis]. Graduate School of Gachon University; 2022. Retrieved from <http://www.riss.kr/link?id=T16062485>
- [11] Kim JM, Jeon SD, Back GM, Jo YP, Yun HR, Kwon KT. A study on the dose characteristics of Optically Stimulated Luminescent Dosimeters (OSLD). *Journal of the Korean Society for Radiation Therapy*. 2010;22(2):123-9. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201029362559734>
- [12] Kim JR. A new concept and principle of Optically Stimulated Luminescence Dosimetry (OSLD). *Journal of the Korean Society of Isotope*. 2003;18(4):75-80. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200374057775143>
- [13] Kim WH, Song JN, Han JB. Correlation analysis of frame rate changes in cardiovascular imaging devices: Focusing on FOV expansion and live zoom. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2018; 12(7):845-52. DOI: <http://doi.org/10.7742/jksr.2018.12.7.845>
- [14] Park CW, Cho PG. Dose reduction strategies based on geometric characteristics in cerebral angiography. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2019; 13(3):399-406. DOI: <http://doi.org/10.7742/jksr.2019.13.3.399>
- [15] Thibault B, et al. Reducing radiation exposure during procedures performed in the electrophysiology laboratory. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2018;29(2):308-15. DOI: <https://doi.org/10.1111/jce.13373>

구분	성명	소속	직위
제1저자	고성빈	가천대학교 방사선학과	대학원생
교신저자	안성민	가천대학교 방사선학과	교수