eISSN 2384-1168 ISSN 2288-3509
Journal of Radiological Science and Technology, 39(3), 313-321 http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2016.39.3.03

<원저>

유착태반환자의 예방적 내장골동맥 풍선카테터 설치술 시행 시 태아선량 평가

- Evaluation of the Fetal Dose during Prophylactic Placement of Internal Iliac Artery Balloon Occlusion Catheters in Placenta Accreta -

[1]가천대길병원 영상의학과·[2]가천대학교 방사선학과

김동식[1]·안성민[2]

— 국문초록 —

유착태반환자는 분만 시 발생하는 대량의 출혈로 모성 사망률이 높아 수술 중 출혈량 감소를 목적으로 수술 전 예방적 내장골동맥 풍선카테터 설치술(Prophylactic placement of Internal Iliac Artery Balloon Occlusion Catheters;PIIABOCs)을 시행하는데, 시술 중 발생하는 산모와 태아의 방사선 피폭에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구는 PIIABOCs 시술 시 태아가 받는 선량을 측정하여 피폭의 정확한 정보를 제공하고자 본 연구를 시행하였다. MRI영상을 이용하여 선량측정 위치를 설정하고 팬텀과 선량계를 이용하여 실제 시술 시와 같은 환경으로 흡수선량을 측정하였다. 태아의 장기별 평균 흡수선량은 2.38~8.83 mGy로, 중심선속-수정체-위-방광 순으로 높게 측정되었고, 투시시간이 길어질수록, 장기의 위치가 선속의 중심에서 가까울수록, 산모의 복부두께가 두꺼울수록 태아선량이 증가하였다. 조사면적를 각각 25%, 50% 감소시켰을 때 각각 19.0%, 39.4%의 선량 감소, 조사야 전체에 차폐체를 사용하였을 때 약 56.3%의 선량 감소를 보였다. 시술테이블의 높이가 75 cm에서 가장 높게 나타났고 85, 95 cm 순으로 선량 감소를 보였다.

의료행위로 인한 방사선이 태아에게 미치는 영향으로 확률적 영향보다 결정적 영향이 우선 관심사이며 유의한 결정적 영향의 문턱선량은 대략 100 mGy로 알려져 있어, 실험결과 시술 시 태아 장기의 흡수선량은 0.49~18.27 mGy로 문턱선량의 10% 수준임을 확인하였다.

중심 단어: 유착태반, 예방적 내장골동맥 풍선카테터 설치술, 태아선량

Ⅰ. 서 론

임신이 확인된 여성에게는 기대되는 이득이 태아에 미칠 수 있는 해보다 크고 방사선을 사용하지 않는 대안이 없다고 판단될 경우에만 방사선 진단 및 치료행위가 정당화 된다[1]. 이러한 이유로 임신한 산모의 경우 방사선을 이용한 영상의학검사는 가능한 기피하게 되고 불가피한 경우에만 일반적인 X-ray 검사를 시행하게 된다. 더욱이 일반적인 X-ray 검사보다 방사선에 노출이 많은 인터벤션 시술(Interventional procedure)을 받는 경우는 흔하지 않다. 하지만 유착태반 환자의 분만 시, 수술 중 과도한 출혈로 인한 위험 때문에 분만 전 인터벤션 시술을 받는 경우가 점점 증가하고 있다.

유착태반의 발생빈도는 2,500~4,000회 분만 중 1회 정

Corresponding author: Sung-Min Ahn, Dept. of Radiological Science, Gachon University, Hambakmoero 191, Yeonsu-gu, Incheon City, 21936, Koear / Tel: +82-10-5250-6368 / E-mail: sman@gachon.ac.kr
Received 1 June 2016; Revised 26 August 26; Accepted 10 September 2016

도로 보고되고 있으나, 지난 50년 동안 10배 증가한 것으로 보고되고 있으며[2], 최근 연구에 따르면 533회 분만 중 1회 정도로 발생한다고 보고되고 있다[3]. 이와 같이 유착태반은 보고자에 따라 그 빈도가 약간씩 다르나 최근 제왕절개술의 증가로 인하여 전치태반과 동반한 유착태반의 발생률이 높아지고 있으며[4], 유착태반과 관련한 모성사망률과 주산기 사망률은 각각 9.5%와 9.6%로 발병률은 낮으나 상대적으로 사망률은 높은 것으로 보고되고 있다[5].

유착태반 환자 모성 사망의 주원인은 수술 중 다량의 출혈에 있고, 수술 전 예방적 풍선카테터 설치술(Prophylactic placement of Internal Iliac Artery Balloon Occlusion Catheters; PIIABOCs)은 출혈의 원인이 되는 혈관을 수술을 시행하는 동안 일시적으로 폐색하여 수술 중 출혈량을 감소시키고 그에 따른 수혈량 감소, 수술시간을 단축시켜주는 이점이 있다. PIIABOCs시술을 시행한 경우 수술 중 출혈량이 약 39.4%의 출혈량 감소효과를 보였으며, 수혈량 역시 약 52.1% 감소한 것으로 보고되었다[6].

최근 PIIABOCs 시술의 유용성이 여러 연구를 통해 알려지고 있지만, 시술에 수반되는 태아의 방사선 피폭에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 시술로 인한 태아의 흡수선량에 대한 정보 부족으로 시술을 시행하는 의료진이나 시술을 받는 산모 역시 태아의 방사선 피폭에 대한 불안감을 가지고 있어, 실제 시술받는 조건에서 태아의 흡수선량을 보다 정확히 측정하고 평가하는 것이 중요하다. 따라서, PIIABOCs 시행 시 태아가 받는 흡수선량을 유추하고, 산모와 태아의 흡수선량을 최소화 할 방안을 제안하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

2012년 12월부터 2014년 12월까지 G병원에서 유착태반으로 진단받고 PIIABOCs를 시행한 16명 중 환자 중 자기공명영상(Magnetic Resonance Image)검사를 하지 않은 1명을 제외한 15명의 산모를 대상으로 하였다. 산모의 평균연령은 36세(35.8±3.99)였고, 태아의 주기는 평균 37주(36.8±1.65)였다(Table 1).

2. 연구재료

혈관조영장비는 Siemens사의 Axium Artis dBA (Siemens Medical Solution, Germany)를 이용하였고, 산모를 대신하는 팬텀(phantom)은 가로 300 mm, 세로 300 mm, 두께 10 mm 아크릴 팬텀(acryl phantom)을 이용하였다. 차폐체로는 방사선장해방어용 기구 납 당량 0.35mm의 납치마(Apron : Protech Leaded Eyewear Inc, USA), 실험에 사용되는 선량계는 교정에 완료된 OSLD Reader(MicroStar

Table 1 The position of the fetus organ in the MRI image & Fluoroscopy time during Interventional procedure

Case	Age of mother (year)	Gestation (week)	Organs of the height (cm)			Distance from the center (cm)			Abdominal height of the mother (cm)	Fluoroscopy time (sec)
			eyeball	stomach	bladder	eyeball	stomach	bladder		
1	37	38	14.2	16.7	14.4	2.6	12.2	14.2	24	168
2	33	38	14.0	17.8	13.6	3.4	13.4	14.0	27	150
3	33	37	13.9	13.9	13.6	7.0	11.8	14.8	26	84
4	38	35	11.4	18.3	17.2	9.0	1.2	6.3	26	30
5	32	38	13.5	14.4	14.7	4.1	9.0	12.9	26	24
6	37	38	14.5	18.6	15.0	1.8	12.3	8.5	24	42
7	39	38	10.5	13.8	13.3	10.3	5.7	8.3	23	120
8	29	39	11.8	14.7	14.0	5.1	6.3	11.2	23	90
9	39	35	14.0	19.4	18.0	3.6	8.3	13.5	26	120
10	40	37	13.5	18.5	13.7	14.9	10.4	13.7	26	120
11	40	37	16.5	14.6	15.6	6.5	9.4	14.4	26	108
12	40	36	12.7	13.0	15.7	5.9	7.2	10.3	26	204
13	38	38	13.2	13.9	16.0	4.6	13.5	16.1	24	66
14	35	35	20.7	15.4	18.0	3.6	10.2	12.6	27	114
15	28	33	13.6	13.2	16.0	2.6	11.2	15.5	26	108

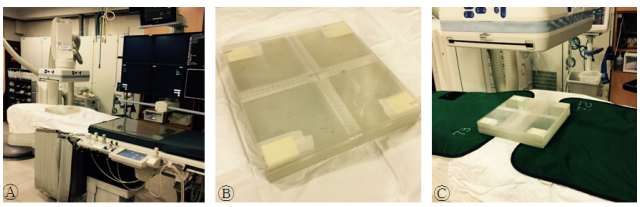

Fig. 1 (A) Siemens Axium Artis dBA (B) arcyl phantom (C) Apron

Reader), OSLD 소자(Landauer의 nanoDot 소자, USA), OSL Annealing system(한일원자력)를 사용하여 실험하였다(Fig. 1).

3. 연구방법

PIIABOCs는 인터벤션 시술 경력 5년 이상의 인터벤션 시술 전문의 2인이 시술하였고, 투시조건은 자동노출제어장치(Auto Exposure Control System)를 이용하여 측정하였다.

실제 PIIABOCs 시술 시에는 산모와 태아의 선량 감소의 목적으로 다른 인터벤션 시술과는 달리 혈관을 선택하고 확인하는 과정에서 일반 투시방식보다 많은 선량이 요구되는 확대촬영과 DSA(Distal Subtraction Angiography)촬영은 사용하지 않았고, 일반 투시촬영 역시 다른 시술보다 선량이 적은 초당 4펄스방식을 사용하였고 같은 환경으로 실험하였다. 시술로 인한 태아의 흡수선량을 측정하기 위하여 산모의 자기공명영상에서 태아의 장기 위치가 정확하게 식별이 가능한 수정체, 위, 방광을 선택하여 각 장기의 흡수선량을 측정하였다.

태아선량을 감소하기 위한 방법으로 중재적 방사선시술에 따른 방사선방어 가이드라인에 따라 환자 선량 최적화의 방법 중 조사야 조절, 차폐체사용, 환자테이블 높이 조절 등 세 가지 방법을 선택하여 선량변화의 정도를 측정하였다[7].

사용된 OSLD 소자는 Annealing 후 백그라운드 선량 값을 측정하였고, 실험에 사용된 측정값은 백그라운드 선량 값을 제외한 값을 기록했다. 각 실험에서 재현성 확인을 위해 10회 반복 측정하였다.

1) PIIABOCs 시술 시행 시 태아의 흡수선량 측정

유착태반의 진단을 위해 시행한 자기공명영상을 이용하여 산모의 복부 두께, 태아의 수정체, 위, 방광의위치를 측정하고(Fig. 2), 각 산모의 복부두께와 동일한 두께의 아크릴 팬텀(acryl phantom)를 이용하여 태아의 각 장기(수정체, 위, 방광)가 위치하는 3곳에 OSL소자를 위치시키고 각 시술 시 사용된 실제 투시시간을 이용하여 10회 반복 측정하여 평균값을 구했다.

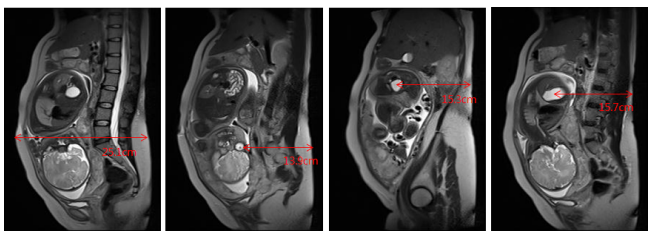

Fig. 2 The position of the fetus organ in the MRI image

투시시간과 산모의 복부두께에 따른 흡수선량의 변화를 알아보기 위하여 복부 평균두께의 1/2지점이면서 실제 시술 시 평균 중심선속(양측 장골동맥 분지 부 아래 5 cm)인 1곳에 추가로 위치시켜 10회 반복 측정하여 평균값을 구했다.

2) 시술 시 조사야 조절장치와 차폐체 이용에 따른 선량 변화 측정

조사야 조절에 의한 선량 변화를 알아보기 위하여 시술 시 각 태아 장기의 평균에 해당하는 위치 3곳을 평균측정위치로 설정하여 OSL 소자를 위치시키고, 시술 시 평균 투시시간 103 sec(103.2±49.0) 동안 조사야 조절없이 투시하여 측정하고, 동일한 측정조건으로 조사야의 가로, 세로 길이를 각각 25%와 50%씩 감소시켜 10회 반복 측정하여 평균값을 구했다.

차폐체에 의한 선량 변화를 알아보기 위하여, 평균측정위치에 OSL소자를 위치시키고, 조사야 조절을 한만큼 팬텀 아래 tube방향(산모의 등 뒤)으로 차폐체를 이용한 적극적인 방사선방호를 한 뒤 선량 변화를 10회 반복 측정하여 평균값을 구했다.

평균측정위치는 산모의 평균 복부두께 25 cm(25.1±1.31)와 동일한 두께의 팬텀을 이용하여 태아의 각 장기가 평균적으로 위치하는 3곳 수정체, 위, 방광의 각각 평균 높이를 14 cm(13.9±2.36), 16 cm(15.7±2.23), 16 cm(15.3±1.57)로 설정하고, 각 장기와 중심 선속과의 평균 거리를 각각 5.7 cm(5.66±3.50), 9.5 cm(9.47±3.34), 12.5 cm(12.43±2.89)로 설정하였다.

3) 시술 시 환자테이블의 높이 변화 따른 선량 변화 측정

환자테이블(table of procedure)의 높이 변화 따른 선량 변화를 알아보기 위하여 평균측정위치에 OSL소자를 위치시키고, 평균 투시시간 103 sec 동안 투시하였다. 엑스선관과 수상면 간의 거리(Source-Image Distance;SID)는 100 cm으로 고정하고, 평소 시술 시의 높이인 환자테이블의 높이 75 cm으로 측정하고 추가적으로 환자테이블 높이를 85 cm, 95 cm으로 변화를 주어 10회 반복 측정하여 평균값을 구했다.

4. 통계분석

통계분석은 Statistical Package for the Social Science (SPSS Ver. 18 Inc. USA)을 이용하였으며, 통계처리는 일원배치분산분석(One-way ANOVA)과 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 이용하였으며, 유의수준은 α=0.05로 하였다.

III. 연구결과

1. PIIABOCs 시술 시 태아의 흡수선량 측정

PIIABOCs 시술에서 팬텀과 OSLD를 이용하여 측정한 태아의 장기별 흡수선량은 Case 12에서 수정체 18.13 mGy, 위 14.39 mGy, 방광 6.30 mGy 로 선량이 가장 높게 측정되었으며, Case 10의 수정체 1.73 mGy, Case 6의 수정체 0.49 mGy, Case 13의 방광 0.50 mGy에서 각각 가장 낮게 측정되었다(Table 2).

태아의 장기별 평균 흡수선량에서는 중심선속이 8.83±4.87 mGy로 가장 높게 나타났고, 다음으로 중심선속과 가까운 곳에 위치한 순서인 수정체 6.34±4.57 mGy, 위 3.53±3.52 mGy, 방광 2.38±1.65 mGy 순으로 측정되었다. 통계 분석 결과 Beam center = −69.161+0.081(sec)+1.198(thickness) 의 표본회귀식이 도출된다. R^2이 0.975로 Beam center에 선량에 대한 설명력이 97% 라는 것을 알 수 있으며, *F*-value 142.413, *p*-value 0.000으로 유의수준 0.05 하에서 볼 때 통계적으로 유의한 결과를 얻었다(Table 3).

투시시간에 따른 태아의 흡수선량 측정에서 중심선속에서의 선량 차이를 비교해보면, 최소투시시간 24 sec에서 2.24 mGy, 최대투시시간 204 sec에서 18.27 mGy로 투시시간에 따라 최대 9배 정도의 선량 차이를 보였다.

Table 2 Comparison of the fetal organ dose in PIIABOCs using a phantom and OSLD

Case	Organs of the height (cm)			Distance from the center (cm)			Abdominal height of the mother (cm)	Fluoroscopy time (sec)	Dose (mGy)			
	eyeball	stomach	bladder	eyeball	stomach	bladder			eyeball	stomach	bladder	beam center
1	14.2	16.7	14.4	2.6	12.2	14.2	24	168	8.11±5.27	1.78±1.12	4.72±3.12	10.36±5.25
2	14.0	17.8	13.6	3.4	13.4	14.0	27	150	12.83±6.69	2.59±1.91	3.33±2.75	16.14±6.72
3	13.9	13.9	13.6	7.0	11.8	14.8	26	84	5.69±2.25	2.54±1.36	1.46±1.12	7.83±3.83
4	11.4	18.3	17.2	9.0	1.2	6.3	26	30	3.02±2.51	1.21±1.06	1.28±1.14	3.47±2.64
5	13.5	14.4	14.7	4.1	9.0	12.9	26	24	1.91±0.47	1.11±1.15	0.84±0.32	2.24±1.88
6	14.5	18.6	15.0	1.8	12.3	8.5	24	42	2.02±1.58	0.49±0.26	1.37±1.18	2.73±1.92
7	10.5	13.8	13.3	10.3	5.7	8.3	23	120	6.58±3.52	4.83±2.65	4.27±3.22	6.02±4.37
8	11.8	14.7	14.0	5.1	6.3	11.2	23	90	5.89±3.50	2.97±1.91	1.89±1.11	5.14±3.12
9	14.0	19.4	18.0	3.6	8.3	13.5	26	120	9.30±4.57	2.54±2.12	1.36±0.52	12.03±7.44
10	13.5	18.5	13.7	14.9	10.4	13.7	26	120	1.73±1.21	2.43±1.62	3.35±2.12	11.19±6.56
11	16.5	14.6	15.6	6.5	9.4	14.4	26	108	4.63±2.17	4.36±3.51	1.28±0.42	10.38±6.78
12	12.7	13.0	15.7	5.9	7.2	10.3	26	204	18.13±6.41	14.39±7.19	6.30±3.16	18.27±6.13
13	13.2	13.9	16.0	4.6	13.5	16.1	24	66	3.76±1.89	0.86±0.37	0.50±0.22	4.16±3.77
14	20.7	15.4	18.0	3.6	10.2	12.6	27	114	2.78±1.07	4.77±2.56	1.83±1.15	12.49±6.52
15	13.6	13.2	16.0	2.6	11.2	15.5	26	108	8.81±4.22	6.10±4.52	1.93±1.52	10.05±5.13

Table 3 Multiple regression analysis - beam center

Dependent variable	Independent variable	Correlation			R2	*F*-value	*p*-value	B	*t*-value	*p*-value
		Y	X1	X2						
Beam center	constant				0.975	142.413	0.000	-69.161	-3.529	0.005
		1.000								
	sec(X1)	0.888	0.178	1.000				0.081	17.034	0.000
	thickness(X2)	0.525	0.795	0.117				1.3198	4.172	0.002

태아의 각 장기는 높이가 낮을수록 선량이 높게 측정되었다. 즉, 위치가 산모의 등 쪽, 즉 엑스선관구와 가까울수록 선량이 높게 측정되었다.

또한, 산모의 복부두께가 두꺼울수록 산란선량이 증가하는 것으로 나타났으며 Case 7과 Case 9에서는 같은 투시시간(120 sec)에도 중심선속 선량이 각각 6.02 mGy, 12.03 mGy로 산모의 복부두께에 따라 약 2배의 선량 차이를 보였다.

2. 시술 시 조사야 조절장치와 차폐체 이용에 따른 선량 비교

자동노출제어장치의 사용으로 조사야 조절장치와 차폐체 사용에 따라 노출조건은 자동으로 변화하였으며, 조사야 조절과 차폐체를 사용할수록 관전압(kVp)은 큰 변화를 보이지 않았지만 관전류(mA)는 증가하였다.

시술 시 조사야 조절장치 사용여부에 따른 선량 측정에서 조사야를 조절하지 않았을 때보다 조사야를 25% 감소시켰을 때, 중심선속에서는 약 3.6% 감소를 보였지만 다른 장기에서는 평균 19.0%의 선량 감소를 보였다. 조사야를 50% 감소시켰을 때 중심선속에서는 약 6.4% 감소를 보였지만 다른 장기에서는 평균 39.4%의 선량 감소를 보였다.

조사야 조절장치를 사용한 만큼 차폐체를 이용한 적극적인 방사선방호를 한 뒤 선량 변화 측정에서 25%의 조사야 조절과 차폐체를 이용하였을 때 중심선속에서는 약 2.8% 감소를 보였지만 다른 장기에서는 평균 18.6%의 선량 감소를 보였으며, 50%의 조사야 조절과 차폐체를 이용하였을 때 중심선속에서는 약 10.2% 감소를 보였지만 다른 장기에서는 평균 42.2%의 선량 감소를 보였다.

추가적인 실험에서 차폐체를 산모의 등 뒤 복부 전체에 방사선방호를 한 뒤 선량 변화 측정에서 중심선속에서 약 56.1% 감소를 보였고 다른 장기에서도 평균 56.3%의 선량 감소를 보이는 것으로 나타났다.

위의 통계분석표에 의하면 F값 9.557 , p값 0.001 이므로 유의수준 0.05 하에서 볼 때 통계적으로 유의한 결과를 얻었으며, Scheffea 사후검정 결과 조사야 조절장치를 사용하지 않았을 때와 50%의 조사야 조절을 하였을 때 유의미한 차이를 나타냈으며, 다른 관계에서는 유의미한 차이를 나타내지 않았다(Table 4).

3. 시술 시 환자테이블의 높이에 따른 선량 비교

환자테이블의 높이에 따른 태아의 선량 측정에서 환자테이블 높이가 75 cm에서 가장 높게 측정되었으며, 환자테이블 높이가 높아질수록 선량은 낮아지는 것으로 측정되었다. 환자테이블 높이를 75 cm에서 10 cm 높아진 85 cm에서 약 19.3%의 선량 감소를 보였으며, 95 cm에서는 약 27.0%의 선량 감소를 보였다.

위의 통계분석표에 의하면 F값 469.538, p값 0.000 이므로 유의수준 0.05 하에서 볼 때 통계적으로 유의한 결과를 얻었으며, Scheffea 사후검정 결과 환자테이블 높이 75 cm과 환자테이블 높이 85 cm, 환자테이블 높이 95 cm 각각의 관계에서 유의미한 차이를 나타냈다(Table 5).

Table 4 Comparison of the dose collimation and protection

collimation	protection	kVp	mA	Dose (mGy)				*t*-value	*p*-value
				eyeball	stomach	bladder	beam center		
Non	Non	80	96	6.01±3.42	3.10±2.42	2.47±1.04	7.23±3.49	9.557	0.001
25%	Non	80	106	5.19±3.29	2.61±1.98	1.41±0.72	6.97±3.11		
25%	25%	80	108	5.35±3.99	2.51±1.15	1.44±0.96	7.03±2.11		
50%	Non	80	124	4.40±2.46	1.42±1.01	0.73±0.13	6.77±4.40		
50%	50%	80	126	4.27±2.11	1.33±0.56	0.68±0.23	6.49±3.12		
Non	100%	101	169	2.62±1.47	1.30±0.78	1.12±0.73	3.17±1.72		

Table 5 Comparison of the dose table height

The height of the table (cm)	Dose (mGy)				*t*-value	*p*-value
	eyeball	stomach	bladder	beam center		
75	6.01±3.41	3.10±1.55	2.47±1.91	7.23±3.11	469.538	0.000
85	4.46±2.47	2.67±1.42	2.18±1.49	5.35±2.34		
95	4.18±2.85	2.37±1.02	1.90±0.97	5.00±3.19		

Ⅳ. 고 찰

최근 짧은 입원기간과 빠른 회복 등의 장점으로 최소 침습적(minimal invasion) 치료인 인터벤션 시술(Intervention Radiology)의 빈도가 갈수록 늘어나고 있고, 그로 인한 환자와 시술자의 선량의 문제가 대두되고 있다. 시술 대상 환자가 임신 중인 산모일 때, 시술로 인한 산모와 태아의 흡수선량은 더욱 더 고려되어야 한다. 방사선이 인체, 특히 태아에게 미치는 영향에 대한 많은 연구가 있어왔으나 방사선 노출량에 따른 태아의 위험에 대해 아직까지도 명확히 밝혀지지 않았다[8].

임신 중의 의료상 피폭으로 인한 위험과 이익을 평가함에 있어서, 적어도 두 사람이 고려되어야 한다. 어머니는 직접적인 이익을 얻을 수 있으나, 태아는 직접 이익 없이 피폭될 수 있다. 반면에, 어머니의 의학적 문제가 생명을 위협하는 수준일 때, 의학적 방사선 조사로 어머니가 생존하게 된다면 이는 분명히 태아에게도 직접 이익이 될 수 있다[6].

본 연구에서 시행된 시술은 산모의 생명과 직접적으로 연관된 시술로 의료상 피폭이기 때문에 산모의 피폭선량은 선량한도의 적용 대상이 아니며, 태아의 피폭선량 역시 선량한도를 적용할 수 없다[9].

일반적인 행위로 인한 직업상피폭에서 태아선량은 태아를 일반인의 하나로 간주하여 출산까지 1 mSV의 선량한도를 적용하고는 있지만, 태아의 선량 평가 시 성인의 경우와 같이 위해도를 평가함에 있어 유효선량으로 종합하는 방법론 및 가중치의 부재와 태아의 경우에는 확률적 영향보다 결정적 영향이 주관심사이므로 본 연구에서는 태아의 피폭선량을 흡수선량으로 제시하였다[9].

본 연구의 대상인 태아는 평균 37주로 시술이 끝난 후 곧 분만으로 이어지게 되며 방사선감수성이 높은 임신 1, 2분기와 비교하면 상대적으로 둔감한 반응을 보이는 시기이긴 하지만, 결정적 영향이 아니더라도 흡수선량에 비례하는 태아의 확률적 영향에 대한 우려가 있으며 또한 임신기간의 방사선 노출은 방사선감수성과는 무관하게 산모에게 상당한 불안감을 갖게 한다.

본 연구는 PIIABOCs 시행 시 태아가 받는 흡수선량을 유추하고, 산모와 태아의 흡수선량을 최소화 할 방안을 제안하고자 본 연구를 시행하였다.

이번 연구에서 태아의 각 장기별 평균 흡수선량은 수정체 6.34 mGy, 위 3.53 mGy, 방광 2.38 mGy, 중심선속에서 8.83 mGy로 측정되었고, 이는 태아의 결정적 영향을 일으키는 문턱선량 100 mGy의 10% 수준이다. 태아의 장기별 흡수선량은 투시시간, 중심선속과의 거리, 산모복부의 두께에 따라 큰 차이를 보였다

다른 영상의학검사 시 태아의 흡수선량과 비교해보면, 복부 일반 X-ray 검사에서 평균 1.4 mGy, 두부 등 복부쪽 이외의 일반 X-ray 검사에서 0.01 mGy이하, 바륨조영검사(barium enema)에서 평균 6.8 mGy, 99mTc 뼈 스캔검사에서 평균 3.3 mGy, 131I 갑상선검사에서 최대 22 mGy, 복부 CT 검사에서 평균 8.0 mGy로 보고하였고[10], 복부가 아닌 폐색전증을 진단하기 위한 폐 CT검사에서 태아의 흡수선량을 측정한 실험에서 0.06~0.23 mGy로 보고되어[11], 투시시간과 산모의 복부두께 등 시술조건에 따라 선량 차이가 크긴 하지만 시술 시 태아선량이 복부 CT검사에서의 태아선량과 비슷한 수준으로 사료된다.

태아의 각 장기별 흡수선량은 실제 시술에 소요되는 투시시간과 X-ray가 입사되는 beam의 중심선속에서 가까운 거리에 비례하여 증가함을 알 수 있었다. 하지만 Case 7, 9, 10의 시술에서 120 sec로 투시시간은 같았지만 중심선속에서의 선량은 각각 6.02 mGy, 12.03 mGy, 11.19 mGy로 측정된 것은 Case 7에서의 산모 복부의 두께가 23 cm, Case 10, 11의 26 cm으로 3 cm이 더 두꺼워 산모의 복부두께가 두꺼울수록 태아의 흡수선량 역시 증가하는 것을 알 수 있었다. 방사선 검사에 있어 피사체의 두께 감소는 산란선의 감소로 이어져 피폭선량을 줄일 수 있다[12]. 이는 간동맥 화학색전술 환자를 대상으로 압박도구를 이용한 복부 압박이 선량에 미치는 연구에서 환자의 복부 압박으로 시술 시 환자의 피폭선량을 평균 24.34%을 감소한 것으로 본 연구와 비슷한 결과를 나타냈다[13].

시술 시 조사야 조절장치 사용여부에 따른 태아의 각 장기별 흡수선량 측정에서 조사야를 25% 감소시켰을 때 약 19.0%, 50% 감소시켰을 때 39.4%의 선량 감소를 보였다. 또한 조사야 조절장치에 차폐체를 이용한 추가적인 방사선 방호를 한 뒤 선량 변화의 측정에서 조사야 25% 감소와 차폐체 이용에서 약 18.6%, 조사야 50%감소와 차폐체 이용에서 약 42.2%의 선량 감소를 보였다. 이는 조사야만 사용하였을 때와 유의한 차이를 보이지 않았다.

실험에 이용된 혈관조영장비는 투시조건을 수동으로 조절할 수 없으며, 피사체에 따라 자동으로 노출조건이 변경되는 자동노출제어장치를 사용하고 있어 조사야 조절장치와 차폐체를 이용하였을 때 관전류의 증가로 입사선량 증가하였지만, 실험 결과 태아의 흡수선량이 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 입사선량의 증가로 단위면적당 선량은 증가하지만, 태아의 피폭은 산란선에 의한 영향이 많으며, 조사야 조절장치와 차폐체의 사용이 이러한 산란선 차폐의 역할을 한 결과로 사료된다.

차폐체를 산모의 등 뒤 조사야 전체에 사용한 측정에서 자동노출제어로 인하여 관전류가 96 mA에서 169 mA로 입사선량은 약 76% 증가하였지만, 실제 태아가 받는 선량은 약 56.3%의 큰 선량 감소를 보이는 것으로 나타났다. 이 역시 산모 등 뒤의 차폐체가 엑스선관과 환자테이블을 투과하며 발생되는 산란선을 차폐하여 태아의 흡수선량을 감소시킨 것으로 추정된다. 이는 앞으로의 시술에서 태아의 흡수선량 감소에 효과적으로 사용될 것으로 기대된다.

시술테이블 높이에 따른 선량 측정에서 테이블 높이가 75 cm에서 가장 높게 측정되었고, 85 cm에서 약 19.3%, 95 cm에서는 약 27.0%의 선량 감소를 보여 엑스선관과 산모와의 거리를 멀리할수록 선량이 감소하는 것을 알 수 있었다. 시술 시 시술자의 신장을 고려하여 가급적 환자테이블을 높게 사용하면 산모와 태아의 흡수선량을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 실험을 시행하기 전에는 출혈의 위험성과 시술의 유용성 때문에 시술을 시행하기는 하지만 시술을 시행하는 의료진 역시 시술에 수반되는 태아의 흡수선량을 장비에서 제공되는 입사선량(Patient Entrance Dose;PED)과 면적선량(Dose Area Product;DAP)에 시술 부위별 변환계수(conversion factor)를 이용하여 추정하는 정도에 불과하였다.

하지만, 실제로 본 연구의 실제 측정치와 장비에 제공되는 입사선량과 면적선량의 값과는 차이를 보였다. 장비에 고정된 면적선량계와 교정이 완료된 면적선량계의 각 지시치 비교한 연구에서, 투시촬영조건에서는 10.79±7.38%, 스팟 촬영 조건에서는 13.67±7.38%의 차이를 보여 본 연구와 비슷한 결과를 나타냈으며, 실제 임상에서 광범위하게 사용하고 환자피폭선량에 참고자료로 활용되는 고정된 면적선량계에서 오차가 발생하고 있음을 알 수 있었으며, 이에 대한 전반적인 점검과 검·교정의 필요성이 고려되어야 할 것이다[7].

실험에서 이용한 선량 변화의 변수로 조사야 조절과 차폐체사용, 환자테이블 높이 조절을 선택하여 선량 변화의 정도를 측정하였는데, 이 세 가지 방법에 국한되어 실험한 것은 본 연구의 제한점으로 볼 수 있으며, 태아의 흡수선량 저감화에 좀 더 다양한 방법을 이용한 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 실험에 이용된 팬텀의 최소 두께가 10 mm 로 실제 장기의 위치와 10 mm 미만의 차이는 거리 역자승 법칙에 따라 계산하여 측정치로 한 것과 산모를 대신한 팬텀은 실제 인체에 준하여 등 쪽의 척추 뼈와 복부 쪽의 연조직 등으로 해부학적 형태를 갖추어야 하나 전체를 조직등가물질인 아크릴 팬텀으로 대신하여 실험을 진행한 것 역시 본 연구의 제한점으로 볼 수 있다. 이는 추후 실제 산모의 해부학적 형태를 갖춘 팬텀을 제작하여 흡수선량을 측정하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

팬텀과 OSLD를 이용하여 측정한 태아의 장기별 평균 흡수선량에서는 중심선속이 8.83±4.87 mGy로 가장 높게 나타났고, 다음으로 중심선속과 가까운 곳에 위치한 순서인 수정체-위-방광 순으로 측정되었다. 시술 시 투시시간이 짧을수록, 산모의 복부두께가 얇을수록 또 적절한 조사야 조절과 차폐체 사용, 시술테이블을 높여 엑스선관과 산모의 거리를 멀게 할수록 태아선량은 감소하는 것을 알 수 있었다.

조사야 조절장치와 차폐체의 사용으로 자동노출조건의 입사선량은 증가하였지만, 조사야 조절과 차폐체 사용이 산란선 차폐 역할로 인하여 실제적인 태아의 흡수선량은 감소한 것을 알 수 있었다.

의료행위로 인한 방사선이 태아에게 미치는 영향으로는 확률적 영향보다 결정적 영향이 우선 관심사이며, 유의한 결정적 영향의 ICRP 기준 문턱선량은 대략 100 mGy로 알려져 있어, 실험 결과 태아 장기의 흡수선량은 0.49~18.27 mGy로 문턱선량의 10% 수준임을 확인하였다.

본 연구 결과로 시술로 인한 태아의 흡수선량을 예측할 수 있고 연구 결과를 근거로 여러 가지 방법을 이용하여 산모 및 태아의 흡수선량을 줄일 수 있을 것이라 사료된다.

REFERENCES

1. ICRP publication 84: International Commission on Radiological protection, Pregnancy and Medical Radiation, 1999
2. Miller DA, Chollet JA, Goodwin TM: Clinical risk factors for placenta previa-placenta accreta, American Journal of Obstetrics & Gynecology, 177: 210-214, 1997
3. Wu S, Kocherginsky M, Hibbard JU: Abnormal placentation: twenty-year analysis, American Journal of Obstetrics & Gynecology, 192: 1458-1461, 2005
4. JI Yang, Prenatal diagnosis of Placenta accreta, The Korean Journal of Ultrasound in Obstetrics and

Gynecology, 13(3): 97-103, 2011
5. Kidney DD, Nguyen AM, Ahdoot D, Bickmore D, Deutsch LS, Majors C: Prophylactic Perioperative Hypogastric Artery Balloon Occlusion In Abnormal Placentataion, American journal of roentgenology, 176(6), 1521-1524, 2011
6. Tan CH, Tay KH, Sheah K, et al: Perioperative Endovascular Internal Iliac Artery Occlusion Balloon Placement in Management of Placenta Accreta, American journal of roentgenology, 189(5), 1158-1163, 2007
7. Radiation Protection Guidelines for the reduction of patient dose in interventional procedure, Ministry of Food and Drug Safety, 2014
8. HS Kwon, JY Kim, The stability of the radiation exposure during pregnancy X-ray/CT/PET, The Korean Journal of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology, 10(1), 1-7, 2008
9. WR Kim, Configuration of pregnant women exposed body simulation and Evaluation of the fetal dose and effective dose due to pregnancy diagnostic X-ray procedures, Master's Thesis of Hanyang University Graduate school, 2011
10. Sharp C, Shrimpton JA, Bury RF: Diagnostic Medical Exposures Advice on Exposure to Ionising Radiation during Pregnancy, National Radiological Protection Board, 1988
11. Doshi SK, Negus IS, Oduko JM: Fetal radiation dose from CT pulmonary angiography in late pregnancy a phantom study, The British Journal of Radiology, 81: 653-658, 2008
12. DM Kwon, SS Kim, YK Kim et al, Medical Imaging Informatics, Publisher of Daehakseolim, 2007
13. IH Jang, HJ Lee, JH Park, JO Lim, JW Kim, Abdominal pressure effects using a self-made pressure in the hepatic artery chemical embolization tools on the dose, The Korean Society of Cardio-Vascular Inteventional Technology, 15(1), 96-102, 2012

•Abstract

Evaluation of the Fetal Dose during Prophylactic Placement of Internal Iliac Artery Balloon Occlusion Catheters in Placenta Accreta

Dong-Sik Kim[1)] · Sung-Min Ahn[2)]

[1)] *Dept. of Diagnostic Radiology, Gachon University Gil hospital*
[2)] *Dept. of Radiological Science, Gachon University*

Placenta accrete patients whose mother mortality rates are rather high due to massive bleeding during childbirth need to have Prophylactic placement of Internal Iliac Artery Balloon Occlusion Catheters procedure to reduce amount of blood loss and inoperative transfusion.

Nevertheless, studies for mothers inevitably exposed to dose during PIIABOCs procedure have not been published many yet. Therefore, this study is to investigate exact information on radiation dose exposed to fetus during PIIABOCs procedure. Average effective dose of fetus per organ is 2.38~8.83 mGy, measured highest at beam center and followed by eyeball, stomach and bladder. The result showed that the longer fluoroscopy time is used, the closer beam center is and the thicker abdominal thickness is, the more effective dose on fetus is increasing. When using the collimator and protection shown to decrease the effective dose and when using higher the patient table shown to decrease the effective dose. It has been reported that the threshold of deterministic effect is about 100mGy. Deterministic effect was regarded as a factor that would influence on fetus exposed by medical radiation than stochastic effect.

Consequently, it concluded that dose exposed on fetus in PIIABOCs procedure was approximately 10% of threshold of deterministic effect with effective dose of 0.49~18.27 mGy.

Key Words : Placenta Accreta, Prophylactic Placement of Internal Iliac Artery Balloon Occlusion Catheters(PIIABOCs), Dose of Fetus