

관상동맥조영술과 경피적관상동맥중재술에서 환자 선량과 암 발생 생애귀속위험 평가

— Radiation Dose and Estimate of Lifetime Attributable Risk of Cancer from
Coronary Angiography and Percutaneous Coronary Intervention —

대구가톨릭대학병원 영상의학과 · 대구보건대학 방사선과¹⁾

강영한 · 김부순¹⁾ · 박종삼¹⁾

— 국문초록 —

관상동맥질환의 진단과 치료를 위한 관상동맥조영술(Coronary Angiography, CA)과 경피적관상동맥중재술(Percutaneous Coronary Intervention, PCI) 과정에서 환자에 대한 유효선량을 알아보고, 이 선량으로 인한 암 발생위험을 CA와 PCI를 구분하여 평가해 보고자 하였다.

CA를 시행한 환자 60명과 PCI 시술을 받은 환자 58명을 대상으로 DAP(dose-area product)를 측정하였고, 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo simulations) 프로그램(PCXMC 1.5)을 이용하여 유효선량과 장기선량을 산출하였다. 암 발생의 생애귀속위험의 평가는 전리방사선 생물학적 효과 위원회의 7차 보고서(BEIR VII)를 활용하였다.

그 결과 대상자의 DAP 값 평균은 CA군에서 53.76 Gy·cm²이었고, PCI군에서는 165.82 Gy·cm²이었다. 유효선량은 CA군에서 평균 1.28 mSv이었고, PCI군에서는 3.94 mSv이었다. 장기선량은 폐에서 CA군 2.17 mSv, PCI군 6.71 mSv이었고, 여성 유방선량은 CA에서 5.45 mSv, PCI에서 16.82 mSv이었다. 암 발생 생애귀속위험은 CA에서 남성은 1,508명 중 1명, 여성은 1,357명 중 1명이었고, PCI에서는 남성 553 중 1명, 여성은 482명 중 1명이었다.

DAP 값은 몬테 카를로 시뮬레이션을 기본으로 하여 장기선량과 유효선량을 계산할 수 있는 지표가 되었다. CA와 PCI 과정에서 환자에게 노출되는 방사선량은 무시할 수 없는 암 발생의 생애귀속위험이 된다. 또한 암 발생 위험은 PCI군에서 더 높았고, 남성보다는 여성이 더 높았다.

중심 단어: 관상동맥조영술, 유효선량, 장기선량, 생애귀속위험

*접수일(2010년 7월 31일), 심사일(2010년 8월 9일), 확정일(2010년 9월 6일)

교신저자: 강영한, (705-718) 대구광역시 남구 대명4동 3056-6
대구가톨릭대학병원 영상의학과
TEL: 053-650-4320, C.P.: 017-538-3345
FAX: 053-650-4926, E-mail: glamens@paran.com

I. 서 론

관상동맥질환은 성인병의 하나로 식생활의 변화와 노인인구의 증가로 인해 급증하고 있다. 관상동맥 협착은 관상동맥의 내부 벽에 혈전이나 죽상반이 생겨 혈관이 좁아짐으로써 혈액이 제대로 흐르지 못해 심장 발작, 협심증, 심근경색, 허혈성 심근증에 의한 심부전증 등의 증상이 나타난다. 따라서 이러한 환자는 관상동맥조영술(coronary angiography, 이하 CA)을 시행하여 관상동맥의 협착 또는 폐색 정도와 부위, 범위, 측부순환의 평가, 수술 후 우회로의 개통 여부를 관찰하여야 한다. 과거에는 경피적 관상동맥 성형술(percutaneous transluminal coronary angioplasty, 이하 PTCA)와 스텐트 삽입술 등을 구분하여 사용하였는데 최근에는 경피적 관상동맥 중재술(percutaneous coronary intervention, 이하 PCI)로 통합하여 사용하고 있다¹⁾. 관상동맥 질환을 진단하기 위한 CA와 PCI 등의 시술은 환자에 대한 방사선 피폭 선량이 가장 높은 시술에 속한다. 환자의 상태와 병리적 특성, 폐쇄성 혈관, 치료과정 등에 의해 시술의 절차가 상당히 복잡해지기 때문에 전형적인 절차에 의해 시술되어 지기는 어렵고, 시술 시 피폭되는 환자 선량은 상황에 따라 다를 수 있다. 또한 시술은 고도의 전문기술이 요구되고, 환자의 생명을 좌우하는 위험성이 따르는 시술 과정에 방사선 물리나 방사선량 또는 방사선 방어에 대해서도 소홀히 관리될 수 있다. 따라서 중재적 방사선 분야에서 방사선 방어와 선량에 대한 개념이 필요한 것과 이와 관련이 있다.

심장 검사 과정에 발생하는 방사선 선량에 대해서는 기존의 관상동맥 조영술의 선량에 대한 연구도 많이 진행되어 왔고^{2,3)}, CA 과정에 환자에게 전달되는 방사선의 양이 상당히 많기 때문에 선량을 평가하는 것이 아주 중요하다는 보고도 있다⁴⁾. 또한 심장 카테터삽입술(cardiac catheterizations)은 치료목적으로 그 이용이 증가하고 있지만 부가적으로 환자선량도 증가하는 결과를 낳고 있으며^{5,6)}, 실제 CA 과정에 환자에게 피폭되는 유효선량은 2.3 mSv에서 22.7 mSv까지 넓은 범위에서 다양하게 보고되고 있다⁷⁻¹⁰⁾. 이러한 기존의 연구는 CA와 PCI 시술 과정에 발생하는 선량과 평가의 중요성에 대하여 보고하고 있지만, 폐와 유방 등의 장기에 피폭되는 선량에 대해서는 연구가 부족하고, 이러한 선량으로 인한 환자의 생애 암 발생 위험(lifetime attributable risk of cancer, 이하 LAR)이 어느 정도가 되는지에 대한 연구는 미미하다.

따라서 본 연구의 목적은 관상동맥질환의 진단과 치료를 위한 CA와 PCI과정에서 환자에 대한 방사선 피폭의 유효선량을 알아보고, 이 선량으로 인한 생애 암 발생 위험을 CA와 PCI를 구분하여 평가해 보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 2010년 2월부터 4월까지 대구지역 소재의 대학병원 순환기 내과에서 관상동맥 질환이 의심되는 환자들 중 CA를 시행한 환자 60명과 PCI 시술을 받은 환자 58명을 대상으로 하였다. 대상자들은 비ST 분절상승(non-ST elevation) 또는 급성 ST분절 상승 심근경색의 범위에서 만성적 안정성 협심증(chronic stable angina)과 급성 관상동맥 증후군(acute coronary syndrome) 등의 환자 모두를 포함하였다.

2. 관상동맥 조영술과 투시촬영

관상동맥 조영술은 순환기 내과 전문의 7명에 의해 시행되었으며, 비이온성 요오드계 조영제를 사용하였고, 3차원 디지털영상 혈관조영촬영장치(Allura Xper FD20, Philips, Netherland)를 이용하여 투시촬영과 영화촬영을 시행하였다. 관상동맥 조영술 과정은 국소부위 마취 후 넓적다리동맥을 천자하는 셸딩거 기법(seldinger technique)을 이용하였고, 카테터는 Judkins 3.5 또는 4 curve 관상동맥 조영술용 카테터를 이용하였다. CA의 기본적인 투시촬영은 RAO caudal, RAO cranial, LAO cranial, LAO caudal까지 촬영하였다. 관전압, 관전류, 조사 시간 등의 방사선 조사 파라미터는 장비 설치 시 고정된 값으로 자동 노출 조절장치(automatic exposure control)를 이용하여 조사를 하였고, 관전압은 70~120 kV 사이에서 환자의 체형과 크기 등에 따라 가변적으로 적용되었다. 여과장치(filtraion)는 기본적으로 1.5 mm Al과 0.2 mm Cu가 장착이 되었고, 선택적 투시용 여과(selective fluoro prefilter) 시 0.1 mm Cu+1.0 mm Al이 적용되었다.

3. 관상동맥 조영술 유효선량 및 장기선량

관상동맥 조영술 시행 중에 대상자가 피폭된 선량은 선량-면적 곱(dose-area product, 이하 DAP) 값을 이용

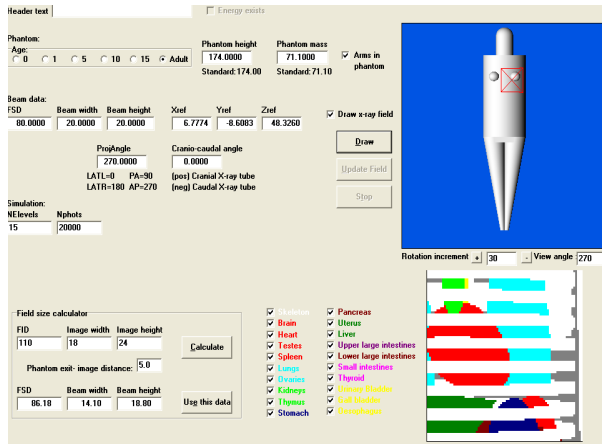


Fig. 1. Illustration of Monte Carlo simulation(PCXMC 1.5)

하였다. DAP는 선관의 콜리메타(collimator) 부분(tube housing)에 장착이 되어 있는 DAP meter(Diamentor PTW, Freiburg, Germany)에 의해 측정되어 모니터에 선량이 제시된다. DAP는 강도와 조사시간, X-ray 빔의 범위를 정확히 반영하며, 또한 매순간 방사선 노출하는 시간동안만 측정되도록 고안되어 있어 관상동맥조영술을 비롯한 투시촬영에서 환자선량을 측정하는데 유효하다. DAP meter의 에너지 의존성은 관전압 범위의 10%를 넘지 않았다. DAP meter로 측정된 값을 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo simulations) 프로그램인 PCXMC 1.5¹¹⁾을 이용하여 유효선량과 장기선량을 산출하였다.

Table 1. Lifetime attributable risk of cancer incidence from BEIR VII

Cancer Site	Age at Exposure(years)										
	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
<i>Males</i>											
Stomach	76	65	55	46	40	28	27	25	20	14	7
Colon	336	285	241	204	173	125	122	113	94	65	30
Liver	61	50	43	36	30	22	21	19	14	8	3
Lung	314	261	216	180	149	105	104	101	89	65	34
Prostate	93	80	67	57	48	35	35	33	26	14	5
Bladder	209	177	150	127	108	79	79	76	66	47	23
Other	1123	672	503	394	312	198	172	140	98	57	23
All solid	2326	1667	1325	1076	881	602	564	507	407	270	126
Leukemia	237	149	120	105	96	84	84	84	82	73	48
All cancers	2563	1816	1445	1182	977	686	648	591	489	343	174
<i>Females</i>											
Stomach	101	85	72	61	52	36	35	32	27	19	11
Colon	220	187	158	134	114	82	79	73	62	45	23
Liver	28	23	20	16	14	10	10	9	7	5	2
Lung	733	608	504	417	346	242	240	230	201	147	77
Breast	1171	914	712	553	429	253	141	70	31	12	4
Uterus	50	42	36	30	26	18	16	13	9	5	2
Ovary	104	87	73	60	50	34	31	25	18	11	5
Bladder	212	180	152	129	109	79	78	74	64	47	24
Other	1339	719	523	409	323	207	181	148	109	68	30
All solid	4592	3265	2525	1988	1575	1002	824	678	529	358	177
Leukemia	185	112	86	76	71	63	62	62	57	51	37
All cancers	4777	3377	2611	2064	1646	1065	886	740	586	409	214

Note: Number of deaths per 100,000 persons exposed to dose of 0.1 Gy.

4. 암 발생의 생애귀속위험(lifetime attributable risk of cancer, LAR) 산출

암 발생의 생애귀속위험의 평가는 가장 최근의 보고서인 미국의 전리방사선 생물학적 효과 위원회의 7차 보고서(biological effects of ionizing radiation committee VII, 이하 BEIR VII)를 활용하였다¹²⁾. BEIR VII 보고서는 100 mSv의 선량으로 몬테카를로 시뮬레이션에서 결정된 실제 장기선량과 암 발생에 대한 생물학적 자료를 활용하여 생애귀속위험을 계산하였다. 예를 들어 40세 여성의 폐 등가선량(lung equivalent dose)이 10 mSv이라면, BEIR VII의 모델에서 폐에 선량 100 mSv 가했을 때 40세 여성의 폐암 발생에 대한 LAR은 100,000명 당 240명이다(표 1 참조). 따라서 10 mSv 선량에 대한 LAR은 $10/100 * 240/100000$ 이다. 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션에서 산출된 유효선량과 BEIR VII 보고서에서 제시한 LAR 표본을 곱하여 CA와 PCI에서의 실제적인 LAR를 계산하여 인구 1,000,000명으로 환산하였다.

III. 결 과

1. 대상자들의 일반적인 특성

전체 대상자 118명의 성별 분포는 CA군 60명 중 남자 29명, 여자 31명이었고, PCI군은 58명 중 남자 33명, 여자 25명이었다. 평균 연령은 CA군 60.23세, PCI군 65.46세였고, 체질량지수는 CA군 23.30 kg/m², PCI군 23.47 kg/m²이었다. 심박출률은 CA 군 58.07, PCI군은 57.21이었다(Table 2).

Table 2. Clinical characteristics of study subject

	CA	PCI
No. of patients	60	58
Male : female	29 : 31	33 : 25
Age(yrs)	60.23±10.31	65.46±12.67
Weight (kg)	62.06±12.83	60.90±12.39
Height (cm)	161.47±9.71	160.13±10.78
Body mass index(kg/m ²)	23.30±2.72	23.47±3.06
Ejection fraction	58.07±10.78	57.21±10.01

2. CA군과 PCI군에서의 DAP 값과 유효선량

DAP는 CA군에서 평균 53.76 Gycm², 최대값 207.14

Gycm²이었고, PCI군에서는 평균 165.82 Gycm², 최대값은 379.34 Gycm²이었다. 투시촬영 시간은 CA군에서 평균 277.76초, 최대 1,147초이었고, PCI군에서는 평균 992.63초, 최대 2,613초이었다. 유효선량은 CA군에서 평균 1.28 mSv이었고, 최대 4.93 mSv이었다. PCI군에서는 평균 3.94 mSv, 최대 9.02 mSv이었다(Table 3).

Table 3. Result of Kerma, DAP, effective dose from CA and PCI

	CA		PCI	
	mean±SD	maximum	mean	maximum
Kerma(Gy)	8.38±5.20	33.29	26.21±15.5	58.17
DAP(Gycm ²)	53.76±32.10	207.14	165.82±95.56	379.34
Fluoro time(sec)	277.76±237.75	1147.01	992.63±692.36	2613.24
Effective dose(mSv)	1.28±0.76	4.93	3.94±2.73	9.02

3. CA군과 PCI군에서의 장기선량

DAP값을 바탕으로 PCXMC 프로그램을 이용하여 장기선량을 산출한 결과는 표 4에 나타났다. 폐의 선량은 CA군에서 평균 2.17 mSv, 최대 8.38 mSv이었고, PCI군에서는 평균 6.71 mSv, 최대 15.35 mSv이었다. 심장의 선량은 CA군에서 평균 6.60 mSv, 최대 25.42 mSv이었고, PCI군에서는 평균 20.32 mSv, 최대 46.54 mSv이었다. 유방의 선량은 CA군에서 평균 5.45 mSv, 최대 21.00 mSv이었고, PCI군에서는 평균 16.82 mSv, 최대 38.45 mSv이었다(Table 4).

Table 4. Result of organ dose from CA and PCI

	CA		PCI	
	mean±SD	maximum	mean±SD	maximum
Lung(mSv)	2.17±1.30	8.38	6.71±3.87	15.35
Heart(mSv)	6.60±3.94	25.42	20.32±11.67	46.54
Breast(mSv)	5.45±3.25	21.00	16.82±9.69	38.45
Stomach(mSv)	2.85±1.70	10.97	8.79±5.06	20.09
Thymus(mSv)	6.81±4.07	26.24	21.01±12.11	48.05

4. LAR 평가

대상자의 모든 암(all cancer) 발생의 LAR을 인구 1,000,000명으로 환산을 한 결과는 CA군에서 남성은 평균 663명, 최대 2,410명이었고, 여성은 평균 737명, 최대 1,920명이었다. 이는 남성 평균 1,508명 중 1명, 최대

Table 5. Lifetime attributable risks(LARs) and odds of cancer incidence from CA and PCI

Cancer site	CA				PCI			
	LAR(per million)		Odds		LAR(per million)		Odds	
	mean	maximum	mean	maximum	mean	maximum	mean	maximum
All cancer								
Males	663	2410	1 : 1508	1 : 415	1808	5850	1 : 553	1 : 170
Females	737	1920	1 : 1357	1 : 521	2074	4790	1 : 482	1 : 209
All solid								
Males	556	2010	1 : 1798	1 : 498	1519	5100	1 : 658	1 : 196
Females	669	1780	1 : 1495	1 : 562	1715	4330	1 : 583	1 : 230
Lung								
Males	199	750	1 : 5025	1 : 1333	543	1600	1 : 1715	1 : 625
Females	388	1020	1 : 2958	1 : 980	1233	4790	1 : 811	1 : 209
Breast								
Females	312	1300	1 : 3205	1 : 769	1715	4330	1 : 583	1 : 231

415명 중 1명, 여성에서는 평균 1,357명 중 1명, 최대 521명 중 1명이 모든 종류의 암이 발생할 수 있다는 것이다. PCI 군에서 모든 암(all cancer) 발생의 LAR은 남성에서 평균 1,808명, 최대 5,850명이었으며, 여성은 평균 2,074명, 최대 4,790명이었고, 이는 남성 평균 553명 중 1명, 최대 170명 중 1명이, 여성에서는 평균 482명 중 1명, 최대 209명 중 1명이 모든 종류의 암이 발생할 수 있는 것으로 나타났다. 폐암 발생의 LAR은 남성에서 평균 5,025명 중 1명, 최대 1,333명 중 1명이었고, 여성에서는 평균 2,958명 중 1명, 최대 980명 중 1명이었다. PCI군에서 폐암 발생의 LAR은 남성 평균 1,715명 중 1명, 최대 625명 중 1명이었고, 여성은 평균 811명 중 1명, 최대 209명 중 1명이었다. 특히 여성의 유방암(breast cancer) 발생의 LAR은 CA군에서 평균 3,205명 중 1명, 최대 769명 중 1명이었고, PCI군에서는 평균 583명 중 1명, 최대 231명 중 1명에서 유방암이 발생할 수 있는 것으로 나타났다(Table 5).

CA와 PCI 대상자의 LAR을 비교해 본 결과는 그림 2에 제시하였다. 암 발생은 CA군에서 1,000~3,000명 중 1명이 모든 암(all cancer) 발생에 해당하고, PCI군에서는 200~1,500명 중 1명이 모든 암 발생에 해당하였다(Figure 2). 이는 PCI군이 환자 선량이 높아 암 발생위험이 더 높은 것으로 나타났다.

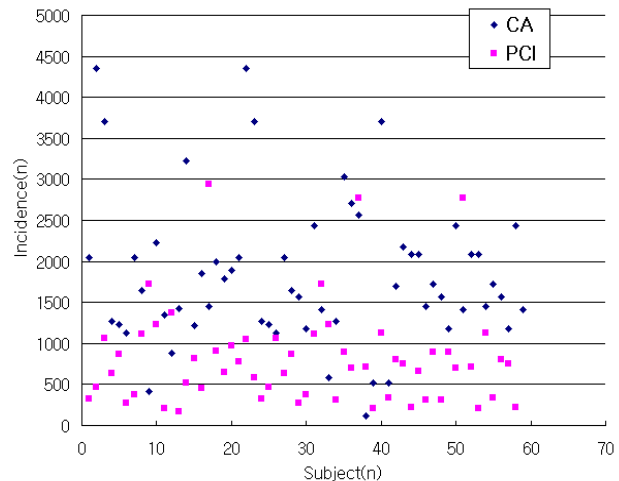


Fig. 2. Estimate of LAR odds of cancer incidence

IV. 고 찰

관상동맥 조영술과 중재적 시술에서의 선량은 시술자의 경험, 업무부하, 방사선감소 기술의 이용, 절차적 복잡성, 그리고 시술 장비 성능 등에 의해 크게 의존적이다¹³⁻¹⁶⁾. 이러한 투시촬영(fluoroscopy)의 경우 검사 대부분이 자동노출 조정 장치에 의해 시행되기 때문에 환자 피폭선량 계측에 특별한 문제가 있다. 또한 투시검사 중에 투시조건이 연속적으로 변하며 일차선에 의해 노출되는 신체 부위도 변하게 되므로 이러한 종류의 검사에 있어서는 보통

선량-면적 곱(dose-area product, DAP)을 측정한다. 이것은 투시검사를 하는 동안에 환자와 상호작용할 확률이 선량과 조사면적에 비례하므로 DAP 값이 방사선 위해의 지표로 타당한 근거가 된다¹⁷⁾. DAP 미터는 X-선관의 조사야 전면에 장착되어 있는 평행 평판형의 이온 챔버(ionization chamber) 형식으로써, 선량을 직접 측정하는 것은 아니고 X-선관에서 출력되는 초기 에너지를 표기하며, 후방산란계수 및 X-선관 kVp의 변화를 종합하여 선량으로 표시한다. 단위는 $Gycm^2$ 로 표시하며, DAP 미터는 투시촬영을 하거나 cine mode가 작동되는 동안에 방사선 선량을 모니터에 지속적으로 표시하며 기록하게 된다.

CA와 PCI에서 유효선량을 산출하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo methods) 프로그램인 PCXMC 1.5를 이용하였다. PCXMC는 임상에서 방사선 검사(radiography and fluoroscopy) 시 환자의 기관선량과 유효선량을 계산하기 위해 STUK(Radiation and Nuclear Safety Authority in Finland)에서 연구 목적으로 개발되었으며 보급되었다¹¹⁾. 이는 29개의 기관과 조직의 선량이 계산되고, ICRP publication 60(1991)의 과거 조직 하중 계수와 ICRP publication 103(2007)의 현재 조직 가중 계수를 유효선량에 적용하여 계산한다. 이 프로그램은 교정된 크기의 소아와 어른 환자를 모델로 하여 방사선 검사부위를 선택한다. 본 연구에서는 3차원 디지털 영상 혈관조영촬영장치 콘솔에 표시되는 DAP 값을 측정하였고, 측정된 DAP 값을 몬테카를로 시뮬레이션 프로그램(PCXMC)을 이용하여 유효선량으로 산출하였기에 유효선량으로서의 계산에 무리가 없을 것으로 판단된다.

Stisova 등의 연구에서는 CA를 시행한 군의 DAP는 25.0~54.5 $Gycm^2$ 이었고, PTCA에서는 43.0~104.5 $Gycm^2$ 이었다. 유효선량의 평균은 CA에서 2.7~8.8 mSv 이었고, PTCA는 5.7~15.3 mSv였다⁹⁾. Bor D 등의 연구에서 CA를 시행한 군에서 측정된 DAP 평균은 49.1 $Gycm^2$ 이었고, PTCA군에서는 66.8 $Gycm^2$, 스탠트 삽입술에서는 106.9 $Gycm^2$ 이었다¹⁸⁾. 이는 본 연구에서 DAP는 CA군과 PCI군 각각 평균 53.7 $Gycm^2$, 165.8 $Gycm^2$ 였고, 유효선량은 CA군에서 1.28 mSv, PCI군에서 3.94 mSv이어서 기존의 연구들과 일관되게 비슷한 수치를 나타냈다.

암 발생과 위험성 평가를 위해서 많은 방법이 있지만 본 연구에서 채택한 BEIR VII 모델은 암발생 위험평가에 있어 가장 포괄적이고 최신의 평가 도구로 많이 활용되고 있다¹²⁾. 생물학적 자료 등을 포괄적으로 검토한 결과 위

원회는 발암 위험이 역치가 없는 아주 낮은 선량에서도 선형적인 관계가 이루어지고 최소의 선량도 잠재적으로 인체에 아주 작은 발암 위험을 야기한다고 결론짓고, 이 가정이 LNT(linear no-threshold) 모델이라고 하였다. BEIR VII lifetime risk 모델에서는 인구 10만 명에서 100 mSv의 피폭의 결과로 암 발생 건수와 사망 수를 수치로 평가하였다. 평균적으로 성별과 연령분포가 비슷한 전체 미국인 집단으로 가정하면, BEIR VII 모형은 100 mSv의 선량이 대략 100명 중 1명에서 암(고형암, 백혈병)이 발생한다고 예측하였다. 이 모델에서 제시한 성별, 연령 별 LAR를 유효선량과 곱하므로써 실제 임상에서의 LAR를 산출할 수 있다. 본 연구에서 CA와 PCI에서 암 발생 위험을 평가하기 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo simulations) 프로그램(PCXMC)을 이용하여 산출한 기관선량과 BEIR VII 모델로 산출한 LAR은 신뢰성이 있다고 볼 수 있다.

Harrison 등의 연구에서는 국제방사선방어위원회(national radiological protection board, NRPB, UK)에서 제시한 암 발생위험 계수를 이용하여 방사선 위험을 평가하였는데 유효선량의 평균은 3.4 ± 1.3 mSv이었고, 악성종양은 6,000명 중 1명이라고 보고하였다¹⁹⁾. 폐의 평균 선량은 14.7 mSv였고 이는 8,000명 중 1명에서 악성종양이 발생한다고 평가하였다. Efsthopoulos 등은 ICRP 60에서 제안한 전환계수를 이용하여 악성종양의 발생위험을 계산하였는데, CA 시행한 경우 100,000명 당 28명에서, PCI의 경우 78명에서 악성종양이 발생한다고 하였다²⁰⁾. Michael Sandborg 등의 연구에서는 넓적다리 동맥을 천자해서 시행한 경우 CA에서 유효선량이 6.8 mSv, CA와 PTCA를 함께 시행한 경우의 유효선량이 8.6 mSv라 하였고, 최대유효선량은 34 mSv까지 측정되었다고 하였다. 노동맥(radial artery)을 천자한 경우에는 CA에서 유효선량이 9.2 mSv, CA plus PTCA의 유효선량이 13.5 mSv라 하여, 노동맥을 천자하여 CA를 시행하는 경우의 유효선량이 넓적다리동맥을 천자하는 경우보다 더 높다고 하였다²¹⁾. 본 연구에서 평균유효선량은 CA군에서 1.28 mSv, PCI군에서 3.94 mSv이었고, 이 선량으로 인해 모든 암(all cancer) 발생은 CA군에서 남성 평균 1,508명 중 1명, 여성에서는 평균 1,357명 중 1명이었다. PCI 군에서는 남성 평균 553명 중 1명, 여성에서는 평균 482명 중 1명이 모든 암이 발생할 수 있다. 폐의 선량은 CA군에서 2.71 mSv이었고, 이는 남성 5,025명 중 1명, 여성 2,958명 중 1명이 폐암 발생위험이었고, PCI군에서의 선량 6.71 mSv은 남성 1,715명 중 1명, 여성 811명 중 1명

에서 폐암이 발생할 수 있다. 특히 여성 유방(breast)의 선량은 CA군에서 5.45 mSv, PCI군에서 16.82 mSv이었고, 이는 각각 3,205명 중 1명, 583명 중 1명에서 유방암이 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

Andrew 등은 CA에서 선량을 줄이는 방법으로 진단에 적절한 화상의 질을 유지하기 위해 가장 느린 투시촬영기를 적용하며, 투시촬영시간을 최소로 해야 하며, 정확한 진단에 꼭 필요로 하는 가장 적은 양으로의 영상 확대가 필요하며, 환자와 선원과의 거리를 방사선 Collimation에 합당하게 최소로 하는 것을 주문하였다. 또한 촬영진수를 줄이며, Gonad 같은 민감한 장기는 반드시 차폐를 해야 하며, 허용 가능한 최고 높은 관전압을 이용하고 가능한 가장 낮은 관전류 설정이 필요하다고 하였다²²⁾.

본 연구의 제한점으로는 방사선 선량은 심장혈관조영 장치의 DAP meter에서 제시되는 DAP 값에 의존하여 유효선량으로 변환시켰기 때문에 본 연구의 유효선량이 관상동맥조영술과 중재적시술 전체의 유효선량으로 일반화 시키기에는 무리가 있다. 또한 DAP 값을 몬테카를로 프로그램을 이용하여 유효선량과 장기선량을 산출하였고, BEIR VII 보고서를 이용하여 연령과 성별이 조정된 발암 위험성을 계산하였기 때문에 잠재적인 발암위험이 본 연구보다 더 높을 수도 있다. 그리고 CA와 PCI 시술과정에 유효선량에 영향을 미칠 수 있는 인적, 기계적, 환경적 요인이 많을 수 있으나 이를 배제하였고, 환자선량을 줄이는 방법에 대해서는 연구가 부족하여 추후 연구가 더 필요하겠다.

하지만 본 연구는 실제 관상동맥조영술 과정에서 측정된 DAP값을 유효선량과 장기선량으로 변환하고, 산출된 선량으로 생애 암 발생 위험을 평가하는데 의의가 있고, 관상동맥 조영술과 중재적시술 중의 투시촬영이 저선량에 해당하지만 궁극적으로 암 발생에 어느 정도 기여한다는 것을 정량화하여 확인함으로써 전리방사선에 대한 위험성을 새로이 인식하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

V. 결 론

관상동맥 조영술 및 중재적 시술 중에 투시촬영을 하는 시간은 질환의 정도와 복잡성에 따라 다르며, 또한 혈관의 해부적 구조가 복잡하다면 투시촬영의 시간은 더 길어지고 환자 선량도 그만큼 늘어난다. 본 연구에서 유효 선량은 CA군에서 1.28 mSv, PCI군에서 3.94 mSv이었고, 이 선량으로 인해 모든 암(all cancer) 발생은 CA군에서

남성 평균 1,508명 중 1명, 여성에서는 평균 1,357명 중 1명이었다. PCI 군에서는 남성 평균 553명 중 1명, 여성에서는 평균 482명 중 1명이 모든 암이 발생할 수 있어 PCI 시술 시 CA보다 3배 가량 위험성이 높았다. 결론적으로 DAP 값은 몬테 카를로 시뮬레이션을 기본으로 하여 장기선량과 유효선량을 계산할 수 있는 지표가 되었다. CA와 PCI 과정에서 환자에게 노출되는 방사선량은 무시할 수 없는 암 발생의 생애귀속위험이 될 수 있었고, 또한 암 발생 위험은 PCI군에서 더 높았고, 남성보다는 여성이 더 높았다.

참 고 문 헌

1. 마상철, 김함겸, 박병섭, 구효근, 유상재, 백성일 등: *Vascular and Interventional Radiology*, 대학서림, 2008
2. Wilde P, Pitcher EM, Slack K: Radiation hazards for the patient in cardiological procedures. *Heart*, 85, 127-130, 2001
3. Neofotistou V, Vano E, Padovani R, et al.: Preliminary reference levels in interventional cardiology. *Eur Radiol*, 13, 2259-2263, 2003
4. Hynes DM, Gershater R, Edmonds EW, Rowlands JA, Baranoski D, Turow DG: Radiation dose implications of digital angiographic systems. *Am J Roent*, 143, 307-312, 1984
5. Baldazzi G, Corazza I, Rossi PL, et al.: In vivo effectiveness of gadolinium filter for paediatric cardiac angiography in terms of image quality and radiation exposure. *Phys Med*, 18, 109-113, 2002
6. Schueler BA, Julsrud PR, Gray JE, John GS, Kan KW: Radiation exposure and efficacy of exposure-reduction techniques during cardiac catheterization in children. *Am J Roent*, 162, 173-177, 1994
7. Harrison D, Ricciardello M, Collins L: Evaluation of radiation dose and risk to the patient from coronary angiography. *Aust NZ J Med*, 28, 597-603, 1998
8. Delichas MG, Psarrakos K, Molyva-Athanassopoulou E, Giannoglou G, Hatzioannou K,

- Papanastassiou E: Radiation doses to patients undergoing coronary angiography and percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Radiat Prot Dosimetry*, 103(2), 149–154, 2003
9. Stisova V: Effective dose to patient during cardiac interventional procedures(Prague workplaces). *Radiat Prot Dosimetry*, 111(3), 271–274, 2004
 10. Vijayalashmi K, Kelly D, Chapple CL, et al.: Cardiac catheterisation: radiation doses and lifetime risk of malignancy. *Heart*, 93, 370–371, 2007
 11. Tapiovaara M, Lakkisto M, Servomaa A: A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical X-ray examinations. STUK-A 139, Helsinki Finland; Program version 1.5, 2001
 12. Committee to Assess Health Risks from Exposure to low levels of Ionizing Radiation; Nuclear and Radiation Studies Board, Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies. Health risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR VII Phase 2. Washington, DC: The National Academies Press; 2006
 13. Tsapaki V, Kottou S, Vano E, et al.: Patient dose values in a dedicated Greek cardiac centre. *Br J Radiol*, 76, 726–730, 2003
 14. Kuon E, Dahm JB, Schmitt M, Glaser C, Gefeller O, Pfahlberg A: Time of day influences patient radiation exposure from percutaneous cardiac interventions. *Br J Radiol*, 76, 189–191, 2003
 15. Kuon E, Glaser C, Dahm JB: Effective techniques for reduction of radiation dosage to patients undergoing invasive cardiac procedures. *Br J Radiol*, 76, 406–413, 2003
 16. Padovani R, Bernardi G, Malisan MR, Vano E, Morocutti G, Fioretti PM: Patients dose related to the complexity of interventional cardiology procedures. *Radiat Prot Dosimetry*, 94(1–2), 189–192, 2001
 17. K Faulkner, DA Broadhead, RM Harrison: Patient dosimetry measurement methods. *Applied Radiation and Isotopes*, 50(1), 113–123, 1999
 18. Bor D, Olğar T, Toklu T, Çağlan A, Onal E, Padovani R: Patient doses and dosimetric evaluations in interventional cardiology. *Phys Med*, 25(1), 31–42, 2009
 19. D Harrison, M Ricciardello, L Collins: Evaluation of radiation dose and risk to the patient from coronary angiography. *Aust NZ J Med*, 28, 597–603, 1998
 20. Efstathios PE, Makrygiannis SS, Kottou S, et al.: Medical personnel and patient dosimetry during coronary angiography and intervention. *Phys Med Biol*, 48, 3059–3068, 2003
 21. Sandborg M, Fransson SG, Petterson H: Evaluation of patient-absorbed doses during coronary angiography and interventional by femoral and radial artery access. *Eur Radiol*, 14, 653–658, 2004
 22. Andrew JE, Kevin WM, Randall CT, Manuel DC, Milena JH: Radiation dose to Patients From Cardiac Diagnostic Imaging. *Circulation*, 116, 1290–1305, 2007

• Abstract

Radiation Dose and Estimate of Lifetime Attributable Risk of Cancer from Coronary Angiography and Percutaneous Coronary Intervention

Yeong-Han Kang · Bu-Sun Kim¹⁾ · Jong-Sam Park¹⁾

Department of Diagnostic Radiology, Daegu Catholic University Hospital ·

¹⁾Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

The Purpose of this study was to determine the effective dose to an average patient from Coronary Angiography (CA) and Percutaneous Coronary Intervention (PCI). And to estimate the lifetime attributable risk (LAR) of cancer associated with radiation exposure from CA and PCI.

The dose-area product (DAP) values to the patient were recorded from 60 CA and 58 PCI. A Monte Carlo based program PCXMC was used to calculate the effective dose from DAP values for each patient. Lifetime attributable risks were estimated with models developed in the National Academies' Biological Effects of Ionizing Radiation VII report.

The mean DAP values was 53.76 Gy·cm² for CA and 165.82 Gy·cm² for PCI. Mean effective dose were 1.28 mSv in CA, 3.94 mSv in PCI. Results of Calculate organ dose, lung doses was 2.17 mSv in CA and 6.71 mSv in PCI. Female breast doses was 5.45 mSv in CA and 16.82 mSv in PCI. LAR estimates for CA varied from 1 in 1,508 for man to 1 in 1,357 for women. In PCI procedure varied from 1 in 553 for man to 1 in 482 for women.

DAP can be used as the dose indicator to calculate the organ dose and effective dose of patient based on Monte Carlo simulation. These dose estimates derived from our simulation models suggest that CA and PCI are associated with a nonnegligible LAR of cancer. This risk varies markedly and is considerably greater for women, PCI than for man, CA.

Key Words : Coronary angiography, Effective dose, Organ dose, Lifetime attributable risk