

방사선 직업 종사자의 자매염색분체교환¹⁾

홍해숙²⁾, 나연경³⁾, 하선옥⁴⁾, 이정란⁵⁾

-Abstract-

Key concept : Sister Chromatid Exchange

Sister chromatid exchange in peripheral lymphocytes of radiation exposed workers in a hospital*

Hong, Hae Sook**, Na. Yeon Kyung***, Ha. sun ok****, Lee, Jeong Ran*****

This study is being carried out, in two different random sample groups, between 20 men who were radiation exposed workers in the two general hospitals located in "T" city as a experimental group and 20 healthy men who were non-radiation exposed workers as a control group.

The occurring frequency of the sister chromatid exchange as a biological dosimeter of radiation were studied.

And the age, duration of employment and smoking were used as variable for the experiment. The results are as follows :

The frequency of SCE were noticed respectively by each variable :

1) by age as a variable, the frequency were increased notably in a radiation exposed workers group rather than a control group($p < 0.05$).

2) by duration of employment, the difference of the frequency were not recognised significantly in statistical among radiation exposed workers.

- 1) This study was done by a grant of 1999 Kyungpook National University Research Fund.
- 2) Professor, Department of Nursing, School of Medicine, Kyungpook National University.
- 3) Graduate student, Department of Nursing, Kyungpook National University.
- 4) Part-time instructor, Kyungpook National University.
- 5) Department of skin care, Yangsan College.

3) in smoker the frequency were increased notably in a radiation exposed workers than a control groups($p < 0.05$).

Taking into consideration the above results, the age and smoking could affect the frequency of SCE, however, the size of sample were too small to generalize.

Therefore, the following suggestions are recommended to get more accurate result.

1) In order to clarify the correlation in a smoking as variable, finding the volume of smoking and its related factor are necessarily required.

2) In order to confirm the correlation in each variable, adopting of a bigger-sized sample are needed and the study itself also should be carried out repeatedly.

1. 서론

1. 연구의 필요성

19세기 말에 X-선과 라듐 등의 방사능 물질이 발견된 후 많은 연구자들이 산업용 및 의료용으로 다양하게 이용하면서 방사선을 이용한 의료기술은 나날이 발전하고 있다. 방사선의 이용 또한 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 의학분야의 방사선 이용도가 증대되어 방사선에 의한 진단과 암 치료가 이용되고 있을 뿐만 아니라, 원자력의 평화적 이용이 활발해짐에 따라 인류가 방사선에 노출될 기회가 증가되고 있으며(Casarett, 1989; Frankel, 1976; Pizzarello, 1982), 작업과정 중 불가피하게 방사선에 노출될 가능성이 있는 직업자의 수도 늘고 있다.

방사선 노출이 증가함에 따라 건강상의 위해 여부와 그 정도에 관심이 많아지게 되었으며, 생물체에 미치는 영향에 관한 연구를 시작하였다.

특히 Muller(1927)와 Stadler(1928)의 연구에서 X-선이 초파리, 보리 및 옥수수에 돌연변이를 유발한다는 사실이 보고된 후, 방사선으로 인해 야기되는 여러 가지 생물학적 효과에 관한 연구가 계속되고 있다.

이와 같이 방사선 노출에 의한 생체 내의 변화

와 부작용으로서 백혈병, 재생불량성 빈혈, 백내장 및 악성종양 등을 들 수 있는데, 이들은 대부분 노출 당시에는 별다른 증후를 보이지 않고 있다가 피폭 후 오랜 시간이 경과한 뒤 발병한다고 하였다(Hall, 1985). 이렇게 생물체가 직접 또는 간접적으로 방사선에 노출되면 생물체의 기관이나 조직세포가 영향을 받게 되어 세포 내의 각종 대사과정, DNA, RNA 및 단백질 등과 같은 고분자 물질이 여러 가지 형태의 손상을 입게 되고, 염색체에는 염색체 이상과 자매염색체교환의 증가와 같은 돌연변이가 나타나며(Brewer et al., 1973; Langlands et al., 1968; Perry et al., 1975), 나아가 암이 발생하게 된다(Stetka et al., 1976; Tough et al., 1960).

특히 의료분야에서 치료나 진단을 목적으로 방사선을 이용하는 과정에 참여하는 병원내 직업 종사자들은 지속적인 저선량의 이온화 방사선에 의한 피폭이 불가피할 수밖에 없다.

또한 진단방사선과의 경우는 X-선 촬영을 주로 하는 촬영실 근무자가 컴퓨터단층촬영, 혈관조영술 및 유방선조영술을 시행하는 과정에서 차폐복을 사용하지만 이로써는 차폐가 되지 않는 부위가 피폭될 경우나 차폐복의 불성실한 착용에 의해 주로 X-선에 피폭될 가능성이 있다.

이들 방사선 기사들의 직업적 폭로에 의한 피폭량은 근무연수, 작업내용 등에 따라 차이는 있

으나, 허용 피폭선량(5rem/year)에 미치지 않는 극히 저선량인 경우가 대부분이다. 저선량의 만성적인 피폭은 백혈병, 재생불량성 빈혈, 백내장 및 종양 등을 유발하므로(Hall, 1985) 근무연수가 오래된 장기간 종사자들에게는 인체에 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 피폭선량 측정은 피폭 당시에 피폭시간, 피폭선원으로부터의 거리와 차폐체의 존재 여부와 선량계 패용 위치 등에 따라 실제 피폭 유효선량을 반영하지 못하며, 물리적 선량계를 대응하지 않은 경우는 이를 통한 피폭 선량 추정이 불가능하다.

따라서 방사선의 위험성을 적절히 평가하고 방사선을 유리하게 활용할 방법을 모색하기 위한 올바른 분석이 요구된다.

Zoetelif와 Broerse(1990)는 생물학적 선량측정 방법으로 세포 중 말초혈액림프구를 배양하여 염색체 이상을 검사하였는데, 이는 방사선 피폭 후 시간이 경과한 후에도 림프구는 세포분열을 하지 않는 휴지기 상태로 혈액을 순환하므로 방사선에 의한 손상을 원상태로 보존하고 있어 과거의 피폭량 산정에 유효한 방법이라고 하였다.

말초혈액 림프구의 염색체 이상 빈도로부터 피폭자의 흡수선량은 비교적 짧은 시간 내에 매우 정확하게 알아낼 수 있는 방법으로 많은 학자들이 연구하여 왔으며(Zoetelif와 Broerse, 1990), 순환계에 존재하는 림프구는 방사선에 균일한 감수성을 보이고 대부분 휴지기(G₀)에 존재하므로 림프구에 나타나는 염색체 이상의 빈도는 방사선량과 선량-반응의 관계가 있음이 잘 밝혀져 있다(Preston et al., 1980; Clemenger & Scott, 1973; Gundency et al., 1989).

특히 생물학적 선량측정 방법의 경우, 조사시간의 개인차가 거의 없고 비교적 정확히 추정할 수 있는 장점이 있어 가장 널리 이용되고 있다.

비교적 장기간에 걸쳐 반복적으로 방사선에 피폭되는 경우 방사선 피폭에 의하여 림프구의 염색체 이상의 빈도가 증가되며, 시간경과에 따라 림프구의 수명이 정상적으로 도달됨에 따라 염색체 이상의 빈도는 감소되었다. 따라서 반복 조사

시의 생물학적 선량측정을 위해서는 염색체 이상 빈도의 증가양상 및 감소양상을 확인할 필요가 있다.

그러나 방사선 직업 종사자에서의 소량 방사선의 반복 피폭의 경우는 방사선량이 일정하지 않으며 또한 균일하지 않아 직업적인 연구대상으로는 불충분하여 거의 연구가 되어 있지 않는 실정이다.

이에 본 연구에서는 직업상 불가피하게 저선량 만성 피폭의 가능성이 있는 국내 2개 병원을 대상으로 방사선을 취급하는 진단방사선과와 치료방사선과 작업자의 말초혈액으로 불완전 염색체 이상인 자매염색분체(Sister Chromatid Exchange)의 발생 빈도를 조사한 유사실험 연구를 하였다.

이 연구를 통하여 피폭 정도를 확인하고, 피폭량이 세포유전학적으로 미치는 영향에 대해 비교하여 방사선 피폭의 위험성을 환기시켜, 피폭을 줄일 수 있도록 고안된 기존의 방사선 차폐체의 성실한 착용과 안전수칙 이행의 교육자료로 활용함으로써 적절한 건강관리지침 마련의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 방사선 직업 종사자들을 대상으로 생물학적 선량측정법을 이용한 자매염색분체교환의 발생 빈도를 연령, 근무연수 및 흡연을 중요 변수로 하여 조사하였다.

구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 실험군과 대조군의 연령에 따른 자매염색분체교환의 발생빈도를 비교 분석한다.
2. 실험군에 있어서 근무연수에 따른 자매염색분체교환의 발생빈도를 비교 분석한다.
3. 실험군과 대조군의 흡연군에서 자매염색분체교환의 발생빈도를 비교 분석한다.

3. 용어 정의

자매염색분체교환(Sister Chromatid Exchange,

SCE) : 중기 염색체에서 쉽게 관찰될 수 있는 것으로 두 염색체의 상동 부위에서 복제되는 DNA가 서로 교차되는 현상이다.

II. 문헌 고찰

여러 생물학적 지표를 이용하여 피폭선량 추정을 시도하는 생물학적 선량측정 방법(Zoeteliff와 Broerse, 1990)은 세포 중 말초혈액림프구를 배양하여 염색체 이상을 검사하는 방법으로, Gundency 등(1989)은 방사선 피폭 후 시간이 경과한 후에도 림프구는 세포분열을 앓는 휴지기(Go) 상태로 순환하므로 방사선에 의한 손상을 원상태로 보존하고 있으므로 과거의 피폭량 산정을 위해 이용하였다.

방사선의 직업적 폭로에 관한 연구는 오래 전부터 이용되고 있으며, Bandom(1978)은 우라늄이나 라돈 광산에서 작업하는 광부에게서 라돈이 α -입자를 방출하는 가스로 폐에 오랜 기간 낮은 농도로 폭로되어 폭로 후 5년부터 과잉암(excess cancer)이 발생하기 시작해 15~20년 내에 최대로 발생하였다고 보고하였다. Hall(1985)은 저선량의 만성적인 피폭이 대부분인 직업 종사자들의 경우에서 문제가 될 수 있는 만성 부작용은 백혈병, 재생불량성빈혈, 백내장, 악성종양 등이 발생하며, 이들은 대부분 피폭 당시에는 별다른 증후를 보이지 않고 피폭 후 오랜 시간이 경과한 뒤 발병한다고 하였다.

특히 Bauchinger(1980)는 저선량의 방사선에 지속적인 폭로가 불가피한 원전 종사자들을 대상으로 하여 세포유전학적 방법으로 말초혈액림프구 염색체 이상에 관한 연구에서 종사자들의 염색체 이상 빈도가 대조군에 비해 유의하게 높다고 보고하였다. Evan(1979)은 원전 종사자 197명을 대상으로 10년 추후 조사한 연구에서 연간 5mSv이하의 허용선량 이하의 저선량에 피폭된 경우에도 염색체 이상이 유발되며, 이상 빈도가 대조군에 비해 유의하게 높았다고 하였다.

우리 나라에서 진행된 연구로는 Chung 등

(1995)이 원전 종사자 135명을 대상으로 대조군 135명과 염색체 이상을 비교 연구한 결과, 원전 종사자들의 염색체 이상이 대조군에 비해 유의하게 높으며 최근 5년간의 축적선량과 염색체 이상이 선량-반응관계가 있음을 보고하고 있다. Bauchinger (1980)는 방사선량이 염색체에 영향을 주어 변이인으로 작용하여 자매염색체교환을 일으킨다고 하였다.

자매염색체교환은 전체적인 염색체의 형태에는 변화를 일으키지 않고 동일 좌위에서 자매염색체 분체가 서로 교환되는 현상으로 Taylor(1957)에 의해 식물의 염색체에서 autoradiography로 처음 관찰하였다.

그후 Latt(1974)가 DNA 염기 일부를 5-bromodeoxyuridine(BrdU)으로 치환하여 형광 염색시키는 방법을 개발하여 autoradiography를 사용하지 않고도 SCE를 관찰할 수 있게 되었다.

SCE는 중기 염색체에서 쉽게 관찰될 수 있는 것으로 두 염색체의 상동부위에서 복제되는 DNA가 서로 교차되는 현상이다. 또한 SCE는 염색체의 구조, 염색체의 손상, DNA의 불안정성과 DNA 회복 결여 중후군 검사에 적용해 왔다. 발암 물질이나 변이 인자는 높은 빈도의 SCE를 유발하여 유전적인 손상의 가능성을 제공해 왔다(Carrano 등 ; 1978). 그러나 SCE의 기전은 아직까지 명백하게 밝혀지지 않았다. Shafer(1977)는 전이와 재결합의 두 단계로 이루어진 replicating bypass model을 제시하였으나, Stetka(1979)는 사배수성 세포에서 일어나는 SCE와 비교차결합성 화학물질(noncross linking chemical agents)로 유도되는 SCE에서는 Shafer의 모델이 맞지 않는다고 설명하였다. Kato(1977)는 SCE가 DNA의 복제부위에서 일어나며, 일부는 DNA의 복제후부위(post-replicating DNA portion)에서도 일어난다고 하였다. SCE가 잘 일어나는 부위는 G-band에서 어두운 band와 밝은 band와의 연결 부위이고, 이형염색질 부위에서는 잘 일어나지 않는다(Tucker 등 ; 1986). SCE의 기준 빈도는 실험마다 다소 차이를 보이고 있으며 이에 관련되는 인

자료는 세포의 상태, 배양조건, 실험 대상자의 생활 습관과 주위 환경 등의 요인이 있다(Morgan과 Crossen ; 1977).

특히 SCE가 높은 빈도를 나타내면 변이의 가능성을 나타내고, 그 변이 인자는 염색체의 불안정성을 초래한다고 하였다. SCE는 복제되는 DNA가 거의 비슷한 부위에서 두 염색분체가 서로 교환되는 것으로 변이 인자, 발암물질 및 기형 인자 등의 검사에 쓰이는 방법이며, 또한 염색체의 절단이나 회복의 기전을 설명하는 데 이용된다.

III. 연구 방법

1. 실험대상 및 재료

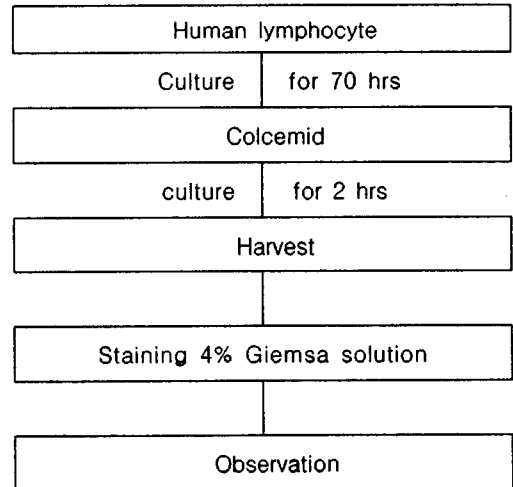
본 연구의 대상으로서 실험군은 T시 2개 종합병원의 진단방사선과, 치료방사선과에 근무하는 남자 방사선 직업 종사자 20명과 대조군으로서 방사선 직업 종사자가 아닌 건강한 성인 남자 20명을 선정하여, 자매염색분체교환의 발생빈도를 조사한 유사실험 연구로 두 군의 말초 혈액 10cc를 채취하여 불완전 염색체 이상 빈도인 SCE를 비교 분석하였다.

2. 실험 방법

1) SCE 분석

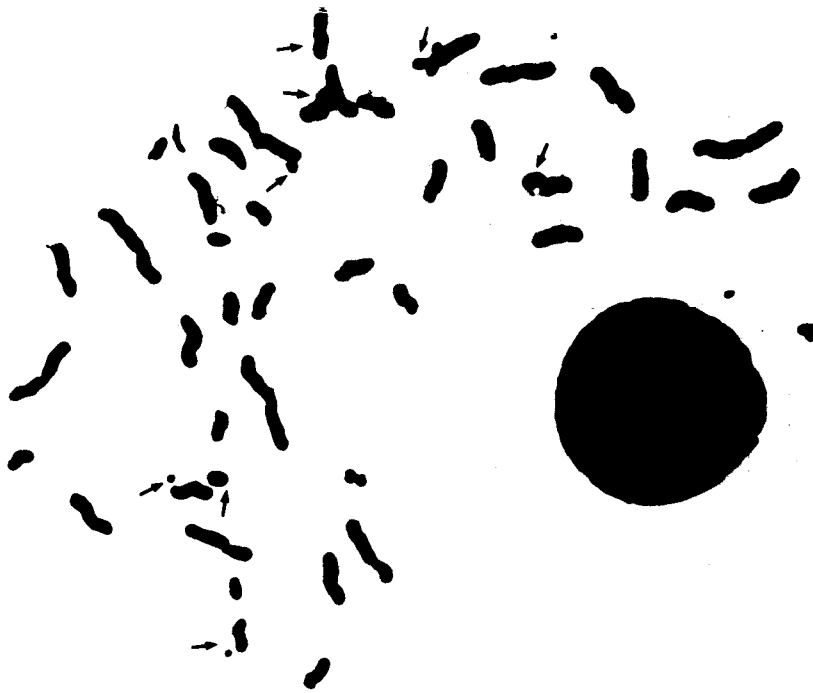
Heparin으로 처리된 말초혈액 1ml를 채취하여 10%의 우태아 혈청(Fetal Bovine Serum ; 이하 FBS, GIBCO제)이 들어있는 9ml의 배양액 RPMI1640(GIBCO제)을 0.1ml의 phytohaemagglutinin (이하 PHA, GIBCO제)을 함유한 배양 용기에 BudR(Sigma제)을 10 μ m/ml되게 첨가한 후 37 $^{\circ}$ C CO $_2$ 배양기에 70시간 배양하였다. 배양이 끝나기 2시간전 colcemide(GIBCO제, 10 μ m/ml) 0.1ml를 첨가하고, 이때 배양 용기를 알루미늄 은박지로 싸서 DNA의 광분해를 예방하였다. 배양이 끝난 후 1,000rpm으로 5분간 원심분리한 다음 부유액을

제거하고 6ml의 0.075M의 KCL 저장액을 첨가하여 37 $^{\circ}$ C 수조에서 8분간 세포들을 팽창시켰다. 다시 1,000rpm으로 원심분리한 후 저장액을 2ml만 남기고 제거하고 남은 2ml의 저장액으로 세포 용어리를 분산시켰다. 원심분리하여 부유액을 버린 다음 고정액을 첨가하여 세포 덩어리가 회계될 때까지 고정 단계를 3~4회 더 실시하여 70%의 알코올에 담가둔 슬라이드에 고정액 2~3방울을 떨어뜨리고 알코올 램프에 화염시킨 후 37 $^{\circ}$ C 배양기에 1주일간 건조시켰다. Hoechst 33258 (Sigma제) 50 μ g이 용해된 3차 증류수 50ml에 빛이 차단된 상태로 슬라이드를 담근 후 흐르는 물에 세척하여 실온에서 충분히 건조시켰다.



<Fig.1> Protocol for sister chromatid exchange analysis in human lymphocytes

건조된 슬라이드에 Maccvaine 완충액(pH 8.0)을 2~3방울 떨어뜨리고 coverglass를 덮은 다음 가장자리를 manicure로 봉합하여 건조를 방지하였다. 슬라이드를 60 $^{\circ}$ C 2배의 standard saline citrate(2XSSC) 용액에 10분간 둔 후 흐르는 물에 세척하고 4% Giemsa(Perry와 Wolff, 1974)용액에 4분간 염색하였다. 한 표본당 10개의 중기 염색체들을 골라 SCE 빈도를 조사하고 검경한 후 사진 촬영을 하였다(Fig. 2).



<Fig.2> One example of SCE from exposed group. Arrows represent chromosomes occurring SCE.

2) 자료분석 방법

실험군과 대조군의 SCE 빈도의 차이는 SAS 프로그램을 이용하여 X^2 -test, ANOVA, Wilcoxon rank sum으로 통계분석하였다.

95%로서 실험군에서 흡연을 하는 사람이 많았으며, 흡연을 하지 않는 사람은 대조군 40%, 실험군 5%였다. 특히 흡연 유무만으로 염색체 이상 빈도에 영향을 미치는가를 검정하였으므로 흡연량과 흡연에 관련된 요인은 분석하지 않았다.

IV. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

연구대상의 일반적 특성은 <표 1>에서 보는 바와 같이 대조군과 실험군은 각 20명으로서 각군의 나이의 구성비는 20~29세는 대조군 60%, 실험군 40%이며, 30~39세는 대조군 25%, 실험군 50%로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

근무연수는 대조군은 방사선에 노출 경험이 없었으나, 실험군은 5년 미만이 50%로서 가장 많았으며 15년 이상은 10%였다.

흡연에 있어서 흡연군은 대조군 60%, 실험군

2. 일반적 특성에 따른 SCE 빈도

염색체 이상은 그 생성기전과 형태에 따라 크게 염색분체형 이상(chromatid type aberration)과 염색체형 이상(chromosome type aberration)이 있으며, 본 연구에서는 염색분체형의 이상인 자매염색분체교환에 대해서 대조군과 실험군의 46개의 염색체 중 SCE가 일어난 염색체 수를 헤아려 평균 개수를 비교 분석하였다. 일반적 나이에 따른 각 표본당 10개 중기 세포를 선택하여 SCE의 빈도를 Wilcoxon rank sum으로 검정하여 관찰한 결과, <표 2>에서와 같이 대조군에서는

<표 1> 연구대상자의 일반적 특성

특 성		대조군(n=20) n(%)	실험군(n=20) n(%)	X ²	P
연 령	20~29세	12(60)	8(40)	2.27	0.264
	30~39세	5(25)	10(50)		
	40~49세	3(15)	2(10)		
근무연수	없음	20(100)	0(0)		
	5년 미만	0(0)	50(10)		
	5년 이상 10년 미만	0(0)	3(15)		
	10년 이상 15년 미만	0(0)	5(25)		
흡 연	15년 이상	0(0)	2(10)		
	흡연	12(60)	19(95)		
	비흡연	8(40)	1(5)		

<표 2> 연령에 따른 SCE의 빈도

특 성	Mean No. of SCE per 10 cell		z	P	
	대조군(n=20)	실험군(n=20)			
연 령					
	20~29세	5.15±0.91(n=12)	6.20±1.26(n=8)	1.93	0.045
	30~39세	4.64±1.60(n=5)	6.15±0.91(n=10)	1.60	0.011
	40~49세	4.86±0.32(n=3)	7.50±3.25(n=2)	1.44	0.149
평 균		4.98±1.04	6.31±1.304	3.35	0.001**

<표 3> 실험군의 근무연수에 따른 SCE의 빈도

근무연수	Mean No. of SCE per 10 cell	F	P
5년 미만	6.21±1.13(n=10)	0.64	0.597
5년 이상 10년 미만	6.37±1.69(n=3)		
10년 이상 15년 미만	5.98±0.54(n=5)		
15년 이상	7.50±3.26(n=2)		

<표 4> 흡연에 따른 SCE의 빈도

특 성	대조군	실험군	z	P
흡 연	5.18±0.94 (n=12)	6.32±1.34 (n=19)	2.55	0.016

20~29세 사이가 5.15±0.91개이며, 실험군에서 6.20±1.26개, 30~39세는 대조군 4.64±1.60개, 실험

군 6.15±0.91개로서 실험군에서 유의하게(p<0.05) 증가하였으며, 40~49세는 유의한 차이는 없었다.

그러나 나이를 평균하여 비교 분석한 결과 대조군 4.98 ± 1.04 , 실험군 6.31 ± 1.304 으로 통계학적으로 유의하게($p < 0.05$) 증가하였다.

근무연수에 따른 비교는 대조군은 근무연수가 없으므로 실험군만 비교하였다

<표 3>에서 보는 바와 같이 실험군의 근무연수에 따른 SCE의 빈도는 ANOVA로 비교 분석한 결과 근무연수가 많을수록 빈도수가 증가하는 경향을 보였으나 10년이상 15년 미만의 대상자 중 2명이 SCE 변화가 현저히 감소되어 통계학적으로 유의하지 않았다.

흡연에 따른 SCE의 빈도는 Wilcoxon rank sum으로 비교 분석한 결과 <표 4>에서와 같이 흡연자에서 대조군 5.18 ± 0.94 , 실험군 6.32 ± 1.34 로 유의하게($P < 0.05$) 빈도수가 증가하였다.

V. 고 찰

방사선 직업종사자의 외부 방사선원에 의한 개인의 피폭선량 측정은 방사선 작업시 패용하도록 되어 있는 필름 बै지나 열형광선량계 बै지 등 통상적으로 물리적 개인피폭측정선량계를 이용하고 있다.

그러나 물리적 선량계의 피폭량 측정은 피폭 당시의 여러 상황인 피폭시간, 피폭선원으로부터의 거리, 차폐제의 존재 여부, 선량계 패용위치 등에 따라 실제 피폭 유효선량을 반영하지 못할 수 있으며, 물리적 선량계를 패용하지 않은 경우는 이를 통한 피폭선량 추정이 불가능하다.

이에 따라 여러 생물학적 지표를 이용하여 피폭선량 추정을 시도하는 생물학적 선량측정 방법이 시도되고 있으며, 이중 세포유전학적인 방법으로 염색체 이상 빈도를 이용하는 생물학적 선량측정 방법이 조사자 간의 개인차가 거의 없고 방사선량을 비교적 정확히 추정할 수 있는 장점이 있어 가장 널리 이용되고 있다.

방사선 기사들에 대한 연구는 국내에서 Chung 등(1995)이 원전 종사자를 대상으로 염색체 이상에 대한 연구를 하였으나 SCE에 대해서는 거의

연구가 이루어지지 않았다.

그러므로 본 연구에서는 T시의 종합병원내 방사선 직업 종사자 20명과 대조군 20명을 대상으로 나이, 근무연수 및 흡연을 변수로 하여, 각 변수에 따른 세포내 SCE의 빈도를 조사하였다. 중기 세포 10개에서 각 세포당 총 염색체 46개 교환이 일어난 염색체 개수를 관찰하여 각 군당 평균 개수를 비교 분석한 결과 연령에 따른 SCE의 빈도는 연령이 증가함에 따라 대조군에서는 빈도가 낮았으나 실험군에서는 높은 빈도를 보였으며, 연령을 평균하여 비교한 결과 대조군에 비해 실험군에서 유의하게($p < 0.05$) 증가한 것으로 나타났다.

연령에 따른 SCE의 빈도는 Galloway 등(1986)과 Jha와 Sharma(1991)에서는 나이가 증가함에 따라서 SCE 빈도가 증가한다고 보고하였으나, Ivano 등(1978)과 Shinha 등(1986)은 나이와 염색체 이상과는 상관관계가 없다는 상반된 연구결과를 보고하였다.

본 연구에서는 나이가 증가함에 따라 실험군에서 높은 빈도를 보였으므로 Galloway 등(1986), Bigatti(1988), Jha와 Sharma(1991)의 연구와 일치하였다.

근무연수에 따른 비교에서는 5년 미만에서보다 5년 이상 10년 미만 근무한 경력이 있는 대상자의 SCE 빈도가 유의한 증가를 나타내었으나, 10년 이상 15년 미만 집단에서는 대상자 중 2명의 SCE 빈도가 현저한 감소로 인해 이 집단에서는 유의한 결과를 나타내지 않았다.

유의한 차이가 없는 결과는 Jha와 Sharma(1991)의 진단방사선과에서 5~20년 근무자를 대상으로 한 연구에서는 염색체 이상 빈도가 오히려 감소하고, Barquinero(1993)과 Bigatti(1988)가 방사선 취급 의료인을 대상으로 분석한 연구결과와도 일치하였다. 이 결과는 PHA에 반응하는 림프구의 life time과 재순환 과정 중에 손상받은 염색체가 소멸되는 것에 기인하는 것으로 여겨진다.

특히 소량의 반복적 피폭의 경우 신체 전체에 균일하지 않고 방사선량률도 일정하지 않아 단순

축적선량과 염색체 이상 빈도의 선량-반응 관계는 파악하기 어려우므로, 림프구의 생존기간과 반감기를 고려하여 축적선량을 측정하여 반응관계를 분석할 것을 제안하고 있다(Barquinero et al., 1993; Lioyd, 1980). 또한 Sasaki(1983)는 염색체 이상은 반감기가 3년 정도로 알려진 림프구의 빠른 재생 여부와 DNA 손상의 민감도, 회복 정도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

선량과 염색체 이상과의 관계를 연구한 Balasem (1993)은 원전 종사자 22명을 대상으로 이들의 피폭기록과 림프구의 반감기를 고려하여 연구하였으나 0.25~3.30mSu는 극히 적은 선량이어서 염색체 이상을 관찰하지 못하였으며, 특히 선량-반응관계를 확인하지 못하였다고 보고하였다.

그러나 Grundy(1984) 등이 사람의 림프구를 *in vivo*나 *in vitro*에서 방사선에 노출시켜 얻은 결과, X-선이 자매염색체교환을 일으키는 돌연변이 유발원이라는 연구결과와 Abramovsky(1978) 등의 연구결과와는 다르게 나타내었다.

흡연에 따른 SCE는 흡연자에서 대조군과 실험군 간에 유의한 차이($P < 0.05$)가 있는 것으로 나타났다. 이는 Obe(1979)의 연구에서 흡연이 염색체 이상을 유발한다고 보고한 결과와 일치하였으며, 또한 Littlefield(1986)의 연구에서 20년 이상 하루 최소 20개피 이상을 흡연한 6명과 비흡연인 6명을 비교 관찰한 결과와도 같았다.

그러나 Bigatti(1988)의 연구에서는 단지 흡연과 비흡연과의 차이는 없으나 이를 다시 노출군 중 흡연과 비흡연으로 나누었을 때는 대조군의 흡연자군에 비해 염색체 이상이 3배 정도 유의하게 높음을 보고하였으며, Ferrari(1991), Bauchinger(1980) 등의 연구에서는 흡연과 염색체 이상은 상관성이 없다는 결과를 보고하였다.

본 연구에서는 평균 흡연량과 흡연과 관련된 요인들을 조사하지 못하였으므로 흡연과의 연관성 여부와는 적절한 분석 변수 역할을 하지 못한

것으로 생각된다. 앞으로는 흡연의 양을 정확히 측정하여 SCE를 연구한다면 앞으로 좋은 지표 자료가 될 것으로 생각된다.

이상의 연구에서 제한점은 2개 병원의 대상자 20명을 대상으로 하여 표본수가 적어 일반화에는 어려움이 있으며, 근무연수에 따른 비교에서는 대상자 선정시 변수에 영향을 미치는 외개변수들을 고려하지 않아 염색체 이상 빈도로 선량-반응관계를 추정하는 데 파악하기 어려운 점이 많으므로 림프구와 생존기간 반감기를 고려하여 선량과 염색체 이상 빈도 간의 반응관계를 분석할 것을 제안한다.

VI. 결론 및 제언

본 연구는 실험군으로 T시의 2개의 종합병원에서 근무하는 방사선 직업 종사자 남자 20명과 대조군으로 방사선 직업 종사자가 아닌 건강한 성인 남자 20명을 대상으로 생물학적 선량 측정법인 자매염색체교환 발생 빈도를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 1) 연령에 따른 SCE 발생 빈도는 대조군에 비해 실험군이 유의하게($p < 0.05$) 증가하였다.
- 2) 실험군에서 근무연수에 따른 SCE 빈도는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
- 3) 흡연에서는 대조군에 비해 실험군에서 빈도수가 유의하게($p < 0.05$) 증가하였다.

이상의 연구결과를 토대로 볼 때 연령과 흡연이 SCE 빈도에 영향을 주는 것으로 나타났으나, 대상자 수가 적어 일반화하기에는 어려움이 있으며, 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

- 1) 흡연과의 연관성 여부를 알기 위해 흡연량과 흡연 관련 변수들을 파악하는 것이 필요하다.
- 2) 상관관계 확인을 위해 더 많은 대상자를 선정하여 반복적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- Abramosky, I., G. Voranger and K. Hirschorn(1978), Sister chromatid exchange induced by X-ray of hyman lymphocytes and the effect of L-cysteine, *Muta. Res.*, 50, 93-100.
- Balasem, A. N., A. S. K. Ali, S. Hashim and K. O. Hussain(1993), Chromosomal aberration analysis in peripheral lymphocyte in radiation workers, *Muta. Res.*, 271, 209-211.
- Bandom, W. F., G. Saccomanno, V. E. Archer, P. G. Archer and A. D. Bloom(1973), Chromosome aberrations as a biological dose response indicator of radiation, exposure in uranium miner, *Red at. Res.*, 76, 159-171.
- Barquinerio, J. F., L. Bairos, M. R. Caballin, R. Miro, M. Ribasand, and A. Subias(1993), Cytogenetic analysis of lymphocytes from hospital workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation, *Muta. Res.*, 286, 275-279.
- Bauchinger, M. J., Koin-Gerresheim, E. Schmid and J. Drespo(1980), Chromosome analysis of nuclear-power plant workers, *Int. J. Radiat. Biol.*, 38, 577-581.
- Bauchinger, M. H., Eckerl, and G. Drexker (1984), Chromosome dosimetry and occupational radiation exposure, *Radiat. Protect, Dosimetry*, 2, 93-97.
- Bigatti P., L. Lamerti, G. Ardito and F. aamlind(1988), Cytogenetic monitoring of hospital workers exposed to low-level ionizing radiation, *Muta. res.*, 204, 343-334.
- Brewer, J. G., R. J. Preston, K. P. Jones and D. G. Gossles(1973), Genetic hazards of ionizing radiations : Cytogenetic extrapolation from mouse to man, *Muta. Res.*, 17, 245-254.
- Carrano, A. V., Thomson, L. H., Lindl, P. A., et al.(1978), Sister chromatid exchange as an indicator of mutagenesis, *Nature*, 271, 551-553.
- Casarett, A. P.(1989), *Radiation biology*, Prentice-Hall Inc., 1-27.
- Chung, H. W., E. K. Ryu, K. J. Kim, and S. H. Ha(1995), Chromosome aberrations in workers of nuclear-power plants, *Muta. Res. in press*.
- Clemenger & Scott(1973), A comparison of chromosome aberration yield in rabbit blood lymphocytes irradiated in vitro and in vivo, *Int. J. Radiat. Biol.*, 24, 487-496.
- Evans, H. J.(1979), The induction of aberrations in human chromosome following exposure to mutagens/carcinogens, Elsevier, Amsterdam, 329-344.
- Evans, H. J., K. E. Buckton, G. E. Hamilton and A. Carothers(1979), Radiation induced chromosome aberration in nuclear-dockyard workers, *Nature*, 277, 53-534.
- Ferrari, M., M. Artuso, S. Bonassi, Z. Cavalieri, D. Pescatore, E. Marchini and V. Pisano(1991), Cytogenetic biomonitoring of an Italian population exposed to pesticides ; Chromosome aberration and sister- chromatid exchange analysis in peripheral blood lymphocyte, *Muta. Res.*, 260, 105-115.
- Gailoway, S. M., P. K. Berry, W. W. Nichols, S. R. Wolman, K. A. Soper, P. D. Stolley and P. Archer(1986), Chromosome aberration in individual occupationally exposed to ethylene oxide and in a large control populations, *Muta. Res.*, 170, 55-74.
- Grundys. S., L. Varga and M.A. Bender, (1984), Sister chromatid exchange frequency in human

- lymphocytes exposed to ionizing radiation *in vivo* and *in vitro*, *Radia. Res.*, 100, 47-54.
- Gundency et al., (1989), Chromosomal aberrations in healthy persons. *Muta. Res.*, 120, 187-191.
- Hall, E. J.(1985), Radiobiology for the radiologist-direct action and indirect action, 9-12.
- Ivanov, B., L. Draskov and M. Mileva(1978), Spontaneous chromosomal aberration levels in human peripheral lymphocytes, *Muta. Res.*, 52, 421-426.
- Jha, A. N., Sharma, T.(1991), Enhanced frequency of chromosome aberration in workers occupationally exposed to diagnostic X-rays, *Muta. Res.*, 260, 343-348.
- Kato, H.(1977), Mechanisms for sister chromatid exchanges and their relation to the production of chromosomal aberration, *Chromosoma*. 59, 179-191.
- Langlands, A. O., Smith, P. G., Buckton, K. E., Woodcock, G. E., McLelland, J.(1968), Chromosome damages by irradiation, *Nature*, 218, 1133-1135.
- Latt, S. A.,(1974), Localization of SCE in human chromosome, *Science*, 135, 74-76.
- Littlefield, L. G., Joiner, E. E.(1986). Analysis of chromosome aberrations in lymphocytes of long-term heavy smokers, *Muta. Res.*, 170, 145-150.
- Lloyd, D. C., Purrtt, R. J. and Reeder, E. J.(1980), The influence of unstable chromosome aberrations in peripheral blood lymphocytes from unirradiated occupationally exposed people, *Muta. Res.*, 72, 523-532.
- Morgan, W. F., Crossen, D. F.(1977), The incidence of sister chromatid exchange in cultured human lymphocytes, *Muta. Res.*, 42, 305-312.
- Muller, H. J.(1927), Artificial transmutation of the age, *Science*, 66, 84-87.
- Obe, G., Herba, J.(1978), Chromosome aberrations in heavy smokers, *Hum. Genet.*, 41, 259-263.
- Perry, P., Evans, H. J.(1975), Cytological detection of mutagen-carcinogen exposure by sister chromatid exchange, *Nature*, 258, 121-125.
- Perry, P., Wolff, S.(1974), New Giemsa method for the differential staining sister chromatid, *Nature*, 251, 156-158.
- Pizzarello, D. J.(1982), Medical radiation biology, Lea & Febiger, 1-14.
- Preston et al.,(1980), The effect of cytosine arabinoside on the frequency of X-ray induced chromosome aberrations in normal human lymphocytes, *Mutat. Res.*, 69, 71-79.
- Sasaki M. S.(1983), Use of lymphocytes chromosome aberrations in biological dosimetry : possibilities and limitations, radiation, induced chromosome damage in man, Alan R. Liss, New York., 585-604.
- Shafer D. A.(1977), Replication bypass model sister chromatid exchanges and implication for Bloom's syndrome and Fanconi's anemia, *Hum Genet.*, 39, 177-190.
- Sharma, T. and B. C. Das(1984), The effect of storage of blood on the yield of X-ray induced chromosome aberrations and spontaneous sister chromatid exchanges, *Int. J. Radiat. Biol.*, 45, 151-158.
- Shinha, A. K., Linscombe, A., Goolapudi, B. and Park, C. P.(1986), Cytogenetic variability of lymphocytes from phenotypically normal men ; influence of age, smoking, season, and sample storage, *J. of Toxicology and Environmental Health.*, 17, 327-345.

- Stadler, L. J.(1928a), Genetic effects of X-rays in maize, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 14, 69-75.
- Stadler, L. J.(1928b), Mutation in barely induced by X-rays and radium, *Science*, 68, 186.
- Stetka, D. G., Wolff, S.(1976), Sister chromatid exchanges as an assay for genetic damage induced by mutagenic and carcinogens II in vitro test for compounds requiring metabolic activation, *Muta. Res.*, 41, 343-350.
- Stetka, D. G.(1979), Further analysis of the replication bypass model for sister chromatid exchange, *Hum. Genet.*, 49, 63-69.
- Taylor, J. H., P. S. Woods and W. L. Hughs(1957), The organization and duplication of chromosome as revealed by autoradiographic studies using tritium labelled thymidine, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 43, 122-138.
- Tucker, J. D., Christensen, M. L., Strout, C. L., et al.(1986), Determination of baseline sister chromatid exchange frequency in human and mouse peripheral lymphocytes using monoclonal antibodies and very low doses of bromodeoxyuridine, *Cytogenet Cell Genet.*, 43, 38-42.
- Tough, I. M., Buckton, K. E., Baikie, A. G., Court-Brown, W. M.(1960), X-ray induced chromosome damage in man, *Lancet*, II, 849-851.
- Zoetelie, J., Broerse, J. J.(1990), Dosimetry for radiation accidents ; present status and prospects for biological dosimeters, *Int. J. Radiat. Biol.*, 57, 737-750