

방송국 송신소 전자파 노출의 인체 영향에 대한 생태학적 연구

박수경* · 임형준** · 하미나***

* 동국의대 예방의학교실,
** 서울의대 예방의학교실,
*** 단국의대 예방의학교실

I. 서 론

전자기장이 인체에 미치는 건강영향에 대한 공중 보건학적인 관심이 점차 높아지고 있다. 이중 특히 무선주파수 대역의 전자기장(Radiofrequency-electromagnetic field, RF-EMF)에 대한 노출은 무선 정보 통신 시스템의 사용이 급속하게 지속적으로 보급됨에 따라 이들의 건강영향이 국민들에게 중요한 관심사가 되고 있어 보건학적인 평가가 시급한 실정이다.

무선주파수 통신 영역에는 AM/FM 라디오, VHF(very high frequency)와 UHF(ultra-high frequency) 텔레비전, Pagers, 이방향 라디오, 레이더, 핸드폰 등이 포함되는데, 그 중 300 Hz~3000 GHz 사이의 파장을 가지는 것을 방송파(RF)라고 정의하고 있다(World Health Organization, 1993). 특히 라디오와 TV 방송국 송신소의 전자기장은 주로 1,000 kHz~1,000 MHz 대역의 주파수로 형성되고 있다.

현재까지 알려져 있는 RF-EMF의 생체 영향은 고농도 노출로 인한 가열 반응이 일어나는 것으로 알려져 있고, 이에 대해서 노출 지침이 정해져 있으나, 인체 영향에 대해서는 유해성 여부에 관해 역학적 연구뿐 아니라 동물학적 연구에서도 증거가 불충분한 상황이다(World Health Organization, 1993).

RF-EMF가 인체 영향에 대한 역학적 연구들은 연구 대상자와 연구형태에 따라 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째 유형은 AM/FM 라디오와 텔레비전 송신소 주변으로부터 떨어져 있는 거리를

중심으로 고농도 노출 및 저농도 노출지역으로 구분하여 사망율이나 이환율을 관찰한 생태학적 연구 형태인데, 일부의 연구에서 백혈병의 초과 발생 혹은 초과 사망이 의심되고는 있으나(Maskarlne and Cooper, 1993; Hocking et al., 1996; Dolk et al., 1997), 또 다른 연구에서는 동일한 경향성이 관찰되지 않고 있다(Selvin et al., 1992; Knox et al., 1997). 이러한 상반된 결과는 생태학적 연구가 가지는 근본적인 한계점, 즉 개개인으로부터 얻은 정보를 토대로 하는 분석과 집단 혹은 지역을 단위로 하여 얻은 정보로부터 얻은 결과의 차이에서 비롯되는 소위 생태학적 오류나 혹은 노출 평가의 부정확성, 교란변수에 대한 정보가 부족함으로 인한 교란변수를 통제하지 못한 등에서 그 이유를 찾을 수 있다. 다른 연구유형은 전자기장에 직업력에 기초하여 노출 여부를 분류한 직업군 코호트 연구 혹은 직업군에 대한 노출 대상자 등록을 통한 연구이다. 이러한 유형의 연구 중 상당수에서 암 사망의 증가(Lin et al., 1985; Speers et al., 1988; Prescon-Martin et al., 1989; Gallagher et al., 1991), 혈액-림프종의 발생 증가(Calle et al., 1985; Milham 1988; Robinson et al., 1991), 유방암(Tynes et al., 1996)과 뇌암(Milham 1988)의 발생을 증가가 보고되었으나 암 발생 위험 증가가 관찰되지 않은 연구(Elwood, 1999)도 있어 논란의 여지가 있다. 뿐만 아니라 일반 인구에서의 노출은 직업적인 노출에 비해 드물게 일어나므로 발생율이나 사망률 자체에 미치는 기여도가 매우 낮다고 할 수 있다. 즉 지금까지의 연구결과들

에 따르면 전자파의 유해성에 대해 여러 가지 이견이 존재하고 있으며, 국내에서는 이에 대한 연구가 많이 이루어지지 못하여 방송파의 건강 영향에 대한 기초자료가 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 통계청에서 생산하는 우리나라 사망통계자료와 인구센서스 자료를 이용하여 백혈병, 악성림프종, 뇌암, 유방암에 대하여 방송국 송신소를 포함하고 있는 노출지역과 이와 비슷한 인구 규모를 가지고 같은 도 내에 위치하면서 반경 2 km 이내에 방송국 송신소가 없는 대조지역을 선정하여 사망률을 비교함으로써 그 연관성에 대해 고찰해 보고자 하였다.

II. 본 론

2-1 연구 대상 및 방법

2-1-1 연구대상 지역의 선정

노출지역은 우리 나라의 주요 AM 라디오 방송국 송신소 총 62개소 중, 출력이 100 KW 이상인 송신소 11개 지역의 주변 반경 2 km 이내에 포함된 모든 동, 면 지역으로 정의하였다. 그러나 우리 나라 사망자료의 주소지 단위가 시군구 단위로 보고되고 있어 실제의 노출지역은 반경 2 km보다 넓은 지역으로서, 즉 반경 2 km를 포함하고 있는 시군구로 설정되었다. 대조지역은 노출지역과 동일한 도에 위치하고 있으면서 비슷한 인구규모를 가진, 반경 2 km 이내에 방송국 송신소가 없는 지역으로써, 노출지역 당 4군데, 총 40군데의 지역이 대조지역으로 선정되었다. 동일한 도 지역 내에서 네 군데의 대조지역을 모두 선정할 수 없는 경우 가장 가까운 인근 도 지역에서 선정하였다. 제주도의 경우 북제주군, 남제주군으로 크게 구분되어 있어 1:4의 비로 노출지역과 대조지역을 설정할 수 없어서 제외하여 연구대상 노출지역은 10군데의 방송국 송신소가 있는 지

역이 포함되었다.

2-1-2 연구에 이용한 자료

1994~1995년도의 시군 자치구를 중심으로 정기적으로 수집되고 있는 전국 사망자료에서 4가지 암종으로 인한 사망 수를 산출하였고, 노출지역과 대조지역의 성별·연령별 인구는 1990년 인구센서스 자료를 이용하였다.

1994~1995년 사망자료의 경우, 사망자의 사망주소지는 법률 제 4774호(1994. 8. 3. 공포, 1995년 전반기동안 시행)로 도농통폐합이 되기 이전의 행정단위로 보고되었는데, 직할시나 특별시에서는 각 구 단위로, 기타 시에서는 시 단위로, 군에서는 군 단위로 수집·기록되어 있었다. 5년마다 한번씩 조사되고 있는 인구센서스 자료는 대개 11월 1일 시점으로 조사되므로 1995년의 경우 도농통폐합 후의 바뀐 주소지별로 수집되어진 자료이므로 사망자료의 지역 단위와 동일하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 사망자료와의 지역 단위를 동일하게 하기 위하여 도농 통합되기 전 시, 군, 구 별 인구통계 중 사망자료의 사망 일자와 가장 근접한 1990년 인구센서스 자료를 이용하였다.

2-1-3 암 사망자수 산출

암 사망자는 아래와 같은 방법으로 선별하였다. 사망자료에서 1994년 1월 1일부터 1995년 12월 31일까지 사망한 사람 중 암(ICD-9 code 140-208 & 230-238, ICD-10 code C00-C99 & D00-D09)으로 사망한 자는 총 97,927명으로 그 중 주민등록번호에 오류가 있는 경우를 제외한 97,817 명을 '전체 암'의 잠정적 대상으로 선정하였고, 동일 기간 중 악성림프종(ICD-9 code 200-202, ICD-10 code C81-C85), 백혈병(ICD-9 code 204-208, ICD-10 code C91-C95), 뇌암(ICD-9 code 191-192, ICD-10 code C70-C72)으

로 사망한 자는 각각 1,794, 2,667, 1,897명이었다. 이 중에서 개인식별자에 오류가 있는 경우를 제외 한 후 악성림프종 1,793명, 백혈병 2,667명, 뇌암 1,896 명을 암 사망자로 선정하였다. 유방암의 경우 동일 기간 중 유방암(ICD-9 code 174, ICD-10 code C50) 으로 사망한 여성은 1,723명으로써 그 중 개인식별 자에 오류가 없는 1,721명을 유방암 사망자로 선정 하였다. 이들 중에서 사망 주소지가 노출지역 및 대 조지역과 일치하는 자를 선정하여 각각의 지역에서 의 암 사망자수로 간주하였다.

2-1-4 통계적 분석

노출지역과 대조지역에서 10만명당 성별, 연령별 조사사망률을 산출하였고, 두 지역간 조사사망률의 비교 를 위하여 성별, 연령별 조사사망률비(crude mortality rate ratio)를 산출하였다. 노출지역과 대조지역에서 의 인구분포의 차이를 보정하기 위하여 WHO에서 정한 세계표준인구를 이용하여 직접표준화법으로 각 지역에서 연령보정 사망률을 산출하고 표준화 사망 률비(SMR, standardized mortality rate ratio)와 95% 신뢰구간으로써 유의성을 검정하였다. 노출지역의 10만명당 사망률이 10미만인 경우에는 Byar's app roximation 법을, 10이상인 경우에는 square root법 을 이용하여 95 % 신뢰구간을 산출하였다. 사망률 비의 그 95 % 신뢰구간에 대한 수식은 아래와 같다 (Breslow & Day, 1987).

* 사망률 비의 95% 신뢰구간

$$\text{SMR} = \frac{\text{mortality rate in exposed area}(D)}{\text{mortality rate in control area}(E)}$$

$$\text{SMR}_{\text{upper limit}} = \text{SMR} \times \mu_{\text{upper limit}}$$

$$\text{SMR}_{\text{lower limit}} = \text{SMR} \times \mu_{\text{lower limit}}$$

① $D < 10$

$$\mu_{\text{upper limit}} = \left(1 - \frac{1}{9D} - \frac{Z_{\alpha/2}}{3\sqrt{D}}\right)^3$$

$$\mu_{\text{lower limit}} =$$

$$\left(\frac{D+1}{D}\right) \left(1 - \frac{1}{9(D+1)} - \frac{Z_{\alpha/2}}{3\sqrt{D+1}}\right)^3$$

② $D \geq 10$

$$\mu_{\text{lower limit}} = \left(1 - \frac{Z_{\alpha/2}}{2\sqrt{D}}\right)^2$$

$$\mu_{\text{upper limit}} =$$

$$\left(\frac{D+1}{D}\right) \left(1 + \frac{Z_{\alpha/2}}{2\sqrt{D+1}}\right)^2$$

2-2 연구결과

악성 림프종의 연령별 조사사망률은 남자에서는 50 ~54세와 70~74세에서, 여자에서는 45~49세, 65 ~69세 및 75~79세의 고 연령층에서 노출지역이 대조지역에 비하여 더 높은 사망률을 보였다. 그러나 나머지 연령층인 청장년층과 소아에서는 두 지 역에서 유의한 사망률의 차이를 보이지 않았다. 두 지역의 인구분포의 차이를 보정하여 산출한 연령보 정 표준화사망률은 10만명 당 노출지역이 1.9명, 대 조지역 사망률은 1.3명으로 노출지역이 대조지역에 비해 1.5배 사망률이 높았으나 통계학적으로 유의 하지 않았다(95 % 신뢰구간 = 0.2~5.5). 남자의 경 우 노출지역이 10만명당 2.2명, 대조지역이 1.7명, 여자의 경우 노출지역이 1.7명, 대조지역이 0.9명으 로써, 남녀 모두 노출지역의 사망률이 대조지역에 비해 1.3배(95 % 신뢰구간 = 0.2~4.5), 1.9배(95 % 신뢰구간 = 0.2~7.5) 높았으나 통계학적 유의성은 없었다(Table 1).

백혈병의 연령별 사망률은 남자에서 5~9세, 30 ~39세, 70세 이상의 연령대에서, 여자에서는 25~ 29세, 55~59세, 70~79세에서 노출지역에서 더 높 은 사망률을 보였다. 그러나 나머지 연령대에서는

<Table 1> 악성 림프종의 인구 10 만명당 성별·연령별 조사사망률비 (95 % 신뢰구간)

연령별 조사사망율	전체			남			녀		
	노출 지역	대조 지역	사망률비 (95 %신뢰구간)	노출 지역	대조 지역	사망률비 (95 %신뢰구간)	노출 지역	대조 지역	사망률비 (95 %신뢰구간)
0-4	0.00	0.17	-	0.00	0.14	-	0.00	0.20	-
5-9	0.47	0.07	6.0 (0.0-59.1)	0.86	0.13	6.4 (0.0-39.7)	0.00	0.00	-
10-14	0.45	0.08	5.4 (0.0-55.0)	0.00	0.00	-	0.93	0.19	4.8 (0.0-28.3)
15-19	0.75	0.37	2.0 (0.0-13.7)	0.74	0.52	1.4 (0.0- 9.7)	0.76	0.17	4.4 (0.0-29.5)
20-24	0.39	0.37	1.1 (0.0-11.8)	0.69	0.24	2.8 (0.0-20.4)	0.00	0.58	-
25-29	0.00	0.21	-	0.00	0.11	-	0.00	0.34	-
30-34	2.30	0.41	5.5 (0.8-18.4)	1.68	0.47	3.6 (0.3-14.2)	3.05	0.33	9.0 (1.9-26.1)
35-39	3.34	0.89	3.7 (0.8-10.4)	2.71	1.20	2.3 (0.4- 6.9)	3.96	0.47	8.4 (2.2-21.5)
40-44	0.83	1.21	0.7 (0.0- 4.4)	1.70	1.37	1.2 (0.1- 4.9)	0.00	0.97	-
45-49	2.59	1.12	2.3 (0.4- 7.3)	1.76	1.42	1.2 (0.1- 4.8)	3.40	0.72	4.7 (1.1-12.9)
50-54	4.72	2.00	2.4 (0.7- 5.6)	7.94	1.53	5.2 (2.2-10.2)	1.56	2.56	0.6 (0.0- 2.5)
55-59	5.22	5.02	1.0 (0.3- 2.4)	1.82	5.73	0.3 (0.0- 1.2)	8.34	4.19	2.0 (0.9- 3.9)
60-64	5.59	7.31	0.8 (0.3- 1.7)	6.94	11.15	0.6 (0.2- 1.3)	4.33	3.23	1.3 (0.4- 3.3)
65-69	14.49	8.13	1.8 (1.0- 3.0)	16.00	12.27	1.3 (0.7- 2.1)	13.24	3.93	3.4 (1.8- 5.7)
70-74	24.51	10.73	2.3 (1.5- 3.4)	47.24	11.65	4.1 (3.0- 5.4)	7.74	9.87	0.8 (0.3- 1.6)
75-79	16.84	16.10	1.0 (0.6- 1.7)	17.07	27.79	0.6 (0.4- 1.0)	16.70	6.00	2.8 (1.6- 4.5)
80<=	0.00	9.53	-	0.00	16.34	-	0.00	5.19	-
연령보정 표준화사망율	1.9*	1.3*	1.5 (0.2-5.5)	2.2*	1.7*	1.3 (0.2-4.5)	1.7*	0.9*	1.9 (0.2-7.5)

*, 세계표준인구를 표준인구로 한 연령보정 표준화 사망률

유의하지 않거나 더 낮은 사망률을 보였다. 두 지역의 인구분포의 차이를 보정한 표준화 사망율에서는 노출지역의 경우 10만명당 3.8명, 대조지역의 경우 2.2명으로 폭로지역이 대조지역에 비해 1.7배 사망률이 높게 나왔으나 통계학적으로 유의하지 않았다(95 % 신뢰구간=0.5~4.6). 남자의 경우 노출지역이 대조지역에 비하여 1.9배(95 % 신뢰구간=0.6~4.6), 여자의 경우 1.6배(95 % 신뢰구간=0.3~4.5) 높게 나왔으나 통계학적 유의성은 없었다(Table 2).

뇌암의 조사사망률은 남자의 경우는 45~54세, 75세 이상 연령층에서, 여자의 경우 55~59세, 65~69세 연령층에서 노출지역의 사망률이 높게 관찰되었다. 그러나 그 이외의 연령층에서는 유의하지 않거나 오히려 더 낮은 사망률을 보였다. 뇌암의 경우 사망 수가 적어 해당 연령층 내에 한 명의 사망자도 없는 구간이 있으며 사망률비의 95 % 신뢰구간도 매우 넓었다. 두 지역의 인구분포의 차이를 보정한

연령보정 표준화 사망률은 노출지역이 10만명당 3.8명, 대조지역은 2.2명으로 노출지역이 대조지역에 비해 1.7 배 높게 관찰되었으나 통계학적으로 유의하지 않았다(95 % 신뢰구간 = 0.5~4.6). 남자의 경우 1.9배, 여자의 경우 1.6배 노출지역에서 더 높은 사망률을 보였으나 통계학적 유의성은 없었다 (Table 3).

여성 유방암에 대한 연령별 사망률은 대조지역에 비해 노출지역의 사망률이 40~49세 연령층에서 높은 사망률을 보였으나, 그 이후의 연령에서는 오히려 더 낮은 사망률을 보였다. 세계표준인구로 두 지역의 인구분포의 차이를 보정한 연령보정 표준화 사망률은 10만명당 노출지역이 3.5명, 대조지역이 2.5명으로 폭로지역이 대조지역에 비해 1.4배 높았으나 통계학적으로 유의하지 않았다(95 % 신뢰구간 =0.3~3.8) (Table 4).

<Table 2> 백혈병의 인구 10 만명당 성별·연령별 사망률과 사망률 비

(95 % 신뢰구간)

연령별 조사망률	전체			남			녀		
	노출지역 조사망률	대조지역 조사망률	조사망률비 (95%신뢰구간)	폭로지역 조사망률	대조지역 조사망률	조사망률비 (95%신뢰구간)	폭로지역 조사망률	대조지역 조사망률	조사망률비 (95%신뢰구간)
0-4	2.7	1.4	1.9 (0.3-5.7)	3.9	2.2	1.8 (0.5- 4.7)	1.2	0.4	2.8 (0.1-14.1)
5-9	3.8	1.1	3.5 (0.9-9.1)	6.1	1.5	4.1 (1.5- 8.9)	1.0	0.6	1.9 (0.0-10.1)
10-14	4.1	1.7	2.3 (0.6-5.9)	2.6	1.5	1.8 (0.3- 5.6)	5.6	2.1	2.6 (0.9- 5.9)
15-19	2.3	1.5	1.5 (0.2-5.1)	2.2	1.7	1.3 (0.2- 4.4)	2.3	1.2	1.9 (0.3- 6.3)
20-24	3.2	1.6	2.0 (0.4-5.7)	3.5	1.5	2.4 (0.6- 6.4)	2.8	1.8	1.6 (0.3- 4.8)
25-29	5.1	1.3	3.8 (1.2-8.8)	3.8	1.2	3.2 (0.8- 8.5)	6.6	1.6	4.2 (1.6- 8.9)
30-34	3.7	1.3	2.8 (0.7-7.4)	5.1	1.5	3.3 (1.1- 7.6)	2.0	1.0	2.0 (0.2- 7.1)
35-39	4.7	1.2	3.9 (1.2-9.4)	6.8	1.0	6.6 (2.6-13.7)	2.6	1.4	1.9 (0.3- 5.8)
40-44	2.5	2.4	1.0 (0.2-3.3)	1.7	2.5	0.7 (0.1- 2.7)	3.3	2.3	1.4 (0.3- 4.0)
45-49	0.9	2.9	0.3 (0.0-1.9)	1.8	2.6	0.7 (0.1- 2.7)	0.0	3.3	-
50-54	3.1	3.3	0.9 (0.2-2.7)	4.8	3.4	1.4 (0.4- 3.3)	1.6	3.3	0.5 (0.0- 2.0)
55-59	6.1	4.4	1.4 (0.5-3.0)	3.6	5.0	0.7 (0.2- 1.9)	8.3	3.8	2.2 (1.0- 4.3)
60-64	7.8	8.1	1.0 (0.4-1.9)	13.9	8.6	1.6 (0.9- 2.7)	2.2	7.5	0.3 (0.0- 1.0)
65-69	8.7	8.8	1.0 (0.4-1.9)	12.8	10.3	1.2 (0.7- 2.1)	5.3	7.2	0.7 (0.2- 1.7)
70-74	13.4	8.2	1.6 (0.9-2.8)	10.5	9.5	1.1 (0.5- 2.0)	15.5	6.9	2.2 (1.3- 3.7)
75-79	16.8	4.8	3.5 (2.0-5.6)	17.1	5.2	3.3 (1.9- 5.3)	16.7	4.5	3.7 (2.1- 6.0)
80<=	17.4	7.4	2.3 (1.4-3.7)	30.8	8.2	3.8 (2.6- 5.4)	12.1	6.9	1.7 (0.9- 3.1)
연령보정 표준화사망률	3.8*	2.2*	1.7 (0.5-4.6)	4.5*	2.4*	1.9 (0.6- 4.6)	3.1*	2.0*	1.6 (0.3- 4.5)

* , 세계표준인구를 표준인구로 한 연령보정 표준화 사망률

III. 고 찰

일반적으로 악성 림프종 중 호지킨 림프종의 경우 연령별 분포상에서 20대, 50대, 70세 이상에서 호발되고 있고, 비호지킨 림프종의 경우는 연령 증가에 따라 계속적으로 발생이 증가한다(Schottenfeld & Fraumeni, 1996). 본 연구에서 악성 림프종의 연령별 조사망률은 호발 연령의 주변 연령에서 노출 지역의 사망률이 대조지역에 비해 높게 관찰되었다. 이러한 결과는 통계학적 우연이나 교란변수의 효과 혹은 비뮴립 등의 영향이 배제된다면, 전자파 노출이 악성 림프종의 예후를 악화시킨 결과 대조지역에 비해 사망이 더 빨라지게 된 것으로 해석할 가능성도 있다. 여자의 악성 림프종 사망의 경우, 30~39세 층에서의 사망률비의 95 % 신뢰구간이 매우 넓어, 8배라는 사망률비는 실제 사망의 차이보다는

오히려 적은 표본수로 인한 우연일 가능성이 높다고 볼 수 있다.

악성 림프종과는 달리 일반적으로 급성 임파성 백혈병의 경우 5세 이하 군에서 가장 많고, 점차 감소되었다가 40대를 기점으로 다시 증가되어 연령 증가에 따라 발생이 증가하는 경향을 보이는 반면, 급성 골수성 백혈병은 연령증가에 따라 계속 증가하여 60대에서 최고 발생율을 나타내고, 만성백혈병의 경우 역시 급성 골수성 백혈병과 같이 연령 증가에 따라 계속 증가하는 경향성을 보인다(Schottenfeld & Fraumeni, 1996). 본 연구에서 백혈병의 조사망률의 경우 노출지역이 대조지역에 비해 통계학적으로 유의하게 증가하지 않으나, 70세 이상 연령에서는 노출지역에서 유의하게 더 높은 사망률을 보이고 있어, 장기간의 전자파 노출로 인하여 백혈병 사망이 군집된 결과일 가능성을 의심할 수 있다. 그러나 본 연구는 실제의 개개인이 해당 지역에서 거

<Table 3> 뇌암의 인구 10 만명당 성별·연령별 사망률과 사망률 비

(95 % 신뢰구간)

연령별 조사사망율	전체			남			녀		
	폭로 지역	대조 지역	사망률비 (95 %신뢰구간)	폭로 지역	대조 지역	사망률비 (95 %신뢰구간)	폭로 지역	대조 지역	사망률비 (95 %신뢰구간)
0-4	1.1	0.3	4.2 (0.1-22.3)	1.0	0.0	-	1.2	0.6	1.9 (0.1- 9.4)
5-9	0.5	0.8	0.6 (0.0- 5.9)	0.9	0.4	2.1 (0.0-13.2)	0.0	1.3	-
10-14	0.5	0.5	0.9 (0.0- 9.2)	0.0	0.4	-	0.9	0.6	1.6 (0.0- 9.4)
15-19	1.1	0.4	3.0 (0.1-15.4)	2.2	0.4	5.7 (0.8-19.3)	0.0	0.3	-
20-24	1.2	0.5	2.3 (0.1-11.2)	2.1	0.6	3.4 (0.4-11.9)	0.0	0.4	-
25-29	0.8	0.4	2.0 (0.0-12.6)	0.0	0.5	-	1.9	0.3	5.4 (0.5-20.3)
30-34	0.5	0.6	0.8 (0.0- 8.2)	0.8	0.9	0.9 (0.0- 5.6)	0.0	0.0	-
35-39	2.0	0.8	2.5 (0.3- 9.1)	2.7	0.9	3.2 (0.6- 9.7)	1.3	0.7	1.9 (0.1- 8.6)
40-44	1.7	1.2	1.4 (0.1- 5.5)	0.0	1.1	-	3.3	1.3	2.5 (0.6- 7.1)
45-49	1.7	1.0	1.8 (0.2- 7.1)	3.5	0.9	4.1 (1.0-11.1)	0.0	1.1	-
50-54	3.9	2.2	1.8 (0.5- 4.7)	4.8	0.9	5.2 (1.6-12.3)	3.1	3.7	0.9 (0.2- 2.4)
55-59	7.8	3.7	2.1 (0.9- 4.2)	7.3	4.3	1.7 (0.7- 3.4)	8.3	2.9	2.8 (1.3- 5.5)
60-64	5.6	7.8	0.8 (0.2- 1.6)	4.6	7.6	0.6 (0.2- 1.5)	6.5	8.1	0.8 (0.3- 1.7)
65-69	14.5	8.8	1.6 (0.9- 2.8)	12.8	11.6	1.1 (0.6- 1.9)	15.9	5.9	2.7 (1.5- 4.4)
70-74	6.7	10.7	0.6 (0.2- 1.3)	15.7	9.5	1.7 (0.9- 2.7)	0.0	11.9	-
75-79	13.5	8.9	1.5 (0.8- 2.6)	25.6	8.7	2.9 (1.9- 4.3)	5.6	9.0	0.6 (0.2- 1.4)
80<=	8.7	12.7	0.7 (0.3- 1.3)	30.8	10.9	2.8 (1.9- 4.0)	0.0	13.9	-
연령보정 표준화사망율	2.0*	1.4*	1.4 (0.2- 5.2)	2.5*	1.3*	1.8 (0.3- 5.9)	1.7*	1.5*	1.1 (0.1- 4.6)

*, 세계표준인구를 표준인구로 한 연령보정 표준화 사망률

주한 기간에 대한 정보가 없어 단정적인 가설을 수립하기에는 많은 한계를 가지고 있다.

뇌암의 경우 관찰 사망 수가 적어 2개 년도의 사망 수로써 전체적 경향성을 판단하기에는 미흡한 상황이다.

유방암의 경우, 노출지역의 경우 일반적으로 유방암 주 사망 연령대로 알려진 50세 이후 연령대 이전인 40~49세에서 사망률이 급격하게 증가되어 있어 유방암 조기 사망의 가능성을 생각할 수 있다.

지금까지 알려진 기존의 연구결과로는 전자기장에의 노출이 암과의 어떠한 관련성이 있는지에 대한 정확한 기전은 알려져 있지 않으나 다음과 같은 여러 가지 가능성이 있다. 첫째로는 전자기장이 어떤 형식으로든 직접 암을 유발할 가능성이 있다. 그러나, 현재까지 알려진 여러 동물 실험 및 인간을 대상으로 한 실험에서 볼 때 전자기장의 직접적인

돌연변이 유발효과는 불확실한 것으로 알려져 있다. 둘째로, 전자기장이 일으키는 간접적인 영향이 직접 암을 유발할 가능성이다. 예를 들어 방송국 송신소 주변의 전자기장이 주변 환경에 존재하는 환경 발암물질의 분포를 변화시켜 결과적으로 암을 유발할 가능성이 있을 것이다. 그러나, 방송국 송신소 주변의 전자기장의 강도가 이러한 변화를 유발할 정도인가에 관해서는 아직까지 명확하지 않다. 셋째, 전자기장이 인체의 정상적인 생리학적 과정에 영향을 주어 간접적인 방법으로 암을 발생시킬 가능성이 있다. 그리고 네 번째 가능성은 전자기장과 암발생간의 현재까지 알려진 관련성이 제 3의 요인에 의해 실제와 다른 잘못된 관련성일 가능성이 있겠다. 이들 요인에 대해서는 아래에 더 자세하게 다루겠지만 이러한 요인들의 보정을 위해서는 보다 분석적인 연구가 필요하다.

<Table 4> 여성 유방암의 인구 10 만명당 연령별 사망률과 사망률비 (95 % 신뢰구간)

연령별 조사사망율	노출지역	대조지역	사망률비 (95 % 신뢰구간)
0-4	0.0	0.0	-
5-9	0.0	0.0	-
10-14	0.0	0.0	-
15-19	0.0	0.0	-
20-24	0.0	0.2	-
25-29	0.0	0.5	-
30-34	4.1	2.7	1.5 (0.4-3.8)
35-39	5.3	3.8	1.4 (0.5-3.2)
40-44	14.8	4.6	3.3 (1.8-5.4)
45-49	11.9	4.7	2.5 (1.3-4.4)
50-54	4.7	8.8	0.5 (0.2-1.3)
55-59	16.7	10.5	1.6 (0.9-2.6)
60-64	8.7	11.8	0.7 (0.3-1.4)
65-69	5.3	9.2	0.6 (0.2-1.3)
70-74	3.9	4.9	0.8 (0.2-2.0)
75-79	11.1	15.0	0.7 (0.4-1.3)
80<=	6.1	6.9	0.9 (0.3-1.9)
연령보정 표준화사망율	3.5*	2.5*	1.4 (0.3-3.8)

*, 세계표준인구를 표준인구로 한 연령보정 표준화 사망률

본 사망자료에서의 연구 결과로서 방송국 송신소 주변에 거주하는 것이 암사망율을 증가 혹은 감소시킨다는 단적인 결론을 내리기에는 다음과 같은 한계를 가지고 있다.

먼저, 본 연구에서 파악한 거주지역은 사망통계 자료에 기록되어 있는 사망당시의 거주지역이다. 이는 실제의 거주지역과 다를 가능성이 있으며, 이러한 현상이 노출군과 대조군에서 서로 다른 정도로 개입되어 있었다면, 노출 유무를 판단하는데서 분류 오류가 발생하였을 가능성을 배제할 수 없다.

둘째, 방송국 송신소로부터 전자파 노출평가의 지표로 송신소로부터 거주지까지의 거리로 삼았는데, 자료가 가진 정보의 한계상 이를 시, 군, 구 행정 단위구역으로 하였으므로, 정확한 거리가 반영되었다고 할 수 없다. 이 또한 전자파 노출평가에 있어서의 정보 비뚤림을 가져왔을 가능성이 있다.

상기와 같은 영향을 배제하기 위해서는 연구대상

자의 거주 지역에 대한 정보가 좀더 자세하게 이루어져야 하며, 해당 지역에 얼마나 살았는지에 대한 정보가 확보되어 거주기간에 따른 분석이 추가되어야 할 것이다.

셋째, 사망통계 자료에서의 사망원인 기록의 정확성 문제이다. 우리나라의 사망통계자료는 사망신고자료를 토대로 하여 작성되는데, 이중 의사가 그 원인을 기록하는 경우는 지역마다 차이가 있긴 하나 평균적으로 70 %를 넘지 못하며, 그중 서울, 경기지역의 경우에는 90 % 가까이 되지만 지방으로 갈수록 그 비율은 40 %까지도 떨어지는 경우가 있다. 물론 다른 양성질환으로 인한 사망에 비하여 암으로 인한 사망의 진단이 훨씬 더 정확할 가능성이 있다하더라도, 본 연구대상 지역이 서울, 경기 지역에 국한된 것이 아니라 전국을 포괄하고 있으므로, 이로 인한 부정확성이 연구결과에 미쳤을 영향을 배제할 수 없다.

넷째, 암 사망 자료에서 동시에 발생할 수 있는 문제점으로써 연구 결과가 노출 요인 이외의 제3의 요인에 의하여 비뚤릴 수 있는 교란 효과의 문제점이다. 본 연구와 같이 연구 목적 이외의 다른 용도로 생산된 자료 원을 이용한 연구에서 이러한 교란 변수에 대한 정보가 불충분한 경우 교란 효과로 인한 비뚤림 발생할 수 있다. 예를 들어 뇌암이나 백혈병 등의 악성 종양의 경우 유전적인 요인 및 사회경제적 요인, 흡연 등의 다양한 요인이 관여하고 있는 것으로 알려지고 있는데, 이러한 여러 가지 제3의 교란요인의 영향을 통제하고 순수하게 폭로요인인 전자기장에 의해 일어난 악성 종양을 추정하기 위해서는 각각의 연구 대상에서 다른 위험 요인에 노출된 적이 있는지를 알아내야만 하는데 본 연구의 경우 이용한 자료 원들에서 이러한 교란변수에 대한 정보를 얻을 수 없었다.

다섯째, 암사망은 매우 드물게 일어나는 사건이므로, 안정적인 통계적 검정력을 얻기 위해서는 총

분한 수의 연구대상자가 포괄되어야 한다. 그러나 본 연구에서 각 노출지역단위의 인구수는 전체를 다 합하여 8만명 정도에 지나지 않아, 적은 크기의 위험도 상승을 검정하기에는 한계를 가지고 있다. 이러한 통계적 검정력 상의 제한점은 현시점에서 방송국 송신소의 수가 제한되어 있어 폭로지역의 범위를 넓히는 것은 불가능하며 관찰 기간을 늘려서 충분한 사망 대상자 수를 확보하는 것이 유일한 대안으로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구는 AM 라디오 방송국 송신소 주변지역에서의 전자파가 지역 주민들의 전신적인 건강에 미치는 영향을 알아볼 목적으로 시행되었다. 전신적인 건강영향 중에서도 특히 악성림프종, 백혈병, 뇌암 및 유방암과 같은 악성종양에 주목하여 방송국 송신소 주변지역과 인구수로 짝짓기한 네 군데씩의 대조지역에서의 이들 연구대상 질환의 사망률 차이를 1994년부터 1995년 2개년 동안의 사망자료를 이용하여 통계학적 방법으로 검정하였다.

백혈병의 경우, 연령보정 표준화 사망율이 노출지역 10만명당 3.8명, 대조지역 2.2명으로 노출지역이 대조지역에 비해 1.7 배 높게 관찰되었으나 통계학적 유의성은 없었다(95 % 신뢰구간 = 0.5~4.6). 뇌암의 경우, 노출지역 10만명당 2.0명, 대조지역 1.4 명으로 노출지역이 1.4배 높았으나 통계학적으로 유의하지 않았고(95 % 신뢰구간 = 0.2~5.2), 유방암은 노출지역 10만명당 3.5명, 대조지역 2.5명으로 1.4배 높았으나 통계학적인 유의성은 없었다(95 % 신뢰구간 = 0.3~3.8). 4가지 암종 모두 성별에 따라서도 두 지역간 차이는 유의하지 않았다.

본 연구는 사망자료의 주소지 정보의 제한점으로 인한 전자파 노출평가에 대한 정보오류, 사망자료의 사망원인의 정확성 문제, 교란효과의 통계 불능과

불충분한 검정력 등으로 인해 방송국 송신소 주변에 거주하는 것과 암 사망율의 증감 여부에 대해 단적인 결론을 내릴 수는 없다. 차후 인과적 관련성 여부 평가를 위해서 보다 정밀한 분석역학적 연구가 필요하다.

V. 감사의 글

본 연구는 한국전자통신연구원의 재정적인 지원 및 전자파환경연구팀과의 공동연구를 통해 수행된 것으로 이에 대해 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 통계청. 1990 인구주택총조사보고서. 대한통계협회, 1992. 12.
- [2] 통계청. 1995 인구주택총조사보고서. 대한통계협회, 1997. 12.
- [3] E. Calle and D. Savitz, "Leukemia in occupational groups with presumed exposure to electrical and magnetic fields," *N. Eng. J. Med.*, vol. 313, pp. 1476-1477, 1985.
- [4] H. Dolk, P. Elliott, G. Shaddick, P. Walls and B. Thakrar, "Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain II. All high power transmitters," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 145, pp. 10-17, 1997.
- [5] H. Dolk, G. Shaddick, P. Walls, C. Grundy, B. Thakrar, I. Kleinschmidt and P. Elliott, "Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain I. Sutton Coldfield Transmitter," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 145, pp. 1-9, 1997.
- [6] J. Elwood, "A critical review of epidemiologic studies of radiofrequency exposure and human cancers," *Env. Health Perspet.*, vol. 107 suppl,

-
- pp. 155-166, 1999.
- [7] R. Gallagher, M. McBride, P. Band, J. Spindelli, W. Throlfall and S. Tamaro, "Brain cancer and exposure to electromagnetic fields," *J. Occup. Med.*, vol. 33, pp. 944-945, 1991.
- [8] B. Hocking, et al., "Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers," *Med. J. Austral.*, vol. 165, pp. 601-605, 1996.
- [9] E. G. Knox and E. A. Gilman, "Hazard proximities of childhood cancers in Great Britain from 1953~1980," *J. Epidemiol. Community Health*, vol. 51, pp. 151-159, 1997.
- [10] R. Lin, P. Dischinger, J. Conde and K. Farrell, "Occupational exposure to electromagnetic fields and the occurrence of brain tumors," *J. Occup. Med.*, vol. 26, pp. 413-419, 1985.
- [11] G. Maskarlneec and J. Cooper. "Investigation of a childhood leukemia cluster near low-frequency towers in Hawaii," *Proceedings of the 26th annual meeting of the society for Epidemiologic Research*, Keystone, Colorado, June, 16-18, 1993. *Am. J. Epidemiol.*, 666, 1993.
- [12] S. Milham, "Increased mortality in amateur radio operators due to lymphatic and hematopoietic malignancies," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 127, pp. 50-54, 1988.
- [13] R. W. Morgan, M. A. Kelsh, M. A. Kelsh, K. Zhao, A. Exuzides, S. Heringer and W. Negrete, "Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems," *Epidemiol.*, vol. 11, pp. 118-127, 2000.
- [14] S. Prescon-Martin, W. Mack and B. Henderson, "Risk factors for gliomas and meningiomas in males in Los Angeles County," *Cancer Res.*, vol. 49, pp. 6137-6143, 1989.
- [15] C. Robinson, N. Lalch, C. Bummott, "Scarino Jm Frozler T and L. Fine, Electromagnetic field exposure and leukemia mortality in the United States," *J. Occup. Med.*, vol. 33, pp. 160-162, 1991.
- [16] D. Schottenfeld, J. F. Fraumeno. *Cancer epidemiology and prevention*, second edition, pp 845, 895 & 922-923, Oxford University Press, New York Oxford, 1996.
- [17] S. Selvin, J. Schulman and D. W. Merrell, "Distance and risk measures for the analysis of special data: a study of childhood cancers," *Soc. Sci. Med.*, vol. 34, pp. 769-777, 1992.
- [18] M. Speers, J. Dobbins and V. Mill, "Occupational exposures and brain cancer mortality; a preliminary study of East Texas residences," *Am. J. Ind. Med.*, vol. 13, pp. 629-638, 1988.
- [19] S. Szmigielski, "Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high-frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation," *Sci. Total Environ.*, vol. 180, pp. 9-17, 1996.
- [20] T. Tynes, M. Hannevik, A. Anderson, A. Vismes and T. Haldomen. "Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators," *Cancer Causes Control*, vol. 7, pp. 197-204, 1996.
- [21] World Health Organization. *Electromagnetic fields (300 Hz~300 Ghz)*. Genevas, World Health Organization, 1993.

≡ 필자소개 ≡

박 수 경

동국대학교 의과대학
예방의학교실 전임강사

하 미 나

단국대학교 예방의학교실

임 형 준

서울의대 예방의학교실