

AM 라디오 방송국 송신소 인근 지역의 암 발생률

서울대학교 의과대학 예방의학교실, 단국대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾

임형준 · 하미나¹⁾ · 조수현

— Abstract —

Cancer Incidence in the Vicinity of Korean AM Radio Broadcast Towers

Hyoung-June Im, Mina Ha¹, Soo-Hun Cho

*Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine
Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine¹*

Objectives : Several studies have raised the possibility that exposure to electrical and/or magnetic fields may be particularly harmful in the promotion or initiation of cancer. The purpose of this study which was based on a geographical correlation design was to investigate any association that may exist between residing near radio broadcast towers and carcinogenic activity in Korea.

Methods : In this study, the health effects of EMF of 10 AM radio broadcast towers in Korea were investigated. The electric powers of the towers were above 100kW. We chose exposed areas that were located within 2 km from the towers as well as four control regions which had similar populations in the same province(Do) but had no towers nearby. The incidence of leukemia, malignant lymphoma, brain tumor and breast cancer between the exposed areas and the control areas was compared. The standardized incidence ratios(SIRs) were calculated. Korean Medical Insurance data(between Nov.1,1993 and Oct.31,1996) was used for the cancer incidence estimation. The Nationwide Population Census data(in 1995) and the Resident Register data(in 1995) were used for information about population and locations.

Results : Among the 10 exposed areas, one area for leukemia and one area for brain tumor showed a significantly high incidence compared to the control areas. There were no significant increased areas for malignant lymphoma and breast cancer.

Conclusions : This study design must be considered to be exploratory and not used for determining causality. However, the results suggest the necessity for further analytical epidemiological studies that have a more precise exposure measurement scale and information on confounding factors.

Key Words : Radio broadcast tower, Electromagnetic field, Cancer, Leukemia, Brain cancer

〈접수일 : 2001년 4월 16일, 채택일 : 2001년 8월 9일〉

교신저자 : 하 미 나(Tel : 041-550-3854) E-mail : minaha@anseo.dankook.ac.kr

서 론

전자기장과 인체의 건강영향에서 많은 연구가 이루어진 내용은 고압송전선에서 발생하는 주파수 60Hz 정도의 극저주파 전자기장에 노출되는 주변 지역 거주 주민들에서의 건강영향에 대한 것이다. 현재까지 이러한 극저주파 대역의 전자기장과 건강영향 사이의 인과적 관련성과 가능한 기전은 명확히 밝혀져 있지 않으나 몇몇 역학적 연구에서 환경적 또는 직업적인 전자기장에의 노출과 주로 암을 중심으로 한 인체 건강영향 사이의 관련성을 보고한 바 있다(Wertheimer 등, 1979; Olsen 등, 1993).

한편, 라디오 또는 TV 방송국 송신소에서도 이들 극저주파 전자기장과 주파수 대역은 다르지만 1000kHz에서 1000MHz 사이에 해당하는 무선주파수 대역의 전자기장이 발생하고 있다. 보다 최근에는 휴대용 무선전화, PCS 이동전화 등의 개인 휴대용 무선통신 장비의 폭발적인 보급의 증가와 이에 따른 무선기지국 안테나 등의 증가로 인하여 이러한 무선주파수 대역의 전자기장이 인체에 미치는 영향에 대한 관심이 새롭게 등장하고 있다.

이러한 무선 주파수 대역의 전자기장이 인체에 미치는 건강영향에 대한 역학적 연구들은 크게 두 가지 유형으로 나눌 수 있는데 첫번째 유형은 노출지역과 노출의 가능성이 떨어지는 지역으로 구분하여 각각의 지역에서 여러 가지 유형의 질병 발생률을 비교하는 형태의 지리적 생태학적 연구유형(Hocking 등, 1996; McKenzie 등, 1998)과 두 번째로 전자기장에 직업적으로 노출되거나 또는 최근의 이동전화에서 발생하는 전자기장에 노출되는 사람들에서의 여러 가지 질병 발생을 대조군에서의 질병 발생과 비교하는 연구 유형으로 나눌 수 있다(Robinette 등, 1980; Milham, 1988). 그러나 현재까지 여러 연구 결과들은 일관된 결론을 내지 못하고 있어 아직까지 어떤 특정한 유형의 암발생과 무선 주파수 대역의 전자기장 사이의 연관성은 확정적이지 못하며 증거 또한 매우 제한적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 우리나라에서 전자파 발생원이 인근주민의 건강에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 방송국 송신소와 그 인근 주민에서의 암 발생현황을 대조 집단과 비교하여 보고자 하였다. 이를 위하여

의료보험 청구자료, 인구센서스 자료 등의 행정적 목적으로 정기적으로 수집되어지는 자료를 이용하여 방송국 송신소 주변 지역 주민들에서의 악성림프종, 백혈병, 뇌암, 유방암 등의 암발생 현황을 파악하는 예비적 형태의 연구(생태학적 연구)를 실시하였다.

대상 및 방법

1. 연구에 이용한 자료

본 연구에서는 행정적 목적으로 정기적으로 수집되어지는 의료보험 청구자료, 인구센서스 자료를 이용하였다. 의료보험 청구자료의 경우 각급 의료기관에서 진찰한 환자에 대한 보험청구비용을 의료보험공단에 청구하기 위해 보고하는 자료중의 일부 내용을 의료보험공단에서 전산화한 자료이다. 본 연구에서 이용한 의료보험자료의 경우, 1993년 11월부터 1996년 10월 31일 까지의 자료로서 요양기관코드(환자가 이용한 병원명을 알 수 있음), 연령, 성별, 주상병, 부상병(ICD-9 또는 ICD-10 코드로 분류되어 있음), 입원/외래 진료여부, 진료시작일, 총진료청구비 등으로 이루어져 있다.

인구센서스 자료는 통계청에서 5년 간격으로 시행하는 전국민을 대상으로 한 인구조사결과로 본 연구에서 사용한 자료는 1995년도 조사결과이다. 이 자료는 전국의 읍, 면, 동 단위의 5세 간격 연령별 인구분포가 나와 있는 자료이다.

이들 환자들의 거주지에 대한 정보는 주민등록증에 기재되어 있는 거주지 주소에 대한 자료를 이용하였다. 본 연구에 사용한 자료는 1996년의 의료보험 수진자에 대한 주민등록상 거주지에 대한 자료로서, 연구대상자의 거주지에 대한 최소 동, 면 단위의 주소에 대한 정보를 이용할 수 있었다.

2. 연구 대상 지역 선정 및 인구분포 파악

우리나라의 주요 AM 라디오 방송국 송신소의 주소를 파악한 후 출력이 100KW 이상인 송신소 주변 반경 2 km 이내의 지역을 고농도 노출지역으로 정의하였다.

이 수치는 실험 자료를 수집하기 전인 문헌고찰 단계에서 정하였는데, 그 선정 이유는 현재까지 방송국 송신소에서 발생하는 무선주파수 전자기장에 대한 노출 정도를 구분하는 데 쓰일 수 있는 명확한 과학적

기준이 없고 본 연구의 특성상 명확한 노출 평가가 어려웠기 때문에 유사한 형태의 다른 생태학적 연구에서 선형적으로 쓰고 있는 기준인 반경 2 km라는 수치를 기준으로 노출 정도를 구분하였다(Dolk 1997a; Dolk 1997b).

실제로 연구 대상에 포함된 지역은 이 반경 2 km 보다 넓은 지역인데 이는 연구에 사용한 주소지 자료의 경우 대상자의 동, 면 단위의 주소밖에 얻을 수 없어 반경 2 km내에 포함된 모든 동, 면을 포함시켰기 때문이다. 총 10곳의 노출지역을 선정한 이후 각각의 노출지역에 대해 지리적으로 가까운 지역에 위치하고 비슷한 인구규모의 반경 2 km 이내에 방송국 송신소가 없는 지역으로 총 네 곳의 대조지역을 선정하였다. 이들 노출지역과 대조지역의 인구분포를 알기 위해 1995년도 인구센서스 자료에서 해당 지역의 남녀 성별, 5세 간격 연령별 인구분포를 구하였다. 이 과정에서 인구센서스 자료상의 동, 면 별 인구분포는 우리나라의 최소행정단위인 동, 읍, 면사무소가 관할하는 행정동명인데 반해 주민등록상의 거주지는 법정동 자료로 서로 일치하지 않는 문제가 있어 1995년에 통계청에서 발행된 1995년 대한민국 행정구역 조사자료를 이용하여 해당 지역의 법정동과 행정동을 일치시켜 인구분포를 구하였다.

3. 연구대상질환 선정

본 연구에서는 방송국 송신소 주변의 무선 주파수대의 전자파의 노출과 악성 종양과의 관련성에 초점을 맞추기로 하였다. 현재 극저주파 전자파와의 관련성이 제기되고 있는 백혈병, 악성림프종의 혈액 종양 질환과 뇌암, 그리고 호르몬 의존성 암이 전자파의 노출과 연관성이 있을 수 있다는 가설이 제기되고 있는 점을 감안하여(Forssen 등, 2000) 유방암을 연구대상질환으로 선정하였다. 백혈병 및 악성림프종의 질환의 경우 최초로 전자파와의 관련성이 제기되어진 질환이며 주로 고압송전선 주변 지역의 어린아이들에서 이러한 혈액종양의 발생률에 대한 여러 연구가 있었으며(Feychting 등, 1993; Green 등, 1999; UK Childhood Cancer Study Investigators, 1999), 뇌암의 경우 주로 전자파에 노출되는 직업군에 대한 사망률 연구에서 관련성을 보고한 연구가 일부 있으며(Szmigielski, 1996), 유방암의 경우는 본 연구대상질환 중 관련성의 가능성은 가장 낮지만 일

부 연구에서 관련성이 연구되고 있어(Feychting 등, 1998), 본 연구의 대상질환에 포함하였다.

각 질병군에 해당되는 ICD-9 및 ICD-10 코드는 악성림프종의 경우 ICD-9 코드로 200, 201, 202, ICD-10 코드로 C81, C82, C83, C84, C85인 경우로 하였다. 백혈병의 경우 ICD-9 코드로 204, 205, 206, 207, 208, ICD-10 코드로 C91, C92, C93, C94, C95인 경우로 하였다. 뇌암의 경우 ICD-9 코드로 191, 192, ICD-10 코드로 C70, C71, C72로 하였다. 마지막으로 유방암의 경우 ICD-9 코드로 174, ICD-10 코드로 C50으로 하였다.

4. 연구대상자 선정

연구 기간인 1993년 11월 1일부터 1996년 10월 31일까지 사이의 기간동안 해당지역에서의 연구대상질환의 발생자 수를 구하기 위하여 의료보험자료를 이용하여 동기간동안 악성림프종, 백혈병, 뇌암 및 유방암으로 치료를 받아 의료보험이 청구된 연령이 10세 이상의 대상자를 추출하였다. 10세 미만 어린이의 경우 전산 자료의 형태로 이용할 수 있는 거주지에 대한 자료가 없어 부득이 제외하였다. 같은 기간동안 같은 질환으로 여러 번 진료를 받은 사람의 경우 최초 진료만 추출해 내기 위하여 동일인임을 구별해낸 후 동일인에서의 재진 청구는 삭제하고 초진인 경우에 한해서만 대상자로 선정하였다. 이들 선정된 대상자들의 1996년 당시의 거주지가 연구대상지역에 해당되는 사람들만을 재차 추출하였다.

5. 통계적 분석

10개의 노출지역과 각각의 노출지역에 대한 4개의 대조지역의 발생률 비교에 간접표준화법을 이용하여 분석하였다. 구체적으로 4개의 대조지역에서 각각의 인구분포와 질병 발생자수를 구하였고 이들 각각의 결과를 합하여 4개 대조지역의 총 5세 간격 연령별 성별 인구분포와 연령별 성별 질병 발생자수를 구하였다. 이로부터 대조지역에서 연령별 질병 발생률을 구하였고 이를 고농도 노출지역의 연령별 인구분포에 곱하여 각각의 연령군에서 해당질환의 기대발생수를 구하였다. 노출지역에서 실제로 발생한 환자수를 기대발생수로 나누어 표준화발생비(Standardized incidence ratio, SIR)를 구하였다.

구해진 표준화발생비의 통계적 유의성 검정은 두

Table 1. The output of power from the AM radio broadcast towers in the exposed areas and the number of population over the ages of 10 in the exposed and control areas

Exposed area			Control area	
District	Output of power	Population (Number of person)	District	Population (Number of person)
A	500 kW	47,341	A1	73,138
			A2	82,468
			A3	73,410
			A4	79,925
B	500 kW	8,827	B1	8,031
			B2	12,391
			B3	10,132
			B4	
C	100 kW	8,660	C1	11,710
			C2	12,796
			C3	18,913
			C4	13,652
D	100 kW	14,522	D1	17,317
			D2	14,698
			D3	9,331
			D4	14,498
E	250 kW	3,152	E1	3,141
			E2	3,732
			E3	3,508
			E4	3,755
F	250 kW	31,857	F1	28,579
			F2	26,466
			F3	32,437
			F4	26,455
G	100 kW	3,443	G1	8,959
			G2	5,710
			G3	6,768
			G4	6,386
H	500 kW	4,182	H1	4,220
			H2	4,761
			H3	4,362
			H4	5,334
I	100 kW	16,795	I1	18,905
			I2	28,271
			I3	18,629
			I4	24,532
J	250 kW	18,580	J1	16,226
			J2	16,896
			J3	17,174
			J4	13,653

가지 방법을 이용하여 구하였는데, 구체적으로 기대 발생수가 5보다 큰 경우는 카이제곱 분포를 가정한 근사법을 이용하여 유의수준 0.05에서 그 통계학적 유의성을 검정하였고, 기대발생수가 5 이하인 경우에는 카이제곱 분포에의 근사가 힘들기 때문에 포아송 분포를 가정한 직접법을 이용하여 유의수준 0.05에서 통계학적 유의성을 검정하였다(Rosner, 1990).

결 과

전국의 주요 AM 라디오 방송국의 송신소 중 100~500 Kw 출력 송신소의 인구와 각 네군데의 대조지역에 대한 내용이 Table 1에 나와 있다. 노출

지역의 경계는 해당 송신소 반경 2 km 이내의 지역으로 선정하였다.

노출지역 10곳과 각각에 대해 짝지어진 4곳의 대조지역 사이의 간접표준화법에 의한 표준화발생비의 분석 결과는 다음과 같다.

악성림프종의 경우 10곳 중 6곳에서 실제 암발생자수가 기대암 발생자수보다 많았으나 모두 다 통계학적으로 유의하지는 않았다(Table 2). 백혈병의 경우 10군데 중 6군데에서 실제 암발생자수가 많았으나 통계학적으로 유의하게 발생이 증가한 곳은 한군데였다. 유의하게 발생이 감소한 곳도 한 곳이 있었다. 유의한 증가가 있었던 F지역이었는데 이들 지역의 방송국 송신소의 출력은 250 kW이다. 한편 암발생자수의 유의

Table 2. The standardized incidence ratios of malignant lymphoma in the exposed areas

Exposed area	Observed No. of case	Expected No. of case	Standardized incidence ratio
A	11	12.4	88.7
B	4	3.2	127.1
C	3	1.7	175.5
D	2	2.1	94.6
E	2	0.9	216.6
F	6	6.3	95.8
G	1	0.3	356.6
H	1	0.7	139.5
I	3	4.2	71.4
J	5	3.0	169.2

*p-value<0.05

Table 3. The standardized incidence ratios of leukemia in the exposed areas

Exposed area	Observed No. of case	Expected No. of case	Standardized incidence ratio
A	6	13.2	45.4*
B	2	1.9	107.3
C	5	3.0	168.9
D	1	1.7	58.6
E	0	0.2	0.0
F	6	1.9	309.6*
G	0	1.0	0.0
H	2	0.4	517.8
I	3	2.6	117.2
J	6	2.7	221.7

*p-value<0.05

한 감소를 보인 지역은 유의한 증가를 보인 지역보다 고농도 노출지역인 A지역으로 이곳은 출력 500 kW의 송신소가 있는 지역이었다(Table 3). 뇌암의 경우 10군데 중 6군데에서 실제 암발생자수가 기대 암발생자수보다 많았으나, 통계적으로 유의하게 발생이 증가한 곳은 한군데로 100kW 출력의 송신소가 위치해 있는 I 지역이었다(Table 4). 유방암의 경우 10곳 중 6곳에서 실제 암발생자수의 증가가 있었으나 어느 것도 통계적으로 유의하지 않았다(Table 5).

고 찰

각 대상지역의 암발생률을 간접표준화법을 이용하여 검정한 결과에서는 일관되지 않은 결과를 보였는

데, 백혈병에서 F지역, 뇌암에서 I 지역에서 유의한 발생률의 증가를 보였고 나머지 지역은 유의한 발생률의 증가를 나타내지 않았다. 또한 이에 비해 고농도 노출지역인 출력 500 kW의 송신소가 위치한 A 지역의 경우는 대조지역에 비해 백혈병의 발생률이 오히려 유의하게 낮았다.

전자기장의 건강영향에 대한 많은 연구가 소아에서의 건강 영향을 다루고 있는데 반하여 본 연구에서는 10세 미만 소아에 대한 주소지 자료를 확보할 수 없었다. 만약 추가적으로 이루어지는 보완 연구에서 소아 연령군 대의 정보를 추가로 얻을 수 있다면, 이 연령군대에 한정하여 분석을 하는 것이 전 연령대의 자료를 연령 표준화하는 것보다 적합할 것으로 보인다. 이는 소아 연령대의 경우 전자기장에서의

Table 4. The standardized incidence ratios of brain cancer in the exposed areas

Exposed area	Observed No. of case	Expected No. of case	Standardized incidence ratio
A	10	7.7	129.2
B	4	2.1	190.2
C	2	2.2	92.9
D	5	1.7	153.7
E	0	0.7	0.0
F	4	4.7	84.7
G	1	0.5	213.3
H	2	1.1	186.6
I	8	2.1	379.1*
J	6	6.2	97.6

*p-value<0.05

Table 5. The standardized incidence ratios of breast cancer in the exposure areas

Exposed area	Observed No. of case	Expected No. of case	Standardized incidence ratio
A	31	37.4	83.0
B	7	6.6	106.0
C	16	10.2	157.5
D	5	4.7	150.3
E	2	1.3	159.0
F	12	13.0	92.0
G	1	2.4	42.4
H	3	1.4	211.6
I	7	5.3	132.9
J	6	8.4	71.4

*p-value<0.05

감수성이 다른 연령대와 비교하여 다를 가능성이 있기 때문이다.

본 연구와 유사한 형태의 지리적 생태학적 연구로 Hocking 등(1996)은 호주의 한 지역에 위치한 TV 송신국 주변 지역에서 대조 지역과 비교하였을 때 전 연령군의 백혈병과 소아 백혈병의 발생률이 유의하게 높다는 연구 결과를 발표했으며, McKenzie 등(1998)은 Hocking의 연구가 이루어진 것과 같은 지역에서 동 기간동안 재조사를 하였는데, 그 결과 송신소 주변 지역 중 한 곳에서 소아 백혈병의 증가를 발견하였으나 다른 지역들에서의 증가는 관찰할 수 없었고, 발생한 소아 백혈병도 방송국 송신소가 송출을 하기 전에 발생한 경우가 대부분이었다고 하였다. 한편 Dolk 등(1997a)은 영국 서튼콜드필드 지역의 FM/TV 방송국 송신소 주변의 백혈병과 림프종의 초과발생에 대한 연구에서 방송국 송신소 주변 2 km 이내의 지역에서 성인의 백혈병과 피부암의 발생률이 증가되었다고 하였다. Dolk 등(1997b)은 이후 자신의 연구를 영국내의 20곳에 달하는 다른 고출력 FM/TV 송신소에까지 확대하였으며, 피부 흑색종, 성인 백혈병, 방광암, 소아 백혈병 및 소아 뇌암 등과의 관련성에 대하여 조사하였다. 그러나 이 대규모 연구에서는 자신의 선행 연구결과(Dolk 등, 1997a)와 호주의 Hocking 등(1996)의 연구와 달리 거리에 따른 암 발생률의 감소 또는 증가가 없었다고 하였다.

또한 Robinette(1980), Milham (1988) 등의 연구에서는 무선주파수대의 전자기장에 직업적으로 노출되었을 가능성이 있는 사람들에서 여러 종류의 암발생률을 대조군과 비교하였다. 이들 연구는 사망 진단서에 기재되어 있는 직무명 또는 직업명으로부터 확률적으로 전자기장에의 노출정도를 추정해 낸다는 한계가 있으나 모두 공통적으로 암발생률의 증가를 확인할 수 없다고 보고하였다. Szmigielski(1996)는 폴란드에서 무선주파수대의 전자기장에 노출된 군인들에 대한 연구에서 뇌암, 백혈병, 림프종등의 발생률이 증가하였다고 보고하였으나, 이 연구에서 사용된 자료 수집 또는 분석 방법들이 적절하지 못하고, 노출에 대한 평가가 매우 부족하다는 비판을 받고 있다.

Morgan(2000)은 무선 이동 전화 제조업체인 모토로라사에 근무한 노동자들에서 직무명을 근거로

고농도, 중등도, 저농도 전자기장 노출군으로 나눈 뒤 각 군에서 뇌암, 림프종, 백혈병을 중심으로 한 암사망률의 차이를 비교하였는데 중등도 또는 고농도 노출군에서 저농도 노출군에 비해 뇌암, 백혈병, 림프종의 초과 발생이 없었다고 보고하였다.

Rothman(1996)은 미국에서 25만명 이상의 이동 전화 사용자들의 의무기록에 대한 연구조사결과 차량용 이동전화 사용자와 휴대용 이동전화 사용자 사이의 사망률에 차이가 없다고 하였으며, 동일한 연구 대상에 대하여 1999년에 이루어진 추적관찰연구에서(Dreyer, 1999)도 차량용 이동전화 사용자와 휴대용 이동전화 사용자 사이의 전체 암 사망률, 백혈병, 뇌암등의 사망률에 차이가 없다고 하였다. Hardell(1999)은 스웨덴의 이동 전화 사용자들에서의 뇌암에 대한 연구를 수행하였다. 전자기장에서의 노출정도의 평가는 설문조사를 통하여 이루어졌으며 핸드프리장치의 사용 또는 차량용 이동 전화의 사용은 노출군에서 제외하여 분석한 결과 이동전화사용자에서 뇌암 발생률의 증가가 없었고 양반응관계도 없었다고 하였다. 그러나, 주로 설문조사를 통하여 주로 이동전화를 사용하는 쪽에 대한 정보를 얻어 각 대상에서 이동전화를 사용하는 손과 동측의 측두엽, 또는 후두엽, 측두두정엽 부위의 뇌암만으로 질병 발생을 한정하여 분석하였을 때는 통계학적으로 유의하지는 않지만 초과발생이 있었다고 하였다.

현재까지 전자기장에 대한 연구는 전자기장에서의 노출이 매우 광범위하게 일어나고 있다는 공중보건학적인 중요성으로 인하여 전자기장에서의 노출과 암 발생과의 연관성에 대한 낮은 수준의 역학적 연구 형태가 주를 이루고 있고, 기전을 밝히기 위한 생물학적, 독성학적 연구와 보다 분석적인 역학적 연구가 부족하다. 그러나, 현재까지 이루어진 여러 실험실적 연구결과들은 대체로 전자기장 자체가 세포수준에서 직접적인 돌연변이를 일으킬 가능성은 희박하다고 일관되게 보고하고 있다(Moulder 1998; McCann 1998). 또한, 전자기장이 발암 현상의 직접적인 원인이 아니라 다른 제 3의 요인과 연관되어 있을 가능성도 있으나 현재까지 이러한 요인에 대해 알려진 바는 없다(ELF-EMF European Feasibility Study Group 1997).

서론에서 잠시 언급한 바와 같이 본 연구는 연구 설계 상 본질적으로 인과관계를 증명하기 위함은 아니며, 단지 차후의 보다 인과적인 관련성을 규명하는

데에 필요한 분석적 연구의 필요성과 그 근거를 얻기 위해 수행된 예비적인 형태의 역학연구이다. 따라서 본 연구 결과를 곧바로 방송국 송신소 주변 주민의 건강영향에 대한 결론으로 끌어가는 데에는 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 연구 대상의 선정과 관련한 선택 비뮈립의 문제점이다. 본 연구의 특성상 연구 대상 질환의 발생이 실제로 방송국 송신소 주변 지역에서 거주하고 있는 사람에서 발생된 경우에 한정되어야만 하는데 본 연구에서 사용한 주민등록증에 기재되어 있는 주소지는 실제 연구 대상자의 거주지와 차이가 있을 수 있다. 이러한 연구 대상자의 선정과 관련된 오류가 연구 결과에 미치는 영향에 대해서는 정확하게 예측하기는 힘들겠지만 노출지역과 대조지역에서 이러한 오류의 발생 비율이 거의 일정하다면 그 방향성이 관련성을 희석하는 쪽으로 향하겠으나 만약 일정하지 않고 두 지역 사이에 차이가 존재한다면 그 방향성을 예측하기가 힘들다.

둘째, 전자파에 대한 노출평가의 문제이다. 본 연구결과는 연구 대상자의 무선 주파수에 대한 노출유무를 방송국 송신소까지의 거리로 판정을 하였는데 주소지 자료의 한계 상 연구대상자 주소지의 동,면까지의 정보밖에 얻을 수 없어 실제 거주지와 방송국 송신소 사이의 정확한 거리를 알 수 없었다. 만약 질병 발생자에서의 실제 전자기장에서의 노출정도가 비발생자에서의 실제 전자기장에서의 노출 정도보다 낮다면 이 경우 질병 발생과 전자기장과의 관련성을 주장하기는 어렵다.

셋째, 연구 대상의 진단명의 정확도와 관련된 정보 비뮈립의 문제점이다. 본 연구에 사용한 의료보험 자료는 의학적인 목적이 아닌 의료보험 청구용으로 생산된 자료이기 때문에 진단의 정확성에 문제가 있을 수 있다. 의료보험 자료에 나와 있는 진단명의 정확도는 의료기관의 종류(1차, 2차, 3차 의료기관), 질환의 종류 등에 따라 매우 다양하다고 알려져 있다.

본 연구에서는 의료보험자료상 한 번이라도 암상병으로 청구된 적이 있는 경우 모두 암이 발생한 경우로 포함하였는데 이 경우 위양성 암발생률이 많이 포함될 가능성이 있다. 진단명의 정확도를 높이기 위하여서는 진단의료기관을 2,3차 의료기관으로 제한하거나 진단명 청구가 2회 이상인 경우로 제한하는 방법등을 쓸 수 있으나, 이러한 방법이 진단명의 정확도에 미치는 객관적인 증거에 대한 자료가 없으

며, 또한 연구 지역이 중,소 도시와 농촌 지역으로 나뉘어져 있어 의료의 접근성에 차이가 있을 가능성이 있어 부득이하게 위의 기준을 쓸 수 밖에 없었다. 현재까지 의료보험 진단명 자료의 정확성에 대한 구체적 자료가 부족하여 이러한 오류가 결과에 미칠 영향을 예측한다는 것은 힘들다고 할 수 있다. 그러나, 이 경우 발생한 정보 비뮈립의 특성상 노출지역과 비노출지역에서 비차별적 분류오류(nondifferential misclassification error)가 일어났을 가능성이 높기 때문에, 결과는 실제의 관련성을 희석하는 쪽으로 나타났을 가능성이 높다고 할 수 있다.

넷째, 일반적으로 노출 요인 이외의 교란 변수에 의해서도 연구 결과는 영향을 받을 수 있다. 특히 본 연구와 같이 연구 목적 이외의 다른 용도로 생산된 자료원을 이용한 연구에서 이러한 교란 변수에 대한 통제가 불충분한 경우 심각한 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어 뇌암이나 백혈병 등의 악성 종양의 경우 유전적인 요인 및 환경적 요인, 사회경제적 요인, 흡연 등의 다양한 요인이 관여하고 있는 것으로 알려지고 있는데, 본 연구에서 이용한 자료에서는 이러한 교란변수에 대한 정보를 얻는 것은 불가능하였다.

이러한 비뮈립의 문제 이외에도 본 연구의 연구 대상 질환과 같은 악성 종양 질환에서는 통계적 검정력의 문제(우연성의 문제)가 발생할 수 있다. 이들 질환은 일반 인구집단에서 매우 드물게 일어나는 질환으로 대개의 경우 인구 100,000명 당 몇 명 또는 몇 십 명 정도로 발생하게 된다. 현재 방송국 송신소 주변 지역들의 경우 대개 중, 소규모의 도시이거나 또는 면 단위의 농촌 지역으로서, 노출지역으로 선정된 지역의 경우 전체 인구를 합하여도 약 8만 명 정도밖에 되지 않아 이와 같이 드문 질환의 발생에서 아주 적은 위험도의 상승을 통계적으로 유의한 방법으로 검정하기 위해서는 결국 관찰 기간을 늘리는 방법으로 연구에 필요한 적절한 연구대상수를 확보해야 하나, 본 연구의 경우 의료보험 자료 및 다른 연구 자료들의 접근성의 제한점으로 인하여 1994년부터 1996년까지의 3년의 기간동안의 질병발생건수로 한정할 수 밖에 없었다는 한계점이 있다.

위에서 언급한 선택 비뮈립, 정보 비뮈립, 교란 효과에 의한 영향을 배제하기 위해서는 발생한 질환에 대하여 의무기록열람을 통해 직접 질병의 진단명 및 발생원인, 대상자의 거주지역에 대한 정보를 얻고

가능한 경우 대상자 또는 가까운 가족과 직접 접촉하여 노출 요인 이외의 다른 제 3의 변수에 대한 자료를 얻는 방법 등이 필요하다. 또한 전자파 노출에 대한 정확한 평가는 개별적인 측정이나 환경 측정 그리고 과거 방송국 송신시간 및 출력 등에 관한 기록자료를 이용한 노출평가 모델링 등의 방법을 동원하여야 할 것이다. 통계적 검정력 상의 제한점은 현 시점에서 방송국 송신소의 수가 제한되어 있어 노출 지역의 범위를 넓히는 것은 불가능하며 관찰 기간을 늘려서 충분한 대상 질환의 발생 수를 확보하는 것이 유일한 대안으로 생각된다. 향후에 이러한 것들은 보다 장기적이고 분석적인 역학 연구를 통해 이루어져야 할 것이다.

요 약

목적 : 본 연구에서는 의료보험 청구자료, 인구센서스 자료를 이용하여 방송국 송신소 주변 지역 주민들에서의 전자파 노출과 악성림프종, 백혈병, 뇌암, 유방암 등의 암 발생과의 관련성을 연구하고자 하였다.

방법 : 출력이 100 Kw 이상인 라디오 방송국 송신소의 반경 2 km 이내에 위치한 10개의 지역을 전자파 노출지역으로 선정하고, 각각의 노출지역에 대해 비슷한 인구규모의 방송국 송신소가 없는 네 개의 대조지역을 선정하였다. 1995년에 시행된 전국민 인구센서스 자료와 1993년 11월부터 1996년 10월 사이의 기간동안 청구된 의료보험자료를 이용하여 연구 대상 지역의 인구 분포와 악성림프종, 백혈병, 뇌암, 유방암의 진단명으로 진료를 받은 사람에 대한 정보를 얻었으며, 이를 이용하여 노출지역과 대조지역의 해당 암의 표준화발생비를 구하여 유의성을 검정하였다.

결과 : 총 10개 지역중 백혈병의 경우 한 지역에서 발생률의 유의한 증가를 그리고 다른 한 지역에서 발생률의 유의한 감소를 보였고, 뇌암의 경우 한 지역에서 발생률의 유의한 증가를 보였으나 그 이외의 지역에서는 일관된 결과를 보이지 않았다. 악성림프종 및 유방암의 경우 연구 대상지역 모두에서 발생률의 유의한 차이는 없었다.

결론 : 본 연구는 향후 보다 분석적인 연구 수행을 위한 단계적 생태학적 연구형태를 취하고 있어 본

연구 결과로서 전자파와 암발생간의 인과관계를 명확히 할 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 전자파와 암발생과의 관련성을 연구하기 위해서는 본 연구에서 파악된 노출지역과 대조지역의 연구대상자에 대한 교란변수 및 보다 정교한 전자파 노출 정보등을 파악하여 환자-대조군 연구형태와 같은 분석적인 연구를 수행하는 것이 필요하리라 생각된다.

감사의 글

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

참고문헌

Dolk H, Elliot P, Shaddick G, Walls P, Thakrar B. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain I. Sutton Coldfield Transmitter. *Am J Epidemiol* 1997a;145:1-9.

Dreyer NA, Loughlin JE, Rothman KJ. Cause-specific mortality in cellular telephone users. *JAMA* 1999;282:1814-1816.

Dolk H, Shaddick G, Walls P, Grundy C, Thakrar B, Kleinschmidt I, Elliot P. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain II. All high power transmitters. *Am J Epidemiol* 1997b;145:10-17.

ELF-EMF European Feasibility Study Group. Need for a European Approach to the effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on cancer. *Scand J Work Environ Health* 1997;23:5-14.

Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. *Am J Epidemiol*. 1993;138:467-481.

Feychting M, Forssen U, Rutqvist LE, Ahlbom A. Magnetic fields and breast cancer in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology*. 1998;9:392-397.

Forssen UM, Feychting M, Rutqvist LE, Floderus B, Ahlbom A. Occupational and residential magnetic field exposure and breast cancer in females. *Epidemiol* 2000;11:24-29.

Green LM, Miller AB, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Villeneuve PJ et al. Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada.

- Cancer Causes Control. 1999;10:233-243.
- Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Hansson Mild K. Use of cellular telephones and the risk of brain tumors: a case-control study. *Int J Oncol*. 1999;15:113-116.
- Hocking B et al. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Austral* 1996;165:601-605.
- McCann J. Cancer risk assessment of extremely low frequency electric and magnetic fields: A critical review of methodology. *Environ Health Perspect* 1998;106:701-717.
- McKenzie DR, Yin Y, Morrell S. Childhood incidence of acute lymphoblastic leukemia and exposure to broadcast radiation in Sydney - a second look. *Aust New Zealand J Public Health* 1998;22:360-367.
- Milham S. Increased mortality in amateur radio operators due to lymphatic and hematopoietic malignancies. *Am J Epidemiol* 1988;127:50-54.
- Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, Exuzides KA, Heringer S, Negrete W. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. *Epidemiol* 2000;11:118-127.
- Moulder JE. Power-frequency fields and cancer. *Crit Rev Biomed Eng* 1998;26:1-116.
- Olsen JH, Nielsen A, Schulgen G. Residence near high-voltage facilities and the risk of cancer in children. *BMJ* 1993;307:891-895.
- Robinette CD, Silverman C, Jablon S. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation. *Am J Epidemiol* 1980;112:39-53.
- Rosener B. Fundamentals of biostatistics 3rd ed. PWS-KENT publishing company 1990: 233-234.
- Rothman KJ, Loughlin JE, Funch DP, Dreyer NA. Overall mortality of cellular telephone customers. *Epidemiol* 1996;7:303-305.
- Szmigielski S. Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high-frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation. *Sci Total Environ* 1996;180:9-17.
- UK Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *Lancet* 1999;354:1925-1931.
- Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979;109:273-284.