

# 수돗물 불소화와 노령 인구의 고관절 골절에 대한 생태학적 연구

박은영, 황승식\*, 김재용<sup>1)</sup>, 조수현

서울대학교 의과대학 예방의학교실 및 서울대학교 의학연구원 환경의학연구소, 건강보험심사평가원 조사연구실<sup>1)</sup>

## Effects of Long-term Fluoride in Drinking Water on Risks of Hip Fracture of the Elderly: An Ecologic Study Based on Database of Hospitalization Episodes

Eun-Young Park, Seung-Sik Hwang\*, Jai-Yong Kim<sup>1)</sup>, Soo-Hun Cho

Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine & Institute of Environmental Medicine, SNUMRC, Research and Development Center, Health Insurance Review & Assessment Service<sup>1)</sup>

**Objectives** : Fluoridation of drinking water is known to decrease dental caries, particularly in children. However, the effects of fluoridated water on bone over several decades are still in controversy. To assess the risk of hip fracture related to water fluoridation, we evaluated the hip fracture-related hospitalizations of the elderly between a fluoridated city and non-fluoridated cities in Korea.

**Methods** : Cheongju as a fluoridated area and Chungju, Chuncheon, Suwon, Wonju as non-fluoridated areas were chosen for the study. We established a database of hip fracture hospitalization episode based on the claims data submitted to the Health Insurance Review Agency from January 1995 to December 2002. The hip fracture hospitalization episodes that satisfied the conditions were those that occurred in patients over 65 years old, the injuries had a hip fracture code (ICD-9 820, ICD-10 S72) and the patients were hospitalized for at least 7days. A

total of 80,558 cases of hip fracture hospitalization episodes were analyzed.

**Results** : The admission rates for hip fracture increased with the age of the men and women in both a fluoridated city and the non-fluoridated cities ( $p < 0.01$ ). The relative risk of hip fracture increased significantly both for men and women as their age increased. However, any difference in the hip fracture admission rates was not consistently observed between the fluoridated city and the non-fluoridated cities.

**Conclusions** : We cannot conclude that fluoridation of drinking water increases the risk of hip fracture in the elderly.

*J Prev Med Public Health 2008;41(3):147-152*

**Key words** : Fluoridation, Hip fracture, The elderly

## 서론

미국 미시간 주 Grand Rapids에서 최초로 음용수에 인위적으로 불소를 첨가하여 주민들에게 공급하는 수돗물 불소화사업이 시작된 이후, 미국은 전체 국민의 60.8%가 그리고 전 세계적으로는 50여 개 국의 2억 명 이상이 불소 처리된 상수를 공급받고 있다 [1,2].

우리나라에서는 1981년 진해시 그리고 1982년 청주시에서 수돗물 불소화 시범사업이 처음 실시되었고, 이러한 시범사업을 바탕으로 1992년에서 1995년에 걸쳐 청주시에서 수돗물 불소화사업의 효과 평가

를 실시하였다. 1995년 1월에는 국가 및 지방자치단체로 하여금 국민의 구강질환 예방과 구강건강 증진을 위하여 수돗물에 대한 불소화사업을 하도록 규정하고 있는 국민건강증진법을 제정하였고, 2006년 2월 현재 21개 시, 군의 26개 정수장에서 공급되는 불소화 수돗물은 1,850천 톤으로 전국 급수량의 11.5%에 이르고 있다 [3].

수돗물 불소화사업의 공중보건학적 효과에 대하여는 미국 질병관리센터(Centers for Disease Control & Prevention)가 발표한 '20세기에 공중보건사업이 이룩한 10대 업적'의 하나로써 평가되고 있을 뿐만 아니라 [4], 세계보건기구(WHO)에서도 구강

보건사업의 주요 전략으로 수돗물 불소화 사업을 권장하고 있다 [5]. 이렇듯 음용수에 인위적으로 불소를 첨가함으로써 적절량의 불소가 치아우식증을 예방할 수 있다는 구강보건학적 실증에 있어서는 상대적으로 논란의 여지가 적으나, 불소를 공급하는 방법, 즉 수돗물 불소화에 대하여는 국가 내지 지방자치단체의 사회경제적 수준과 주민의 인식 정도에 따라 달라 나타나고 있다. 우리나라에서는 국민건강증진법이 제정된 1995년에 2000년까지 전 국민의 40% 공급을 목표로 하여 총 85개 정수장으로 사업범위를 확장할 계획을 제시한 바 있었는데, 1998년에 들어서자 수돗물 불소화 논쟁이 본격적으로 시작되면서

접수: 2007년 7월 30일, 채택: 2008년 3월 17일

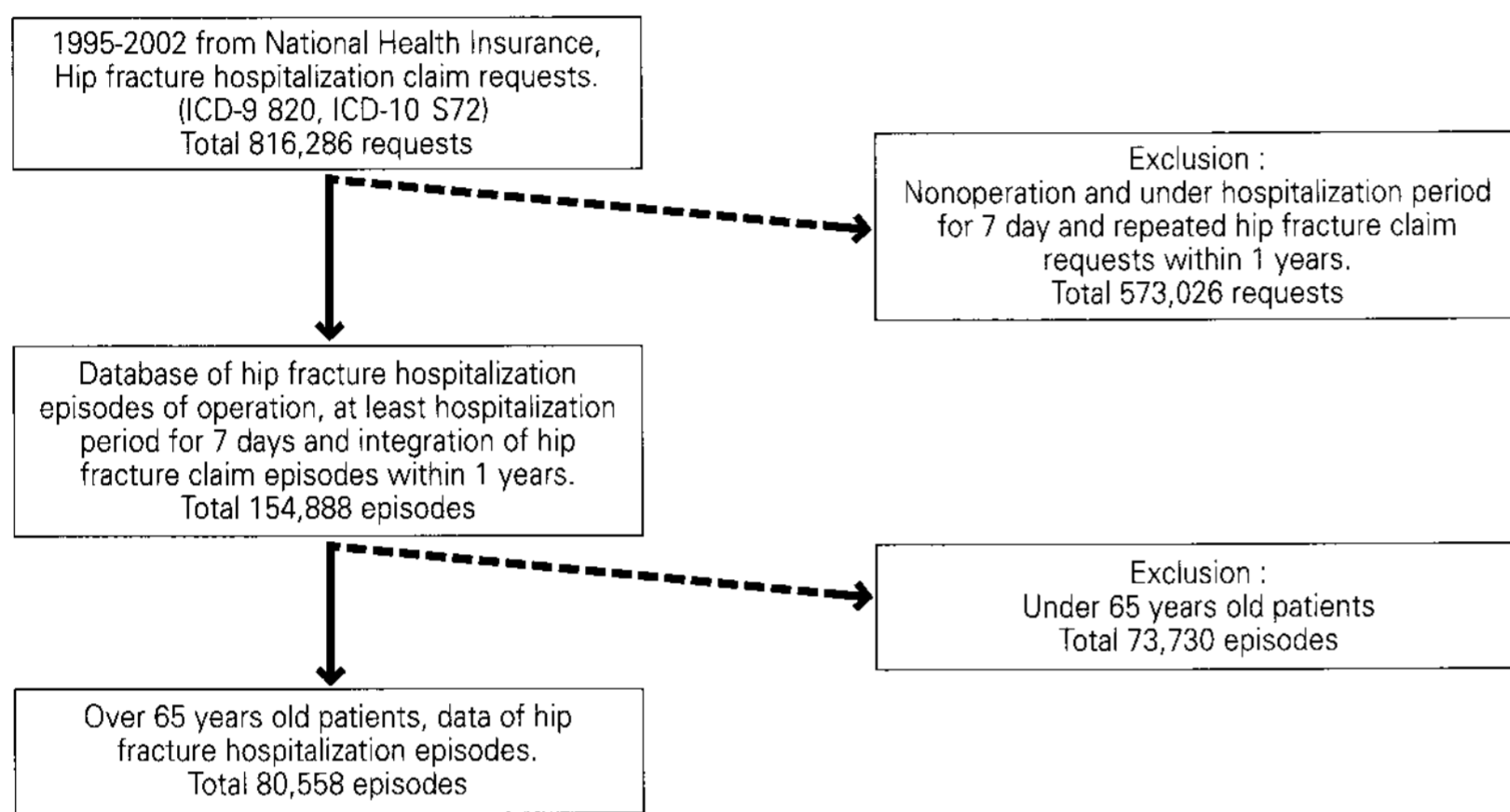
본 연구는 2003년도 서울대학교병원 일반연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

책임저자: 조수현 (서울시 종로구 연건동 28번지, 전화: 02-740-8323, 팩스: 02-747-4830, E-mail: chosuh@snu.ac.kr)

\*현소속은 인하대학교 의과대학 사회의학교실

**Table 1.** Demographic characteristics of Korea, Cheongju, Chungju, Chuncheon, Suwon, Wonju, 2000

Area	Cheongju	Chungju	Chuncheon	Suwon	Wonju	Korea
Population (n)	585,622	217,510	252,177	944,239	267,849	45,985,289
Sex						
Male (n)	291,748	110,355	125,439	475,189	134,634	23,068,181
Female (n)	293,874	107,155	126,738	469,050	133,215	22,917,108
Age (years)						
15 <	135,196	44,820	49,878	233,717	58,336	9,638,756
15 ~ 64	420,302	151,911	181,266	670,798	188,040	32,972,859
65 ≤	30,124	20,779	21,026	39,724	21,188	3,371,806
Municipal water supply (%)	94.8	74.2	85.9	98.5	77.7	87



**Figure 1.** Diagram for the construction of hip fracture admission episode among 65 years and older persons, Korea, 1995-2002.

계획 추진에 차질을 빚고 있다 [6].

수돗물 불소화사업을 반대하는 견해의 핵심적인 내용은 골절, 발암성, 신경계 영향, 생식계 영향, 치아불소증 그리고 유전자 독성 등 인체의 전신건강에 미치는 수돗물 불소화의 영향에 집중되어 있다. 이러한 문제 제기에 대하여 미국 [7], 캐나다 [8], 호주 [9], 영국 [10] 등에서 불소에 의한 인체 영향들에 대하여 총괄적인 문헌고찰 보고서들이 발표되었는데, 적정 농도에서의 상수도 불소화가 골절, 암, 다운증후군, 심장질환, 골다공증, 지능 저하, 알츠하이머병 등의 발병 위험을 증가시킨다는 주장을 수용하기에는 현재까지 발표된 문헌들에서는 의학적 증거가 불충분하다는 결론을 내리고 있다.

그러나 상수도 불소화에 따른 인체 영향에 대한 논란은 종결된 것이 아니며, 우리나라에서는 수돗물 불소화사업(2003년 7월에 수돗물 불소화사업이라는 용어에 법률상 오해 소지가 있다 하여 수돗물불소농도조정사업으로 변경하였다.)에 대한 논쟁으로 불소에 의한 건강 위해에 관한 것이 쟁점의 핵을 이루고 있다. 이러한 쟁

점의 하나인 불소화와 관련된 골절은 암, 치매 등 질환에 비하여 인과관계 구명이 비교적 용이한 분야로 여겨지고 있다. 수돗물 불소화가 골 무기질 밀도와 골절 발생에 미치는 영향에 관하여 기왕에 수행된 연구들은 골절 위험의 증가 [11,12], 영향 없음 [13], 그리고 보호효과 [14]까지 다양한 결과를 보고하고 있으나, 아직까지 우리나라에서는 이러한 연구결과들에 준하는 연구결과가 보고된 것이 없다.

질병에피소드 또는 진료에피소드(episode of care)는 역학의 기본적인 개념에 기반하여 질병의 발생부터 종료(사망, 치료 종료, 회복 등)까지를 하나의 사건으로 측정하는 단위이다. 일반적인 의료이용 관련 연구들이 입원일수와 방문일수, 투약일수 등과 같은 단위서비스를 중심으로 결과를 산출하는 것과 달리, 진료에피소드는 질병과 환자를 중심으로 지표를 산출하는 단위이다 [15].

본 연구는 고관절 골절 입원에피소드를 이용하여 수돗물 불소화 쟁점의 하나인 불소화에 따른 골절 위험과 관련된 연구를 수행하고자 하였다. 이것은 학술적 가

치뿐만 아니라 향후 수돗물불소농도조정사업의 정책 결정에 필요한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

## 연구방법

### 1. 지역 선정

수돗물 불소화사업 지역으로 충청북도 청주시를 선택하였다. 청주시는 1982년에 수돗물 불소화사업을 시범적으로 시행한 이후 1997년에 청주 정수장(광역상수도)에 불소 투입을 개시하였다. 2003년 11월 청주시 주관의 시민 설문조사 결과 수돗물불소농도조정사업에 대한 시민의 반대 의견이 많아 청주시 지북 정수장, 영운 정수장의 불소투입을 중지할 때까지 20여 년간 수돗물 불소화사업이 시행된 지역이다 [16]. 수돗물 불소화사업이 시행되지 않은 대조 지역으로는 청주시와 도시 성격과 인구 규모가 비슷한 경기도 수원시, 강원도 원주시, 강원도 춘천시, 그리고 충청북도 충주시 등 4개 도시를 선정하였다.

### 2. 지역 인구의 산출

통계청에서 실시한 1995년과 2000년도 전국인구주택총조사를 통해 전국과 청주, 수원, 원주, 춘천, 충주시에서 조사된 인구를 분모로 이용하였다. 남녀별로 5세 구간으로 나누어 65세 이상의 연령군을 5개 연령군(65-69세, 70-74세, 75-79세, 80-84세, 85세 이상)으로 구분하여 분석하였다.

### 3. 고관절 골절 입원에피소드 데이터 베이스의 구축

1995년 1월부터 2002년 12월까지 8년간 건강보험심사평가원에 청구된 진료개시월별 청구자료를 이용하여 분리 청구 건들을 연결한 입원 에피소드 데이터베이스를 구축하여 입원 에피소드를 분석 단위로 가공하였다. 해당 기간 동안 전국 병의원 의료기관에 방문한 입원 에피소드 중 정형외과 전문의의 자문을 통해 조작적 기준을 설정하였다. 65세 이상 연령의 환자로서, 주상병 코드가 고관절 골절(ICD-9 820, ICD-10 S72)이고, 수술코드가 부여되었으며, 재원기간이 최소 7일 이상

인 경우에 한하여 고관절 골절 입원 에피소드로 정하였다. 구축된 고관절 골절 입원 에피소드 데이터베이스에는 동일인의 중복 에피소드가 발생하게 되는데 질환의 특성을 고려하여 개별 입원 에피소드의 간격이 1년 이내인 경우는 동일 에피소드로 묶어서 총 80,558건의 입원 에피소드를 구축하였다 (Figure 1). 골절과 같은 급성 손상은 악성종양과 달리 환자의 주거지와 의료기관 소재지가 달라질 가능성이 낮을 것으로 추정하여, 지역 구분은 의료기관 소재지를 중심으로 하였다.

#### 4. 고관절 골절 입원을 산출

전국과 5개시에 대해 1995년부터 2002년까지 65세 이상 노인 인구의 고관절 골절 입원율을 산출하였다. 입원율의 분모는 1995년의 인구 센서스 지표의 기준 인구에 5년의 관찰기간을, 2000년의 기준 인구에 3년의 관찰기간을 고려하여 인-년으로 산출하였다. 8년 관찰 기간 동안 조입원율과, 성별로 2000년 전국 인구를 표준 인구로 적용한 표준화 입원율을 인구 100,000명당 비율로 산출하여 비교하였다.

#### 5. 고관절 골절 입원을 연령군별 연도별 비교

전국과 5개시에서 1995년부터 2002년까지 8년간 고관절 골절 입원율이 연령이 증가함에 따라, 그리고 불소화 수돗물 음용 기간, 즉 노출 기간을 의미하는 연도가 지남에 따라 증가하는지를 알아보기 위해 남녀별로 포아송 회귀 분석을 수행하여 분석하여 상대 위험도를 산출하였다. 연령군의 증가에 따른 상대 위험도 증가의 추이에 대해 검정하였고(test for trend), 연도는 연속변수로 처리하여 분석하였다.

#### 결 과

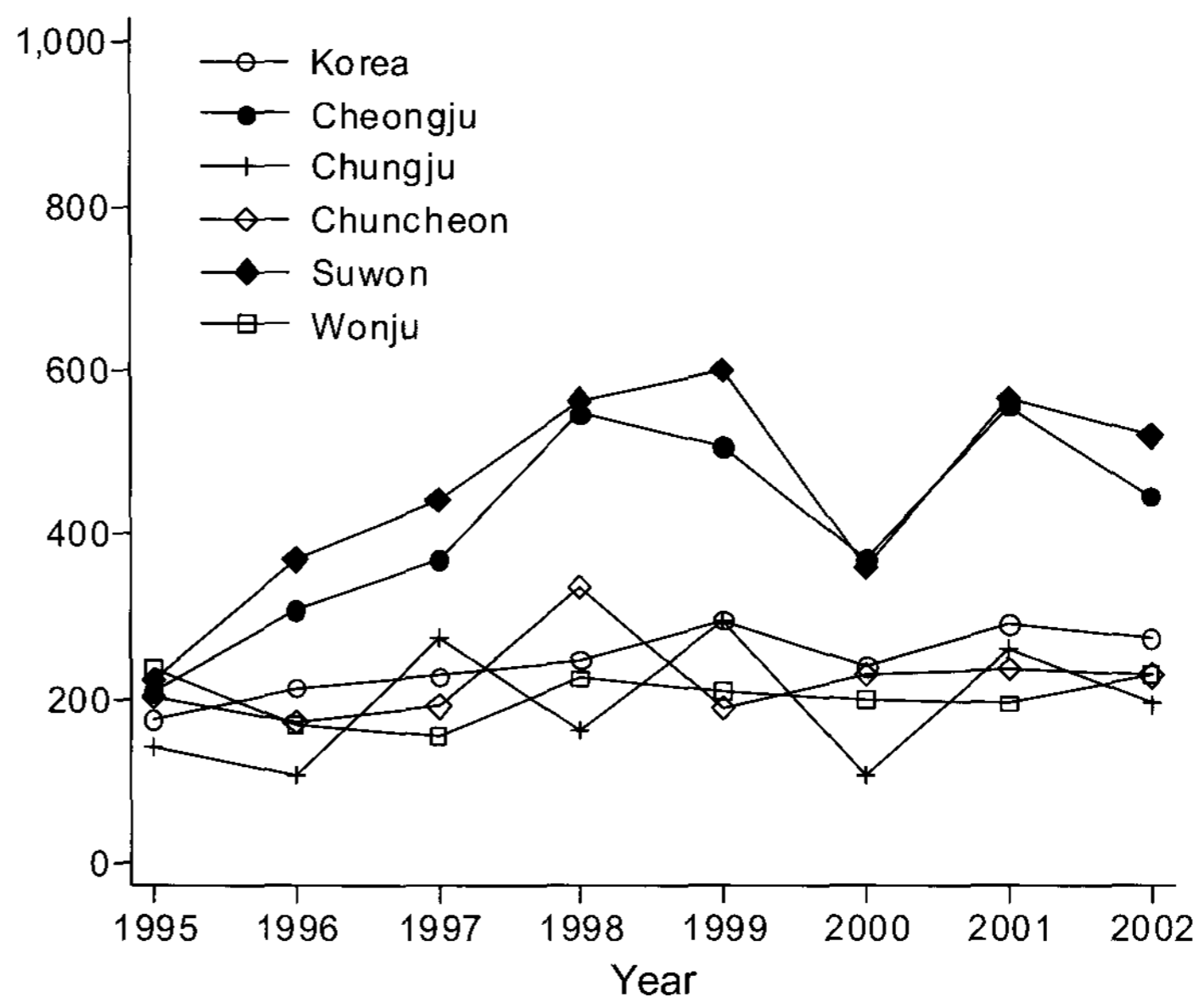
1995년부터 2002년까지 8년간 전국적으로 65세 이상 연령층에서 고관절로 인한 총 입원건수는 남자 21,810건, 여자 58,748건으로, 인구 100,000명당 연령 표준화율(age-standardized rate)은 남녀 각각 245.5, 398.2이었다. 같은 기간 불소화사업 지역

**Table 2.** Hip fracture admission rates among 65 years and older persons, 5 cities and Korea, 1995-2002

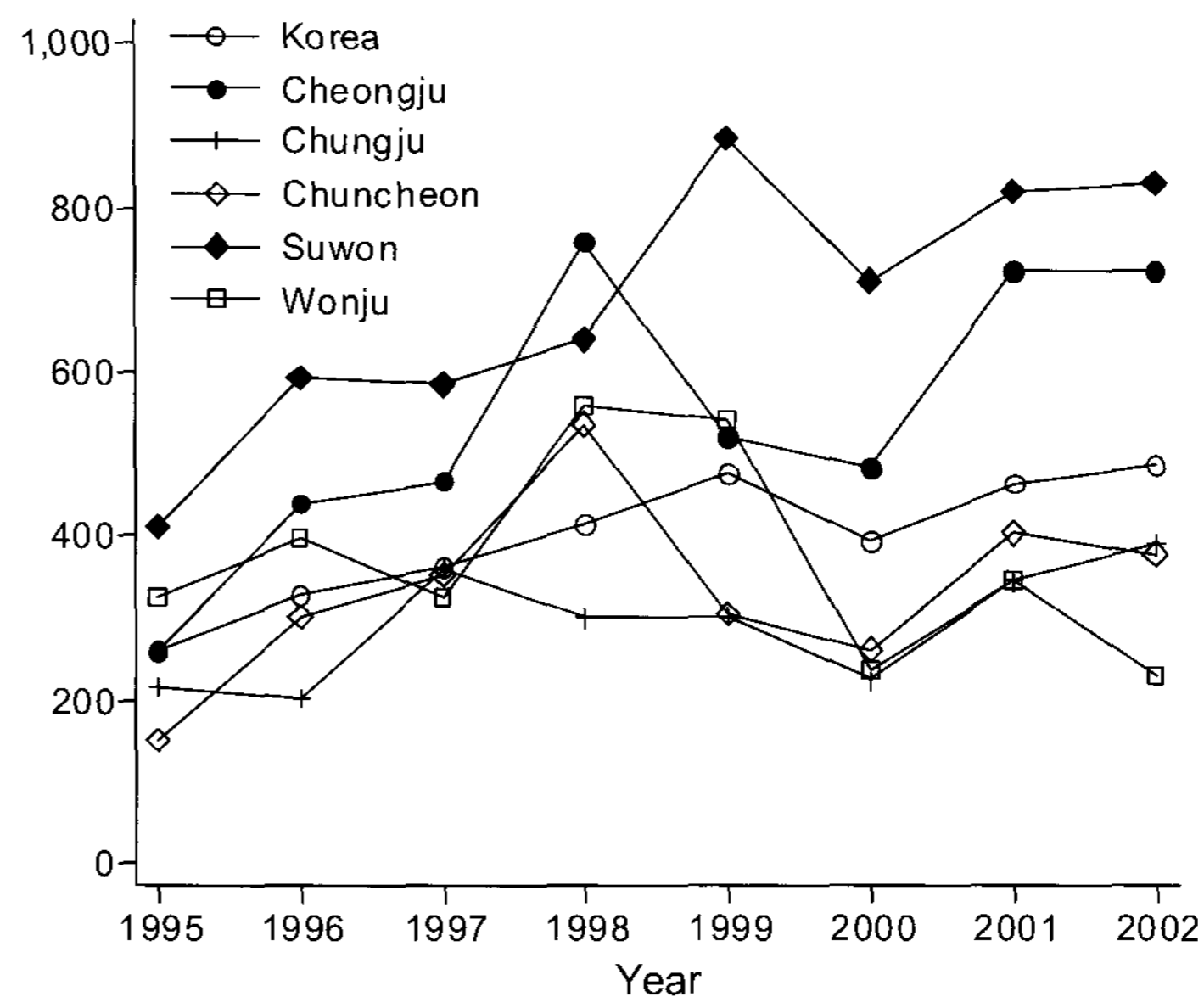
Area	Male				Female			
	No	Person-years	CR*	ASR†	No	Person-Years	CR*	ASR†
Korea	21,810	8,735,711	249.7	245.5	58,748	14,580,732	402.9	398.2
Cheongju	310	72,751	426.1	414.3	758	133,141	569.3	547.0
Chungju	112	56,231	199.2	192.5	254	86,261	294.5	292.8
Chuncheon	136	58,582	232.2	223.1	298	87,831	339.3	336.3
Suwon	421	90,733	464.0	454.8	1,127	163,374	689.8	683.6
Wonju	119	56,339	211.2	201.8	307	86,240	356.0	369.9

\* Crude rate per 100,000 person-years

† Age-standardized rate per 100,000 person-years using 2000 year as a standard population



**Figure 2.** Age-standardized annual admission rate(per 100,000 person-years) among male, 65 years and older persons, 5 cities and Korea, 1995-2002.



**Figure 3.** Age-standardized annual admission rate (per 100,000 person-years) among female, 65 years and older persons, 5 cities and Korea, 1995-2002.

인 청주에서는 남녀 각각 310건, 758건이 발생하여 연령 표준화율은 414.3, 547.0 이었는데, 이는 비불소화사업 지역인 원주, 춘천, 충주의 연령 표준화율보다 높았으

**Table 3.** Relative risk of male hip fracture admission rate among 65 years and older persons, 5 cities and Korea, 1995-2002

Risk factor	Cheongju			Chungju			Chuncheon			Suwon			Wonju			Korea		
	No.	Relative risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval
Age, years																		
65-69	74	1.00	-	30	1.00	-	36	1.00	-	86	1.00	-	19	1.00	-	4,323	1.00	-
70-74	105	2.24	1.66-3.02	27	1.32	0.78- 2.22	35	1.47	0.92-2.34	114	2.14	1.61- 2.83	29	2.33	1.31- 4.15	6,493	2.34	2.26-2.44
75-79	56	2.00	1.41-2.83	17	1.33	0.73- 2.41	22	1.47	0.87-2.50	68	2.14	1.55- 2.94	31	4.04	2.28- 7.16	4,316	2.71	2.60-2.83
80-84	54	4.16	2.93-5.91	24	3.94	2.30- 6.73	33	4.70	2.93-7.53	103	7.33	5.51- 9.76	26	7.18	3.98-12.98	4,436	6.27	6.01-6.53
85+	21	3.73	2.30-6.06	14	5.35	2.83-10.08	10	3.40	1.69-6.86	50	8.17	5.77-11.58	14	9.87	4.95-19.68	2,242	7.73	7.34-8.13
Year*	<i>p</i> trend<0.001 1.08 1.03-1.14			<i>p</i> trend<0.001 1.06 0.97- 1.15			<i>p</i> trend<0.001 1.02 0.95-1.10			<i>p</i> trend<0.001 1.07 1.03- 1.12			<i>p</i> trend<0.001 1.02 0.94- 1.10			<i>p</i> trend<0.001 1.06 1.05-1.06		

\* Year as a continuous variable

**Table 4.** Relative risk of female hip fracture admission rate among 65 years and older persons, 5 cities and Korea, 1995-2002

Risk factor	Cheongju			Chungju			Chuncheon			Suwon			Wonju			Korea		
	No.	Relative risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval	No.	Relative Risk	95% Confidence Interval
Age, years																		
65-69	89	1.00	-	30	1.00	-	43	1.00	-	144	1.00	-	28	1.00	-	7,355	1.00	-
70-74	176	2.59	2.01- 3.34	52	2.40	1.53- 3.76	70	2.20	1.50- 3.21	275	2.47	2.02- 3.02	60	2.99	1.91- 4.69	14,669	2.69	2.62-2.77
75-79	150	3.29	2.53- 4.28	56	3.76	2.42- 5.86	50	2.34	1.56- 3.52	213	2.95	2.39- 3.65	46	3.50	2.19- 2.60	11,482	3.21	3.12-3.31
80-84	194	7.15	5.56- 9.19	75	9.02	5.91-13.78	89	7.16	4.97-10.30	298	7.60	6.23- 9.27	84	10.69	6.97-16.39	15,185	7.52	7.31-7.74
85+	149	9.09	6.99-11.82	41	8.89	5.55-14.23	46	6.62	4.37-10.04	197	8.80	7.10-10.91	89	20.19	13.21-30.88	10,057	8.12	7.38-8.37
Year*	<i>p</i> trend<0.001 1.10 1.07- 1.14			<i>p</i> trend<0.001 1.07 1.01- 1.12			<i>p</i> trend<0.001 1.06 1.01- 1.11			<i>p</i> trend<0.001 1.08 1.05- 1.11			<i>p</i> trend<0.001 0.95 0.91- 1.00			<i>p</i> trend<0.001 1.07 1.07-1.08		

\* Year as a continuous variable

나, 또 다른 비불소화지역인 수원 지역의 연령 표준화율에 비해서는 낮았다 (Table 2).

연도별 남성의 연령 표준화입원율 (age-standardized annual hospitalization rate)은 불소화사업 지역인 청주시가 비교지역인 원주, 춘천, 충주 그리고 전국보다는 높았지만 수원보다는 비슷하거나 낮았다. 1995년 당시엔 5개 비교지역의 고관절골절발생률이 비슷했지만 불소화지역인 청주와 비불소화지역 중 한 지역인 수원의 고관절골절의 발생률은 1995년 이후 증가하는 양상을 보이고 있다. 여성의 경우, 전반적으로 남성보다 고관절골절 발생률은 높았지만 지역과 연도에 따른 차이는 뚜렷하지는 않았다 (Figure 2,3).

고관절 골절 입원율이 연령이 증가함에 따라, 그리고 불소화 수돗물 음용 기간, 즉 불소 노출 기간을 의미하는 연도가 지남에 따라 증가하는지를 알아보기 위해 남녀별로 수행한 포아송 회귀 분석 결과, 남성에서는 전국 그리고 5개 시 모두에서 연령이 증가함에 따라 상대위험도는 증가하였다. 그러나 불소화 실시 유무에 따른 지역별 차이는 관찰되지 않았다. 불소 노출 기간에 따른 고관절골절의 발생은 청주와

수원지역의 상대위험도가 각각 1.08 (95% CI= 1.03-1.14), 1.07 (95% CI= 1.03-1.12)으로 노출기간이 증가함에 따라 고관절골절이 증가하였다 (Table 2).

여자의 경우도 상대위험도의 크기는 남성보다는 더 컸으나, 남성과 동일하게 연령이 증가함에 따라 상대위험도가 증가하였다. 그러나 불소 노출기간에 따른 변화는 없었고, 불소화 시행 여부에 따른 차이 역시 나타나지 않았다 (Table 3).

### 고찰

경제성장과 더불어 개선된 생활환경과 영양상태의 호전으로 우리나라의 65세 이상의 노인인구는 9.1% (2005년) [17]를 차지하고 있고, 선진국의 12.9%에 비하면 적으나 2000년의 7.3%에 비해 빠른 속도로 근접하고 있다 [18]. 노인인구가 급속도로 증가함에 따라 고관절 골절은 노인인구의 삶의 질뿐만 아니라 사회경제적 측면에서도 중요하다 [19]. 미국의 경우 2050년엔 노인인구가 8천만 명이 될 것이며 이러한 인구학적 변화에 따라 2040년까지 고관절골절 발생률이 매해 2-3배씩 증가할 것으로

예측하고 있다 [18,20].

고관절 골절의 가장 중요한 위험요인은 여성, 노령, 낮은 체질량지수 (body mass index)이다 [21]. 그 외 흡연, 음주, 부적절한 비타민 D의 사용, 칼슘 부족, 카페인 섭취, 과도한 단백질과 인의 섭취 등이 가능한 위험인자로 알려져 있으며 알코올, 항정신성약제, 항고혈압제 등은 노인에서 고관절골절의 위험요인인 낙상유발에 영향을 미친다고 알려져 있다 [22]. 불소는 골다공증의 치료에 사용되면서 고관절 골절의 위험인자로서 주목을 받기 시작했으나 그 영향에 대해서는 아직 확정적이지 않다.

불소가 뼈에 작용하는 기전은 두 가지로 알려져 있다. 첫 번째 기전은, 고농도의 혈장 불소(적어도 100 ng/ml 이상)는 골아세포를 자극하고 이를 통해 해면뼈의 증가와 피질뼈의 감소가 유발된다는 것이다 [23]. 두 번째 기전은 불소 이온이 뼈의 수산화아파타이트 크리스탈로부터 수산화이온을 치환하여 불소아파타이트를 형성하는 것이다. 즉, 형성된 뼈는 강도가 감소하고 부러지기 쉬운 상태가 된다. 위의 두 기전에 따르면, 기존에 골다공증의 치료로 사용되었던 고용량의 불소 처방이 해

면뼈의 용량은 증가시키지만 이것이 뼈의 강도 증가와 골절예방으로 연결되지는 않는다 [1]. 그러나 이러한 작용을 유발하는 불소농도는 불소화 수돗물의 불소농도(대략 1 ppm)의 몇 배로 아직까지 음용수의 불소농도가 뼈의 강도에 미치는 영향에 대한 확실한 증거는 없는 상태이다.

수돗물 불소화가 골 무기질 밀도와 골절 발생에 미치는 영향에 대하여, Danielson 등 [24]은 65세 이상의 인구집단을 대상으로 수돗물에 1 ppm의 불소가 첨가된 지역과 그렇지 않은 지역을 비교한 생태학적 연구를 통해 여성에서는 수돗물의 불소화가 상대위험도 1.27 (95% CI=1.08-1.46), 남성에서는 1.41 (95% CI=1.00-1.81)으로 고관절골절 위험이 증가함을 보고하였다. 또한 핀란드에서 Kurtio 등 [25]이 수행한 후향적 코호트 연구에서도 50-64세의 여성 집단에서  $\leq 0.1 \text{ mg/l}$  노출군에 비해  $>1.5 \text{ mg/l}$  노출군의 고관절골절 상대 위험도가 2.09 (95% CI=1.16-3.76) 임을 보고하였다. 반면에 Demos 등 [26]은 불소 농도 노출에 관한 문헌고찰을 통해 1 ppm의 불소노출이 골의 강도와 골절 발생에 영향을 미치지 않는다고 하였고, 영국에서 Hiller 등 [27]이 수행한 환자대조군 연구에서도 1 ppm 불소 농도는 고관절골절에 영향을 미치지 않는다는 결과를 제시하고 있다. 오히려 1 ppm의 불소가 고관절골절의 발생률을 감소시킨다는 보고도 있는데, Lehmann 등 [28]은 독일에서 시행한 생태학적 연구에서 85세 이상의 고연령 여성집단에서 수돗물 불소 비노출군이 노출군에 비해 대응 위험도가 1.41 (95% CI=1.10-1.81)로 수돗물에 1 ppm의 불소를 첨가하는 것이 고관절골절에 보호효과가 있음을 보고하였다. 이렇듯 다양한 형태의 연구결과에서 수돗물의 불소화가 골절에 미치는 영향에 대해 논란이 많은 가운데, 건강보험자료를 이용하여 구축한 80,558건의 고관절 골절 입원에피소드를 바탕으로 수행한 본 연구에서는 수돗물의 불소화가 노령인구의 고관절골절에 미치는 영향에 대하여 일관된 경향을 제시하지 못하였다.

우리나라의 건강보험 자료는 대표성, 객관성, 그리고 비용-효과 측면에서 많은 장점이 있음에도 불구하고 진단명 코딩의

부정확성 (과다 코딩, 과소 코딩 등), 지역별 혹은 병원에 따라 코딩의 빈도나 신뢰도의 차이, 노출 오분류, 진료의 의뢰 편위, 사건 발생률의 부정확성 등이 제한점으로 거론되어 왔다 [29]. 본 연구에서는 이러한 제한점을 극복하기 위한 방법으로 질병에 피소드를 사용하였다. 국내에서는 의약분업 전후의 급성호흡기 질환 진료에피소드의 변화를 살펴 본 연구 [30], 기상변화에 따라 뇌졸중 및 천식 입원에피소드의 발생을 예측한 연구 [31], 뇌졸중과 심근경색의 발생규모를 평가한 연구 [32,33] 등에서 청구 건이 아닌 진료에피소드 방법론을 사용하였다. 진료에피소드는 개별 환자가 특정 건강문제로 인해 의료서비스를 받기 시작한 시점부터 그 건강문제로 인한 의료서비스의 종결시점까지의 일련의 과정을 의미한다. 따라서 질병에피소드 개념을 적용하면, 한 번의 질병 발생으로 여러 의료기관을 이용하거나, 여러 번에 걸쳐 분리 청구되는 경우 등 우리나라의 건강보험 청구 과정에서 야기되는 제한점들로 인하여 건강보험 자료를 활용하는 과정에서 제기될 수 있는 문제점들을 최소화 할 수 있다.

월별 청구제도를 시행하는 현재 상황에서 가공되지 않은 진료개시일의 분포와 동일인에게 발생한 연결된 입원 건을 통합한 입원에피소드의 실제진료개시일의 분포는 다른 양상을 보여준다. 동일 환자가 한 달 넘게 입원하는 경우 2건 이상의 청구 건으로 분리 청구되고 두 번째 청구 건의 진료개시일은 해당 월 1일이 된다. 청구 건만으로 계산하는 경우에 매월 1일의 청구건수가 증가하는 것처럼 보이게 된다. 이러한 경우에 입원에피소드 자료를 구축하면 정확한 입원발생건수를 산출할 수 있다. 본 연구에서는 동일 환자가 퇴원 후 1일 이내에 (어떤 병원이든) 다시 입원한 경우를 동일한 에피소드로 간주하고 하나로 묶는 방법을 사용하였다. 또한 주상병명은 연결된 청구 건들 중에서 가장 최초에 청구된 건의 주상병명을 사용하였다. 이러한 진료에피소드 방법론은 청구 자료를 역학용 자료로 활용함에 있어서 반드시 적용하여야 할 기본적인 방법론이다.

1 ppm의 수돗물의 불소가 골절에 영향을

미칠 수 있는 노출기간은 정확하게 알려져 있지 않다. 그러나 수돗물의 불소화와 고관절 골절 발생에 관한 외국의 연구들이 불소의 노출 기간을 20~30년으로 선정한 것을 고려하여 [12,34] 불소노출 지역으로 수돗물불소화가 22년(1982~2004) 동안 이루어진 청주시를 선정하였다. 연구결과, 청주지역은 비교지역 중 수원을 제외한 원주, 춘천, 충주 지역보다 65세 연령의 고관절골절 발생률이 높았으며 노출기간에 따라서도 남성에서는 유의한 증가가 있었다. 한편 비불소화지역인 수원이 같은 비불소화지역인 원주, 춘천, 그리고 충주와 달리 불소화지역인 청주의 고관절골절 발생률과 비슷하거나 높았는데, 이 결과에 대한 해석은 지역 주민들의 개별 불소 노출 자료가 부족하여 유보적이다. 단지 수원의 인근 지역인 안산, 과천, 의왕, 안성 등에서 1994년 이후 수돗물을 통한 불소 공급이 이루어졌다는 점에서 이 지역의 거주민이 고관절 골절이 발생했을 경우 상대적으로 큰 도시인 수원지역 병원을 이용할 수 있는 점을 배제할 수는 없다. 하지만 고관절 골절과 같은 급성 손상은 환자의 주거지와 의료기관 소재지가 달라질 가능성이 상대적으로 낮을 것으로 추정되고, 수원 인근 지역의 수돗물불소화는 청주와 달리 상대적으로 짧은 기간 동안의 노출이라는 점을 고려한다면 수원지역의 높은 고관절골절 발생이 수원 인근 지역의 수돗물의 불소화 때문이라는 해석은 제한적이다.

본 연구는 일부 인구집단이 아닌 우리나라 고관절 골절 에피소드에 대한 전수조사라는 점에서 그 의의가 있고 결과의 대표성을 담보하고 있다. 그러나 연령과 성이라는 교란 변수의 영향은 보정하였지만, 건강보험 청구자료를 사용함에 따라 낮은 BMI, 흡연, 음주, 부적절한 비타민 D의 사용, 칼슘부족, 카페인 섭취, 항정신성 약물 복용, 사회 경제적 상태 등 고관절 골절에 영향을 미친다고 알려져 있는 다른 요인들의 영향은 배제하지 못하였고, 이로 인한 생태학적 오류의 가능성은 있다. 또한 불소가 인체에 영향을 미치는 농도와 노출기간에 대해서 명확히 알려져 있지 않으므로, 수돗물에 의한 불소 노출을 관찰하기에 8년이라는 관찰기간이 적절하였

는지 여부도 논의의 여지가 있다. 따라서 이러한 한계를 극복하기 위해서는 생물학적 불소 노출 평가 자료의 보완, 전향적인 코호트 구축, 그리고 보다 장기간의 관찰 기간 동안 가능한 교란 변수를 보정할 수 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 연구 결과, 수돗물 불소화사업 지역과 비불소화사업 지역들 간에 노령인구의 고관절골절 발생의 차이는 있으나, 비불소화사업 지역 모두가 일관되게 수돗물 불소화사업 지역보다 노령인구의 고관절골절 발생률이 낮지 않아, 수돗물의 불소화가 노령인구의 고관절골절을 촉진한다고 단정할 수는 없다. 그러나 그 가능성을 부정할 수는 없다.

## 참고문헌

- Raheb J. Water fluoridation, bone density and hip fractures: A review of recent literature. *Community Dent Oral Epidemiol* 1995; 23(5): 309-316.
- Kim KS. A study on the dispute over the drinking water fluoridation. *Seoul Studies* 2004; 5: 105-118. (Korean)
- Kim KS, Choi KS. *Review on Water Fluoridation*. Seoul: Seoul Development Institute; 1999. [cited 2007 July 18]. Available from: URL: [http://www.codil.or.kr:8080/web/\\_search/ReMylibView.jsp?oMetalId=OTSDRK050236&org=NHN](http://www.codil.or.kr:8080/web/_search/ReMylibView.jsp?oMetalId=OTSDRK050236&org=NHN). (Korean)
- Center for Disease Control & Prevention. Achievements in public health, 1900-1999: Fluoridation of drinking water to prevent dental caries. *MMWR* 1999; 48(41): 933-940.
- Petersen PE, Lennon MA. Effective use of fluorides for the prevention of dental caries in the 21st century: The WHO approach. *Community Dent Oral Epidemiol* 2004; 32(5): 319-321.
- Cho SH, Kwon HJ, Ha MN, Ha EH, Hong YC. *Scientific Review on the Health Effect of Community Water Fluoridation Program*. Seoul: Korean Medical Association; 1999. (Korean)
- National Research Council. *Health Effects of Ingested Fluoride*. Washington, DC: National Academy Press; 1993.
- City of Calgary and Calgary Regional Health Authority. *Report of the Expert Panel for Water Fluoridation Review, Appointed by Standing Committee on Operations and Environment*. Calgary: City of Calgary and Calgary Regional Health Authority; 1998.
- Ahokas J, Demos L, Donohue D, Killalea S, McNeil J, Rix C. *Review of Water Fluoridation and Fluoride Intake from Discretionary Fluoride Supplements: Review for NHMRC*. Melbourne: National Health and Medical Research Council; 1999.
- McDonagh MS, Whiting PF, Wilson PM, Sutton AJ, Chestnut I, Cooper J. Systemic review of water fluoridation. *BMJ* 2000; 321(7265): 855-859.
- Jacobsen SJ, Goldberg J, Cooper C, Lockwood SA. The association between water fluoridation and hip fracture among white women and men aged 65 years and older: A national ecologic study. *Ann Epidemiol* 1992; 2(5): 617-626.
- Suarez-Almazor ME, Flowerdew G, Saunders LD, Soskolne CL, Russell AS. The fluoridation of drinking water and hip fracture hospitalization rates in two Canadian communities. *Am J Public Health* 1993; 83(5): 689-693.
- Phipps KR, Orwoll ES, Mason JD, Cauley JA. Community water fluoridation, bone mineral density, and fractures: Prospective study of effects in older women. *BMJ* 2000; 321(7265): 860-864.
- Li Y, Liang C, Slemenda CW, Ji R, Sun S, Cao J, et al. Effect of long-term exposure to fluoride in drinking water on risks of bone fractures. *J Bone Miner Res* 2001; 16(5): 932-939.
- Hornbrook MC, Hurtado AV, Johnson RE. Health care episodes: Definition, measurement and use. *Med Care Rev* 1985; 42(2): 163-218.
- Korea Water Resources Corporation. *Water fluoridation 2005*. Daejeon: Korea Water Resources Corporation; 2006. (Korean)
- Korea National Statistical Office. *Population Census 2005*. Daejeon: Korea National Statistical Office; 2006. (Korean)
- Schneider EL, Guralnik JM. The aging of America: Impact on health care costs. *JAMA* 1990; 263(17): 2335-2340.
- Lee SM, Youn KE, Kim Y, Park BJ. Reproductive history and hip fracture in the elderly women in Korea: A cohort study. *Korean J Prev Med* 2002; 35(4): 305-312. (Korean)
- Zingmoid DS, Melton LJ 3rd, Silverman SL. International hip fracture incidence in California Hispanics, 1983 to 2000. *Osteoporos Int* 2004; 15(8): 603-610.
- Kelsey JL, Hoffman S. Risk factors for hip fracture. *N Engl J Med* 1987; 316(7): 404-406.
- Youn KE, Lee SM, Kim Y, Park BJ. Physical activity and hip fracture in elderly people: A cohort study in Korea. *Korean J Prev Med* 2002; 35(4): 351-358. (Korean)
- Hiller S, Inskip H, Coggon D, Cooper C. Water fluoridation and osteoporotic fracture. *Community Dent Health* 1996; 13(Suppl 2): 63-68.
- Danielson C, Lyon JL, Egger M, Goodenough GK. Hip fractures and fluoridation in Utah's elderly population. *JAMA* 1992; 268(6): 746-748.
- Kurtio P, Gustavsson N, Vartiainen T, Pekkanen J. Exposure to natural fluoride in well water and hip fracture: A cohort analysis in Finland. *Am J Epidemiol* 1999; 150(8): 817-824.
- Demos LL, Kazda H, Cicuttini FM, Sinclair MI, Fairley CK. Water fluoridation, osteoporosis, fracture: Recent developments. *Aust Dent J* 2001; 46(2): 80-87.
- Hillier S, Cooper C, Kellingray S, Russell G, Hughes H, Coggon D. Fluoride in drinking water and risk of hip fracture in the UK: A case-control study. *Lancet* 2000; 355(9200): 265-269.
- Lehmann R, Wapniarz M, Hofmann B, Pieper B, Haubitz I, Allolio B. Drinking water fluoridation: Bone mineral density and hip fracture incidence. *Bone* 1998; 22(3): 273-278.
- Kim JY. Using national health insurance data to vitalize the evidence-based health care: The current status and tasks. In: Korean Academy of Medical Science, editor. *Workshop for activating medical research using national health insurance data*; 2007 Feb 12; Seoul: Seoul National University Hospital; 2007. p. 1-33. (Korean)
- Kim JY. *Changes of Ambulatory Care Service Consumption after the Separation of Prescribing and Dispensing: Analysis with the Episode of Care and Continuity of Care* [dissertation]. Seoul: Seoul National Univ; 2003. (Korean)
- Kim J, Ha JS, Jun S, Park TS, Kim H. The weather watch/warning system for stroke and asthma in South Korea. *Int J Environ Health Res* 2008; 18(2): 117-127.
- Korean Centers for Disease Control. *Development of Strategy and Action Plans for Major Chronic Diseases Prevention and Control*. Seoul: Ministry of Health and Welfare; 2004. (Korean)
- Kim JY. *Construction of National Surveillance System for Cardiovascular & Cerebrovascular Diseases*. Seoul: Health Insurance Review and Assessment Service; 2006. (Korean)
- Allolio B, Lehmann R. Drinking water fluoridation and bone. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 1999; 107(1): 12-20.