

청주시 일부지역의 수돗물불소화사업 비용-편익 분석

정희웅, 안형식^{1)†}, 박형근²⁾, 문혁수³⁾, 조수현⁴⁾, 이희영¹⁾, 윤석준¹⁾
고려대학교 보건대학원, 고려대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾, 한국보건산업진흥원²⁾,
서울대학교 치과대학 예방치학교실³⁾, 서울대학교 의과대학 예방의학교실⁴⁾

<Abstract>

Cost Benefit Analysis on the Economic Effect of the Water Fluoridation Program in Some Area of Cheong-Ju City

Hee-Ung Chung, Hyeong-Sik Ahn¹⁾, Hyeoung-Keun Park²⁾, Hyock-Soo Moon³⁾,
Soo-Hun Cho⁴⁾, Hee-Young Lee¹⁾, Seok-Jun Yoon¹⁾

Graduate School of Public Health, Korea University, Department of Public Health, College of Medicine, Korea University¹⁾, Korea Health Industry Development Institute²⁾, Department of Preventive & Public Health Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University³⁾, Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine and Institute of Environmental Medicine⁴⁾

This study was performed to evaluate economic effect of the water fluoridation program in Cheong-Ju City from 1982 to 2010. To study this economic effect, this study used cost-benefit analysis methodology from eight years old to fourteen years old in Cheong-Ju City.

Major findings were as follows; First, total cost of fluoridation program in Cheong-Ju City was 1,384,164,734 Korean won and total benefit was 15,057,426,621 Korean won from 1982 to 2010. Second, total cost which was converted by present value 2000 year was 1,687,412,718 won and total benefit which was converted by present value 2000 year was 14,582,548,519 Korean won. Cost-benefit ratio was 8.64. Net present value which

† 교신저자 : 안형식, 고려대학교 의과대학 예방의학교실(02-920-6406, ahnhs@korea.ac.kr)

happened from 1982 to 2000 was 7,990,710,155 Korean won and cost benefit ratio was 7.47.

In conclusion, by the above result, economic impact of the water fluoridation program was very effective for children in some area of Cheong-Ju city.

Key Words : Fluoridation, Cost-benefit analysis

I. 서 론

치아 우식증의 예방을 위한 수돗물 불소화사업의 효과는 치아우식증 비율과 질병양상의 변화, 지역사회내 인구의 유동율, 치아우식증에 걸릴 위험이 있는 사람수 등에 영향을 받는다고 알려져 있다(White 등, 1989). 이러한 변수들의 영향에도 불구하고 현재까지의 국내외 연구결과를 살펴보면 불소화사업으로 치아우식증이 현저히 감소되었음이 보고되었다(Ast 등, 1970; Kunzel 등, 1974; Whittle 등, 1979; Downer 등, 1981; O'Mullane 등, 1988; Rugg-Gunn 등, 1988; Attwood 등, 1989; 송연희 등, 1992; 김종배 등, 1993; 1996). 그러나 공중보건사업의 일환인 수돗물 불소화사업이 이러한 치아 우식증 예방효과가 있다고 해서 사업이 지속되거나 확대되어야 한다는 점을 의미한다고 할 수 없다. 공중보건사업에서 고려해야 할 사항은 예방효과 뿐만 아니라 경제성에 관한 부분도 포함되기 때문이다.

공중보건사업의 의사결정시 기본적으로 살펴야 할 사항은 사업에 투자할 수 있는 자원은 제한되어 있으며, 이 제한된 자원을 최대한 이용하여야 한다는 것이다. 즉 인구집단을 대상으로 하는 예방 사업의 도입을 검토하기 위해서는 항상 사회적인 비용의 문제를 고려하여야 하며 이를 위하여 일정한 평가작업을 수행하여야 한다. 불소화 사업에 대한 경제적 평가는 이러한 점에서 그 필요성이 있다. 실제로 치아우식증의 감소 원인들로는 수돗물 불소화 사업 이외에 불소함유 치약의 사용증가, 영양 변화 등도 기여한다. 이러한 원인 이외에도 국외 연구자료에서 치아우식증의 유병율 변화는 불소화 사업지역은 물론 비불소화 지역에서도 일어나고 있다(White 등, 1989). 이와 같은 사실들은 불소화 사업의 경제적 효용을 검토하여야 할 필요성을 말해주고 있다. 즉 보건분야의 제한된 자원으로 인하여 비용과 효과의 정확한 산출에 바탕을 둔 적절한 경제적 평가는 자원 할당에 관한 의사결정시 함께 고려되어야 할 사항인 것이다.

공중보건사업의 경제적 평가방법으로는 최소비용분석, 비용-편익분석, 비용-효과분석, 그리고 비용-효용분석이 있다. 이중 비용-효과분석은 보건 사업의 투입에 소요되는 비용을 건강관련 결과로 비교하는 것이다. 결과는 생존년수(life-years) 또는 치아 연령(tooth-years

gained), 질병예방 또는 인지, 발생률 또는 유병률 변화, 삶의 질과 같은 다양한 측정물로 나타낸다. 비용-효과 분석을 통하여 다양한 프로그램을 비교할 수 있으며, 서로 다른 프로그램들간에 합리적 배분을 수행할 수 있다. 다른 평가방법인 비용-편익분석은 1960년대부터 부족한 자원의 분배에 관한 보건분야의 의사결정에 도움을 주는 방법으로 개발되었으며 유형 및 무형의 산출물을 화폐가치를 이용한 경제적 항목으로 나타낸다. 만일 비용과 편익간 차이가 양의 값의 순편익(positive net benefit)이거나, 편익에 대한 비용의 비가 더 크다면, 이 프로그램은 사업의 경제성 측면에서 수행될 가치가 있는 것으로 판단할 수 있다.

본 연구에서는 수도물 불소화사업 시행 여부를 판단하는 기준의 하나인 사업의 경제성 평가에 대한 자료를 외국 결과에만 의존하고 있는 한계를 극복하고자 공중보건사업의 경제적 평가방법 중 비용-편익분석 방법을 이용하여 20여 년 동안 지속되고 있는 청주시 일부지역의 수도물 불소화사업의 경제성을 평가하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

1982년부터 수도물 불소화사업을 시행하고 있는 청주시 지북정수장 급수지역을 경제성 평가대상지역으로 선정하였고, 대상 인구는 대상지역에 거주하는 8-14세 인구로 하였다. 불소화사업의 경제성평가 기간은 수도물 불소화 사업이 시작된 1982년부터 2010년까지로 설정하였다. 편익 산출을 위한 대조지역으로는 수도물 불소화 사업을 시행하고 있지 않은 충주시와 원주시로 선정하였다.

2. 분석모형

1) 수도물 불소화 사업의 비용-편익 분석 모형(hypothetical cohort study)

가상적 코호트분석 (hypothetical cohort analysis)을 기본전제로 하여 연구 모형을 설정하였고, 순현재가치(net present value) 및 비용-편익비(cost-benefit ratio)를 이용하여 결과를 산출하였다.

$$NPV = \sum \frac{B_j}{(1+r)^j} - \sum \frac{C_j}{(1+r)^j}$$

- NPV : 순현재가치

- B_j : j년 내 경제적 편익
- C_j : j년 내 경제적 비용
- r : 할인율

2) 편익

수돗물 불소화사업의 편익은 충치예방효과로 인한 치과진료 비용의 감소량으로 정의하였고, 대상 연령별 지북정수장 급수인구 수, 연령별 수돗물 불소화의 충치예방효과 및 치료방법별 치과진료 비용을 적용하여 편익을 산출하였다.

$$\begin{aligned}
 B = & \sum_{j=1982}^{2010} \text{Pop}_{ij} \times \Delta D_{ij} \times VD_{ij} + \sum_{j=1982}^{2010} \text{Pop}_{ij} \times \Delta M_{ij} \times VM_{ij} \\
 & + \sum_{j=1982}^{2010} \text{Pop}_{ij} \times \Delta F_{ij} \times VF_{ij} + \sum_{j=1982}^{2010} \text{Pop}_{ij} \times \Delta d_{ij} \times Vd_{ij} \\
 & + \sum_{j=1982}^{2010} \text{Pop}_{ij} \times \Delta f_{ij} \times Vf_{ij}
 \end{aligned}$$

수식 1. 수돗물불소화사업의 편익산출 식

- B : 경제적 편익
- Pop_{ij} : j년내 i세 어린이수
- ΔD_{ij} : j년내 i세 어린이중 decayed permanent teeth의 감소량
- ΔM_{ij} : j년내 i세 어린이중 missing permanent teeth의 감소량
- ΔF_{ij} : j년내 i세 어린이중 filled permanent teeth의 감소량
- Δd_{ij} : j년내 i세 어린이중 decayed primary teeth의 감소량
- Δf_{ij} : j년내 i세 어린이중 filled primary teeth의 감소량
- VD_{ij} : j년내 i세 어린이중 prevented decayed permanent teeth의 치료비
- VM_{ij} : j년내 i세 어린이중 제거가 요구되는 prevented carious permanent teeth의 치료비
- VF_{ij} : j년내 I세 어린이중 충전이 요구되는 prevented decayed permanent teeth의 치료비
- Vd_{ij} : j년내 i세 어린이중 prevented carious primary teeth의 치료비
- Vf_{ij} : j년내 i세 어린이중 충전이 요구되는 prevented carious primary teeth의 치료비
- VD_{ij}×Vd_{ij} : 가중치 × (보험진료비 + 비보험진료비)
- I : 6,7,8 ~ 14세
- j : 1982,1983 ~ 2010년

가. 편익의 선택

수돗물 불소화사업의 편익은 충치예방효과로 인한 치과진료 비용의 감소량으로 정의하였고, 대조지역인 원주 및 충주시에 거주하는 8세~14세 아동과 청주시에 거주하는 동일연령 아동의 우식경험치면지수(DMFS index)의 차이를 불소화사업의 충치예방효과로 설정하였다. 대상 연령별 지북정수장 급수인구 수 및 치료방법별 치과진료 비용을 연령별 수돗물 불소화사업의 충치예방효과에 적용하여 편익을 산출하였다.

나. 편익산출을 위한 자료 수집

첫째, 충청북도 교육청에 문의하여 1982년~2009년까지의 청주시 초등학교 1~6학년(8~13세), 1982년~2004년까지의 중학교 1학년(14세) 전체 학생수에 관한 자료를 수집하였고, 2010년 초등학교 학생수와 2005년~2010년 중학교 학생수는 기존자료를 이용한 회귀식을 이용하여 추정하였다. 청주시에 상수도를 공급하는 정수장 세 곳 중에서 1982년부터 불소화된 수돗물을 공급하였던 지북정수장이 포괄하는 인구비율을 청주시 전체 연령별 학생수에 곱하여 평가대상지역의 인구수를 산출하였다.

둘째, 대조지역과 평가대상지역에 거주하는 8세~14세 아동의 우식경험치면지수(DMFS index)의 차이를 파악하기 위하여 청주시 3개 초등학교에 재학중인 8세 아동 466명과 11세 아동 431명 그리고 1개 중학교 14세 학생 386명과 대조지역인 충주시 1개 초등학교 8세 아동 226명과 11세 아동 210명 그리고 1개 중학교 14세 학생 312명, 원주시 1개 초등학교 8세 아동 166명과 11세 아동 146명을 대상으로 우식경험치아에 대한 조사를 시행하였다. 우식경험치아는 영구치와 유치로 구분하여 조사하였고, 영구치는 우식치(decayed teeth), 결측치(missing teeth), 충전치(filling teeth) 세 가지 유형으로, 유치는 우식치, 충전치로 분류하여 우식경험치면지수를 조사하였다.

셋째, 이와 같은 단면조사에 의하여 얻어진 대조지역과 평가대상지역의 우식경험치면지수의 차이를 추적관찰모형인 가상적 코호트분석(hypothetical cohort analysis)에 적용하게 되면 불소화 효과에 의한 우식치아의 감소 효과가 시간의 흐름에 따라 중복 계상 되어 과다 편익의 발생을 초래할 가능성이 있다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 8세에는 두 지역간 우식경험치면지수의 차이를 불소화사업의 충치예방효과로 규정하였고, 9세부터 14세까지는 연령의 증가에 따른 우식경험치면지수 절대값의 증가의 차이를 불소화사업의 충치예방효과로 정의하였다. 실제 본 연구에서는 우식경험치아에 대한 조사가 8세, 11세, 14세에 이루어졌기 때문에 9-11세까지는 8-11세간 우식경험치면지수 절대값 증가의 차이의 평균값을 각 연령별 충치예방효과로 규정하였고, 12-14세까지도 동일한 방법을 적용하여 연령별 충치예방효

과를 산출하였다(Doessel DP, 1985)

넷째, 우식경험치면에 적용된 치료방법별 진료비용의 차이가 크기 때문에 편익을 산출하기 위해서는 우식경험치면에 적용된 치료방법의 빈도에 관한 자료를 수집하여 치료방법별 가중치를 적용할 필요가 있다. 본 연구에서는 치료방법별 가중치를 파악하기 위하여 청주시역의 8세, 11세, 14세 아동의 우식경험치아에 대한 치료방법별 가중치를 파악하기 위하여 우식경험치아에 대한 치료방법을 아말감치료, 주조금충전, 레진충전, 금도재전장관, 금속도재전장관, 금전장관, 금속전장관, SS전장관으로 구분하여 조사하였다.

다섯째, 치아우식증 진료비는 우식경험치아의 치료비용을 보험진료비와 비보험진료비로 구분하였다. 우식치아에 대한 보험진료비는 아말감치료에 소요되는 비용으로 1982년부터 현재까지 급여범위의 변동이 없었기 때문에 이러한 구분에 따른 편익의 변동은 없을 것으로 평가되었고, 2010년까지 연장 적용하였다. 단, 1988년까지는 의료보험 미적용 대상자가 존재하였던 문제에 대하여는 비용 및 비율 산출의 어려움과 89년 이후 전국민의료보험이 현재까지 지속되고 있는 점을 고려하여 모든 대상자가 건강보험급여범위에 포함되는 것으로 가정하였다. 1982-1998년까지는 의료보험연합회에서 발간된 의료보험통계연보에 기재된 치아우식증 건당 진료비 자료를 적용하였고, 1999-2010년까지는 1983년-1998년 15년 동안의 연평균 증가율의 평균값 4.19%를 적용하여 추계 한 건당 진료비 자료를 이용하였다. 비보험 진료비는 서울시 외곽의 1개 구 치과외사회의 2000년 비보험수가집에 기재된 치료방법별 비보험수가 자료를 수집하여 2000년 비보험수가를 기준으로 1982년부터 2010년까지 연 2% 변동률을 가정하여 산출된 결과를 반영하였다.

다. 편익 산출

수집된 자료를 다음의 수식에 적용하여 편익을 산출하였다.

$$\text{편익} = \text{청주시 지북정수장에서 수돗물을 공급받는 연령별(8-14세) 인구수} \times \text{연령별 불소화 사업의 치아우식증 예방 효과} \times \text{치료방법별 가중치} \times \text{치료방법별 진료비}$$

본 연구에 적용된 불소화 충치예방효과자료가 2000년에 시행된 단면조사 자료이기 때문에 이 결과를 사업 초기부터 적용하는 경우 불소화 사업의 효과를 과대평가 할 수 있는 가능성이 있어 1982년부터 10년 간 불소화 효과가 10%씩 증가하여 10년 후 불소화사업의 효과가 안정화되는 것으로 가정하여 편익을 산출하였다(Niessen 등, 1984). 우식치면(decayed surface)중 치료받지 않은 상태로 유지되어 치료비용을 발생시키지 않는 우식경험치면의 비율은 2000년도 국민구강건강실태조사에서 밝혀진 12세 우식영구치율(DT rate)인 30.61%를

참고로 하여 30%로 가정하였고, 가정의 타당성을 평가하기 위하여 영구치의 우식치면에 대한 미치료비율 변화에 대한 민감도분석을 추가로 시행하였다. 상실치면지수(missing surface)에 대한 미치료 비율은 30%로 가정하였으나, 상실치면이 적은 연령임을 고려하여 민감도분석은 시행하지 않았다.

3) 비용

가. 비용의 선택

비용-편익 분석에서 비용은 직접비용, 간접비용, 무형의 비용으로 분류되나, 본 연구에서는 수돗물 불소화와 관련된 직접비용만을 분석대상으로 하였다. 직접비용은 수돗물 불소화 투입과 관련된 시설 설비비, 약품비(불소 및 검사시약), 인건비, 전기료로 구분하였다.

나. 비용 자료 수집

첫째, 불소화 투입 설비는 청주시 지북정수장의 수돗물 불소화 설비가 1982년에 설치되어 운영되어오다가 1999년 전면 교체되었는데, 1999년 전면 교체된 시설 설비에 관한 자료만이 수집되었다. 둘째, 약품비는 지북정수장에서 2000년도 수돗물 불소화 사업에 소요되는 불소 구입비용과 수돗물 불소화 농도의 검사에 소요되는 자료를 수집하였다. 셋째, 인건비는 지북정수장에서 수돗물 불소화 사업에 투입되는 인력의 수와 근무 작업비중을 조사하였다. 넷째, 전기료는 수돗물 불소화 기기 작동에 소요되는 전기료에 관한 자료를 수집하였다.

다. 비용 추계

첫째, 불소화 투입설비는 연도별 시설 설비비로서 시설 설비비의 연도별 감가상각액으로 정의하였고, 1982년 당시 최초의 불소투입설비 비용에 관한 자료가 없었기 때문에, 1982년-1998년의 불소투입설비비는 1999년 전면 교체된 투입설비비용을 기준으로 통계청에서 발표한 연도별 일반목적기계 물가지수를 이용하여 산출한 비용의 실제 기계를 사용한 연한인 17년에 걸쳐 정액법으로 산출한 감가상각액을 적용하였고, 1999년부터 2010년까지는 1999년 투자된 시설설비비에 대한 연도별 감가상각액을 정액법으로 산출하여 설비비를 계산하였고, 적용된 사용연한은 15년, 잔존가액은 1000만원이었다. 둘째, 약품비는 2000년에 소요되는 불소 구입비용과 검사시약을 통계청 품목별생산자물가지수 자료 중 화학제품 물가지수에 적용하여 연도별 불소비용을 산출하였고, 2001년~2010년의 기간에는 1982년부터 2000년도의 연도별 화학제품 물가지수를 적용한 회귀식에서 산출된 연도별 물가지수에 적용하여 추정하였다. 셋째, 인건비는 지북정수장에서 수돗물 불소화에 투입되는 인건비를 통계청 임금지수 자료에 적용하여 연도별 인건비를 산출하였고, 2001년~2010년의 기간에는 연도별 임금지수를 적용

한 회귀식에서 산출된 물가지수에 적용하여 추정하였다. 넷째, 전기료는 2000년에 수돗물 불소화에 소요되는 전기료 예산자료를 연도별 통계청 품목별생산자물가지수 자료 중 전력지수에 적용하여 연도별 전기료를 산출하였고, 2001년~2010년의 기간에는 연도별 전력지수를 적용한 회귀식에서 산출된 연도별 물가지수에 적용하여 추정하였다.

3. 할인율 선택

비용과 화폐적 편익은 다른 시점에 발생할 수 있으며, 각 시점의 화폐가치는 변화하기 때문에 할인율을 적용하여 모든 비용과 편익의 가치를 현재 가치로 환산하였다. 본 연구에서는 할인율 5%를 적용하였다.

$$PresentValue = \sum \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

Present Value : 현재가치

C : 기준연도로부터 t년도에 발생한 비용

r : 할인율

t : 기준연도로부터 비용이 발생한 연도까지의 연수

4. 민감도 분석

본 연구에 적용된 가치평가와 가정의 불확실성에 대한 평가를 위하여 민감도분석을 시행하였다. 할인율의 경우 3%~9%에 이르는 변화에 대하여 2%의 간격을 두고 추계를 반복하였고, 치과진료비 중 비보험진료비에 대한 가격 변동률에 대하여도 1%와 3%로 달리하여 비용-편익비를 반복 산출하였으며, 영구치의 우식치면에 대한 미치료율을 10%, 20%, 40%, 50%로 변동하여 각각의 경우에 대한 추계를 시행하였다.

Ⅲ . 연구결과

1. 비용추계 결과

1) 수돗물 불소화 투입 시설비용 추계

첫째, 1982년-1998년 동안 불소투입설비에 대한 감가상각액 4,911,861원을 연도별 시설비용

으로 적용하였다. 1999년-2010년 비용에서 시설 설비비는 1999년도에 새로 설치된 시설비 145,873,287원에 대하여 정액법으로 산출한 감가상각액 9,658,219원을 적용하였다. 둘째, 투입 불소 및 검사시약 비용 추계에서 2000년 투입 불소구입 비는 35,178,000원이며, 불소농도검사 시약비용은 3,830,000원이었다. 셋째, 인건비는 수도물 불소화사업에 투입되는 인력으로 1일 1인 근무시간의 1/3으로 조사되었다. 따라서 인건비는 해당 인력의 연봉 22,000,000원의 1/3에 해당하는 금액 7,333,333원이었다. 넷째, 전기료는 불소화 투입 설비의 가동에 소요되는 990,610원(/연)으로 조사되었다. 각 항목별 물가지수를 반영한 수도물 불소화의 연도별 비용은 다음과 같다(표 1). 1982년~2010년 동안 수도물 불소화 사업에 투입되는 총비용은 1,384,164,734원이며, 불소 및 검사시약비용이 996,372,276원으로 가장 높았고, 시설비가 199,400,265원, 인건비가 163,530,466원, 전기료가 24,861,727원 소요되는 것으로 추계 되었다(경상가격 기준).

2. 편익추계 결과

1) 수도물 불소화 사업의 효과

연령별 치아우식증 예방효과를 파악하기 위해서 2000년도에 불소화사업지역과 대조지역을 조사한 결과는 표2에 제시된 것처럼 각 연령에서 불화지역보다 비불화지역의 영구치의 우식경험치면지수가 높은 것으로 나타났다(표 2). 8세, 11세, 14세에 대하여 시행한 단면조사 결과를 추적관찰모형에 적용하기 위하여 산출한 연령별 영구치 우식경험치면지수 절대값 증가의 차이에서는 우식치면지수의 9-11세의 평균 감소량이 -0.01면(/인), 12-14세의 충전치면지수 감소량이 -0.01면(/인)으로 음의 값이 산출되었으나 9세~14세에 이르는 우식치면지수와 충전치면지수의 전체 감소량은 불화지역이 보다 큰 것으로 나타났다.

유치의 경우는 8세에서 우식치면지수 감소는 0.01면(/인), 충전치 감소는 0.64면(/인)이었다(표 3).

<표 1>

수돗물 불소화 사업의 비용추계

단위 : 원

| 연도 | 불소투입설비 | 불소 및 검사시약 | 인건비 | 전기료 | 비용합계 |
|------|-------------|--------------|-------------|------------|---------------|
| 1982 | 4,911,861 | 29,984,238 | 1,089,372 | 1,025,109 | 37,010,580 |
| 1983 | 4,911,861 | 29,812,310 | 1,208,937 | 1,002,110 | 36,935,218 |
| 1984 | 4,911,861 | 29,812,310 | 1,315,217 | 995,538 | 37,034,927 |
| 1985 | 4,911,861 | 29,605,996 | 1,434,783 | 995,538 | 36,948,178 |
| 1986 | 4,911,861 | 28,918,284 | 1,554,348 | 964,325 | 36,348,818 |
| 1987 | 4,911,861 | 29,090,212 | 1,713,768 | 929,005 | 36,644,846 |
| 1988 | 4,911,861 | 29,158,984 | 1,975,040 | 850,150 | 36,896,035 |
| 1989 | 4,911,861 | 29,262,140 | 2,395,733 | 794,295 | 37,364,029 |
| 1990 | 4,911,861 | 29,846,695 | 2,842,995 | 745,011 | 38,346,562 |
| 1991 | 4,911,861 | 31,015,806 | 3,343,398 | 742,547 | 40,013,611 |
| 1992 | 4,911,861 | 30,465,636 | 3,848,228 | 791,009 | 40,016,735 |
| 1993 | 4,911,861 | 30,121,780 | 4,317,633 | 795,116 | 40,146,390 |
| 1994 | 4,911,861 | 30,671,950 | 4,866,747 | 795,116 | 41,245,674 |
| 1995 | 4,911,861 | 34,385,594 | 5,411,433 | 821,401 | 45,530,289 |
| 1996 | 4,911,861 | 33,319,640 | 6,057,971 | 832,901 | 45,122,373 |
| 1997 | 4,911,861 | 33,594,725 | 6,478,663 | 857,543 | 45,842,792 |
| 1998 | 4,911,861 | 39,818,518 | 6,319,243 | 939,683 | 51,989,305 |
| 1999 | 9,658,219 | 37,342,755 | 7,080,918 | 947,897 | 55,029,789 |
| 2000 | 9,658,219 | 39,008,000 | 7,333,333 | 990,610 | 56,990,162 |
| 2001 | 9,658,219 | 36,860,343 | 7,563,027 | 829,653 | 54,911,242 |
| 2003 | 9,658,219 | 37,361,082 | 7,947,748 | 824,104 | 55,791,153 |
| 2002 | 9,658,219 | 37,861,822 | 8,332,469 | 818,555 | 56,671,064 |
| 2004 | 9,658,219 | 38,362,561 | 8,717,190 | 813,006 | 57,550,976 |
| 2005 | 9,658,219 | 38,863,301 | 9,101,910 | 807,457 | 58,430,887 |
| 2006 | 9,658,219 | 39,364,040 | 9,486,631 | 801,908 | 59,310,798 |
| 2007 | 9,658,219 | 39,864,780 | 9,871,352 | 796,358 | 60,190,709 |
| 2008 | 9,658,219 | 40,365,519 | 10,256,073 | 790,809 | 61,070,620 |
| 2009 | 9,658,219 | 40,866,258 | 10,640,794 | 785,260 | 61,950,531 |
| 2010 | 9,658,219 | 41,366,998 | 11,025,514 | 779,711 | 62,830,442 |
| 합계 | 199,400,265 | 996,372,276 | 163,530,466 | 24,861,727 | 1,384,164,734 |

<표 2> 치아우식증 예방효과(영구치)

| 연령 | 우식치면지수(DS) | | | 상실치면지수(MS) | | | 충전치면지수(FS) | | |
|-------------------|------------|--------|-------|------------|--------|------|------------|--------|-------|
| | 불화 지역 | 비불화 지역 | 차이 | 불화 지역 | 비불화 지역 | 차이 | 불화 지역 | 비불화 지역 | 차이 |
| 8세 | 0.40 | 0.75 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.69 | 0.11 |
| 11세 | 1.25 | 1.56 | 0.31 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 1.61 | 2.39 | 0.78 |
| 14세 | 1.81 | 3.48 | 1.67 | 0.13 | 0.24 | 0.11 | 2.72 | 3.48 | 0.76 |
| 9세-11세 연평균 차이 | 0.28 | 0.27 | -0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.34 | 0.57 | 0.22 |
| 12세-14세 연평균 차이 | 0.19 | 0.64 | 0.45 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.37 | 0.36 | -0.01 |

<표 3> 치아우식증 예방효과 (유치)

단위 : 개/인

| 연령 | 우식치면지수(DS) | 충전치면지수(FS) |
|----|------------|------------|
| 8세 | 0.01 | 0.64 |

3. 치아우식증 진료비용

1) 보험진료비

우식치아의 아말감치료비에 해당하는 건당 평균 보험진료비는 1982년에 12,274원이었고, 1998년에는 22,233원으로 연평균 12%씩 증가하였다(표 4). 1999년부터 2010년까지의 보험진료비는 연평균 증가율로 추정된 결과이며, 1999년에 24,132원 2010년에는 36,645원이었다(표 4).

2) 비보험 진료비

2000년도 지역치과의사회 자료에서 조사된 치아우식증 치료에 적용되는 아말감치료 이외의 비보험 진료비는 치료방법별로 7가지로 나누었으며 SS전장관 60,000원에서 금도재전장관 350,000원까지 분포하였다(표 5).

<표 4>

치아우식증 평균 보험진료비

단위 : 원

| 년도 | 건당진료비 | 년도 | 건당진료비 |
|------|--------|------|--------|
| 1982 | 12,945 | 1997 | 22,367 |
| 1983 | 13,446 | 1998 | 23,233 |
| 1984 | 14,618 | 1999 | 24,132 |
| 1985 | 15,315 | 2000 | 25,066 |
| 1986 | 13,857 | 2001 | 26,036 |
| 1987 | 13,499 | 2002 | 27,044 |
| 1988 | 13,579 | 2003 | 28,091 |
| 1989 | 13,972 | 2004 | 29,178 |
| 1990 | 14,953 | 2005 | 30,307 |
| 1991 | 15,863 | 2006 | 31,480 |
| 1992 | 16,503 | 2007 | 32,699 |
| 1993 | 17,518 | 2008 | 33,965 |
| 1994 | 18,130 | 2009 | 35,279 |
| 1995 | 19,251 | 2010 | 36,645 |
| 1996 | 21,580 | | |

<표 5>

치아우식증의 비보험 진료비

단위 : 원

| 치료종류 | 치료비용 |
|---------|---------|
| 주조금충진 | 150,000 |
| 레진충진 | 80,000 |
| 금도재전장관 | 350,000 |
| 금속도재전장관 | 250,000 |
| 금전장관 | 220,000 |
| 금속전장관 | 160,000 |
| SS전장관 | 60,000 |

3) 우식치아에 대한 치료방법별 가중치

8세 학생의 경우 영구우식경험치아는 50%가 아말감충전으로 나머지 50%가 SS전장관 충전으로 이루어지는 것으로 조사되었고, 유치우식경험치아는 아말감 충전이 94.6%로 대부분을 차지하였다. 9-11세 학생의 경우 영구우식경험치아의 54.4%가 SS전장관 치료를 받고 있으며, 41.5%에서 아말감충전으로 치료받았고, 일부에서 레진충전, 금전장관, 주조금충전등을 받는 것으로 나타났다. 12-14세 학생의 영구치에서는 SS전장관 치료가 50%, 아말감치료가 44.5%, 레진충전이 1.4%, 주조금충전이 1.2%, 금전장관이 1.1%씩 나타났다(표 6).

<표 6> 우식치아 치료방법별 가중치

단위 : 개

| 치료방법 | 6-8세 | | 9-11세 | | 12-14세 | |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 영구치 | 유치 | 영구치 | 유치 | 영구치 | 유치 |
| 아말감충전 | 0.500 | 0.946 | 0.415 | 0.400 | 0.445 | 0.000 |
| 주조금충전 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.012 | 0.000 |
| 레진충전 | 0.000 | 0.046 | 0.019 | 0.000 | 0.014 | 0.000 |
| 금도재전장관 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 금속도재전장관 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.012 | 0.000 |
| 금전장관 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.000 | 0.011 | 0.000 |
| 금속전장관 | 0.000 | 0.002 | 0.004 | 0.000 | 0.006 | 0.000 |
| SS전장관 | 0.500 | 0.006 | 0.544 | 0.600 | 0.500 | 0.000 |
| 계 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 |

4) 연도별 우식치아 감소로 인한 진료비 절감효과

수돗물 불소화 사업으로 인한 지북정수장 급수 지역에 거주하는 8-14세 인구에서 우식치아 감소로 인한 연도별 치료비 감소액은 다음과 같다(표 7). 수돗물 불소화 사업으로 인하여 1982년-2010년 동안에 8-14세 아동의 우식경험치아 진료비 15,057,426,621원이 절감되었고, 이중에서 영구우식경험치아 진료비가 13,001,720,238원 감소하였고, 유치우식경험치아 진료비 2,055,706,384원이 감소하였다(경상가격).

<표 7>

수돗물 불소화 사업의 편익 추계

단위 : 원

| 연도 | 영구치 편익 | 유치 편익 | 총편익 |
|------|----------------|---------------|----------------|
| 1982 | 232,958,194 | 30,185,057 | 263,143,251 |
| 1983 | 251,903,822 | 33,906,629 | 285,810,451 |
| 1984 | 268,489,444 | 34,195,191 | 302,684,635 |
| 1985 | 290,703,553 | 36,749,300 | 327,452,853 |
| 1986 | 288,767,489 | 36,269,089 | 325,036,578 |
| 1987 | 289,873,756 | 35,510,982 | 325,384,738 |
| 1988 | 294,171,392 | 41,419,509 | 335,590,901 |
| 1989 | 305,718,623 | 44,483,280 | 350,201,902 |
| 1990 | 357,494,359 | 50,669,109 | 408,163,468 |
| 1991 | 372,001,476 | 58,735,616 | 430,737,092 |
| 1992 | 395,708,401 | 53,738,839 | 449,447,239 |
| 1993 | 420,064,361 | 53,019,737 | 473,084,098 |
| 1994 | 443,023,658 | 56,288,754 | 499,312,412 |
| 1995 | 458,281,322 | 57,594,047 | 515,875,369 |
| 1996 | 475,880,314 | 65,313,724 | 541,194,037 |
| 1997 | 472,316,445 | 67,736,427 | 540,052,872 |
| 1998 | 471,231,738 | 72,207,596 | 543,439,334 |
| 1999 | 475,327,714 | 77,540,818 | 552,868,532 |
| 2000 | 493,250,417 | 90,709,417 | 583,959,834 |
| 2001 | 510,781,342 | 93,434,883 | 604,216,225 |
| 2002 | 535,911,468 | 97,901,663 | 633,813,132 |
| 2003 | 564,640,321 | 99,496,322 | 664,136,643 |
| 2004 | 597,120,707 | 105,070,187 | 702,190,894 |
| 2005 | 595,456,728 | 104,889,564 | 700,346,292 |
| 2006 | 607,473,580 | 108,317,192 | 715,790,772 |
| 2007 | 619,404,680 | 109,819,754 | 729,224,434 |
| 2008 | 628,182,692 | 110,715,633 | 738,898,325 |
| 2009 | 636,318,671 | 113,421,355 | 749,740,026 |
| 2010 | 649,263,571 | 116,366,709 | 765,630,280 |
| 합계 | 13,001,720,238 | 2,055,706,384 | 15,057,426,621 |

4. 순편익과 비용-편익비

1) 연도별 순편익 및 비용-편익비

비용과 편익을 2000년 현재가치로 환산한 총 비용은 1,687,412,718원이었고, 총편익은 14,582,548,519원이었다. 1982년부터 2010년까지의 편익을 2000년 현재가치로 환산하여 산출한 순현재가치는 12,895,135,801원이었고, 비용-편익비는 8.64로 불소화사업의 경제성이 높은 것으로 나타났다.(표 8).

2) 대상기간별 순현재가치(NPV) 및 비용-편익비

실제 사업수행기간과 향후 사업의 경제성평가를 대상기간별로 구분하였을 때, 실제 사업기간인 1982년-2000년까지 발생한 것으로 추정되는 순현재가치는 7,990,710,155원이었고, 비용-편익비는 7.47이었다. 2001년부터 2010년까지 발생할 편익의 순현재가치는 4,904,425,646원, 비용-편익비는 11.85로 실제 사업기간보다 향후 사업에서 비용-편익이 보다 높은 것으로 추정되었다(표 9). 이러한 결과는 불소화 사업의 누적효과가 충분히 발생될 만큼 사업이 지속적으로 추진되었으며, 향후 예상되는 진료비 증가율이 불소화사업에 소요되는 비용의 증가율보다 높기 때문인 것으로 판단되었다.

3) 민감도 분석

우식치아의 미치료를 30%를 가정한 조건에서 할인율(3%~9%) 및 비보험진료비 증감율(1~3%)의 변화에 따른 비용-편익비의 변화는 7.23~9.52으로 모든 경우에서 편익이 비용보다 높은 것으로 나타났다(표 10), 비보험진료비 증감율을 2%로 가정한 조건에서 시행한 할인율(3%~9%) 및 우식영구치율의 변화(10%~50%)의 각각의 경우에서 산출된 비용-편익비 또한 모든 경우에서 편익이 비용보다 높아 이 사업의 경제성이 높은 것으로 나타났다(표 11).

<표 8> 수돗물 불소화 사업의 연도별 순현재가치(NPV) 및 비용-편익비

단위 : 원

| 연도 | 비용(Cost) | 편익(Benefit) | 순현재가치(NPV) | 비용 편익비 (B/C Ratio) |
|------|---------------|----------------|----------------|-----------------------|
| 1982 | 89,070,373 | 63,328,561 | -25,741,812 | 0.71 |
| 1983 | 84,656,195 | 131,016,558 | 46,360,363 | 1.55 |
| 1984 | 80,842,600 | 198,216,780 | 117,374,180 | 2.45 |
| 1985 | 76,812,609 | 272,300,386 | 195,487,777 | 3.54 |
| 1986 | 71,968,174 | 321,775,096 | 249,806,922 | 4.47 |
| 1987 | 69,099,323 | 368,136,871 | 299,037,548 | 5.33 |
| 1988 | 66,259,978 | 421,871,130 | 355,611,152 | 6.37 |
| 1989 | 63,905,169 | 479,171,278 | 415,266,108 | 7.50 |
| 1990 | 62,462,509 | 598,369,752 | 535,907,242 | 9.58 |
| 1991 | 62,074,244 | 668,214,605 | 606,140,361 | 10.76 |
| 1992 | 59,122,943 | 664,038,270 | 604,915,327 | 11.23 |
| 1993 | 56,490,003 | 665,676,834 | 609,186,831 | 11.78 |
| 1994 | 55,273,148 | 669,126,386 | 613,853,238 | 12.11 |
| 1995 | 58,109,468 | 658,402,222 | 600,292,754 | 11.33 |
| 1996 | 54,846,526 | 657,824,735 | 602,978,208 | 11.99 |
| 1997 | 53,068,762 | 625,178,706 | 572,109,944 | 11.78 |
| 1998 | 57,318,208 | 599,141,866 | 541,823,658 | 10.45 |
| 1999 | 57,781,278 | 580,511,959 | 522,730,681 | 10.05 |
| 2000 | 56,390,162 | 583,959,834 | 527,569,672 | 10.36 |
| 2001 | 52,296,421 | 575,444,024 | 523,147,603 | 11.00 |
| 2002 | 50,604,221 | 574,887,194 | 524,282,974 | 11.36 |
| 2003 | 48,954,596 | 573,706,203 | 524,751,607 | 11.72 |
| 2004 | 47,347,330 | 577,694,186 | 530,346,856 | 12.20 |
| 2005 | 45,782,129 | 548,739,645 | 502,957,517 | 11.99 |
| 2006 | 44,258,630 | 534,134,095 | 489,875,465 | 12.07 |
| 2007 | 42,776,413 | 518,246,190 | 475,469,777 | 12.12 |
| 2008 | 41,334,999 | 500,115,471 | 458,780,471 | 12.10 |
| 2009 | 39,933,865 | 483,289,106 | 443,355,241 | 12.10 |
| 2010 | 38,572,441 | 470,030,576 | 431,458,135 | 12.19 |
| 합계 | 1,687,412,718 | 14,582,548,519 | 12,895,135,801 | 8.64 |

<표 9> 대상기간별 순현재가치(NPV) 및 비용-편익비

단위 : 원

| 연도 | 비용/편익 | 3% | 5% | 7% | 9% |
|-------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1982 ~ 2010 | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 14,558,643,056 | 14,582,548,519 | 15,448,858,984 | 16,645,069,731 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 9.52 | 8.64 | 8.11 | 7.58 |
| | 순편익 (NPV) | 13,029,172,015 | 12,895,135,801 | 13,543,904,437 | 14,449,928,235 |
| 1982 ~ 2000 | 비용 (Cost) | 1,029,118,500 | 1,235,551,673 | 1,494,893,738 | 1,821,294,066 |
| | 편익 (Benefit) | 8,618,807,215 | 9,226,261,828 | 10,595,257,352 | 12,226,659,793 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 8.37 | 7.47 | 7.09 | 6.71 |
| | 순편익 (NPV) | 7,589,688,715 | 7,990,710,155 | 9,100,363,615 | 10,405,365,727 |
| 2001 ~ 2010 | 비용 (Cost) | 500,352,541 | 451,861,045 | 410,060,809 | 373,847,431 |
| | 편익 (Benefit) | 5,939,835,841 | 5,356,286,691 | 4,853,601,631 | 4,418,409,939 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 11.87 | 11.85 | 11.84 | 11.82 |
| | 순편익 (NPV) | 5,439,483,300 | 4,904,425,646 | 4,443,540,822 | 4,044,562,508 |

<표 10> 비보험진료비 증가율변화에 대한 민감도분석(1928년~2010년)

단위 : 원

| 비보험 증감율 | 항목 | 할 인 율 | | | |
|------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
| 1% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 14,478,096,849 | 14,569,578,310 | 15,521,965,102 | 16,815,506,121 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 9.47 | 8.63 | 8.15 | 7.66 |
| | 순편익 (NPV) | 12,948,625,808 | 12,882,165,591 | 13,617,010,555 | 14,620,364,625 |
| 2% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 14,558,643,056 | 14,582,548,519 | 15,448,858,984 | 16,645,069,731 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 9.52 | 8.64 | 8.11 | 7.58 |
| | 순편익 (NPV) | 13,029,172,015 | 12,895,135,801 | 13,543,904,437 | 14,449,928,235 |
| 3% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 14,155,765,326 | 14,068,873,872 | 14,817,769,158 | 15,874,394,946 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 9.26 | 8.34 | 7.78 | 7.23 |
| | 순편익 (NPV) | 12,626,294,285 | 12,381,461,154 | 12,912,814,611 | 13,679,253,450 |

<표 11> 우식영구치율(DT rate)의 변화에 따른 민감도분석 (1982년~2010년)

단위 : 원

| 우식 영구치율 ¹⁾ | 항목 | 할 인 율 | | | |
|--------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
| 10% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 16,304,556,651 | 16,484,551,487 | 17,471,816,745 | 18,832,636,704 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 10.66 | 9.77 | 9.17 | 8.58 |
| | 순편익 (NPV) | 14,775,085,610 | 14,797,138,768 | 15,566,862,198 | 16,637,495,207 |
| 20% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 15,431,599,853 | 15,533,550,003 | 16,460,337,864 | 17,738,853,218 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 10.09 | 9.21 | 8.64 | 8.08 |
| | 순편익 (NPV) | 13,902,128,812 | 13,846,137,284 | 14,555,383,318 | 15,543,711,721 |
| 30% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 14,558,643,056 | 14,582,548,519 | 15,448,858,984 | 16,645,069,731 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 9.52 | 8.64 | 8.11 | 7.58 |
| | 순편익 (NPV) | 13,029,172,015 | 12,895,135,801 | 13,543,904,437 | 14,449,928,235 |
| 40% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 13,685,686,259 | 13,631,547,035 | 14,437,380,103 | 15,551,286,245 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 8.95 | 8.08 | 7.58 | 7.08 |
| | 순편익 (NPV) | 12,156,215,217 | 11,944,134,317 | 12,532,425,556 | 13,356,144,749 |
| 50% | 비용 (Cost) | 1,529,471,041 | 1,687,412,718 | 1,904,954,547 | 2,195,141,497 |
| | 편익 (Benefit) | 12,812,729,461 | 12,680,545,551 | 13,425,901,222 | 14,457,502,759 |
| | 비용-편익비 (B/C ratio) | 8.38 | 7.51 | 7.05 | 6.59 |
| | 순편익 (NPV) | 11,283,258,420 | 10,993,132,833 | 11,520,946,675 | 12,262,361,262 |

주 1) 우식영구치율(DT rate) : 우식경험영구치중 치료되지 않고 방치되어 있는 우식영구치가 차지하는 비율

IV. 고 찰

수돗물불소화사업의 예방효과를 분석한 송연희 등과(1992) 김종배 등의(1993, 1996) 기존 국내 연구를 검토한 결과 코호트모형에 적용할 수 있는 추적관찰자료를 수집할 수 없어 단

면조사자료를 활용한 가상적 코호트모형을 분석모형으로 활용할 수밖에 없었다. 실제 이러한 방법은 우리와 상황이 유사한 외국의 연구에서도 적용된 바 있으며(Doessel DP, 1985), 그 방법과 결과의 타당성에 대한 검증(Carr LM, 1966, Carr LM, 1972, Carr LM, 1976) 또한 이루어진 바 있기 때문에 선택된 모형으로 인하여 비용편익비의 방향이 변동되는 결과를 초래하지는 않을 것으로 판단된다.

비용-편익 분석은 명확한 경제성 평가방법이기는 하나 편익이나 비용과 편익의 금액화라는 문제에서 여러 가지 가정이 개입되며 그 외에도 미래 편익이나 비용을 현재가치로 환산할 때 고려되는 할인율의 선택에서도 현실적인 어려움이 많다(양봉민, 1999). 본 연구에서도 편익 및 비용의 금액화와 할인율의 선택에 있어서 여러 가지 가정들을 전제하였는데, 이러한 가정이 결과에 미치는 불확실성을 평가하기 위하여 시행한 민감도 분석의 결과를 볼 때, 비용편익의 방향이 달라지거나 사업의 경제성을 의심할 만한 결과가 도출되지 않은 것을 고려하면 분석모형에서 비롯되는 결과의 불확실성은 크지 않은 것으로 평가되었다.

본 연구에서 수돗물불소화사업의 경제성을 평가한 결과 1982년부터 2010년까지의 순현재가치는 12,895,135,801원이었고, 비용편익비는 8.64로, 사업의 효율성이 높은 것으로 나타났다. 8-14세 아동을 대상으로 산출된 이러한 결과가 실제 편익을 얻는 인구집단 중 일부의 것이라는 점을 고려한다면 사업의 경제성은 보다 높을 것으로 추정된다. 연구설계와 모형이 연구마다 다르고, 국가별 진료비용의 차이가 있기 때문에 직접 비교하는데 한계는 있지만, 기존 외국에서 이루어진 수돗물 불소화사업의 비용-편익연구결과를 본 연구결과와 비교할 때도 그 결과에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(표 12).

본 연구의 제한점으로는 첫째, White 등(1989)의 연구에 따르면 치아우식증의 감소 원인에는 수돗물 불소화사업 이외에 불소함유 치약의 사용증가, 불소공급제나 구강청결제의 이용, 항생제 사용, 영양 변화 등도 있는데 본 연구에서는 수돗물 불소화사업의 효과만으로 국한하였으며 이러한 변수들로 인한 치아우식증 감소율의 변화는 고려하지 않았다(White 등, 1989). 또한 Niessen 등(1984)의 연구에서는 자연적으로 불소화가 일어날 때 급수시설의 불소농도는 0.1ppm이라고 가정하였는데 본 연구에서는 자연적 불소농도에 대한 효과는 고려하지 않았다.

둘째, 본 연구에서는 불소화사업지역인 청주와 대조지역 충주와 원주를 대상으로 8세~14세 아동 2,343명을 대상으로 1회 시행한 구강조사를 시행한 결과를 경제성평가를 위한 기초자료로 사용하였다. 이러한 자료는 불소화사업의 효과를 입증할 수 있는 기존의 대표성 있는 추적관찰자료가 아니라는 한계를 지니고 있다.

셋째, 최근 증가하는 생수음용의 증가가 불소화사업의 효과에 미치는 영향을 고려하지 못한 한계도 지적할 수 있다. 물론 본 연구의 불소화사업의 충치예방효과에 대한 자료조사가

<표 12> 불소화효과에 관한 외국의 비용-편익분석

| 연구 논문 | 우식예방효과 | 우식치아 진료비 자료 | 비용-편익비 (순편익) | 연구기간 |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|
| 본 연구 | 8~14세 연령별 우식치아감소율 | 보험진료비 및 비보험진료비 | 8.64:1 (5%할인율) | 28년 |
| Davies(1973,Newzealand) | NR주1) | NR | 6.6:1 | NR |
| Nelson and Swint(1973,US) | 우식치아감소율 :1~99% | 진료수가집 | 2.5:1 | 10년 |
| Dowell(1976,England) | 우식치아감소율: 55% | 진료수가집 및 치과진료비 | NR | 30년 |
| Niessen and Douglass(1984,US) | 우식치아감소율: 50% | 치아면당 진료비:\$20 | 11.55:1 8.22:1 | steady state 20년 |
| Doessel(1985,Australia) | 연령별 우식예방율 | 치과협회자료 및 VA수가집 | \$168,497-\$567,774 (6%할인율) | 34년 |

주 1) NR : not reported.

2000년에 이루어졌기 때문에 최근의 생수음용의 영향이 일정 정도 반영되었다고 고려할 수도 있겠지만, 생수음용의 증가 경향과 장기적인 효과를 고려하지 않았기 때문에 2000년 이후의 충치예방효과가 과다 추계 되었다는 문제제기가 가능할 것이라고 판단된다.

넷째, 불소화사업의 충치예방효과로 발생하는 편익을 치과진료비용에 국한하여 산출하였기 때문에 치아우식증으로 인한 고통, 미관 및 기능상실 등의 질병비용이 반영되지 않은 한계를 지적할 수 있다. 질병비용을 고려할 경우 본 연구의 비용편익비는 보다 높아질 것으로 생각된다.

다섯째, 수돗물불소화사업을 원하지 않는 사람들이 입게되는 정신적 피해로 인하여 발생하는 비용을 고려하지 않았다는 점도 제한점으로 지적할 수 있다. 이러한 비용을 정량화하기란 거의 불가능하기 때문에 다른 대안을 선택할 수 없는 한계가 있었지만, 최근에 서울시 수돗물불소화사업 시행과 관련한 광범위한 사회적 반발을 고려할 때, Doessel이(1985) 제시한 외국의 예와는 달리 그 비용을 결코 무시할 수준으로 간주 할 수는 없을 것이다. 그러나, 기존의 수돗물불소화사업에 대한 반발이 국가에 의한 강제적 의료행위의 시행이라는 주장을 토대로 국민들의 정서적 반발을 자극한 결과에 기인한 바가 크기 때문에, 보건사업의 윤리적 문제에 대한 성숙된 논의와 수돗물불소화사업의 안전성에 대한 국내의 경험을 토대로 한 세

밀한 연구가 뒷받침될 때만이 그 비용이 보다 객관적으로 반영될 수 있을 것으로 판단된다. 결론적으로, 비용-편익의 관점에서 수돗물불소화사업의 경제성을 평가한 본 연구에서는 불소화사업의 편익이 비용보다 높은 것으로 나타나 현재 일부지역에 국한되어 시행되고 있는 수돗물불소화사업을 확대 시행하는 것이 타당할 것으로 평가되었다. 그러나, 이 사업의 확대시행을 위해서는 불소화사업의 안정성에 대한 의문과 윤리적 타당성에 대한 반감에 기인하여 현재 과다하게 평가되어 있는 것으로 보이는 정신적 피해비용의 정당한 가치반영을 위한 사회적 노력이 수반되어야 할 것으로 판단된다.

V. 요약 및 결론

청주시 지북정수장에서 시행되어온 수돗물 불소화 사업에 대하여 1982년부터 2010년까지 8~14세 인구 2,343명을 대상으로 조사된 불소화 사업의 효과를 기초로하여 경제성 평가를 시행한 결과 1982년-2010년까지 수돗물 불소화사업으로 인하여 감소된 우식경험치아의 진료비 순편익은 12,895,135,801원이었고, 비용-편익비는 8.64인 것으로 나타났다.

연도별로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

1. 1982년~2010년 동안 수돗물불소화사업에 투입되는 총비용은 경상가격기준으로 1,384,164,734원이었으며, 총편익은 15,057,426,621원이었다.
2. 2000년 현재가치로 환산한 총비용은 1,687,412,718원이었고, 총편익은 14,582,548,519원이었다.
3. 1982년부터 2010년까지의 편익을 현재가치로 환산한 순현재가치는 12,895,135,801원이었고, 비용-편익비는 8.64이었다.
4. 1982년-2000년까지의 기간에 실제 발생한 순현재가치는 7,990,710,155원이었고, 비용-편익비는 7.47이었다.
5. 2001년부터 2010년까지 발생할 편익의 순현재가치는 4,904,425,646원이었고, 비용-편익비는 11.85이었다.

1982년부터 청주시 지북정수장에서 시행되어온 수돗물 불소화사업에 대하여 경제성 평가를 시행한 결과 수돗물 불소화사업의 경제성은 우수한 것으로 평가되었다.

참 고 문 헌

- 김광수. 불소와 구강건강. 서울, 건치, 1998
- 김종배, 백대일, 문혁수, 송연희, 박덕영. 도시관급수불소화사업의 치아우식예방효과에 관한 2년간

- 추구조사연구. 대한구강보건학회지 1993; 17(2): 279-291
- 김종배, 백대일, 문혁수, 송연희, 박덕영. 청주시 관급수불화사업 효과에 관한 추구연구(IV). 대한구강보건학회지 1996; 20(2): 156-166
- 보건복지부. 2000 국민구강건강실태조사, 보건복지부 2001: 181
- 보건복지부. 구강보건업무편람. 2000: 112-169
- 서울특별시. 수돗물 불소화에 관한 공청회. 1998
- 송연희, 문혁수, 백대일, 김종배. 도시관급수불화사업의 우식예방효과에 관한 추구조사연구. 대한구강보건학회지 1992; 16(2): 452-473
- 신동근, 박정민, 양승욱, 김용수, 권명호, 김의동, 한영철, 전동균, 박덕영, 이흥수, 이병욱. '98 구강보건현황 및 정책과제. 구강보건정책연구회, 1998
- 양봉민. 보건경제학. 서울, 남남출판, 1999: 403-427
- 이충섭, 성진호, 김동기. 진해지역 도시관급수불화사업효과에 관한 조사연구. 대한구강보건학회지 1996; 20(2): 271-290
- 조영수, 정상호, 김광수. 수돗물불소화사업기술. 서울, 건치, 1995
- Ast DB, Cons NC, Pollard ST, Garfinkel J. Time and cost factors to provide regular periodic dental care for children in a fluoridated and nonfluoridated area: final report. *J Am Dent Assoc* 1970; 80: 770-776
- Attwood D, Blinkhorn AS. Reassessment of the effect of fluoridation on cost of dental treatment among Scottish schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol* 1989; 17: 79-82
- Carr LM. Fluoridation in Canberra, Part I. Prefluoridation data: dental caries and mottled enamel. *Aust Dent J* 1966; 11: 248-57
- Carr LM. Fluoridation in Canberra, Part II. Prefluoridation data: dental caries and mottled enamel. *Aust Dent J* 1972; 17: 335-9
- Carr LM. Fluoridation in Canberra, Part III. Prefluoridation data: dental caries and mottled enamel. *Aust Dent J* 1976; 21: 440-4
- Davies GN. Fluoride in the prevention of dental caries. A tentative cost-benefit analysis. *Bri Dent J* 1973; 7: 131-134
- Doessel DP. Cost-benefit analysis of water fluoridation in Townsville, Australia. *Community Dent Oral Epidemiol* 1985; 13: 19-22
- Dowell TB. The economics of fluoridation. *Br Dent J* 1976; 103-106
- Downer MC, Blinkhorn AS, Attwood D. Effect of fluoridation on the cost of dental

- treatment among urban Scottish schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol* 1981; 9: 112-116
- Elishauser, A. et al. "Health Care CBA/CEA: An update on the growth and composition of literature". *Med Care* 1993; 31(7): 1-11
- Enno A, Craig GG. Economics aspects of the prolonged fluoride application method. *Aust Dent J* 1982; 27(2): 91-93
- Kunzel W. The cost and economic consequences of water fluoridation. *Caris Res* 1974; 8(Suppl 1): 28-35
- Manau C, Cuenca E, Marinez-Carreero J, Salleras L. Economic evaluation of community programs for the prevention of dental caries in Catalonia, Spain. *Commun Dent Oral Epidemiol* 1986; 14: 104-109
- Niessen LC, Douglass CW. Theoretical considerations in applying benefit-cost and cost-effectiveness analyses to preventive dental programs. *J Public Health Dent* 1984; 44(4): 156-168
- O'Mullane DM, Clarkson J, Holland T, O'Hickey S, Whelton H. Effectiveness of water fluoridation in the prevention of dental caries in Irish schoolchildren. *Community Dent Health* 1988; 5: 331-344
- Rugg-Gunn AJ, Carmichael CL, Ferrell RS. Effect of fluoridation and secular trend in caris in 5-year-old children living in Newcastle and Northumberland. *Br Dent J* 1988; 165: 359-364
- White BA, Antczak-Bouckoms AA, Weinstein MC. Issues in the economic evaluation of community water fluoridation. *J Dent Edu* 1989; 53(11): 646-657
- Whittle JG, Downer MC. Dental health and treatment needs of Birmingham and Salford school children. *Br Dent J* 1979; 147: 67-71
- William N, J Michael S: Cost-benefit analysis of fluoridation in Houston, Texas. *J Public Health Dent* 1976; 36: 88-95