

1

수돗물불소농도조정사업의 치아우식 예방효과

¹⁾부산대학교 치의학전문대학원 예방과사회치학교실, ²⁾부산대학교 치의학전문대학원 BK21플러스 사업단,
³⁾청주대학교 보건의료과학대학 치위생학과

하 태 규¹⁾, 공 옥 성¹⁾, 김 세 연^{1, 2)}, 김 지 수^{1, 2)}, 이 정 하¹⁾, 김 한 나³⁾, 김 진 범^{1, 2)}

ABSTRACT

Caries preventive effect from community water fluoridation program

¹⁾Department of Preventive & Community Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University,

²⁾BK21 PLUS Project, School of Dentistry, Pusan National University,

³⁾Department of Dental Hygiene, College of Health Science, Cheonju University

Tae-Gyu Ha¹⁾, Wook-Sung Kong¹⁾, Se-Yeon Kim^{1, 2)}, Jung-Ha Lee¹⁾, Ji-Soo Kim^{1, 2)}, Han-Na Kim³⁾, Jin-Bom Kim^{1, 2)}

Objectives: The water fluoridation program has been implemented since 2008 at the Daesan water treatment plant, Changwon City. The aim of this study is to evaluate caries preventive effect of permanent teeth from community water fluoridation program

Methods: Evaluation surveys were conducted on 8-, 10- and 12-year olds in the fluoridated and non-fluoridated area of Uichang-gu and Seongsan-gu, Changwon City in 2015. The number of the subjects in 2015 was 722 in fluoridated area and 707 in non-fluoridated area. The caries preventive effect of permanent teeth by community water fluoridation was estimated by the differences in adjusted DMFT and DMFS scores between the program and control groups. Cofounders of mean number of fissure-sealed teeth or surfaces, and number of subjects by gender were adjusted to estimate the caries preventive effect of permanent teeth.

Results: The mean DMFT score or DMFS score of children aged 8-, 10- and 12-years adjusted for the number of fissure-sealed teeth or surfaces in fluoridated area were significantly lower than those in non-fluoridated area in 2015. The caries preventive effect of permanent teeth estimated based on the difference of mean DMFT scores adjusted for fissure-sealed teeth, age and number of subjects by gender between control and program group among children was 37.3%.

Conclusions: These results suggest that the caries preventive effect of permanent teeth from water fluoridation program at Daesan water treatment plant, Changwon City was so high that the water fluoridation program should be developed in other regions in Korea.

Key words : Dental caries, Fluoride, Permanent teeth, Prevention, Water fluoridation

Corresponding Author

Jin-Bom Kim

Department of Preventive and Community Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, 49

Busandaehak-ro, Mulgeum-eup, Yangsan, 50612, Korea

Tel : 051-510-8223, Fax : 051-510-8223, E-mail : jbonkim@pusan.ac.kr

I. 서론

2016년 우리나라에서 국민건강보험으로 진료를 받은 질환 중 요양급여비용이 가장 많이 든 10대질환 중에서 '치수 및 치근단주위 조직 질환'은 5,919억원으로서 제5위이고, '치아우식'은 3,300억원으로서 9위를 차지하였다¹⁾. '치수 및 치근단주위 조직 질환'은 대부분 치아우식이 심하게 진행되어 발생한 질병으로서 치아우식의 속발증으로 분류할 수 있다. 치아우식은 도시 농촌 구별없이 남녀노소가 겪고 있는 범발성 질환이며, 치아우식 국민 건강에 대한 위해와 더불어 치료에 소요되는 비용 또한 경제적으로 큰 부담이 되고 있다.

치아우식 예방 수단으로 가장 효과적인 사업은 수돗물 불소농도조정사업(이하 '수불사업')이다. 수불사업은 수돗물의 불소농도를 치아건강을 위한 권장량 수준으로 조정하는 사업이다. 구강보건법 제2조에서 수불사업은 '치아우식의 발생을 예방하기 위하여 상수도 정수장 또는 수돗물저장소에서 불소화합물 첨가시설을 이용하여 수돗물의 불소농도를 적정수준으로 유지·조정하거나 이와 관련되는 사업'으로 명시되어 있다. 수불사업은 치아우식 예방사업 중에서 가장 효과적이고, 실용적이며, 공평하고 경제적이며 안전한 공중구강보건사업으로 알려져 있다²⁾.

세계보건기구는 2000년 제53차 총회에서 "비전염성질환의 예방과 관리에 대한 결의안(WHA 53.17: Prevention and control of noncommunicable diseases)"을 채택하고, 여기에서 "지역사회 수돗물 불소농도조정은 어린이와 성인 모두에서 치아우식 예방에 효과적이다. 수돗물이 공급되는 지역의 모든 주민들은 사회적 경제적 지위에 관계없이 수돗물불소농도 조정으로 혜택을 받는다."라고 규정하였다³⁾. 또한, 세계보건기구는 2007년 제60차 총회에서 구강건강증진을 위한 전 세계적 정책방안을 의결하고(WHA 53.17, Oral health: action plan for promotion and integrated disease prevention), 치아우식 예방을

위한 방안으로 효과적인 불소활용을 제안하면서, 구체적인 불소이용 사업의 하나로 수불사업을 제시하였다⁴⁾.

우리나라에서는 1981년 경남 진해시에서 수불사업이 보건복지부 시범사업으로 처음 실시된 이후, 2002년 32개 지역(36개 정수장, 425만명, 국민의 8.9%)까지 확대, 시행되었다⁵⁾. 그러나, 일부 지자체에서 수불사업에 대한 지역주민들의 오해와 관계 공무원들의 의지 부족으로 사업지역이 감소하여서, 2016년 10월 현황으로는 13개 시군, 15개 정수장에서 급수인구 1,696,730명(총인구의 3.3%)을 대상으로 수불사업이 시행되고 있다⁶⁾. 수불사업은 구강보건법에 의거하여 우리나라 구강보건사업 기본계획에 포함되어, 지방자치단체의 장은 수불사업의 세부계획 및 집행계획을 수립하고 시행, 관리할 책임이 있다.

김 등⁷⁾은 우리나라 도시의 수불사업에서 영구치 우식예방효과가 7~11세 아동에서 22.2~46.2%라고 보고했으며, Kim 등⁸⁾은 진주시에서 11년간 수불사업으로 절약된 우식치료비가 사업비용의 41.4배에 이른다고 보고한 바가 있다.

창원보건소는 2008년 대산정수장에 불소첨가장비를 설치하고 2008년 11월부터 수불사업을 시행하고 있다. 대산정수장에서 생산한 수돗물은 의창구 일부 지역과 성산구 일부 지역에 공급되고 있다⁹⁾.

2015년 9월말 주민등록인구를 기준으로 외국인을 포함한 창원시의 인구는 1,070,593명이고, 의창구 인구는 257,805명, 성산구 인구는 236,607명이며, 대산정수장에서 수돗물을 공급하고 있는 지역은 의창구와 성산구 일부지역으로서 수불사업 수혜인구는 263,450명으로 집계되어 의창구와 성산구 전체인구의 53.3%로 추산되고 있다¹⁰⁾. 창원시에서 수불사업 시행 직전인 2008년 4~5월 중에 3세부터 14세까지 연령별로 구강검사를 시행하였다. 검사결과, 영구치우식 경험자율은 8세 25.8%, 10세 38.1%, 12세 53.8%이었으며, 우식경험영구치지수는 8세 0.48개, 10세 0.83개, 12세 1.67개이었다¹¹⁾. 따라서, 치아우식 예방

을 위한 수불사업이 필요한 지역으로 검토되었다.

창원시의 수불사업이 건설하게 발전하여 주민의 우식증 유병률을 낮추기 위해서는 사업에 대하여 지속적으로 주민의 관심과 지지를 모아야 하며, 주기적인 평가가 필수적으로 시행되어야 한다. 근래에 와서 수불사업 시행 여부에 관계없이 우식예방에 효과가 큰 치면열구전색이 확산되고 있다²⁾. 치면열구전색 경험도가 수불사업만의 고유한 우식예방효과 측정에 교란변수로 작용하고 있어서 이것을 보정하기 위한 예방효과 측정법이 요구되고 있다³⁾.

따라서 본 연구에서는 창원시 대산정수장에서 수불사업 개시 6년 후, 수불사업 지역과 비사업 지역의 초등학생과 중학생들을 대상으로 검사한 우식경험도를 비교한 다음, 표본의 성별분포와 치면열구전색 경험도 차이를 보정하여 수불사업으로 얻어진 우식예방효과를 평가하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

수불사업을 시행하는 대산정수장은 창원시의 의창구와 성산구의 일부지역에만 수돗물을 공급하고 있다. 2015년 연구에서는 의창구와 성산구에서 수불사업 수혜를 받고 있는 동(洞)지역의 초등학생과 중학생 중

에서 표본을 추출하여 사업군으로 선정하고, 의창구와 성산구에서 대산정수장에서 수돗물을 공급 받지 않는 동(洞)지역의 초등학생과 중학생 중에서 표본을 추출하여 대조군으로 선정하였다.

본 연구에서 구강검사대상 연령은 만 8세, 10세, 12세이었다. 수불사업 지역과 비사업 지역으로 구분한 구강검사에서는 전수조사를 하지 못하고 표본조사를 시행하였다. 8세, 10세는 초등학교에서, 12세는 중학교에서 조사하였다.

2015년 8월 당시 수불사업 지역에 거주하고 있는 8세, 10세, 12세 학생 수는 모두 5,983명이었고, 비수불사업 지역의 8세, 10세, 12세 학생 수는 모두 6,250명이었다⁴⁾. 수불사업 지역과 비사업 지역에 위치한 초등학교와 중학교 중에서 창원보건소의 자문으로 사회경제적 상태가 유사할 것으로 추정되는 지역의 초등학교와 중학교를 구강검사 대상학교로 선정하였다. 검사 대상으로 선정된 초등학교 4개교에서 만 8세와 10세를 대상으로 영구치우식 경험도를 조사하였으며, 중학교 4개교에서는 만 12세를 대상으로 영구치우식 경험도를 조사하였다. 2015년 8세, 10세, 12세의 구강검사 대상 총 표본 수는 1,429명이었고, 수불지역 총 표본 수는 722명으로서, 수불사업 지역 거주 해당연령 총 학생수 5,983명의 12.1%이었으며, 비사업 지역 총 표본 수는 707명으로서, 비수불사업 지역 동지역 거주 해당연령 총 아동 수 6,250명의 11.3%이었다(Table 1).

Table 1. Number of participants in 2015 by gender and water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*			With WFP*			P†
	N	Male(%)	Female(%)	N	Male(%)	Female(%)	
Total	707	367(51.9)	340(48.1)	722	361(50.0)	361(50.0)	0.492
8	209	108(51.7)	101(48.3)	228	117(51.3)	111(48.7)	1.000
10	264	130(49.2)	134(50.8)	204	104(51.0)	100(49.0)	0.780
12	234	129(55.1)	105(44.9)	290	140(48.3)	150(51.7)	0.135

* Water Fluoridation Program

† chi-square test

본 연구는 부산대학교치과병원 임상시험심사위원회 (PNUDH-2015-013)의 심사와 승인을 받고 연구 대상자의 동의를 얻어 시행하였다.

2. 연구방법

2.1. 구강검사

치아우식 검사 기준 통일을 위한 조사자 기준통일 훈련을 받고 2012년 국민구강건강실태조사에 참여 하였던 치과 의사 1인이 세계보건기구에서 권장하는 구강검사법¹⁴⁾을 기준으로 치아를 검사하여 영구치 우식경험 상태 및 열구전색 영구치 보유 상태를 조사하였다. 구강검사에는 기록요원이 동행하여 검사자가 구술하는 검사결과를 기록하였으며, 편성요원은 담임 교사와 협조 및 검사과정의 질서유지 등의 실무를 담당하였다.

2.2. 자료 분석 방법

구강검사 결과를 IBM SPSS Statistics 23.0을 이용하여 분석하였다. 영구치우식경험자율(DMF rate), 영구치우식무경험자율(carries-free rate), 우식경험영구치지수(DMFT index), 우식경험영구치면지수(DMFS index), 열구전색영구치보유자율(Fissure sealant rate), 열구전색영구치지수(Mean fissure-sealed teeth), 열구전색영구치면지수(Mean fissure-sealed surfaces)를 산출하였다.

수불사업군과 대조군의 집단별 차이의 유의성 여부는 카이제곱검정법(chi-square test), 독립 두집단 간 t-검정법(independent samples t-test)으로 검정하였다.

수불사업의 연령별 영구치 우식예방효과는 공분산 분석(ANCOVA)을 이용하였고, 교란변수인 표본의 성별 비율 차이와 열구전색영구치지수 또는 열구전색영구치면지수의 차이를 보정하여 우식경험도를 재차

추정한 다음¹³⁾, 수불사업 지역과 비사업 지역 간의 우식경험도 차이로서 창원시 대산정수장 수불사업의 영구치우식 예방효과를 산출하였다. 8세, 10세, 12세 전체군에서 영구치 우식예방효과는 역시 공분산분석(ANCOVA)을 이용하였고, 표본의 연령, 성별 비율, 열구전색영구치지수 또는 열구전색영구치면지수를 공변량으로 두어 산출하였다. 유의성 판정에서 유의수준은 제1종 오류 0.05로 판정하였고, 0.05 이상 0.2 미만일 경우, 경향성을 검토하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 지역별 연령별 영구치 우식경험자율

영구치 우식경험자율은 ‘영구치에 우식을 경험한 사람의 비율’을 말한다. 2015년 영구치 우식경험자율은 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 전체적으로는 유의한 차이가 없었고, 연령별로는 8세에서만 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 낮았다($P=0.005$) (Table 2).

2. 지역별 연령별 영구치 우식유병자율

영구치 우식유병자율은 ‘치료를 받지 못하고 우식에 이환된 채로 방치되어 있는 영구치를 가진 사람의 비율’을 말한다. 2015년 영구치 우식유병자율은 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 전체적으로 낮았으며 ($P<0.001$), 연령별로 8세, 10세, 12세 모두 낮았다 (8세: $P=0.012$; 10세: $P=0.010$; 12세: $P=0.002$) (Table 3).

3. 지역별 연령별 우식경험영구치지수

우식경험영구치지수는 영구치에서 우식경험을 한

Table 2. Percentages of caries experience in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*		With WFP*		P†
	N	%	N	%	
Total	707	35.2	722	31.9	0.179
8	209	27.3	228	16.2	0.005
10	264	29.2	204	29.9	0.919
12	234	49.1	290	45.5	0.429

* Water Fluoridation Program
 † chi-square test

Table 3. Active caries rate in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*		With WFP*		P†
	N	%	N	%	
Total	707	4.5	722	0.8	<0.001
8	209	2.9	228	0.0	0.012
10	264	3.0	204	0.0	0.010
12	234	7.7	290	2.1	0.002

* Water Fluoridation Program
 † chi-square test

치아수 즉, 현재 우식병소가 그대로 남아 있는 치아수, 우식으로 상실한 치아수 및 우식병소를 삭제하고 충전한 치아수를 모두 더한 치아수의 평균치를 말한다. 2015년 우식경험영구치면지수는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 전체적으로 낮았으며(P=0.007), 연령별로는 8세에서는 낮았으나(P=0.001), 10세와 12세

에서는 유의한 차이가 없었다(10세: P=0.105; 12세: P=0.117)(Table 4).

4. 지역별 연령별 우식경험영구치면지수

우식경험영구치면지수는 영구치에서 우식경험을 한

Table 4. DMFT index in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*		With WFP*		P†
	Mean	SD	Mean	SD	
Total	0.94	1.62	0.72	1.33	0.007
8	0.55	1.04	0.26	0.66	0.001
10	0.81	1.46	0.62	1.11	0.105
12	1.42	2.04	1.16	1.68	0.117

* Water Fluoridation Program
 † independent samples t-test
 DMFT index: mean number of Decayed, Missing and Filled teeth in permanent dentition

치면수 즉, 현재 우식병소가 그대로 남아 있는 치면수, 우식으로 상실한 치아의 면수 및 우식병소를 삭제하고 충전을 한 치면수를 모두 더한 치면수의 평균치를 말한다. 2015년 우식경험연구치면지수는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 전체적으로 낮았으며 (P=0.001), 연령별로는 8세와 12세에서는 낮았으나 (8세: P=0.001; 12세: P=0.027), 8세에서는 유의한 차이가 없었다(P=0.094)(Table 5).

5. 지역별 연령별 연구전색연구치보유자율

연구전색연구치보유자율은 치면연구전색을 한 연구치를 보유하고 있는 사람의 비율을 말한다. 2015년 연구전색연구치보유자율은 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 전체적으로 유의한 차이가 없었으며 (P=0.100), 연령별로는 8세와 10세에서는 유의한 차이가 없었으나(8세: P=0.435; 10세: P=0.185),

12세에서는 수불사업 지역(64.5%)에서 비사업 지역 (76.1%)보다 낮았다(P=0.004)(Table 6).

6. 지역별 연령별 연구전색연구치지수

연구전색연구치지수는 1인당 치면연구전색을 한 연구치수의 평균치를 말한다. 2015년 연구전색연구치지수는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 전체적으로 낮았으며(P<0.001), 연령별로는 8세에서는 유의한 차이가 없었으나(P=0.516), 10세와 12세에서는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 낮았다(10세: P=0.003, 12세; P<0.001)(Table 7).

7. 지역별 연령별 연구전색연구치면지수

연구전색연구치면지수는 1인당 치면연구전색을 한 연구치 면수의 평균치를 말한다. 2015년 연구전색연구

Table 5. DMFS index in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*		With WFP*		P†
	Mean	SD	Mean	SD	
Total	1.29	2.37	0.93	1.79	0.001
8	0.71	1.47	0.32	0.86	0.001
10	1.08	2.04	0.80	1.56	0.094
12	2.04	3.09	1.50	2.25	0.027

* Water Fluoridation Program

† independent samples t-test

DMFT index: mean number of Decayed, Missing and Filled teeth in permanent dentition

Table 6. Rate of children with fissure-sealed teeth in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*		With WFP*		P†
	N	%	N	%	
Total	707	65.3	722	61.1	0.100
8	209	57.9	228	61.8	0.435
10	264	61.7	204	55.4	0.185
12	234	76.1	290	64.5	0.004

* Water Fluoridation Program

† chi-square test

Table 7. Mean number of fissure-sealed teeth in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP*		With WFP*		P†
	Mean	SD	Mean	SD	
Total	2.29	2.85	1.42	1.55	<0.001
8	1.41	1.53	1.50	1.47	0.516
10	1.68	1.78	1.25	1.41	0.003
12	3.75	3.97	1.49	1.69	<0.001

* Water Fluoridation Program
 † independent samples t-test

구치면지수는 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 전체적으로 낮았으며(P<0.001), 연령별로는 8세에서는 유의한 차이가 없었으나(P=0.791), 10세와 12세에서는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 낮았다(10세: P=0.001, 12세: P<0.001)(Table 8).

8. 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험영구치수 차이로 산출한 우식예방률

2015년 수불사업 지역과 비사업 지역의 성별과, 열구전색영구치수 차이를 보정하여 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험영구치수(DMFT index)를 보정한 다음, 보정DMFT지수 차이에 근거하여 수불사업의 우식예방률을 산출하였으며, 전체적으로는 공변량으로 연령, 성별분포, 열구전색영구치수를 두어 우식예방률을 산출하였다.

비수불사업 지역의 보정DMFT지수는 전체적으로

1.02개, 연령별로는 8세, 10세, 12세 보정DMFT지수는 각각 0.54개, 0.86개, 1.64개이었다. 수불사업 지역의 보정DMFT지수는 전체적으로 0.64개, 연령별로는 8세, 10세, 12세에서 각각 0.27개, 0.55개, 0.99개이었다.

보정DMFT지수는 전체적으로는 물론, 연령별로 8세, 10세, 12세 모두 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 적어서 수불사업으로 얻어진 영구치 우식예방효과는 전체적으로는 37.3%, 연령별로는 8세 50.0%, 10세 36.0%, 12세 39.6%로 평가되었다(Table 9, Fig. 1).

9. 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험영구치면지수 차이로 산출한 우식예방률

2015년 수불사업 지역과 비사업 지역의 성별과, 열구전색영구치면지수 차이를 보정하여 수불사업 지역

Table 8. Mean number of fissure-sealed surfaces in 2015 by water fluoridation program

Age (year)	Without WFP* in 2015		With WFP* in 2015		P†
	Mean	SD	Mean	SD	
Total	2.61	3.11	1.68	1.91	<0.001
8	1.81	2.08	1.86	1.94	0.791
10	2.03	2.19	1.44	1.73	0.001
12	3.99	4.15	1.71	1.99	<0.001

* Water Fluoridation Program
 † independent samples t-test

Table 9. Caries-preventive effect estimated by assessing the differences of DMFT scores adjusted for gender and mean number of fissure-sealed teeth between children with WFP* and without WFP* in 2015

Age(year)	DMFT without WFP*(A)			DMFT with WFP*(B)			Rate of reduction (%) (C)	P
	N	Estimate	SE	N	Estimate	SE		
Total	707	1.02	0.05	722	0.64	0.05	37.3	<0.001†
8	209	0.54	0.06	228	0.27	0.06	50.0	0.001†
10	264	0.86	0.08	204	0.55	0.09	36.0	0.008†
12	234	1.64	0.12	290	0.99	0.11	39.6	<0.001†

$C = [(A-B)/A] \times 100$

* Water Fluoridation Program

† Univariate analysis of variance: adjusted by age, gender and numbers of fissure-sealed teeth

† Univariate analysis of variance: adjusted for gender and numbers of fissure-sealed surfaces

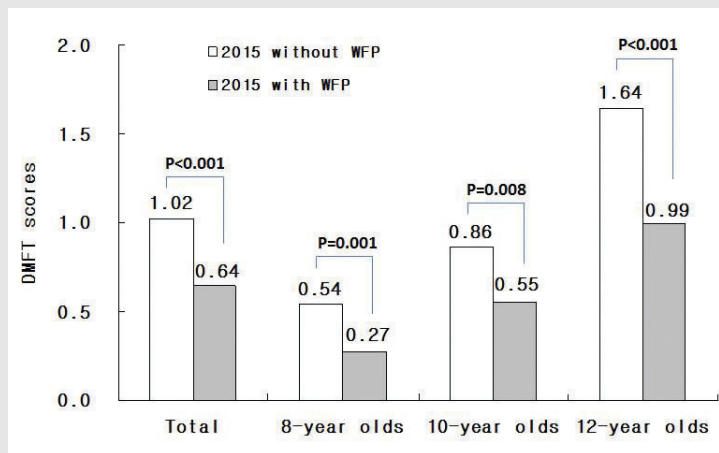


Fig. 1. Estimated DMFT scores adjusted for mean number of fissure-sealed teeth between children with WFP and children without WFP in 2015, Changwon City.

과 비사업 지역의 우식경험영구치면지수(DMFS index)를 보정한 다음, 보정DMFS지수 차이에 근거하여 수불사업의 우식예방률을 산출하였으며, 전체적으로는 공변량으로 연령, 성별분포, 열구전색영구치면지수를 두어 우식예방률을 산출하였다.

비수불사업 지역의 보정DMFS지수는 전체적으로는 1.40면이었고, 연령별로는 8세, 10세, 12세에서 각각 0.70면, 1.16면, 2.32면이었다. 수불사업 지역의 보정DMFS지수는 전체적으로는 0.82면이었고, 연령별로는 8세, 10세, 12세에서 각각 0.32면, 0.70면, 1.28면이었다.

보정DMFS지수는 전체적으로는 물론, 연령별로 8세, 10세, 12세 모두 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 적어서 수불사업으로 얻어진 영구치 우식예방효과는 전체적으로 41.4%, 연령별로는 8세 54.3%, 10세 39.7%, 12세 44.8%로 평가되었다(Table 10, Fig. 2).

IV. 고찰

창원시 의창구와 성산구에 수돗물을 생산하여 공급

Table 10. Caries-preventive effect estimated by assessing the differences of DMFS scores adjusted for gender and mean number of fissure-sealed teeth between the children with WFP* and without WFP* in 2015

Age(year)	DMFS without WFP*(A)			DMFS with WFP*(B)			Rate of reduction (%) (C)	P
	N	Estimate	SE	N	Estimate	SE		
Total	707	1.40	0.08	702	0.82	0.07	41.4	<0.001 [†]
8	209	0.70	0.08	228	0.32	0.08	54.3	0.001 [†]
10	264	1.16	0.11	204	0.70	0.12	39.7	0.006 [†]
12	234	2.32	0.17	290	1.28	0.16	44.8	<0.001 [†]

$C = [(A-B)/A] \times 100$

* Water Fluoridation Program

[†] Univariate analysis of variance: adjusted by age, gender and number of fissure-sealed surfaces

[†] Univariate analysis of variance: adjusted for gender and number of fissure-sealed surfaces

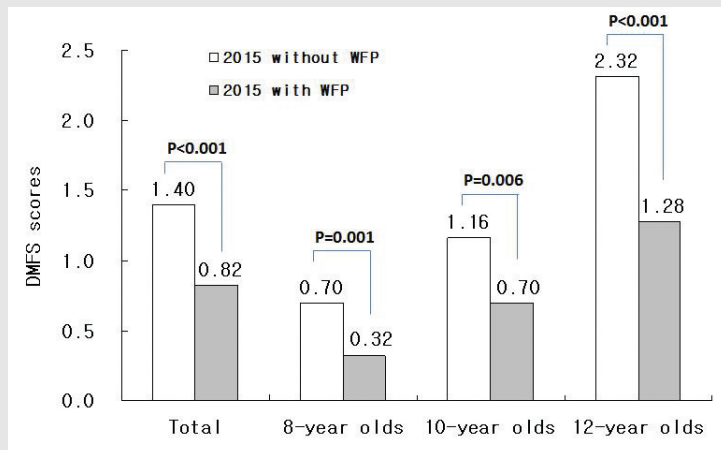


Fig 2. Estimated DMFS scores adjusted for gender and mean number of fissure-sealed surfaces between children with WFP and children without WFP in 2015, Changwon City.

하고 있는 대산정수장은 2008년 11월부터 수불사업을 시행하였다. 본 연구에서는 대산정수장에서 생산한 수돗물이 공급되는 의창구와 성산구 지역의 8세, 10세, 12세 아동들을 사업군으로 선정하고, 의창구와 성산구에 속하지만 대산정수장 급수구역이 아니어서 수불사업의 수혜를 보지 못하는 지역에 거주하는 8세, 10세, 12세 아동을 대조군으로 선정한 다음 우식경험도를 조사하여 상호간 비교함으로써 수불사업의 치아 우식 예방효과를 추산하였다.

수불사업 이외에도 치아우식 발생에 영향을 크게 미

치는 요소는 치면열구전색이다¹²⁾. 2015년 열구전색 영구치보유자율은 전체아동에서 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 유의한 차이가 없었지만, 연령별로는 12세에서 수불사업 지역보다 비사업 지역에서 높았다. 2015년 열구전색 영구치지수 및 열구전색 영구치면지수는 전체아동에서 수불사업 지역보다 비사업 지역에서 높았으며, 연령별로는 10세와 12세에서 수불사업 지역보다 비사업지역에서 높았다.

창원보건소는 2002년부터 2009년까지는 보건복지부 지원으로 초등학교 6세와 7세를 대상으로 치면

열구전색사업을 시행하였으나, 2009년 12월부터 국민건강보험에서 치면열구전색을 급여함에 따라 보건소 치면열구전색사업은 2010년부터 중단하였다¹⁵⁾. 2015년 12세 아동은 2009년에 6세(초등학교 1학년)로서 학교를 방문한 보건소의 사업팀으로부터 치면열구전색을 받았다. 창원보건소에서 우식예방의 지역균형을 위하여 수불사업 지역보다 비사업 지역에 더 적극적으로 치면열구전색사업을 시행한 흔적을 2015년 치면열구전색 경험도로 확인할 수 있었다. 따라서, 2015년 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험도를 비교할 경우, 열구전색치수 또는 열구전색치면수의 차이를 보정한 다음, 대조군과 사업군 간에 보정우식경험도의 차이로서 수불사업으로 얻어진 우식예방효과를 추정하는 것이 보다 정밀한 연구방법으로 생각되었다.

2015년 수불사업 지역과 비사업 지역을 단순 비교하면, 우식경험영구치지수가 전체아동과 8세에서는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 적었지만, 10세와 12세에서는 유의한 차이로 인정되지 않았고, 우식경험영구치면지수는 전체아동과 8세와 12세에서는 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 적었지만, 10세에서는 유의한 차이로 인정되지 않았다. 우식경험영구치지수와 우식경험영구치면지수가 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 일률적으로 감소하지 않은 것은 우식예방효과를 가져오는 여러 가지 요인 중 치면열구전색 경험도가 상당히 큰 영향을 미쳤을 것으로 검토되었다. 1995년에 조사하여 보고된 우리나라 12세 아동들의 우식경험영구치지수는 3.11개이었으나¹⁶⁾, 2012년 1.84개¹⁷⁾로 점차적으로 낮아지고 있는 추세이다. 전반적으로 아동들의 우식경험이 낮아진 이유로서 Kim 등¹⁷⁾은 불소와 열구전색을 활용한 공중구강보건사업과 불소함유치약이 전반적으로 많이 보급된 것으로 고찰하였다.

2015년 창원시 수불사업 지역과 비사업 지역에서 치면열구전색치수의 차이를 보정하여 지역별 보정우

식경험영구치지수(adjusted DMFT)를 추정한 다음, 이들의 차이로 산출한 수불사업의 영구치 우식예방효과는 37.3%로 추정되었고, 치면열구전색치면지수의 차이를 보정하여 보정우식경험영구치면지수(adjusted DMFS)에 근거하여 산출한 수불사업지역의 영구치 우식예방효과는 전체아동에서는 41.4%로 추정되었다.

창원시 대산정수장 수불사업은 2008년 11월에 시작하여 사업효과 평가를 위한 구강검사 당시인 2015년 5-6월에는 6년 6개월이 경과된 상태이다. 수불사업 효과는 영구치가 맹출하기 전 치관형성기에 불소가 충분하게 든 음용수를 이용하면 불화인회석 성분이 많은 치아가 만들어지므로 우식예방 효과가 가장 크고, 치아가 맹출한 이후에는 수돗물 음용과정에서 물속에 든 불소가 지속적으로 치아에 발라져서 도포효과로 치아우식 예방을 기대할 수 있다¹⁸⁾. Nolla¹⁹⁾는 영구치 중 가장 우식에 취약한 제1대구치의 치관은 하악의 경우, 남아에서 4세, 여아에서 3세 10개월, 상악의 경우, 남아에서 4.5세, 여아에서 4세 2개월에 치관이 완성된다고 보고하였다. 소와열구우식이 빈발하는 제1대구치 우식을 예방하는 데에는 치관이 형성되는 기간부터 계속적으로 적정량의 불소가 함유된 물을 음용하는 것이 가장 효과적이라고 보고되고 있다²⁰⁾. Cho 등²¹⁾은 1982년부터 2003년 12월 수불사업을 중단한 청주시 6세, 8세, 11세 아동을 대상으로 2011년 우식경험도를 조사하고, 수불사업을 시행한 적이 없는 대조도시와 비교하였다. 그 결과, 6세와 8세에서는 청주시와 대조도시 간에 우식경험도 차이가 없었으나, 수불사업을 중단하기 전에 약 4년간 수혜를 받았던 11세에서는 청주시 아동의 우식경험영구치지수가 대조도시 아동보다 적음으로써 영구치 치관형성 완성 전의 수불사업으로 인한 불소섭취효과가 여전히 유지되고 있음을 보고하였다.

2015년 4-5월 구강검사 당시 창원시 수불지역 8세 아동은 2세 무렵부터, 10세 아동은 4세 무렵부터,

12세 아동은 6세 무렵부터 수불사업의 혜택을 보기 시작하였다. 2015년 8세 아동은 제1대구치 치관형성기부터, 10세 아동은 제1대구치가 맹출하지 않은 시기부터 수불사업의 혜택을 보기 시작하였고, 12세 아동은 제1대구치가 맹출 이후부터 수불사업의 영향을 받기 시작하였다. 따라서, 창원시 수불지역 아동들의 우식예방효과는 맹출 전과 후의 효과(pre- and post-eruptive effect)가 복합되어 나타난 결과로 검토되었다.

창원시보다 수불사업을 먼저 시행한 청주시에서 1982년 수불사업을 시작한 후, 10년이 경과한 1992년 아동들의 영구치 우식경험도를 수불사업을 하고 있지 않은 성남시와 비교한 결과, 수불지역의 우식예방 효과가 7-11세 아동에서 22.2-46.2%라고 보고된 이래²²⁾, 많은 연구에서 수불사업의 우식예방 효과가 보고되었다²³⁻²⁵⁾.

우리나라보다 수불사업을 먼저 시행한 외국의 사례를 살펴보면, 모든 정수장에서 수불사업 시행을 의무화하고 있는 아일랜드에서는 수불사업을 시작하기 전인 1961년 12세 우식경험영구치지수가 5.2개에서 1964년 수불사업 시작 이후로 1984년에는 2.2개, 1997년에 1.1로 대폭 감소하였다²⁶⁾. 인위적으로 불소가 부족한 수돗물에 불소를 첨가하는 데 앞장서 온 미국의 치아우식 감소는 수불사업 확대에 힘입은 바가 가장 컸다²⁷⁾. 미국 질병예방센터(Center for Disease Control and Prevention)는 1980년 5-17세 38,000명을 대상으로 구강검사를 시행하고, 1971-1973년 조사한 자료와 비교한 결과, 우식경험 영구치면지수(DMFS index)가 약 32% 감소하였고, 이러한 감소는 모든 연령, 그리고 미국 모든 지역에서 발생하였고 보고하면서, 이러한 감소의 원인을 명확하게 확인하지는 못했지만 대부분의 조사자들은 다양한 형태의 광범위한 불소 이용이 가장 중요한 역할을 했다고 결론을 내렸다²⁸⁾.

한편, 수불사업으로 치아우식이 예방됨으로써 얻어

지는 경제적 효과와 구강건강 형평성 증진에 기여함에 관한 연구도 다양하게 보고되고 있다. Ran 등²⁹⁾은 수불사업의 경제적 효율성에 관한 여러 문헌을 검토한 후, 수불사업의 비용보다 경제적 이득이 더 크다는 결론을 내리고, 사업대상 인구가 많을수록 편익비용비가 크다고 보고하였다. Cho 등³⁰⁾은 2003년부터 2013년까지 14년간 우리나라 국민건강보험 구강진료 기록을 분석하고 수불사업 지역과 비사업 지역을 비교한 결과, 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 구강진료횟수와 구강진료비가 적었음을 보고하였다. Burt³¹⁾는 수불사업이 사회경제적으로 낮은 계층 아동들에서 우식발생이 더 많이 되고 있는 현상을 완화함으로써 구강건강 형평성을 높일 수 있다고 보고하였다. Cho 등³²⁾은 우리나라 수불사업과 비사업 지역의 11세 아동 우식경험도와 가구풍요도 및 사회경제적 상태를 분석하고, 수불사업이 우식발생을 예방하는 것은 물론, 사회경제적 상태 차이로 말미암은 구강건강 불평등을 완화하는 데에 도움이 되고 있다고 보고하였다.

우리나라 아동들에서는 2000년 이후로 우식경험영구치지수가 감소하는 추세이었지만, 2015년 보건복지부 아동청소년 구강건강실태조사에서는 12세 우식경험영구치지수가 2012년 1.84개이었던 것이 2015년에는 1.90개로 정체 내지 증가하는 양상을 보이고 있다³³⁾. 국민건강증진법 제18조 제1항 제1호에서 국가 및 지방자치단체는 국민의 구강질환의 예방과 구강건강의 증진을 위하여 수불사업을 행한다고 규정하고 있다. 구강보건법 제5조에서는 보건복지부장관은 5년마다 구강보건사업에 관한 기본계획을 수립하여야 하며, 이 기본계획에는 수불사업이 포함되어야 한다고 규정하고 있다. 이러한 법적 뒷받침을 잘 활용하여 수불사업의 우식예방효과와 안전성에 대한 지역주민과 지역 치과의사들에 대한 교육을 강화하고 이해도를 높일 필요가 있다고 생각되었다.

세계치과의사연맹(FDI: Federation Dentaire

Internationale, World Dental Federation)은 2014년 India의 New Delhi에서 열린 총회에서 수불사업은 건강증진에 기여함으로써 지역간 우식발생의 불평등을 완화한다고 정책성명서를 발표하였다³⁴⁾. McLaren 등³⁵⁾은 Canada의 Calgary에서 수불사업이 중단될 당시인 2009-2010년에 조사한 아동들의 우식경험도와 수불사업 중단 후 2013-2014년 조사한 아동들의 우식경험도를 분석하고, 수불사업 중단으로 아동들의 구강건강 불평등이 증가하였다고 보고하였다. 이러한 점에서, 본 연구가 수불사업 추진에서 사업성과에 대한 근거로 제시될 수 있을 것이며, 앞으로도 추가적 연구가 지속적으로 필요할 것이라 생각된다.

본 연구에서 장기간의 시간경과에 따라 사회경제적 수준, 식이 등의 요인들의 변화가 우식발생에 영향을 미칠 수 있지만, 개인 정보보호 등의 이유로 사회경제적 수준에 대한 조사가 가능하지 않았다. 따라서, 2015년 구강검사 당시의 수불사업과 비사업 지역 아동들의 치아건강상태를 비교하여 우식예방효과를 측정하는 한계가 있었다. 그리고, 창원시 수불사업 지역으로 인구 유입에 관한 조사가 대상자들로부터 협조를 받기가 어려워서 가능하지 못하였다. 연구 여건이 허락한다면, 연구 대상 아동들 가정의 소득수준, 학부모들의 구강보건인식과 학력수준 등과 같은 우식발생관련 사회경제적 요인과 가정에서 수돗물 식음 상태를 모두 조사하여 보정하면 더 정밀하게 수불사업의 성과를 평가할 수 있을 것으로 검토되었다. 하지만 이런 연구 한계에도 불구하고 본 연구가 창원시 대산정수장 수불사업으로 얻어진 영구치 우식예방효과를 확

인하고 사업수행의 타당성을 뒷받침하는 데에 기여할 수 있을 것으로 사료되었다.

V. 결론

본 연구는 창원시 대산정수장에서 의창구와 성산구 일부 지역을 대상으로 2008년부터 시행하고 있는 수돗물불소농도조정사업의 치아우식예방효과를 평가하고자 수행되었다. 2015년 창원시 의창구와 성산구 8세, 10세, 12세 초등학교와 중학교 재학생 중에서 수불사업 지역에 거주하는 722명을 사업군으로, 비사업 지역에 거주하는 707명을 대조군으로 선정하고, 구강검사를 시행하였다. 수불사업 지역과 비사업 지역의 성별과 열구전색영구치수 또는 열구전색영구치면수의 차이를 보정한 우식경험영구치지수, 우식경험영구치면지수 등을 산출한 다음, 2015년 수불사업 지역과 비사업 지역을 비교함으로써 영구치 우식예방효과를 산출하였다.

1. 수불사업 지역과 비사업 지역의 2015년 우식경험영구치지수를 비교하여 산출한 우식예방효과는 전체아동에서 37.3%로 추정되었다.
2. 수불사업 지역과 비사업 지역의 2015년 우식경험영구치면지수를 비교하여 산출한 우식예방효과는 전체아동에서 41.4%로 추정되었다.

창원시 대산정수장의 수불사업은 우식예방효과가 우수하므로 계속적으로 시행하는 것이 바람직하다고 평가되었다.

참 고 문 헌

1. 건강보험심사평가원. 2016년 진료비통계지표: 17. 질병소분류별 다발생 순위별 영양급여 실적: 외래. 2016:59-62.
2. 김종배, 문혁수, 김진범, 김동기, 이흥수, 박덕영. 공중구강보건학. 5판. 서울:고문사;2009:164-218.
3. World Health Organization. Strategies and approaches in oral disease prevention and health promotion. [Internet]. [cited 2016. April 21]. Available from: http://www.who.int/oral_health/strategies/cont/en.
4. Petersen PE. World Health Organization global policy for improvement of oral health; World Health Assembly 2007. *Int Dent J* 2008;58:115-121.
5. 보건복지부. 2004년도 구강보건사업안내. 수돗물불소농도조정사업 추진현황(2003년 12월 기준). 서울:보건복지부:70-72.
6. 한국건강증진개발원. 수돗물불소농도조정사업 시행 현황. 2016년 10월 기준.
7. 김종배, 백대일, 문혁수, 송연희, 박덕영. 청주시 관급수불화사업의 효과에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 1992;16:505-521.
8. Kim MK, Jung JI, Kim MJ, Jun EJ, Kim HN, Kim SY, Han DH, Jeong SH, Kim JB. Cost-benefit analysis of a water fluoridation program for 11 years in Jinju, Korea. *J Korean Acad Oral Health* 2014;38:118-128.
9. 기본현황. 창원시상수도사업소. [Internet]. [cited 2015 Sep 8]. Available from: <http://sangsudo.changwon.go.kr>.
10. 창원시통계정보시스템. 2015년 9월말 주민등록 인구 통계 [Internet]. [cited 2015 Sep 8]. Available from: <http://stat.changwon.go.kr>.
11. 김진범, 한동현, 김동현, 유해영, 김지은, 정지인 등. 수돗물불소농도조정사업 성과평가를 위한 기초조사보고서. 창원시, 부산대학교. 2008.
12. 김선창, 이선미, 김지영, 김진범. 합천군 치면열구전색사업의 연구치 우식증 예방효과. *대한구강보건학회지* 2003;27:471-486
13. 정지인, 김지은, 김세연, 이정하, 김진범, 정승화. 비도시지역 수돗물불소농도조정사업의 연구치 우식예방효과. *대한구강보건학회지* 2016;40:61-68.
14. 장기완, 김진범. 세계보건기구에서 권장하는 구강건강조사법. 서울:고문사; 2000:50-58.
15. 이호진, 배광학. 치면열구전색의 건강보험급여화에 따른 지역 간 전색보유격차의 변화. *대한구강보건학회지* 2014;38:165-169.
16. 김종배, 백대일, 문혁수, 서현석, 박덕영, 정세환, 정상호. 1995년 국민구강건강조사보고. 서울;국민구강보건연구소:177.
17. Kim HN, Han DH, Jun EJ, Kim SY, Jeong SH, Kim JB. The decline in dental caries among Korean children aged 8 and 12 years from 2000 to 2012 focusing SiC Index and DMFT. *BMC Oral Health*. 2016;16:38.
18. Groeneveld A, Van Eck AA, Backer Dirks O. Fluoride in caries prevention: is the effect pre- or post-eruptive? *J Dent Res* 1990; 69(Spec):751-755.
19. Nolla CM. The development of the permanent teeth. *J Dent Child* 1960;27:254-266.
20. Singh KA, Spencer AJ, Brennan DS. Effects of water fluoride exposure at crown completion and maturation on caries of permanent first molars. *Caries Res* 2007;41:34-42.
21. Cho HJ, Jin BH, Park DY, Jung SH, Lee HS, Paik DI, Bae KH. Systemic effect of water fluoridation on dental caries prevalence. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2014;42:341-348.
22. 김종배, 백대일, 문혁수, 송연희, 박덕영. 청주시 관급수불화사업의 효과에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 1992;16:505-521.
23. 김대영, 김병재, 이선미, 배광학, 강남이, 김진범. 진주시 수돗물불소농도조정사업 6년간 후의 치아우식예방 효과평가. *대한구강보건학회지* 2006;30:347-359.
24. 강은주, 신승철, 류연정, 박광식, 이숙, 민희홍 외 1인. 옥천군 수돗물불소농도조정사업 7년간 치아우식예방 효과에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 2005;29:484-495.
25. 이흥수, 장기완, 김진범, 김동기, 김광수, 박덕영 등. 수돗물불소농도조정사업 효과 조사. 서울:한국건강증진재단 2011:29-42.

참 고 문 헌

26. Clarkson J, McLoughlin J, O' Hickey S. Water fluoridation in Ireland: a success story. *J Dent Res* 2003;82:334-337.
27. Brunelle JA, Carlos JP. Recent trends in dental caries in US children and effect of water fluoridation. *J Dent Des* 1990;69(Spec Iss):723-727.
28. Center for Disease Control and Prevention. Fluoridation Statistics [Internet]. [cited 2016 July 21] Available from: <http://www.cdc.gov/fluoridation/statistics/2014stats.htm>
29. Ran T, Chattopadhyay SK, Community preventive services task force. economic evaluation of community water fluoridation: a community guide systematic review. *Am J Prev Med* 2016;50:790-796.
30. Cho MS, Han KT, Park S, Moon KT, Park EC. The differences in healthcare utilization for dental caries based on the implementation of water fluoridation in South Korea. *BMC Oral Health* 2016;16:119.
31. Burt B. Fluoridation and social equity. *J Public Health Dent* 2002;62:195-200.
32. Cho HJ, Lee HS, Paik DI, Bae KH. Association of dental caries with socioeconomic status in relation to different water fluoridation levels. *Community Dent Oral Epidemiol* 2014;42:536-542.
33. 조영식, 박덕영, 최연희, 이병진, 손창규. 2015년도 아동구강건강실태조사. 보건복지부 2015:132, 146, 190.
34. FDI World Dental Federation. FDI policy statement on promoting oral health through water fluoridation: revised version adopted by the FDI General Assembly: 13 September 2014, New Delhi, India. *Int Dent J* 2014;64:293-294.
35. McLaren L, McNeil DA, Potestio M, Patterson S, Thawer S, Faris P, Shi C, Shwart L. Equity in children's dental caries before and after cessation of community water fluoridation: differential impact by dental insurance status and geographic material deprivation. *Int J Equity Health*. 2016;15:24.