

진주시 수돗물불소농도조정사업 영구치우식 감소효과: 사업시행 17년 후 평가

옥태영¹, 권용봉¹, 김지수^{1,2}, 김세연^{1,2}, 이정하¹, 김한나³, 김진범^{1,2}

부산대학교 치의학전문대학원 ¹예방과 사회치의학교실, ²BK21플러스 사업단, ³청주대학교 보건의료과학대학 치위생학과

Caries reduction effect of permanent teeth from community water fluoridation program for 17 years in Jinju city

Tae-Young Ok¹, Yong-Bong Kwon¹, Ji-Soo Kim^{1,2}, Se-Yeon Kim^{1,2}, Jung-Ha Lee¹, Han-Na Kim³, Jin-Bom Kim^{1,2}

¹Department of Preventive & Community Dentistry, ²BK21 PLUS Project, Pusan National University School of Dentistry, Yangsan,

³Department of Dental Hygiene, Cheongju University College of Health and Medical Sciences, Cheongju, Korea

Received: March 8, 2019

Revised: April 26, 2019

Accepted: May 13, 2019

Corresponding Author: Jin-Bom Kim
Department of Preventive & Community
Dentistry, Pusan National University
School of Dentistry, 49 Busandaehak-ro,
Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea
Tel: +82-51-510-8223
Fax: +82-51-510-8221
E-mail: jbombkim@pusan.ac.kr
https://orcid.org/0000-0001-8619-2741

Objectives: The community water fluoridation program was implemented in 1998 in Jinju city. The aim of the present study was to evaluate the effect of this 17-year community water fluoridation program on caries reduction in permanent teeth.

Methods: Evaluation surveys were conducted in 2015 on subjects aged 8, 10, 12, and 15 years in Jinju city. The examined dental data were compared with that of subjects of the same age groups living in the medium-sized cities from the 6th Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) (2013-2015). The total number of subjects was 1,026 in Jinju city and 453 in the control group. The odds ratio of caries experience rate and untreated tooth rate on permanent teeth in Jinju city compared to control group was estimated based on the differences in DMF and untreated teeth rates after adjusting for gender, age, and mean number of fissure-sealed teeth. The effect of community water fluoridation program on caries reduction in permanent teeth was estimated by the differences in adjusted DMFT scores between the program and control groups.

Results: The odds ratio of caries experience rate and untreated tooth rate on permanent teeth in Jinju city compared to control group was estimated as 0.501 and 0.178, respectively. The effect of community water fluoridation program on caries reduction in permanent teeth was estimated as 40.0%.

Conclusions: These results suggested that the effect of community water fluoridation program on caries reduction in permanent teeth in Jinju city was so high that similar programs should be developed in other regions in Korea.

Key Words: Community water fluoridation, Dental caries, Fluoride, Permanent teeth, Prevention, Reduction

서론

치아상실 원인질환으로 치주질환과 더불어 양대질환으로 손꼽히고 있는 치아우식을 예방하는 데에는 불소이용과 치면열구전

색이 효과가 큰 수단으로 일컬어지고 있다¹⁾. 수돗물 불소농도조정사업(이하 ‘수불사업’)은 여러 가지 불소이용사업 중에서 가장 먼저 개발된 것으로서²⁾, 최적의 치아건강을 위해 불소가 부족한 천연수의 불소농도를 권장량 수준으로 조정하는 사업이다³⁾.

인위적으로 불소를 첨가하는 수불사업은 미국 Michigan주 Grand Rapids를 시작으로, New York주 Newburgh, Illinois주 Evanston과 Canada의 Ontario주 Brantford에서 1945년 처음 시작되어 1954년까지 시범사업으로 지속되었고, 1959-1960년에 대조도시와 비교하여 치아우식 예방효과가 확인됨으로써 미국 전역으로 확산되었다²⁾. Grand Rapids에서는 수불사업을 개시한 지 13-14년 후 평가에서 12-14세 아동들의 우식경험연구치지수가 55.5% 감소되었음을 확인하였다. Newburgh, Brantford, Evanston에서도 수불사업을 개시한 지 13-15년 후에 Grand Rapids와 비슷한 정도로 치아우식이 감소되었다^{2,3)}.

Ripa³⁾는 미국에서 50년 동안의 수불사업으로 치아우식 예방에 괄목할 만한 효과를 보고하였다. 수불사업을 하지 않는 지역에 거주했던 사람들이 수불사업 지역에 이사하여 거주함으로써 수불사업 지역과 비사업 지역을 비교하는 치아우식 예방효과 평가에서 실제보다 낮게 추정되는 희석효과(dilution)가 발생하기도 한다³⁾. 또한, 수불지역에서 적정불소농도 불소가 든 수돗물로 제조한 음료수나 음식물이 수불사업을 하지 않는 지역으로 들어가서 비수불지역 주민들에게도 불소섭취량을 증가함으로써 치아우식 예방을 가져오는 확산효과(diffusion)가 나타나고 있음을 보고하였다³⁾. 미국 질병관리본부는 2014년 미국 총인구의 66.3%, 수돗물 급수인구의 74.4%, 211,393,167명이 적정불소농도 음용수를 공급받고 있으며, 이 중 10,077,922명은 적정불소농도 천연수를 공급받고 있다고 보고하였다. 2020년에는 수돗물 급수인구의 79.6%가 적정 불소농도 음용수를 공급받을 것으로 추정되고 있다⁴⁾.

싱가포르에서는 1958년 아시아에서 최초로 수불사업을 도입하여 전 도시가 수불사업 수혜를 받고 있다. 수불사업 도입 38년 후에 평가한 결과, 7-9세 아동들의 치아우식이 중국계에서는 52.3%, 말레이계에서는 31% 감소되었다⁵⁾. 아일랜드에서는 수불사업을 시작하기 전인 1961년 12세 우식경험연구치지수가 5.2개이었지만, 1964년 수불사업 개시 이후로 1984년에는 2.2개, 1997년에 1.1개로 대폭 감소하였다⁶⁾.

한편, 수불사업으로 치아우식을 예방함으로써 얻어지는 경제적 효과에 관한 연구도 계속 보고되고 있다. Kim 등⁷⁾은 2009년까지 11년간 진행된 진주시 수불사업의 충전치료비 절감금액이 사업비용의 41.4배에 이른다고 보고하였다. Cho 등⁸⁾은 2003년부터 2013년까지 11년간 우리나라 국민건강보험 진료기록을 분석한 결과, 수불사업 지역에서 비사업 지역보다 구강진료횟수와 구강진료비가 적었음을 보고하였다.

우리나라에서는 1981년 경남 진해시에서 시범사업으로 수불사업이 처음 개시된 이후에, 2002년 32개 지역까지 확대 시행되었다⁹⁾. Kim 등¹⁰⁾이 청주시 수불사업의 우식예방효과가 7-11세 아동에서 22.2-46.2%라고 보고한 이후, 많은 연구에서 수불사업의 치아우식 예방효과가 보고되었다¹¹⁾. 그러나 2000년대 이후, 일부 주민들의 오해와 관계 공무원들의 소극적인 추진으로 사업지역이 감소하여서, 2018년 10월 현황으로는 3개 시군, 4개 정수장에서만 수불사업이 시행되고 있다¹²⁾. 수불사업의 확대 발전을 위해서는 주기적인 사업효과 평가로서 주민들의 지지를 모아야 한다. 근

래에는 수불사업 이외에도 치아우식 예방에 효과적인 치면열구전색이 확산됨에 따라 수불사업만의 고유한 치아우식 예방효과 평가에 혼란변수로 등장하고 있어서 정교한 연구 분석이 필요하다.

이번 연구에서는 1998년부터 수불사업을 개시한 진주시에서 사업이 시작된 후 17년이 경과한 2015년에 초등학교, 중학생 및 고등학교 학생을 대상으로 치아우식경험도를 조사한 다음, 전국 도시지역 학생의 치아우식경험도와 비교하고, 표본의 성별 및 연령분포와 치면열구전색경험도 차이를 보정하여 태생 이후부터 적정농도로 불소가 함유된 수돗물을 음용한 학생들의 치아우식감소 효과를 평가하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

이번 연구는 부산대학교치과병원 임상시험심사위원회의 승인을 얻은 후에 시행되었다(PNUDH 2015-013). 구강검사는 대상자로부터 사전 동의를 얻은 참여자에 한하여 시행하였다.

1.1. 사업군 표본선정

진주시 수불지역을 대상으로 하는 구강검사에서 전수조사를 하지 못하고 표본조사를 시행하였다. 진주시 제1정수장과 제2정수장에서 수돗물이 공급되는 지역에 거주하는 초·중·고교 재학생을 연구대상으로 설정하였다. 2015년 동(洞) 지역에 위치한 초등학교 수는 16개교, 중학교 수는 7개교, 고등학교 수는 6개교이었다¹³⁾.

치아우식 발생에 영향을 미치는 사회경제적 요인을 고려하여 진주시보건소의 협력으로 진주시에서 사회경제적으로 중간 정도로 추정되는 동(洞) 지역에 위치한 학교 중에서 치아우식평가에 부족하지 않을 정도로 연령별 표본수를 확보할 수 있는 학교를 임의로 표본학교로 선정하였다. 선정된 표본학교 학생 중 해당 연령 학생 전부를 표본검사대상으로 선정하였고, 읍면지역 학교 학생은 제외하였다. 그 결과, 초·중·고교별로 각각 2개교씩 표본학교로 선정되었고, 초등학교에서는 학령으로 8세와 10세, 중학교에서는 12세, 고등학교는 15세 학생 전원을 구강검사 표본으로 선정하였다.

2015년 10월 진주시 주민등록인구는 348,017명이었고, 수불사업 지역에 거주하는 시민은 모두 326,211명이었으며, 연령별로는 8세 3,263명, 10세 2,917명, 12세 3,442명, 15세 4,417명이어서, 해당연령 총인구는 14,039명이었다¹⁴⁾. 구강검사 대상인 8세, 10세, 12세, 15세 전체 표본수는 1,026명이어서 표본비율은 7.3%이었다. 대조군과 사업군의 연령별 표본분포에는 유의한 차이가 없었다($P=0.513$, 세부자료 제시하지 않았음).

구강검사 대상이 된 학생들이 진주시 동지역에 태어나서 계속 거주하였는지 외부에서 태어나서 진주시로 전입하였는지는 정보 보호 등의 이유로 조사하지 못하였다. 진주시에서 읍면동지역을 모두 포함한 인구는 수불사업이 개시된 1998년에는 341,156명이었고, 이번 연구에서 조사한 2015년 연말에는 344,426명이어서¹⁵⁾

수불사업 17년간 연평균 인구증가율은 0.96%이었다.

1.2. 대조군 표본선정

질병관리본부에서 시행한 제6기(2013-2015년) 국민구강건강영양조사 중 구강검사를 받은 8세, 10세, 12세, 15세 학생 중 중소도시 동(洞) 지역에 거주하고 있는 학생의 치아우식경험도 자료를 대조군 자료로 활용하였다. 2015년 전국에서 7대 도시(특별시, 광역시)를 제외한 중소도시 총인구는 24,579,175명이었^{16,17)}. 2015년 당시 수불사업을 하고 있는 정수장에서 수돗물을 급수하고 있는 중소도시 인구는 모두 2,300,209명이었¹⁸⁾ 전체 중소도시 인구의 9.4%이었다. 그리하여 이번 연구에서는 제6기(2013-2015년) 국민구강건강영양조사에서 전국 중소도시에 거주하고 있는 학생의 치아우식경험도 자료를 대조군 자료로 활용하였다.

1.3. 조사 대상자 연령별 성별 분포

대조군과 사업군 간에 성별 분포는 전체적으로는 대조군에서는 남자가 많았고, 사업군에서는 여자가 많았다($P=0.007$). 연령별로는 8세, 10세, 12세에서는 유의한 차이가 없었지만, 15세 대조군에서는 남자가 많았고, 사업군에서는 여자가 많았다($P=0.003$, Table 1).

2. 연구방법

2.1. 구강검사 실시

치아우식 검사기준통일을 위한 조사자 훈련을 받고, 2006년 국민구강건강실태조사에 참여하였고, 제4기(2007-2009년), 제5

기(2009-2012년), 제6기(2013-2015년) 국민구강건강영양조사 조사자 지도를 위한 기준통일훈련을 받은 치과 의사 1인이 양호한 청백광 인공조명을 이용하여 평면치경으로 치아우식 경험도와 치면열구전색 상태를 조사하였다. 구강검사 전에 진주시 보건소와 진주시 교육청에 협조를 요청하여 학교 구강검사에 대한 승인을 얻었으며, 2015년 10월 학교 현장에서 구강검사를 실시하였다. 구강검사에는 기록요원이 동행하여 검사자가 구술하는 검사결과를 기록하였으며, 편성요원은 담임교사와 협조 및 검사과정의 질 서유지 등의 실무를 담당하였다.

2.2. 국민건강영양조사 자료 이용

질병관리본부에서 시행하는 국민건강영양조사의 자료는 자료이용 신청절차가 필요 없이 홈페이지(<http://www.cdc.go.kr/CDC/main.jsp?menuIds=&busiType=7>)에서 누구나 다운받아 사용할 수 있도록 개방되어 있다. 이에 따라 연구진이 직접 홈페이지에서 다운받아 이용하였다. 질병관리본부에서 시행하는 국민구강건강영양조사에서 구강검사는 미리 국가표본으로 선정된 지역과 주민을 대상으로 대한예방치과·구강보건학회 역학조사위원회에서 구강검사 훈련을 받은 치과의사들이 지역별 이동조사 현장에서 구강검사를 시행하고 있다.

2.3. 자료처리 분석

구강검사 결과를 IBM SPSS Statistics 23.0[®] (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 영구치우식 경험자율(DMF rate), 우식경험영구치지수(DMFT index), 열구전색영구치보유자율(Fissure sealant rate), 열구전색영구치지수(Mean fissure-sealed teeth)를 산출하였다.

수불사업군과 대조군의 집단별 차이의 유의성 여부는 카이제곱검정법(Chi-squared test), 독립 두 집단간 t-검정법(independent samples t-test)으로 검정하였다. 대조군과 수불사업군의 영구치우식 경험가능성과 영구치우식 유병가능성 차이는 이분형 로지스틱 회귀분석(Binomial logistic regression analysis)으로 추계하였다. 수불사업으로 표본전체와 연령별 영구치 우식감소효과는 공분산분석(ANCOVA)을 이용하였다. 혼란변수인 표본의 성별 비율 차이와 열구전색영구치지수의 차이를 보정하여 우식경험영구치지수를 재차 추정한 다음²⁵⁾, 진주시와 대조지역 간의 보정우식경험영구치지수 차이로서 수불사업의 영구치우식 감소효과를 산출하였다. 8세, 10세, 12세, 15세 전체군에서 영구치우식 감소효과는 공분산분석(ANCOVA)에서 표본의 연령, 성별 비율, 열구전색영구치지수를 공변량으로 두어 산출하였다. 제1종 오류에 대한 유의수준은 0.05로 판정하였다.

연구 성적

1. 열구전색 영구치보유자율과 열구전색 영구치지수

열구전색 영구치보유자율은 구강검사를 받은 대상자 중에서 열구전색을 한 영구치가 1개 이상 있는 사람의 비율을 말한다. 카

Table 1. Distribution of subjects by age and gender

Age (yr)	Gender	Control*		Program†		P†
		N	%	N	%	
Total	All	453	100.0	1,026	100.0	0.007
	Man	252	55.6	491	47.9	
	Woman	201	44.4	535	52.1	
8	All	121	100.0	238	100.0	1.000
	Man	59	48.8	116	48.7	
	Woman	62	51.2	122	51.3	
10	All	120	100.0	276	100.0	0.187
	Man	73	60.8	147	53.3	
	Woman	47	39.2	129	46.7	
12	All	109	100.0	258	100.0	0.255
	Man	58	53.2	120	46.5	
	Woman	51	46.8	138	53.5	
15	All	103	100.0	254	100.0	0.003
	Man	62	60.2	108	42.5	
	Woman	41	39.8	146	57.5	

*Subjects living in Dong (downtown) districts from the Sixth Survey of Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2013-2015) conducted by Korea Centers for Disease Control and Prevention.

†Subjects in Jinju City.

‡Obtained from Chi-squared test.

이제곱검정 결과, 열구전색 영구치보유자율은 전체적으로나 연령별로나 사업군과 대조군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 2). 1인 평균 열구전색을 한 영구치수인 열구전색 영구치지수는 전체적으로는 대조군보다 사업군에서 적었고, 연령별로는 8세와 10세에서 대조군보다 사업군에서 적었으며, 12세와 15세에서는 유의한 차이가 없었다(Table 2).

2. 영구치우식경험자율(DMF rate)과 영구치우식유병자율(Untreated D rate)

영구치우식경험자율은 구강검사를 받은 대상자 중에서 우식 경험영구치가 1개 이상 있는 사람의 비율을 말한다. 영구치우식경험자율은 전체적으로는 대조군보다 사업군에서 낮았고, 연령별로는 8세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 10세에서는 대조군보다 사업군에서 낮은 경향이었고($P=0.062$), 12세와 15세에서 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 3).

영구치우식유병자율은 영구치열에서 치료되지 않고 방치되어 있는 우식영구치를 한 개 이상 가지고 있는 사람을 말한다. 영구치우식유병자율은 전체적으로 대조군보다 사업군에서 낮았으며, 연령별로는 8세에서는 유의한 차이가 없었으나, 10세, 12세, 15세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 3).

3. 우식경험영구치지수(DMFT index)

우식경험영구치지수는 검사를 받은 집단 1인이 평균적으로 가지고 있는 우식영구치수, 우식으로 상실된 영구치수 및 충전영구치수의 합계를 말한다. 우식경험영구치지수는 전체적으로 대조군보다 사업군에서 낮았다. 연령별로는 8세와 10세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었지만, 12세와 15세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 4).

Table 2. Rate of subjects with fissure-sealed teeth and mean number of fissure-sealed teeth

Age (yr)	Subjects with fissure sealed teeth (%)			Mean number of fissure-sealed teeth				<i>P</i>
				Control*		Program [†]		
	Control*	Pro- gram [†]	<i>P</i> [†]	Mean	SE [§]	Mean	SE [§]	
Total	51.2	49.0	0.463	1.61	1.99	1.19	1.76	<0.001
8	57.9	49.2	0.146	1.69	1.69	1.10	1.35	0.001
10	55.8	52.2	0.513	1.74	1.78	1.24	1.94	0.012
12	52.3	56.6	0.491	1.78	2.19	1.53	1.99	0.308
15	36.9	37.8	0.904	1.17	2.27	0.87	1.57	0.215

*Subjects living in Dong (downtown) districts from the Sixth Survey of Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2013-2015) conducted by Korea Centers for Disease Control and Prevention.

†Subjects in Jinju City.

‡Obtained from Chi-squared test.

§Standard error.

|| Obtained from independent samples t-test.

4. 대조군과 수불사업군의 영구치우식 경험가능성 비교

대조군과 수불사업군의 영구치열에 우식을 경험할 가능성을 이분형 로지스틱회귀분석법으로 추계한 결과, 전체에서는 대조군과 비교하여 사업군에서 영구치우식 경험가능성이 0.501배로 감소하였고, 남자보다 여자에서 영구치우식 경험가능성이 1.375배이었으며, 연령이 1년 증가할 때마다 영구치우식 경험가능성이 1.326배이었고, 열구전색영구치지수가 1개 증가할 때마다 영구치우식 경험가능성이 0.866배로 감소하였다(Table 5). 대조군보다 사업군에서 연령별로 영구치우식 경험 가능성은 8세에서 0.579배, 10세에서는 0.541배, 12세에서는 0.483배, 15세에서는 0.386배로 감소하였다(Table 5).

5. 대조군과 수불사업군의 영구치우식 유병가능성 비교

대조군과 수불사업군의 영구치열에 치료받지 않은 우식이 남아 있을 가능성(영구치우식 유병가능성)을 이분형 로지스틱회

Table 3. Rate of subjects with decayed, missing and filled permanent teeth and subjects with untreated decayed permanent teeth

Age (yr)	DMF rate* (%)			Untreated D rate† (%)		
	Control*	Program‡	P^{\parallel}	Control*	Program‡	P^{\parallel}
Total	45.0	33.7	<0.001	14.3	3.6	<0.001
8	24.8	17.6	0.125	5.0	2.1	0.193
10	32.5	23.2	0.062	6.7	1.1	0.004
12	53.2	37.6	0.008	17.4	4.3	<0.001
15	74.8	56.3	0.001	31.1	7.1	<0.001

*DMF rate means rate of subjects with decayed, missing and filled permanent teeth.

†Untreated D rate means rate of subjects with untreated decayed permanent teeth.

‡Subjects living in Dong (downtown) districts from the Sixth Survey of Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2013-2015) conducted by Korea Centers for Disease Control and Prevention.

§Subjects in Jinju City.

|| Obtained from Chi-squared test.

Table 4. Mean number of decayed, missing and filled permanent teeth (DMFT index)

Age (yr)	Control*		Program†		P^{\dagger}
	Mean	SD‡	Mean	SD‡	
Total	1.44	2.32	0.98	1.78	<0.001
8	0.50	1.03	0.36	0.91	0.208
10	0.73	1.31	0.52	1.20	0.130
12	1.60	2.34	1.07	1.87	0.037
15	3.20	3.17	1.96	2.32	<0.001

*Subjects living in Dong (downtown) districts from the Sixth Survey of Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2013-2015) conducted by Korea Centers for Disease Control and Prevention.

†Subjects in Jinju City.

‡Standard deviation.

§Obtained from independent samples t-test.

Table 5. Adjusted odds ratios (AORs) and confidence intervals of variables related to rate of subjects with dental caries experience on permanent dentition*

Age (yr)		Sig.*	AOR	95% CI	
				Lower	Upper
Total	Area (Ref. Control)	<0.001	0.501	0.39	0.64
	Gender (Ref. Man)	0.006	1.375	1.09	1.73
	Age	<0.001	1.326	1.27	1.39
	Number of sealed teeth	<0.001	0.866	0.81	0.93
8	Area (Ref. Control)	0.049	0.579	0.34	1.00
	Gender (Ref. Man)	0.997	1.001	0.59	1.69
	Number of sealed teeth	0.035	0.817	0.68	0.99
10	Area (Ref. Control)	0.014	0.541	0.33	0.88
	Gender (Ref. Man)	0.423	1.206	0.76	1.91
	Number of sealed teeth	0.004	0.794	0.68	0.93
12	Area (Ref. Control)	0.002	0.483	0.30	0.77
	Gender (Ref. Man)	0.030	1.608	1.05	2.47
	Number of sealed teeth	0.008	0.856	0.76	0.96
15	Area (Ref. Control)	<0.001	0.386	0.23	0.65
	Gender (Ref. Man)	0.026	1.659	1.06	2.59
	Number of sealed teeth	0.370	0.946	0.84	1.07

AOR, adjusted odds ratios; CI, confidence interval.

*Obtained from binomial logistic regression model.

Table 6. Adjusted odds ratios (AORs) and confidence intervals of variables related to rate of subjects with untreated decayed permanent teeth*

Age (yr)		Sig.*	AOR	95% CI	
				Lower	Upper
Total	Area (Ref. Control)	<0.001	0.178	0.11	0.28
	Gender (Ref. Man)	0.451	1.179	0.77	1.81
	Age	<0.001	1.310	1.20	1.43
	Number of sealed teeth	<0.001	0.747	0.63	0.88
8	Area (Ref. Control)	0.122	0.381	0.11	1.30
	Gender (Ref. Man)	0.044	0.203	0.04	0.96
	Number of sealed teeth	0.379	0.824	0.54	1.27
10	Area (Ref. Control)	0.001	0.107	0.03	0.42
	Gender (Ref. Man)	0.042	4.226	1.06	16.90
	Number of sealed teeth	0.045	0.532	0.29	0.99
12	Area (Ref. Control)	<0.001	0.190	0.09	0.42
	Gender (Ref. Man)	0.186	1.723	0.77	3.86
	Number of sealed teeth	0.023	0.724	0.55	0.96
15	Area (Ref. Control)	<0.001	0.160	0.08	0.31
	Gender (Ref. Man)	0.971	0.988	0.52	1.89
	Number of sealed teeth	0.083	0.811	0.64	1.03

AOR, adjusted odds ratios; CI, confidence interval.

*Obtained from binomial logistic regression model.

귀분석법으로 추계한 결과, 전체에서는 대조군보다 사업군에서 0.178배로 감소하였고, 성별로는 유의한 차이가 없었으며, 연령이 1년 증가할 때마다 영구치우식 유병 가능성이 1.310배이었고, 영구전색영구치지수가 1개 증가할 때마다 영구치우식 유병 가능성이 0.747배로 감소하였다(Table 6). 대조군보다 사업군에서 연령별로 영구치우식 유병가능성은 8세에서 0.381배, 10세에서는

Table 7. Adjusted mean numbers of decayed, missing and filled permanent teeth and caries reduction fraction in permanent dentition

Age (yr)	Control (A)		Program (B)		P	Reduction fraction (%) (C)*
	Mean	SE	Mean	SE		
Total	1.55	0.08	0.93	0.06	<0.001 [†]	40.0
8	0.54	0.09	0.34	0.06	0.053 [†]	37.0
10	0.79	0.11	0.50	0.07	0.028 [†]	36.7
12	1.65	0.19	1.04	0.12	0.008 [†]	37.0
15	3.33	0.25	1.91	0.16	<0.001 [†]	42.6

*C=[(A-B)/A]×100.

[†]ANCOVA (analysis of covariance), Covariates: age, gender, number of fissure-sealed teeth.[‡]ANCOVA (analysis of covariance); Covariates, gender, number of fissure-sealed teeth.

0.107배, 12세에서는 0.190배, 15세에서는 0.160배로 감소하였다(Table 6).

6. 보정우식경험영구치지수 차이로 산출한 수불사업의 우식감소율

성별 분포와 영구전색영구치지수의 차이를 보정하여 대조군과 사업군 간의 보정우식경험영구치지수(Adjusted DMFT index)를 추정한 다음, 대조군과 사업군 간의 보정DMFT지수의 차이에 근거하여 수불사업의 우식감소율을 산출하였다. 전체 표본에서는 공변량으로 연령, 성별분포, 영구전색영구치지수를 두었고, 연령별 공변량으로는 성별분포, 영구전색영구치지수를 둔 다음, 수불사업의 우식감소율을 산출하였다. 보정 통계치는 비교하는 두 군에서 각각의 공변량이 같을 경우를 가정하여 산출된다.

대조군의 보정DMFT지수는 전체적으로 1.55개이었고, 연령별로는 8세, 10세, 12세, 15세에서 각각 0.54개, 0.79개, 1.65개와 3.33개이었다. 사업군의 보정DMFT지수는 전체적으로 0.93개이었고, 연령별로는 8세, 10세, 12세, 15세에서 각각 0.34개, 0.50개, 1.04개와 1.91개이었다.

대조군과 사업군의 보정DMFT지수의 차이에 근거하여 수불사업의 영구치 우식감소율을 산출한 결과, 전체적으로는 40.0%이었고, 연령별로는 8세에서 37.0%, 10세에서 36.7%, 12세에서 37.0%, 15세에서 42.6%로 평가되었다(Table 7).

고 안

1998년부터 수불사업을 개시한 진주시에서 수불사업으로 얻어진 영구치우식 감소효과를 평가하는 것이 연구의 목적이었다. 진주시 초등학교와 중학교 및 고등학교에 재학 중인 8세, 10세, 12세, 15세를 대상으로 영구치우식 경험 상태를 조사한 다음, 전국 중소도시의 같은 연령군과 비교하고, 표본의 성별 분포와 치면영구전색 상태 차이를 보정하여 태생 이후 줄곧 수불사업 수혜를 입은 아동과 청소년에서 치아우식 예방효과를 분석하였다. 이번 연구에서 조사를 실시한 2015년은 진주시에서 수불사업을 시행한

지 17년이 되는 시점이었다.

수불사업 이외에도 치아우식 예방에 영향력이 큰 요인은 치면열구전색이다²⁾. 열구전색 영구치보유자율은 진주시와 전국 중소도시 간에 유의한 차이가 없었지만, 열구전색 영구치지수가 전국 중소도시보다 진주시에서 적었다. 이러한 차이는 2009년 12월부터 치면열구전색을 국민건강보험에서 급여함에 따라 보건복지부에서 2002년부터 전국 보건소에서 시행하던 치면열구전색의 예산보조를 2010년부터 중지한 데에 연유한 결과로 해석되었다. Choi 등¹⁹⁾은 치면열구전색을 국민건강보험에서 급여화한 후, 치과의료접근도가 낮은 경기도를 제외한 도 지역은 치면열구전색 공급량이 감소하였다고 보고한 바가 있다.

이에 따라, 진주시 영구치우식 경험도와 전국 중소도시 영구치우식경험도를 비교하여 수불사업의 영구치우식 예방효과를 평가하고자 할 경우에는 열구전색영구치지수의 차이를 보정한 다음, 진주시와 전국 중소도시 간에 보정영구치우식경험도의 차이로서 우식예방효과를 추정하는 것이 보다 정밀한 연구방법으로 생각되었다.

이번 연구의 연령별 표본분포에서 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었지만, 성별로는 대조군 표본에서 전체적으로 남자가 많았고, 진주시 표본에서는 전체적으로 여자가 남자보다 많아서 표본에서 성별 분포 차이가 있었다. 특별한 치아우식 예방사업을 하지 않았을 경우에 초등학교와 중학교 및 고등학교 시절에는 남자보다 여자에서 영구치우식 경험도가 높게 보고되고 있다²⁰⁾. 따라서 수불사업의 영구치우식 예방효과를 평가하고자 할 경우에는 치면열구전색경험도와 아울러, 표본의 성별차이도 보정해 줄 필요가 있었다.

수불사업군이 영구치열에 우식을 경험할 가능성은 대조군과 비교하여 전체표본에서는 영구치우식 경험가능성이 0.501배이었다. 이 수치는 대조군의 영구치열에 우식 발생가능성을 100%로 했을 경우, 사업군에서는 50.1%에 불과하다는 것을 뜻한다. 진주시 수불사업이 1998년부터 시작되어 2015년 사업효과 평가 당시 태어난 이후 줄곧 수불사업의 혜택을 받아 온 시민들에서 치아우식 발생가능성이 크게 감소한 결과로 평가되었다. Jung 등²¹⁾은 합천군 합천읍에서 수불사업 개시 12년 이후 8세, 12세, 15세 평가에서 대조군과 비교하여 사업군에서 영구치우식 경험가능성이 0.75배로 보고한 바가 있다. Jung 등²¹⁾의 합천군 합천읍 보고보다 진주시 수불사업의 성과가 더 좋게 평가된 것은 진주시의 사업기간이 17년을 경과하여 사업군 조사대상자들이 태생 이후 계속 수불사업의 수혜를 받은 데에 연유하는 것으로 검토되었다.

수불사업군의 영구치열에 치료되지 않은 우식이 남아있을 가능성, 즉 영구치우식 유병가능성은 대조군과 비교하여 전체 표본에서는 0.178배이었다. 이 수치는 대조군의 영구치열에 우식 유병가능성을 100%로 했을 경우, 사업군에서는 17.8%에 불과하다는 것을 뜻한다. 발생한 우식에 대한 치료율이 높고, 최근 신생우식이 적게 발생할 경우, 영구치우식유병률이 감소할 수 있다. 따라서 영구치우식 유병가능성 지표가 감소한 것 역시 진주시 수불사업의 성과로 검토되었다.

성별과 열구전색영구치지수 차이를 보정하기 전의 우식경험 영구치지수는 대조군 전체 표본에서는 1.44개이었고, 연령별로는 8세 0.50개, 10세 0.73개, 12세 1.60개, 15세 3.20개이었으며, 사업군 전체 표본에서는 0.98개, 연령별로는 8세 0.36개, 10세 0.52개, 12세 1.07개, 15세 1.96개이었다. 따라서 전체 표본과 연령별로는 12세와 15세에서 사업군의 우식경험영구치지수가 대조군보다 적었다. 성별과 치면열구전색지수 차이를 보정한 후의 우식경험영구치지수는 대조군 전체 표본에서는 1.55개이었고, 연령별로는 8세 0.54개, 10세 0.79개, 12세 1.65개, 15세 3.33개이었으며, 사업군 전체 표본에서는 0.93개, 연령별로는 8세 0.34개, 10세 0.50개, 12세 1.04개, 15세 1.91개이었다. 따라서 대조군과 사업군의 보정우식경험영구치지수 차이로 산출된 영구치우식 감소율은 전체 표본에서 40.0%, 연령별로는 10세 36.7%, 12세 37.0%, 15세 42.6%로 평가되었다. 다만, 열구전색영구치지수를 보정한 이후 8세의 보정우식경험영구치지수가 대조군보다 사업군에서 적었지만, 유의한 차이로 인정되지 않은 것은 우식경험영구치지수가 1개도 되지 못할 정도로 적어서 지역 간 차이가 적은 데에 이유가 있다고 생각되었다.

진주시 수불사업은 1998년 개시하여 2015년 구강검사 당시 연령군 모두 영구치가 맹출하기 전 치관형성기부터 불소가 충분하게 든 음용수를 이용할 수 있었다. 따라서 치관형성과정에서 불화 인회석 성분이 많은 법랑질과 상아질이 만들어지고, 치아가 맹출한 이후에는 수돗물 음용과정에서 물속에 든 불소가 지속적으로 치아에 발라져서 도포효과까지 거둘 수 있기 때문에 우식예방 효과를 가장 크게 기대할 수 있다^{1,22)}. 진주시 수불사업의 우식예방효과는 맹출 전과 후의 효과(pre- and post-eruptive effect)가 복합되어 나타난 결과로 검토되었다²²⁾.

영구치 중에서 우식에 가장 잘 이환되는 제1대구치의 치관은 하악에서는 남아 4세, 여아 3세 10개월, 상악에서는 남아 4.5세, 여아 4세 2개월에 치관이 완성된다고 보고되고 있다²⁴⁾. 영구우식이 잘 발생하는 제1대구치 우식을 예방하기 위해서는 치관형성기부터 지속적으로 불소가 적정량으로 들어있는 물을 이용하는 것이 가장 효과적이다³⁸⁾.

Groeneveld 등²²⁾은 태생 직후부터 적정량으로 불소가 함유된 음용수를 이용하면 소와열구우식은 최대 66%까지 감소하지만, 평활면 우식은 감소효과가 25% 정도로 감소한다고 보고하였다. 따라서 인접면 우식예방에서는 맹출 전후의 수불사업 효과를 각각 절반 정도로 추정할 수 있으며, 치아 맹출 후 수불사업 효과는 우식진행도를 지연하는 데에 큰 효과를 발휘하는 것으로 보고하였다²²⁾. Ast와 Fitzgerald²⁾은 우식감소에 있어서 대다수의 사람들에서는 맹출 후의 불소도포효과가 더 클 것으로 보이지만, 우식고위험 집단에는 여전히 치아 맹출 전의 불소섭취 효과가 보다 더 비중이 클 것으로 추정하였다. Murray²⁵⁾는 지역대조연구(observational study)와 경시연구(interventional study)로 과거 50년 동안 보고된 23개국 113개 연구보고를 검토한 결과, 수불사업의 우식예방효과를 유지에서는 40-49%, 영구치에서는 50-59%로 추정하였다. 그는 유지에서는 태생 직후부터 적정량으로 불소가 함유된 음용수를 섭취하

면 우식예방효과가 가장 크게 나타나고, 수불사업 지역 15세에서 우식경험영구치면수(DMFS)가 감소하는 효과는 맹출 전과 후의 사업 효과가 각각 절반 정도로 추정된다고 보고하였다²⁵⁾.

국내에서는 2011년 보건복지부 주관으로 수불사업의 치아우식 예방효과 조사를 시행하였다. 조사한 수불사업 지역은 진해시(현재 창원시 진해구), 서산시, 여주시, 강릉시 주문진읍, 옥천시이었고, 대조지역은 마산시(현재 창원시 마산합포구), 공주시, 순천시, 양양군, 영동군, 옥천군이었다. 6세, 8세, 11세 검사에서 영구치우식 예방효과는 치아기준으로 40.66%로 추산되었다¹¹⁾.

이번 연구에서 조사대상자들이 태생 이후 영구치 치관형성기부터 조사 시점까지 계속적으로 수불사업의 수혜를 받은 데에 힘입어 조사대상 전체 아동에서 대조군보다 보정우식경험영구치지수가 42.6%가 감소한 것은 수불사업의 우식감소효과가 국내외 여러 보고와 유사하게 유지되고 있다고 추정할 수 있었다.

한편, 사회경제적으로 불리한 환경에 놓여 있는 인구집단에서 치아우식 발생률이 높다고 보고되고 있다²⁶⁾. 세계치과의사연맹(FDI)은 2014년 인디아의 뉴델리총회에서 수불사업은 치아우식 발생에서 지역 간 불평등을 완화한다는 정책성명서를 발표하였다²⁷⁾. 캐나다의 켈거리에서 수불사업이 중단된 시점인 2009-2010년에 조사한 우식경험도와 사업 중단 후 2013-2014년 조사한 우식경험도를 비교분석한 결과, 수불사업 중단으로 아동들의 구강건강 불평등이 증가하였다고 보고되고 있다²⁸⁾.

Kim 등²⁹⁾은 수불사업을 시행한 충북 옥천군 옥천읍과 인근 비수불사업 지역 아동들을 대상으로 영구치우식경험도 차이를 조사 보고하였다. 비수불사업 지역에서는 가구별 소득이 낮은 계층에서 우식경험영구치지수가 많았지만, 수불사업을 시행한 옥천읍에서는 가구소득 계층별로 유의한 차이가 없었고, 세대주의 학력수준과 가구 풍요도에 따른 우식경험영구치지수의 차이가 비사업지역보다 작아서 수불사업이 사회경제적 차이에 따른 구강건강 격차를 완화하고 있음을 보고하였다³⁰⁾. 따라서 구강건강 형평성 달성을 위해서 사회경제적 수준별 치아우식 발생 격차를 줄이는 데에 효과적인 방안의 하나로서 수불사업을 지역사회 구강보건의 중심사업으로 개발하고 확산함이 필요하다고 검토되었다.

이번 연구에서 수불사업 개시 시점에서 조사시점까지 17년간의 장기간 경과에 따라 사회경제적 수준, 식이 등 치아우식 관련요인들의 변화가 수불사업 이외에도 치아우식 발생에 영향을 있을 수 있지만, 개인 정보보호 등의 이유로 조사가 가능하지 않았다. 그리고 대상자들로부터 진주시 이외 지역에서 진주시로 인구 유입에 관한 조사가 가능하지 못하였다. 하지만 수불사업이 시작된 1998년부터 조사 시점인 2015년까지 진주시 전체의 연평균 인구증가율이 0.96%에 불과하여²⁹⁾, 인구이동이 수불사업의 효과평가에 큰 문제는 되지 않았을 것으로 생각되었다. 연구여건이 나아진다면, 연구대상 학생들 가정의 소득수준, 학부모들의 구강보건인식과 학력수준 등과 같은 우식발생관련 사회경제적 요인과 가정에서 수돗물 식음 상태, 구강보건행동 등을 보강 조사하여 보정하면 더 정밀하게 수불사업의 효과를 측정할 수 있을 것으로 검토되었다.

또한, 연구자원의 제약으로 진주시 인근에서 수불사업을 하지 않는 지역을 대조군으로 조사하지 못하여 질병관리본부에서 시행한 국민건강영양조사 자료를 대조군 자료로 활용하게 되었다. 2013-2015년 국민건강영양조사 자료에서 추출한 중소도시 동(洞) 지역에서 8세, 10세, 12세, 15세 표본수는 최대가 8세에서 121명, 최저가 15세에서 103명으로서 연령별 치아우식 평가에서 표본수가 부족한 점이 연구의 한계점이었다. 국민건강영양조사 중 건강검사는 표본조사지수로 선정된 지점에서 이동검진차에서 아침 6시경부터 오전 중에 공복상태에서 구강검사와 전신검사 및 건강과 질병력에 관한 면접을 두 시간 정도 예정으로 수행되고 있다. 하지만, 아동과 청소년 연령층은 대부분 아침 일찍 학교에 등교하여야 하므로 시간부족으로 말미암아 건강조사를 받지 못하는 경우가 많아 표본수가 부족하다고 생각되었다.

다른 국가자료로는 보건복지부에서 2015년 조사한 ‘아동구강건강실태조사’를 대조군 자료로 이용할 수도 있었지만, 이 조사에는 영구치우식에 관해서는 12세만 조사되어 있어서 사업군과 대조군을 1개 연령만으로 비교하여 평가하고, 이 결과를 지역사회 수불사업 효과 평가 결과로 제시하기는 어려웠다. 이번 조사에서 대조군으로 활용한 2013-2015년 국민건강영양조사의 중소도시 12세 아동 우식경험영구치지수(DMFT index)가 1.60개이었지만, 2015년 보건복지부 아동구강건강실태조사의 중소도시 12세 아동의 우식경험영구치지수(DMFT index)가 2.01개이었다²⁰⁾. 그런 관계로 ‘지역간 비교연구(cross-sectional study)’ 방법으로 대조군과 사업군 간의 우식경험영구치지수(DMFT index) 차이로서 산출한 이번 연구의 수불사업 우식감소율은 저평가되었을 가능성을 배제할 수 없다.

한편, 이번 연구에서 대조군으로 이용한, 2013-2015년 국민건강영양조사에서 추출한 중소도시 동(洞) 지역에는 수불사업 지역이 포함되어 있어서 사업효과 평가에서 실제보다 저평가 결과를 초래할 가능성이 있었다. 그러나, 2015년 우리나라 총인구 중 수불사업 수혜인구는 4.8%에 불과하여 사업효과 평가에 대한 영향이 그렇게 크지 않을 것으로 생각되었다³⁰⁾.

하지만 이러한 한계에도 불구하고 이번 연구는 2017년부터 중단되고 있는 진주시 수불사업¹⁶⁾으로 얻어진 영구치 우식예방효과를 확인하고 사업재개에 대한 타당성을 뒷받침하는 데에 기여할 수 있을 것으로 검토되었다.

결론

이번 연구는 경남 진주시의 초·중·고등학교 학생들을 대상으로 17년 동안의 수돗물불소농도조정사업(이하 ‘수불사업’) 영구치우식 감소효과를 평가할 목적으로 수행되었다. 진주시의 8세, 10세, 12세, 15세 아동 1,026명을 사업군으로 선정하였고, 질병관리본부에서 수행한 제6기 2013-2015년 국민건강영양조사에서 전국 중소도시 동(洞) 지역 해당 연령 학생 453명을 대조군으로 구강검사를 하고 우식경험도와 치면연구전색 상태를 비교하였다.

사업군과 대조군의 구강검사 결과를 분석하여 영구치우식경

험자율, 영구치우식유병자율, 우식경험영구치지수, 치면열구전색치수 등을 산출하였다. 사업군과 대조군의 성별 및 연령 분포와 열구전색치지수 차이를 공분산분석(ANCOVA)으로 보정하고 로지스틱회귀분석을 이용하여 사업군과 대조군의 영구치우식경험자율, 영구치우식유병자율 및 우식경험영구치지수를 비교하여 사업군의 영구치우식 경험가능성과 영구치우식 유병가능성의 감소효과 및 영구치우식감소율을 추정함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 사업군의 영구치우식 경험가능성은 대조군의 0.501배, 영구치우식 유병가능성은 대조군의 0.178배로 추정되었다.
2. 사업군의 우식경험영구치지수는 전체적으로 대조군보다 40.0% 감소한 것으로 추정되었다.

진주시에서 수불사업을 시행한 지 17년이 되는 시점에서 평가한 결과, 치아우식 감소효과가 우수하여 지역사회의 구강건강증진을 위한 효과적인 사업임을 확인하였고, 이러한 결과는 수불사업의 확대 시행을 뒷받침해 줄 수 있는 자료로 활용될 수 있다.

ORCID

Tae-Young Ok, <https://orcid.org/0000-0002-5336-0742>
 Yong-Bong Kwon, <https://orcid.org/0000-0002-4498-6030>
 Ji-Soo Kim, <https://orcid.org/0000-0003-1571-4762>
 Se-Yeon Kim, <https://orcid.org/0000-0002-9683-352X>
 Jung-Ha Lee, <https://orcid.org/0000-0002-4737-7150>
 Han-Na Kim, <https://orcid.org/0000-0002-3367-5894>

References

1. US Department of Health and Human Services. Healthy People 2020 [Internet]. [Cited 2019 April 22]. Available from: https://www.healthypeople.gov/2020/tools-resources/Evidence-Based-Resources/page/1/0?f%5B%5D=field_intervention_type%3A611&pop=&ci=&se.
2. Ast DB, Fitzgerald B. Effectiveness of water fluoridation. JADA 1962;65:581-587.
3. Ripa LW. A half-century of community water fluoridation in the United States: review and commentary. J Public Health Dent 1993;53:17-44.
4. Centers for Disease Control and Prevention. Water Fluoridation Data & Statistics. Monitoring Fluoridation in the United States. [cited 2018 Spring 15] Available from: <https://www.cdc.gov/fluoridation/statistics/index.htm>.
5. Loh T. Thirty-eight years of water fluoridation-the Singapore scenario. Community Dent Health 1996;13 Suppl 2:S47-50.
6. Clarkson J, McLoughlin J, O'Hickey S. Water fluoridation in Ireland-a success story. J Dent Res 2003;82:334-337.
7. Kim MK, Jung JI, Kim MJ, Jun EJ, Kim HN, Kim SY, et al. Cost-benefit analysis of a water fluoridation program for 11 years in Jinju, Korea. J Korean Acad Oral Health 2014;38:118-128.
8. 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;16:119-132.
9. Ministry of Health and Welfare. Guideline for oral health program in 2004. Status of water fluoridation program based on December 2003. Seoul:Ministry of Health and Welfare;2004:70-72.
10. Kim JB, Paik DI, Moon HS, Song YH, Park DY. A study on the effect of water fluoridation in the Chungju city. J Korean Acad Oral Health 1992;16:505-521.
11. Lee HS, Chang KW, Kim JB, Kim DK, Kim KS, Park DY, et al. The effectiveness of community water fluoridation in Korea. Seoul:Korea Health Promotion Foundation;2011:29-42.
12. Korea Health Promotion Institute. Status of local authorities implementing water fluoridation program based on October 2018. Meeting of the latter half of 2018 year, Technical Supporting Committee for Water fluoridation Program, October 31, 2018.
13. Gyeongsangnamdo Office of Education. Detailed data of the main statistics on school education in 2015 [Internet]. [cited 2015 Nov 1]. Available from: <http://www.gne.go.kr/index.gne>.
14. Jinju Statistical Information System. Statistics of population based on the resident registration, October 2015 [Internet]. [cited 2015 Nov 15]. Available from: <http://stat.jinju.go.kr>.
15. Jinju City. Population trend [Internet]. [cited 2018 Mar 10]. Available from: <http://www.jinju.go.kr>.
16. Statistics Korea. Korea Statistical Information System (KOSIS), Statistics Database. Population by census (2015) [Internet]. [cited 2018 Mar 15]. Available from: <http://kosis.kr/index/index.do>.
17. City list by the number of population in Republic of Korea [Internet]. Wikipedia; [cited 2018 Mar 15]. Available from: <https://ko.wikipedia.org>.
18. Ministry of Health and Welfare, Korea Health Promotion Institute. Guideline for community comprehensive health promotion programs (Oral health) in 2016. Seoul:Ministry of Health and Welfare;2016:79.
19. Choi JS, Ma DS, Jung SH, Cho EP, Park DY. Changes in the amount of pit and fissure sealants supplied in Korea after inclusion in the National Health Insurance coverage. J Korean Acad Oral Health 2015;39:69-77.
20. Ministry of Health and Welfare. 2015 Korean Children's Oral Health Survey. Seoul:Ministry of Health and Welfare;2015:129-134, 185.
21. Jung JI, Kim JE, Kim SY, Lee JH, Kim JB, Jeong SH. Caries-preventing effects of a suburban community water fluoridation program on permanent dentition after adjusting for the number of fissure-sealed teeth. J Korean Acad Oral Health 2016;40:61-68.
22. 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 Iss:S751-755.
23. Nolla CM. The development of the permanent teeth. J Dent Child 1960;27:254-266.
24. 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.
25. Murray JJ. Efficacy of preventive agents for dental caries. Systemic fluorides: water fluoridation. Caries Res 1993;27 Suppl 1:S2-8.
26. Schwendicke F, Dörfer CE, Schlattmann P, Foster Page L, Thomson WM, Paris S. Socioeconomic inequality and caries: a systematic review and meta-analysis. J Dent Res 2015;94:10-18.
27. 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.
28. McLaren L, McNeil DA, Potestio M, Patterson S, Thawer S, Faris P, et al. 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;15:24-32.
29. Kim HN, Kim JH, Kim SY, Kim JB. Associations of community water

fluoridation with caries prevalence and oral health inequality in children. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14:631 doi:10.3390/ijerph14060631.

30. Kim JB, Lee HS, Choi CH. Water fluoridation program. In: Ma DS, Ryu JI, Cho HJ, Lee BJ, Kim YS, Kim JB, et al. *Public oral health*. Seoul:DaehanNarae Publishing, Inc.;2019:162-223.