

비도시지역 수돗물불소농도조정사업의 영구치 우식예방효과

정지인¹, 김지은¹, 김세연^{1,2}, 이정하¹, 김진범^{1,2}, 정승화^{1,2}¹부산대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실, ²BK21 플러스 구강보건과학기술 전문인력 양성사업단

Caries-preventing effects of a suburban community water fluoridation program on permanent dentition after adjusting for the number of fissure-sealed teeth

Ji-In Jung¹, Ji-Eun Kim¹, Se-Yeon Kim^{1,2}, Jung-Ha Lee¹, Jin-Bom Kim^{1,2}, Seung-Hwa Jeong^{1,2}¹Department of Preventive and Community Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University,
²BK21 Plus Project of Center for Professional Education on Technosciences of Oral Health, Yangsan, Korea

Received: March 3, 2016
Revised: March 22, 2016
Accepted: March 24, 2016

Corresponding Author: Seung-Hwa Jeong
Department of Preventive and Community
Dentistry, School of Dentistry, Pusan
National University, 49 Busandaehak-ro,
Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea
Tel: +82-51-510-8222
Fax: +82-51-510-8221
E-mail: jsh0917@pusan.ac.kr

Objectives: The aim of this study is to evaluate the effect of suburban community water fluoridation programs on preventing caries in permanent teeth.

Methods: In 2012, surveys were administered to children aged 8, 12, and 15 years residing in fluoridated Habcheon township area. Samples collected during the national survey in 2012 from children of the same age residing in non-fluoridated township areas were used as the control, and the caries prevalence data from this sample were used to estimate the caries preventive effect in the studied regions.

This study included 457 subjects from the Habcheon township area and 1,792 in the control group. The data obtained from the survey were analyzed using the IBM SPSS statistical package version 21.0. The caries preventive effect exerted by fluoride in the community water supply was determined by calculating the differences in the DMFT and DMFS indices between the study and control groups. The cofounders of the mean number of fissure-sealed teeth and surfaces were controlled to estimate the effectiveness of caries prevention.

Results: The odds ratio of subjects with no dental caries in the fluoridated region was 0.75 compared to that in the control group. The mean DMFT scores or DMFS scores adjusted for the number of fissure-sealed teeth or tooth surfaces were lower than those in the control group. The caries prevention fraction was estimated to be 23.4% based on the difference in the adjusted mean DMFT scores between the control and study groups.

Conclusions: These results suggest that fluoridation of the community water in the suburban area was highly effective in preventing dental caries in permanent teeth, and therefore, this community water fluoridation program should be implemented in other regions in Korea.

Key Words: Dental caries, Fluoride, Permanent teeth, Prevention, Suburban area, Water fluoridation

서론

구강건강기능이 저하되면 저작능력이 감소하여 식사의 질에 영향을 미치고 그 결과 여러 질병발생 위험이 증가할 수 있다. 그

로 인하여 발음 및 외모 등은 원만한 사회생활과 개인의 삶의 질에 결정적인 영향을 미칠 수 있다¹⁾. 구강건강을 위협하는 대표적인 구강상병은 치아우식과 치주질환이며, 이는 생애 전반에 걸쳐 꾸준히 발생하는 다빈도 질병이기도 하다. 건강보험심사평가원의

2014년 진료비통계지표에 따르면 2014년 총 5,445,972명이 치아 우식으로 9,078,770회 치과를 방문하여 외래 진료를 받았다. 이는 외래 다빈도 상병 6위에 해당하며 전년도에 대비하여 11.7% 증가하였다. 2014년 치아우식 치료를 위해 본인부담금과 국민건강보험공단 지급액을 더한 요양급여비용은 약 2,071억원에 달하고 있다²⁾. 또한, 치아우식의 속발증으로 많이 발생하는 ‘치수 및 치근단 주위조직의 질환’도 외래 다빈도 상병 중에서 13위에 해당하지만, 요양급여비용은 5,612억원으로 모든 외래급여 상병 중 4위에 이르고 있다²⁾.

치아우식을 예방하는 방법으로는 불소복용법, 불소도포법, 치면소와열구전색법, 식이조절법, 세치법 등을 나열할 수 있다³⁾. 이들 중에서 치아우식 예방에서 우선적으로 언급되는 것은 세치법으로 치면세균막을 제거하는 것이다. 하지만, 교합면과 협설면의 소와열구 부위는 잇솔강모가 들어가지 못할 정도로 좁아서 치면세균막을 효과적으로 제거하기 힘들기 때문에 세치법만으로는 모든 치아우식을 예방할 수가 없다⁴⁾. 따라서, 근래에는 치아우식 예방에 가장 효율적인 수단으로 불소와 치면열구전색의 활용에 중점을 두고 있다^{4,5)}. 불소활용법 중에서 수돗물불소농도조정사업(이하 ‘수불사업’)은 경제적이고, 수혜자들이 특별한 노력을 기울이지 않아도 되어 실천성이 높으며, 연령과 사회경제수준에 상관없이 주민 모두가 수혜기회를 가질 수 있다. 또한, 저농도의 불소로 시행되므로 인체 안전성이 보장되면서도 다른 우식예방사업과 비교하면 가장 효과적이라는 점에서 많은 사람을 대상으로 하는 구강보건사업으로 손꼽히고 있다³⁾.

수불사업은 정수장에서 불소가 부족한 수돗물에 불화물을 첨가하는 사업이다. 지역별 적정 불소농도는 사업 지역의 평균최고기온과 물의 섭취 양상에 따라 0.7에서 1.2 ppm으로 다양하다^{3,6)}. 수불사업은 1945년 미국의 미시간주 그랜드 래피드와 뉴욕주 뉴버그에 처음으로 도입되었다³⁾. 미국에서는 수불사업으로 치아우식이 크게 감소하였고 다른 세계 여러 나라에서도 수불사업을 시행하여 치아우식 예방효과가 있음을 보고하였다⁷⁻⁹⁾. 수불사업은 모든 계층이 혜택을 받을 수 있는 복지정책으로서 경제적 사정으로 우식치료를 받기가 힘든 저소득층이나 몸이 불편한 장애인, 시간제약으로 치료를 받기 어려운 맞벌이 부부의 자녀들이 상대적으로 더 많은 혜택을 받을 수 있다¹⁰⁾.

Neidell 등¹¹⁾은 수불사업이 성인의 치아상실에 미치는 영향이 크며 사회경제적으로 낮은 계층에서 그 효과가 더 크다는 것을 보고하였다. Elmer 등¹²⁾은 수불사업 지역에서는 치수질환이나 치근단질환으로 인한 발치율이 낮다는 것을 보고하였다. 따라서, 수불사업으로 치아우식을 예방하여 치아를 보존하는 것은 경제적으로도 유효한 구강보건사업이다^{2,13)}.

경상남도 합천군에서는 2000년부터 합천읍을 중심으로 수불사업을 실시하고 있다. 이제까지 도시지역 수불사업의 우식예방 효과는 많이 보고된 바가 있으나, 읍면지역에서 10년 이상 장기간 수불사업의 우식예방효과에 대한 연구는 드문 실정이다. 비도시지역에서 도시지역보다 더 높은 치아우식경험율과 우식경험치지수가 보고되고 있으므로¹⁴⁾ 비도시지역의 우식예방을 위한 연구가 더 필

요한 실정이다.

이에, 저자는 비도시지역인 합천군 합천읍에서 2000년부터 2012년까지 12년간 시행한 수불사업으로 얻어진 영구치 우식에 방효과를 분석하여 보고한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

우리나라 비도시지역에서 수불사업이 시행되고 있는 곳은 강원도 영월군, 충북 옥천군, 경남 창녕군, 남해군, 합천군 등이다¹⁵⁾. 이들 지역 중에서 사업 초기부터 꾸준히 안정적으로 불소농도가 잘 유지된 곳은 충북 옥천군과 경남 합천군이며, 두 지역 중 연구의 편의성으로 합천군을 연구 대상지역으로 선정하였다.

경상남도 합천군 합천읍에서 2012년 초등학교 재학 중인 8세 아동은 144명, 12세 학생은 198명, 15세 학생은 197명 합계 539명이었다¹⁶⁾. 2012년 12월 구강검사진이 학교를 방문한 날 출석한 아동/학생 중에서 합천읍에 거주하지 않는 학생을 제외한 나머지 학생 총 457명을 사업군 연구대상자로 선정하였다.

한편, 연구 대상지역을 우리나라 비수불지역과 비교하기 위하여 2012년 보건복지부 국민구강건강실태조사¹⁴⁾에서 조사대상이 된 전국 읍면지역에서 수불사업을 시행하고 있는 지역을 제외한 비도시지역을 대조지역으로 선정하였다.

2012년 보건복지부에서 시행한 국민구강건강실태조사에서 비도시지역 조사대상 총 학생수는 8세 31개교 598명, 12세 29개교 657명, 15세 50개교 632명이었고, 이들 중에서 수불지역 학생의 경우, 8세는 없었고, 12세에서 3개교 57명, 15세에서 2개교 38명이었다. 따라서, 수불지역 학생을 제외한 대조군 학생수는 8세 598명, 12세 600명, 15세 594명이었다(Table 1).

본 연구는 양산부산대학교병원 임상시험심사위원회 승인(PNUYH 05-2012-093)을 얻어 시행되었다.

2. 연구방법

2.1. 구강검사

치아우식 검사 기준 통일을 위해 조사자 기준통일훈련을 받고 2012년 국민구강건강실태조사에 참여하였던 치과의사 1인이 구

Table 1. Subject numbers of control and water fluoridation program in Habcheon

Age (yr)	Control*		Program	
	N	%	N	%
Total	1,792	100.0	457	100.0
8	598	33.4	143	31.3
12	600	33.5	170	37.2
15	594	33.1	144	31.5

*Subjects of suburban regions except community water fluoridation program area in 2012 National Oral Health Survey conducted by Ministry of Health and Welfare.

강검사를 실시하였다. 세계보건기구가 제시한 기준¹⁷⁾에 의하여 양호한 휴대용 청백광 인공조명 아래에서 평면치경으로 치아를 검사하여 치아우식과 치면열구전색 실태를 조사하였다. 구강검사 전에 경상남도 합천군보건소 및 표본학교에 협조를 요청하여 구강검사에 대한 승인을 얻었으며, 2012년 12월 학교에 출장하여 구강검사를 실시하였다. 구강검사에는 기록요원이 동행하여 검사자가 구술하는 검사결과를 기록하였으며, 편성요원은 담임교사와 협조 및 검사과정의 질서유지 등의 실무를 담당하였다.

2.2. 분석 방법

IBM SPSS Statistics 21.0®(IBM, Chicago, IL, USA)을 이용하여 구강검사 결과를 분석하였다. 연구치우식경험자율(DMF rate), 우식경험연구치지수(DMFT index), 우식경험연구치면지수(DMFS index) 등의 지표를 산출한 다음, 혼란변수를 보정하여 산출한 우식경험도의 차이로 합천읍 수불사업의 연구치 우식예방효과를 산출하였다. 수불사업군과 대조군의 집단별 차이의 유의성 여부는 카이제곱검정법(chi-square test), 독립 두집단간 t-검정법(independent samples t-test)으로 검정한 다음, 공분산분석(ANCOVA)과 로지스틱회귀분석을 이용하여 대조군과 사업군 표본의 열구전

색치수 등의 차이로 인한 혼란변수의 영향을 보정하였다. 사업군 구강검사에서 검사자 1인의 급내상관계수(Intraclass correlation coefficient, ICC)는 0.89이었고, 제1종 오류에 대한 유의수준은 0.05로 판정하였다.

연구 성적

1. 조사 대상자 연령군 성별 분포

대조군과 사업군 간에 성별 분포는 전체 연령군에서는 물론, 8세, 12세, 15세 각각의 연령군에서도 유의한 차이가 없었다. 대조군의 8세, 12세, 15세 합계 1,792명 중 남자는 887명이고 여자는 905명이었고, 사업군의 8세, 12세, 15세 합계 457명 중 남자는 245명 여자는 212명이어서 대조군과 사업군 간에 성별분포에서 유의한 차이가 없었다(Table 2).

2. 대조군과 사업군의 열구전색치수, 열구전색치면수 분포

열구전색치수는 전체 연령군에서는 사업군에서 대조군보다 많았으나, 8세에서는 사업군에서 대조군보다 적었고, 12세와 15세에서는 사업군에서 대조군보다 많았다. 열구전색치면수는 전체 연령

Table 2. Distribution of subjects by age and gender

Age	Gender	Control*		Program		P [†]
		N	%	N	%	
Total	Male	887	49.5	245	53.6	0.129
	Female	905	50.5	212	46.4	
8	Male	295	49.3	79	55.2	0.226
	Female	303	50.7	64	44.8	
12	Male	300	50.0	91	53.5	0.435
	Female	300	50.0	79	46.5	
15	Male	292	49.2	75	52.1	0.577
	Female	302	50.8	69	47.9	

*Subjects of suburban regions except for community water fluoridation program area in 2012 National Oral Health Survey conducted by Ministry of Health and Welfare.

[†]Chi-square test.

Table 3. Numbers of fissure-sealed teeth and surfaces

Variables	Age (yr)	Control*			Program			P [§]
		N [†]	Mean	SE [‡]	N [†]	Mean	SE [‡]	
Fissure-sealed teeth	Total	1,792	2.08	0.06	457	3.18	0.14	<0.001
	8	598	1.80	0.07	143	1.30	0.12	<0.001
	12	600	2.11	0.11	170	4.84	0.24	<0.001
	15	594	2.32	0.13	144	3.07	0.22	0.008
Fissure-sealed surfaces	Total	1,792	2.53	0.07	457	3.49	0.15	<0.001
	8	598	2.33	0.10	143	1.65	0.17	0.001
	12	600	2.51	0.13	170	5.21	0.26	<0.001
	15	594	2.74	0.15	144	3.30	0.25	0.055

*Subjects of suburban regions except for community water fluoridation program area in 2012 National Oral Health Survey conducted by Ministry of Health and Welfare.

[†]Numbers of subjects.

[‡]Standard error.

[§]Independent samples t-test.

군에서는 대조군보다 사업군에서 많았고, 연령군으로는 8세에서는 사업군보다 대조군에서 많았으며, 12세에서는 대조군보다 사업군에서 많았고, 15세에서는 두 군 간에 통계적으로는 유의한 차이가 없었지만, 대조군보다 사업군에서 많은 경향이었다(Table 3).

3. 영구치우식경험자율

영구치우식경험자율은 구강검사를 받은 대상자 중에서 우식 경험영구치가 1개 이상 있는 사람의 비율을 말한다. 교차분석 결과, 영구치우식경험자율은 전체 연령군에서는 사업군에서 대조군보다 낮았고, 연령군별로는 8세에서는 사업군과 대조군 간에 유의한 차이가 없었으나, 12세와 15세에서는 사업군에서 대조군보다 낮았다(Table 4).

연구대상자의 열구전색치수 차이를 보정하기 위하여 이분형 로지스틱 회귀분석을 한 결과, 사업군의 영구치 우식경험 가능성은 전체 연령군에서는 대조군의 0.75배로 낮았고, 연령군별로는 8세와 12세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 15세에서는 대조군의 0.60배로 낮았다(Table 5).

4. 우식경험영구치지수 및 영구치우식 예방률

우식경험영구치지수는 검사를 받은 집단 1인이 평균적으로 가지고 있는 우식영구치수, 우식으로 상실된 영구치수 및 충전영구

치수의 합계를 말한다. 우식경험영구치지수는 전체 연령군에서는 대조군보다 사업군에서 낮았지만, 연령군별로는 8세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 12세와 15세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 6).

대조군과 사업군 간의 열구전색치수 차이를 보정하여 추정한 우식경험영구치지수는 전체 연령군에서는 대조군보다 사업군에서 낮았으며, 연령군별로는 15세에서 대조군보다 사업군에서 낮았다. 열구전색치수 차이를 보정하여 추정한 대조군과 사업군의 우식경험영구치지수의 차이로 산출한 영구치 우식예방률은 전체적으로 23.4%, 15세에서 34.3%로 추정되었다.

5. 우식경험영구치면지수 및 영구치면우식 예방률

우식경험영구치면지수는 검사를 받은 집단 1인이 평균적으로 가지고 있는 우식영구치면수, 우식으로 상실된 영구치면수 및 충전영구치면수의 합계를 말한다. 우식경험영구치면지수는 전체 연령군에서는 대조군보다 사업군에서 낮았지만, 연령군별로는 8세에서 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 12세와 15세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 7).

대조군과 사업군 간의 열구전색치면수 차이를 보정하여 추정한 우식경험영구치면지수는 전체 연령군에서는 대조군보다 사업군에서 낮았으며, 연령군별로는 8세와 12세에서 대조군과 사업군

Table 4. Rate of subjects with dental caries experience on permanent dentition

Age	Control*		Program		P [†]
	N [‡]	%	N [‡]	%	
Total	1,792	53.5	457	44.6	0.001
8	598	27.6	143	24.5	0.529
12	600	60.0	170	47.6	0.005
15	594	73.1	144	61.1	0.006

*Subjects of suburban regions except for community water fluoridation program area in 2012 National Oral Health Survey conducted by Ministry of Health and Welfare.

[‡]Numbers of subjects.

[†]Chi-square test.

Table 5. Odds ratios and confidence intervals of variables related to rate of subjects with dental caries experience on permanent dentition*

Age (yr)	Variables	P	Exp (B)	95% CI [†]
Total	Age	<0.001	1.34	1.29, 1.38
	Area (Control=0, Program=1)	0.013	0.75	0.60, 0.94
	Number of fissure-sealed teeth	<0.001	0.89	0.86, 0.92
8	Area (Control=0, Program=1)	0.165	0.74	0.48, 1.13
	Number of fissure-sealed teeth	<0.001	0.73	0.66, 0.82
12	Area (Control=0, Program=1)	0.654	0.92	0.63, 1.34
	Number of fissure-sealed teeth	<0.001	0.85	0.81, 0.90
15	Area (Control=0, Program=1)	0.008	0.60	0.41, 0.88
	Number of fissure-sealed teeth	0.083	0.96	0.91, 1.01

*Binominal logistic regression model.

[†]Confidence Interval.

Total: df=3, Nagelkerke R²=0.197, 8-yr olds: df=2, Nagelkerke R²=0.064.

12-yr olds: df=2, Nagelkerke R²=0.069, 15-yr olds: df=2, Nagelkerke R²=0.020.

Table 6. Mean numbers of decayed, missing and filled teeth and caries prevention fraction in permanent dentition

Age	Control*			Program			P^{\parallel}	Control*		Program		P^{**}	Prevention fraction (%)***
	N [†]	Mean [‡]	SE [§]	N [†]	Mean [‡]	SE [§]		Mean [¶] (A)	SE [§]	Mean [¶] (B)	SE [§]		
Total	1,792	2.05	0.07	457	1.36	0.10	<0.001	2.01 ^a	0.06	1.54 ^a	0.12	0.001	23.4
8	598	0.56	0.04	143	0.55	0.09	0.872	0.58 ^b	0.04	0.47 ^b	0.09	0.267	19.0
12	600	1.98	0.11	170	1.32	0.16	0.001	1.85 ^c	0.10	1.77 ^c	0.20	0.700	4.3
15	594	3.58	0.16	144	2.22	0.21	<0.001	3.59 ^d	0.14	2.36 ^d	0.29	<0.001	34.3

*Subjects of suburban regions except community water fluoridation program area in 2012 National Oral Health Survey conducted by Ministry of Health and Welfare.

[†]Numbers of subjects.

[‡]Unadjusted mean for the number of fissure-sealed teeth in permanent dentition.

[§]Standard error.

^{||}Independent samples t-test.

[¶]Estimated marginal means by univariate analysis of variance adjusted for the number of fissure-sealed teeth in permanent dentition.

**ANCOVA (analysis of covariance).

***[(A-B)/A] × 100, Bold numbers denote prevention fractions from significant differences between both groups.

^aCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed teeth=2.3024, age=11.67.

^bCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed teeth=1.7058.

^cCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed teeth=2.7156.

^dCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed teeth=2.4702.

Table 7. Mean numbers of decayed, missing and filled surfaces and caries prevention fraction in permanent dentition

Age	Control*			Program			P^{\parallel}	Control*		Program		P^{**}	Prevention fraction (%)***
	N [†]	Mean [‡]	SE [§]	N [†]	Mean [‡]	SE [§]		Mean [¶] (A)	SE [§]	Mean [¶] (B)	SE [§]		
Total	1,792	3.33	0.12	457	2.09	0.17	<0.001	3.28 ^a	0.10	2.30 ^a	0.21	<0.001	29.9
8	598	0.87	0.07	143	0.78	0.16	0.589	0.90 ^b	0.07	0.68 ^b	0.15	0.192	24.4
12	600	3.22	0.18	170	1.96	0.27	<0.001	3.04 ^c	0.17	2.60 ^c	0.34	0.261	14.5
15	594	5.91	0.27	144	3.53	0.38	<0.001	5.88 ^d	0.25	3.68 ^d	0.51	<0.001	37.4

*Subjects of suburban regions except community water fluoridation program area in 2012 National Oral Health Survey conducted by Ministry of Health and Welfare.

[†]Numbers of subjects.

[‡]Unadjusted mean for the number of fissure-sealed surfaces in permanent dentition.

[§]Standard error.

^{||}Independent samples t-test.

[¶]Estimated marginal means by univariate analysis of variance adjusted for the number of fissure-sealed surfaces in permanent dentition.

**ANCOVA (analysis of covariance).

***[(A-B)/A] × 100, Bold numbers denote prevention fractions from significant differences between both groups.

^aCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed surfaces=2.7239, age=11.67.

^bCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed surfaces=2.1984.

^cCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed surfaces=3.1078.

^dCovariates appearing in the model are fixed at the following values: number of fissure-sealed surfaces=2.8509.

간에 유의한 차이가 없었으나, 15세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다. 열구전색치면수 차이를 보정하여 추산한 대조군과 사업군의 우식경험영구치면지수 차이로 산출한 영구치면 우식예방률은 전체 연령군에서는 29.9%, 15세에서 37.4%로 추정되었다 (Table 7).

고 안

비도시지역에서 시행된 수불사업의 치아우식 예방효과를 심층 분석하기 위하여 본 연구를 시행하였다. 2000년도부터 수불사

업을 시행하고 있는 경상남도 합천군 합천읍 8세, 12세, 15세를 사업군으로 선정한 다음, 2012년 보건복지부가 시행한 국민구강건강실태조사의 전국 비도시지역 조사 자료에서 수불사업을 시행하고 있는 지역에 거주하는 학생들을 제외하고, 같은 연령의 학생을 대조군으로 활용하였다. 대조군과 사업군 간에 치아우식 발생에 영향을 미치는 열구전색치수 또는 치면수를 보정한 다음, 대조군과 사업군 간의 우식경험도 차이를 비교하여 수불사업으로 얻어진 우식 예방효과를 추정하였다.

합천군에서는 1996년부터 관내 초등학교 1학년 아동 대구치를 대상으로 치면열구전색사업을 시작하였다. 그 이후 점차적으로

대상아동을 확대하여 2006년부터는 일부 유치원 5세 아동을 포함하여 초등학교 전 아동을 대상으로 건전 소구치와 대구치를 대상으로 치면열구전색치업을 시행하였다¹⁸⁾. 그 결과 12세와 15세 사업군에서는 대조군보다 열구전색치수와 열구전색치면수가 많았다. 그러나, 8세에서는 오히려 사업군에서 대조군보다 치면열구전색치수, 치면열구전색치면수가 적었다. 이러한 결과는 2009년부터 국민건강보험에서 치면열구전색을 급여한다는 이유로 2010년부터 보건복지부에서 그 동안 지원해 오던 치면열구전색에 대한 예산보조를 중단한 나머지, 합천군보건소에서 치면열구전색사업이 축소된 결과로 추정되었다¹⁹⁾.

영구치우식경험자율이 전체 연령군에서는 사업군에서 대조군보다 낮았고, 연령군별로는 8세를 제외하고, 12세와 15세에서 사업군에서 대조군보다 낮은 것은 수불사업의 성과로 생각되었다. 대조군과 사업군 간의 치면열구전색치수 차이를 보정하면 사업군의 우식경험 가능성은 대조군보다 전체 연령군에서는 0.75배로 낮았고, 연령군별로는 15세에서 대조군보다 0.60배로 낮은 것도 수불사업의 성과로 생각되었다.

우식경험영구치지수는 전체 연령군에서는 사업군에서 대조군보다 적었으며, 연령군별로는 12세와 15세에서 대조군보다 적었다. 그러나, 대조군과 사업군의 치면열구전색치수 차이를 보정하여 추산한 우식경험영구치지수는 전체 연령군에서는 사업군에서 대조군보다 적었으며, 연령군별로는 15세에서 사업군에서 대조군보다 적었다. 대조군과 사업군의 열구전색치수 차이를 보정하여 추산한 대조군과 사업군의 우식경험영구치지수 차이로 추정된 수불사업의 영구치 우식예방률은 전체 연령군에서는 23.4%, 15세에서는 34.3%로 추정되었다.

마찬가지로, 대조군과 사업군의 치면열구전색치면수의 차이를 보정하여 추산한 우식경험영구치면지수도 전체 연령군에서는 사업군에서 대조군보다 적었으며, 연령군별로는 15세에서 사업군에서 대조군보다 적었다. 보정하여 추산한 대조군과 사업군의 우식경험영구치면지수 차이로 추정된 수불사업의 영구치 우식예방률은 전체 연령군에서는 29.9%, 15세에서는 37.4%로 추정되었다. 이와 같이, 15세에서 수불사업의 예방효과가 주로 많이 나타난 것은 8세와 12세에서는 아직 영구치우식이 많지 않으며, 2010년까지 보건복지부의 정책¹⁹⁾으로 전국적으로 시행된 치면열구전색의 우식예방효과로 인하여 사업군과 대조군의 차이가 나타나지 않은 것으로 추론되었다.

Song 등²⁰⁾은 수불사업 지역인 청주시와 비사업지역인 성남시 아동을 6세부터 11세까지 추조조사하여 증가된 우식경험치면지수를 비교한 결과, 영구치 우식예방률을 39.8%로 추정하였다. Lee 등²¹⁾은 2011년 수불사업을 하고 있는 강릉시, 옥천군, 서산시, 여주시, 진해시와 대조군으로 공주시, 마산시, 순천시, 양양군, 영동군의 6세 8세 11세 아동의 우식경험영구치지수를 조사하고 그 차이로 영구치 우식예방률을 산출한 결과, 세 연령군 전체적으로 40.66%로 보고한 바가 있다. 그러나 Song 등¹⁷⁾은 영구치 우식예방률 추정에서 사업군과 대조군의 우식경험영구치지수 또는 우식경험영구치면지수의 차이만을 기초로 하여 영구치 우식예방률을 추정

하였으며, 우식발생에 관여하는 수불사업 이외의 다른 혼란변수를 보정하지 않았다. Kim²²⁾은 Lee 등²¹⁾이 조사한 수불사업 지역인 충북 옥천군과 대조군인 영동군 아동의 우식경험도 자료에서 표본의 성별, 가구평균소득, 가구월소득, 세대주학력, 열구전색영구치수를 보정하여 우식경험영구치지수를 다시 추정하고 그 차이로 영구치 우식예방률을 산출한 결과, 전체 연령군에서는 51.2%, 11세에서는 60.1%로 추정하여 보고하였다. 이러한 연구들을 검토하면, 본 연구의 영구치 우식예방률은 아주 높은 편은 아니지만 그렇게 낮은 수치는 아니라고 검토되었다.

한편, Kim 등²³⁾은 울산광역시에서 초등학교 중 97.9%, 중학생 중 97.2%가 불소가 함유된 세치제(치약)를 사용하고 있다고 보고한 바 있다. 이렇게 사업군은 물론 대조군 모두 불소함유세치제 사용이 보편화됨에 따라 희석효과로 수불사업 지역의 우식예방효과가 실제보다 적게 추정될 수 있다. 또한, 수불지역에 살던 사람이 비수불지역으로 이사하여 비수불지역에서도 우식이 감소하는 확산효과도 나타날 수 있다²⁴⁾. 이러한 희석효과와 확산효과로 인해 수불사업의 우식 예방효과가 1950년대 미국의 수불사업 우식예방효과보다 감소한 것으로 보이지만²⁴⁾, 수불사업을 중단하여 다시 치아우식 발생이 늘어난 여러 지역의 경험을 감안하면 수불사업은 계속되어야 한다고 검토되었다^{25,26)}.

Crocombe 등²⁷⁾은 불소농도가 높은 음용수를 이용하는 시골에서 자란 아동들의 우식경험영구치지수가 낮다는 것을 보고하였다. Johnson 등²⁸⁾은 호주의 외딴 지역에 거주하는 원주민 집단에서도 수불사업의 우식예방 효과가 우수함을 보고하여, 본 연구의 결과와도 일치하고 있다. 이러한 연구결과들은 수불사업이 도시지역은 물론 비도시지역에서도 효과적이라는 근거로 제시할 수 있다.

수불사업은 치아우식 감소에 안전하고 효과적인 수단이지만 많은 혼란과 오해들이 남아있어 확대시행에 어려움을 겪고 있다. 이러한 인식을 개선하기 위하여 수불사업의 효과에 대해 치과의사들을 대상으로 하는 교육을 강화함으로써 지역 치과의사들의 많은 참여를 이끌어내어 수불사업을 확대 발전하는 데에 역할을 할 수 있도록 해야 한다고 검토되었다²⁹⁾. 더불어 수불사업의 안전성과 이점에 대해 추가적으로 계속 연구가 필요하며, 지역주민에 대한 교육을 강화하고 지역주민의 의견을 수렴하여 지지 세력을 확보함이 중요하다고 생각되었다.

한편, 수불사업의 효과를 제약하는 또 다른 변수는 식수와 음식물 조리수의 변화이다. 우리나라 다른 지역과 마찬가지로 합천읍에서도 수돗물을 식수 또는 음식물 조리수로 사용하지 않는 가구가 상당수 있다. 2009년 합천읍 조사결과에 의하면 합천읍에서 사용하는 식수는 수돗물이 57.9%, 정수기물이 41.0%이었고, 음식물 조리수는 수돗물이 73.6%, 정수기물이 27.5%이었다³⁰⁾. 수돗물에 든 불소는 끓여도 그대로 유지되므로 음식물 조리수로 수돗물을 사용하여도 수불사업의 효과를 볼 수 있다. 정수기를 사용하더라도 중공사막정수기로는 불소가 걸러지지 않으나 역삼투압정수기로는 불소를 비롯한 대부분의 미네랄을 모두 걸러버리게 되어 수불사업 효과를 볼 수 없게 된다. 그러나, 구강검사 과정에 방문

한 초중고 모든 학교에서 수돗물로 조리한 음식물로 단체 점심급식을 하고 있는 것을 확인하였다. 따라서, 가정에서 식수 또는 음식물 조리수로 역삼투압정수기으로 여과한 물 또는 지하수 등을 사용한다고 하더라도 수불사업의 혜택을 일정 정도 볼 수 있을 것으로 검토되었다.

치아우식 발생에는 불소이용도와 치면열구전색 활용도 이외에도 여러 가지 다른 요인이 복합적으로 작용하고 있다. 본 연구에서 수불사업만의 정확한 효과를 평가하기 위해서는 혼란요인으로 작용할 수 있는 가구 풍요도, 부모의 교육 수준, 가구 수입과 같은 사회경제적 요인들을 조사하여 보정하는 것이 바람직하나 그렇게 하지 못한 점이 본 연구의 한계이며, 해당 자료를 수집하여 정밀하게 분석하는 후속 연구가 필요하다고 생각되었다.

결론

본 연구는 경상남도 합천군 합천읍의 아동들을 대상으로 12년 동안 시행한 수불사업 영구치우식 예방효과를 평가할 목적으로 수행되었다. 경상남도 합천군 합천읍의 8세, 12세, 15세 아동 457명을 사업군으로 선정하였고 2012년 국민구강건강실태조사의 전국 비도시지역 아동에 대한 자료에서 수불사업을 시행하고 있는 지역을 제외한 8세, 12세, 15세 아동 1,792명을 대조군으로 선정하여 사업군과 대조군의 우식경험도와 열구전색 상태를 비교하였다.

사업군과 대조군의 구강검사 결과를 분석하여 영구치우식경험 자율, 우식경험영구치지수, 우식경험영구치면지수, 치면열구전색지수, 치면열구전색치면수 등을 산출하였다. 사업군과 대조군의 열구전색지수 및 열구전색치면지수 차이를 공분산분석(ANCOVA)으로 보정한 다음, 영구치 우식경험도를 비교하여 사업군의 영구치 우식예방률을 추정함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 사업군의 영구치 우식경험 가능성은 전체 연령군에서 대조군의 0.60배로 낮았다.

2. 대조군과 사업군 간의 열구전색지수 또는 열구전색치면수 차이를 보정하여 추정한 우식경험영구치지수 및 우식경험영구치면수는 전체 연령군에서 대조군보다 사업군에서 낮았다.

3. 대조군과 사업군 간의 열구전색지수 차이를 보정하여 추정한 우식경험영구치지수의 차이로 산출한 영구치우식 예방률은 전체 연령군에서 23.4%로 추정되었다.

합천군 합천읍에서 수불사업을 시행한 지 12년이 되는 시점에서 평가한 결과, 치아우식 예방효과가 우수하여 지역사회 구강건강증진을 위한 좋은 방법임을 확인하였으며, 이러한 결과는 수불사업의 확대 시행을 뒷받침해 줄 수 있는 자료로 활용될 수 있다.

References

- Shin BM, Jung SH. Socio-economic inequalities in tooth loss and chewing difficulty in the Korean elderly. *J Korean Acad Oral Health* 2012;36:195-202.
- Health Insurance Review & Assessment Service. 2014 Statistics of Healthcare expenses: 17. Healthcare service reimbursement by the ranking of multi-frequency occurring diseases according to the list of three-character categories of Korea Standard Classification of Diseases: out-patients. 2014;48-51.
- Kim JB, Choi EG, Moon HS, Kim JB, Kim DK, Lee HS, et al. Public health dentistry. 5th ed. Seoul:Koomoon;2009:91-105, 165-218.
- Garcia-Godoy F, Harris NO, Helm DM. Pit and fissure sealants. In: Harris NO, Garcia-Godoy F. Primary preventive dentistry. 6th ed. Upper Saddle River:Pearson Education Inc.;2004:285-318.
- Moon HS, Paik DI, Horowitz AM, Kim JB. National survey of Korean dentists' knowledge and opinions: dental caries etiology and prevention. *J Public Health Dent* 1998;58:51-58.
- Kohn WG, Maas WR, Malvitz D, Presson SM, Shaddix KK. Recommendations for using fluoride to prevent and control dental caries in the United States. Center for Disease Control and Prevention, *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2001;50:1-42.
- Armfield JM. Community effectiveness of public water fluoridation in reducing children's dental disease. *Public Health Rep* 2010;125:655-664.
- Do L, Spencer AJ. Contemporary multilevel analysis of the effectiveness of water fluoridation in Australia. *Aust N Z J Public Health* 2015;39:44-50.
- Harding MA, O'Mullane DM. Water fluoridation and oral health. *Acta Med Acad* 2013;42:131-139.
- Kang BW, Kang HK, Ku IY, Kwon HM, Kim KS, Kin SS, et al. Preventive dentistry. 4th ed. Seoul:Koonja;2012:28.
- Neidell M1, Herzog K, Glied S. The association between community water fluoridation and adult tooth loss. *Am J Public Health* 2010;100:1980-1985.
- Elmer TB, Langford JW, Morris AJ. An alternative marker for the effectiveness of water fluoridation: hospital extraction rates for dental decay, a two-region study. *Br Dent J.* 2014 Mar [Epub]. DOI:10.1038/sj.bdj.2014.180.
- 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. *Korean Acad Oral Health* 2014;38:118-128.
- Ministry of Health and Welfare. 2012 National Oral Health Survey. 2013:61-94, 264-351.
- Hwang SS, Yoo MS, Lee WJ, Lee KS, Son HJ, Jeong SY, Cheon JH. Report of safety evaluation on water fluoridation program. Incheon: Inha University;2014:9-11.
- Gyeongsangnamdo Office of Education. 2012 Educational statistics. Tables of school status [Internet]. [cited 2012 Dec 10]. Available from: <http://www.gne.go.kr>
- World Health Organization. Oral Health Surveys. 4th ed. Geneva: World Health Organization;1997:21-52.
- Ahn SH, You HY, Kim MJ, Han DH, Kim JB, Jeong SH. Caries preventive effect of permanent teeth using pit and fissure sealant program and community water fluoridation program. *J Korean Acad Oral Health* 2012;36:289-296.
- An JM. Total cut of budget for dental caries prevention of children. [Internet]. [cited 2015 Nov 15]. Available from: <http://dailydental.co.kr/news/article.html?no=59165>
- Song YH. Six year results of caries preventive effects of water fluoridation in Korea [dissertation]. Seoul:Seoul National University;1999. [Korean].
- Lee HS, Chang KW, Kim JB, Kim DK, Kim KS, Park DY. The effectiveness of community water fluoridation. Seoul:Korea Health Promotion Foundation 2011:100-104.
- Kim JH. Caries prevention effects of community water fluoridation program in suburban area [dissertation]. Yangsan:Pusan National University;2014. [Korean].
- Kim JY, Lee JH, Park HG, Kim EK, Kim JB. User rate of fluoride-

- containing toothpaste in Ulsan Metropolitan City. *Korean Acad Oral Health* 2003;27:149-155.
24. Neenan ME, Easley M, Ruiz M. Water fluoridation. In Harris NO, Garcia-Godoy. *Primary preventive dentistry*. 6th ed. NJ Upper Saddle River:Pearson Education 2004:189-190.
 25. Lemke CW, Doherty JM, Arra MC. Controlled fluoridation: The dental effects of discontinuation in Antigo, Wisconsin. *J Am Dent Assoc* 1970;80:782-786.
 26. Künzel W. Effects of an interruption in water fluoridation on caries prevalence of the primary and secondary dentition. *Caries Res* 1980;14:304-310.
 27. Crocombe LA, Brennan DS, Slade GD, Stewart JF, Spencer AJ. The effect of lifetime fluoridation exposure on dental caries experience of younger rural adults. *Aust Dent J* 2015;60:30-37.
 28. Johnson NW, Lalloo R, Kroon J, Fernando S, Tut O. Effectiveness of water fluoridation in caries reduction in a remote Indigenous community in Far North Queensland. *Aust Dent J* 2014;59:366-371.
 29. Melbye ML, Armfield JM. The dentist's role in promoting community water fluoridation: a call to action for dentists and educators. *J Am Dent Assoc* 2013;144:65-75.
 30. Kim JB, Han DH, Kim BJ, Kim DH, Cho HJ, Kang SH, et al. 2009 Habcheon County Oral Health Survey. Yangsan: School of Dentistry, Pusan National University;2009:42-44.