

미래지향적인 관점에서 본 치아우식증 예방과 음용수 불소화

미국 인디애나 대학교 치과대학

박기철*, 김원규**

ABSTRACT

Prospective on Prevention of Dental Caries and Water Fluoridation

Kichuel K. Park, DDS, Ph.D. and Wan K. Kim-Park, M.S., Ph.D.

Indiana University School of Dentistry,

1121 West Michigan Street, Indianapolis, Indiana, USA

Water fluoridation in conjunction with wide use of fluoride dentifrices has been a major factor responsible for the decline in dental caries during the second half of the 20th century throughout the world. The history of water fluoridation is a classic public health program leading to epidemiologic investigation and community-based public health dentistry program.

Although other fluoride-containing products are available, water fluoridation remains as the most safe and cost-effective method of delivering fluoride to most communities, regardless of age, educational attainment, or income levels. This review deals with pros and cons of water fluoridation and prospective analysis of state-of-the-art on issues related to the use of fluoride. An "optimal" fluoride concentration of 0.7-1.2 ppm has been recommended for preventing dental caries with a minimal dental fluorosis and no systemic health consequences.

최근 한국에서는 서울과 인천 광역시의 음용수 불소화를 위한 시행 여부를 둘러싸고 불소의 발암성과 골다공증, 골절 및 신장(kidney)장애의 원인과 같은 유헤론에 대한 찬·반론이 격화되어 일반대중은 물론 치과의를료를 전담하고 있는 치과의사들을 비롯하여 치과위생사 및 구강건강진료원들을 혼돈 속으로 몰아 넣고 있다. 저자들은 본 기획특집을 통하여 미국 치과의학의 혁명을 가져온 불소와 관련된 현황을 독자들에게 일러서 진정으로 국민을 위하는 한국의 치과의학으로 발전시킬 수 있는 과학적인 정보를 제공하고자 한다. 시대의 조류에 부합되는 전문인들은 앞날의 한국인들을 건강하게 지도할 수 있는 역군이라는 사실을 잊지 말아야 한다(박기철, 1998).

전세계를 통하여 20세기 후반에 치아우식증의 감소현상을 나타내는 가장 큰 요소는 음용수에 적당량의 불소를 첨가시켰고 많은 사람들이 품질이 확실하고 사용해서 안전한 불소함유 치약을 광범하게 사용하였기 때문이라는 사실이 여러 가지 과학적인 연구로 확실하게 증명되었다.

음료수의 불소화는 치과의학이 얼마나 국민들을 위하여 과학적인 연구를 실시하였다는 중요한 사업으로 인정을 받도록 하였다(박기철, 1997a). 불소의 활용에 대한 연구는 미국의 치과 의학을 과학적으로 역학적인 기반을 확고하게 마련하였다. 불소치약을 비롯하여 불소가 함유된 여러 가지 구강위생제품이 시중에서 판매되고 있으나 남녀노소나 교육정도 혹은 빈부의 차이를 막론하고 많은 사람들에게 불소의 건강효과를 나타내는 가장 안전하고 효과가 확실하며 수혜자들의 특별한 노

* 예방치과학 및 사회치과학 교수 겸 공중보건치과 연구소장.
** 치주학과 연구교수

력이 없이 실시할 수 있는 가장 경제적인 공중보건사업은 음용수의 불소화 방안이다 (김진범, 박기철, 1997; 김진범, 1997; 1999).

치아우식증

치아우식증은 감염성 질환으로 여러 가지 요소에 의해서 입안에 존재하는 세균의 집합체인 치태(dental plaque)가 만들어 내는 산성물질이 치아의 경조직을 용해하는 구강병이다 (홍석진, 박기철, 1997). 구강건강에 관심을 두지 않고 방치하게 되면 치아우식증은 치아 표면에서 시작하여 상아질(dentin) 까지 진행되고 치수감염을 초래하여 심한 통증과 여러 가지 참기 어려운 증세의 원인이 되어 치아를 뽑아야하는 결과를 초래한다. 치수의 감염은 전신의 감염과 기능장애를 초래하는 경우도 있다. 치아를 조기에 상실하는 가장 큰 원인이 치아우식증이다.

치태를 구성하고 있는 헤아릴 수 없는 수백, 수천의 세균 중에서 치아우식증의 발생과 진행에 주동적인 역할을 하고있는 세균은 포도상 구균 (Streptococcus mutans) 과 젖산균 (lactobacilli)이다. 입안에 나타나는 이러한 세균들과 직접적인 연관을 맺고있는 발효성 탄수화물, 특히 설탕이 초기 치아우식증의 발생에 중요한 역할을 한다 (박기철, 1997b).

20세기초반의 미국은 전세계에서 치아우식증이 가장 많은 "충치(치아우식치) 왕국"이었다. 그 당시의 상황으로는, 치아우식증을 효과적으로 예방하는 방안이 없었고 치아우식증으로 참기 어려운 고통을 느끼게되면 아픈 치아를 뽑는 방법 이외에 다른 묘안이 없었다 (Burt BA, 1978).

세계 제1, 2차 대전 중, 군 입대를 위한 신체검사의 합격 판정의 가장 큰 원인이 여섯 개의 대합치들이 없었다는 사실이 이를 증명하고 있다 (Britten RH, Perrott GSJ, 1941; Klein H, 1941).

초창기의 구강 역학자들은 치아우식증의 발생빈도를 측정하기 위하여 우식 경험지수 (우식, 발거 및 치료한 치아를 모두 합한 숫자; DMFT index)를 개발하였고 좀더 적은 변화를 측정하기 위하여 우식 경험 치아면 지수(DMFTS index)를 고안하였다 (Klein H, Palmer CE, Knutson JW, 1938).

이러한 지수를 활용하여 미국인 거의 모두가 치아우

식증으로 고생하고 있다는 사실을 역학적인 통계분석으로 세밀한 평가를 시작했다. 1930년대와 1940년대에 미국전역을 상대로 우식치 경험지수를 사용하여 실시한 역학적인 연구결과는 지역에 따른 치아 우식의 발생 빈도가 현저한 차이를 나타내고 있다는 사실을 확인함과 아울러 치아우식증을 예방할 수 있는 방안을 모색해야 된다는 과학적인 증거를 확실하게 제시했다.

음용수불소화의 역사

1901년 미국의 "콜로라도"주 "콜로라도 스프링스"에서 치과개원을 하던 치과의사 Frederick S. McKay 씨는 자기가 치료한 여섯 명의 환자들에게서 발견한 비정상적인 치아의 착색을 반상치(mottled enamel)라는 병명을 부쳤다 (McKay FS, Black GV, 1916). McKay는 이 변색된 치아에 대한 과학적인 추리를 계속하고 그 당시 치의학계의 과학적인 혁명의 지도자였던 G.V. Black씨와 끈질긴 연구를 통해 이러한 치아 변색은 음용수와 직결되며 반상치는 치아 우식증에 잘 걸리지 않는 사실을 알아냈다 (McKay FS, 1928).

1909년에 미국의 아칸사스주 바우사이트(Bauxite)에서 치과개원을 하고 있던 치과의사 F. L. Robertson 씨도 지역의 음료수를 마련하기 위하여 깊은 우물을 판 다음부터 "반상치"가 현저하게 증가하였다는 사실을 관찰하고 새로 판 우물에 반상치의 원인이 있다는 가설을 증명하여 1927년에 새로 판 우물을 폐기시키도록 했다. 1930년에 Bauxite지역에서 미국 알루미늄회사의 화학분석업무를 담당하고 있던 H. V. Churchill은 그 당시 새로운 분석화학방법인 편광분석법을 사용하여 폐기한 우물물의 불소농도가 13.7ppm이라는 사실을 밝혀냈다 (Churchill HV, 1931). 이 결과를 1937년 4월1일, 현재 필자들이 거주하고 있는 미국의 인디애나주 인디애나폴리스에서 개최된 미국화학협회 학술회의에서 Churchill이 발표했다. 불소는 지구상에서 8번째로 많이 존재하는 원소중의 하나이며 1.0ppm 이하의 농도로 많은 곳에 분포되어 있다. 이러한 수질 검사분석결과를 알게된 McKay씨는 반상치가 빈번하게 나타나는 지역의 수질검사를 Churchill씨에게 의뢰한 결과 불소 농도가 20 내지 12.0ppm이라는 통지를 받은 바 있다.

1931년에 설치된 미국의 보건복지부의 구강 건강과

를 담당하고있던 H. Trendley Dean박사의 중요한 임무중의 하나는 반상치의 원인을 찾아내는 것이었으며 불소와 반상치의 연관성에 대한 연구를 실시하는 일이었다. 반상치라는 용어를 불소증(fluorosis)으로 대체시키고 Dean박사는 철저한 관찰과 역학조사를 실시하여 1942년에 미국 전역에 걸친 불소증의 발생에 대한 지역분포도를 그려냈다 (Dean HT, 1942). Dean박사는 이러한 증세의 정도를 표현하는 불소증지수 (Fluorosis Index)를 고안해 냈다. 치아표면의 25% 혹은 그 이하가 크기가 작고 투명한 백색 종이와 같은 양상을 띄고있는 경우를 "이주 약한 불소증" 이라고 하였고 치아표면의 26 내지 50%가 이런 증세를 나타내는 경우를 "약한 불소증"이라 했다. "중간정도의 불소증"이란 치아의 법랑질 표면전체에 갈색을 띄우는 변색된 경우이며, "심한 불소증"이란 법랑질에 흠이 파지고 갈색인 변화를 보이면서 치아가 삭은 것 같이 보이는 경우라고 규정하고 있다 (Dean HT, 1942).

Dean 박사는 미국의 26개 주에서 조사한 불소증의 발생빈도와 DMFT index를 사용하여 조사한 치아우식증의 관련성을 비교하여 역 상관관계(inverse relationship)가 성립되고 있다는 사실을 알아냈다 (Dean HT, 1938). 이러한 사실을 콜로라도, 일리노이, 인디애나 및 오하이오 지역의 2개 도시를 대상으로 한 단편적 연구를 통해서 재확인했다 (Dean HT, 1945). 해당지역의 음용수에 불소의 양이 많은 지역에 거주하는 아이들이 치아우식증의 발생율이 낮았으며 불소의 농도가 1.0ppm에 도달하면 치아 우식증에 대한 불소의 예방효과가 둔감한 반면 아주 미약한 불소증이 발생된다는 사실을 확인했다 (최유진, 박기철, 1997).

음용수의 불소 농도를 10 내지 1.2ppm 정도로 적정시켜 치아우식증을 예방할 수 있다는 가설을 1945년을 기점으로 미국의 여덟 곳에서 시작했다. 미국 내 Michigan주의 Grand Rapids와 Muskegon, New York 주의 Newburgh와 Kingston, Illinois주의 Evanston과 Oak Park 그리고 캐나다 Ontario 주의 Brantford와 Sarnia에서 음료수의 불소화에 의한 임상적 연구가 시작되었다. 13내지 15년동안 이 지역들을 대상으로 지속적인 단편적 실제조사 연구를 통해서 음용수에 불소를 첨가한 도시에서 치아우식증이 50% 내지 70%가 감소되었다는 확실한 증거를 포착하였다

(Burt BA, Eklund SA, 1999). 인공적으로 불소농도를 1.0ppm으로 적정한 지역과 자연적으로 불소가 1.0ppm 포함한 지역에서 나타는 불소증 발생빈도에 아무런 차이가 없었다. 1962년 미국 전역을 상대로 음용수의 소비상황을 역학적으로 조사한 결과 식수의 소비량에 따라 계절 혹은 지역에 따라 적정 불소 농도를 0.7 내지 1.2ppm으로 권장하였다. 기온이 높은 지역은 적정 불소량을 낮게 하고 날씨가 추운 지방은 기온에 맞추어 약간 높은 양으로 적정하도록 권장하고 있다 (US Public Health Service, 1962).

미국에서는 음용수의 불소화를 통한 치아우식증의 예방 효과가 과학적으로 확실하게 증명되었으므로 별로 어려움 없이 공중보건사업으로 확산되어 20세기 후반에 이르러서는 치아우식증이 급격히 감소되고 있다. 예를 들자면 미국의 12세 아동들의 경우, 1966-1970년에 DMFT index가 4.0이었던 것이 1988-1994년에는 1.3으로 치아우식치의 67.5%가 감소되었다(National Center for Health Statistics, 1974). 이러한 역학적인 연구결과에 근거를 두고 미국치과의사회를 비롯하여 미국의사협회, 세계보건기구 및 다른 전문 과학기관들이 음용수의 불소화를 적극적으로 지지하고 있다. 음용수의 불소화를 통한 치아우식증의 예방이 확실하게 증명됨에 따라 치약, 젤, 양치약, 정제 및 물약과 같은 여러 가지 투여형태로 불소의 혜택을 받을 수 있는 방안을 고안하게 되었다 (박기철, 1990a). 유럽과 남미에서는 식염에 불소를 첨가시키는 방법을 통하여 치아우식증의 예방효과를 보고 있다 (박기철, 1997c).

음용수 불소화의 효과

초창기에 실시한 음용수 불소화는 치아우식을 59% 내지 70% 감소시켰다. 그러나 1980년 중반에 들어서 영구치를 상대로 한 음용수의 불소화를 통한 치아우식증의 예방효과는 18%를 감소하는 결과를 보였다 (Brunelle JA, Carlos JP, 1990). 미국에서 1979년부터 1989년 사이에 발표된 음용수 불소화의 효과에 대한 문헌적 고찰을 종합하면 치아우식증의 감소는 8%에서 37%이며 그 평균치는 26.5%이다 (Newbrun E, 1989). 1980-1981년 미국의 인디애나주 전역을 대상으로 한 역학조사에서도 음용수의 불소화를 통한 치아우식증의 예방효과는 14%정도로 판명되었다 (Stokey

GK, Park KK, Sergent JW, et al., 1985). 음용수의 불소화를 시작한 이후 미국에서는 음용수에 불소가 포함되어 있는 지역이나 불소가 전혀 포함되지 않은 지역에서 모두 치아우식증이 감소되었다. 이러한 감소를 초래한 이유는 불소화된 음용수로 조리된 식품을 위시하여 여러 가지 청량음료 및 병에 넣어 마시는 물을 통하여 모든 지역에 불소화된 음용수가 확산되었고 불소치약이 미국인의 모든 가정에 파고들었기 때문이다 (Horowitz HS, 1996). 불소치약은 치아우식증을 효과적으로 예방하지만 불소치약을 사용하는 빈도와 치약을 사용하는 사람의 참여의식 정도에 따라 그 효과가 다르다. 한편 음용수의 불소화를 통한 치아우식 예방효과는 수혜자 자신이 특별히 관심을 두어야 할 사항이 전혀 없다.

1995년 서울대학교 예방치과학 교실에서 상수도의 불소화가 실시된 청주시 아동들과 음용수의 불소화가 실시되지 않고 있는 경기도 성남시의 아동들의 치아우식증 발생빈도를 비교한 결과 청주시의 아동들에게서 41.5 내지 43.6%의 치아우식증 예방효과를 보였다 (김종배, 백대일, 문혁수 등, 1996).

초창기의 치아우식에 대한 연구는 어린이들에게 초점을 두었지만 음용수를 통한 불소의 효과는 남녀노소를 구별하지 않는다. 음용수의 불소화는 성인들의 경우에도 치아우식증을 20% 내지 40%를 예방하고 노년층에 자주 발생하는 치근부 우식증을 예방한다 (Newbrun E, 1989). 음용수의 불소화는 경제적으로 불우한 사람들에게 더욱 좋은 효과를 나타낸다 (Riley JC, Lennon MA, Ellwood RP, 1999). 경제 및 사회적으로 불우한 지역에 있는 사람들은 치아우식증의 발생빈도가 높고 치과치료혜택을 받을 수 있는 기회가 별로 없다. 이런 지역은 음용수의 불소화를 통하여 더욱 많은 치아우식 예방효과를 볼 수 있다.

불소의 생리적 작용기전

처음에는 불소가 치아우식을 예방하는 특성이 치아형성과 분화기간 중에 법낭질의 변화를 초래하기 때문이라고 생각했다. 불소가 치아의 형성단계에 관여하여 미관으로 보기 싫은 모습을 만들고 산에 대한 저항성을 높여 준다고 믿었기 때문이다. 그러나, 최근에 알려진 여러 가지 연구결과에 따르면 불소는 치아가 입안에 맹

출된 후에 치아우식증을 예방하며, 이러한 예방효과는 주로 국소적인 작용을 통해서 1) 치아의 탈회과정을 억제하고 2) 초기 우식부의 재광화를 촉진시키거나, 3) 치태를 구성하고있는 세균의 활력을 억제한다 (박기철, 1991; Featherstone JD, 1991). 법낭질과 상악질은 칼슘과 인이 주성분인 금속염이 유기단백/지질로 된 기저물질에 매복된 상태다. 치태를 구성하고있는 치아우식 발병 균들이 활효성 탄소화물을 대사에 이용하고 부산물로 만들어낸 산은 법낭질과 백악질의 무기염의 결정체를 쉽게 용해시킨다. 저 농도의 불소가 치태안에 액상으로 존재하면 산에 의한 금속염의 탈회가 상당히 억제된다 (박기철, 1997d). 불소는 침(saliva) 속에 과포화 상태로 존재하는 칼슘 이온을 유도하여 치아표면에 부착시켜 재광화 (remineralization)를 촉진시킨다. 불소는 칼슘과 인의 이온들을 함께 모이게 한 다음 화학반응을 촉진시켜 원래 치아의 금속염 보다 산에 용해가 잘 되지 않는 결정표면을 형성하기도 한다 (Featherstone JD, 1991).

음용수에 존재하는 불소와 같이 국소적으로 보급되는 불소는 치태를 구성하고 있는 세균이 산을 형성하면 이온화되지 않은 HF 상태로 세균의 세포막 속으로 침투한다. 불소가 세균들의 세포막 안으로 침투하면 외부보다 높은 산성도에서 이온화되어 그곳에 존재하고 있던 여러 가지 효소의 작용을 억제하고 세포내의 산성도 (pH)를 변화시켜 산생성을 억제한다 (Shellis RP, Duckworth RM, 1994; Kim-Park, 1997). 산의 생성이 억제되면 치아를 구성하고 있는 금속염의 탈회가 감소한다 (Riley JC, Lennon MA, Ellwood RP, 1999).

음용수 불소화의 혜택을 받는 인구

미국의 경우 1992년 말까지, 전국의 8,573 지역사회에 거주하는 1억3천5백만의 주민들에게 음용수를 공급하고 있는 10,567개의 정수장에서 음용수의 불소화를 실시하고 있는 것으로 집계되고 있다 (CDC, Fluoridation census 1992, 1993). 10만 명 이상의 인구를 가진 미국 도시들의 약 70%가 불소가 첨가된 음용수를 사용한다. 1,924 지역사회에서 약 1천만명의 음용수를 공급하는 3,784개의 정수장은 불소의 농도가 0.7ppm 이상 되는 자연 수자원을 이용하고 있다. 이를 모두 종합한

다면, 1992년에 미국 전체인구의 56%에 달하는 1억4천 4백만 명이 불소가 적당량 함유된 음용수를 사용하고 있다. 관급수를 사용하는 인구의 62%가 음용수의 불소화를 통한 혜택을 받고 있다. 또한 지난 1999년 11월 2일 미국의 지방자치 선거 때 Maine주의 Freeport, New Hampshire의 Manchester 및 Washington 주의 Yakima 와 같은 3지역에서는 음용수의 불소화에 대한 국민투표를 거쳐 모두 절대적인 찬성표를 받아 가능한 한 빠른 시일내에 음용수의 불소화를 실시하기로 했다. 그러나, 약 42,000개의 정수장과 50,000명 이상의 인구로 구성된 153개의 미국 도시들은 여러 가지 이유 때문에 음용수의 불소화를 실시하지 못하고 있다.

현재 한국의 경우 한국인의 전체 가구 중 76.5%가 수도물을 섭취하고 있는데 이러한 상수도를 이용하여 불소화사업을 통한 치아우식증의 예방혜택을 받는 인구가 26개 도시에 거주하는 328만 명으로 전체 한국인의 겨우 71%를 넘고있는 현실이다 (Park KK, 1997; 김진범, 1997, 1999).

음용수 불소화의 비용과 효과

음용수의 불소화를 위한 비용은 50,000명 이상의 인구를 가진 미국 지역사회인 경우 일년에 한사람 당 평균 31센트로부터 10,000이하의 인구를 가진 지역인 경우 한 사람 당 일년에 212불 정도로 보고되고 있다 (Ringelberg ML, Allen SJ, Brown LJ, 1992). 집단과 지역을 대상으로 한 치아우식증 예방을 위한 다른 방법에 비하여 음용수의 불소화를 통한 치아우식증의 예방법이 미국에서 가장 저렴하고 효과적이다 (Burt BA, 1989).

음용수의 불소화는 주로 치아우식증을 예방하여 보존치료의 가능성을 제거하여 직접적인 건강진료비를 감소한다. 음용수의 불소화를 통하여 일년에 한사람이 절약하는 비용은 치아우식증의 발생빈도가 낮거나 크기가 작은 도시의 경우 거의 무시할 정도로부터 치아우식증의 발생 빈도가 높거나 큰 도시인 경우에는 일년에 53불의 건강진료비용을 저축하는 것으로 판명되었다. 미국에서 1979년부터 1989 사이에 음용수의 불소화와 불소제품을 사용하여 치아 우식을 예방한 것을 비용으로 환산한다면 치과진료비용에서 39조 달러를 저축했다는 경제적인 분석을 했다(Brown LJ,

Beazoglou T, Heffley D, 1994). 한국의 경우 청주시와 진해시의 상수도 불소화 사업을 기준으로 환산된 한사람 당 일년간 비용은 84 내지 122원으로 평가되었다 (김진범, 김중배, 1988).

음용수 불소화의 안전성

음용수의 불소화에 대한 생리적인 영향과 관련된 초창기의 연구는 미국과 캐나다에서 선정된 8개 지역을 대상으로 한 역학적인 임상연구가 시작되기 전에 거의 완벽에 가까울 정도의 연구가 진행되었다. 1950년 이후부터 음용수의 불소화를 반대하는 사람들은 각종 암, "다운 증후군(Down syndrome)", 심장병, 골다공증과 골절, 후천성 면역결핍증(AIDS: acquired immunodeficiency syndrome), 지능저하, 치매병(Alzheimer's Disease), 알러지 반응, 그리고 다른 형태의 건강의 이상으로 인한 고생을 할 위기가 증가한다고 주장 한 바 있다 (Hodge HC, 1986). 음용수의 불소화에 대한 안전성과 효과에 대한 제평가를 계속하고 있으나 현재까지 이러한 유해성에 대한 주장들에 대한 과학적으로 신빙성 있는 확증이 없다 (National Research Council, 1993). 음용수의 불소화로 사용하는 1ppm의 불소농도에서는 위에서 지적하고 있는 모든 건강상의 문제와 아무런 관련성이 없다 (박기철, 1990b). 그러나 어린이들이 불소가 함유된 치약을 오용할 경우나 치과 진료실에서 사용하는 불소제품의 남용은 치아가 입안으로 맹출되기 전에 치아의 형성과정에 이상을 초래하여 불소증을 일으키는 원인이 될 수 있다. (신승철, 1997; 송근배, 1998). 미국에서는 1960년도부터 공중 보건국은 음용수에 07 내지 1.2ppm의 불소가 존재할 경우, 미관상 아무런 불편을 초래하지 않는 이주 경미한 치아 불소증이 특수 인구층에서 나타나지만 치아우식증을 가장 효율적으로 예방할 수 있는 최선의 방안이라는 결론을 내린 바 있다.

2,000년대의 도전

20세기에 미국에서 치아우식증의 발생빈도가 급격히 감소하였는데도 불구하고 예방이 가능한 치아우식증이 아직도 구강건강에 가장 큰 문제로 제기되고 있다. 최근에 발표된 통계에 의한다면 미국인의 12세부터 17세에 이르는 연령층 인구의 67%와 18세 이상 되는 인구

층의 94%가 영구치에 치아 우식의 경험이 있는 것으로 보고되고 있다 (Kaste LM, et al., 1996; Winn DM, et al., 1995).

음용수의 불소화에 대한 여러 가지 내용 중에서 일반 대중들의 구강건강에 대한 인식과 자세 및 일반대중의 자세와 기대가 달라지고 있다는 사실이다. 치아 상실은 피할 수 있고 자신의 거의 모든 자연 치아를 일평생 보존하고 있는 미국인의 수가 점 점 증가하고 있다 (Burt BA, Eklund SA, 1999). 예를 들자면, 45세에서 54세에 이르는 미국인 중 자기의 자연 치아를 모두 상실하는 사람이 1960년에서부터 1962년에는 20%이었는데 (National Center for Health Statistics, 1973) 1988년에서 1994년 사이에는 91%로 감소하였다. 2010년에는 2차 대전 후에 태어난 가장 나이 많은 "베이비 붐어 들 (baby boomers)"의 나이가 60대에 달하게 되는데 이들의 많은 수가 자기 자신의 원래 치아를 보유하고 있을 것으로 예측되고 있다. 다시 말해서 2010년대에는 치아우식증의 위기에 노출할 미국인의 치아수가 미국의 역사상 가장 많아질 것이다. 21세기에 음용수의 불소화는 미국에서 이들 노년층의 치아우식증을 예방하는데 중요한 몫을 담당 할 것이다.

이상에서 언급한 여러 가지 이유를 분석한 결과 미국인들의 대부분이 음용수의 불소화를 적극적으로 지지하고 있는 것으로 나타났다 (American Dental Association Survey Center, 1998). 1945년부터 1970년대까지는 음용수의 불소화 혜택을 받는 인구가 급증하였는데 최근에 들어 증가율이 낮아지고 있다. 이

유를 열거하면 다음과 같다. 1) 일반대중, 소수의 과학자들 및 정책 입안자들이 치아우식증은 더 이상 공중의 건강문제로 생각하지 않거나 음용수의 불소화는 더 이상 필요하지 않고 별로 효과도 없다고 생각할 지도 모른다. 2) 음용수의 불소화의 채택은 이 공중 보건 방법을 실행에 옮기기 어렵게 하는 정치적인 과정을 필요로 하게 할 수도 있다. 3) 음용수의 불소화를 반대하는 일반대중들의 의견에 영향을 주기 위하여 음용수의 불소화가 건강에 미치는 부작용에 대하여 근거가 확실하지 않는 내용으로 왜곡시키는 경우가 종종 있다 (Hodge HC, 1986). 4) 미국에 있는 규모가 적은 정수처리장은 적은 수의 인구를 위해서 음용수의 불소화를 실시하지 않는 경우가 많다. 음용수의 불소화를 위한 비용이 문제가 되기 때문이다. 이러한 저해요인들이 21세기에 미국에서 음용수의 불소화를 확장시키는 과정에 중요한 문제점으로 제기될 것이다. 당면한 문제점들을 해결하기 위하여 여러 분야에서 일하고 있는 공중 건강 진료원들은 음용수의 불소화를 적극적으로 권장해야하며, 기자재를 비롯하여 필요한 인원을 동원시켜 철저한 교육과 필요한 연구를 계속해야 한다.

특히 한국의 경우, 지난 1997년 1월25일 국제치과연구학회 한국 지부회 제15회 학술대회에서 시도한 바와 같은 불소연구에 대한 중점적 연구를 위한 심포지움을 대치협회가 주관하고, 한국 학자들로 구성된 학계의 전문가들이 한국인들의 구강건강을 증진시킬 수 있는 기틀을 마련해야 한다.

참 고 문 헌

1. American Dental Association Survey Center (1998). 1998 consumers' opinions regarding community water fluoridation. Chicago, Illinois: American Dental Association, 1998.
2. Churchill HV (1931). Occurrence of fluorides in some waters of the United States. J Ind Eng Chem 23:996-8.
3. Britten RH, Perrott GSJ (1941). Summary of physical findings on men drafted in world war. Pub Health Rep 56:41-62.
4. Brown LJ, Beazoglou T, Heffley D (1994). Estimated savings in U.S. dental expenditures, 1979-89. Public Health Rep 109:195-203.
5. Brunelle JA, Carlos JP (1990). Recent trends in dental caries in US children and the effect of water fluoridation. J Dent Res 69:723-7.
6. Burt BA (1978). Influences for change in the dental health status of populations: an historical perspective. J Public Health Dent 38:272-88.
7. Burt BA (1989), ed. Proceedings for the workshop: cost effectiveness of caries prevention in dental public health. J Public Health Dent 1989;49(5, special issue):251-344.
8. Burt BA, Eklund SA (1999). Dentistry, dental practice, and the community. 5th ed. Philadelphia, Pennsylvania:

WB Saunders.

9. CDC. Fluoridation census 1992 (1993). Atlanta, Georgia: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, CDC, National Center for Prevention Services, Division of Oral Health.
10. 최유진, 박기철 (1997). 제11장 불소의 활용, 미래지향적인 예방치과학, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 257-274.
11. Dean HT (1938). Endemic fluorosis and its relation to dental caries. Public Health Rep 1938;53:1443-52.
12. Dean HT (1942). The investigation of physiological effects by the epidemiological method. In: Moulton FR, ed. Fluorine and dental health. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science 2:23-31.
13. Dean HT (1945). On the epidemiology of fluorine and dental caries. In: Gies WJ, ed. Fluorine in dental public health. New York, New York: New York Institute of Clinical Oral Pathology, 19-30.
14. Featherstone JD (1991). Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. Community Dent Oral Epidemiol 27:31-40.
15. Hodge HC (1986). Evaluation of some objections to water fluoridation. In: Newbrun E, ed. Fluorides and dental caries. 3rd ed. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, 221-55.
16. 홍석진, 박기철 (1997). 제12장 치아우식증과 불소, 미래지향적인 예방치과학, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 275-304.
17. Horowitz HS (1996). The effectiveness of community water fluoridation in the United States. J Public Health Dent 56:253-8.
18. Kaste LM, Selwitz RH, Oldakowski RJ, Brunelle JA, Winn DM, Brown LJ (1996). Coronal caries in the primary and permanent dentition of children and adolescents 1-17 years of age: United States, 1988-1991. J Dent Res 75:631-41.
19. 김종배, 백대일, 문혁수, 송연희, 박덕영 (1996). 청주시 관급수불화사업 효과에 관한 추구연구 (IV). 대한구강보건학회지, 20:156-166.
20. 김진범, 김종배 (1988). 도시상수도 불화사업의 효과에 관한 연구, 서울치대논문집, 12:1-29.
21. 김진범 (1997). 대한민국 상수도불화사업. 국제치과연구학회 한국지부회 제15회 학술대회 심포지움, 주제 II. 불소연구, 서울대학교 치과대학, pages 45-62.
22. 김진범 (1999). 수돗물 불소화사업의 개발전망. 치과연구 46(4):25-29.
23. 김진범, 박기철(1997). 제10장 전신적인 불소요법과 우식치의 예방, 미래지향적인 예방치과학, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 241-256.
24. Kim-Park WK (1997). Physiology and biochemistry of fluoride. Proceedings of Korean Division of International Association of Dental Research, pp 33-42.
25. Klein H, Palmer CE, Knutson JW (1938). Studies on dental caries. I. Dental status and dental needs of elementary school children. Pub Health Rep 53:751-65.
26. Klein H (1941). Dental status and dental needs of young adult males, rejectable, or acceptable for military service, according to Selective Service dental requirements. Pub Health Rep 56:1369-87.
27. McKay FS, Black GV(1916). An investigation of mottled teeth: an endemic developmental imperfection of the enamel of the teeth, heretofore unknown in the literature of dentistry. Dental Cosmos 58:477-84.
28. McKay FS (1928). Relation of mottled enamel to caries. J Am Dent A 1928;15:1429-37.
29. National Center for Health Statistics (1973). Decayed, missing, and filled teeth in adults--United States, 1960-1962. Rockville, Maryland: US Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Health Resources Administration. Vital and health statistics vol 11, no. 23. DHEW publication no. (HRA)74-1278.
30. National Research Council (1993). Health effects of ingested fluoride. Washington, DC: National Academy Press, 1993.
31. National Center for Health Statistics (1974). Decayed, missing, and filled teeth among youth 12-17 years--United States. Rockville, Maryland: US Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Health Resources Administration, Vital and health statistics, vol 11, no. 144. DHEW publication no. (HRA)75-1626.
32. Newbrun E (1989). Effectiveness of water fluoridation. J Public Health Dent 1989;49:279-89.

33. Park KK (1997). III. Dentistry for the people in Korea. 여러 나라의 치과의학 교육의 방향, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 153-174.
34. 박기철 (1990a). 불소치약. 치과연구, 27(5):29-34.
35. 박기철 (1990b). 불소와 암의 논쟁. 치과연구, 27(4):30-32.
36. 박기철 (1991). 치아우식증의 예방과 관련된 불소의 작용기전. 치과연구, 30(4): 24-31.
37. 박기철 (1997a). 제24장 풋푸리, 미래지향적인 예방치과학, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 545-563.
38. 박기철 (1997b). 제13장 불소의 국소요법, 미래지향적인 예방치과학, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 305-322.
39. 박기철 (1997c). 제14장 예방처치용 치약과 일반치약, 미래지향적인 예방치과학, 박기철 저, 정문각, 서울, pages 323-336.
40. 박기철 (1998). 예방치과진료는 건강증진을 보장한다. 치과연구, 43(5): 24-28.
41. 신승철 (1997). 불소화합물의 치과임상적 응용, 국제치과연구학회 한국지부회 제15회 학술대회 심포지움, 주제 II. 불소연구, 서울대학교 치과대학, pages 63-73.
42. 송근배 (1997). 불소의 독물학과 건강에 미치는 영향, 국제치과연구학회 한국지부회 제15회 학술대회 심포지움, 주제 II. 불소연구, 서울대학교 치과대학, pages 83-89.
43. Public Health Service (1962). Public Health Service drinking water standards--revised 1962. Washington, DC: US Department of Health, Education, and Welfare, 1962. PHS publication no. 956.
44. Ringelberg ML, Allen SJ, Brown LJ (1992). Cost of fluoridation: 44 Florida communities. J Public Health Dent 52:75-80.
45. Riley JC, Lennon MA, Ellwood RP (1999). The effect of water fluoridation and social inequalities on dental caries in 5-year-old children. Int J Epidemiol 28:300-5.
46. Shellis RP, Duckworth RM (1994). Studies on the cariostatic mechanisms of fluoride. Int Dent J 44(3 suppl 1):263-73.
47. Stookey GK, Park KK, Sergeant JW, Jackson RD, Drook CA. (1985). Prevalence of dental caries in Indiana School Children: Results of 1982 Survey. Pediatric Dent 7:8-13, 1985.
48. Winn DM, Brunelle JA, Selwitz RH, et al.(1995). Coronal and root caries in the dentition of adults in the United States, 1988-1991. J Dent Res 75:642-51.