

치아우식증 예방을 위한 자일리톨의 활용

경북대학교 치의학전문대학원 예방치과

교수 송 근 배

I. 자일리톨의 항우식작용

치아우식증은 다요인적이며, 식이나 세균의 활성과 관련성이 깊은 감염성 질환이다. 따라서 치아우식증 예방을 위해서는 한 가지 방법만이 아닌 다각적인 접근법이 필요하다. 모든 연령층에서 치아우식증의 예방과 관련되어 체계적으로 권할 수 있는 활동으로 좋은 식이 습관, 우수한 구강위생, 적절한 예방수단과 같은 세 가지 기본적인 방법이 따라야한다.

설탕을 많이 섭취하면 치아우식증 발생의 위험이 증가하는 것은 매우 잘 알려져 있다. 그러나 현대인의 생활 습관으로부터 설탕을 따로 분리해 내는 것은 거의 불가능한 일이다. 따라서 설탕의 단맛을 유지하면서 설탕의 단점만을 보완할 수 있는 대체당에 대한 필요성이 증가하게 되었으며, 이런 요구에 따라 자일리톨과 솔비톨에 대한 연구가 상당히 진행되었는데 특히 자일리톨의 치아우식증 예방에 대한 실증적 자료들이 확보되고 있다.

자일리톨(xylitol)의 어원은 영어로는 자일렘

(xylem)으로 번역되며 그리스말 자일론(xylon)에서부터 기원되었다. 자일렘은 키 큰 식물의 목질 성분을 구성하며, 자일리톨이란 단어의 끝 부분 영어인 “-ol”은 자일리톨 분자의 화학적 성질을 반영하고 있다. 화학적인 명명법으로 자일리톨은 당 알코올(다수소알코올 또는 폴리올)에 속한다. 실제로 자일리톨은 수천년 동안 취할 목적으로 사용하여 온 에탄올(일반적인 술의 화학명)과는 아무런 관련이 없다. 그렇지만 화학자들이란 어떤 화학물질이 있으면 그들의 상세한 화학구조에 따라 분류시키기를 원하기 때문에 자일리톨이나 또 다른 유사한 혼합물들을 당 알코올로 쉽게 표기한다. 폴리올이란 우리가 잘 알고 있는 다른 단일 탄수화물인 포도당(glucose), 과당(fructose) 및 자일로즈(xylose)와 아주 밀접한 관계가 있다. 또 다른 잘 알려진 폴리올로는 식품 제조나 의약품에 사용되는 솔비톨(sorbitol), 만니톨(mannitol), 말티톨(maltitol) 그리고 락티톨(lactitol)이 있다. 만약 화학자들이 자일리톨 분자를 좀 더 정확하게 표기하기를 원한다면 “펜티톨 형태의 폴리올”이라고 기술할 것이

며, 이는 분자의 크기를 반영하고 있다. 펜티톨(그리스어 penta는 5의 의미를 지님)이란 5개의 탄소원자와 5개의 수산기(OH)를 가진 분자구조를 의미한다. 솔비톨과 만니톨은 6개의 탄소원자와 6개의 수산기를 가지고 있으므로 헥시톨(그리스어 hex는 6을 의미한다)이라 부른다. 말티톨과 락티톨은 헥시톨보다 더 많은 탄소원소와 수산기를 가지고 있으므로 ‘이량체 당 알코올’이라 한다.

자일리톨은 1800년대 말 독일에서 처음으로 연구되기 시작하였는데, 1890년 독일의 화학자인 Emil Fisher 교수가 너도밤나무 조각들로부터 자일릿(xylit; 독일어로 xylitol)이라 칭하는 새로운 물질을 분리 추출하여 이를 1891년에 발표하였다. 이후 1902년 Fisher 교수는 화학분야에서의 다양한 업적을 인정받아 노벨화학상을 수상하였다. 이와 거의 비슷한 시기에 프랑스의 화학자 M. G. Bertrand도 밀과 귀리의 껍질로부터 자일리톨 시럽의 한 종류를 분리해 내는데 성공하였다. 결과적으로 자일리톨의 발견은 이들 두 그룹의 과학자들의 공동업적으로 남게 되었다. 그렇지만 그 당시로는 그 누구도 자일리톨의 체내에서의 생리적인 기능이나 의학적으로나 또는 영양학적으로 다양하게 사용할 수 있으리라는 것을 몰랐기 때문에 이후 50년 동안 그리 주목을 받지 못하였다. 1950년대에 들어서 미국 테네시주 네시빌의 Oscar Touster 박사가 자일리톨이 인체 대사과정의 중간 매개물 내에 포함된다는 것을 발견한 이후 자일리톨에 대한 많은 새로운 연구와 생화학적인 정보들이 쏟아지게 되었다. 세계 2차대전 후 핀란드 설탕회사의 기술자들과 연구자들이 자일로스로부터 자일리톨을 분리해 내는 일련의 연구를 통해 마침내 1960년대에 들어 경제적으로 효용성을 지닌 자일리톨 공정과정을 개발하게 되었다. 그전까지만 해도 자일리톨은 너무 비싸서 단지 실험실에서만 일부 사용되어지는 물질이었다. 핀란드의 자일리톨 공정과정에서는 원료물질로 핀란드 자작나무를 사용하였기 때문에 핀란드에서는 자일리톨을 ‘자작나무 설탕’이라고 부르기도 한다.

그 이후로부터 자일리톨은 자일로즈 중합체인 다당류 자일렌(xylan)을 함유하고 있는 다양한 식물로부터 추출되기 시작하였다. 이와 같이 자일리톨은 자연계에 널리 존재하고 있었으나 간단한 화학적 공정을 사용한 이후에야 자일렌이 풍부한 식물 원료로부터 자일리톨을 추출하는데 경제성을 가질 수 있게 되었다. 또 이런 공정과정을 거쳐 사람의 체내와 자연계에 널리 분포되어 있는 자일리톨과 똑같은 종류의 자일리톨 분자를 얻을 수 있게 되었다. 자일리톨 공정과정에서의 발전을 거듭하고 있던 시기와 동일하게 치과대학의 연구자들은 설탕의 소비가 치아우식증 발생과 연관이 있음에 착안하여 자일리톨이 설탕 대치물로서의 가능성에 대해 관심을 가지게 되었다.

자일리톨은 설탕과 모양이나 질감이 비슷하나, 비용은 설탕의 10배 정도로 비싸다. 현재는 츄잉껌, 제과, 의약품 및 구강위생제품 등 다양한 무설탕(무당질) 제품에 널리 사용된다. 자일리톨은 설탕과 유사한 감미도(설탕의 약 0.9~1.0배)를 가지며 무엇보다 비우식성(non-cariogenic)일 뿐만 아니라 우식 발생을 현저히 감소시키는 항우식성(anti-cariogenic)을 가지고 있다. 1970년대 초반부터 자일리톨이 치아우식증 및 다른 구강질환에 미치는 효과에 대해 *in vitro*, *in vivo* 실험, 임상 및 실지조사 등 다양한 연구 결과를 통해 솔비톨이나 다른 당알코올류보다 우식예방에 더욱 효과적일 뿐만 아니라 자일리톨을 함유한 츄잉껌이나 제과류의 꾸준한 섭취가 우식발생률을 35~100%까지 감소시킨다고 보고되고 있다. 이로 인하여 세계적으로 특히 구강보건학 분야에서의 자일리톨 사용의 권장이 늘고 있으며, 우리나라에서도 그 효과에 대한 대중적인 인식이 점차 증가하고 있다. 2000년 이후 한국에서 껌 상품으로 크게 알려진 자일리톨은 상품명인 아닌 학명(學名)이다. 우리가 아는 자일리폰(xylophone, 일명 실로폰)이 나무란 의미의 xyl이와 음(音)이란 의미의 phone의 결합어 이듯이 자일리톨이란 나무란 접두사에 당 알코올(흔히 설탕)의 결합어로서 목당(나무에서 추출된 당)이란 뜻이다.

유당(乳糖)이 우유에서, 과당(果糖)이 과일에서 추출되는 것과 마찬가지로 이치이다. 자일리톨은 거의 모든 식물에 포함되어 있으며, 우리 인체에서도 하루 2~3그램이 만들어지고 있다.

자일리톨에 의해 항우식작용이 일어나는 경로는 여러 가지가 있다. 그 중 하나로써 *S. mutans*의 부착능력을 감소시켜 치면에 집락을 형성하기 어렵게 만든다는 설명이 있다. 또한 집락을 이루지 못하였거나 치면세균막이나 치면으로부터 탈락된 *S. mutans*의 부착능력은 감소되어 있기 때문에 어머니의 타액을 통해 유아의 구강내로 감염되었다고 해도 치아우식증에 노출되는 위험이 감소될 수 있다. 자일리톨의 항우식효과는 사용되는 자일리톨의 양이 아닌 섭취빈도에 영향을 많이 받으며, 구강건강상태에 상관없이 좋은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 한 연구에 의하면 자일리톨 껌의 섭취는 불소를 사용해도 여전히 우식을 보유하고 있던 어린이들에게도 효과적이었고, 또 다른 연구에 의하면 자일리톨은 당이 많이 함유된 음식을 섭취하고, 치아우식증 치료가 용이하지 않은 조건하에서도 효과적이었다고 하였다. 핀란드의 Turku에서 1972년부터 3년간에 걸쳐 시행된 자일리톨 연구(Turku Sugar Studies)는 자일리톨의 치아우식증에 대한 예방 효과를 매우 잘 설명하고 있다. 처음 2년간에 행해진 연구는 섭취된 설탕을 모두 대체했을 때 미치는 영향을 조사하는 것을 목적으로 평균 연령 28세의 성인을 ① 설탕군 35명, ② 과당군 33명, ③ 자일리톨 군 52명으로 분류하였고 각각의 군에서는 식품 중에 함유된 감미료 모두를 ① 설탕, ② 과당, ③ 자일리톨로 하였다. 치아우식증 발생 검사는 치면마다 시진과 x-ray 사진을 이용하였고, 타액과 치태의 우식활성도 검사, 전신적인 건강상태에 미치는 요인 등도 동시에 조사하였다. 그 결과 1년 후 치아우식증 발생 치면수는 ① 설탕군 4.3, ② 과당군 3.5, ③ 자일리톨군 0.3 이었고, 2년 후 우식 발생 치면수는 ① 설탕군은 7.2, ② 과당군은 3.8, ③ 자일리톨군은 0.0 이었다. 설탕의 일

부를 대체했을 경우의 효과도 평가하였는데 그 결과, 1년 후의 우식발생 치면은 설탕군에서만 관찰되었고 그 수치는 2.9이었다. 1년 동안의 누적 우식치면수는 ① 설탕군 5.0, ② 자일리톨군 0.9이었고 자일리톨군은 82% 우식 발생이 낮았다는 결과를 얻었다. 이 상과 같이 투르크-자일리톨 연구에서는 자일리톨이 우식 발생을 억제하는 효과가 있다는 결론을 얻었다. 특히 설탕 모두를 자일리톨로 대체할 필요는 없고 추잉껌에 포함되어 있는 자일리톨을 1일에 수회 섭취함으로써 설탕을 전혀 섭취하지 않는 경우와 같은 정도의 우식발생 억제 효과를 얻었다는 결과는 그 이후 자일리톨 연구에 큰 영향을 미쳤다. 왜냐하면 그 이후 자일리톨 연구의 대부분은 소량의 자일리톨을 섭취하는 방법을 통해 설탕의 일부를 자일리톨로 대체하는 방향으로 전환되었기 때문이다. 전반적으로 장기간에 걸쳐 자일리톨을 섭취하면 위에 기술한 화학적 기본조건을 만들 수 있다. 자일리톨의 화학적 기본 특성과 치아우식증 예방 기전은 아래와 같다.

표 1. 치아우식증 예방과 관련된 자일리톨의 특성

1. 사람의 치면세균막 중에서 (거의) 발효되지 않는다.
2. 자일리톨에서는 특이한 산과 다당류가 생성되지 않는다.
3. 자일리톨 5인산 혹은 자일로스 5인산에 의하여 뮤탄스균의 구강내 세균의 성장을 화학적으로 저해한다.
4. 타액분비 촉진: 동시에 모든 구강 내 방어기능 활성이 높아진다.
5. 구강 내 혐기성 등기를 생성 촉진(암모니아와 탄산수소 이온)
6. 칼슘과 복합체 형성: 타액 및 치면세균막중 인산칼슘 안정화 효과
7. 타액 단백질의 수화층과의 상호작용: 단백질 안정화 효과

표 2. 자일리톨의 치아우식증 예방기전

1. 점착력이 약한 치면세균막(제거가 용이)
2. 치면세균막의 양적인 감소(치아우식증 발생 가능성 감소)
3. *S. mutans*의 부착감소(감염기회 감소)
4. *S. mutans*의 수적인 감소(3의 결과)
5. 알칼리성 치면세균막(하이드록시업타이트의 안정에 매우 유리)
6. 치면세균막 중의 칼슘양 증가(재석회화 유리)
7. 재석회화를 위한 화학적 조건이 특히 촉진(5또는 6의 결과)
8. 치면세균막의 염증 유발력 감소(치주염 및 치은염의 억제효과)

II. 자일리톨 껌 저작에 의한 아동들의 치태 연쇄상구균 억제효과에 관한 연구

본 교실에서는 2002년 자일리톨 연구로 유명한 핀란드 투르크대학의 마킨넨 교수팀과 함께 어린이집 4~5세 아동 123명을 대상으로 하여 1개군은 자일리톨껌(42명), 다른 1개군은 솔비톨껌(42명)을 저작하게 하고, 나머지 1개 어린이집은 대조군(39명)으로 지정하여 6개월간 하루 5회 정해진 시간에 껌을 저작하게 하고 수거하는 과정을 거쳐 껌 사용 전과 6개월 후 두 차례에 걸쳐 구강검사, 치태 및 자극성 타액 채취 후 치태와 타액내의 연쇄상구균을 배양하고 검정과정을 거쳐 자일리톨 껌 저작에 의한 *S. mutans* 감소효과를 비교 측정하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 자일리톨 껌을 씹은 아동들은 다른 군에 비해 total mutans streptococcus 수와 *S. mutans* 그리고 Quigly & Hein 치태지수 역시 유의하게 감소되었다.
- ② 가정에서와 어린이집 등지에서 지속적인 자일리톨의 섭취는 유아들의 치아우식증 예방을 위하여 불소의 사용과 함께 또 다른 중요한 tool이 될 수 있다.

III. 자일리톨의 장기적인 섭취에 의한 모자 감염 예방효과

치아우식증의 주 원인균인 *S. mutans*는 치아가 맹출하는 시기인 6개월부터 유아의 구강 내에서 발견되기 시작한다. *S. mutans*는 연조직이 아닌 경조직 표면에 집락하는 능력이 뛰어난 세균으로서 이 균은 유아의 어머니 또는 유아를 돌보는 사람으로부터 감염된다고 알려져 있다. 따라서 감염경로를 차단한다면 어린이의 치아우식증 발생을 조기에 차단할 수 있는 효과가 있다. 핀란드의 Eva Soderling 교수 연구팀

은 자일리톨을 장기적으로 섭취하면 어머니로부터의 *S. mutans*균의 감염이 저해되는 효과를 최근 보고하였다. 즉 어머니가 아이를 출산한 이후 3개월부터 지속적으로 약 2년간 자일리톨을 섭취하였을 때 그 산모로부터 태어난 어린이 구강 내의 *S. mutans* 균수가 자일리톨을 섭취하지 않은 어머니로부터 태어난 아이의 구강 내 *S. mutans* 균수보다 유의하게 감소하였음을 증명함으로써 어머니가 지속적으로 2년 동안 자일리톨을 섭취하게 되면 무탄스균이 자녀에게 전달되는 감염 위험률 감소시킬 수 있다고 하였다. 본 교실에서도 2006년 127명의 임신부들을 대조군(77명)과 자일리톨 저작군(50명)으로 나누어 최종 18개월간 자일리톨 껌을 씹게 하고 태어나는 아이들이 생후 6개월, 12개월, 18개월 시점에서 어머니들과 아이들의 구강 내 무탄스 균을 검출하여 비교하는 장기적인 임상실험을 진행 중에 있으며 지금까지 얻어진 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 자일리톨 껌을 씹은 어머니들의 구강 내 *S. mutans* 수는 대조군에 비해서 유의하게 감소되었다(표 3).
- ② 어머니들과 어린이들의 구강 내에서 얻어진 60개의 균주로부터 chromosomal DNA를 분리하고 분리시킨 균주들의 *gtfB*와 *gtfI* 유전자의 특이적 염기서열을 PCR로 증폭한 결과 60개 균주 모두 *S. mutans*임이 확인되었다.
- ③ 무탄스 균의 형태는 대조군에서는 무탄스 균의 전형적인 거칠음과 울퉁불퉁한 집락형태를 보였으나 자일리톨 껌 저작군에 있어서는 초기보다 6, 12개월로 갈수록 집락 크기가 0.2mm 이하로 작아졌고 표면의 형태도 대조군에 비해 훨씬 부드러운 모양으로 바뀌어졌고 주사전자현미경 상에도 배지와 접착력과 부착 양상이 훨씬 약해진 양상을 나타내었다. 주사전자현미경 사진에서 대조군의 무탄스 균 표면에는 글루칸으로 피복되어 있고 배지 하방으로 깊이 뿌리 내리듯 파고 들어가는 양상을 보이고 있는 반면, 자일리

임상가를 위한 특집 1

표 3. 연구대상 어머니의 초기, 6개월, 12개월 및 18개월 후 *S. mutans* 집락수의 변화

단위 : 평균±표준편차(log₁₀ CFU/ml)

시기	대조군 (n=40)	자일리톨군 (n=20)	p-값*
초기	4.88±1.00	4.64±1.32	0.013 ¹ , 0.022 ²
6개월 후	4.66±1.09	3.98±1.31	
12개월 후	4.63±0.84	3.88±1.58	
18개월 후	4.20±1.74	3.63±1.99	

*p-값은 반복측정자료의 분산분석법에 의해 계산되어짐

¹초기와 출산 후 6개월, 12개월 및 18개월째 집락수 변화에 대한 유의확률

²대조군과 자일리톨군 간의 집락수 변화량 차이에 대한 유의확률

톨 저작군에서는 이런 독력(virulence)을 나타내는 양상들이 사라졌음을 확인할 수 있었다(그림 1-4 참조).

IV. 제 언

불소의 적절한 사용이 치아우식증을 예방하고 조절하는데 있어서 가장 큰 효과가 있다는 것에 대해서는

의문의 여지가 없다. 하지만 어떤 술식과 제재를 선택해야 주어진 상황에서 환자에게 최대 우식예방효과를 가져다 줄 수 있을런지에 대해 가끔 혼란스럽기까지 하다. 시판되고 있는 불소의 농도가 다양하고 도포 및 사용 횟수 그리고 예방효과나 효능이 서로 다르기 때문에 불소체계의 선택은 오로지 치과의사의 재량에 달려있다.

그리고 환자들을 대면하면서 예방술식이나 교육을 직접 접해야하는 치위생사들의 경우 우식예방 program에 대해 충분한 교육을 받지도 못하였을 뿐만 아니라, 최소 1~2년 동안 직접 환자를 관리하면서 각종 불소제재의 사용법이나 효능에 대해 충분한 경험을 쌓지 못하였기 때문에 치과의사와 치위생사 스스로도 확신을 가지지 못하고 이로 인하여 환자들로부터도 믿음과 신뢰를 이끌어내지 못하는 경우가 많다. 이와 같이 예방 술식을 통한 우식조절에 있어서 불소만을 사용하여 우식을 완전히 억제시킨다고 기대할 수는 없다. 더욱이 하나의 처치나 술식만으로 최대한의 우식 예방을 할 수는 없고 환자에 따라서 여러 가지 예방 protocol들이 복합적으로 사용되어야 할 것이다. 따

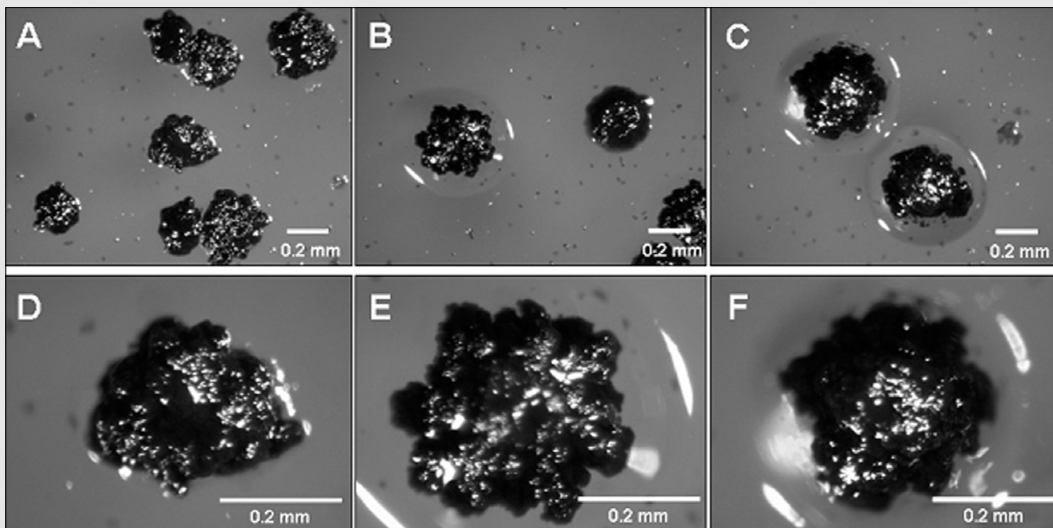


그림 1. 대조군에서 배양된 *S. mutans* 형태학적 변화 : 입체현미경 영상(A, D : 초기, B, E : 6개월 후, C, F : 12 개월 후; A, B, C : 저배율(×63), D, E, F : 고배율(×200))

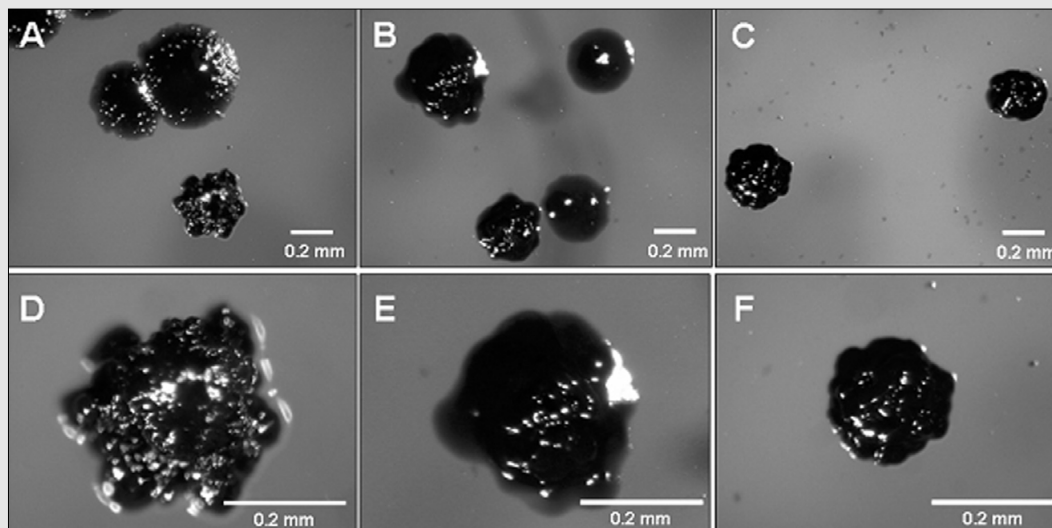


그림 2. 자일리톨균에서 배양된 *S. mutans*의 형태학적 변화 : 입체현미경 영상(A, D : 초기, B, E : 6개월 후, C, F : 12 개월 후; A, B, C : 저배율($\times 63$), D, E, F : 고배율($\times 200$))

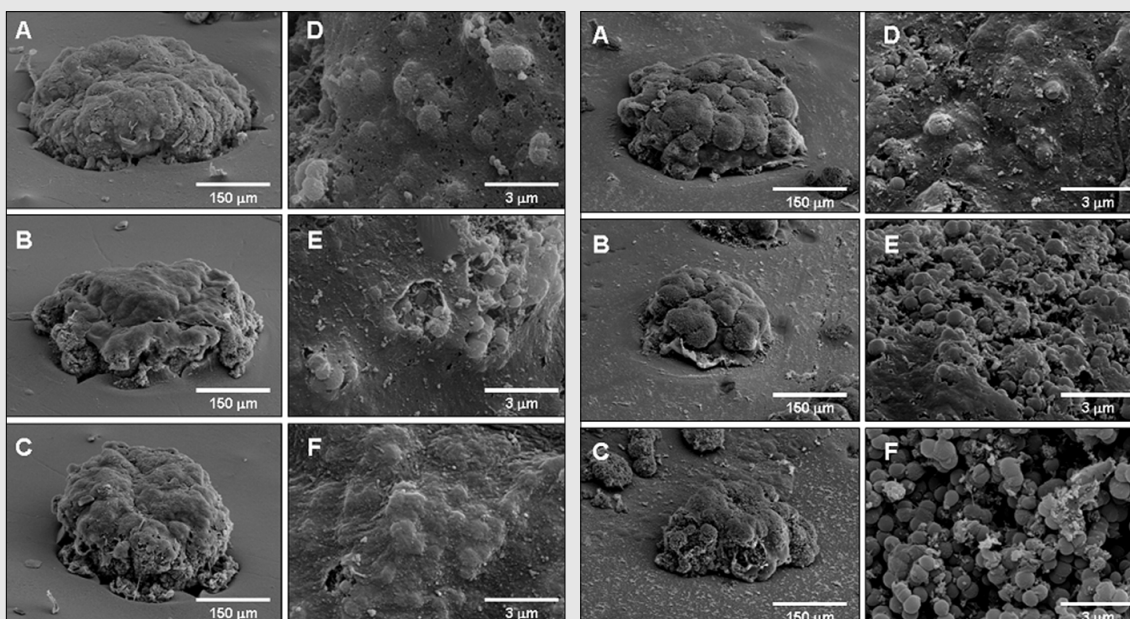


그림 3. 대조군에서 배양된 *S. mutans* 형태학적 변화 : 주사전자 현미경 영상
(A, D : 초기, B, E : 6개월 후, C, F : 12 개월 후;
A, B, C : single colony($\times 200$), D, E, F : *S. mutans* 표면($\times 10,000$))

그림 4. 자일리톨에서 배양된 *S. mutans* 형태학적 변화 : 주사전자 현미경 영상
(A, D : 초기, B, E : 6개월 후, C, F : 12 개월 후;
A, B, C : single colony($\times 200$), D, E, F : *S. mutans* 표면($\times 10,000$))

라서 치과의사는 각 환자의 요구를 확인하여 그런 요구들을 충족시키기 위해 다양한 예방 프로그램을 고안하여야 하겠다.

이러한 예방 프로그램 중에 누구나 손쉽게 일상생활 가운데서 실행할 수 있는 자일리톨 껌이나 자일리톨 타블렛의 사용을 적극적으로 활용할 필요가 있을 것이다. 본 교실에서는 1개 초등학교 구강보건실을 운용하면서 자일리톨 껌 저작 사업도 병행하여 다년간 시행한 결과 아동들의 구강건강 증진에 상당히 큰 기여를 한 것으로 나타났다. 실제로 자일리톨 타블렛의 경우 일반 마켓에서는 구입할 수가 없고 치과에서만 판매하도록 하였고, 어린이뿐만 아니라 노인, 임산부, 유아 등이 입안에서 녹여 먹도록 하여 섭취하기에도 효과적일 수 있다. 또한 자일리톨과 불소가 함께 배합된 기능성 제품은 불소와 자일리톨 각각의 효능이 혼합되어 치아우식증 예방에 있어서 훨씬 더 강력한 효과를 가져다 줄 수 있을 것으로 기대한다. 향간에서는 불소반대론자들과 마찬가지로 자일리톨이 인체에 해를 미친다는 이야기가 있다. 자일리톨 섭취가 위장장애를 일으키고 위장에 좋지 않은 영향을 미친다는 의문을 제

기하고 있지만 일반적으로 하루 35 그램 이상의 자일리톨을 섭취할 경우 장내 삼투압의 문제로 인한 연변 발생 가능성은 있지만 상식적으로 하루 40~50개 정도의 껌을 저작하는 경우는 거의 없으며, 지금까지 전 세계적으로 자일리톨 과량 섭취로 인하여 세균성 질환에 의한 설사와 같은 현상이 보고된 바가 없다.

불소의 충치예방 효과와 인체 무해함과 같은 과학적 현상은 사회적으로 구성될 수 있는 성질이 아님은 이미 불소음모론자들과 오랜 세월 대립하면서 경험한 사실이다. 밤을 새워 실험실 불을 밝혀 연구하고 가가호호 가구 방문을 통해 얻어진 귀중한 검진 자료들과 연구결과들이 선동적인 궤변에 의해 묻혀버리게 할 수는 없다. 불소와 자일리톨의 이용은 만연하고 있는 우리 국민들의 치아우식증 예방에 도움을 준다는 사실은 누구도 부인할 수 없다. 현재 치과 환경에 적합한 타입으로 시판되거나 시판 예정인 자일리톨 제품들은 그리 흔하지 않지만 한국인의 기호와 입맛에 맞는 자일리톨과 불소가 함께 배합된 제품이 곧 상품화될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Scheinin A et al. Turku sugar studies. V. Final report on the effect of sucrose, fructose and xylitol diets on the caries incidence in man. Acta Odontol Scand 1976;34(4):179-216.
2. Söderling EM. Influence of maternal xylitol consumption on acquisition of mutans streptococci by infants. J Dent Res 2000;79(3):882-887.
3. Song KB et al. Six-month polyol chewing-gum programme in kindergarten-age children: a feasibility study focusing on mutans streptococci and dental plaque. Int Dent J 2005;55(2):81-88.
4. 송근배 등. 대구광역시 초등학교 구강보건실시범 운영의 효과평가. 대한구강보건학회지 2006;30(4):421-430.
5. Lif Holgerson P et al. Xylitol concentration in saliva and dental plaque after use of various xylitol-containing products. Caries Res 2006;40(5):393-397.
6. Söderling EM et al. Growth inhibition of *streptococcus mutans* with low xylitol concentrations. Curr Microbiol 2008;56(4):382-385.