

Xylitol이 구강세균의 부착에 미치는 영향에 관한 연구

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

최혜진 · 최호영

EFFECT OF XYLITOL ON BINDING OF ORAL BACTERIA TO SALIVA-COATED SURFACES

Hye-Jin Choi, D.M.D., Ho-Young Choi, D.D.S., Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

Cariogenicity of the bacteria is attributed to their binding capacity to the teeth. Bacterial attachment to oral surfaces is an essential step for colonization and subsequently infection. Therefore, it is conceivable that caries prevention can be achieved fundamentally by inhibition of bacterial attachment. The rationale for caries prevention through the use of sugar substitutes or limited use of sugar has been revealed. Among many sugar substitutes, xylitol has been shown to exhibit the most profound cariostatic effect, inhibiting glucose metabolism and possibly binding of mutans streptococci.

The purpose of this study was to examine the effect of xylitol on binding of different species of oral bacteria. The effect of xylitol on binding of [³H]-labeled oral bacteria to hydroxyapatite coated with human saliva(SHA) as a model for the pellicle-coated tooth surfaces was investigated. The strains of oral bacteria used in this study were *A. viscosus* T14V, *A. viscosus* WVU627, *P. gingivalis* 2561, *P. gingivalis* A7A1-28, *S. gordonii* G9B, *S. gordonii* Challis, *S. sobrinus* 6715, *S. mutans* UA101, *S. mutans* KPSK-2, *S. mutans* T8, and *S. mutans* UA130.

The obtained results were as follows :

1. *P. gingivalis* A7A1-28, *S. mutans* UA130, *S. mutans* T8 grown with xylitol showed greater binding to SHA than the organism grown without xylitol. Among these, *S. mutans* T8 showed the greatest rate of increase in its binding to SHA ; 8-fold increase in its binding with xylitol.
2. *S. mutans* KPSK-2 grown with xylitol showed 2 times lesser binding to SHA than the organism grown without xylitol.
3. Binding ability of the remaining strains grown with xylitol to SHA was almost same as that of the organisms grown without xylitol.

The overall results suggest that use of xylitol in the oral cavity may affect the complex oral bacterial ecosystem.

I. 서 론

치아우식증은 사람의 구강에서 가장 흔히 나타나는 세균성 질환으로 이에 관여하는 요소는 세균, 치아 및 음식이며 이들 3요소가 복합적으로 작용하여 치아우식증이 발생한다^{1,2)}. 세균으로부터 생성된 산에 의한 탈회에 저항할 수 있도록 치아의 내산성을 높임으로써 우식예방을 기대할 수 있으며 이같은 목적으로 불소의 전신적 투여 및 국소도포가 이용되고 있다. 세균을 조절하는 방법으로는 치태, 치석 제거를 포함하는 예방술식이 주로 이용되고 있다. 최근들어 우식원성 세균으로 알려진 mutans streptococci(이전의 *Streptococcus mutans*와 그 유사 세균종을 통칭하며, 이 중 대표적 성격을 띠는 세균종이 *S. mutans*)의 항원을 이용한 예방 vaccine이 연구되고 있으나 아직까지 실용화되지 못한 실정이다^{3,4)}. 지금까지는 음식을 조절하는 방법 중 설탕 섭취량을 줄임으로써 우식예방을 기대할 수 있으며 설탕의 섭취를 완전 억제하는 것은 현실적으로 어렵기 때문에 더욱 쉽고 대중적으로 사용이 가능한 대체당을 이용한 우식예방법이 대두되었다. 설탕의 대체당으로는 xylitol, sorbitol, maltitol, palatinose, lycasin 및 sorbose 등이 소개되었으며⁵⁻¹¹⁾, 각종 역학조사 결과 이 중 현재까지는 xylitol의 우식억제효과가 가장 뛰어난 것으로 알려져 있다¹²⁻¹⁶⁾.

Xylitol은 5-carbon sugar alcohol로써 구강세균 중 일부만이 xylitol을 대사하여 산을 생성한다^{1,16,17)}. Mutans streptococci는 xylitol을 대사에 이용하지 못하는 것으로 보고된 바 있으며⁵⁾, 오히려 xylitol은 mutans streptococci의 glucose 대사에 영향을 미쳐서 ATP 합성 및 glucose에 의존한 세균의 성장을 저하시키고 결과적으로 당대사 물질인 젖산의 생산이 감소되며^{1,18,19)}, xylitol을 섭취시 타액내 mutans streptococci 수^{5,10,16)}와 치태의 양이 감소하게 된다^{2,9)}. 또한 xylitol은 치태내 pH를 신속히 중화시켜 주고, 중화된 후 지속시간을 길게 유지시키기 때문에 재광화능을 증가시킴으로써 우식억제효과를 나타낸다^{2,5)}.

구강감염과정에서 가장 근본적인 단계는 구강

조직에 대한 세균의 부착이다. 부착이 가능해야 세균이 증식하고 집락할 수 있으며 결과적으로 감염을 유발한다. 그러므로 세균의 부착을 억제하면 감염, 즉 치아우식증을 근본적으로 억제할 수 있다. 사람에서 치아우식증에 관여하는 주된 mutans streptococci는 *S. mutans*와 *S. sobrinus*이다. *S. sobrinus*는 주로 sucrose를 이용해서 점착성의 비수용성 glucan을 합성하며 이것을 매개로 치아표면에 부착한다^{20,21)}. *S. mutans*의 경우는 이같은 glucan을 매개로 한 부착 이전에 치아표면에 형성된 획득피막을 구성하는 타액 단백질(salivary protein)과 세균표면의 부착물질이 반응하여 집락하는 기전이 중요하게 작용한다²²⁾. 타액 단백질을 수용기로 하여 이루어지는 부착은 *S. mutans* 뿐만 아니라 초기 치태형성균인 *S. sanguis*, *S. gordonii* 및 *Actinomyces viscosus*, 치주질환 원인균인 *Porphyromonas gingivalis*의 치아표면에의 집락형성이나 이후의 감염과정에 있어서 필수적인 단계이다²³⁾.

Xylitol은 mutans streptococci의 sucrose를 이용한 glucan 합성 및 glucan을 이용한 치면부착에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 보고되고 있다^{3,24)}. 그러나 xylitol을 장기간 사용할 경우 mutans streptococci의 돌연변이종이 발생하여 세균 자체의 부착능력을 근본적으로 바꿀 수 있다^{1,13,14,25,26)}. 이 등³⁾은 xylitol을 단기간 사용할 경우에도 타액 단백질이 도포된 hydroxyapatite에 대한 *S. mutans*의 부착에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. 구강세척액이나 gum, 과자 등에 포함된 xylitol은 구강 전체에 적용되기 때문에 우식원성 세균인 mutans streptococci 뿐만 아니라 모든 구강세균에 영향을 미칠 수 있다고 예상된다. Xylitol이 구강세균의 대사에 미치는 영향에 대한 연구에서는 비교적 정립된 이론이 있는데 반해 xylitol이 세균부착에 어떠한 영향을 주는지, 특히 단기간에 일어나는 변화에 대해 명확한 결론을 내리기에는 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 우식억제효과가 뛰어나다고 알려진 xylitol이 우식원성 세균 뿐만 아니라 여러 가지 구강세균들의 치아표면에 대한 부착, 그중에서도 타액 단백질과의 반응에 의한 치아표면

부착에 미치는 영향을 평가하기 위해서 in vitro 에서 타액을 도포시킨 hydroxyapatite beads (saliva-coated hydroxyapatite : SHA)를 사용하여 xylitol의 배지내 첨가 유무에 따른 세균의 부착도를 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험균주 및 배양

5개종 11개 균주를 실험에 사용하였다. *S. mutans* KPSK-2, *S. mutans* T8, *S. mutans* UA101, *S. mutans* UA130, *S. sobrinus* 6715 및 *S. gordonii* G9B, *S. gordonii* Challis의 배양을 위해 brain-heart infusion(BHI) broth를 사용하였고 *A. viscosus* T14V, *A. viscosus* WVU627, *P. gingivalis* 2561, *P. gingivalis* A7A1-28의 배양을 위해서는 half-strength(18mg/ml) BHI broth에 yeast extract(5mg/ml), hemin(5 μ g/ml), vit K(1ml)를 첨가한 배지를 사용하였다. 균주는 37 $^{\circ}$ C에서 2일간 혐기적(85% N₂, 10% H₂, 5% CO₂)으로 배양하였다³¹.

2. 실험방법

SHA에 대한 각 실험균주의 부착실험은 Lee 등²⁷⁾의 방법에 따라 시행하였다.

1) 세균배양

11개 실험균주 각각을 앞에 기술한 BHI 배지 10ml와 100mM xylitol을 첨가한 BHI 배지 10ml에 넣고 50 μ Ci [³H]-thymidine(NEN Research Products)을 첨가하여 37 $^{\circ}$ C에서 2일간 혐기적으로 배양하였다. 배양 후 세균을 실온(20 \pm 2 $^{\circ}$ C)에서 4,000 \times g으로 10분간 원심분리하여 buffered KCl(50mM KCl, 1mM KH₂PO₄, 1mM CaCl₂, 0.1mM MgCl₂, pH 6.0)로 3회 세정하였다. 세정된 세균을 분광광도계(580nm)에서 optical density 0.5(5 \times 10⁸ cells/ml)가 되도록 세균농도를 buffered KCl로 조절하였다.

2) 타액도포 hydroxyapatite(saliva-coated hydro-

xyapatite : SHA)의 준비

(1) 정화타액(clarified whole saliva)의 준비

1인의 피검자에게 parafilm[®]을 씌게한 후 자극성 타액을 ice-bath상에서 수집한다. 4 $^{\circ}$ C에서 10분간 10,000 \times g으로 원심분리한 후 60 $^{\circ}$ C에서 30분간 가열하여 타액내 효소작용을 불활성화시킨다. 다시 15분간 12,000 \times g으로 원심분리하여 침전물을 제거한 후 상청액인 정화된 타액을 수집하였다. 타액에 NaN₃(최종농도 0.04%)를 첨가하여 사용할 때까지 -20 $^{\circ}$ C에서 냉동보관하였다.

(2) SHA 준비

구형의 HA beads(BDH Chemicals) 2mg을 정량하여 siliconized borosilicate culture tube(12 \times 75 mm : PGC Scientifics)에 넣은후 증류수 1ml로 세정하여 부유하는 미세한 HA 입자는 제거하였다. 최종적으로 buffered KCl로 세정한 다음, 세정된 HA 2mg을 1ml buffered KCl과 함께 tube에 넣어 Roto-torque rotator(Cole-Parmer Instrument Co., Model 7637) 상에서 회전시키면서 하룻밤(16~18시간) 배양하였다. 다음날 buffered KCl로 HA를 2회 세정한 후 효소작용을 불활성화시킨 정화타액 100 μ l, 2% NaN₃ 2 μ l를 첨가하여 rotator상에서 하룻밤 배양하였다. 다음날 buffered KCl로 2회 세정하여 SHA를 준비하였다.

3) 부착실험

[³H]-thymidine으로 표식된 균주 50, 100, 200, 300, 400 μ l 각각을 SHA와 함께 tube에 넣고 혼합물의 최종량이 400 μ l가 되도록 나머지는 buffered KCl로 보충하였다. 혼합물은 rotator상에서 회전시키면서 1시간 30분동안 실온에서 배양하였다. 그후 혼합물을 100% Percoll(Sigma) 상에 적하하여 Percoll 상부에 떠있는 미부착 세균을 제거한 다음 Percoll, buffered KCl을 1ml씩 사용하여 남아있는 미부착 세균 및 [³H]-thymidine을 제거하였다²⁷⁾.

세정된 부착세균-SHA 혼합체의 radioactivity를 β -counter로 측정하여 SHA에 부착된 세균수를 계산하였다. 본 부착실험은 duplicate로 실시하였다.

III. 실험성적

11개 실험균주의 SHA-부착 세균수는 표 1과 같다.

11개 실험균주는 대부분 concentration-dependent한 부착양상, 즉 넣어준 세균농도가 증가할수록 SHA에 대한 부착이 증가하였고, 대부분의 균주들은 1.5×10^8 cells을 2mg SHA와 배양

했을 때 SHA에 대해 균주의 부착포화상태가 나타났다(그림 1~6). 배지에 xylitol을 첨가하지 않고 배양한 경우, 즉 균주 고유의 SHA 부착정도를 비교해 보면 보통 총 세균농도의 6~10% 정도의 SHA 부착도를 보였다(표 1). 그러나 다른 균주에 비해 *S. mutans* UA101, *S. mutans* UA130, *S. sobrinus* 6715는 각각 최대 1.0×10^6 , 1.6×10^6 , 2.4×10^6 cells의 부착을 보여서 총 세균

Table 1. Numbers of bacterial cells that bound to SHA(10^6)

bacteria added(10^7)	<i>A. viscosus</i> T14V		<i>A. viscosus</i> WVU627		<i>P. gingivalis</i> 2561		<i>P. gingivalis</i> A7A1-28		<i>S. mutans</i> T8	
	No-X	X	No-X	X	No-X	X	No-X	X	No-X	X
2.5	2.2	7.7	4.5	3.8	2.7	6.9	2.7	3.4	0.6	2.1
5	7.5	11.4	6.1	7.2	6.2	8.1	5.7	9.0	1.8	4.0
10	11.0	14.8	7.2	9.8	8.1	10.3	6.1	15.7	2.0	10.4
15	14.1	18.2	10.4	11.4	11.2	12.3	10.8	16.5	2.7	27.0
20	16.7	17.1	11.7	11.6	11.9	13.9	9.6	18.0	3.3	26.6

bacteria added(10^7)	<i>S. gordonii</i> G9B		<i>S. gordonii</i> Challis		<i>S. sobrinus</i> 6715		<i>S. mutans</i> UA101		<i>S. mutans</i> KPSK-2		<i>S. mutans</i> UA130	
	No-X	X	No-X	X	No-X	X	No-X	X	No-X	X	No-X	X
2.5	3.1	3.9	4.2	4.1	1.3	1.0	0.3	0.2	0.9	0.3	0.4	0.8
5	5.4	6.4	8.2	7.0	1.6	1.5	0.6	0.5	2.7	0.5	0.5	2.0
10	7.9	6.8	12.5	11.0	1.8	1.9	0.8	0.9	3.4	1.5	0.9	2.9
15	9.9	7.7	15.5	11.9	2.1	2.0	0.9	1.0	4.8	1.9	1.2	4.2
20	9.5	8.3	14.4	12.9	2.4	2.0	1.0	1.1	4.9	2.1	1.6	4.1

No-X : No-Xylitol X : Xylitol

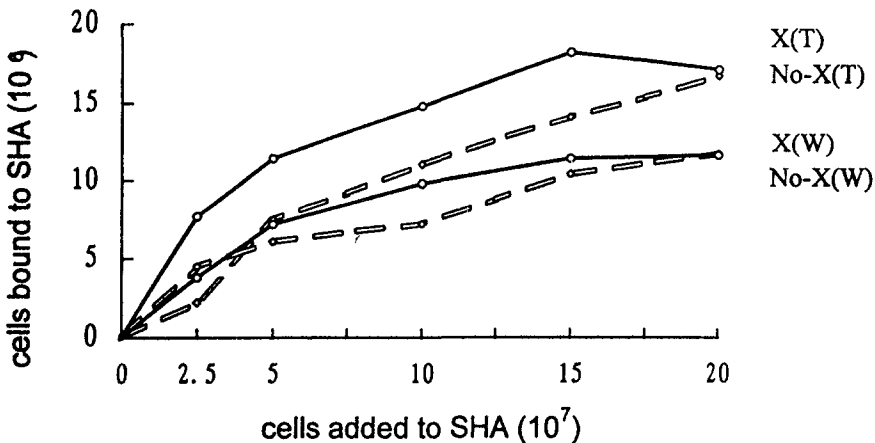


Fig. 1. Binding of ^3H -labeled *A. viscosus* T14V(T) and *A. viscosus* WVU627(W) to SHA

농도의 1% 내외로 매우 낮은 SHA 부착도를 보였다(표 1, 그림 4, 5).

Xylitol을 첨가하여 배양한 경우를 비교해 보면, *A. viscosus* T14V, *A. viscosus* WVU627, *P. gingivalis* 2561, *S. gordonii* G9B, *S. gordonii* Challis, *S. sobrinus* 6715 및 *S. mutans* UA101의 경우는 배지에 xylitol이 첨가되어 있거나 없거나 배양 후 세균의 SHA 부착도에 차이가 거의 없었

다(그림 1, 2, 3, 4). 그러나 *S. mutans* KPSK-2는 xylitol 없이 배양했을 때보다 xylitol과 함께 배양한 경우 SHA 부착도가 1/2로 감소하였다(그림 5). 반면 *P. gingivalis* A7A1-28, *S. mutans* UA130은 xylitol과 함께 배양했을 때 SHA 부착도가 2~3배 증가하였으며(그림 2, 5), 특히 *S. mutans* T8은 8배 증가하여 가장 큰 증가율을 보였다(그림 6).

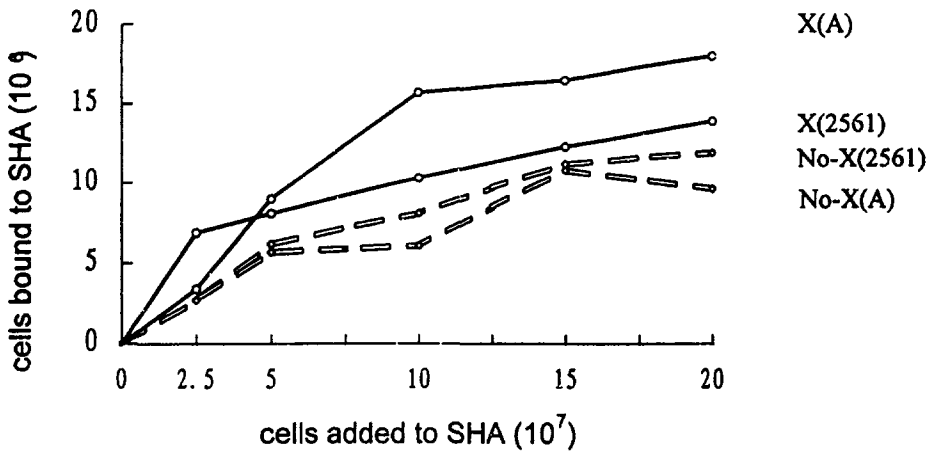


Fig. 2. Binding of ³H-labeled *P. gingivalis* 2561(2561) and *P. gingivalis* A7A1-28(A) to SHA

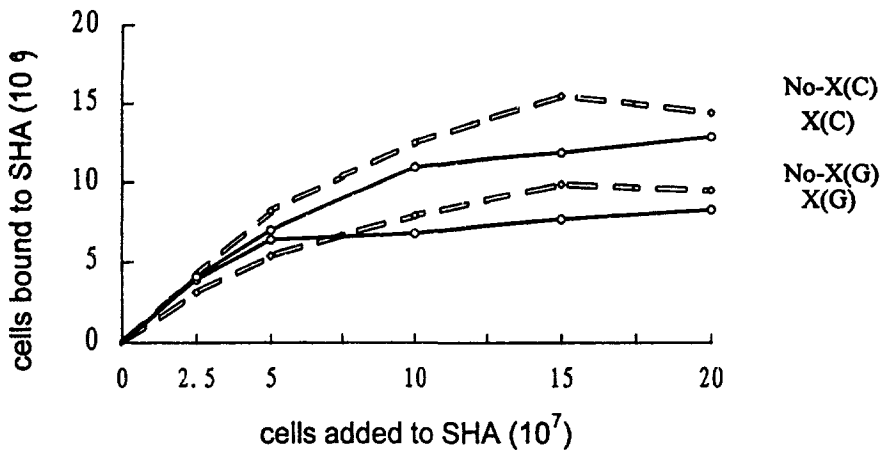


Fig. 3. Binding of ³H-labeled *S. gordonii* G9B(G) and *S. gordonii* Challis(C) to SHA

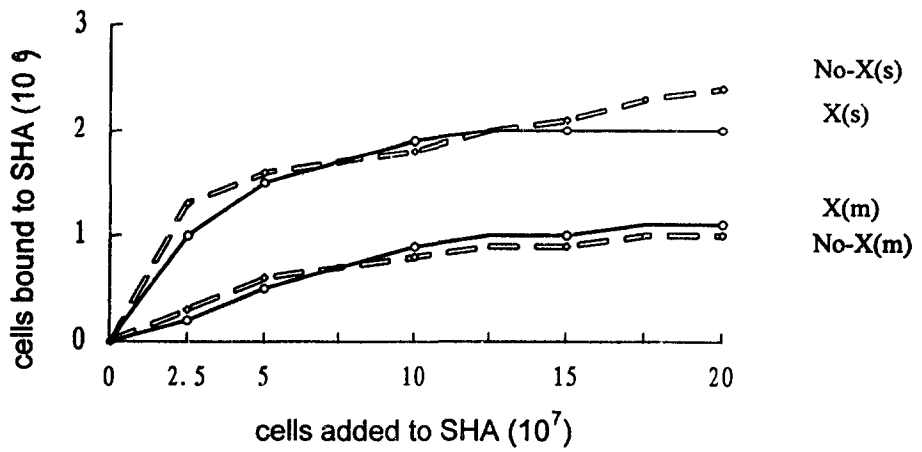


Fig. 4. Binding of ^3H -labeled *S. sobrinus* 6715(s) and *S. mutans* UA101(m) to SHA

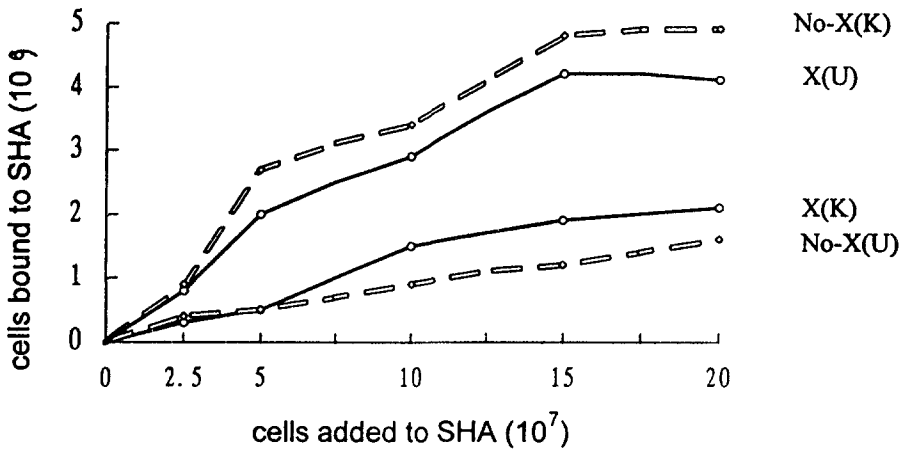


Fig. 5. Binding of ^3H -labeled *S. mutans* KPSK-2(K) and *S. mutans* UA130(U) to SHA

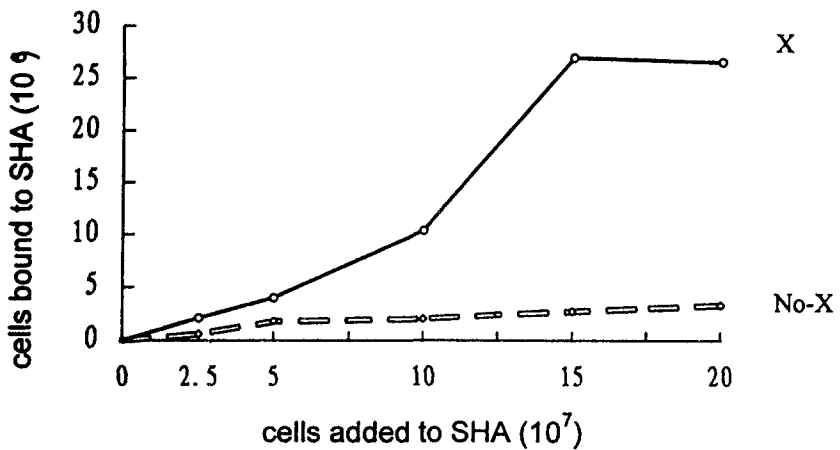


Fig. 6. Binding of ^3H -labeled *S. mutans* T8 to SHA

IV. 총괄 및 고안

치아우식증이나 치주질환 원인균들의 치아표면 부착을 조절하기 위하여 치과시술시 chlorhexidine, 불소 등을 사용하여 왔으며 최근에는 설탕의 대체당으로 사용되는 xylitol을 구강세척액에 포함시켜 예방치료목적으로 사용하고 있다. Mutans streptococci는 phosphoenol pyruvate : fructose phosphotransferase(PEP : fructose PTS) system을 이용하여 xylitol을 체내로 전이하여 xylitol-5-phosphate로 전환시킨다. 그러나 이 xylitol-5-phosphate는 더 이상 대사되지 않은 상태로 mutans streptococci내에 축적되고²⁸⁻³⁰⁾ 축적된 xylitol-5-phosphate를 다시 xylitol로 전환시켜 체외로 배출하는 futile cycle이 반복된다^{1,28)}. 이 과정에서 mutans streptococci는 필연적으로 계속해서 ATP를 소모하게 되고, 결과적으로 mutans streptococci의 glucose 대사과정이 억제된다.

Xylitol을 장기간 사용할 경우 보통의 xylitol-sensitive mutans streptococci(X^S)와는 달리 fructose PTS activity가 없어서 균체내에 xylitol-5-phosphate를 형성하지 않는 돌연변이종이 생긴다(xylitol-resistant mutans streptococci : X^R)^{1,13,14)}. X^R 은 X^S 보다 치태내에서 쉽게 탈락되어 타액으로 이동하며 연하운동에 의해 구강내에서 제거되므로 치태내 mutans streptococci수가 감소하고 결과적으로 우식원성이 감소한다^{1,13,14,25,26)}.

Xylitol을 장기간 사용할 때 mutans streptococci의 부착에 미치는 효과에 관한 연구는 진행되어 왔으나 xylitol의 단기간 효과에서 mutans streptococci를 비롯한 여러 세균의 부착에 미치는 영향에 관한 연구는 적은 편이다. Xylitol이 mutans streptococci의 sucrose 대사 및 glucan을 이용한 치면부착에 영향을 주지 못하는 것으로 보아^{3,24)} xylitol이 mutans streptococci의 부착에 영향을 미친다면 xylitol의 부착에 대한 효과는 glucan binding보다는 타액 단백질과의 반응에 의한 부착에 관계될 것으로 사료된다. 이 등³⁾은 xylitol이 mutans streptococci 균주에 따라 SHA 부착에 영향을 미치지 않거나

오히려 SHA 부착을 증가시킨다고 보고하였으나 실험균주가 적어서 xylitol이 모든 구강세균의 SHA 부착에 미치는 영향을 평가한다는 것은 사실상 불가능하다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 실험균주의 수를 증가시켜 우식원성 세균 뿐만 아니라 초기 치태세균 및 치주질환 원인균을 포함하는 11개 실험균주의 SHA 부착에 xylitol이 미치는 영향을 평가하였다.

부착실험 결과 xylitol이 구강세균의 SHA 부착에 미치는 영향은 균주에 따라 다양하게 나타났다. Xylitol을 배지내에 첨가하여 배양한 경우 *S. mutans* KPSK-2는 SHA 부착도가 1/2로 감소하였으나 *S. mutans* UA130, *S. mutans* T8은 SHA 부착이 크게 증가하였고, *S. mutans* UA101은 부착에 큰 변화가 없었다. 본 실험결과는 이 등³⁾이 보고한 것 같이 *S. mutans*에 미치는 xylitol의 효과가 균주에 따라 다르다는 사실을 뒷받침한다. 한편 Nguyen 등³¹⁾은 xylitol이 mutans streptococci의 SHA 부착에 크게 영향을 미치지 않았고 배지의 조성에 따라 X^R 의 SHA에 대한 부착도는 X^S 의 35~90% 수준이라고 보고하였다. 이같은 실험결과의 차이는 실험에 사용된 균주, 실험에 사용되기까지 균주의 처리방법, 부착실험 방법 등에 의해 생겨날 수 있을 것으로 생각된다.

아직까지 xylitol이 어떤 기전으로 특정균주의 SHA 부착에 영향을 미쳤는지에 대해서는 밝혀진 것이 없다. 그러나 xylitol에 의해 mutans streptococci 세포표면의 전자현미경적 구조에 변화가 오는 것이 관찰되었으며^{32,33)}, 이런 세균 표면의 변화는 타액 단백질과 반응하는 세균 표면 부착물질(단백질)의 변화를 동반하고, 이것이 SHA 부착에 영향을 주었을 것으로 추측된다. 구강세균은 여러 타액 단백질과 결합하는 것으로 알려지고 있다. 구강세균이 용액상태(fluid-phase)의 타액내에서 이들 단백질과 반응하여 결합하면 응집되어 세균은 구강조직에 부착하기 전에 구강내에서 제거될 수 있다. 반면 세균이 구강조직에 이미 흡착된 타액 단백질과 반응하면 세균은 구강조직에 부착하여 결과적으로 집락을 형성할 수 있다²³⁾. 세균의 SHA 부착능력은 이런 타액 단백질과의 반응에 의해 결정된다. 특

히 치아표면에 형성된 획득피막의 구성성분인 타액 단백질이 세균부착의 수용기로 작용하며 이들과 친화성이 있는 세균이 초기 치태를 형성한다. 부착을 증가시키는 타액성분으로 acidic proline-rich protein(PRP)³⁴⁾, statherin³⁵⁾, 타액응집소(salivary agglutinin)²¹⁾ 등이 있다. 타액응집소와 반응하는 *S. mutans*의 부착물질로 185 kDa 크기의 P1(연구자나 사용 균주에 따라 B, I/II, SR, IF 등으로 명명) 단백질이 있다²¹⁾. 거의 모든 구강 streptococci 표면에 P1과 유전적, 생화학적 으로 유사한 부착물질이 있으며, 그외에도 streptococci에는 여러 종류의 부착물질이 발견된다^{21,23,36-41)}.

S. sobrinus 6715의 경우는 SHA 부착에 xylytol의 영향을 받지 않았다. *S. sobrinus*는 타액 단백질과의 반응에 의한 치면부착보다는 sucrose를 이용하여 합성한 비수용성 glucan을 매개로 하여 집락하기 때문에^{20,21)} 다른 균주에 비해 SHA 부착도가 낮게 나타났고, 때문에 SHA 부착에 xylytol이 별 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 실제 *S. sobrinus* 6715의 부착력은 본 실험균주들 중에서 매우 낮은 것으로 관찰되었다.

Mühlemann 등²⁴⁾은 초기 치태가 형성되는 과정에 xylytol이 영향을 미치지 못한다고 보고하였다. 본 부착실험의 결과에서도 초기 치태를 형성하는 주된 세균인 *A. viscosus*, *S. gordonii* 균주들은 배지에 xylytol이 첨가되어 있거나 없거나 배양 후 세균의 SHA 부착에 차이가 거의 없었다.

치주질환 원인균인 *P. gingivalis* 중 *P. gingivalis* 2561은 SHA 부착력이 xylytol에 의해 큰 영향을 받지 않았으나 *P. gingivalis* A7A1-28은 xylytol에 의해 SHA 부착력이 2배 증가하였다. *P. gingivalis* A7A1-28 균주의 SHA 부착력이 xylytol에 의해 증가한 사실은 매우 주목할 만하다. *P. gingivalis* A7A1-28은 mouse에 주사하였을 때 mouse를 죽게 하는 독성이 큰 균주로서⁴²⁾ 만약 구강내에 존재한다면 치주질환 진행과정에서 매우 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 따라서 xylytol이 최근 널리 사용되고 있는 현실을 비추어 볼 때 xylytol이 어떤 병원성 균주의 부착

력을 증가시키며, 그 부착증가 기전은 무엇인지 반드시 연구해야 할 과제라고 사료된다.

본 실험에서 *S. mutans* T8은 배양할 때 xylytol의 첨가 유무에 따라 가장 큰 차이를 보인 균주로서 xylytol을 첨가하지 않고 배양했을 때에는 SHA 부착이 거의 일어나지 않았으나 xylytol을 첨가하여 배양했을 때에는 8배 증가하여 매우 높은 SHA 부착을 보였다. 이렇게 *S. mutans* T8과 같이 xylytol에 의해 SHA 부착에 큰 변화를 보인 균주는 세균부착에 대한 xylytol의 작용기전 및 xylytol에 의해 변화된 세균표면 부착물질에 대한 분자생물학적 연구에서 그 대상균주로써 유용할 것으로 생각된다.

Xylytol이 우식원성 세균인 mutans streptococci의 glucose 대사 및 산생성을 감소시키고 세균성장을 억제하여 우식억제효과를 보이는 반면, 특정 세균에 대해 부착을 오히려 증가시키는 효과가 있기 때문에 복잡한 구강내 세균생태에서 어느 한 세균의 부착증가는 이와 관련된 다른 세균의 분포 및 부착에도 영향을 줄 수 있으므로 xylytol을 임상적으로 사용할 때 xylytol의 세균부착에 대한 효과가 균주에 따라 다르게 나타날 수 있다는 점을 반드시 고려해야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 세균과 타액 단백질과의 반응시 치아표면 부착에 관한 xylytol의 영향을 관찰한 논문으로서 hydroxyapatite(BDH Chemicals, England) 결정에 타액을 도포시켜 획득피막이 형성된 치아표면에 대한 본 실험의 모델로 택하였다. 실험균주로는 우식원성 세균, 초기 치태세균 및 치주질환 원인균을 포함하는 11개 균주(*S. mutans* UA101, *S. mutans* KPSK-2, *S. mutans* T8, *S. mutans* UA130, *S. sobrinus* 6715, *S. gordonii* G9B, *S. gordonii* Challis, *A. viscosus* T14V, *A. viscosus* WVU627, *P. gingivalis* 2561, *P. gingivalis* A7A1-28)를 사용하여 xylytol을 첨가하지 않은 배지와 xylytol을 첨가한 배지에서 배양한 후 saliva-coated hydroxyapatite(SHA)의 부착도를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었

다.

1. *P. gingivalis* A7A1-28, *S. mutans* UA130은 xylitol을 첨가한 배지에서 배양했을 때 SHA 부착도가 증가하였으며, *S. mutans* T8은 8배의 부착도 증가율을 나타내었다.
2. *S. mutans* KPSK-2 균주에서는 xylitol을 첨가한 배지에서 배양했을 때 SHA 부착도가 ½로 감소하였다.
3. Xylitol은 *S. mutans* UA101, *S. sobrinus* 6715, *S. gordonii* G9B, *S. gordonii* Challis, *A. viscosus* T14V, *A. viscosus* WVU627, *P. gingivalis* 2561 균주에서 SHA 부착도에 영향을 주지 않았다.

이상의 결과에서 xylitol이 균종 및 균주에 따라 SHA 부착도에 다른 영향을 준다는 결론을 얻었다.

REFERENCES

1. Trahan L : Xylitol : a review of its action on mutans streptococci and dental plaque - its clinical significance. *Int Dent J*, 45 : 77-92, 1995.
2. Loesche WJ : The rationale for caries prevention through the use of sugar substitutes. *Int Dent J*, 35 : 1-8, 1985.
3. 이진용, 신계원, 임호남, 최유진 : 각종 당류가 치아우식원성 세균 mutans streptococci의 대사에 미치는 영향. *대한구강보건학회지*, 19(4) : 507-523, 1995.
4. 이진용 : 구강질환의 미생물학적 이해. *대한치과 의사 협회지*, 32(9) : 630-637, 1994.
5. Birkhed D : Cariologic aspects of xylitol and its use in chewing gum : a review. *Acta Odontol Scand*, 52 : 116-127, 1994.
6. Birkhed D, Kalfas S, Svensäter G, and Edwardsson S : Microbiological aspects of some caloric sugar substitutes. *Int Dent J*, 35 : 9-17, 1985.
7. Wennerholm K, Arends J, Birkhed D, Ruben J, Emilson CG, and Dijkman AG : Effect of xylitol and sorbitol in chewing gums on mutans streptococci, plaque pH and mineral loss of enamel. *Caries Res*, 28 : 48-54, 1994.
8. Bradshaw DJ and Marsh PD : Effect of sugar alcohols on the composition and metabolism of a mixed culture of oral bacteria grown in a chemostat. *Caries Res*, 28 : 251-256, 1994.
9. Söderling E, Mäkinen KK, Chen CY, Pape HR, Loesche WJ, and Mäkinen PL : Effect of sorbitol, xylitol and xylitol/sorbitol chewing gums on dental plaque. *Caries Res*, 23 : 378-384, 1989.
10. Wennerholm K and Emilson CG : Effect of sorbitol and xylitol-containing chewing gum on salivary microflora, saliva, and oral sugar clearance. *Scand J Dent Res*, 97 : 257-262, 1989.
11. Mäkinen KK : New biochemical aspects of sweeteners. *Int Dent J*, 35 : 23-35, 1985.
12. Nuuja T, Meurman JH, and Torkko H : Xylitol and the bactericidal effect of chlorhexidine and fluoride on *Streptococcus mutans* and *S. sanguis*. *Acta Odontol Scand*, 51 : 109-114, 1993.
13. Trahan L, Söderling E, Drean MF, Chevrier MC, and Isokangas P : Effect of xylitol consumption on the plaque-saliva distribution on mutans streptococci and the occurrence and long-term survival of xylitol-resistant strains. *J Dent Res*, 71(11) : 1785-1791, 1992.
14. Söderling E, Isokangas P, Tenovuo J, Mustakallio S, and Mäkinen KK : Long-term xylitol consumption and mutans streptococci in plaque and saliva. *Caries Res*, 25 : 153-157, 1991.
15. Tanzer JM : Xylitol chewing gum and dental caries. *Int Dent J*, 45 : 65-76, 1995.
16. Loesche WJ, Earnest R, Grossman NS, and Corpron R : The effect of chewing xylitol gum on the plaque and saliva levels of *Streptococcus mutans*. *JADA*, 108 : 587-592, 1984.
17. Edwardsson S, Birkhed D, and Mejare B : Acid production from lycasin, maltitol, sorbitol and xylitol by oral streptococci and lactobacilli. *Acta Odontol Scand*, 35 : 257-263, 1979.
18. Pihlanto-Leppälä A, Söderling E, and Mäkinen KK : Expulsion mechanism of xylitol 5-phosphate in *Streptococcus mutans*. *Scand J Dent Res*, 98 : 112-119, 1990.
19. Assev S and Röllä G : Further studies on the growth inhibition of *Streptococcus mutans* OMZ 176 by xylitol. *Acta Path Microbiol Immunol Scand [B]*, 94 : 97-102, 1986.
20. Van Houte J : Role of micro-organisms in caries

- etiology. *J Dent Res*, 73(3) : 672-681, 1994.
21. Brady LJ, Piacentini DA, Crowley PJ, Oyston PC, and Bleiweis AS : Differentiation of salivary agglutinin-mediated adherence and aggregation of mutans streptococci by use of monoclonal antibodies against the major surface adhesin P1. *Infect Immun*, 60 : 1008-1017, 1992.
 22. Lamont RJ, Demuth DR, Davis CA, Malamud D, and Rosan B : Salivary agglutinin mediated adherence of *Streptococcus mutans* to early plaque bacteria. *Infect Immun*, 59 : 3446-3450, 1991.
 23. Gibbons RJ : Bacterial adhesion to oral tissues : a model for infectious diseases. *J Dent Res*, 68(5) : 750-760, 1989.
 24. Mühlemann HR, Schmid R, Noguchi T, Imfeld T, and Hirsch RS : Some dental effects of xylitol under laboratory and in vivo conditions. *Caries Res*, 11 : 263-276, 1977.
 25. Lavoie L and Trahan L : Sucrose mediated hard surface adherence of xylitol-sensitive and xylitol-resistant *S. mutans* fresh isolates and laboratory strains. *J Dent Res*, 67(special issue) : 325, IADR Abstr. No. 1696, 1988.
 26. Beckers HJA : Influence of xylitol on growth, establishment, and cariogenicity of *S. mutans* in dental plaque of rats. *Caries Res*, 22 : 166-173, 1988.
 27. Lee JY, Sojar HT, Bedi GS, and Genco RJ : Synthetic peptides analogous to the fimbrillin sequence inhibit adherence of *Porphyromonas gingivalis*. *Infect Immun*, 60 : 1662-1670, 1992.
 28. Trahan L, Neron S, and Bareil M : Intracellular xylitol-phosphate hydrolysis and efflux of xylitol in *Streptococcus sobrinus*. *Oral Microbiol Immunol*, 6 : 41-50, 1991.
 29. Assev S and Rölla G : Evidence for the presence of a xylitol phosphotransferase system in *Streptococcus mutans* OMZ 176. *Acta Pathol Microbiol Immunol Scand[B]*, 92 : 89-92, 1984.
 30. Waaler SM : Evidence for xylitol 5-phosphate production in human dental plaque. *Scand J Dent Res*, 100 : 204-206, 1992.
 31. Nguyen QL, Thiffault M, and Trahan L : Adherence to hydroxyapatite, aggregation properties and hydrophobicity of xylitol-resistant *S. mutans*. *J Dent Res*, 70(special issue) : 411, IADR Abstr. No. 1160, 1991.
 32. Tuompo H, Meurman JH, Lounatmaa K, and Linkola J : Effect of xylitol and other carbon sources on the cell wall of *Streptococcus mutans*. *Scand J Dent Res*, 91 : 17-25, 1983.
 33. Scheie AA, Fejerskov O, Assev S, and Rölla G : Ultrastructural changes in *Streptococcus sobrinus* induced by xylitol, NaF and ZnCl₂. *Caries Res*, 23 : 320-327, 1989.
 34. Gibbons RJ and Hay DI : Adsorbed salivary acidic proline-rich proteins contribute to the adhesion of *Streptococcus mutans* JBP to apatitic surfaces. *J Dent Res*, 68 : 1303-1307, 1989.
 35. Gibbons RJ and Hay DI : Human salivary acidic proline-rich proteins and statherin promote the attachment of *Actinomyces viscosus* LY7 to apatitic surfaces. *Infect Immun*, 56 : 439-445, 1988.
 36. Crowley PJ, Brady LJ, Piacentini DA, and Bleiweis AS : Identification of a salivary agglutinin-binding domain within cell surface adhesin P1 of *Streptococcus mutans*. *Infect Immun*, 61 : 1547-1552, 1993.
 37. Duan Y, Fisher E, Malamud D, Golub E, and Demuth DR : Calcium-binding properties of SSP-5, the *Streptococcus gordonii* M5 receptor for salivary agglutinin. *Infect Immun*, 62 : 5220-5226, 1994.
 38. Moisset A, Schatz N, Lepoivre Y, Amadio S, Wachsmann D, Schöller M, and Klein JP : Conservation of salivary glycoprotein-interacting and human immunoglobulin G cross reactive domains of antigen I/II in oral streptococci. *Infect Immun*, 62 : 184-193, 1994.
 39. Munro GH, Evans P, Todryk S, Buckett P, Kelly CG, and Lehner T : A protein fragment of streptococcal cell surface antigen I/II which prevents adhesion of *Streptococcus mutans*. *Infect Immun*, 61 : 4590-4598, 1993.
 40. Nakai M, Okahashi N, Ohta H, and Koga T : Saliva-binding region of *Streptococcus mutans* surface protein antigen. *Infect Immun*, 61 : 4344-4349, 1993.
 41. Nesbitt WE, Beem JE, Leung KP, and Clark WB : Isolation and characterization of *Actinomyces viscosus* mutants defective in binding salivary proline-rich proteins. *Infect Immun*, 60 : 1095-1100, 1992.

42. Neiders ME, Chen PB, Suido H, Reynolds HS, Zambon JJ, Shlossman M, and Genco RJ: Heterogeneity of virulence among strains of

Bacteroides gingivalis. J Periodont Res, 24 192-198, 1989.