

이유식의 우식유발능에 관한 생체외 연구

박득희 · 이광희 · 김대업

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

유아기 우식증을 예방하기 위한 연구의 일환으로 이유식의 우식유발능을 생체외 방법으로 연구하였다. 국내에서 시판되는 5종의 이유식을 실험군으로 하고 10% 자당용액과 우유를 대조군으로 하였다. 시료용액 50ml의 pH를 4.0까지 낮추는데 소모된 0.1 N 유산용액의 양으로 완충능을 측정하였고, *Streptococcus mutans* 10449의 배양액을 접종하여 48시간 배양하기 전과 후에 각각 시료용액의 pH, 시료용액 속에 담긴 유치 법랑질시편의 표면미세경도, 합성 hydroxyapatite로부터 용출된 칼슘이온의 농도를 측정하여 산 생성능과 탈회능을 평가하였다. 이유식의 완충능은 자당용액보다 크고 우유보다 작았으며, 이유식간에 유의한 차이가 있었다($P<0.01$). 48시간 배양 후 이유식의 평균 pH는 3.88로서 자당용액의 4.35, 우유의 4.20보다 낮았고 자당용액과 유의한 차이가 있었으며($P<0.05$), 이유식 상호간에도 유의한 차이가 있었다($P<0.01$). 배양 전후의 유치 법랑질 표면미세경도의 차이는 이유식군이 평균 98.7 VHN로서 자당용액군의 97.1 VHN과 비슷하였고 우유군의 63.5 VHN보다 컸으나 차이가 유의하지 않았다. 합성 hydroxyapatite로부터 용출된 칼슘농도의 차이는 이유식군이 평균 1816.02ppm로서 자당용액군의 2235.98ppm보다 작았으나 차이가 유의하지 않았다.

주요어 : 이유식, 유아기우식증, 우식유발능, 완충능, 산생성능, 탈회능

I. 서 론

유아기우식증(early childhood caries)은 우유병우식증(baby bottle tooth decay, nursing caries)으로도 불리며, 상악 전치에 발생하기 시작하여 상악악 구치부로 이환되어가며 하악 전치는 침범하지 않는 특징적인 양상을 보이는 다발성 우식증의 한 형태이다. 유아기우식증은 일반적인 치아우식증과 마찬가지로 숙주요인, 병원체요인, 식이요인, 시간요인 등이 복합적으로 작용하여 발생하며, 숙주요인으로는 법랑질의 형성부전 및 불소함량 등이, 병원체요인으로는 *Streptococcus mutans*의 조기 감염이, 식이요인으로는 우유병에 설탕이 포함된 음료를 넣어 먹이는 것이, 시간요인으로는 모유나 우유의 수유 횟수가 너무 많거나 수유기간이 너무 긴 것 등이 지적되어 왔다¹⁻³⁾.

일반적으로 유아는 생후 6개월까지 모유로부터 가장 온전한 영양을 섭취할 수 있고 그 이후로 이유식의 섭취가 권장되고 있다. 따라서, 생후 6개월부터 시작하는 유치의 맹출시키는 이유시기와 일치하며, 이유식은 이 시기에 발생하는 유아기우식증

과 밀접한 관계가 있을 가능성이 높다고 할 수 있다. 그러나, 유아기우식증의 식이요인에 관한 연구는 주로 모유, 우유, 두유, 조제분유 등에 관한 연구가 대부분이며, 모유나 우유보다 고형성분이 더 많아 우식발생의 위험이 더 높을 가능성이 있는 이유식에 대한 연구는 희소하다.

Sheikh와 Erickson⁴⁾은 이유식이 치태의 pH를 하강시키는 능력이 있으므로 유아기우식증 발생에서 중요한 역할을 할 수 있다고 하였고, Bowen 등⁵⁾은 쥐를 대상으로 한 실험에서 이유식이 우유보다 높은 우식유발능을 가지고 있음을 관찰하였으며, Erickson 등⁶⁾은 대부분의 이유식이 인체내 치태의 pH를 하강시켰고 일부는 생체외에서 법랑질 탈회를 일으켰다고 보고하였다. 국내에서는 허 등⁷⁾이 이유식과 아침식사용 씨리얼의 산생성능과 탈회능에 관하여 보고하였고, 최근에 한국소비자보호원⁸⁾은 시판중인 이유식 제품에 대해 당류함량 시험검사 및 표시실태 조사를 시행하고 이유식의 당류 함량이 높다는 사실에 대하여 우려를 표명하였다. 이와 같이, 이유식의 우식유발능에 관한 관심과 증거가 증가하고 있으나 국내의 연구는 아직 부족한 실정이다.

이에 저자는 유아기우식증의 식이요인에 관한 연구의 일환으로, 국내에서 시판되고 있는 5종의 이유식의 우식유발능을 완충능, 산 생성능, 탈회능 등의 요인으로 구분하여 생체의 실험을 통해 연구하고 그 결과를 보고한다.

II. 연구재료 및 방법

1. 치아시편 제작

발거 후 생리식염수에 넣어 냉장 보관하였던 유전치 중에서 치아우식증이나 색소, 손상, 부착물이 없는 건전한 치면을 가지고 있는 치아를 선택하여, 소와나 열구 부위가 포함되지 않은 평활면을 법랑질 표면이 노출되도록, 한 변이 1cm인 정육면체의 레진피에 매몰하였다. 연마기(Metaserv grinder-polisher, Buehler, Germany)에서 Carbimet disk 320 grit와 600 grit로 연마하고 alumina suspension과 나일론 천으로 최종 연마하였다.

2. 실험용액의 선정

국내에서 생산되어 시중에서 시판되고 있는 5종의 이유식(Table 1)과 자당용액, 우유로 구성된 7개의 실험용액을 제조하였다.

Table 1의 이유식 성분은 제조회사에서 밝힌 용량이며, 생후 6개월에서 12개월 사이에 복용하는 제품을 선택하였다. 대조군으로서 우유는 100% 원유로 130℃에서 2초간 살균한 S사 우유제품을 사용하였고, 자당(Saccharose, 동양화학, 한국)용액은 10% 수용액으로 제조하여 사용하였다.

Table 1. Composition of infant formulas (g/100g)

Formulas	Carbohydrate	Protein	Fat	Calcium
A	65.4	17	10	0.68
B	70.0	16	9	0.40
C	67.0	16	9	0.55
D	69.0	17	7	0.55
E	66.0	18	9	0.55

3. 우식원균 배양액 제조

Streptococcus mutans ATCC 25175를 brain-heart-in-fusion broth에 접종하여 37℃로 혐기성상태에서 48시간, 호기성 상태에서 24시간 배양한 용액을, McFarland nephelometer 탁도 1 (*Streptococcus mutans* 3×10^8 CFU/ml)의 기준에 맞추어 우식원균 배양액을 제조하였다. McFarland 탁도는 1% Barium Chloride($BaCl_2 \cdot 2H_2O$), Yakuri, Japan)와 99% 황산(H_2SO_4 , Yakuri, Japan)을 혼합하여 제조하였

다. 탁도 1은 *Streptococcus mutans* ATCC 25175가 3×10^8 CFU/ml의 상태로 존재함을 의미한다. 혐기성상태에서 48시간, 호기성 상태에서 24시간 배양한 것은 증식용 BHI broth에서 배양된 *S. mutans*가 구강내 세균과는 달리 산 생성을 활발히 하기 위해서는 적응기간을 필요로 하기 때문이다.

4. 완충능검사

이유식 2.5g을 증류수 50ml에 용해한 용액과 10% 자당용액 50ml, 우유 50ml를 pH4.0까지 적정하는데 소요된 0.1N 유산용액의 부피로써 완충능을 측정하였다.

5. 산 생성능검사

이유식 2.5g을 증류수 50ml에 용해한 용액과 10% 자당용액 50ml, 우유 50ml의 pH를 pH meter(Orion Expandable Ion Analyzer EA 920, Orion, U.S.A.)로 측정하였다. 우식원균 배양액을 1ml씩 첨가하고 혐기성 상태에서 48시간 배양한 후 pH meter를 사용하여 최종 pH를 측정하였다.

6. 표면미세경도측정검사

제작된 유치 시편의 표면미세경도를 미세경도측정기(Model MTX-70, Matsuzawa, Japan)를 사용하여 300g의 하중을 15초간 부여하여 시편 중앙 세 군데의 Vickers 표면미세경도(Vickers Hardness Number, VHN)를 측정하였다. 이유식 50ml와 10% 자당용액 50ml, 우유 50ml에 우식원균 1ml와 유치 시편을 3개씩 넣은 후 혐기성상태에서 48시간 배양하고, 배양 후 시편의 표면미세경도도 측정하였다. 실험용액별로 배양전 표면미세경도와 배양 후 표면미세경도의 차이를 산출하고 배양전 측정치에 대한 치아의 백분율을 표면미세경도의 감소율로 하였다.

7. Hydroxyapatite 결정으로부터의 칼슘 용해도 측정검사

이유식 제품 2g을 증류수 40ml에 용해한 용액과 10% 자당용액 40ml를 2만 RPM의 속도로 10분간 원심분리한 후 상등액 2ml를 채취하였다. 채취된 용액을 38% 염산 1ml와 60% 질산 2ml의 혼합물을 한 단위로 화학적으로 회화될때까지 계속 산처리를 시행한 후, 회화된 잔존물을 38% 염산 0.5ml와 60% 질산 0.5ml를 첨가하여 용해하고 증류수 39ml를 첨가하여 40ml의 실험용액을 제조하였다. 제조된 실험용액을 원자흡수분광기(Atomic absorption spectrophotometer, AA-6601F, Shimadzu, Japan)를 사용하여 각 실험용액의 칼슘의 양을 측정하였다.

동일한 방법으로 제조된 이유식 용액과 10% 자당 용액에 hydroxyapatite 0.5g과 우식원균 1ml를 첨가하여 48시간 배

양하고, 원심분리와 산 처리를 시행하는 동일한 방법을 사용하여 실험용액 40ml를 제조한 후 원자흡수분광기를 사용하여 칼슘의 양을 측정하였다. 이유식과 자당용액에 우식원균과 hydroxyapatite를 넣어 측정한 칼슘의 양과 이유식과 자당용액의 칼슘 양의 차이를 우식원균에 의해 용해된 칼슘의 양으로 하였다.

8. 통계분석

분산분석(ANOVA)을 통해 군간의 차이를 검정하였고, 최소 유의차검정법(LSD)으로 사후 검정하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 완충능검사 성적 (Table 2)

10% 자당용액은 유산용액 0.1ml를 적하하였을 때 실험 기준치인 pH 4.0 이하로 하강 하였으며, 우유는 유산용액 30ml

Table 2. Buffering capacity

Group	0.1 N lactic acid*
Infant formulas	
A	15.53±0.31 ^a
B	11.03±0.47 ^b
C	13.20±2.08 ^c
D	13.67±0.12 ^c
E	12.37±0.58 ^{bc}
Total	13.16±0.17
Sucrose	< 0.10
Milk	>30.00

* : amount(ml) to drop the pH of 50ml solution to pH 4.0
 a : Mean ± SD; N = 3; Sucrose : 10% solution; Milk : 100% sterilized bovine milk
 Values within column having the same superscript were not significantly different(p<0.05).

의 적정용액을 가하였음에도 pH 4.0에 도달하지 않았다. 이유식군중 A군의 고유완충능이 15.53ml로 가장 컸고, B군이 11.03ml로 가장 작았으며, 이유식간에 완충능의 차이가 유의하였다(P<0.01).

2. 산 생성능검사 성적 (Table 3)

이유식군의 경우 제품 자체의 pH는 중성 내지 약산성이었다. 48시간 배양후 이유식군의 평균 pH가 3.88로 모두 pH 5.0 아래로 하강하였고, 자당용액의 4.35 및 우유의 4.20보다 더 낮았으며 이중에서 자당용액과 유의한 차이가 있었다(P<0.05). 이유식군간에는 배양전과 배양후 pH가 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(P<0.01).

3. 표면미세경도측정검사 성적 (Table 4)

치아시편의 배양 전 표면미세경도는 302.5 VHN부터 325.7

Table 3. Acid production

Group	Initial pH	Final pH*
Infant formulas		
A	7.04±0.17 ^a	3.84±0.31 ^{ab}
B	6.30±0.26 ^b	3.89±0.40 ^a
C	6.20±0.40 ^b	3.89±0.21 ^a
D	6.33±0.45 ^b	3.79±0.15 ^b
E	6.27±0.42 ^b	3.98±0.51 ^c
Totals	6.43±0.33	3.88±0.72
Sucrose	6.77±0.75	4.35±0.72
Milk	6.70±0.25	4.20±0.60

* : Incubation at 37°C for 48 hours
 a : Mean ± SD; N = 3; Sucrose : 10% solution; Milk : 100% sterilized bovine milk
 Values within columns having the same superscript were not significantly different(p<0.05).
 h : p<0.05

Table 4. Demineralization of enamel of primary teeth

Group	VHN before Incubation	VHN after* Incubation	VHN Difference	Reduction Rate(%)
Infant formulas				
A	325.7±26.9 ^a	240.3±19.7	85.4±18.0	26.1± 4.3
B	322.6±37.4	244.2±31.4	78.4±48.4	23.6±14.0
C	315.0±27.9	204.5±27.4	110.5±29.3	34.9± 8.1
D	318.3±21.7	191.3±51.2	127.0±55.6	39.7±16.0
E	324.7±13.8	232.6±24.0	92.1±20.9	28.4± 6.6
Totals	321.3±23.0	222.6±35.1	98.7±36.7	30.5±11.0
Sucrose	321.3± 4.5	217.9±12.2	97.1±10.6	30.8± 3.5
Milk	302.5±41.0	238.9±17.2	63.5±43.3	20.1±11.7

* : Incubation at 37°C for 48 hours
 a : Mean ± SD; Sucrose : 10% solution; Milk : 100% sterilized bovine milk
 N = 3

Table 5. Amount of calcium dissolved from hydroxyapatite after incubation

Group	Before incubation	Calcium concentration(ppm) After incubation*	Difference
Infant formulas			
A	4041.44±642.87 ^{ac}	5428.15±1553.87	1386.71±1202.42
B	2104.41±152.49 ^{bd}	4121.68± 774.97	2017.27± 916.47
C	4393.61±488.85 ^a	5990.20± 844.37	1596.59± 687.83
D	3330.89±304.68 ^{ce}	6002.05± 183.47	2671.17± 337.60
E	2845.63±490.06 ^{be}	4254.00± 718.89	1408.37± 546.86
Totals	3343.19±931.08	5159.22±1154.63	1816.02± 839.00
Sucrose			
	0.00±0.00	2235.98± 251.01	2235.98± 251.01

* : Incubation at 37°C for 48 hours

a : Mean ± SD; N = 3; Sucrose : 10% solution

Values within column having the same superscript were not significantly different(p<0.05).

VHN까지 분포하였고, 배양 후 표면미세경도는 191.3 VHN부터 244.2 VHN까지 분포하였다. 이유식군의 배양전후의 경도의 차이는 평균 98.7 VHN으로 자당군의 97.1 VHN과 비슷하였고, 우유군의 63.5 VHN보다 컸으나 유의한 차이는 없었다. 배양후 표면미세경도의 감소율은 우유가 20.1%로 이유식군, 자당군과 비교하여 작았으나 유의한 차이가 없었다.

4. 합성 hydroxyapatite의 탈회검사 성적 (Table 5)

배양전 이유식군의 평균 칼슘 농도는 3343.19ppm 이었고, 군간에 유의한 차이가 있었다(P<0.01). 배양후 이유식군의 평균 칼슘 농도는 5159.22ppm이었고, 군간에는 유의한 차이가 없었다.

배양 전후의 칼슘농도의 차이는 이유식군이 평균 1816.02ppm으로서, 자당의 2235.98ppm보다 작았으나 유의한 차이는 없었고, 이유식 군간에도 유의한 차이가 없었다.

IV. 고 찰

유아기우식증(early childhood caries)은 모유나 우유, 이유식 등을 부적절한 수유습관으로 섭취함으로써 발생한다⁹⁻¹⁰⁾. Muller¹¹⁾는 유아기우식증을 유발하는 위험요소에 관한 연구에서 수유기의 대다수의 어린이가 우유병을 문 채로 수면을 취하며, 우유병에 자당이 함유된 음식물이 포함되어 있을 경우, 하루에 10시간에서 14시간 가량의 수면을 취하는 2세 이하의 아동에서 수면 중에 타액의 양이 감소하고 자정작용이 결여되며 치아 주위에 음식물이 저류 되어 많은 위험상황에 처한다고 보고하였다.

유아기우식증의 유병률은 미국의 경우 Currier와 Glinka¹²⁾가 5.0%, Johnsen 등¹³⁾이 11.0%의 유병률을 보고하였고, 영국에서는 Goose¹⁴⁾가 6.8%, Winter 등¹⁵⁾이 8.0%의 유병률을 보고하였다. 일본의 경우 Suzuki 등¹⁶⁾은 11.6%, Shimohida 등¹⁷⁾은 12.74%의 유병률을 보이는 것으로 보고하였다. 국내에서는 전과 김¹⁸⁾이 서울지역의 유치원 아동을 대상으로 한 연구

에서 13.4%를 보고하였고, 김¹⁹⁾은 서울과 강원도 지역을 대상으로 하여 14.8%의 유병률을 보고하였다.

이러한 유아기우식증을 유발하는 원인으로는 숙주요인과 병원체요인, 식이요인, 시간요인 등이 있으나 특히 유아기우식증은 유아가 섭취하는 식품과 밀접한 관계에 있는 것으로 알려져 있으며, 송²⁰⁾이 우유, 모유, 두유의 산 생성과 유치 법랑질 탈회 능력을 생체의 연구를 통해 비교하면서 우유 자체는 모유보다 우식유발력이 작지만 타액 및 우식원균과 혼합되어 시간이 경과할 경우 법랑질 탈회를 일으킬 만한 충분한 산을 생성할 수 있으며, 우유를 단독으로 수유하는 것보다 우유와 두유를 혼합하여 수유하는 것이 유아기우식증을 증가시킬 가능성이 크다고 하였고, Tank와 Storvick²¹⁾은 아동의 식생활과 우식증의 상관성에 관한 역학적 연구에서 모유를 먹이는 것이 치아우식발생에 억제효과가 있으며, 출생 후부터 3개월까지 모유 수유를 한 유아가 우식발생률에 있어 모유 수유를 하지 않은 유아에 비하여 10%의 감소를 보였다고 보고하였다.

우리나라에서 시판되고 있는 5개사 15개 제품의 이유식에 대해 한국소비자보호원⁸⁾에서 실시한 당류함량 시험검사 및 표시 실태에 의하면 시험대상 이유식 15개 전 제품에서 단맛을 내는 성분인 설탕, 포도당, 과당의 3가지 당류가 9.2%~24.3% 함유되어 있으며 이것은 대부분 첨가된 것이고, 업체마다 이유시기, 사용법, 섭취량 등이 상이하게 표시되어 있으며, 젖병으로만 먹일 경우 유아기우식증을 유발할 문제점이 있음을 보고하였다. 이유식은 치아가 맹출 하기 시작하는 생후 6개월부터 먹이기 시작하므로 유아기우식증 발생과 밀접한 관계가 있을 것으로 추정할 수 있다. 지금까지의 유아기 우식증에 관한 연구는 주로 모유나 우유를 대상으로 하였고 유아기우식증의 발생을 예방하기 위하여 생후 1년이 되면 모유나 우유의 섭취를 중단하고 이유식만 먹일 것을 권장하고 있다²²⁾. 그러나 실제로 치아와 접촉하는 시간이 더 길고 모유나 우유보다 고형성분이 더 많은 이유식의 우식유발능에 관한 관심과 연구는 상대적으로 적은 상태이다.

이 연구에서 pH를 4.0까지 적정하는데 소요되는 0.1N 유산 용액의 부피로서 완충능을 측정하였는데, Larsen 등²³⁾은 비자

극성 타액의 완충능을 측정하기 위해 pH 3.0 까지 적정하였고, 송²⁴⁾도 시판 과자류의 고유 및 타액내 pH 완충능, 산 발효능에 관한 연구에서 시료 1.0g과 증류수를 혼합해 제작한 10ml의 용액을 pH 3.0까지 적정하였으며, 이 등²⁵⁾은 시판 액상음료제품의 치아우식유발능에 관한 연구에서 시료 2.0ml의 pH를 고유 pH로부터 1.0을 낮추는데 필요한 0.1N 유산용액의 적정량으로서 고유완충능을 측정하였고, 고²⁶⁾는 한국전통간식류의 완충능을 pH 3.0까지 적정하는데 소요된 0.1N 유산용액의 양으로 측정하였다. 본 연구에서는 허⁷⁾의 연구에 준하여 2.5g의 시료를 증류수 50ml에 용해한 용액을 대상으로 pH4.0까지 적정하였다. 용액의 농도를 낮게 하고 부피를 늘림으로써 적정을 보다 정확히 하고자 하였고, 시료 용액의 고유 pH가 중성에 가까웠고 임상적으로 문제가 되는 치태 pH의 하강은 pH 5.5~5.0 미만이기 때문에 pH 4.0까지만 적정하였다.

S. mutans에 의한 산 생성능에 관해 Weinberger 등²⁷⁾은 혀의 점막면에 있는 타액을 비교하여 한 가족 내에서 유아기우식증이 있는 환아에서 그렇지 않은 환아에 비하여 S. mutans의 수가 많음을 보고하였고, McGhee 등²⁸⁾은 S. mutans는 18시간 내에 최종 pH 3.4에 도달한다고 보고하였다. 이유식이 가지고 있는 총 산 생성량을 확인해 보기 위하여 50ml의 시험용액을 48시간동안 배양하였다.

법랑질 표면의 미세경도를 측정하기 위하여 유아기우식증에 관한 송²⁰⁾의 연구에서 사용된 방법에 따라 3mm×3mm 크기의 시편을 만들고 연마 후 300g의 하중을 15초간 부여하여 Vickers 경도를 측정하였다. 또한 유아기우식증이 유치열기에 발생하기 때문에 연구의 타당도를 높이기 위하여 유전치 시편을 사용하였다. Erickson 등⁶⁾은 법랑질 탈회시 유리되는 칼슘의 양을 측정하기 위해서 영구치의 시편을 분말화하여 사용하였으나, 본 연구는 표준화된 실험을 위해 hydroxyapatite를 사용하였다. 그리고 각각의 이유식이 가지고 있는 칼슘의 양과 Streptococcus mutans에 의해 배양된 후 용출된 칼슘의 양을, 시료를 태우는 과정에서 발생하는 파장으로 시료가 가지고 있는 원자의 양을 측정하는 원자흡수분광법(AAS)을 사용하여 검사하였다. 실험 결과 이유식간 칼슘 농도의 편차가 큰 이유는, 이유식의 시료를 2만 RPM으로 10분간 회전시켜 원심분리하고 2ml의 상등액만을 채취하여 원자흡수분광기에서 검사하였기 때문에, 원래 이유식이 가지고 있는 칼슘의 절대량이 측정된 것이라고 할 수 없기 때문이다. 또한, 우유가 배양 전에는 액체 상태였던 것과는 달리 배양 후에는 반고형으로 변한 상태에서 동일한 조건하에서의 실험이 어려웠기 때문에 연구성적에서 제외하였다.

이유식군은 평균 13.16ml로 비교적 높은 완충능을 가지고 있었다. 이는 이유식이 완충능이 큰 우유를 기본 성분으로 하고 있기 때문으로 사료되며, 이유식의 완충능을 조사한 허 등⁷⁾의 보고와도 일치한다. 자당용액은 실험 기준치인 pH 4.0에 도달하는데 유산용액 0.1ml에 반응하였고, 우유는 30ml의 유산용액을 가하였음에도 도달하지 않았다. 이유식군중 A군이

15.53ml로 가장 높은 완충능을 가지고 있었고, B군이 11.03ml로 가장 낮았다. 각 이유식간에 완충능의 차이가 유의하였다.

이유식 제품 자체의 pH는 6.20부터 7.04로 중성 내지 약산성이었으나, 48시간 배양한 후에는 평균 pH 3.88로 자당용액과 우유의 배양후 pH 4.35와 4.20보다 낮았고 자당용액과 유의한 차이가 있었다. 이러한 결과는 연구대상 이유식 모두가 법랑질 탈회가 일어날 수 있는 pH 5.0이하로 하강하였고, 적절한 조건이 주어진다면 치아를 탈회시킬 수 있는 충분한 산을 생성할 수 있음을 의미한다. 그러나 이러한 산 생성이 치아의 우식과 직결된다고 할 수 없는데, 이는 Jenkins와 Ferguson²⁹⁾이 plaque pH를 측정된 생체내 연구와 법랑질 용해도에 대한 생체의 연구를 기초로 한 그들의 연구에서 소 우유는 우식을 촉진시키지 않는다고 결론을 내린 반면 Birkhed 등³⁰⁾은 생체내 실험을 통해 치태에서의 산 생성은 자당이나 우유를 섭취한 후에 증가하였다고 밝힌 바와 같이, 탄수화물이나 자당이 포함되어 있다고 하더라도 반드시 산이 생성되는 것은 아니며, 산이 생성되었다 하더라도 반드시 법랑질이 탈회되는 것은 아니기 때문이다.

치아시편의 배양 전 표면미세경도는 302.5 VHN부터 325.7 VHN까지 분포하였고, 배양 후 표면미세경도는 191.3 VHN부터 244.2 VHN까지 분포하였다. 배양 전후의 차이는 63.5 VHN부터 127.0 VHN이었다. 이처럼 배양전의 표면미세경도가 비교적 균일하였음에도 배양 전후의 표면미세경도의 편차가 큰 것은 실험에 사용된 유치의 시편이 탈락기에 임박해 발거한 치아가 대부분이어서, 발거되기 전에 노출된 환경이 실험에 적용된 것으로 사료된다. 배양 전후의 유치 법랑질 미세경도의 차이는 우유가 63.5VHN으로 가장 작았고, 이유식군은 자당의 97.1VHN과 비슷한 수준의 98.7VHN 이었으나, 세 군간에는 차이가 유의하지 않았다.

합성 hydroxyapatite 탈회검사에서 배양전 이유식군의 평균 칼슘 농도는 3343.19ppm 이었고, 이유식 군간에는 유의한 차이가 있었다(P<0.01). 배양후 이유식군의 평균 칼슘 농도는 5159.22ppm이었으나, 군간에는 유의한 차이가 없었다. 배양 전후의 칼슘농도의 차이는 이유식군이 평균 1816.02ppm으로서, 자당용액의 2235.98ppm보다 작았으나 유의한 차이는 없었고, 이유식 군간에도 유의한 차이가 없었다.

요약하면 국내에서 시판되고 있는 이유식을 대상으로 한 생체의 실험에서 이유식은 유치의 치아우식증을 유발할 수 있는 기본조건을 갖추고 있는 것으로 나타났으며, 유아기우식증을 예방하기 위하여 이유식의 우식유발능을 감소시키기 위한 각계의 노력이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

유아기 우식증을 예방하기 위한 연구의 일환으로 이유식의 우식유발능을 생체의 방법으로 연구하였다. 국내에서 시판되는 5종의 이유식을 실험군으로 하고 10% 자당용액과 우유를 대조

균으로 하였다. 시료용액 50ml의 pH를 4.0까지 낮추는 데 소모된 0.1 N 유산용액의 양으로 완충능을 측정하였고, Streptococcus mutans 10449의 배양액을 접종하여 48시간 배양하기 전과 후에 각각 시료용액의 pH, 시료용액 속에 담긴 유치 범랑질시편의 표면미세경도, 합성 hydroxyapatite로부터 용출된 칼슘이온의 농도를 측정하여 산 생성능과 탈회능을 평가하였다.

이유식의 완충능은 자당용액보다 크고 우유보다 작았으며, 이유식간에 유의한 차이가 있었다(P<0.01). 48시간 배양 후 이유식의 평균 pH는 3.88로서 자당용액의 4.35, 우유의 4.20보다 낮았고 자당용액과 유의한 차이가 있었으며(P<0.05), 이유식 상호간에도 유의한 차이가 있었다(P<0.01). 배양 전후의 유치 범랑질 표면미세경도의 차이는 이유식군이 평균 98.7 VHN로서 자당용액군의 97.1 VHN과 비슷하였고 우유군의 63.5 VHN보다 컸으나 차이가 유의하지 않았다. 합성 hydroxyapatite로부터 용출된 칼슘농도의 차이는 이유식군이 평균 1816.02ppm로서 자당용액군의 2235.98ppm보다 작았으나 차이가 유의하지 않았다.

국내 시판 이유식의 우식유발능은 생체의 연구에서 유치의 치아우식증을 유발할 수 있는 기본 조건을 갖추고 있는 것으로 나타났으며, 이유식 상호간에 부분적으로 유의한 차이가 있었다. 유아기 우식증의 복합적 발생요인 중에서 식이요인을 조절하기 위하여, 이유식의 우식유발능을 더욱 낮추기 위한 학계와 산업계의 공동 노력이 필요하다고 사료되었다.

참고문헌

1. O'Sullivan DM, Tinanoff N : Social and biological factors contributing to caries of the maxillary anterior teeth. *Pediatr Dent* 15(1):41-44, 1993.
2. Seow WK : Biological mechanisms of early childhood caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 26(1 Suppl):8-27, 1998.
3. Ripa LW : Nursing caries : a comprehensive review. *Pedo Dent* 10(4) : 278-282, 1988.
4. Sheikh C, Erickson PR : Evaluation of plaque pH changes following oral rinse with eight infant formulas. *Pediatric Dent* 18(3):200-204, 1996.
5. Bowen WH, Pearson SK, Rosalen PL, et al. : Assessing the cariogenic potential of some infant formulas, milk and sugar solutions. *J Am Dent Assoc* 128(7):865-871, 1997.
6. Erickson PR, McClintock KL, LaFleur J : Estimation of the caries-related risk associated with infant formulas. *Pediatr Dent* 20(7):395-403, 1998.
7. 허용욱, 김석중, 이광희 : 이유식과 아침식사용 씨리얼의 고유 완충능, Streptococcus mutans에 의한 산 생성, 합

- 성 hydroxyapatite의 탈회에 관한 생체의 연구. *원광치의학* 1(1):167-176, 1990.
8. 김성호, 조계란 : 이유식류의 문제점 및 대책. 한국소비자보호원, 1999.
9. Jacobi A : Dentition and its derangements. New York Medical College : Baillere Brothers 19, 1862.
10. Derkson GD, Ponti P : Nursing bottle syndrome: prevalence and etiology in a non-fluoridated city. *Can Dent Assoc J* 48: 389-393, 1982.
11. Muller M : Nursing-bottle syndrome : Risk factor. *J Dent Child* 63: 42-50, 1996.
12. Currier GF, Glinka MP : The prevalence of nursing bottle caries or nursing bottle syndrome in an inner city fluoridated community. *Virginia Dent J* 54:9-19, 1977.
13. Johnsen DC, Schultz DW, Schubot DB : Caries patterns in Head Start children in fluoridated community. *J Public Health Dent* 44(2), 1984.
14. Goose DH : Infant feeding and caries of the incisors. *Caries Research* 1:167-73, 1967.
15. Winter GB, Rule DC : The prevalence of dental caries in preschool children age 1 to 4 years. *Br Dent J* 130:271-277, 1971.
16. Suzuki Y, Inoue M, Yoneyama M, et al. : Relation between incidence of caries and feeding in young children. *Jpn J Ped Dent* 14: 308-314, 1976.
17. Shimohida M, Futatsuki T, Ogata T, et al. : Study to predict the cariogenicity at 3 years of age with the use of dental health parameters at 18 months of age. *Shoni-shikagaku-zasshi* 29:707-719, 1991.
18. 전현철, 김종철 : 유치원아동의 우유병우식증 유병률에 관한 보고. *대한소아치과학회지* 21:153-157, 1994.
19. 김종철 : 유치원 및 어린이집 아동의 우유병우식증에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 25(3):483-492, 1998.
20. 송인경 : 우유병우식증의 식이요인에 관한 연구. 원광대학교 대학원 치의학과 석사학위논문, 1992.
21. Tank G, Storvick CA : Caries experience of children one to six years old in two Oregon community (Corvallis and Albany). *J Amer Dent Assn* 70:394-403, 1965.
22. Tsubouchi J, Higashi T, Shimono T, et al. : A study of baby bottle tooth decay and risk factor for 18-month old infants in rural Japan. *J Dent Child* 61: 293-298, 1994.
23. Larsen MJ, Jensen AF, Madsen DM, Pearce EI : Individual variations of pH, buffer capacity, and concentrations of calcium and phosphate in unstim-

- ulated whole saliva. Arch Oral Biol 44(2):111-117, 1999.
24. 송재익 : 시판 과자류의 고유 및 타액내 pH 완충능, 산 발효능. 원광대학교 대학원 치의학과 석사학위논문, 1986.
 25. 이광희, 최우환 : 시판 액상음료제품의 치아우식유발능. 원광의과학 3:99-111, 1987.
 26. 고석담 : 한국전통간식류의 pH, 완충능, 타액내 발효시 pH하강도, 타액내 산 생성능에 관한 실험적 연구. 원광대학교 대학원 치의학과 석사학위논문, 1987.
 27. Weinberger SJ, Wright GZ : Variables influencing Streptococcus mutans testing. Pediatric Dent 12: 312-315, 1990.
 28. McGhee JR, Michalek SM, Cassell GH : Dental Microbiology. Haper & Row p683, 1982.
 29. Jenkins GN, Ferguson DB : Milk and dental caries. Brit Dent J 120:472-477, 1966.
 30. Birkhed D, Ohlsson A, Svenson C, et al. : Milk and lactose acid production in human dental plaque. J Dent Res 60:1245, 1981.

Abstract

IN VITRO STUDY OF CARIOGENIC POTENTIAL OF INFANT FORMULAS

Deuk-Hee Park, D.D.S., M.S.D., Kwang-Hee Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Dae-Eop Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

The purpose of this study was to assess the cariogenic potential of five infant formulas in vitro, as compared with 10% sucrose solution and whole bovine milk. Buffering capacities were determined by the amount of 0.1 N lactic acid consumed to titrate the 50ml specimen solutions to pH 4.0. The pH of the specimen solution inoculated by *Streptococcus mutans* was measured by pH meter and the surface microhardness of primary tooth enamel immersed in the specimen solution was measured by the microhardness tester, before and after 48 hours incubation. Also, the solubility of calcium from synthetic hydroxyapatite was evaluated by atomic absorption spectrophotometer. The buffering capacity of infant formulas was higher than that of sucrose solution and lower than that of milk, and there were significant differences among infant formulas ($P < 0.01$). The average pH of infant formulas after 48 hours incubation was lower than that of sucrose solution and milk, and there was significant difference between infant formulas and milk ($P < 0.05$). There were no significant differences among groups in the microhardness change of primary tooth enamel and in the amount of dissolved calcium ion from synthetic hydroxyapatite after incubation with *Streptococcus mutans*. In conclusion, infant formulas seemed to fulfill the basic requirements to cause dental caries in primary teeth, and there were significant differences of cariogenic potential among infant formulas. Cooperative efforts of dentistry and manufacturers to reduce the cariogenic potential of infant formulas would be necessary to prevent the early childhood caries in children.

Key words : Infant formula, Early childhood caries, Cariogenic potential, Buffering capacity, Acid production, Demineralization