

불소가 유리되는 교정용 전색제가 법랑질 탈회에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

양 희 상¹⁾ · 김 광 원²⁾ · 윤 영 주³⁾

본 연구는 불소가 유리되는 교정용 전색제의 법랑질 탈회에 대한 효과를 미세경도법을 통해 실험적으로 규명하기 위해 112개의 치아를 7개의 군으로 나누어 실험편을 제작한 뒤, 4개의 군에 광중합형 (L1군, L2군) 및 자가중합형 (S1군, S2군) 교정용 전색제인 FluoroBond[®]를 실험편에 도포하고 인공우식용액하에서 실험적으로 처리 완료된 실험편에 Knoop indenter를 부착한 Tukon microhardness tester를 이용해 미세경도를 측정하였고, 이를 KHN(Knoop hardness number)으로 환산하고 조직의 변성 여부를 검색하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질 깊이에 따른 미세경도는 모든군의 50 μ m 깊이에서 최소였고, 200 μ m에서 최고인 L2군을 제외한 모든군의 300 μ m 깊이에서 최고의 수치를 보였으며, L2, S2군을 제외한 모든군에서 법랑질 깊이가 증가됨에 따라 미세경도치도 증가되었다.
2. 광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제 군 모두 어느정도 치아우식에 저항하는 예방효과를 가지고 있었으나 통계학적인 유의성은 없었다($p>0.05$).
3. 광중합형 교정용 전색제는 법랑질 깊이 100 μ m, 150 μ m, 200 μ m에서 치아우식 진행 억제효과가 있었다 ($p<0.05$).
4. 자가중합형 교정용 전색제는 법랑질 깊이 150 μ m에서 치아우식 진행 억제효과가 있었다 ($p<0.05$).
5. 광중합형 교정용 전색제 군과 자가중합형 교정용 전색제 군 사이의 법랑질 탈회 억제효과의 차이는 없었다 ($p>0.05$).

주요단어 : FluoroBond[®], 미세경도, 불소유리 교정용전색제, 인공우식용액

I. 서 론

치아의 미세경도를 측정하는 것은 그 조직의 물리적 성질과 경조직의 석회화정도 및 우식치아의 연화 현상이나 우식저항부위 및 조직구조와의 연관성을 규명할 수 있는 중요한 단서가 된다¹⁾. 미세경도 측정은 초창기에 Head²⁾ 와 Hogde³⁾ 등에 의해 연구되어 왔으나 이들 대부분은 cutting edge에 대한 조직의 저

항도를 측정하는데 불과했다. 그 당시 사용되었던 Brinell, Rockwell, Vickers와 같은 경도 측정기는 비틀어진 압흔과 법랑질의 파절로 인해 정확한 경도 측정이 이루어 질 수 없었다⁴⁾. 그러나 Knoop unit⁵⁾의 출현으로 치질에 대한 효과적이고 과학적인 미세경도 측정이 가능해졌고 그 후 이에 대한 수많은 연구^{2-4,6-13)}가 선학들에 의해 이루어졌다. 특히 Phillips 등⁴⁾은 불소도포를, Caldwell 등¹⁴⁾은 산을, Newbrun¹¹⁾은 인공우식을 이용하여 법랑질 경도에 대한 효과를 연구하였고, Wilson 등¹⁵⁾은 불소 유리 elastomer가 법랑질의 미세경도에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

교정식 교정장치는 세균증식이 용이하도록 구강내 환경을 변화시킴으로서 법랑질 탈회의 발생빈도가

1) 조선대학교 대학원 치의학과, 치의학박사

2) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 교수

3) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 조교수

* 본 논문은 1998년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

증가하게 된다¹⁶⁾. 특히 환자의 구강위생 상태가 불량한 경우 법랑질 탈회를 야기시키는 주된 원인균으로 알려져 있는 *Streptococcus mutans*의 수가 타액내에서 증가됨으로서 법랑질 탈회가 쉽게 야기될 수 있다¹⁶⁻²¹⁾. 따라서 교정의들은 교정치료를 진행하는 동안 이러한 법랑질 탈회가 교정환자에게 유발되지 않도록 이를 예방하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 그 구체적인 방법의 하나로 불소의 이용을 들 수 있는데 건전한 법랑질 표층에 적용되고 있는 불소는 불화인회석 등의 관련 물질을 형성하여 법랑질의 산용해도를 저하시키며²²⁾ 우식유발과 관련된 미생물의 성장과 효소 분비를 억제함으로써¹³⁾ 항우식효과를 발휘하는 것으로 알려져 있다²³⁾.

이처럼 법랑질 탈회에 예방효과가 있는 불소는 주기적인 불소도포²⁴⁾, 불소용액으로 양치질하는 방법²⁵⁾, 불소가 함유된 치약의 사용¹²⁾, 산부식전 법랑질에 불소를 도포하거나 산부식용액에 불소를 첨가하는 방법과 교정용 접착제에 불소를 첨가하는 방법^{16,26)} 등으로 실제 임상에 이용되고 있으며, 최근에는 불소가 함유된 교정용 전색제가 사용되고 있다^{27,28)}. 이러한 교정용 전색제의 법랑질 탈회에 대한 예방효과는 그 두께와 분포에 의해 좌우되는데 Ceen 등²⁹⁾은 전색제의 점도가 낮거나 두께가 얇으면 예방효과가 감소하기 때문에 전색제의 점도를 높게 하고 두께를 보다 두껍게 해야 한다고 하였다.

교정용 전색제는 산부식에 의한 법랑질 탈회를 예방하고³⁰⁾, 부착력을 강화^{31,32)} 시키는 것으로 알려져 있지만 이와는 반대로 오히려 법랑질 탈회를 야기하며 부착력에 별다른 영향을 미치지 못하거나 저하시킨다는 주장도 있다^{29,33,34)}. Wang 등²⁸⁾은 교정용 전색제 사용에 관계없이 진단결합강도는 차이가 없다고 하였고, 채 등²⁷⁾은 불소가 유리되는 광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제의 치아우식 예방 및 진행억제 효과를 규명하기 위해 편광현미경과 주사전자현미경을 이용해 조직의 변성 여부를 검색한 결과 광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제 모두 법랑질 탈회 예방 및 진행억제 효과가 있다고 하였다.

법랑질의 탈회는 치아우식증의 전구단계로서 이를 규명할 수 있는 유용한 방법은 법랑질의 미세경도를 측정하는 것이다¹⁴⁾. 법랑질이 탈회되면 정상치아에 비해 낮은 미세경도치를 갖는다. 따라서 본 연구의 목적은 교정용 전색제의 법랑질 탈회에 대한 효과를 미세경도법을 통해 실험적으로 규명하는 것이다. 이를 위해 광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제를 실험



Fig. 1. FluoroBond® (Ormco Co., U.S.A.)

편에 도포하고 인공우식용액하에서 실험적으로 처리 완료된 표본에 Knoop indenter를 부착한 Tukon microhardness tester를 이용해 미세경도를 측정하고 이를 KHN(Knoop hardness number)으로 환산하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

(1) 연구재료

교정치료를 위해 최근에 발거된 소구치를 대상으로 치관손상 및 형태이상 없이 치아우식증이나 탈회에 이환되지 않은 112개의 치아를 실험체료로 선택하여, 발치직후 부착된 이물질을 제거하고 회전식 고무점을 이용하여 불소가 포함되지 않은 치면 연마제로 세척한 후 실험에 이용할 때까지 생리식염수³⁵⁾에 보관하였다.

불소 유리 교정용 전색제로는 광중합형 및 자가중합형 FluoroBond®(Ormco Co., U.S.A.)를 선정하였고 (Fig. 1), Optilux 400 (Demetron Research Co., U.S.A.)을 광중합형 FluoroBond®의 중합을 위한 가시광선 조사기로 사용하였다.

불소 유리 광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제인 FluoroBond®가 법랑질 미세경도에 미치는 영향을 실험적으로 규명하기 위해 인공우식용액의 처리방법 및 전색제의 종류에 따라 다음과 같이 7개의 군으로 분류하였으며 인공우식용액으로 Sodium tripolyphosphate (STPP*)를 사용했다.

* :0.1M Lactic acid containing 0.2M Sodium tripolyphosphate, brought PH to 4.2 with adding sodium hydroxide



Fig. 2. Monitor and Tukon microhardness tester equipped with a Knoop diamond indenter

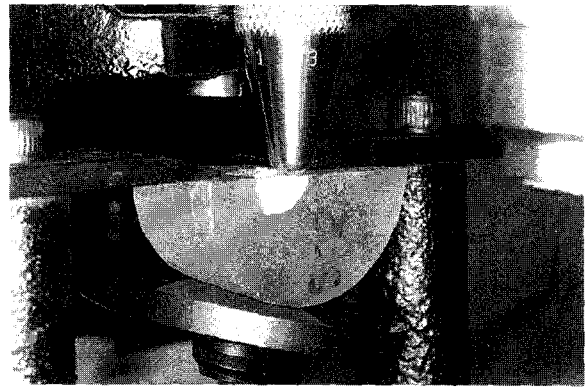


Fig. 3. Measurement of microhardness with a Knoop diamond indenter

- ㉓ C 군 (N=16): STPP 인공우식용액에 담그지 않은 정상치아군
- ㉔ N1군 (N=16): STPP 인공우식용액에 담그고 37°C의 항온용기에 72시간 보관한 비처치군
- ㉕ L1군 (N=16): 실험편에 광중합형 교정용 전색제를 도포하고 STPP 인공우식용액에 담근 후 37°C의 항온용기에 72시간 보관한 광중합형 교정용 전색제군
- ㉖ S1군 (N=16): 실험편에 자가중합형 교정용 전색제를 도포하고 STPP 인공우식용액에 담근 후 37°C의 항온용기에 72시간 보관한 자가중합형 교정용 전색제군
- ㉗ N2군 (N=16): 실험편에 아무런 처치없이 STPP 인공우식용액에 담그고 37°C의 항온용기에 72시간 보관한 후, 이를 다시 아무런 처치없이 STPP 인공우식용액에 담그고 37°C의 항온용기에 72시간동안 보관한 비처치군
- ㉘ L2군 (N=16): 실험편에 아무런 처치없이 STPP 인공우식용액에 담그고 37°C의 항온용기에 72시간 보관한 후, 광중합형 교정용 전색제를 도포하고 이를 다시 STPP 인공우식용액에 담근 후 37°C의 항온용기에 72시간동안 보관한 광중합형 교정용 전색제군
- ㉙ S2군 (N=16): 실험편에 아무런 처치없이 STPP 인공우식용액에 담그고 37°C의 항온용기에 72시간 보관한 후, 자가중합형 교정용 전색제를 도포하고 이를 다시 STPP 인공우식용액에 담근 후 37°C의 항온용기에 72시간동안 보관한 자가중합형 교정용 전색제군

(2) 연구방법

1. 실험편의 제작

원형의 틀에 넣은 아크릴릭 레진상에 치아의 교합면이 위로 향하게 하되 가능하면 지면과 수평이 되도록 위치시키고 아크릴릭 레진이 완전히 중합된 후 low speed diamond wheel saw model 650(South Bay Technology, USA)를 이용하여 치아들을 협설면 방향으로 치관에서 치근쪽으로 절단하여 실험편을 제작하였다. 미세경도의 측정은 편평한 면에서만 가능하기 때문에 표본의 노출부위를 lapping and polishing machine인 Omnilap 2000(South Bay Technology, USA) 연마기를 사용하여 #600, #800, #1000 silicone carbide paper로 연마한 후 다시 #400, #600 grinding compound로 연마, 활택 하였으며, 연마가 끝난 실험편은 stereoscope를 사용하여 표층의 결함 여부를 검사한 다음 8% NaOCl에 10분간 담근 후 실험편을 초음파 세척하여 건조시켰다.

2. 미세경도 측정

처리가 완료된 실험편은 미세경도 측정기(Tukon microhardness tester, Fig.2)에 longitudinal & transverse angle이 각각 172.5도와 130도로 형성된 Knoop diamond 압흔자를 부착한 후 표본의 단면이 압흔자의 낙하 방향에 수직이 되도록 위치시켰다.

현미경상은 광학현미경 (Olympus, Japan)에 부착된 CCD 카메라 (Panasonic, Japan)를 통해 모니터로 전송되었는데, 모니터상에는 X, Y축상에 각각 2개의 직선이 있었으며 via controller로 이동이 가능하도록 되어있었다. 따라서 하나의 X축은 표본의 아크릴 레

Table 1. Microhardness values (Mean±Standard deviation, KHN) of the different groups according to enamel depths(unit=μm)

Group(N)/Depth	50	100	150	200	250	300
C (16)	269.9±72.8	323.8±15.8	332.4± 8.9	338.0±10.7	337.5±10.1	338.7± 7.3
N1 (16)	224.8±42.9	288.6±34.4	314.6±26.3	326.5±35.9	337.1±41.1	337.8±35.3
L1 (16)	225.5±49.7	300.3±20.8	324.1±20.7	335.1±20.4	345.3±17.1	351.2±15.9
S1 (16)	243.7±45.3	302.7±44.7	323.8±31.6	331.5±38.7	351.5±40.8	363.9±58.3
N2 (16)	207.5±49.0	256.2±47.0	277.2±37.4	305.7±40.7	313.1±42.9	333.0±47.7
L2 (16)	230.3±61.6	305.3±51.2	331.8±44.3	358.1±32.2	348.2±41.7	353.2±29.2
S2 (16)	235.8±42.3	287.3±21.6	323.6±24.4	321.6±19.1	342.1±22.4	342.1±27.6

N: Number, KHN: Knoop hardness number

진과 치아의 경계부분과 일치하도록 위치시켰다.

경도측정은 test screen에 있는 소프트 웨어인 Tukon 23 program(Wilson instrument x-ray auto-transversing system, version 2.2, Rmssoftware Inc., 1991, USA)이 KHN으로 전환시켜 주는데 이 소프트 웨어에 있는 X, Y축 수치를 0으로 조절하고 그 외에 가해지는 하중과 현미경 배율등을 기록한 다음 X축이 치아 깊이 50μm상에 위치하도록 표본을 움직여 조절하였다.

준비가 완료되면 200g의 하중으로 10초간 힘을 가하게 되고 실험편의 표면에 표시된 diamond형 압흔이 400배율의 현미경과 CCD 카메라를 통해 모니터상에 나타난다. 이때 2개의 Y축을 압흔의 양쪽 끝에 위치시킨 뒤 test screen으로 전송하면 Tukon 23 program이 길이를 인지하여 Knoop 경도치로 환산시켜 주었다. 이와같은 실험을 50μm간격으로 300μm깊이 까지 시행하여 Knoop 경도치를 측정하였다. 이때 하중으로 인한 치면의 물성변화가 야기될 수 있기 때문에 지그체그로 이동하면서 측정하였다(Fig. 3).

3. 통계처리

얻어진 각 실험편의 미세경도 데이터를 통계프로그램인 SPSS/PC*에 입력한 후 각 군의 법랑질 깊이에 따른 미세경도의 평균과 표준편차를 산출하였고, 일원변량분석(one-way ANOVA)과 Tukey 방법에 의해 법랑질 깊이에 따른 각 군의 미세경도와 각 군간의 법랑질 깊이에 따른 미세경도를 비교하여 통계학적 유의성 여부를 검증하였다.

III. 연구성적

1. 법랑질 깊이에 따른 각 군의 미세경도

법랑질 깊이에 따른 각 군의 미세경도 평균치와 표준편차는 Table 1과 같다. 각 군 모두 50μm에서 최소의 미세경도를 보였으며, 200μm에서 최고의 수치를 보인 L2군을 제외한 모든군에서 300μm에서 최고의 수치를 보였다. 또한 L2, S2군을 제외한 모든 군에서 법랑질 깊이가 증가됨에 따라 미세경도치도 증가되었다.

2. 법랑질 깊이에 따른 각 군의 미세경도 비교

법랑질 깊이에 따른 각 군의 미세경도 비교는 Table 2와 같다. 모든 군에서 50μm와 100-300μm 사이에는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 (p<0.05). 또한 S2군은 100μm와 150-300μm 사이, L1군은 100μm와 200-300μm 사이, N1군은 100μm와 250-300μm 사이, N2군은 100μm와 250-300μm, 150μm와 300μm 사이, L2군과 S1군은 100μm와 300μm 사이에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 (p<0.05).

3. 각 군간의 법랑질 깊이에 따른 비교

각 군간의 법랑질 깊이에 따른 미세경도 비교는 Table 3과 같다. N2군과 C군, N2군과 L1군, N2군과 S1군 사이에 100μm와 150μm에서, N2군과 N1군, N2군과 S2군 사이에 150μm에서 통계학적으로 유의한 차

Table 2. Comparison of microhardness values (KHN) for each group according to enamel depths.

Depth	50	100	150	200	250	300
50						
100	A*					
150	A*	a*				
200	A*	a*,b*				
250	A*	a*,b*,c*,d*				
300	A*	a*,b*,c*,d*,e*,f*	d*			

A: all groups, a: S2 group, b: L1 group, c: N1 group,
 d: N2 group, e: L2 group, f: S1 group,
 *: statistically significant (p<0.05)

Table 3. Statistical evaluation of microhardness values (KHN) between the groups according to enamel depths

Group	C	N1	L1	S1	LS	S2	N2
C							
N1							
L1							
S1							
L2							
S2							
N2	a*,b*	b*	a*,b*	a*,b*	a*,b*,c*	b*	

a: 100µm enamel depth, b: 150µm enamel depth,
 c: 200µm enamel depth, *: statistically significant (p<0.05)

이를 보였고 (p<0.05), N2군과 L2군 사이에 100µm, 150µm, 200µm에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며 (p<0.05), 그 외에는 각 군간에 차이가 없었다 (p>0.05).

IV. 총괄 및 고안

교정장치는 세균성 치태의 부착을 용이하게 함으로서 세균집단이 증식되고 그 결과 법랑질 탈회나 백색반점의 발생빈도를 증가시킨다¹⁶⁾. 특히 밴드 변연 부위가 정확히 밀착되어 있지 않으면 그 부위에 박테리아가 축적되므로써 단 일주일내에 치태 하방으로

국소적인 법랑질 탈회가 생긴다는 것이 주사전자현미경에 의해 증명되었으며^{20,36)} 박테리아의 수가 증가할수록 법랑질 탈회도 더 증가하게 된다¹⁷⁾.

법랑질 탈회로 인한 미세경도의 변화에 대해서 Klinger¹⁰⁾는 우식치아에서 경도가 25% 낮아진다고 하였는데, Miake³⁷⁾는 그 이유로서 치아우식이 유발되면 치아경조직의 석회화로 얻어진 광물질이 침착된 경조직에 연화현상이 유발되기 때문이라고 하였다. 또한 Davidson⁸⁾은 칼슘의 농도와 탈회 시간에 따라 법랑질의 미세경도가 변화하고 산부식된 부위의 미세경도가 50% 감소된다고 하였다.

법랑질 탈회를 예방하기 위해서는 불소가 많이 이용되는데, 그 기전을 살펴보면 용해성인 불소가 법랑질의 주성분인 hydroxyapatite와 작용하여 비용해성인 fluorapatite를 형성하게 되고²²⁾ 그 결과 법랑질이 재경화됨으로서 법랑질 탈회나 백색반점의 형성이 정지하는 것이다^{2,11)}. 이처럼 불소가 치아를 단단하게 하는데 매우 효과적이므로 치아 경조직의 경도를 규명하는 것은 그 조직의 정상적인 물리적 성질과 치아 경조직의 석회화정도는 물론 경조직 질환인 치아우식증의 저항성에 대해서도 간접적으로 규명할 수 있는 잇점을 가지고 있다¹⁾.

비틀어진 압흔과 법랑질의 파절때문에 법랑질 경도를 측정하는데 적절치 못한 것으로 알려진 치아구조에 대한 초기의 경도측정방법^{2,3)}에 비해 Knoop unit⁵⁾을 이용한 방법은 Knoop unit가 최소 25mg의 적은 하중에서도 물질의 경도 측정이 가능하고 측정할 면이 적고 깨지기 쉬워도 측정이 가능할 뿐 아니라 건전한 법랑질에서의 압흔도 뚜렷한 경계를 갖는

장점⁴⁾ 때문에 치질에 대한 효과적이고 과학적인 미세경도 측정이 가능해 졌다. Knoop unit을 이용한 미세경도의 측정은 하중이 법랑질면에 직각이 되게 하는 방법과 평행이 되게 하는 방법으로 나누어지는데³⁸⁾, 본 연구에서는 법랑질 깊이에 따른 미세경도를 측정하기 위해서 해부학적 법랑질 면에 평행이 되도록 측정하였다.

Caldwell등⁷⁾은 건전한 법랑질이 평균 380 KHN의 경도를 지니며 연령과 성별에 따른 차이는 없다고 하였으나, Nihei^{39,40)}와 Craig⁴¹⁾는 연령에 따라 치아의 경도 차이가 있다고 보고하였고, Wright등⁴²⁾은 상아질의 경도가 30대에서 가장 높다고 하였다. 또한 양⁴³⁾은 연령의 증가에 따라 법랑질의 경도는 상승하나 상아질의 경도에서 차이가 없다고 하였고 Wright등⁴²⁾은 상아질의 경도가 남자보다 여자가 높다고 하였다. 본 연구에서는 아무런 처치도 하지 않은 C군의 경우 50 μ m에서 300 μ m까지의 법랑질 깊이에서 269.9-338.7 KHN의 경도를 보였는데 대조군의 미세경도가 Caldwell등⁷⁾의 연구결과에 비해 낮은 것은 이러한 연령이나 성별의 차이와 관련이 있는 것으로 생각된다.

Thurmond 등¹²⁾은 불소 화합물의 종류에 따른 경도의 차이에 대해 연구하였는데 NaF(Sodium fluoride)는 2.4%, Na₂PO₃F paste(Sodium mono fluorophosphate)는 7.0%, SnF₂ gel(Stannous fluoride gel)은 10.8%, SnF₂ Paste는 10.8%로 경도가 증가함으로써 SnF₂가 건전한 표면하 법랑질을 단단하게 하는데 매우 효과적이었다고 하였으며, 이는 주로 stannous ion에서 기인한다고 하였다. 본 연구의 경우 불소 유리광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제로 다른 전색제에 비해 불소가 50배까지 높게 유리되는 것으로 알려진 BF₃ (Boron tri-fluoride)계제인 FluoroBond[®]를 사용하여 법랑질 미세경도의 차이를 규명하고자 하였는데 향후 FluoroBond[®]를 포함한 불소화합물의 종류에 따른 경도의 차이를 규명하는 연구도 필요하리라 생각된다.

또한 Wilson등¹⁵⁾은 브라켓 기저부에서 치경부쪽 50-75 μ m 지점이 법랑질 탈회 호발부위⁴⁴⁾이기 때문에 그 지점에서부터 20 μ m단위로 200 μ m까지의 법랑질 미세경도를 측정하여 불소가 유리되는 elastomer가 법랑질 미세경도에 미치는 영향에 대해 연구한 결과, 20 μ m(296.8 \pm 29.8)에서 대조군(262.9 \pm 26.4)보다 더 단단하였고 나머지 깊이에서는 별차이가 없다고 하였는데, 20 μ m에서 법랑질이 더 단단해지는 이유는 불소에 의해 구강내 세균이 일시적으로 감소함으로써 브라

켓 주위에 탈회가 감소하거나 탈회부위에 높은 농도의 불소가 유리됨으로서 산을 방어할 수 있는 보호막이 형성되기 때문이라고 설명하고있다. 본 연구에서 법랑질 깊이에 따른 미세경도가 각 군 모두 50 μ m에서 최소의 미세경도를 보였으며, 200 μ m에서 최고의 수치를 보인 L2군을 제외한 모든군에서 300 μ m에서 최고의 수치를 보였고 L2, S2군을 제외한 모든군에서 법랑질 깊이가 증가됨에 따라 미세경도치도 증가되었다. 그러나 L2군 200 μ m를 제외한 50-200 μ m까지의 광중합형 및 자가중합형 전색제군 모두 대조군의 법랑질보다 더 단단하지 못해 Wilson등¹⁵⁾의 연구와는 상반된 결과를 보였는데 이는 인공우식용액에 의한 영향 때문인 것으로 생각된다.

건전한 법랑질의 깊이에 따른 미세경도에 있어서 김⁶⁾은 전체 법랑질층중에서 법랑상아질경계선의 미세경도가 가장 낮았고, 400 μ m, 800 μ m, 1000 μ m층에서는 상당한 증가를 보이거나 그후 점진적으로 증가하여 최표층 내측인 2,000 μ m층에서 최대치를 보인다고 하였는데, 본 연구의 경우 김⁶⁾과 실험조건이 동일하지는 않지만 아무런 처치도 하지 않은 C군에서 법랑질 깊이가 증가됨에 따라 미세경도치가 증가한 것은 법랑질 깊이가 증가함에 따라 미세경도가 점진적으로 증가한다고 한 김⁶⁾과 유사한 결과를 보인 것으로 생각된다.

또한 본 연구에서 법랑질 깊이에 따른 미세경도를 비교해보면 모든 군에서 50 μ m와 100-300 μ m 사이에 통계학적으로 유의한 차이를 보였고, S2군의 100 μ m와 150-300 μ m 사이, L1군의 100 μ m와 200-300 μ m 사이, N1군의 100 μ m와 250-300 μ m 사이, N2군의 100 μ m와 250-300 μ m, 150 μ m와 300 μ m 사이, L2군과 S1군의 100 μ m와 300 μ m 사이에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 즉 현재의 실험 조건하에서 100 μ m까지는 외부의 환경에 의해 법랑질이 영향을 받지만(특히 50 μ m에서 심함), 그 이상의 깊이에서는 별다른 영향을 받지 않음을 의미한다.

광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제에 대한 치아우식 예방효과를 규명하기 위해 채 등²⁷⁾은 편광현미경하에서 인공우식병소의 깊이를 측정하였는데 그 결과 광중합형 전색제군(8.42 μ m)과 자가중합형 교정용 전색제군(7.20 μ m) 모두 정상치아에서의 깊이(5.08 μ m)와 유사하였고, 전색제를 도포하지 않고 인공우식용액에만 담근 비처치군의 깊이(47.92 μ m)는 이들 군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 보이면서 훨씬 깊었으므로 이들 전색제는 치아우식 예방 효과

가 있다고 하였다. 본 연구에서는 아무런 처치도 하지 않고 인공우식용액에 의한 처리만을 한 N1군에 비해 광중합형(L1) 및 자가중합형(S1) 전색제 군 모두에서 통계학적인 유의성은 없었으나 미세경도의 수치가 더 증가된 것으로 보아 이들 불소가 함유된 전색제가 어느정도 법랑질 탈회에 대한 예방효과를 가지고 있는 것으로 생각된다. 그러나 엄밀한 의미에서 법랑질 표면에서부터 인공우식병소의 깊이를 측정할 때 등²⁷⁾의 연구결과와 비교해 볼 때 본 연구는 법랑질 표면에서부터 50 μ m 단위로 300 μ m까지의 법랑질 미세경도를 측정하였기 때문에 정확한 법랑질 탈회 효과를 비교하기는 어렵다고 생각되며, 이를 보완하기 위해서는 보다 낮은 깊이로 세분화하여 미세경도를 측정하는 것이 필요할 것으로 생각되며, 더 나아가서는 실험편의 인공우식용액 처리 시간을 다양화하여 그 차이를 규명하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

또한 아무런 처치도 하지 않고 인공우식용액에 의한 처리만을 한 N2군에 비해 광중합형 전색제군(L2)은 100 μ m, 150 μ m, 200 μ m에서, 자가중합형 전색제군(S2)은 150 μ m에서 미세경도의 수치가 통계학적으로 유의성 있게 큰 것은 이들 전색제가 어느정도 치아우식의 진행을 억제시키는 효과가 있는 것으로 생각되며, 이는 채 등²⁷⁾의 연구결과와 일치하였다.

광중합형 교정용 전색제군과 자가중합형 교정용 전색제군 사이의 차이에 대해 채 등²⁷⁾은 편광현미경과 주사전자현미경하에서 구별할 수 없다고 하였는데 본 연구에서도 마찬가지로 광중합형 교정용 전색제군과 자가중합형 교정용 전색제군 사이에 통계학적인 유의성이 없는 것으로 보아 두 군의 차이를 구별하는 것은 어렵다고 생각된다. 다만 L2군이 N2군과 100-200 μ m에서 통계학적인 유의성이 있었으나 S2군은 단지 100 μ m에서만 N2군과 통계학적인 유의성을 보인 것으로 보아 본 실험 조건으로는 광중합 교정용 전색제가 자가중합형 교정용 전색제보다 항우식 효과가 보다 우수한 것으로 생각된다.

이상을 종합해볼 때 불소가 유리되는 교정용 전색제가 법랑질 탈회로부터 치질을 보호하는 효과가 있음에도 불구하고 이에 대한 장기적인 임상적인 연구 보고는 아직도 미진한 실정이다. 본 연구 또한 인위적인 인공우식용액하에서 실험적으로 얻어진 결과에 불과하므로 향후 이를 보완할 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각되며, 보다 우수한 생체적합성과 항우식 효과를 지닌 교정용 전색제의 개발에 진력해야 될 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 불소가 유리되는 교정용 전색제의 법랑질 탈회에 대한 효과를 미세경도법을 통해 실험적으로 규명하기 위해 시행하였다. 이를 위해 112개의 치아를 7개의 군으로 나누고 실험편을 제작하였으며, 4개의 군에 광중합형(L1군, L2군) 및 자가중합형(S1군, S2군) 교정용 전색제인 FluoroBond[®]를 실험편에도포하였다. 인공우식용액하에서 실험적으로 처리 완료된 실험편에 Knoop indenter를 부착한 Tukon microhardness tester를 이용해 미세경도를 측정하였고 이를 KHN(Knoop hardness number)으로 환산하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질 깊이에 따른 미세경도는 모든군의 50 μ m 깊이에서 최소였고, 200 μ m에서 최고인 L2군을 제외한 모든군의 300 μ m 깊이에서 최고의 수치를 보였으며, L2, S2군을 제외한 모든군에서 법랑질 깊이가 증가됨에 따라 미세경도치도 증가되었다.
2. 광중합형 및 자가중합형 교정용 전색제 군 모두 어느정도 치아우식에 저항하는 예방효과를 가지고 있었으나 통계학적인 유의성은 없었다 ($p>0.05$).
3. 광중합형 교정용 전색제는 법랑질 깊이 100 μ m, 150 μ m, 200 μ m에서 치아우식 진행 억제효과가 있었다 ($p<0.05$).
4. 자가중합형 교정용 전색제는 법랑질 깊이 150 μ m에서 치아우식 진행 억제효과가 있었다 ($p<0.05$).
5. 광중합형 교정용 전색제 군과 자가중합형 교정용 전색제 군 사이의 법랑질 탈회 억제효과의 차이는 없었다 ($p>0.05$).

참 고 문 헌

1. 정재규. 한국인의 중, 측절치 경조직 미세경도에 관한 연구, 대치보존지 1976 : 2(1) : 38-49.
2. Head JA. A study of saliva and its hardening and softening J Am Med Assn 1912 : 59 : 2118-2122.
3. Hodge HC. Hardness tests on teeth, J Dent Res 1936 : 15 : 271-279
4. Phillips RW, Swartz ML. Effect of fluorides on hardness of tooth enamel, JADA 1948 : 37 : 1-13.
5. Knoop F, Peters GC, Emerson WB. A sensitive pyramidal tool for indentation measurements, J Res natn Bur stand 1939 : 23 : 36-61.
6. 김철위. 치아 경조직의 미세경도에 관한 연구, 대치협회지 1975 : 13(1) : 17-32.

7. Caldwell RC, Muntz ML, Gilmore RW, Pigman W. Microhardness studies of intact surface enamel, *J Dent Res* 1957 : 36(5) : 732-738.
8. Davidson CL, Hoekstra IS, Arends J. Microhardness of sound decalcified and etched tooth enamel related to the calcium content, *Caries Res* 1974 : 8 : 135-144.
9. Hodge HC, McKay H. The Microhardness Tooth, *J Am Dent Assoc* 1933 : 20 : 227-233.
10. Klinger A. Studies on enamel hardness, *D Cosmos* 1940 : 60-291.
11. Newbrun E. Studies on the physical properties of fluorosed enamel - II, *Arch oral biol* 1960 : 12 : 21-27.
12. Thurmond JW, Shannon IL. Effects of fluoride-containing dentifrices on enamel hardness, *J oral medicine* 1980 : 35(2) : 35-38.
13. White DJ, Nancollas GH. Physical and chemical considerations of the role of firmly and loosely bound fluoride in caries prevention, *J Dent Res* 1990 : 69 : 587-594.
14. Caldwell RC, Gilmore RW, Timberlake P, Pigman J, Pigman W. Semiquantitative studies of in vitro caries by microhardness tests, *J Dent Res* 1958 : 37 : 301-305.
15. Wilson TG, Love B. Clinical effectiveness of fluoride-releasing elastomers II enamel microhardness levels, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995 : 107(4) : 379-381.
16. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot lesion formation after bonding and banding, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1982 : 81(2) : 323-332.
17. Arton J, Brobakken O. Prevalence of caries white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances, *Eur J Orthod* 1986 : 8 : 229-234.
18. Ingervall B. The influence of orthodontic appliances on caries frequency, *Odontol Revy* 1962 : 13 : 185-190.
19. Mattingly JR, Sauer GJ, Yancy JM, Arnold RR. Enhancement of *Streptococcus mutans* colonization by direct bonded orthodontic appliances, *J Dent Res* 1983 : 62 : 1209-11.
20. Øgaard B. Prevalence of white spot lesions in 19-year olds; a study on untreated and orthodontically treated persons 5 years after treatment, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989 : 96(5) : 423-427.
21. Rosenbloom RG, Tinanoff N. Salivary *Streptococcus mutans* levels in patients before, during, and after orthodontic treatment, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991 : 100(1) : 35-37.
22. Wefel JS. Effects of fluoride on caries development and progression using intra-oral models, *J Dent Res* 1990 : 69 : 626-633.
23. Shannon I. Prevention of Decalcification in Orthodontic Patients, *J Clin Orthod* 1981 : 694-705.
24. 손한신, 이동주. Bracket 부착에 의한 법랑질 표면의 탈회 및 개선 방법에 관한 연구, *대치교정지* 1995 : 25(2) : 165-174.
25. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Benson BJ. Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992 : 101(5) : 403-407.
26. Garcia-Godoy F, Hubbard GW, Storey AT. Effect of a fluoridated etching gel on enamel morphology and shear bond strength of orthodontic brackets, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991 : 100(2) : 163-170.
27. 채승원, 윤영주, 김광원. The effects of light- and self-cured orthodontic sealants on the prevention and the progressive inhibition of enamel demineralization in vitro, *대치교정지* 1997 : 27(6) : 979-995.
28. Wang WN, Tarng TH. Evaluation of the sealant in orthodontic bonding, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991 : 100(3) : 209-211.
29. Ceen RF, Gwinnett AJ. Microscopic evaluation of the thickness of sealants used in orthodontic bonding, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1980 : 78(6) : 623-629.
30. Smith RA, Bellezza JJ, Capilouto ML, Bradley EL, Denys FR, Retief DH. A clinical study of the composite/bonding resin-tooth interface, *Dent Mater* 1987 : 3 : 218-223.
31. Espinosa HD. In vitro study of resin-supported internally etched enamel, *J Prosthet Dent* 1978 : 40 : 526-530.
32. Gwinnett AJ. State of the art and science of bonding in orthodontic treatment Council on materials, instruments and equipment, *JADA* 1982 : 105 : 844-850.
33. Ceen RF, Gwinnett AJ. White spot formation associated with sealants used in orthodontics, *Pediatr Dent* 1981 : 3(2) : 174-178.
34. Mitchem JC, Turner LR. The retentive strength of acidetched retained resins, *JADA* 1974 : 89 : 107-110.
35. Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis RR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990 : 98(3) : 214-221.
36. Gwinnett AJ, Richard FC. Plaque distribution on bonded brackets: A scanning microscope study, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1979 : 75(6) : 667-677.
37. Miake K et al. Microhardness studies on human teeth Part I Shikwa Gakuho 1966 : 66-1103.
38. Arends J, Schuthof J, Jongebloed WG. Lesion depth and microhardness indentations on artificial white

- sport lesions, Caries Res 1980 : 14 : 190-195.
39. Nihei I. A study on the hardness of human teeth, part I, Hardness of normal teeth in the longitudinal section, J Osaka Univ Dent Soc 1959 : 4 : 1.
 40. Nihei I. A study on the hardness of human teeth in horizontal section, J Osaka Univ Dent soc 1959 : 4 : 177.
 41. Craig RG, Gehring PE, Oeyton FA. Relation of structure to the microhardness of human dentin, J Dent Res 1959 : 38-524.
 42. Wright HN, Fenske EL. Factors involved in variability in hardness of tooth structure, J Dent Res 1938 : 17-27.
 43. 양원식. 한국인 치아 미세경도에 관한 실험적 연구, 종합의학 1962 : 7 :1049.
 44. O'Reilly MM, Featherstone JDB. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an *in vivo* study, Am J Orthod Dentofac Orthop 1987 : 92: 33-40.

- ABSTRACT -

Effect of fluoride releasing orthodontic sealants on enamel demineralization in vitro

Hee-Sang Yang, Kwang-Won Kim, Young-Jooh Yoon

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to evaluate the effects of fluoride releasing orthodontic sealants, light-cured (Group L1&L2) and self-cured (Group S1&S2) FluoroBond[®], on enamel microhardness under artificial carious solution in vitro. 112 extracted human premolar teeth were collected for experiments and divided into seven groups.

A Tukon microhardness tester equipped with a Knoop diamond indenter was employed to determine microhardness. Tukon 23 program converted the number of microhardness into KHN (Knoop hardness number).

The results were as follows:

1. The microhardness of enamel depth of all groups were the least at the depth of 50 μ m and that of all groups except L2 group, the greatest at the depth of 200 μ m, were the greatest at the depth of 300 μ m. And as the enamel depth of all groups except L2 and S2 group increased, the microhardness value also increased.
2. There was a little preventive effect in enamel decalcification both light- and self-cured orthodontic sealant groups, but had no statistical significance between the groups ($p > 0.05$).
3. Light-cured orthodontic sealant groups had a progressive inhibiting effect in enamel decalcification at the depth of 100 μ m, 150 μ m, and 200 μ m ($p < 0.05$).
4. Self-cured orthodontic sealant groups had a progressive inhibiting effect in enamel decalcification at the depth of 150 μ m ($p < 0.05$).
5. There was no difference of the anti-enamel demineralization effect between light- and self-cured orthodontic sealant groups ($p > 0.05$).

KOREA. J. ORTHOD. 1999 ; 29 : 589-597

* **Key words** : FluoroBond[®], Microhardness, fluoride releasing orthodontic sealant, artificial carious solution