

이중중합 치면열구 전색제와 광중합 치면열구 전색제의 미세경도에 관한 비교연구

서울대학교 치과대학 소아치과학교실

이광수 · 김형두 · 이상훈

Abstract

A COMPARATIVE STUDY OF MICROHARDNESS OF DUAL-CURE AND LIGHT-CURE PIT AND FISSURE SEALANT

Kwang-Soo Lee, D. D. S., M. S. D., Hyung-Doo Kim,
D. D. S., Ph. D, Sang-Hoon Lee D. D. S., Ph. D.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

Due to the various reason, sealing of pit & fissure might be imperfect. One of these reason can be the fracture of sealant material because of the low hardness value of sealing material. The purpose of this in vitro study was to evaluate the microhardness of two different curing type pit and fissure sealants : Dual-cure and Light-cure.

The result from the present study can be summarized as follows :

1. All pit and fissure sealants that used in this study showed statistically significant difference in their microhardness of upper and lower surface. ($P < 0.05$)
2. Except of lower surface of teethmate, microhardness of 40-second curing sealant was statistically higher than that of 20-second curing sealant. ($P < 0.05$)
3. In comparison of sealants, microhardness of dual-cure sealant was statistically higher than that of light-cure sealant.

Above results suggest that the use of dual-cure sealant and longer curing time are recommended.

Key words : sealants, Dual-cure, Microhardness

I. 서 론

소아에서의 치아우식증을 예방하기 위한 많은 방법들이 시행되어지고 있으며 그 방법으로는 잇솔질 교습법, 식이조절법, 불소 이용법, 그리고 치면열구 전색법등을 꼽을 수 있다. 제1대구치와 유구치들은 법랑질의 석회화도가 낮고 미성숙 되어 있으며, 교합면 형태가 복잡하고 다양한 형태의 열구의 존재로 인하여 충분한 치태제거를 할 수 없으며, 치열궁의 후방에 위치하여 잇솔질이 어려운 등의 이유로 맹출과정 중이나 맹출 직후 치아 우식에 이환되기 쉬우며, 특히 소아열구 부위는 이러한 경향이 높다고 알려져 있고¹⁾, 불소 이용에 의한 예방효과도 미약하다고 보고되어지고 있다²⁾.

이러한 소와열구의 치아 우식증을 예방하기 위한 방법으로 1923년 Hyatt에 의하여 예방적 치아 절제술(prophylactic odontology)이 소개된 이래로 다양한 충전물들이 소와열구의 치아 우식증을 예방하기 위하여 시도 되어져 왔으며 재료의 개선에 대한 연구와 치아 우식 예방효과에 대한 평가가 이루어지고 있다³⁾. 치면열구 전색제의 우식예방 효과에 대한 연구로는 Buonocore⁴⁾, Going 등⁵⁾, Charbeneau 등⁶⁾, Gwinnett 등⁷⁾ 이 보고한 바 있으며, 국내에서는 차⁸⁾와 이⁹⁾ 등이 보고한 바 있다.

대부분의 전색제는 복합레진과 마찬가지로 화학중합형과 광중합형으로 분류되며 이중에서 화학중합형은 혼합이 시작되면서 경화가 진행되므로 조작시간이 한정되어 술자가 수복과정에서 작업시간의 제한을 받을 수 있으며 혼합시 기포가 개제위험이 있다. 한편 열구내로 완전히 침투하면 균일한 중합을 얻을 수 있다¹⁰⁾.

이러한 화학중합형의 단점을 보완하기 위해 자외선에 의해 중합반응이 개시되는 광중합형이 개발되었으나 자외선이 인체에 미치는 위해작용^{11,12)}과 중합심도의 한계성 등의 이유로 사용이 제한적이었기 때문에 스펙트럼의 청색 계열인 420-480nm의 파장을 가진 가시광선 중합형 레진이 개발되어 사용되고 있다. 가시광선 중합형 레진은 자외선 중합형 레진에 비해 짧은 시간에 더 깊은 부위까지 경화되며¹³⁾, 화학중

합형에 비교해 볼 때 작업시간 조절의 용이성, 취급의 간편성, 짧은 중합시간 등의 이점이 있고, 혼합이 필요치 않아 레진내의 기포가 적게 생기고 표면에서의 중합도가 증가하여 물성이 좋아지고 마모저항도 증가한다^{14,15)}. 그러나 치과용 의자에 달려있는 무영등에 의해 중합이 개시될 수도 있으며, 레진의 두께가 증가할수록 심부에서는 중합이 덜 일어나고 중합시의 표층방향으로의 수축에 의하여 완전한 전색이 되지 않을 수 있으며 광조사기등의 장비가 필요하게 되는 단점이 있다.

이러한 광중합형 전색제의 단점을 보완하기 위하여 화학중합과 광중합의 두 가지 방법을 모두 사용하는 치면열구 전색제 AELITE SEAL (Bisco Co.)가 개발되었다. 그러나 이에 관한 실험적, 임상적인 연구가 시행되어지지 않은 상태이며, 이중중합 전색제가 광중합 전색제의 단점을 보완할 수 있는 물성을 지니고 있는지 알아보려고 저자는 미세경도측정기를 이용하여 광중합형 전색제와 이중중합형 전색제의 표층과 심층의 미세경도를 비교하는 실험을 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에 사용된 재료는 대조군으로서 국내에서 시판되는 광중합형 치면열구 전색제 2종으로 Concise(3M Dental Co. U.S.A.)와 Teethmate-A(Kuraray Co. Japan)를 사용하였고, 실험군으로 AELITE SEAL(Bisco Co. U.S.A.)를 사용하였다. 가시광선 조사기로는 Curing LightXL 3000(3M Dental Co. U.S.A.)를 사용하였다. 미세경도는 Shimadzu Micro Hardness Tester HMV-2000(Shimadzu Co. Japan)으로 측정하였다.

2. 연구방법

1) 시편제작

유리판 위에 직경 5mm의 구멍이 뚫린 0.7mm두께의 불투명한 polyethylene mold를 위치시키고 각 재료를 넣고 표면을 slide glass로

덮은 후에 가시광선 조사기로 중합하였다.

중합시간은 20초와 40초로 하였고 각 재료당 표면 미세경도측정용 12개와 바닥 미세경도측정용 12개의 시편을 제작하였다.

2) 미세경도측정 실험자간의 오차를 줄이고 측정자의 편견이 개제되지 않도록 시편 제작자와 미세경도 측정자를 달리하였으며, 시간적인 오차를 줄이기 위하여 한개의 시편이 제작되자마자 미세경도를 측정하였다. 미세경도는 5g의 무게를 5초간 주는 조건으로 Vickers' Hardness number(VHN)를 측정하였다.

III. 연구성적

Table 1.은 각 군의 미세경도 측정치를 VHN으로 나타내어 산출한 평균과 표준편차이고, Fig 1.은 이를 도표화한 것이다.

연구에 사용된 모든 전색제는 각각의 표면과 바닥의 미세경도에 유의할 만한 차이를 보여주었으며, teethmate의 바닥면을 제외하고는 중합시간에 따른 미세경도에도 유의할 만한 차이를 나타내었다.

각 전색제 간의 비교에 있어서, 이중중합의

Table 1. Vickers' hardness number : mean±s.d.

전색제의 종류	Concise		Teethmate		AELITE SEAL	
	20초	40초	20초	40초	20초	40초
upper surface	10.90±1.17	12.29±0.52	5.97±1.59	8.46±1.04	10.76±1.98	14.95±0.66
lower surface	3.48±0.71	4.24±0.32	1.92±0.64	2.09±0.59	4.81±0.72	8.20±0.52

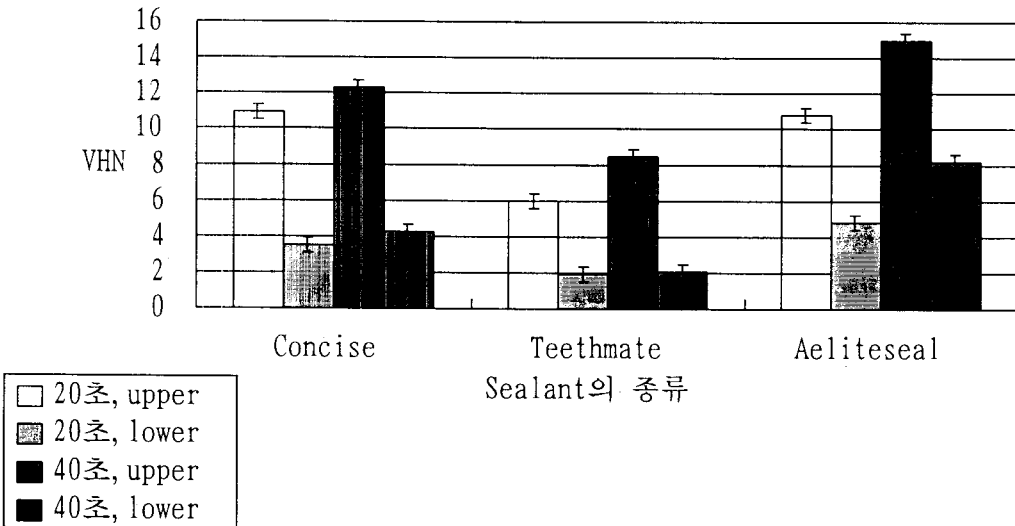


Fig 1. Vickers' hardness number of sealants

Table 2. 20초 중합시 전색제간의 표면 미세경도의 비교

	Concise	Teethmate	Aelitesal
Concise			
Teethmate	*		
Aelitesal	NS	*	

NS=No Significant, *=Statistically Significant($p<0.05$)

From Duncan's multiple range test

Table 3. 20초 중합시 전색제간의 바닥 미세경도의 비교

	Concise	Teethmate	Aeliteseal
Concise			
Teethmate	*		
Aeliteseal	*	*	

NS=No Significant, * = Statistically Significant($p<0.05$)

From Duncan's multiple range test

Table 4. 40초 중합시 전색제간의 표면 미세경도의 비교

	Concise	Teethmate	Aeliteseal
Concise			
Teethmate	*		
Aeliteseal	*	*	

NS=No Significant, * = Statistically Significant($p<0.05$)

From Duncan's multiple range test

Table 5. 40초 중합시 전색제간의 바닥 미세경도의 비교

	Concise	Teethmate	Aeliteseal
Concise			
Teethmate	*		
Aeliteseal	*	*	

NS=No Significant, * = Statistically Significant($p<0.05$)

From Duncan's multiple range test

전색제가 광중합 전색제에 비하여 표면과 바닥 모두에서 유의할 만한 높은 미세경도의 차이를 나타내었으며, 중합시간에 따라서도 유의할 만한 차이를 보여 주었다.

IV. 총괄 및 고찰

어린이의 치아우식 예방의 한 방법으로서 전색제의 사용의 효과에 관한 많은 논란이 있었지만, 적절한 환자의 선택과 주의 깊은 도포술식에 따를 경우 전색제의 사용은 효과적인 우식 감소 방법으로서 고려될 수 있다^{3,16-20}.

소아의 교합면 우식증은 매우 중요한 구강 건강 문제이며, 우식 유병율을 낮추려는 많은 노력들을 행하고 있지만, 교합면 소와 열구의 우식증의 상대적인 빈도는 오히려 증가하는 추세이다²¹. 소아에서 교합면 우식증의 높은 빈도와 빠른 진행 속도는 깊은 소와열구가 미

생물과 음식물 잔사를 장시간 머무르게하는 정도, 열구 바닥과 상아법랑 경계부와의 근접성, 그리고 어떠한 기계적인 방법으로도 열구를 완전히 세척하지 못한다는 점들과 관련이 있는 듯하다. 교합면의 우식 유병율은 또한 교두의 경사도, 혹은 다시 말해서, 열구의 깊이와 상관관계가 있다. 즉, 열구가 깊을수록 우식 유병율은 높아진다²².

이와같이, 소아에서의 교합면 우식증이 높은 유병율을 가지므로, 이것의 발현을 감소시키려는 노력들이 수년간 계속되어 왔다. 전술했듯이, 잇솔질과 같은 방법으로 교합면 소와열구를 세척하는 방법은 거의 효과가 없다. 사실 1973년 Taylor와 Gwinnet는 치면세마 방법과 상관없이 열구부위에 잔사가 남아있는 것을 발견하였다²³. 이러한 해부학적 불리함을 극복하기 위한 초기의 노력으로서 1923년 Hyatt는 우식이 없는 열구를 제거하고 얇은 은합금으로

충전하는 치아절제술(prophylactic odontology)을 소개하였고²⁴⁾, 이와 함께 1929년 Bodecker는 단순히 열구를 제거만하는 술식을 소개하였지만 널리 사용되지 못하였다²⁵⁾.

1950년대에 국소적, 전신적 불소사용의 발달이 소아의 치아우식 유병율에 영향을 미쳤으나, 교합면에는 효과가 적은 것으로 밝혀졌다²⁾. 1955년 Buonocore가 산부식된 법랑질 표면에 레진을 접착시키는 방법을 소개한 이후로²⁶⁾ 치질을 인위적으로 삭제하지 않으면서 좁고 깊은 소와열구의 우식증을 예방할 수 있는 가능성이 생기게 되었다. 이상적인 전색제의 요구조건으로서는 법랑질 표면에 지속적으로 부착될 수 있어야하고, 술자가 도포하기 쉬워야 하며, 구강조직과 생체친화성이 있어야하고, 좁은 열구로 완전히 침투할 수 있을 정도로 낮은 점도를 가져야하며, 구강내에서 용해도가 낮아야 한다²⁷⁾. 1967년 Cueto와 Buonocore는 methyl 2-cyanoacrylate를 산부식된 법랑질에 전색제로 사용하였고²⁸⁾, 그 이외에 polyurethane계열이 사용되었으나 유지율이 매우 떨어졌다²⁹⁾. 그 후 1970년 Bowen에 의하여 bisphenol A-glycidyl methacrylate (bis-GMA)가 개발되었고³⁰⁾, 1971년 Buonocore는 전색제로서 자외선에 의하여 중합되는 bisphenol A-glycidyl methacrylate (bis-GMA)를 사용하였으며, 이러한 계열의 제품들이 1세대의 전색제들이었다. 2세대의 전색제들은 화학반응에 의한 자가중합형이었으며, 3세대의 전색제는 가시광선에 의해 중합되는 것들이다³¹⁾. 이외에 1972년 Wilson과 Kent³²⁾에 의해 Glass ionomer cement가 개발되었고, 1974년 McLean과 Wilson³³⁾이 이것을 전색제로 이용한 후에 이에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 최근에 개발된 Resin-modified glass-ionomer cement를 전색제로서 사용하려는 시도들도 행하여지고 있다. Glass-ionomer cement는 silicate cement가 장시간 불소를 유리하기 때문에 항우식작용이 있다는 장점과 polycarboxylate cement가 치아에 접착성이 있으며 치수에 저자극성이라는 장점을 혼합한 재료로서 항우식성, 생체적합성 등의 성질로 인하여 다양한 용도로 쓰이고

있으며 이러한 장점을 전색제에도 이용하려는 노력들로 생각되어진다.

전색제의 우식예방효과에 관한 연구로서는 1965년 King등에 의한 미생물이 충전물하에서 감소하고 우식이 진행되지 않는다³⁴⁾는 보고에 기초하여 1972, 1973, 1976년에 Handelman등³⁵⁾과 1980년에 Jensen과 Handelman³⁶⁾이 방사선상에 명확히 나타나는 우식을 가지는 교합면 소와열구가 전색제로 도포되었을 경우, 미생물의 수가 유의하게 감소한다고 보고하였으며, 이와같은 결과는 1975년 Jeronimus등³⁹⁾, 1978년 Goings등⁴⁰⁾, 1979년 Mertz-Fairhurst등⁴¹⁾, 그리고 최근에는 1993년 Kramer등⁴²⁾의 연구의 결과에 의하여 확인되어진다.

전색제의 유효성에 관한 연구로서 1993년 Ripa는 전색제가 치면에 부착되어 있는 한 우식예방에 효과적이며, 임상적 유지율이 전색제의 성공의 척도가 될 수 있다고 하였다. 위에서 전술하였듯이 Ripa는 전색제를 세대로서 구분하였으며³¹⁾, 1세대의 전색제가 2세대의 전색제에 비하여 도포 후 3년 간은 결과가 비교할만 하나 유효성은 점차로 감소한다고 보고하였고, 1990년 Romcke등⁴³⁾과 1991년 Simonson⁴⁴⁾은 2세대 전색제가 10년 후에도 50% 정도의 치면에 부착되어 있었다고 보고하였으며, 1993년 Ripa는 5년간의 3세대 전색제의 결과도 2세대의 결과와 비슷하다고 보고하였다³¹⁾.

유지에 의한 임상적인 성공의 평가 이외에도 탈락에 의한 전색제의 소실에 관한 연구도 행하여졌는데, 그 방법으로는 1978년 Handelman등이 tooth replica technique⁴⁵⁾, 1992년 Stach등이 digital caliper⁴⁶⁾, 그리고 1991년 Pintado등이 computer-guided profilometry를 사용하였으며⁴⁷⁾, 전색제들 간에 비슷한 결과를 보여 주었다. 1992년 Tilliss등은 전색제 도포 직후에 교합 부조화가 있다고 보고하였으며⁴⁸⁾, 1985년 Jensen등은 교합조정을 당일에 행하는 것과 상관없이 많은 양의 전색제가 도포 직후에 소실되고, 시간이 지날 수록 소실되는 양은 감소한다고 보고하였다. 그리고, 전색제의 소실은 교두경사 부위에서 주로 일어나며 열구 바닥에는 남아 있다고 보고하였다⁴⁹⁾.

비록 전색제의 유지율이 양호하지만, 화학적이나 물리적인 방법으로 치면세의 접촉을 증진시키려는 연구들이 행해지고 있다. 1992년 Hitt와 Feigal, 1994년 김등은 생체의 실험에서 타액오염시에 bonding agent의 사용이 바람직하다고 하였으나 임상적으로는 확인되지 않았다^{50,51)}.

전색제의 열구내로의 완전한 침투에 치면세 마법이 미치는 영향에 관한 연구로는 1973년 Miura등은 치면세마를 거치지 않고 산부식한 경우 결합력은 1/3 정도로 감소된다고 보고하였고⁵²⁾, 1973년 Taylor등은 전색제의 침투에 영향을 주는 요인으로 기하학적 형태, 열구내 침착물의 존재 여부, 전색제의 물리적 화학적 성질등을 열거하였고, 이중 열구내 침착물이나 잔사가 전색제의 열구내로의 침투에 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였다²³⁾. 1980년 Willman등⁵³⁾, 1990년 조등⁵⁴⁾과 1992년 Brocklehurst등⁵⁵⁾이 air-polishing이 열구내의 침착물과 잔사를 제거하는데 효과적이며, 열구내로의 전색제의 침투의 깊이가 증가한다고 보고한 바 있다.

중합시간에 따른 전색제의 유지에 관한 연구로는 1996년 Franklin등이 5종의 전색제를 이용하여 20초 혹은 60초의 중합시간을 주었을 경우 전색제의 유지에 관해 보고한 바 중합시간이 길수록 유지가 증가하고 임상적인 환경에서 마모에 저항도가 증가한다고 하였다⁵⁷⁾. 이와같은 결과는 본 연구에서 40초의 중합한 경우 미세경도가 높은 것으로 나타나는 결과와 어느 정도 관련이 있는 듯 하다.

대부분의 전색제는 bis-GMA와 점도가 낮은 TEGDMA(triethylene glycol dimethacrylate) 등의 단량체를 포함하고 있다. 광중합형의 전색제는 camphorquinon과 같은 diketone이 420-480nm 파장의 청색 가시광선의 에너지를 흡수함으로써 활성화되어 환원제인 organic amine과 결합한 후 이것이 분리되면서 유리기가 형성되어 반응이 시작되며, 화학 중합형 전색제는 중합 개시제인 benzoyl peroxide와 반응 촉진제로 사용되는 3급 방향족 amine인 N,N-bis(2-hydroxyethyl)-p- toluidine에 의하여 중합

반응이 일어난다⁵⁶⁾. 이와같은 전색제들이 구강 내에서 중합될 때 단량체들이 중합반응 동안 모두 중합체로 전환되는 것이 바람직하지만 항상 미반응 단량체가 상당량 존재하게 된다. 이러한 미반응 단량체는 중합체를 연화시켜 전색제의 물리적, 기계적 성질을 저하시킬 수 있다. Rueggerberg와 Craig는 Fourier Transform Infrared(FTIR) spectroscopy를 이용하여 광중합형 레진의 중합도와 미세경도와 깊은 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에서 사용된 AELITE SEAL은 광중합과 화학중합의 이중의 중합성을 가지는 전색제로서 광중합형 전색제인 Concise나 Teethmate에 비하여 유의할 만한 높은 미세경도를 보인 것은 화학중합에 의하여 미반응 단량체의 양이 상대적으로 감소한 결과인 듯하다. 광중합 전색제의 미세경도로서 짐작하는 중합도의 정도는 1992년 FTIR spectroscopy를 이용하여 전색제의 중합도를 관찰한 부등의 연구와는 상반된 결과를 보여주었다. 한편, 중합시간에 따른 미세경도에서 유의할 만한 차이를 보여주는 것으로 보아 비교적 완전한 중합을 위하여 40초의 중합시간이 추천되어지며, 각 전색제에서 표면과 바닥면과의 미세경도도 유의할 만한 차이를 보이는 것으로 보아 임상적으로 소와열구 바닥면에서 전색제가 완전히 중합되어 치질내에 온전한 resin tag가 형성되어 지는지에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 화학중합과 광중합의 두 가지 방법을 모두 사용하는 이중중합 치면열구 전색제 AELITE SEAL(Bisco Co.)가 광중합 전색제의 단점을 보완할 수 있는 물성을 지니고 있는지 알아보려고 저자는 미세경도측정기를 이용하여 광중합형 전색제와 이중중합형 전색제의 표층과 심층의 미세경도를 비교하는 실험을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연구에 사용된 모든 전색제는 각각의 표면과 바닥의 미세경도에 유의할 만한 차이를 보여주었다.

2. teenthmate의 바닥면을 제외하고는 중합시간에 따른 미세경도에도 유의할 만한 차이를 나타내었다.

3. 각 전색제 간의 비교에 있어서, 이중중합의 전색제가 광중합 전색제에 비하여 표면과 바닥 모두에서 유의할 만하게 높은 미세경도의 차이를 나타내었으며, 중합시간에 따라서도 유의할 만한 차이를 보여 주었다.

4. 이상의 결과에서 이중중합의 치면열구 전색제의 사용이 추천되어지며, 중합시간도 40초 이상은 되어야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- 1) Silverstone, L.M. : Fissure sealants. Caries Res., 8 : 2-26, 1974.
- 2) Backer, D.O. : The benefits of water fluoridation., Caries Res. 8 : 2-15, 1974.
- 3) Silverstone, L.M. : The use of pit and fissure sealants in dentistry : Present status and future development. Pediatr. Dent. 4 : 16, 1982.
- 4) Buonocore, M.G. : Adhesion sealing of pit and fissure for caries prevention with use of ultra-violet light. J.A.D.A. 80 : 324-328, 1970.
- 5) Going, R.E. : Four-year clinical evaluation of pit and fissure sealant. J.A.D.A. 95 : 972-981, 1977.
- 6) Charbeneau, G.T., Dennison, J.B. and Ruge, G. : A filled pit and fissure sealant : 18-months results. J.A.D.A. 95 : 299-306, 1977.
- 7) Gwinnett, A.J., Ripa, L.W. : Penetration of pit and fissure sealants into conditioned human enamel in vivo. Arch. Oral Biol. 18 : 435-439, 1973.
- 8) 차문호 : 소와열구 전색제(Nuva-Seal)에 의한 우식예방효과에 관한 임상적 연구. 대한소아치과학회지. 2(1) : 45-51. 1975.
- 9) 이상호 : 치면열구전색제의 도포 및 조기 탈락이 치아우식증 예방에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지. 16(1) : 116-127. 1989.
- 10) Felix, L. and Relaph, W. : A classification and evaluation of composite resin system. J. Prosthet. Dent. 50 : 480, 1983.
- 11) Birdsell, D.C., Bannon, J.J. and Webb, R.B. : Harmful effect of near ultraviolet radiation of sealant composite resin. J. Am. Dent. Assoc. 84 : 311, 1979.
- 12) Marray, G.A. and Yates, J.L. : Ultraviolet light and ultraviolet light-activated composite resin. J. Prosthet. Dent. 46 : 167, 1981.
- 13) Newman, S.M. and Marray, G.A. : Visible light and visible light-activated composite resin. J. Prosthet. Dent. 50 : 31, 1983.
- 14) Brankenau, R.J. and Cavel, W.T. : Wavelength and intensity of seven systems for visible light-curing composite resins. J. Am. Dent. Assoc. 106 : 471, 1983.
- 15) Donald, E.A. and Marcus, D.B. : Longitudinal intensity variability of visible light curing units. Quintessence Int. 17 : 819, 1986.
- 16) Horowitz, H.S. : The potential of fluoride and sealants to deal with problems of decay. Pediatr. Dent. 4 : 286, 1982.
- 17) Ripa, L.W. : Occlusal sealing : Rationale of the technique and historic review. J. Am. Soc. Prev. Dent. 3 : 32, 1973.
- 18) Ripa, L.W. : Occlusal sealants : An overview of clinical studies. J. Public Health. Dent. 43 : 216, 1983.
- 19) Ripa, L.W. : The current status of pit and fissure sealants. A review. J. Can. Dent. Assoc. 51 : 367, 1985.
- 20) Weintraub, J.A. : The effectiveness of pit and fissure sealants. J. Public Health. Dent. 49 : 317, 1989.
- 21) Brunell, J.A. and Carlos, J.P. : Changes in prevalence of dental caries in U.S. school children, 1961-1980. J. Dent. Rest.

- 61 : 1346, 1982.
- 22) Bossert, W.A. : The relation between the shape of the occlusal surfaces of molars and the prevalence of decay. *J. Dent. Res.* 16 : 63, 1937.
 - 23) Taylor, C.V. and Gwinnet, A.J. : A comparative study of the penetration of sealants into pits and fissures. *J. Am. Dent. Assoc.* 87 : 1181-1187, 1973
 - 24) Hyatt, T.P. : Prophylactic odontomy. *Dent. Cosmos.* 65 : 234, 1923.
 - 25) Bodecker, C.F. : The eradication of enamel fissures. *Dent. Items int.* 51 : 859, 1929.
 - 26) Buonocore, M.G. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *Int. J. Pediatr. Dent.* 2 : 156-162, 1955.
 - 27) Stanley, L., Handelman and Zia Shey : Michael Buonocore and the eastman dental center : A historic perspective on sealants. *J. Dent. Res.* 75 : 529-534, 1996.
 - 28) Cueto, E.I. and Buonocore, M.G. : Sealing of pits and fissures with an adhesive resin. Its use in caries prevention. *J. Am. Dent. Assoc.* 75 : 121-128, 1967.
 - 29) Rock, W.P. : Fissure sealants. Further results of clinical trials. *Br. Dent. J.* 136 : 317-321, 1974.
 - 30) Bowen, R.L. : Crystalline dimethacrylate monomers. *J. Dent. Res.* 49 : 810-815, 1970.
 - 31) Ripa, L.W. : The current status of pit and fissure sealants. A review. *J. Can. Dent. Assoc.* 5 : 367-379, 1993.
 - 32) Wilson, A.D. and Kent, B.E. : A new translucent cement for dentistry. *Br. Dent. J.*, 132 : 133, 1972.
 - 33) McLean, J.W. and Wilson, A.D. : Fissure sealing and filling with adhesive glass-ionomer cement. *Br. Dent. J.*, 136(2) : 269-276, 1974.
 - 34) King, J.B., Crawford, J.J. and Lindahl, R.L. : Indirect pulp capping : Abateriologic study of deep carious dentin in human teeth. *Oral Surg.* 20 : 663-671, 1965.
 - 35) Handelman, S.L., Buonocore, M.G. and Heseck, D.J. : A preliminary report of the effect of fissure sealant on bacteria in dental caries. *J. Prothet. Dent.* 27 : 390-392, 1972.
 - 36) Handelman, S.L., Buonocore, M.G. and Schoute, P.C. : Progress report of sealant effect of a fissure sealant on bacteria in dental caries. *J. Am. Dent. Assoc.* 87 : 1189-1191, 1973.
 - 37) Handelman, S.L., Washburn, F. and Wopperer, P. : Two-year report of sealant effect on bacteria in dental caries. *J. Am. Dent. Assoc.* 93 : 967-970, 1976.
 - 38) Jensen, O.E. and Handelman, S.L. : Effect of an autopolymerizing sealant on viability of microflora in occlusal dental caries. *Scand. J. Dent. Res.* 88 : 382-388, 1980.
 - 39) Jeronimus, D.J., Till, M.J. and Sveen, O.B. : Reduced viability of microorganisms under dental sealants. *J. Dent. Child.* 42 : 275-280, 1975.
 - 40) Going, R.E., Loesche, W.J., Gringer, D.A. and Syed, S.A. : The viability of microorganisms on carious lesion five year after covering with a fissure sealant. *J. Am. Dent. Assoc.* 97 : 455-462, 1978.
 - 41) Mertz-Fairhurst, E.J., Schuster, G.S., Williams, J.E. and Fairhurst, J.E. : Clinical progress of sealed and unsealed caries. Part 1. Depth changes and bacterial counts. *J. Prosthet. Dent.* 42 : 521-526, 1979.
 - 42) Kramer, P.F., Zealnte, F. and Simionato, M.R. : The immediate and long-term effect of invasive and non-invasive pit and fissure sealing techniques on the microflora in occlusal fissures of human teeth. *Pediatr. Dent.* 15 : 108-112, 1993.

- 43) Romcke, R.G., Lewis, D.W., Maze, B.D. and Vickerson, R.A. : Retention and maintenance of fissure sealants over 10 years. *J. Can. Dent. Assoc.* 56 : 235-237, 1990.
- 44) Simonson, R.J. : Retention and effectiveness of dental sealants after 15 years. *J. Am. Dent. Assoc.* 122 : 34-42, 1991.
- 45) Handelman, S.L., Jensen, O.E. and Pameijer, C.H. : Quantitative assessment of sealant wear in vivo. *J. Prosthet. Dent.* 40 : 531-533, 1978.
- 46) Stach, D.J., Hatch, R.A., Tilliss, T.S. and Cross-Poline, G.N. : Change in occlusal height resulting from placement of pit and fissure sealants. *J. Prosthet. Dent.* 68 : 750-753, 1992.
- 47) Pintado, M.R., Conry, J.P. and Douglas, W.H. : Fissure sealant wear at 30 months : New evaluation criteria. *J. Dent.* 19 : 33-38, 1991.
- 48) Tilliss, T.S., Stach, D.J., Hatch, R.A. and Cross-Poline, G.N. : Occlusal discrepancies after sealant therapy. *J. Prosthet. Dent.* 68 : 223-228, 1992.
- 49) Jensen, O.E., Hancelman, S.L. and Perez-Diez, F. : Occlusal wear of four pit and fissure sealants over two years. *Pediatr. Dent.* 7 : 23-29, 1985.
- 50) Hitt, J.C. and Feigal, R.J. : Use of bonding agent to reduce sealant sensitivity to moisture contamination : an in vitro study. *Pediatr. Dent.* 14 : 41-46.
- 51) 김진규 : 타액오염시 bonding agent의 사용이 치면열구 전색제의 유지력에 미치는 효과에 관한 연구. *대한소아치과학회지.* 21 (1) : 378-389, 1994.
- 52) Miura, F., Nakagawa, K. and Ishzaki, A. : Scanning electron microscopic study on the direct bonding system. *Bull. Tokyo Dent. Med. Univ.*, 20 : 245-249, 1973.
- 53) Willmann, D.E., Norling, B.K. and Johnson, W.N. : A new prophylaxis instrument : Effect on enamel alterations. *J.A.D.A.* 101 : 923-925, 1980.
- 54) 조민선 : 치아 열구 세척법이 전색제 열구 침투성에 미치는 영향에 대한 실험적 비교 연구. *대한소아치과학회지.* 17(1) : 148-155. 1990.
- 55) Brocklehurst, P.R., Joshi, R.I. and Northeast, S.E. : The effect of air-polishing occlusal surface on penetration of fissures by sealants. *Int. J. Paediatr. Dent.* 2 : 156-162, 1992.
- 56) Vanherle, G. and Smith, D.C. : Posterior composite resin dental restorative materials. Peter Szulc Publishing Co. 1985.
- 57) Franklin, G.G., James, B.S. and Juan, F.R. : Effect of 20- or 60-second curing times on retention of five sealant materials. *Pediatr. Dent.* 18(3) : 248-249, 1996.