

## CAD/CAM으로 제작된 Ceramic Inlay의 변연누출에 관한 비교연구

서울대학교 · 원광대학교\* · 전북대학교\*\* 치과대학 보존학교실

조병훈 · 이명중 · 임미경\* · 이광원\*\* · 손호현

Abstract

### A COMPARATIVE STUDY ON MARGINAL LEAKAGE OF CAD/CAM-FABRICATED CERAMIC INLAY

Byeong-Hoon Cho · Myung-Jong Lee · Mi-Kyung Im  
Kwang-Won Lee\*\* · Ho-Hyun Son

*Dept. of conservative Dentistry, College of Dentistry,  
Seoul National University, Wonkwang University\*, Chonbuk National University*

To compare the marginal leakage of CAD/CAM-fabricated ceramic inlay, gold inlay and amalgam, forty extracted caries-free premolars were prepared with Class II MO cavity design. The teeth were divided into four groups of ten samples each. Group 1 was restored with CAD/CAM-fabricated ceramic inlays cemented with Scotchbond Resin Cement / Scotchbond Multi-purpose plus. Group 2 was restored with gold inlays cemented with Scotchbond Resin Cement / Scotchbond Multi-purpose plus. Group 3 was restored with gold inlays cemented with zinc phosphate cement. And, Group 4 was restored with amalgam. All samples were thermocycled, and stored in 1% methylene blue. Marginal leakage was examined at four margins, that is, occlusal distal, proximal gingival, occlusal facial and occlusal lingual margins from sectioned samples under stereomicroscope(x15).

The results were as follows :

1. Group 1 and 2 showed no statistically significant difference among marginal leakage at all four examined margins( $p > 0.05$ ).
2. Group 3 and 4 showed significant marginal leakage at proximal gingival margin compared with other margins( $p < 0.05$ ).
3. Significantly increased marginal leakage at proximal gingival, occlusal facial and occlusal lingual margins in group 3 were observed compared with other groups( $p < 0.05$ ).

본 논문은 1995년도 서울대학병원 지정진료연구비에 의하여 이루어졌음.

## I. 서 론

전통적으로 치아우식에 대한 수복재료로 아말감이 가장 널리 사용되어 왔다. 아말감은 내구성, 조각의 편이성 및 경제적인 측면에서 다른 재료에 비해 장점을 갖는 반면에 지연팽창에 의한 변연파절, 약한 인장강도, 부식과 변색에 의한 심미성의 결여, 환경적인 문제점 등으로 인해 점차 그 사용이 줄어들고 있고 대체재료인 복합레진이나 도재의 사용이 급격히 증가되고 있는 실정이다. 최근에 개발되고 있는 치과용 CAD/CAM을 이용한 도재인레이는 도재의 탁월한 심미성 및 우수한 물리적 성질, Buonocore<sup>1)</sup> 이후에 급격히 발전하고 있는 접착수복술 그리고 공학의 발전에 의한 컴퓨터 원용 설계 및 컴퓨터 원용 제작기술을 접목하여 치과수복학의 새로운 영역을 열어가고 있다. 치과용 CAD/CAM에는 여러 종류가 있으나 현재 상용화에 성공하여 널리 사용되고 있는 system은 많지 않다. 그중에서도 Siemens사에 의해 개발된 CEREC system이 최초로 상용화되어 이미 세계각국에서 임상에 적용되고 있으며 CEREC system을 이용한 치과용수복물에 대한 실험적 및 임상적 결과들이 많이 보고되고 있다<sup>2-7)</sup>.

Cerec system은 도재피를 이용하여 인레이, 온레이 및 라미네이트를 제작하여 합착용 복합레진 시멘트를 사용하여 수복할 수 있도록 개발되었다. 이러한 도재인레이의 수복에 있어 합착용 복합레진 시멘트의 물리적 성질 및 생물학적 특성에 관해 많은 연구가 이루어져 왔다. LoPresti 등<sup>8)</sup>은 직접법에 의한 복합레진 수복에 비해 CAD/CAM으로 제작된 도재인레이가 범랑질 및 상아질 계면에서의 변연폐쇄효과가 더 우수하다고 하였다. 접착수복술식에 있어 변연누출은 post-operative sensitivity<sup>9)</sup>, 이차우식<sup>10)</sup>, 변연착색<sup>11)</sup> 및 치수병변<sup>12)</sup>의 원인이 된다. 그러나 Anusavice 등<sup>13)</sup>은 CAD/CAM으로 제작된 도재인레이의 변연적합성이 문제가 된다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 2급와동을 이용하여 도재인레이, 금인레이 및 아말감 수복 시의 변연누출을 비교, 분석하여 그 결과를 보고하는 바이다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에서는 CAD/CAM으로 제작된 도재인레이의 변연누출을 금인레이 및 아말감과 비교하기 위하여 우식과 충전물이 없는 발치한 40개의 소구치를 4군으로 나누어 모든 치아에 근심교합면(MO) 2급와동을 형성한 후 각각 10개의 소구치에 제1군은 합착용 복합레진시멘트로 합착한 도재인레이, 제2군은 합착용 복합레진시멘트로 합착한 금인레이, 제3군은 인산시멘트로 합착한 금인레이 및 제4군은 아말감으로 수복하였다. 제작된 시편을 1% methylene blue에 24시간 침적한 후 변연누출을 평가하였다. 실험에 사용된 아말감은 동명치제산업사의 Bestaloy, 금합금은 Type I gold, 도재피는 Vita Cerec Mark II의 #A2 shade/I8 size의 도재피를 선택하여 사용하였다. 인산시멘트는 Confi-Dental Products Co의 Type I 인산시멘트, 레진시멘트로는 3M사의 Scotchbond resin cement(Lot # 19961014) / Scotchbond Multi-Purpose Plus(Lot # 19950620)를 사용하였다.

### 2. 실험방법

변연누출을 평가하기 위하여 우식과 충전물이 없는 선택된 40개의 소구치를 발치한 즉시 흐르는 물에 씻어 0.5% chloramine 용액에 보관하여 실험에 사용하였다. 40개의 치아를 각각 10개씩 4군으로 나누어 다음과 같은 원칙에 따라 근심교합면 2급와동을 형성하였다.

1. 교합면에서의 와동협착부(isthmus)의 협설측 폭은 2.0 mm, 변연융선에서의 협설측 폭은 3.0 mm의 교합면 외형형태를 설정하였다.
2. 와동의 깊이는 교합면와동에서 2.0 mm, 인접면와동에서 4.0 mm의 깊이를 부여하였다.
3. 와동의 교합면측 이개도는 금인레이와 도재인레이의 와동에서는 #701 carbide bur의 taper정도에 따라 교합면측으로 2~4°의 이개된 측벽을 부여하였고, 아말감 와동에서는 #330 carbide bur로 약간 수렴되게 부여하

였다.

4. 금인레이의 경우에는 30~40°의 와연사면을 부여하였고, 도재인레이와 아말감의 경우에는 와연사면을 부여하지 않았다.
5. 와동내의 모든 벽은 평탄하게 부여하고, 특히 도재인레이의 경우에는 Cerec system의 절삭능력을 고려하여 와동저와 측벽의 돌출형태는 모두 제거하였다<sup>14)</sup>.

와동의 형성은 인레이 와동의 경우는 #701 carbide bur, 아말감 와동의 경우는 #330 carbide bur를 이용하여 high speed handpiece로 주수 하에 대략의 와동형성을 시행하며, low speed handpiece로 상기 와동 조건을 충족하도록 세밀한 와동형성을 시행하였다.

제1군은 와동을 형성한 치아를 치경부까지 투명한 교정용 자가중합레진에 매몰하여 Cerec Operator's Manual<sup>14)</sup>에 기술된 방법에 따라 Cerec 인레이를 제작하고, 제작된 도재인레이의 내면을 Vita Porcelain Etchant(불산)로 1분간 부식하고 수세, 건조한 후 Scotchbond Ceramic Primer를 5초간 도포하여 압축공기로 건조시키고 silane 처리된 도재표면에 SMP plus의 catalyst(3.5)를 도포하였다. 와동의 내면을 수세하고 건조한 후 35% 인산으로 15초간 산부식하고 15초간 수세한 후 습윤상아질 접착법을 위하여 압축공기로 2초간 건조하였다. SMP plus의 activator(1.5)를 도포하고 5초간 압축공기를 약하게 불어 건조한 후 activator로 활성화된 와동의 내면에 SMP plus primer(2)를 도포하고 5초간 압축공기를 약하게 불어 건조시키고 다시 SMP plus catalyst(3.5)를 도포하여 레진시멘트로 접착할 준비를 완료하였다. Scotchbond Resin Cement의 Paste A와 B를 혼합하여 와동의 내면에 도포하고 준비된 도재인레이를 압접하여 여분의 레진시멘트를 제거하고 교합면, 협측 및 설측에서 각각 60초씩 광중합하였다. 최종적으로 외면을 Soflex disk로 순차적으로 주수 하에 연마하였다. 제2군과 3군은 GC사의 Exaflex 고무인상재로 인상을 채득하여 석고모형을 만든 후 인레이용 왁스로 주형을 제작하고 매몰 주조하였다. 완성된 주조체를 연마하여, 제2군에서는 3M사의 Scotch-

bond Multi-Purpose plus와 Scotchbond Resin Cement로 1군에서와 같은 방법으로 합착하였고, 제3군에서는 인산시멘트로 통법에 따라 합착하였다. 제4군은 matrix band를 장착한 후 아말감을 충전하여 조각하고 24시간이 경과한 후 연마하였다.

제작된 40개의 시편을 5°C와 55°C의 수조에서 각각 30초씩 500회의 열순환을 시행하고, 수복물과 변연에서 1mm를 제외한 모든 부위에 nail varnish를 2회 도포하고 건조시켰다. 이들 시편을 1% methylene blue용액에 24시간 침적한 후 시편의 절단을 위해 투명한 교정용 자가중합레진에 매몰하였다. 매몰된 시편을 EXAKT diamond saw를 이용하여 와동의 교합면 협착부에서 협설방향으로 절단하고, 다시 수복물의 협설측 중앙부위에서 근원심으로 절단하였다. 절단된 시편을 입체현미경하(x15)에서 근원심 절단면의 교합면 원심변연과 치은변연, 협설측 절단면의 협측 교합면변연 및 설측 교합면변연에서 색소침투를 관찰하였다. 변연누출의 정도는 다음과 같이 분류하였다<sup>15)</sup>.

0 : 색소침투가 없는 경우

1 : 와동변연 직하방까지 색소가 침투한 경우

2 : 색소침투가 와동깊이의 1/2이하인 경우

3 : 색소침투가 와동깊이의 1/2이상이나 와동내면우각에는 이르지 않은 경우

4 : 색소침투가 와동내면우각을 지나 와동저나 측벽의 1/2이하에 이른 경우

5 : 색소침투가 와동저나 측벽의 1/2이상에 이른 경우

얻어진 자료는 Kruskal-Wallis 변량분석 통계처리를 하였으며, 군간의 비교를 위해 Student-Newman-Keuls test를 시행하였다.

### III. 실험 성적

수복재료에 따른 각 군내의 변연의 측정부위 사이의 변연누출 정도는 CAD/CAM으로 제작한 도재인레이를 Scotchbond resin cement / Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(1군)(Table 1)과 금인레이를 Scotchbond resin ce-

Table 1. No. of specimens showing each degree of marginal leakage in CAD/CAM-fabricated ceramic inlay (n=10).

Examed area	Degree of leakage					
	0	1	2	3	4	5
Occlusal distal margin	5	1	4	0	0	0
Proximal gingival margin	2	3	3	2	0	0
Occlusal facial margin	5	3	1	1	0	0
Occlusal lingual margin	6	3	1	0	0	0

Table 2. No. of specimens showing each degree of marginal leakage in gold inlay cemented with composite resin cement (n=10).

Examed area	Degree of leakage					
	0	1	2	3	4	5
Occlusal distal margin	6	4	0	0	0	0
Proximal gingival margin	5	4	0	1	0	0
Occlusal facial margin	4	4	1	1	0	0
Occlusal lingual margin	7	3	0	0	0	0

Table 3. No. of specimens showing each degree of marginal leakage in gold inlay cemented with zinc phosphate cement (n=10).

Examed area	Degree of leakage					
	0	1	2	3	4	5
Occlusal distal margin	6	0	1	0	1	2
Proximal gingival margin	0	0	0	0	2	8
Occlusal facial margin	2	2	1	0	2	3
Occlusal lingual margin	2	0	1	1	2	4

Table 4. No. of specimens showing each degree of marginal leakage in amalgam restorariion (n=10).

Examed area	Degree of leakage					
	0	1	2	3	4	5
Occlusal distal margin	10	0	0	0	0	0
Proximal gingival margin	5	0	2	1	2	0
Occlusal facial margin	9	1	0	0	0	0
Occlusal lingual margin	8	1	0	1	0	0

Table 5. Sum of leakage degree in each examed area of each restorations.

Restorations \ Examed area	Occlusal distal margin	Proximal gingival margin	Occlusal facial margin	Occlusal lingual margin
Ceramic inlay	9	15	8	5
Gold inlay/resin cement	4	7	9	3
Gold inlay/ZPC	16	48	27	33
Amalgam	0	15	1	4

ment / Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(2군)(Table 2)에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉 이들 두 종류의 수복 방법에 있어서는 교합면 원심변연 및 치은변연, 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에서 비슷한 변연누출을 보인다고 해석할 수 있다. 반면에 금인레이를 인산시멘트로 합착한 군(3군)(Table 3)과 아말감을 충전한 군(4군)(Table 4)에서는 교합면 원심변연 및 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에 비해 치은변연에서 통계적으로 유의하게 변연누출의 깊이가 증가되었다.

이 자료를 다시 각 변연누출 측정부위에서 수복방법에 따라 비교하면 교합면 원심변연을 제외한 나머지 3부위 즉 치은변연 및 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에서 금인레이를 인산시멘트로 합착한 군(3군)에서 나머지 3개군 즉 Scotchbond resin cement / Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(1군)과 금인레이를 Scotchbond resin cement / Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(2군), 아말감을 충전한 군(4군)에 비해 통계적으로 유의하게 변연누출의 깊이가 증가되었다(Table 5).

#### IV. 총괄 및 고안

최근까지도 주조금수복물의 접착제로는 인산시멘트가 가장 널리 사용되었다. 그러나 최근에는 와동충전재 또는 이장재로 개발되었던 글라스아이오노머나 복합레진을 이용한 새로운 합착용 시멘트들이 소개되고 있다. 이들은 인산시멘트에 비해 월등히 우수한 물리적 성질로 인하여 유지력을 증가시키고 변연누출에 있어

서도 개선된 결과를 보인다. 그러나 White 등<sup>15)</sup>에 의하면 이들 새로운 합착용 시멘트들 중 일부는 시멘트의 최대 피막후경을 40 $\mu$ m으로 규정한 미국치과의사협회의 기준에 합치되지 못하는 것들도 많다고 하였다.

Christensen<sup>16)</sup>은 금인레이에 있어서의 인산시멘트의 변연에서의 적합도는 대부분 20 내지 40 $\mu$ m으로 보고되고 있다고 하였다. 반면에 Cerec inlay의 적합도에 대해서는 보고들 사이에 큰 차이를 보이고 있다. 개발자인 M rmann 등<sup>17)</sup>은 56 $\pm$  27 $\mu$ m의 적합도를 보고하는 반면에, Kawai 등<sup>18)</sup>은 218 $\pm$  54 $\mu$ m의 적합도를 보고하였고 다른 연구들에서는 100 $\mu$ m이상의 큰 간극(gap)의 존재를 보고한 경우가 많았다<sup>8)</sup>. 또한 Anus-vice<sup>13)</sup>는 100 $\mu$ m정도의 적합도를 보이지만 산부식과 복합레진 시멘트를 사용하면 임상적으로는 큰 문제가 되지 않으며 다만 이러한 가설에 대한 장기적인 임상자료가 필요하다고 하였다. 따라서 시멘트와 치질 사이의 변연누출이 치수로의 세균의 침투경로가 된다는 점을 고려할 때, 위와 같은 열등한 적합상태에서 복합레진 시멘트를 이용한 합착수복 술식이 갖는 변연폐쇄효과에 대한 연구는 필수적이라고 할 수 있다.

Davidson 등<sup>19)</sup>은 변연폐쇄효과는 합착용 시멘트의 물리적 성질에 영향을 받는다고 하였고 여기에는 복합레진 시멘트의 중합수축률 및 점도(viscosity), 강성도(stiffness), 치질에의 결합강도, 잔존치질의 유연성(flexibility) 등이 고려의 대상이라고 하였다. 이들은 wall-to-wall contraction stress는 20MPa를 넘는다고 보고하였고, Feilzer 등<sup>20)</sup>은 wall-to-wall contrac-

tion은 벽간거리가 감소되면 증가되어 궁극적으로는 linear polymerization contraction의 3배에 이르게 된다고 보고하였다. 따라서 합착시의 시멘트의 두께가 얇아지면 계면에서의 응력이 증가되어 변연누출의 원인이 될 수 있다. 반면에 점도에 관해서는 중합시의 레진시멘트의 점도가 낮으면 중합수축이 줄어들고 변연간극의 형성도 줄어들어 변연누출의 가능성은 감소하게 될 것이다. 그 외에도 최종 연마과정이나 열순환과정등은 구강내의 상황과 마찬가지로 레진시멘트나 도재에 응력을 초래하여 변연누출의 원인이 될 수 있다<sup>20)</sup>.

본 실험에서는 CAD/CAM으로 제작된 도재인레이의 변연누출을 관찰하기 위해 변연누출이 과도하게 일어나는 것으로 알려진 인산시멘트<sup>22)</sup> 및 아말감과 비교하였다. 수복재료에 따른 각 군내의 변연의 측정부위사이의 변연누출정도는 CAD/CAM으로 제작한 도재인레이를 Scotchbond resin cement/Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(1군)과 금인레이를 Scotchbond resin cement/Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(2군)에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉 이들 두 종류의 수복방법에 있어서는 교합면 원심변연 및 치은변연, 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에서 비슷한 변연누출을 보인다고 해석할 수 있다. 이는 복합레진시멘트인 Scotchbond resin cement를 접착강화제와 접착제가 포함된 Scotchbond Multi-Purpose plus와 같이 사용함으로써 치질과 레진사이에 긴밀한 혼합층을 형성하여 강한 결합과 동시에 변연폐쇄효과도 증가된 것으로 해석된다. 반면에 금인레이를 인산시멘트로 합착한 군(3군)과 아말감을 충전한 군(4군)에서는 교합면 원심변연 및 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에 비해 치은변연에서 통계적으로 유의하게 변연누출의 깊이가 증가되었다. LoPresti 등<sup>8)</sup>은 치은변연을 법랑질에 설정한 경우에 비해 상아질에 설정한 경우에서 변연누출이 증가된다고 보고하였으나, 본 실험에서는 치은변연을 모두 법랑질에 위치시켰음에도 불구하고 교합면측의 측정부위들에 비해 변연누출의 깊이가 증가되었다. 시편의 제작과정에서는 치아를 교정용레

진에 매몰하지 않은 상태에서 작업하였으므로 시술상의 어려움으로 인한 차이는 아닌 것으로 판단되며 치경부법랑질의 질이나 두께와 관련이 있을 것으로 해석된다.

각 변연누출 측정부위에서 수복방법에 따라 비교한 결과에 의하면 교합면 원심변연을 제외한 나머지 3부위 즉 치은변연 및 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에서 금인레이를 인산시멘트로 합착한 군(3군)에서 나머지 3군 즉 Scotchbond resin cement/Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(1군)과 금인레이를 Scotchbond resin cement/Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 군(2군), 아말감을 충전한 군(4군)에 비해 통계적으로 유의하게 변연누출의 깊이가 증가되었다. 이는 인산시멘트의 경우 과도한 변연누출을 보인다는 Blair<sup>22)</sup> 등의 보고와 일치한다. 다만 아말감이 가장 우수한 변연폐쇄성을 보이는 것은 시편을 색소에 침적한 시기가 충전 후 48시간 정도 경과한 시점이므로 아말감의 초기팽창이 완료된 시기<sup>23)</sup>에 해당되어 변연누출의 정도가 미약했던 것으로 해석된다. 그러나 아말감은 시간이 경과하면서 지연팽창이나 creep에 의해 변연과질이 일어나고 따라서 변연누출도 증가될 것으로 예측되어 장기적인 결과는 본 실험의 결과와는 다소 차이가 있을 것으로 사료된다.

## V. 결 론

CAD/CAM으로 제작한 도재인레이의 변연누출을 금인레이 및 아말감과 비교하기 위하여 40개의 소구치를 4군으로 나누어 모든 치아에 근심교합면(MO) 2급와동을 형성한 후 제1군은 합착용 복합레진 시멘트로 합착한 도재인레이, 제2군은 합착용 복합레진 시멘트로 합착한 금인레이, 제3군은 인산시멘트로 합착한 금인레이 및 제4군은 아말감으로 수복하였다. 제작된 시편을 열순환을 시행하고, nail varnish를 도포하여 1% methylene blue용액에 24시간 침적한 후 투명한 교정용 자가중합레진에 매몰하여 EXAKT diamond saw를 이용하여 협설 및 근원심으로 절단하였다. 절단된 시편을 입체현미

경하(x15)에서 근원심절단면의 교합면 원심변연과 치은변연, 협설측절단면의 협측교합면변연 및 설측교합면변연에서 색소침투를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Scotchbond resin cement / Scotchbond Multi-Purpose plus로 합착한 CAD/CAM으로 제작한 도재인레이(1군)와 금인레이(2군)에서는 변연누출에 있어 교합면 원심변연 및 치은변연, 교합면 협측변연, 교합면 설측변연의 모든 측정부위에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).
2. 금인레이를 인산시멘트로 합착한 군(3군)과 아말감을 충전한 군(4군)에서는 교합면 원심변연 및 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에 비해 치은변연에서 통계적으로 유의하게 변연누출의 깊이가 증가되었다( $p < 0.05$ ).
3. 교합면 원심변연을 제외한 나머지 3부위 즉 치은변연 및 교합면 협측변연, 교합면 설측변연에서 금인레이를 인산시멘트로 접착한 군(3군)에서 나머지 3개군에 비해 통계적으로 유의하게 변연누출의 깊이가 증가되었다( $p < 0.05$ ).

#### 참 고 문 헌

1. Buonocore M G : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34 : 849, 1955.
2. M rmann W and Krejci I : Computer-designed inlays after 5 years in situ : clinical performance and scanning electron microscopic evaluation. *Quintessence Int* 23 : 109, 1992.
3. Walther W and Reiss B : Six year survival analysis of CEREC restorations in a private practice. In M rmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium. Quintessence Publishing Co, p199, 1996.*
4. Brauner A W and Bieniek K W : Seven years of clinical experience with the CEREC inlay system. In M rmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium. Quintessence Publishing Co, p217, 1996.*
5. Pallesen : Clinical evaluation of CAD/CAM ceramic restorations : 6-year report. In M rmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium. Quintessence Publishing Co, p 241, 1996.*
6. Molin M and Karlsson S : A 3-year clinical follow-up study of a ceramic (Optec) inlay system. *Acta Odontol Scand* 54 : 145, 1996.
7. Rekow D : Computer-aided design and manufacturing in dentistry : A review of the state of the art. *J Prosthet Dent* 58 : 512, 1987.
8. LoPresti J T, David S and Calamia J R : Microleakage of CAD-CAM porcelain restorations. *Am J Dent* 9 : 37, 1996.
9. Qvist V : Pulpal reactions in human teeth to tooth colored filling materials. *Scand J Dent Res* 83 : 54, 1975.
10. Kidd E A M : Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. *Br Dent J* 141 : 305, 1976.
11. Tyas M J, Nurns G A, Byrne P F, Cunningham P J, Dobson B C and Widdop F T : Clinical evaluation of Scotchbond : One year results. *Aust Dent J* 31 : 159, 1986.
12. Brannstrom M and Nyborg H : Bacterial growth and pulpal changes under inlays cemented with zinc phosphate cement and EpoxyLite CBA 9080. *J P D* 31 : 556, 1974.
13. Anusavice K J : Recent developments in restorative dental ceramics. *J A D A* 124 : 72, 1993.
14. Siemens Cerec operator's manual. : Siemens AG, 1994.
15. White S N and Yu Z : Film thickness of

- new adhesive luting agents. *J P D* 67 : 782, 1992.
16. Christensen G J : Marginal fit of gold inlay castings. *J P D* 16 : 297, 1966.
  17. M rmann W H and Schug J : Grinding precision and accuracy of fit of CEREC 2 CAD/CIM inlays. In M rmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium*. Quintessence Publishing Co, p335, 1996.
  18. Kawai K, Hayashi M and Iida Yoko : Comparison of milling ceramic inlay systems, Celay and Cerec. *Japanese J Conserv Dent* 36 : 1659, 1993.
  19. Davidson C L, De Gee A J and Feilzer A J : The competition between the composite-dentin bond strength and polymerization contraction stress. *J Dent Res* 63 : 1396, 1986.
  20. Feilzer A J, De Gee A J and Davidson C L : Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *J Dent Res* 66 : 48, 1989.
  21. Sorensen J A, Kang S K and Avera S P : Porcelain-composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. *Dent Mater* 7 : 118, 1991.
  22. Blair K F, Koeppen R G, Schwartz R S and Davis R D : Microleakage associated with resin composite-cemented, cast glass ceramic restoration. *Int J Prosth* 6 : 579, 1993.
  23. Philips R W : *Skinner's Science of dental materials*. 8th ed. p317, W B Saunders Co, 1982.