

CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이의 변연 및 내면 적합성

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

손 호 현

ABSTRACT

MARGINAL AND INTERNAL FIT OF CAD/CAM-MANUFACTURED CERAMIC INLAY

Ho-Hyun Son

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

CAD/CAM-fabricated ceramic restorations nowadays are used as alternatives of amalgam and posterior composite resin restorations, especially in the cases of inlay restorations. But the reported results on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated ceramic inlay have showed considerable difference. In this study, to evaluate the marginal and internal fit of CEREC2-fabricated ceramic inlay restoration and to compare with the fit of gold inlay and amalgam restoration, standardized Class II MO cavities were prepared in forty extracted caries-free human premolars. The teeth with prepared cavities were divided into 4 groups of ten teeth each. In group 1, CEREC2-fabricated ceramic inlays were treated with Scotchbond Multi-Purpose Plus(SMP plus) and cemented with Scotchbond Resin Cement. In group 2, casted gold inlays were cemented in the same method as in group 1. In group 3, casted gold inlays were cemented with zinc-phosphate cement. And in group 4, the prepared cavities were restored with amalgam. Restored teeth were thermocycled, stored in 1% methylene blue for 24 hours, and sectioned faciolingually and mesiodistally using EX-AKT. Sectioned surfaces were observed with stereomicroscope and the gaps were measured at 9 points of mesiodistally sectioned surface and 7 points of faciolingually sectioned surface. The measured data were treated by Kruskal-Wallis one way ANOVA and Student-Newman-Keuls test.

1. The differences among measured gaps at each points were statistically significant for 4

본 논문은 1997학년도 서울대학교 발전기금 일반학술연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

experimental groups ($P < 0.05$).

2. There were statistically significant differences in the measured gaps at each points between group 1 and group 2, group 1 and group 3, group 1 and group 4, group 2 and group 4, and group 3 and group 4 ($P < 0.05$).
3. There were not statistically significant differences in the measured gaps at each points between group 2 and group 3 ($P > 0.05$).
4. In the cases of inlay restorations(group 1, group 2, group 3), the gaps at internal line angle(distopulpal, axiokingival, faciopulpal, linguopulpal line angle) had a tendency to increase. In the cases of amalgam restorations(group 4), the gaps at occlusal margin, gingival margin and axiokingival line angle were greater than those at the other parts of cavities.
5. In CEREC2-fabricated ceramic inlays which were treated with Scotchbond Multi-Purpose Plus and cemented with Scotchbond Resin Cement, the mean gaps were $111\mu\text{m}$ at cavity margins, $168\mu\text{m}$ at vertical walls of cavities, $225\mu\text{m}$ at internal line angles and $123\mu\text{m}$ at cavity floors.

I. 서 론

구치에 발생한 치아우식의 치료를 위해 G.V. Black의 와동형성 원칙에 의한 와동을 형성하고 치과용 아말감으로 수복하는 것이 보존적 수복의 전형이었다. 그러나 치과용 아말감 자체가 인체에 유해하지 않은 것이 인정되고, 그 물성이 수복용 재료로서 임상적으로 인정된다고 하여도, 근래의 몇몇 보고에 의하면 치과용 아말감의 취급과정에서 발생할 수 있는 환경 오염의 문제가 제기되면서 유럽의 몇 나라에서는 치과용 아말감의 임상적 사용을 금지 시키는 경향이 나타났다. 더구나 치과용 아말감의 색조가 자연 치질의 색조와 조화를 이루지 못하기 때문에 환자의 입장에서 자연 치질의 색조를 가지는 수복 재료를 선호하는 경향이 증가하고 있다. 복합레진은 이러한 경우 보존적 와동의 수복에 있어 아말감을 대체할 수 있는 적합한 수복재료로 평가되었고, 더구나 범랑질과 상아질에 대한 산 부식 후 복합 레진의 접착 기법의 발전으로 임상에서의 적용 빈도가 증가하고 있으나, 중합 수축 또는 열등한 내마모성 등의 물성의 취약점 때문에 광범위한 구치부 와동이나 교합압을 받는 교합면을 포함한 구치부 와동에 수복하기에

는 아직 부적합 하다고 판단되고 있다.

이에 따라 색조와 물성면에서 우수한 세라믹을 이용한 수복에 관심이 고조 되었으며, 컴퓨터의 발달에 힘 입어 압축 가공한 세라믹 괴를 CAD/CAM을 이용하여 절삭함으로써 인레이를 제작하는 방법이 개발되었고, Mörmann은 1985년 CEREC SYSTEM을 고안하여 상용화한 후, 특히 환자의 일회 내원으로 기공실에서의 수복물 제작 과정 없이 심미적 수복이 가능하기 때문에 다수의 임상 증례들에 적용되었으며, 세라믹 인레이에 대한 임상적 연구¹⁾의 결과들이 보고되어 있다. 이 보고들에서 세라믹 인레이는 구강내 치아에 수복된 후 3-5년의 관찰 기간 동안 색조 변화, 변연 착색, 이차 우식, 해부학적 외형 변화, 변연 적합성, 표면 질감, 슬후 과민성 그리고 레진 시멘트의 마모 등의 관점에서 재수복의 필요성이 없이 우수한 임상적 기능을 수행하였다고 보고되었으나, 접착 수복의 임상적 성공은 결국 수복재와 와동 사이의 변연 및 와동 내면 적합성이 그 관건이라 하였다²⁾. CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이의 변연 및 내면 적합성은 와동형태, 컴퓨터에 의한 와동의 인식 방법, 세라믹 괴의 절삭 방법, 제작된 인레이의 합착 방법 등 많은 요소들에 의하여 영향

받으며, 이에 실험 방법에 따라 세라믹 인레이의 변연 및 내면 적합성에 대한 다양한 연구 결과들이 보고^{1,2,7-17)}되었다. 일부 보고^{2,7,10,17)}에서는 CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이 수복물과 와동 와연 및 내면 사이의 간극이 100 μ m 이하로서 임상적으로 수용 가능한 한계 내에 있다고 하였으나, 주조금 인레이와 와동 사이의 변연에서 합착제의 피막 두께로 인한 간극으로 인정되는 20-40 μ m¹⁸⁾에는 근접하지 못하였다. 대부분의 연구 보고^{1,8,9,11-14,16)}에서는 세라믹 인레이의 변연 및 내면 간극이 100-200 μ m으로 보고되었고, 200 μ m 이상의 간극을 가진다는 보고¹⁵⁾도 있었다.

최근 아말감이나 구치부 복합레진 수복의 대체 수복으로서 CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이가 임상적으로 우수한 평가를 받고 있다하여도, 이와같이 CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이의 변연 및 내면 적합성에 대하여 다양한 연구 결과들이 보고되고 있어, 임상 적용을 위한 보다 안정적인 자료의 제시가 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이의 변연 및 내면 적합성을 in vitro에서 평가하고, 주조금 인레이 수복과 아말감 수복의 변연 및 내면 적합성과 비교하여 다소의 지견을 얻었기 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

치아 우식이 없는 건강한 40개의 발치된 소구치를 0.5% chloramine 용액에 보관한 후 실험에 사용하였다. 40개의 소구치를 각 10개씩 4군으로 나누어 수복재에 적합한 근심교합면(MO) 2급와동을 다음과 같이 형성하였다. 교합면에서의 와동협착부(isthmus)의 협설측 폭은 2.0 mm, 변연용선에서의 협설측 폭은 3.0 mm의 교합면 외형형태를 설정하였다. 와동의 깊이는 교합면와동에서 2.0 mm, 인접면와동에서 4.0 mm의 깊이를 부여하였다. 와동의 교합면측 이개도는 금인레이와 세라믹 인레이의 와동에서는 #701 carbide bur의 taper 정도에 따라 교합면측으로 2-4°의 이개된 측벽을 부여하였고, 아말감 와동에서는 #330 carbide bur로 약간 수렴되게 부여하였다. 금인레이의 경우에는 30-40°의 와연사면을 부여하였고, 세라믹 인레이

와 아말감의 경우에는 와연사면을 부여하지 않았다. 와동내의 모든 벽은 평탄하게 부여하고, 특히 세라믹 인레이의 경우에는 Cerec system의 절삭능력을 고려하여 와동저와 측벽의 돌출형태는 모두 제거하였다⁹⁾. 와동의 형성은 인레이 와동의 경우는 #701 carbide bur, 아말감 와동의 경우는 #330 carbide bur를 이용하여 high speed handpiece로 주수 하에 대략의 와동형성을 시행하였으며, low speed handpiece로 상기 와동 조건을 충족하도록 세밀한 와동형성을 시행하였다.

와동형성 후, 제1군은 와동을 형성한 치아를 치경부까지 투명한 교정용 자가중합레진에 매몰하여 Cerec Operator's Manual¹⁹⁾에 기술된 방법에 따라 CEREC2 system(c.o.s, 422, Siemens AG, Germany)을 사용하여 Vita Cerec Mark II(A2 shade/I8 size, Vita Zahnfabrik, Germany)의 세라믹 피로 세라믹 인레이를 제작하고, 제작된 세라믹 인레이의 내면을 Vita Porcelain Etchant(불산)로 1분간 부식하고 수세, 건조한 후 Scotchbond Ceramic Primer를 5초간 도포하여 압축공기로 건조시키고 silane 처리된 세라믹 표면에 Scotchbond Multi-Purpose Plus(Lot # 19950620, 3M Co. U.S.A.)(SMP plus)의 catalyst(3.5)를 도포하였다. 와동의 내면을 수세하고 건조한 후 35% 인산으로 15초간 산부식하고 15초간 수세한 후 습윤상아질 접착법을 위하여 마른 면구로 과잉의 수분만 제거하였다. 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 합착할 준비를 완료하였다. Scotchbond Resin Cement(Lot # 19961014, 3M Co. U.S.A.)의 Paste A와 B를 혼합하여 와동의 내면에 도포하고 준비된 세라믹 인레이를 압접하여 여분의 레진 시멘트를 제거하고 교합면, 협면 및 설면에서 각각 60초씩 광중합하였다. 최종적으로 외면을 Soflex disk(3M Co. U.S.A.)로 순차적으로 주수 하에 연마하였다.

제2군과 제3군은 와동형성 후, Exaflex 고무인상재(GC Co., Japan)로 인상을 채득하여 석고모형을 만든 후 인레이용 왁스로 납형을 제작하고 매몰하였으며, 금합금(Type I gold)으로 금인레이를 주조

하였다. 완성된 주조체를 연마하여, 제2군에서는 제1군에서와 같은 Scotchbond Resin Cement으로 합착하였고, 제3군에서는 통법에 따라 아연인산시멘트(Type I, Confi-Dental Products Co. U.S.A.)로 합착하였다. 제4군은 와동형성 후, matrix band를 장착하고 바니쉬를 두겹 바르고, 아말감(Bestaloy, 동명치재산업사, Korea)으로 충전하여 조각하고 24시간이 경과한 후 연마하였다.

인레이 합착 및 아말감 수복이 완료된 40개의 치아는 열순환 기기(Model Thermocycling HA, 동경기연(주), Japan)를 사용하여 5°C와 55°C의 수조에서 각각 30초씩 500회의 열순환을 시행하였고, 수복물과 변연에서 1mm를 제외한 모든 부위에 nail varnish를 2회 도포하고 건조시켰다. 그 후, 실험치아를 1% methylene blue 용액에 24시간 침적하고, 치아의 절단을 위하여 실험치아를 투명한 교정용 자가중합 레진에 매몰하였다. 매몰된 실험치아들을 경조직 절단, 연마 기기인 EXAKT(EXAKT Apparatebau, Germany)를 사용하여 교합면의 와동협착부에서 협설방향으로 절단하고, 다시 수복물의 협설측 중앙부위에서 근원심방향으로 절단하였다. 절단된 시편의 절단면에서 수복재와 와동 사이의 변연 및 내면 간극을 입체현미경(Olympus Optical Co., Japan)으로 그림1에 표시된 부위에서 관찰하고, 계측하였다.

계측된 자료는 각 계측점에서 4종 수복재간의 차이를 분석하기 위하여 Kruskal-Wallis 변량분석 통계 처리를 하였으며, 각 계측점에서 두 수복재 상

호간의 복합 비교를 위하여 Student-Newman-Keuls test를 시행하였다.

III. 실험 성적

Table 1-1은 4종의 수복재로 수복된 치아를 근원심 방향으로 절단한 시편의 각 계측점(Fig. 1)에서 수복재와 와동변연 및 와동내면 사이의 간극을 계측하여 평균한 표이며, Table 1-2는 4종의 수복재로 수복된 치아를 협설 방향으로 절단한 시편의 각 계측점(Fig. 1)에서 수복재와 와동변연 및 와동내면 사이의 간극을 계측하여 평균한 표이다. 아말감수복을 제외한 나머지 3종의 인레이 수복의 경우, internal line angle(distopulpal, axiokingival, faciopulpal 및 linguopulpal line angle) 부위에서 간극이 커지는 경향을 보였으며, 아말감 수복의 경우에는 교합면 변연, 근심와동의 치은 변연 및 axiokingival line angle에서 간극이 커지는 양상을 보였다. 각 계측점에서 계측된 간극에 대한 4종 수복재간의 차이를 분석한 Kruskal-Wallis 변량분석 통계 처리의 결과는, 4종 수복재 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.05$). 두 수복재 상호간의 복합 비교를 위한 Student-Newman-Keuls test의 결과는, 거의 모든 계측점에서 금인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제2군)과 금인레이를 아연인산시멘트로 합착한 군(제3군) 사이에는 통계적 유의성이 없었다 ($P > 0.05$). 그러나 CEREC2로 제작

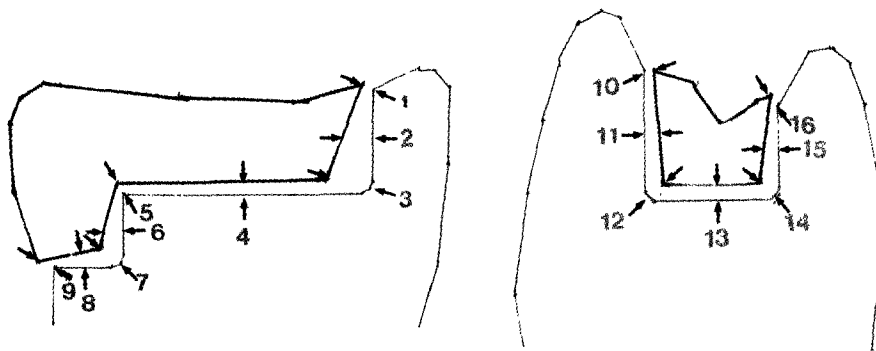


Fig. 1 Measuring points for marginal and internal fit in the mesiodistal and faciolingual sectioned specimen

Table 1-1. Gap dimensions at each measuring points in the mesiodistal sectioned specimens
(n=10, Mean±SD, μm).

Restorations \ Points	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CEREC2 inlay	146±59	171±70	339±95	124±72	120±80	165±101	221±140	112±90	90±94
Gold inlay cemented with resin cement	63±58	72±50	187±132	147±102	104±29	100±77	237±132	177±114	116±61
Gold inlay cemented with ZPC	63±66	83±48	201±224	114±47	113±31	73±46	205±107	171±95	125±109
Amalgam	16±19	5±14	3±6	12±21	12±21	7±11	17±27	13±16	15±16

Table 1-2. Gap dimensions at each measuring points in the faciolingual sectioned specimens
(n=10, Mean±SD, μm).

Restorations \ Points	10	11	12	13	14	15	16
CEREC2 inlay	123±84	174±74	311±95	133±77	233±82	164±40	85±44
Gold inlay cemented with resin cement	71±88	26±14	171±121	160±120	162±126	35±20	52±62
Gold inlay cemented with ZPC	36±21	31±21	109±54	124±57	144±69	31±17	31±17
Amalgam	22±33	1±3	2±5	9±17	8±14	8±9	8±14

Table 2. Mean gap dimensions in the parts of cavities (Mean±SD, μm).

Restoration \ Part of cavity	Margin (n=40)	Vertical wall(n=40)	Internal line angle(n=50)	Floor (n=30)
CEREC2 inlay	111±75	168±72	225±124	123±78
Gold inlay cemented with resin cement	75±70	58±54	72±119	161±109
Gold inlay cemented with ZPC	64±73	55±42	154±121	136±72
Amalgam	15±21	5±10	8±17	11±18

한 세라믹 인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제1군)과 제2군, 제1군과 제3군, 제1군과 아말감으로 수복한 군(제4군), 제2군과 제4군, 그리고 제3군과 제4군 사이에는 거의 모든 계측점에서 간극의 계측치에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (P<0.05).

각 계측점에서 계측한 간극의 계측치를 와동 부분 별로 평균한 값은 CEREC2로 제작한 세라믹 인

레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제1군)의 경우, 와동변연에서 평균 111μm, 와동측벽에서 평균 168μm, 와동의 internal line angle에서 평균 225μm, 와동저에서 평균 123μm의 값을 보였다 (Table 2). 이 값은 제2군, 제3군, 제4군의 순으로 감소하였다.

V. 총괄 및 고안

치아우식에 대한 수복재로 아말감은 조각의 편이성 및 경제적인 면에서 우수한 특성을 가지고 있으나 심미성의 결여, 지연팽창 및 부식에 의한 변연파절, 약한 인장강도, 환경적인 문제점 등이 부각되면서 임상적 사용이 감소하고 있다. 반면 복합레진이나 세라믹은 물성의 개선 및 접착수복술의 기법의 발달에 따라 아말감의 대체 수복재로서 임상적 사용이 증가되고 있는 실정이다. 근래에, 압축 가공하여 탁월한 심미성 및 우수한 물리적 성질을 가지는 세라믹 피를 사용하고, 컴퓨터 원용 설계 및 컴퓨터 원용 제작기술(CAD/CAM)을 응용하여 치과용 수복물을 제작하는 기술이 개발되면서, 다수의 치과용 CAD/CAM이 소개되었다. 그 중 독일 Siemens사에 의해 개발된 CEREC system은 많은 개선을 거쳐 CEREC2 system으로 상용화되어 이미 세계 각국에서 성공적으로 임상에 적용되고 있다. CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이는 접착수복법으로 와동에 합착되며, 임상적 결과들이 많이 보고되고 있다⁶⁾.

CEREC2 system은 형성된 와동을 광학 인상 채득하고, CAD/CAM 과정을 거치면서 컴퓨터 화면 상에서 인상면을 수정하고 인상체를 구성한 후 이 정보에 의해 세라믹 피를 절삭하여 인레이, 온레이 및 라미네이트를 제작하고, 합착용 복합레진 시멘트를 사용하여 접착할 수 있도록 개발되었다. CEREC 또는 CEREC2 system으로 제작된 세라믹 인레이에 대하여 임상적으로 우수하다는 연구 결과들이 보고되었음에도 불구하고, 광학 인상 채득 과정, CAD/CAM 과정 그리고 세라믹 피의 절삭 과정에서 많은 오차를 보임으로서 실제 형성된 와동의 변연 및 내면과의 사이에 큰 간극을 나타내고 있다. Mörmann과 Schug²⁰⁾은 CEREC2에서 평균 $56 \pm 27 \mu\text{m}$ 의 적합도를 보고하는 반면에, Kawai 등²¹⁾은 $218 \pm 54 \mu\text{m}$ 의 적합도를 보고하였고 다른 연구들^{18,9,11-14,16)}에서는 100-200 μm 의 간극의 존재를 보고한 경우가 많았다. Anusavice²²⁾는 100 μm 정도의 적합도를 보이지만 산부식과 복합레진 시멘트를 사용하면 임상적으로는 큰 문제가 되지 않는다고 하였으나, Christensen¹⁸⁾은 아연인산시멘트로 합착한 금인레이 수복의 경우 변연에서의 적합도

는 20-40 μm 으로 보고하였다. 본 연구에서 아말감 수복을 제외한 나머지 3종의 인레이 수복의 경우, internal line angle (distopulpal, axiokingival, faciopulpal 및 linguopulpal line angle) 부위에서 간극이 커지는 경향을 보였으며, 아말감 수복의 경우에는 교합면 변연, 근심와동의 치은 변연 및 axiokingival line angle에서 간극이 커지는 양상을 보였다 (Table 1-1과 Table 1-2). 각 계측점에서 계측한 간극의 계측치를 와동 부분 별로 평균한 값은 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제1군)의 경우, 와동변연에서 평균 111 μm , 와동측벽에서 평균 168 μm , 와동의 internal line angle에서 평균 225 μm , 와동저에서 평균 123 μm 의 값을 보였다 (Table 2). 이 값은 금인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제2군), 금인레이를 아연인산시멘트로 합착한 군(제3군), 아말감으로 수복한 군(제4군)의 순으로 감소하였다. 각 계측점에서 계측된 간극에 대한 4종 수복재간의 차이를 분석한 Kruskal-Wallis 변량분석 통계 처리의 결과는, 4종 수복재 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.05$). 두 수복재 상호간의 복합 비교를 위한 Student-Newman-Keuls test의 결과는, 거의 모든 계측점에서 제2군과 제3군 사이에는 통계적 유의성이 없었다 ($P > 0.05$). 그러나 제1군과 제2군, 제1군과 제3군, 제1군과 제4군, 제2군과 제4군, 그리고 제3군과 제4군 사이에는 거의 모든 계측점에서 간극의 계측치에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.05$).

본 연구에서 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이 수복의 경우 변연 및 내면 간극은 Mörmann과 Schug²⁰⁾이 보고한 값보다는 컸으나, 대부분의 연구 결과^{18,9,11-14,16)}와는 유사하였다. 이는 CEREC2로 세라믹 인레이를 제작하여 합착하는 과정에서 술자의 시술방법에 대한 이해와 지식 및 숙련도가 매우 중요한 요소일 수 있음을 의미한다고 하겠다. 또한 본 연구에서 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이 수복의 경우 변연 및 내면 간극이 금인레이나 아말감 수복의 경우에 비해 대단히 큰 것으로 보아 변연 및 내면 적합성의 관점에서는 CEREC2로 제작하는 세라믹 인레이 수복에 더욱 개선되어야 하는 점들이 있음을 의미한다. 본 연구의 결과, 아

말감 수복의 경우에 변연 및 내면 간극이 가장 좁게 나타났으며, 이는 아말감 수복 후 시편의 제작 시기가 아말감의 초기팽창이 완료된 시기에 해당되어 변연 및 내면 간극이 더욱 좁아졌을 것으로 해석되나, 아말감은 시간이 경과하면서 변연과 접이 일어나고 부식 및 이차 우식 등에 의해 변연 및 내면 간극이 점차 커질 것으로 예상되어 장기적인 임상 결과는 본 실험의 결과와는 다소 차이가 있을 것으로 사료된다. 금인레이 수복의 경우에는 변연 및 내면 간극이 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이 수복의 경우 보다는 좁았으나, 아말감 수복의 경우 보다는 넓었다. 금인레이를 레진 시멘트로 합착한 경우가 아연인산시멘트로 합착한 경우 보다 변연 및 내면 간극이 대체로 넓었으나 통계적 유의성은 없어 금인레이의 경우 합착 시멘트의 종류가 변연 및 내면 간극에 영향을 주지는 않는 것으로 유추된다.

현재 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이 수복의 경우에, 변연 및 내면 간극이 넓은 것을 인상 채득 과정이나 CAD/CAM 과정 또는 세라믹 피의 절삭 과정에서 해결할 수 없다면 그 간극을 합착용 복합레진 시멘트로 합착하여야 하므로, 세라믹 인레이의 수복에 있어 합착용 복합레진 시멘트의 물리적 성질 및 특성에 관해 많은 연구가 이루어져 왔다. 현재도 주조금수복물의 합착제로는 아연인산시멘트가 가장 널리 사용되고 있으나 점차 글라스아이오노머나 복합레진을 이용한 새로운 합착용 시멘트를 사용하는 경향이 증가하고 있다. 이들은 아연인산시멘트에 비해 월등히 우수한 물리적 특성을 가지며 접착 기법을 사용하므로 유지력을 증가시키고 변연누출에 있어서도 개선된 결과를 보인다. 합착용 복합레진 시멘트의 물리적 성질로 복합레진 시멘트의 중합수축을 및 점도, 강성도(stiffness), 치질에의 결합강도, 잔존치질의 유연성 등이 세라믹 인레이의 와동변연 및 내면 적합성이라는 관점에서 고려의 대상이 되며, 이러한 변연 및 내면 간극에 영향을 미치는 여러 요소 중 하나는 복합레진 시멘트의 피막후경 및 합착 시의 두께이다. 근본적인 점에서 White와 Yu²⁹⁾에 의하면 새로운 합착용 시멘트들 중 일부는 시멘트의 최대 피막후경을 40 μ m으로 규정한 미국치과의사협회의 기준에 합치되지 못하는 것들도 많다고 하였으

며, White와 Kipnis²⁴⁾는 금속 주조체의 합착 시 아연인산시멘트 보다 레진시멘트로 합착한 경우 변연 간극이 더 넓었으며 수복물의 적합성에 영향을 미친다고 하였다. 이 결과는 본 실험의 결과와는 상이하였다. Dietschi 등²⁵⁾은 복합레진 시멘트의 두께는 변연 적합성에 영향이 없다고 보고하였으나, 치질이나 수복물이 복합레진의 중합 수축을 보상할 수 있을 정도로 유연한지가 접착 수복의 성공 여부를 가름한다 하였고, 와동에 꼭 끼이는 수복물 보다는 마찰 없이 어느 정도의 합착 두께를 가지는 수복물이 요구된다 하였다.

그러나 전통적인 개념의 관점에서 보면 세라믹 인레이 수복물의 가장 취약한 부분이 레진 시멘트 이므로 노출된 레진 시멘트의 두께가 넓으면 레진 시멘트의 마모를 증가 시킬 것이기 때문에 수복의 실패 요인이 된다. 더구나 레진 시멘트는 좁은 간극이라고 해서 넓은 간극에서 보다 덜 마모되는 것은 아니므로¹⁾ 이에 복합레진 시멘트의 중합 수축 및 마모에 관련하여 수복물에서의 복합레진 시멘트의 최적의 두께에 대한 연구가 필요하다. Feilzer 등²⁶⁾은 와동벽과 세라믹 인레이의 내면 사이의 거리가 감소하면 레진 시멘트의 벽간 수축이 증가한다고 하였으며, 합착시 시멘트의 두께가 좁아지면 계면에서의 응력이 증가되어 반복된 온,냉 열처리 후 레진 시멘트의 두께가 좁은 경우에 비교하여 넓은 경우가 색소 침투도에 있어 낮은 정도를 보였다고 하였다. Dietschi 등²⁷⁾은 합착제 두께와 와동 내면 사이의 비율이 어느 정도 이상이면 합착제 두께의 감소가 레진 수축을 더 이상 감소시키지 않고 변연 적합성에 부정적 결과를 초래하지 않는다고 하였다. 복합레진 시멘트는 수복 후 노출된 면에서 마모의 양상을 보이는 바, Kawai 등²⁸⁾은 CAD/CAM으로 제작한 세라믹 인레이의 합착 시, 미세입자형 레진 시멘트가 혼합입자형 레진 시멘트 보다 덜 마모됨을 보고하였고, 간극이 넓을수록 교모의 양도 증가하며, 간극의 폭과 시멘트의 수직적 교모의 양 사이에는 일정한 직선적 상관관계가 있음을 보고하였다. Essig 등²⁹⁾도 초미세형 입자를 가진 레진 시멘트가 혼합형 입자를 가진 레진 시멘트 보다 마모 저항성이 크다고 하였으며, Uigo 등³⁰⁾은 레진 시멘트의 입자 포함량이 체적의 70% 이상일 경우 마모 저항성이 더 우수하다고 하

였다. Bayne 등³⁰⁾은 레진 시멘트의 마모의 범위는 인레이와 범랑질면의 보호 효과에 의해서 제한된다고 하였으며, Isenberg 등²⁾, O' Neale 등¹¹⁾, Kawai 등²⁸⁾의 보고를 통해 Leinfelder는 이론적 관점에서 레진 시멘트의 마모 깊이는 변연 간극 폭의 1/2을 넘지 않는다고 하였다. 그러나 레진 시멘트의 마모가 수복 후 계속된다 하여도 Heymann 등³⁾에 의하면 시간이 경과함에 따라 측정되는 마모율은 급격히 감소하며, 마모의 결과 와동의 범랑질 변연이나 세라믹 인레이의 변연이 파절되는 양상은 관찰되지 않았다고 하였다. 이와같은 현상은 매우 복잡한 여러 요소들이 관여되어 실험에서 관찰된 내용이 항상 임상에도 적용될 수는 없다고 사료되므로, 레진 시멘트의 폭이 넓을수록 시멘트는 급속히 마모되고 범랑질 및 세라믹 인레이의 변연 파절 가능성은 더욱 증가할 것이다³¹⁾. 세라믹 인레이는 세라믹 수복물에 불산 처리 및 범랑-상아질 접착제를 도포하여 강하고 지속적인 접착결합을 형성하므로 교합면 변연의 연속성을 오래 유지할 수 있다고 하지만, CAD/CAM으로 제작된 세라믹 인레이의 구강내 수명을 연장하기 위하여 외연사면 형태를 개선하여 변연 적합을 최적화하는 문제, 사용되는 세라믹 피를 개량하는 문제, 마모 저항성이 아주 높은 복합레진 시멘트를 개발하는 문제 등은 CAD/CAM을 더욱 정밀하게 개선하는 문제와 더불어 추후 깊은 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

CAD/CAM(CEREC2)으로 제작한 세라믹 인레이 수복의 와동변연 및 내면 적합성을 평가하고 금인레이 수복 및 아말감 수복과 비교하기 위하여, 40개의 소구치를 4군으로 나누어 모든 실험치아에 근심교합면(MO) 2급와동을 표준화하여 형성하였다. 제1군은 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이를 Scotchbond Multi-Purpose Plus(SMP plus)로 처리하여 Scotchbond Resin Cement로 합착하였으며, 제2군은 금인레이를 주조하여 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착하였고, 제3군은 금인레이를 아연인산시멘트로 합착하였고, 제4군은 아말감으로 수복하였다. 수복된 실험 치아들을 열순환을 시행하고, 1% methylene blue용액에

24시간 침적한 후 투명한 교정용 자가중합레진에 매몰하여 EXAKT로 협설 및 근원심 방향으로 절단하였다. 절단된 시편을 입체현미경하에서, 근원심절단면의 와동변연 및 내면 9 계측점, 협설절단면의 와동변연 및 내면 7 계측점에서 간극을 계측하였고, 계측된 자료는 각 계측점에서 4종 수복제 간의 차이를 분석하기 위하여 Kruskal-Wallis 변량 분석 통계 처리를 하였으며, 각 계측점에서 두 수복제 상호간의 복합 비교를 위하여 Student-Newman-Keuls test를 시행하여, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 계측점에서 계측된 간극은 4종 수복제 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$).
2. CEREC2로 제작한 세라믹 인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제1군)과 금인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제2군), 제1군과 금인레이를 아연인산시멘트로 합착한 군(제3군), 제1군과 아말감으로 수복한 군(제4군), 제2군과 제4군, 그리고 제3군과 제4군 사이에는 거의 모든 계측점에서 간극의 계측치에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.05$).
3. 금인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제2군)과 금인레이를 아연인산시멘트로 합착한 군(제3군) 사이에는 거의 모든 계측점에서 통계적 유의성이 없었다 ($P > 0.05$).
4. 인레이 수복(제1군, 제2군, 제3군)의 경우, internal line angle(distopulpal, axiokingival, faciopulpal 및 linguopulpal line angle) 부위에서 간극이 커지는 경향을 보였으며, 아말감 수복(제4군)의 경우에는 교합면 변연, 근심와동의 치은 변연 및 axiokingival line angle에서 간극이 커지는 양상을 보였다.
5. 각 계측점에서 계측한 간극의 계측치를 와동 부분 별로 평균한 값은 CEREC2로 제작한 세라믹 인레이를 SMP plus로 처리 후 Scotchbond Resin Cement로 합착한 군(제1군)의 경우, 와동 변연에서 평균 $111\mu\text{m}$, 와동측벽에서 평균 $168\mu\text{m}$, 와동의 internal line angle에서 평균 $225\mu\text{m}$, 와동저에서 평균 $123\mu\text{m}$ 의 값을 보였다. 이 값은

제2군, 제3군, 제4군의 순으로 감소하였다.

참 고 문 헌

1. Mörmann WH and Krejci I. Computer-designed inlays after 5 years in situ: clinical performance and scanning electron microscopic evaluation. *Quintessence Int* 23:109-115, 1992.
2. Isenberg BP, Essig ME and Leinfelder KF. Three-year clinical evaluation of CAD/CAM restorations. *J Esthetic Dent* 4:173-176, 1992.
3. Heymann HO, Bayne SC, Sturdevant JR, Wilder AD and Roberson TM. The clinical performance of CAD-CAM-generated ceramic inlays. A four-year study. *JADA* 127:1171-1181, 1996.
4. Walther W and Reiss B. Six year survival analysis of CEREC restorations in a private practice. In Mörmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium*, Quintessence Publishing Co. p199, 1996.
5. Brauner AW and Bieniek KW. Seven years of clinical experience with the CEREC inlay system. In Mörmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium*, Quintessence Publishing Co. p217, 1996.
6. Pallesen. Clinical evaluation of CAD/CAM ceramic restorations : 6-year report. In Mörmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium*, Quintessence Publishing Co. p241, 1996.
7. Sturdevant JR, Heymann HO, Wilder AD, Roberson TM and Bayne SC. Composite resin cement thickness of CEREC CAD-CAM ceramic inlays (Abstract no. 245). *J Dent Res* 70:296, 1991.
8. Isenberg BP, Essig ME and Leinfelder KF. Clinical evaluation of CEREC CAD-CAM restorations emphasizing marginal integrity (Abstract no. 1346). *J Dent Res* 70:434, 1991.
9. Fett HP, Mörmann WH, Krejci I and Lutz F. The effects of short bevels and silanization on marginal adaptation of computer-machined mesio-occlusal inlays. *Quintessence Int* 22:823-829, 1991.
10. Inokoshi S, Van Meerbeek B, Willems G, Lambrechts P, Braem M and Vanherle G. Marginal accuracy of CAD/CAM inlays made with the original and the updated software. *J Dent* 20:171-177, 1992.
11. O'Neal SJ, Miracle RL and Leinfelder KF. Evaluating interfacial gaps for esthetic inlays. *JADA* 124:48-54, 1993.
12. Krejci I, Lutz F and Reimer M. Marginal adaptation and fit of adhesive ceramic inlays. *J Dent* 21:39-46, 1993.
13. Molin M and Karlsson S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems. A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand* 51:201-206, 1993.
14. Thordrup M, Isidor F and Hörsted-Bindslev P. Comparison of marginal fit and microleakage of ceramic and composite inlays: an in vitro study. *J Dent* 22:147-153, 1994.
15. Siervo S, Pampalone A, Siervo P and Siervo R. Where is the gap? Machinable ceramic systems and conventional laboratory restorations at a glance. *Quintessence Int* 11:773-779, 1994.
16. Sjögren G. Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting. An in vitro study. *Acta Odontol Scand* 53:24-28, 1995.
17. Hembree JH Jr. Comparisons of fit of CAD-CAM restorations using three imaging surfaces. *Quintessence Int* 26:145-147, 1995.
18. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay castings. *J Prosthet Dent* 16:297-305, 1966.
19. Siemens CEREC2 Operator's Manual, Siemens AG, 1994.
20. Mörmann WH and Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of CEREC2 CAD/CIM inlays. In Mörmann ed, *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium*.

- sium. Quintessence Publishing Co, p335, 1996.
21. Kawai K, Hayashi M and Iida Y. Comparison of milling ceramic inlay systems, Celay and Cerec. *Japanese J Conserv Dent* 36:1659, 1993.
 22. Anusavice KJ. Recent developments in restorative dental ceramics. *JADA* 124:72, 1993.
 23. White SN and Yu Z. Film thickness of new adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 67:782-785, 1992.
 24. White SN and Kipnis V. Effect of adhesive luting agents on the marginal seating of cast restorations. *J Prosthet Dent* 69:28-31, 1993.
 25. Dietschi D, Magne P and Holz J. An in vitro study of parameters related to marginal and internal seal of bonded restorations. *Quintessence Int* 24:281-291, 1993.
 26. Feilzer AJ, DeGee AJ and Davidsson CL. Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *J Dent Res* 68:48-50, 1989.
 27. Dietschi D, Maeder M and Holz J. In vitro evaluation of marginal fit and morphology of fired ceramic inlays. *Quintessence Int* 23:271-278, 1992.
 28. Kawai K, Isenberg BP and Leinfelder KF. Effect of gap dimension on composite resin cement wear. *Quintessence Int* 25:53-58, 1994.
 29. Essig ME, Isenberg BP, Leinfelder KF and Mueninghoff LA. An in-vivo evaluation of Dual-Cured cements with CAD-CAM ceramic inlays (Abstract no. 244). *J Dent Res* 70(A):296, 1991.
 30. Ujigo Y, Torii Y and Inoue K. Filler content versus wear of resin cement around CAD-CAM inlays (Abstract no. 1787). *J Dent Res* 73:325, 1994.
 31. Bayne SC, Taylor DF and Heymann HO. Protection hypothesis for composite wear. *Dent Mater* 8:305-309, 1992.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO CEREC2 inlay and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned mesiodistally. CEREC2 inlay was cemented with resin cement.
- Fig. 3. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO CEREC2 inlay and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned faciolingually. CEREC2 inlay was cemented with resin cement.
- Fig. 4. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO gold inlay and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned mesiodistally. Gold inlay was cemented with resin cement.
- Fig. 5. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO gold inlay and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned faciolingually. Gold inlay was cemented with resin cement.
- Fig. 6. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO gold inlay and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned mesiodistally. Gold inlay was cemented with zinc phosphate cement.
- Fig. 7. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO gold inlay and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned faciolingually. Gold inlay was cemented with zinc phosphate cement.
- Fig. 8. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO amalgam and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned mesiodistally. Amalgam was condensed after application of varnish two times.
- Fig. 9. Stereomicroscopic composite figure of the gaps between Class II MO amalgam and the external margins / internal walls of cavity in premolar tooth sectioned faciolingually. Amalgam was condensed after application of varnish two times.

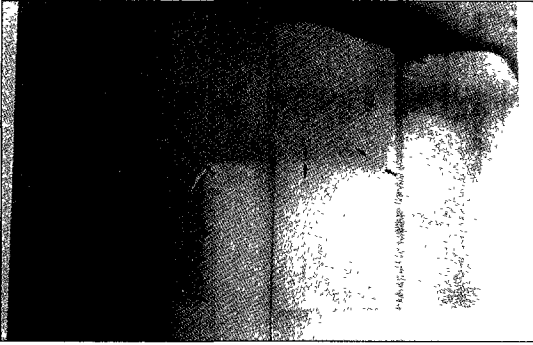


Fig. 2.

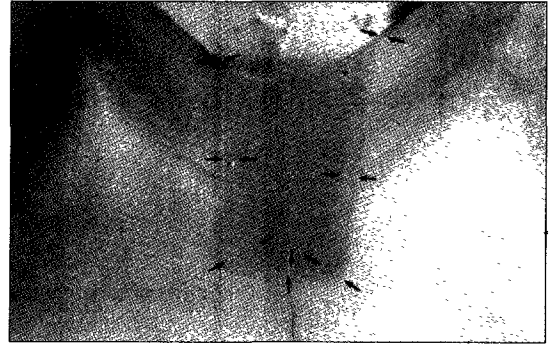


Fig. 3.



Fig. 4.

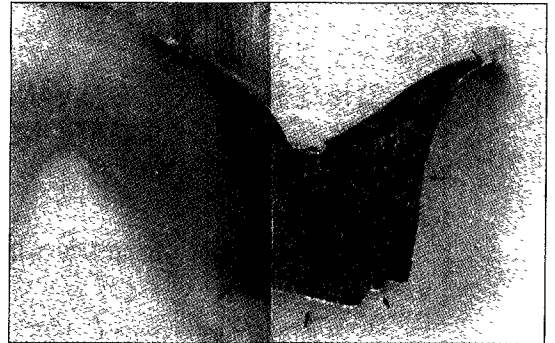


Fig. 5.



Fig. 6.

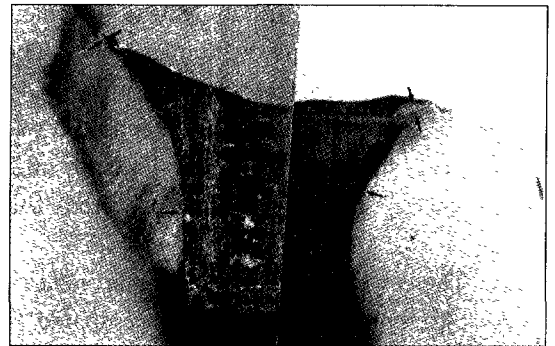


Fig. 7.

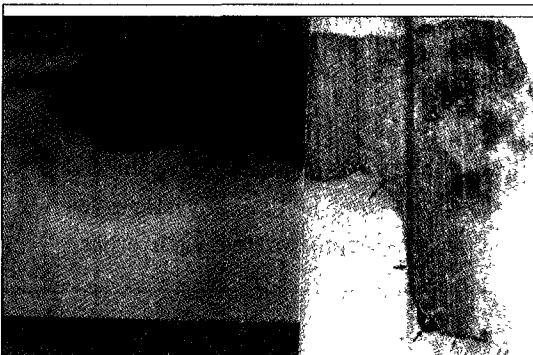


Fig. 8.

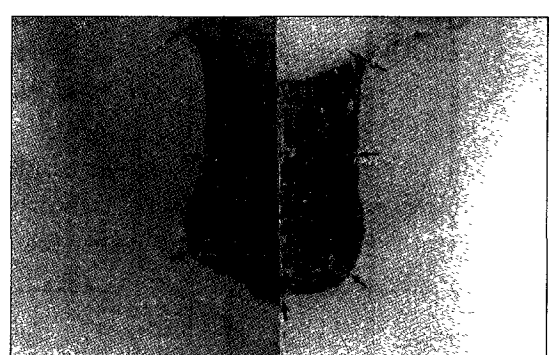


Fig. 9.