

## 알루미나 테이프를 사용한 유리 침투형 알루미나 코아의 변연적합도

연세대학교 치과대학 치과보철학교실, 한국과학기술연구원(KIST)\*  
서울대학교 치과대학 치과보철학교실\*\*

오남식 · 이명현\* · 김대준\* · 이근우 · 이선형\*\*

### I. 서 론

최근 치과에서의 심미성은 자연스럽게 보이려는 환자들의 요구로 인하여 치과임상에서 중요한 부분을 차지하게 되었고 이를 만족시키기 위한 심미적 수복재료인 금속도재관(metal ceramic crown) 그리고 복합레진, 전부도재관등에 대한 연구가 활발히 진행중에 있다.

치과에서 도재의 사용은 18세기초 프랑스 치과의사인 Fauchard에 의해 처음 시도되었으며 그후 1788년 Chemant에 의해 도재 의치가 소개되었다. 그리고 이탈리아 치과의사인 Fonzi에 의해 개개의 도재치아가 만들어졌으며 프랑스에서 처음으로 상품화가 되었다. 그러나 이때의 도재치아는 너무 투명하여 금속막을 가리기에는 어려움이 있었으며 도재부분이 쉽게 파절되는 문제점을 안고 있었다. 1886년 Land는 삭제된 치아에 백금박을 입혀 그 위에 법랑질을 입히는 방법을 시도하였다<sup>2)</sup>. 백금박위에 도재를 소결시킨 후 내면의 백금박을 제거하여 심미적으로 개선된 도재관을 제작하였다. 이후에 도재의 소결(sintering)온도를 낮추기위한 노력이 계속되면서 950°C에서 소결이 가능한 저온 소결 재료를 독일에서 개발하게 되었다. 이러한 재료의 개발과 기술의 개선으로 치과에서 도재의 사용은 점점 증가되어왔다.

1965년 McLean과 Hughes는 알루미나를 첨가한 opaque 분말을 도재관의 코아(core) 재료로 사용

하였다. 알루미나 결정은 치과도재의 유리구조에 흠어져 유리구조를 강화시켰으며 강도는 약 50% 증가된 140 MPa로 전부도재관의 제작이 가능함을 보였다<sup>22,24)</sup>. 알루미나 입자를 미리 소결시키고 이를 다시 분쇄시켜서 사용하는 전 소결법(presintering)을 통해 152 MPa까지 강도를 증가시킬 수 있었다<sup>26,28)</sup>. 이러한 연구들의 결과로 상업용 알루미나 도재가 제작되었는데 그 효시가 Vitadur-N (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)이고 이어서 NBK 1000 (De Trey/Dentsply International Inc., York, PA., U.S.A.)과 Hi-ceram (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)<sup>33)</sup>이 생산되었다.

그 후 전부도재관 제작을 위한 여러 가지 재료 및 방법, 장비들이 개발되었다. 결정 마그네슘 알루미나 침정석(magnesium aluminous oxide spinel)으로 강화시킨 Cerestore 시스템 (Johnson & Johnson, East Windsor, NJ., U.S.A.)은 소결 시간과 온도를 조절하여 산화 마그네슘의 부피팽창을 유도하여 소결 수축을 감소시키고 우수한 심미성을 얻을 수 있었다<sup>24)</sup>. 그러나 코아의 적합도에 대한 논란이 있었으며<sup>4)</sup> 투광도가 10% 정도로 기존의 금속도재관과 큰 차이가 없었다<sup>40)</sup>. 강도도 118-125 MPa 정도로 기존의 알루미나 강화 도재보다 우수하지 못하였다<sup>16,17,18)</sup>.

백류석(leucite) 결정을 도재관 내부로 분산시켜 강도를 증강시킨 것으로는 Optec (Jeneric/Penton,

Wallingford, U.S.A.)과 Empress (Ivoclar, Lichtenstein)가 있으며 후자는 lost-wax 기법 및 진공 압착법을 이용하여 주조하는 가열 가압 백류석 강화도재이며 심미적으로 매우 우수하며 파절강도는 160-180 MPa 정도로 보고되고 있다<sup>7)</sup>.

1983년 개발된 유리의 결정화로 강도를 증강시킨 Dicor 시스템 (Dentsply International, Inc., York, PA., U.S.A.)<sup>2)</sup>은 tetrasilicic fluormica 결정을 주 원료로 사용하였으며, lost-wax 과정을 이용하여 glass-ceramic을 주조하는 새로운 시도로서 높은 투광도를 가지며 심미적으로 우수하였으나<sup>8)</sup> 파절강도는 80-150 MPa 정도였으며<sup>19,28,42)</sup> 소결수축이 1.6% 정도 발생하여 변연적합도에 대한 논란이 있었다<sup>5,40)</sup>.

고강도 도재 코아를 사용하는 방법이 최근들어 확고히 정립되면서 슬립 캐스팅(slip-casting) 알루미늄나 도재 기법의 발전에 이르게 되었다. 슬립 캐스팅 기법은 기포가 많은 석고 몰드(mold)의 표면에 안정성이 있는 현탁액이나 형성제로 고체층을 형성하면 모세관 현상에 의해 액체 성분은 빨려 들어가는 기법 및 원리를 말한다<sup>20)</sup>. 1985년 Mickael Sadoun은 슬립 캐스팅 기법으로 치과용 코아 도재를 제작하여 300 MPa 이상의 강도를 얻을 수 있다고 보고하였으며<sup>21)</sup> 이는 고정성 가공의치 혹은 구치부 도재관으로 사용하기 위한 최소 강도인 300 MPa<sup>25)</sup>보다 큰 수치였다. 1989년 독일의 Vita사는 이를 응용하여 슬립 캐스팅 알루미늄나 도재에 유리를 침투시키는 방법으로 입자크기가 2-5 $\mu$ m인 알루미늄나를 85%이상 함유하는 In-ceram 시스템 (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)을 개발하였다. 이는 알루미늄나만을 1차 소결한 후 형태를 수정한 다음 열팽창률이 유사한 저온용융 유리를 다공성인 알루미늄나 소결체 내부에 모세관 현상을 이용하여 침투시킴으로써 매우 치밀한 알루미늄나-유리 복합구조물을 형성시켜<sup>9,10,37,41)</sup> 320-600 MPa 정도의 강도를 갖게하여<sup>11,12,38,43)</sup> 전치부의 단일 치관 뿐 아니라 고정성 가공의치와 구치부의 단일 치관에서도 사용이 가능하며 우수한 임상결과를 보이고 있다<sup>27,31,32)</sup>.

In-ceram 시스템은 강도와 심미성을 만족시키나 기공과정이 복잡하며<sup>31)</sup> 알루미늄나 코아 제작시 사용되는 슬립 캐스팅 기법은 알루미늄나 분말을 액체

와 혼합하여 현탁액(slip)을 만들어 특수 석고 다이(die)에 붓으로 현탁액을 도포하여 코아를 제작하게 되는데 조작이 어렵고 코아의 정확한 두께 조절이 용이하지 않으며, 현탁액을 다이에 도포시 양과 접질 양상의 구조(onion shell layered structure)를 갖게 되는 경우가 있어 이로 인해 강도가 약해지게 되므로<sup>31)</sup> 숙련된 조작을 위해서는 많은 경험을 필요로 하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 노력의 일환으로 1993년 신 등이 Alumina와 zirconia가 치과용 코아 도재의 물리적 성질에 미치는 영향을 연구하여 발표하였고<sup>43)</sup> 1997년 황, 이가 무가압 분말충전 알루미늄나에 이트리아를 함유한 붕규산염 유리를 침투시킨 코아도재의 물성을 연구하여 발표하였다<sup>44)</sup>.

그러므로 본 연구에서는 기존의 슬립 캐스팅 기법으로 전부도재관 제작시 야기되는 기공상의 복잡성을 개선하고 간편하면서도 균일한 두께를 가지는 알루미늄나 테이프를 개발하여 이를 최초로 전부도재관에 응용하고자, 개발된 알루미늄나 테이프를 사용한 전부도재관과 슬립 캐스팅(slip casting) 기법인 In-ceram 시스템으로 제작한 전부도재관의 변연적합도를 비교 연구하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에 사용된 알루미늄나 테이프는 미세한 세라믹 분말을 비수계 용매에 혼합한 후 여기에 무기 분말을 상호 결합시켜주는 결합제와 유연성과 가공성을 향상시키기 위한 가소제, 세라믹 분말 입자를 슬러리(slurry)에 분산시켜줌으로써 점도를 낮추고 혼합도를 증가시켜주는 분산제 등을 적정한 비율로 혼합하여 알루미늄나 슬러리를 제조하고 움직이는 운반 필름 위에 일정한 두께로 성형한 후 용매를 제거하여 그런 테이프를 제조하는 방법인 닥터 블레이드 캐스팅법으로 제작되었다.

테이프 캐스팅을 위한 슬러리는 원료물질인 알루미늄나에 분산제, 용매, 결합제, 가소제 등을 혼합하여 제조하였다(Fig. 1). 슬러리의 조성물 중 알루미늄나에 대한 알루미늄나와 유기물의 중량비(alumina / (alumina + polymer))는 0.830으로 하였

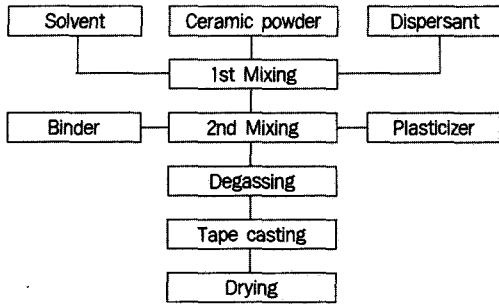


Fig. 1. Procedure of tape casting.

Table 1. Composition and particle size of AL-M43.

Property		Value
Chemical analysis (wt%)	H <sub>2</sub> O	0.07
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02
	SiO <sub>2</sub>	0.05
	Na <sub>2</sub> O	0.04
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99.9
	Ig. Loss	0.05
Mean particle size (μm)		3

Table 2. Physical properties of solvents.

	Methyl ethyl ketone	Ethyl alcohol
Structural formula	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Molecular weight	72.11	46.07
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.805	0.789
Viscosity (cps)	0.20	1.2
Composition (wt%)	40	60

다. 이때 유기물을 구성하는 결합제와 가소제에서 결합제에 대한 결합제와 가소제의 중량비(binder / (binder + plasticizer))를 0.444로 하였다. 이 때 사용한 알루미나의 조성은 Table 1과 같으며 용매의 구성 및 특성은 Table 2와 같다.

분산제 및 가소제, 결합제를 동시에 첨가하면 유기물이 입자 표면에 경쟁적으로 흡착되어 완전한 분산을 어렵게 하기<sup>14)</sup> 때문에 분산제, 용매, 알루미나 분말을 알루미나 볼(ball)과 함께 PE(polyethylene) 병에 넣어 1차 혼합한 후 결합제와 가소제를 첨가하고 2차 혼합하여 균일한 슬러리(slur-

ry)를 제조하였다. 슬러리는 일본 진천정기제작소사의 모델 DP-150 자동 닥터 블레이드 장치를 이용하여 테이프로 성형하였으며 테이프의 두께는 0.5 mm로 제작하였다.

## 2. 실험 방법

### 1) 치아 형성

두 개의 상악 우측 레진 증절치 (Trimunt Corporation, Kyoto, Japan)를 하나는 90° shoulder 변연으로, 다른 하나는 135° shoulder 변연으로 전부 도재관을 위한 치아 형성을 하였다. 치아의 형성은 절단면은 1.8mm, 순면은 1.2-1.5mm, 설면은 0.8-1.0mm 삭제하고 경사도는 10°로 하였다<sup>9)</sup>. 삭제기구는 고속용 다이아몬드 포인트(diamond point)를 사용하였으며 저속용 스톤 포인트(stone point)를 사용하여 모든 면과 각을 둥글고 매끄럽게 마무리하였다.

### 2) 다이 제작

형성된 치아에 paraffin wax를 덮은 후 트레이용 레진 (Instant Tray Mix, Lang Dental MFG. Co., INC., Wheeling, IL., U.S.A.)으로 각각의 인상 트레이를 제작하였다. 각각의 트레이에 인상용 접착제를 도포하고 vinyl polysiloxane 인상재 (Exaflex light body type, GC America Inc. Chicago, IL., U.S.A.)를 사용하여 90° shoulder 변연으로 형성된 치아는 20회, 135° shoulder 변연으로 형성된 치아는 10회의 인상을 채득하여 에폭시 레진 (Chemco, San Leandro, Calif., U.S.A.)으로 30개의 에폭시 레진 다이를 제작하였다.

90° shoulder 변연으로 형성된 치아는 10개씩 90AT군과 90IN군으로, 135° shoulder 변연으로 형성된 치아는 135AT군으로 분류하고 각각에 번호를 부여하였다(Table 3). 30개의 에폭시 레진 다이를 다시 각각의 트레이로 앞에서와 같은 vinyl polysiloxane 인상재를 사용하여 인상 채득 후 초경석고 (Fujirock, GC Corporation, Tokyo, Japan)로 다이를 제작하였다. 초경석고 다이에 die spacer (Nice Fit, Shofu Inc., Kyoto, Japan)를 3회씩<sup>9)</sup> 도포한 다음 앞에서와 같은 방법으로 인상을 채득하여 Vita사에서 In-ceram 시스템에 공급되는 특수

Table 3. Fabrication methods and margins studied.

Group	Margin	Material	Code
1	90° shoulder	Alumina tape	90AT
2	90° shoulder	In-ceram	90IN
3	135° shoulder	Alumina tape	135AT

석고 (special plaster)를 사용하여 모두 30개의 작업 다이를 제작하고 제작된 작업 다이는 변연부와 인상면에 결함이 없는지 확인하였다.

### 3) 코아 및 치관의 형성

90IN군은 In-ceram을 사용하여 제조회사의 지시대로 코아를 제작하였다. 90AT군과 135AT군은 알루미늄 테이프를 사용하여 코아를 제작하였다. 먼저 알루미늄 테이프를 적당한 크기로 자른 다음 건조된 특수 석고 다이(special plaster die)에 적절히 위치시켜 다이를 감싼 다음 실리콘 오일 bath에서 80°C로 10분간 예열하고 5분간 15 MPa로 열간정수압(Warm Isostatic Press)을 가하였다. Microscope (Stemi 2000, Zeiss, Germany)을 이용하여 wax 조각도로 과도하게 파개된 변연을 다듬은 다음 소결로에서 소결시켰다. 소결은 상온에서 600°C까지는 1분당 1°C씩 승온시켜 한시간 유지시킨후 다시 1,120°C까지는 분당 9°C씩 승온시켜 두시간 유지후에 냉각시켰다. 소결된 코아(core)를 초경석고 다이에 시적하고 필요한 부분의 형태를 수정하였다. 유리 침투는 세군 모두 In-ceram의 유리를 사용하여 제조회사의 지시대로 시행되었다. 코아상의 치관부는 Vitadur-a 도재를 사용하여 치관을 완성하였다.

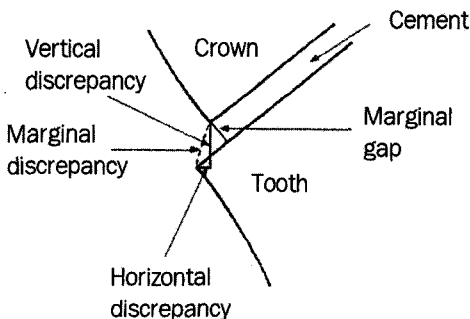


Fig. 3. Crown misfit terminology.

### 4) 합착

완성된 치관은 증기세척기로 세척한 후 다목적 하중기를 이용하여 10분간 Glassionomer 시멘트 (Hy-Bond Glasionomer CX, Shofu Inc., Kyoto, Japan)로 에폭시 레진 다이에 합착하였다. 여분의 시멘트는 치과용 탐침기 (dental explorer)를 이용하여 임상에서와 같은 방법으로 제거하였다.

### 5) 시편제작 및 측정

접착된 치관을 에폭시 레진으로 포매한 다음 협·설 및 근·원심 방향으로 절단하여(Fig. 2) 각 절단면을 1mm까지 연마처리 하였다. Measurescope MM-II (Nikon, Japan)를 이용하여 200배의 배율로 연마면에서 vertical, horizontal discrepancy 및 marginal gap을 측정하였고 vertical 및 horizontal discrepancy로 marginal discrepancy를 구하였다 (사진부도 1-4).

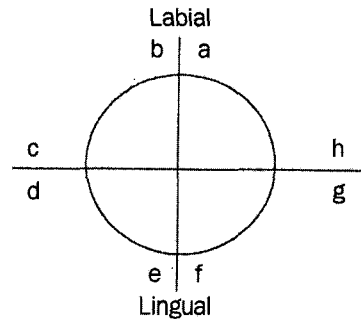
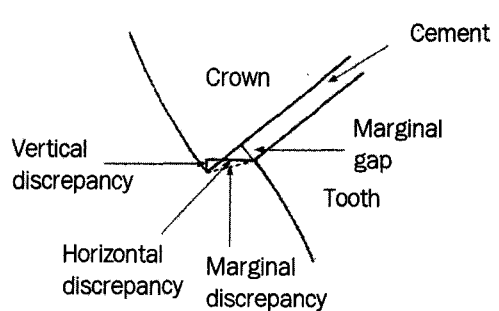


Fig. 2. Incisal view of crown; Labiolingual and mesiodistal sectioning measurement point.



Vertical discrepancy는 치축을 중심세로축으로 하여 수복물과 변연의 수직거리를 나타내며, horizontal discrepancy는 수평거리를 나타낸다. Marginal discrepancy는 수복물 끝과 변연의 거리 즉 vertical discrepancy와 horizontal discrepancy에 의한 사각형의 대각선의 길이를 말하며 marginal gap은 수복물 끝에서 치아에 이르는 수직 거리를 의미한다 (Fig. 3).

### 6) 통계분석

비모수적인 검증의 한 방법인 Wilcoxon rank sum test로 horizontal, vertical, marginal discrepancy 및 marginal gap에 대한 각 군의 차이를 비교하였고, 측정 위치에 따른 horizontal, vertical, marginal discrepancy 및 marginal gap은 Kruskal-Wallis test로 측정 결과를 분석하였으며 95%의 신뢰구간으로 검증하였다.

## III. 실험 성적

세군의 측정위치에 따른 Wilcoxon rank sum test

의 결과는 Table 4, 5, 6과 같다. 90AT군에서 marginal discrepancy의 중간값은 78.3 $\mu$ m였으며 marginal gap의 중간값은 44.4 $\mu$ m였다. 90IN군의 marginal discrepancy의 중간값은 65 $\mu$ m였으며 marginal gap의 중간값은 25.5 $\mu$ m였으며, 135AT군의 marginal discrepancy의 중간값은 82.1 $\mu$ m, marginal gap의 중간값은 40.2 $\mu$ m였다. Fig. 4, 5, 6에서 각 군의 중간값 및 부위별 중간값을 그래프로 나타내었다.

### 1. 각 군간의 변연적합도 비교

#### 1) 알루미늄 테이프와 In-ceram의 비교

90° shoulder 변연으로 알루미늄 테이프와 In-ceram을 사용하여 코아를 형성한 90AT군과 90IN군의 비교의 결과는 Table 7과 같다. 모든 면을 합하여 비교한 경우 vertical, horizontal, marginal discrepancy 및 marginal gap 모두 알루미늄 테이프를 이용한 90AT군에서 크게 나타났으며 horizontal discrepancy 및 marginal gap은 통계학적인 유의차가 있었으나(p<0.05) vertical 및 marginal discrepancy는 통계학적인 유의차가 없었다(p>0.05).

Table 4. Vertical, horizontal and marginal discrepancy and marginal gap (in micron) by margin location with Wilcoxon rank sum test in group 90AT.

Surfaces		Vertical discrepancy	Horizontal discrepancy	Marginal discrepancy	Marginal gap
Labial	Med	36	31	49	29.9
	Min	5	0	15.8	9.2
	Max	100	83	105.1	73
Distal	Med	60.5	34.5	80.5	64
	Min	8	0	12	13
	Max	102	84	114.9	125.1
Lingual	Med	82.5	38.5	96.2	60.4
	Min	19	1	38	19.4
	Max	194	93	215	142.7
Mesial	Med	58	38.5	73.6	42.5
	Min	1	0	12.8	8.9
	Max	127	85	131.2	126.1
Combined	Med	61	36	78.3	44.4
	Min	1	0	12	8.9
	Max	194	93	215.1	142.7

Med : median value

Min : minimum value

Max : maximum value

Table 5. Vertical, horizontal and marginal discrepancy and marginal gap (in micron) by margin location with Wilcoxon rank sum test in group 90IN.

Surfaces		Vertical discrepancy	Horizontal discrepancy	Marginal discrepancy	Marginal gap
Labial	Med	52	20	53,7	16,2
	Min	14	2	27,6	4
	Max	100	90	114,6	52,1
Distal	Med	49	24	60,1	32
	Min	7	4	21,3	10
	Max	150	72	151,3	114
Lingual	Med	75,5	25,5	82,3	32,7
	Min	22	1	43	11,1
	Max	140	81	161,7	83,2
Mesial	Med	44	22	57,4	24
	Min	8	1	10	8
	Max	116	70	122	78
Combined	Med	53	24	65	25,5
	Min	7	1	10	4
	Max	150	90	161,7	114

Med : median value

Min : minimum value

Max : maximum value

Table 6. Vertical, horizontal and marginal discrepancy and marginal gap (in micron) by margin location with Wilcoxon rank sum test in group 135AT.

Surfaces		Vertical discrepancy	Horizontal discrepancy	Marginal discrepancy	Marginal gap
Labial	Med	67	32	75,1	20,9
	Min	22	0	22	1
	Max	154	119	182,2	89,8
Distal	Med	74	26	81,1	55
	Min	18	2	35,3	8,2
	Max	234	174	291,6	134
Lingual	Med	87	38	98,1	40,2
	Min	37	0	39,9	13,9
	Max	226	163	265,4	149,3
Mesial	Med	59	33	64,7	37,
	Min	4	4	28,2	4
	Max	193	91	211,2	158
Combined	Med	68	31,5	82,1	40,2
	Min		4	15	22 1
	Max		234	174	291 158

Med : median value

Min : minimum value

Max : maximum value

Table 7. Vertical, horizontal and marginal discrepancy and marginal gap by margin location with Wilcoxon rank sum test for homogeneity between group 90AT and group 90IN.

Surfaces		Vertical discrepancy	Horizontal discrepancy	Marginal discrepancy	Marginal gap
Combined			*		*
	p value	0.5107 >	0.0146 >	0.0738 >	0.0001 >
Labial					*
	p value	0.1692 <	0.09 >	0.9999 <	0.003 >
Distal					*
	p value	0.1508 >	0.6548 >	0.1281 >	0.0004 >
Lingual					*
	p value	0.1536 >	0.4458 >	0.1299 >	0.0017 >
Mesial					*
	p value	0.8732 >	0.0514 >	0.2131 >	0.0494 >

> : Group 90AT has large median value than group 90IN.

\* : 95% Confidence interval; asterisk indicates that groups are statistically different.

Table 8. Vertical, horizontal and marginal discrepancy and marginal gap by margin location with Wilcoxon rank sum test for homogeneity between group 90AT and group 135AT.

Surfaces		Vertical discrepancy	Horizontal discrepancy	Marginal discrepancy	Marginal gap
Combined					*
	p value	0.0071 <	0.7607 >	0.0852 <	0.0512 >
Labial					*
	p value	0.0034 <	0.9606 <	0.0443 <	0.2292 >
Distal					
	p value	0.1277 <	0.7939 >	0.3517 <	0.9193 >
Lingual					*
	p value	0.986 >	0.8121 >	0.8672 >	0.0353 >
Mesial					
	p value	0.3004 <	0.8719 >	0.7925 <	0.291 >

> : Group 90AT has large median value than group 135AT.

\* : 95% Confidence interval; asterisk indicates that groups are statistically different.

Table 9. Vertical, horizontal and marginal discrepancy and marginal gap by margin location with Kruskal-Wallis test for homogeneity within each group.

Surfaces	Vertical discrepancy	Horizontal discrepancy	Marginal discrepancy	Marginal gap
90AT	3*	4*	3*	2*
	2 *	3*	2 *	3*
	4 * *	1*	4 *	4* *
	1 *	2*	1 *	1 *
90IN	3*	3*	3*	3*
	1 *	2*	2 *	2*
	2 *	4*	4 *	4* *
	4 *	1*	1 *	1 *
135AT	3*	4*	3*	2*
	2* *	3*	2* *	3* *
	1 *	1*	1* *	4 * *
	4 *	2*	4 *	1 *

\* 95% Confidence interval; asterisk in same vertical line indicates that groups are not statistically different.

1 : labial surface            2 : distal surface            3 : lingual surface            4 : mesial surface

Upper one has large median value than lower one in same vertical line.

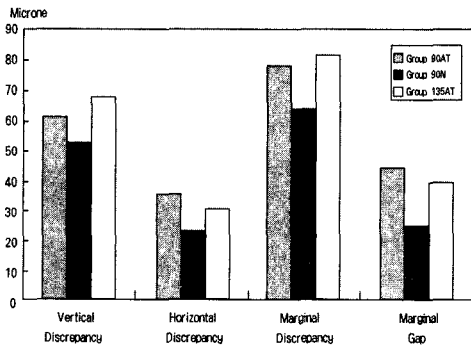


Fig. 4. Graph of overall vertical, horizontal, marginal discrepancy and marginal gap.

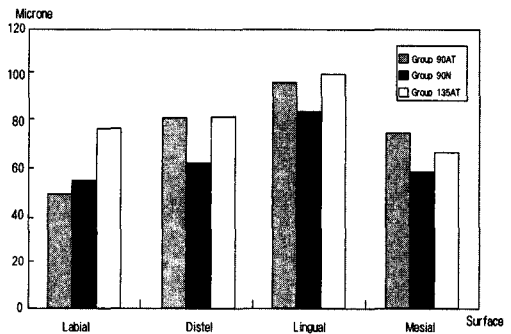


Fig. 5. Graph of overall marginal discrepancy.

## 2) 변연 형태에 따른 비교

변연형태를 90° 및 135° shoulder로 하고 알루미늄 테이프를 사용하여 코아를 제작한 90AT군과 135AT군의 비교 결과는 Table 8과 같다. 모든 면을 합하여 비교한 경우 vertical discrepancy는 135AT군에서만 크게 나타났으며 통계학적 유의차

가 있었고( $p < 0.05$ ) horizontal discrepancy와 marginal gap은 90AT군이 더 큰 값을 보였고 marginal discrepancy는 135AT군이 더 큰 값을 보였으나 통계학적인 유의차는 없었다( $p > 0.05$ ).



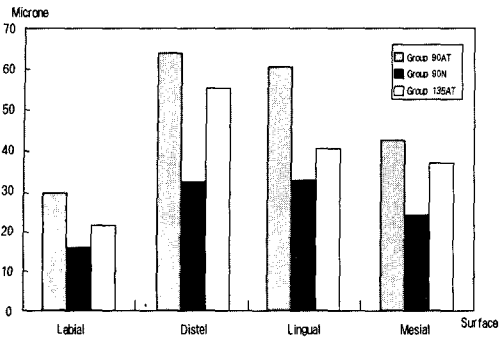


Fig. 6. Graph of overall marginal gap.

## 2. 각 군의 측정위치에 따른 변연 적합도의 차이

90AT, 90IN, 135AT 세군에서 순·설·근·원심면의 측정위치에 따른 변연적합도의 차이를 검사하기 위하여 Kruskal-Wallis test를 시행한 결과는 Table 9와 같다. 각 군에서 순·설·근·원심면을 상호 비교한 결과 세군 모두 horizontal discrepancy는 통계학적인 유의차는 없었으며 marginal discrepancy는 설면이 가장 큰 값을 보였으며 90AT군과 90IN군에서는 나머지 세면과 유의차가 있었다( $p < 0.05$ ). Marginal gap은 세군 모두 순면에서 가장 작은 값을 나타내었다.

## IV. 총괄 및 고찰

수복물의 불량한 변연적합도는 치태의 침착을 야기하고 치은의 염증을 유발시켜<sup>36)</sup> 수복물의 수명에도 상당한 영향을 준다. 이러한 이유로 적합도를 평가하는 많은 실험들이 행해져왔다.

본 실험에서 알루미늄 테이프를 사용하여 코아를 제작하는 방법과 기존의 In-ceram 시스템으로 코아를 제작하는 방법으로 전부도재관을 제작하여 변연부를 관찰하였고 또한 변연형태를 90° 및 135° shoulder로 달리하여 알루미늄 테이프로 전부도재관을 제작하여 vertical, horizontal, marginal discrepancy 및 marginal gap을 관찰하였다.

실험에 사용된 알루미늄 테이프의 물리적 특성을 살펴보면 굴곡강도는 498 MPa로 450-600 MPa로 보고되고 있는 In-ceram의 굴곡강도와 큰

차이가 없으며 파절의 진행과 연관이 있는 인성은 3.12 MPa  $m^{1/2}$  로 In-ceram의 3 MPa  $m^{1/2}$  와 유사한 값을 가진다.

실험에서 응용된 각종 측정부위를 살펴보면 vertical discrepancy는 수복물의 seating과 연관이 있으며 horizontal discrepancy는 수복물의 overcontour와 undercontour를 의미하며 이들 모두 치태침착과 연관이 있다. 그리고 marginal discrepancy는 vertical 및 horizontal discrepancy의 의미를 복합적으로 반영한 것이며, marginal gap은 시멘트의 용해와 밀접한 연관이 있다<sup>15)</sup>.

먼저 알루미늄 테이프를 사용하여 코아를 제작하는 방법과 기존의 In-ceram 시스템을 사용한 방법으로 전부도재관을 제작한 90AT군과 90IN군의 비교에서 marginal discrepancy는 78.3 $\mu m$ 와 65 $\mu m$ 로 알루미늄 테이프를 사용한 90AT군에서 큰 값을 보였으며 marginal gap도 44.4 $\mu m$ 와 25.5 $\mu m$ 로 90AT군에서 큰 값을 보였다. 그리고 marginal discrepancy는 통계학적인 유의차는 없었고( $p > 0.05$ ) marginal gap은 통계학적인 유의차가 있었다( $p < 0.05$ ).

이 값을 1996년 Shearer등<sup>30)</sup>이 변연부 형태에 따른 적합도 및 도재 형성후 In-ceram crowns의 적합도를 시편을 직접절단하여 관찰한 평균 19 $\mu m$ 의 변연누출과 비교하면 큰 값을 보였다. 그리고 시멘트 접착후 피막도가 25 $\mu m$ 인 미국치과의사협회 규격(ADA specification)<sup>1)</sup>과 비교해 보면 In-ceram을 사용한 90IN군은 유사한 값을 보였으나 알루미늄 테이프를 사용한 90AT군은 조금 큰 값을 보였다.

그러나 1993년 Grey등<sup>13)</sup>이 금속도재관과 완전도재관 즉 금속도재, 알루미늄 도재, 알루미늄 코아에 유리를 침투시키는 all-ceramic 시스템등 세종류의 재료로 치관을 제작하여 저점도 silicone paste를 사용하여 적합도를 검사한 결과인 95 $\mu m$ , 154 $\mu m$ , 123 $\mu m$ 의 평균 피막도와 비교하면 작은 값을 보였으며 1991년의 James D. Weaver<sup>39)</sup>의 연구 결과와는 유사한 값을 나타내었다.

그리고 이 두 군을 순·설·근·원심면의 측정위치에 따라 세분하여 비교한 결과 순면에서는 vertical discrepancy가 In-ceram을 사용한 90IN군에서 더 큰 값을 보였으며 marginal discrepancy도 90IN군에서 더 큰 값을 보였으나 통계학적인 유의차는 없었다( $p > 0.05$ ). 그리고 나머지 다른 면들은

90AT군에서 더 큰 값을 보였으며 marginal gap에서만 통계학적인 유의차가 있었다(Table 9).

In-ceram의 경우는 0.3%의 소결수축이 있어 이런 수축을 특수 석고 다이(special plaster die)에서 보상하게 된다. 일반적으로 치과에서 사용되는 2급 석고의 경우 혼수비를 50cc/100g으로 혼합할 경우 경화팽창률이 0.3%며<sup>30)</sup> 혼수비를 줄여 이보다 적은 물로 혼합할 경우 경화팽창은 늘어나게 된다. In-ceram용 특수 석고의 혼수비는 4.6cc/20g으로 석고 100g으로 환산할 경우 23g/100g으로 보통의 2급 석고의 혼수비보다 매우 낮은 혼수비로 혼합하도록 지시되어 있다. 이렇게 얻은 특수 석고의 경화 팽창은 0.4%이다. 이 0.4%의 경화팽창으로 In-ceram의 고상소결에서의 0.3% 선수축과 모형복제를 위한 부가중합형 인상제의 0.1% 응고 수축을 보상한다. 그러나 실험에 사용된 알루미늄 테이프의 선수축률은 1차 소결시 0.39%, 그리고 유리 침투시 0.05%로 코아 제작시 총 0.44%의 선수축이 나타난다. 이런 수축률의 차이로 인해 In-ceram 시스템의 석고를 사용하면 0.44%의 소결 수축을 모두 보상할 수 없어 보다 큰 discrepancy 값을 보일 수 있음을 고려해볼 수 있다.

알루미늄 테이프로 변연의 형태를 달리하여 코아를 제작한 90° shoulder 변연인 90AT군과 135° shoulder 변연인 135AT군의 marginal discrepancy와 marginal gap을 비교하였으나 두 값 모두 통계적 유의차를 보이지 않았다. 이것은 1994년 Pera 등<sup>29)</sup>이 알루미늄 도재관(alumina porcelain ceramic crown)의 세가지 변연 형태에서 변연적합성을 stereomicroscope을 이용하여 관찰한 결과 chamfer 변연 또는 90° shoulder 변연에서 더 우수한 변연 적합성을 나타낸다고 보고한 것과도 유사한 결과를 보이며 1996년 Shearer 등<sup>31)</sup>의 연구와도 같은 결과를 보였다.

Marginal gap은 네면 모두 90° shoulder 변연인 90AT군이 큰 것으로 나타났으나 단지 설면에서만 통계적 유의차가 있었고 나머지 면에서는 통계적 유의차가 없었다( $p>0.05$ ). 그리고 marginal discrepancy는 순·근·원심면에서 135AT군이 큰 값을 보였으며 설면은 90AT군이 큰 값을 보였으나 순면에서만 통계적 유의차가 있었다. 그리고 설면에서는 vertical discrepancy와 horizontal discrepan-

cy, marginal discrepancy 모두 90AT군이 큰 값을 보였다. 그리고 두 군의 marginal discrepancy와 marginal gap의 크기는 대부분 서로 반대로 나타나 상호 연관성은 보이지 않았다(Table 8).

같은 군 내에서 순·설·근·원심면의 측정위치에 따른 차이를 비교한 경우 90AT군에서는 horizontal discrepancy는 네면 모두 유의차가 없었으나 순면에서의 값이 비교적 작게 나타났다. 90IN군에서는 순면이 고르게 작은 값을 보인 반면 설면이 큰 값을 보였으며 순면과 비교하여 통계적 유의차가 있었다. 135AT군에서 horizontal discrepancy는 네면의 유의차가 없었으며 vertical 및 marginal discrepancy는 설면이 가장 크게 나타났으며 일부 면과는 통계학적인 유의차가 있었다(Table 9). 90AT, 90IN, 135AT의 모든 군에서 보면 측정 위치에 따른 상호 연관은 없는 것으로 사료되며 일부 순·설면 비교에서 설면이 큰 값을 보인 것은 제작과정상의 기술적인 오차로 보인다. 그리고 In-ceram을 사용한 군에서만 순·설면간에 통계적 유의차를 보인 것은 알루미늄 테이프보다 In-ceram이 제작자의 기술에 더욱 민감한 결과를 보이는 것으로 생각되어지며 이것은 알루미늄 테이프가 상대적으로 낮은 기술 민감도를 가져 대부분의 치과 기공사들이 쉽게 좋은 결과를 얻을 수 있으리라고 사료된다.

## V. 결 론

90° 및 135° shoulder로 변연부를 형성하고 알루미늄 테이프를 제작한 전부도재관과 슬립 캐스팅 기법인 In-ceram 시스템으로 제작한 전부도재관을 순·설·근·원심면에서 직접 절단한 후 Measurescope MM-II로 marginal discrepancy 및 marginal gap을 측정하여 Wilcoxon rank sum test와 Kruskal-Wallis test로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 90° shoulder 변연에서 알루미늄 테이프를 사용한 전부도재관과 In-ceram 시스템을 사용한 전부도재관의 marginal discrepancy의 중간값은 78.3  $\mu\text{m}$ , 65  $\mu\text{m}$ 로 통계학적인 유의차는 없었으며 ( $p>0.05$ ) marginal gap의 중간값은 44.4  $\mu\text{m}$ , 25.5  $\mu\text{m}$

- 로 통계학적인 유의차가 있었다( $p < 0.05$ ).
2. 90° shoulder 변연과 135° shoulder 변연으로 알루미늄이나 테이프를 이용하여 전부도재관을 제작한 경우 marginal discrepancy의 중간값은 78.3  $\mu\text{m}$ , 82.1  $\mu\text{m}$ 로 통계학적 유의차는 없었으며 ( $p > 0.05$ ) marginal gap의 중간값은 44.4  $\mu\text{m}$ , 40.2  $\mu\text{m}$ 로 역시 통계학적인 유의차가 없었다( $p > 0.05$ ).
  3. 순·설·근·원심면의 측정 부위에 따른 변연 적합도는 세 군 모두 통계학적인 유의차가 없었다( $p > 0.05$ ).

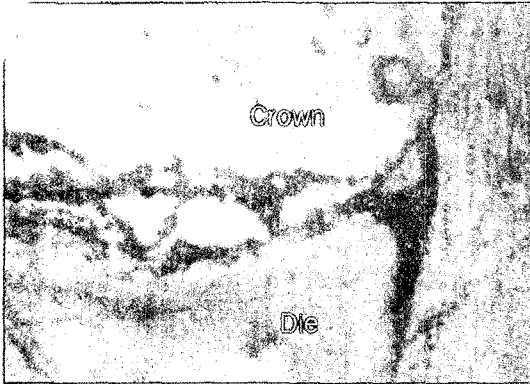
이상의 결과로 보아 알루미늄 테이프를 이용한 유리 침투형 코아의 변연적합도는 널리 사용되어지고 있는 In-ceram 전부도재관과 비교해 볼 때 조금 큰 값을 보이거나 임상 적용이 가능하리라고 생각된다.

### 참 고 문 헌

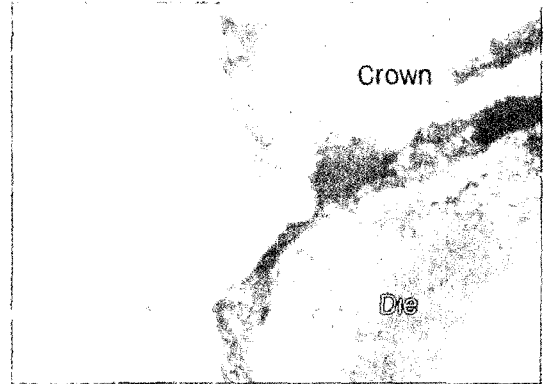
1. ANS/ADA specification No.8-1977. Chicago : American Dental Association, 1977.
2. Banks R.G. : Conservative posterior ceramic restoration. : A literature review. J. Prosthet. Dent., 63 : 619, 1990.
3. Campagni W.V., Preston J.D., Reisbick M.H. : Measurement of paint on diespacers used for casting relief. J. Prosthet. Dent. 47 : 606-11, 1982.
4. Campbell S.D., and Sozio R.B. : Evaluation of the fit and strength of an all ceramic fixed partial denture. J. Prosthet. Dent., 59 : 301, 1988.
5. Chiche G.J., Pinault A. : Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics. Quintessence, 97-113, 1994.
6. Dickinson A.J.G., Moore B.K., Harris R.K., and Dykema R.W. : A comparative study of the strength of aluminous porcelain and all ceramic crown. J. Prosthet. Dent., 51 : 273, 1984.
7. Dong J.K., Luthy H., Wohlwend A., Scharer P. : Heat-pressed ceramics : Technology and strength. Int. J. Prosthodont., 5 : 9, 1992.
8. Ferro K.J., Myers M.L., Graser G.N. : Fracture strength of full contoured ceramic crowns and porcelain-veneered crowns of ceramic copings. J. Prosthet. Dent., 71(5) : 462-7, 1994.
9. Fisher J., Schmid M., Kappert H.F., Strub J.R. : Texture formation of the dental ceramic core material In-Ceram and thermal expansion of its individual components. [(German) Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift., 46(7) : 461-3, 1991.
10. Futterknecht N., Jinoian V. : A renaissance of ceramic prosthetics Quintessenz Zahntech., 16 : 10, 1990.
11. Giordano R., Campbell S., Pelletier L. : Flexural strength of alumina and glass components of In-Ceram. J. Dent. Res., 71 : 253, 1992.
12. Giordano R.A. 2nd., Pelletier L., Campbell S., Pober R. : Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic and feldspathic porcelain J. Prosthet. Dent., 73(5) : 4111-8, 1995.
13. Grey N.J., Piddock V., Wilson M.A. : In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. Journal of Dentistry. Feb. 21(1) : 47-51, 1993.
14. Hans Hellebrand : "Tape Casting" in Processing of Ceramics," edited by R. W. CAhn, P. Haasen, E. J. Kramer, Richard, VCH, 190-260.
15. Holmes J.R., Bayne S.C. : Considerations in measurement of marginal fit. J. Prosth. Dent. 62(4) : 405-408, 1989.
16. Hondrum S.O. : A review of the strength properties of dental ceramics. [Review] J. Prosthet. Dent., 67(6) : 859-65, 1992.
17. Josephson B.A., Schulman A., Dunn Z.A., and Hurwitz W. : A compressive strength study of an all-ceramic crown. J. Prosthet. Dent., 53 : 301, 1985.
18. Josephson B.A., Schulman A., Dunn Z.A., and Hurwitz W. : A compressive strength study of complete ceramic crowns. Part II J. Prosthet. Dent., 65(3) : 388-91, 1991.
19. Kelly J.R., Campbell S.D., and Bowen H.K. :

- Fracture-surface analysis of dental ceramics, *J. Prosthet. Dent.*, 62 : 536, 1989.
20. Kingery W.D. : Ceramic fabrication Processes. New York : Technology Press of Massachusetts Institute of Technology and John Wiley and sons, Inc., 1958.
  21. Levy H. : Working with the In-Ceram porcelain system, *Prothese Dentaire.*, 1 : 44- 45, 1990.
  22. Lufkin A.W. : A History of Dentistry, 2nd edition London, 1984.
  23. Mclean J.W. : Creamics in clinical dentistry., *Brit. Dent. J.*, 164 : 187, 1988.
  24. Mclean J.W. : The alumina reinforced porcelain jacket crown, *J. Am. Dent. Assoc.*, 75 : 621, 1967.
  25. Mclean J.W., Hughes T.H. : The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br. Dent.J.*, 119 : 251-67, 1965.
  26. Mclean J.W., and Kedge M.I. : High-strength ceramics, *Quintessence Int.*, 18 : 97, 1987.
  27. Myers M.L., Ergle J.W., Fairhurst C.W., Ringle R.D. : Fatigue failure parameters of IPS-Empress porcelain. *Int. J. Prosthodont.*, 7(6) : 549-53, 1994.
  28. OBrien W.J. : Recent developments in materials and processes for ceramic rowns, *J. Am. Dent. Assoc.*, 110 : 548, 1985.
  29. Pera P., Gilodi S., Bassi F., Carossa S. : In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns, *J Prosthet Dent.* 72(6) : 585-90, 1994.
  30. Phillips R.W. : Skinner's Science of Dental Materials, ed 9. Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1991.
  31. Probster L., Diehl J. : Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int.*, 23(1) : 25-31, 1992.
  32. Probster L. : Survival rate of In-ceram restorations. *Int. J. Prosth.*, 6(3) : 259-63, 1993.
  33. Scherrer S., Mojon P., Belser U., Meyer J.M. : The Vita Hi-Ceram crown system : A clinical and laboratory investigation. *J. Dent. Res* [Abstract no. 812], 67 : 214, 1988.
  34. Shearer B., Gough M.B., Setchell D.J. : Influence of marginal configuration and porcelain addition on the fit of In-ceram crowns, *Biomaterials Oct.*, 17(19) : 1891-5, 1996.
  35. Sherril C.A, and O'Brien W.J. : Transverse strength of aluminous and feldspathic pocelain, *J. Dent. Res.*, 53 : 683, 1974.
  36. Sorensen J.A. A rationale for comparison of plaque retaining properties of crown system, *J. Prosth. Dent.* 62 : 264-9, 1989.
  37. Sorenson J.A., Knode H., Torres T.J. : In-ceram all ceramic bridge technology. *Quintessence of Dent. Tech.*, 15 : 41-46, 1992.
  38. Wagner W.C., Chu T.M. : Biaxial strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics, *J. Prosthet. Dent.*, 76 : 18-140, 144, 1996.
  39. Weaver J.D., Johnson G.H., Bales D.J. : Marginal adaptation of castable ceramic crowns, *J. Prosth. Dent.* 66(6) : 747-753, 1991.
  40. Wohlwend A., Strub J.R., and Scharer P. : Metal ceramic and all-ceramic restorations : Current considerations, *Int. J. Prosdont.*, 2 : 13-26, 1989.
  41. Wolf W.D., Vaidya K.J., Francis L.F. : Mechanical properties and analysis of alumina-glass dental composites, *J. Am. Ceram. Soc.*, 79 : 1769-1776, 1996.
  42. Yoshinari M., Derand T. : Fracture strength of all-ceramic crowns, *Int. J. Prosthodont.*, 7(4) : 3219-38, 1994.
  43. 신현수, 이상진, 이근우 : Alumina와 zirconia가 치과용 코아 도재의 물리적 성질에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한치과보철학회지*, 31(3) : 317-350, 1993.
  44. 황승우, 이근우 : 무가압 분말충전 알루미늄에 이트리아를 함유한 붕규산염 유리를 침투시킨 코아도재의 물성. *대한치과보철학회지*, 35(1) 221-243, 1997.

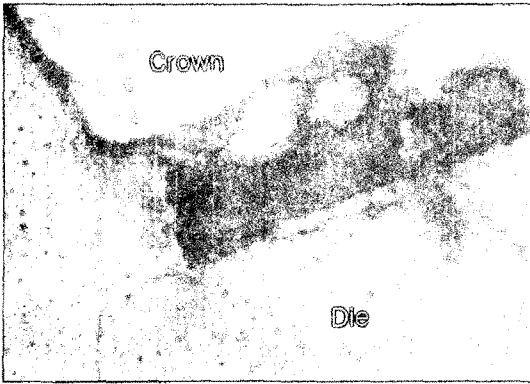
사 진 부 도



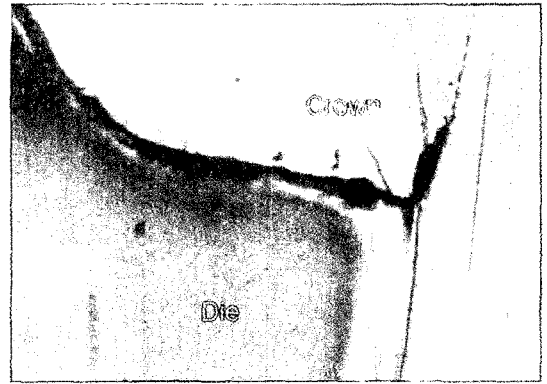
사진부도 1



사진부도 2



사진부도 3



사진부도 4

ABSTRACT

**MARGINAL FIT OF GLASS INFILTRATED ALUMINA CORE FABRICATED FROM ALUMINA TAPES**

**Nam-Sik Oh, Myung-Hyun Lee\*, Dae-Joon Kim\*, Keun-Woo Lee, Sun-Hyeong Lee\*\***

*Department of Dentistry, The Graduate school, Yonsei University,*

*Korea Institute of Science and Technology(KIST)\**

*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University\*\**

The purpose of this study was to compare the marginal fit of all ceramic crowns prepared from alumina slip casting, which is consistent with the conventional In-ceram system, and those fabricated from alumina tapes which is currently under development in an effort to alleviate complexities involved in the forming procedure of the In-ceram crown core.

All ceramic crowns, made of In-ceram(slip casting) and alumina tapes(Doctor blade casting), were prepared with 90° and 135° shoulder margins. The crowns were cemented with a glass ionomer cement and embedded in epoxy resin. The embedded crowns were sectioned faciolingually and mesiodistally and marginal discrepancies and marginal gaps were measured under the Measurescope MM II. The measurements were analyzed using Wilcoxon rank sum test and Kruskal-Wallis test and the results were as follows:

1. In the case of 90° shoulder margin, the combined marginal discrepancies and marginal gaps were 78.3  $\mu\text{m}$  and 44.4  $\mu\text{m}$  respectively, for the all ceramic crowns fabricated using the alumina tapes. In comparison, the values were 65  $\mu\text{m}$  and 25.5  $\mu\text{m}$  for the In-ceram crowns. For the marginal gaps a statistical difference existed ( $p < 0.05$ ) but no significant difference was observed for the marginal discrepancy ( $p > 0.05$ ).
2. In the case of 135° shoulder margin, the combined marginal discrepancy and marginal gaps were 82.1  $\mu\text{m}$  and 40.2  $\mu\text{m}$  respectively, for the all ceramic crowns formed with the tapes. As compared with the marginal discrepancy and gaps of the 90° shoulder margin in the fabricated from the alumina tapes, no significant statistical differences were discerned in both cases ( $p > 0.05$ ).
3. There was no statistically significant difference in the fits among four locations around the margins of the all ceramic crowns fabricated using the alumina tapes.

The results obtained in this study showed that the marginal fits of the glass infiltrated alumina cores fabricated from the alumina tapes are slightly higher value than those prepared using the In-ceram but the difference is within a clinically acceptable range.

---

**Key words** : alumina tape, marginal fit, all ceramic crown, In-ceram, glass infiltration