

내부금속관 형태에 따른 도재전장금관의 파절강도와 도재색조에 관한 연구

부산대학교 치과대학 치과보철학교실

이명호 · 전영찬

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

제 1 장 서 론

재료와 제작방법에서 많은 발전을 이루어 온 도재수복술은 생체적합성과 기능적 안정성을 가지고 있으나^{1,2)} 열 성질이 상이한 도재와 합금의 상호작용으로 인한 잔류응력³⁻⁵⁾과 이에 연관된 도재파절^{6,7)} 및 변연적합도^{8,9)}는 심미적 색조재현성¹⁰⁻¹²⁾과 함께 아직도 문제점으로 보고되고 있다¹³⁾.

현대 도재수복술을 그 제작방법에 따라 대별하면, 내부금속관(metal coping)에 저융도재를 용착시킨 ceramo metal crown, 고강도 불투명도재를 이용하는 ceramic jacket crown, mold내에 원심주조하는 castable glass ceramic crown, 그리고 식각처리한 범랑질 표면에 판상 도재를 접착시키는 porcelain laminate veneer 등이 있다¹⁴⁻¹⁷⁾.

Brecker¹⁸⁾가 도재-금합금 용착술을 개발

하므로서, 파절저항성이 낮았던 종래의 ceramic jacket crown을 대신하여 기계적 성질이 현저히 향상된 ceramo metal crown이 주로 이용되어 왔다. 내부금속관 제작에 이용되는 합금은 금 또는 팔라듐합금의 귀금속합금계와 니켈-크롬을 주성분으로 하는 천금속합금계로 분류되고¹⁹⁾, 치과용 도재는 세분화된 사용목적에 따라 구성성분을 달리한 재료²⁰⁾가 개발되어 물리적 성질과 심미성에 상당한 발전이 이루어졌다.

선학^{21,22)}의 연구에 의하면, 도재전장수복물의 이공학적 제성질은 도재소성시 도재-합금 상호작용에 의해 많은 영향을 받는 것으로 규명되고 있으며, Noguchi²³⁾, Nakamura²⁴⁾는 내부금속관의 열처리 방법과 수복물의 적합도에 대하여, Miller²⁵⁾는 주조체의 설계원칙에 대하여 보고하였으며, 이 외에도 도재용 합금에 필요한 물리화학적 성질에 대한 연구가 있었다²⁶⁾.

도재의 파절저항성에 관한 연구에서는, 수종의 합금과 도재를 사용하여 결합력을 측정할 결과 도재의 소성온도가 높은 경우 파절저항성이 향상되고²⁷⁾, 계속가공의치에 사용되는 합금의 고온강도에 의한 sag변위가 도재파절의 주요 원인이 될 수 있으며²⁸⁾, colloidal silica 용액을 사용하여 도재를 축성하거나²⁹⁾, furnace-flask system을 사용하는 방법³⁰⁾ 등이 알려진 바 있다.

Ceramo metal crown의 금속 collar는 구조성이 좋은 도재용 합금으로 변연 적합성을 좋게하고 변연부에 집중되는 응력에 대해 도재의 파절저항성을 높이는 효과를 가지나 치경부의 금속노출이 많아 변연치은이 얇은 환자에게는 이로 인해 심미성을 해치는 단점이 지적되어³¹⁾, ceramic jacket crown의 심미성과 ceramo metal crown의 강도를 결합시킨 collarless ceramo metal crown이 Choung 등의 백금박 이용법³²⁾, Vickery 등의 내열성 die 이용법³³⁾, 그리고 Toogood 등의 direct lift 방법³⁴⁾ 등으로 소개되었으며, 이에 관해 Schneider 등은 변연 적합도를 조사하고^{35~37)}, Prince 등³⁸⁾은 치경부 변연의 응력특성과 도재 파절 대책을 제시하였다.

한편 ceramic jacket crown은 McLean과 Hughes³⁹⁾에 의해 alumina core재를 사용한 것이 본격 사용의 효시를 이룬 이래, 주석 산화물이 도금된 백금박에 alumina도재를 용착하는 McLean과 Sced의 방법⁴⁰⁾, 그리고 alumina도재를 사출성형하는 Sozio와 Riley⁴¹⁾의 방법, 그리고 Adair에 의한 구조성 유리도재 제작법⁴¹⁾으로 발전되어 오늘에 이르고 있다.

자연치아의 색은 법랑질, 상아질, 치수, 구강연조직 그리고 주변조도와 환경 등의 조건에 의해 결정되며, 도재수복물이 자연치아의 색과 유사한 물리광학적 특성을 재현하기 위해서는 아직 해결해야 할 많은 과제를 안고 있는데^{42,43)}, Goodkind 등은 자연치아의 색분포를 측정 분류 하였으며^{44,45)}, 이 등은 팔라듐합금 상에서 도재의 색변화와, 소성횟수 및 도재후경에 따른 색차를 측정 보고하였다^{46,47)}.

이 외에도 도재색조에 관한 연구로, 도재 분말에 함유된 색소의 양과 내부 착색법의 효과⁴⁸⁾, 도재미세구조와 색조의 밀접성⁴⁹⁾, custom shade guide의 필요성⁵⁰⁾, 합리적인 색조 선택법⁵¹⁾, 그리고 각 제조회사의 색조특성에

따라 도재층의 구성문제⁵²⁾ 등이 논의된 바 있다.

지금까지 개발된 도재수복물의 여러가지 제작방법들^{30,32~34, 53,54)}을 검토해 보면, 도재색조의 최대 장애요소인 내부금속관을 백금박³²⁾ 또는 고강도 불투명도재¹⁴⁾로 대치하여 강도를 증가시키는 술식에 대하여 관심이 집중되고 있으나 아직 보편적으로 사용되지는 않고 있으며, 최근에 Tanaka⁵⁵⁾는 백금박을 이용한 ceramic jacket crown 술식을 계속가공의치 증례에 적용하기 위해 치아 피개면적을 최소화시킨 내부금속관을 소개한 바 있으며, 이는 심미적인 ceramic jacket형 계속가공의치에 필요한 연결재로 내부금속관을 활용하기 위해서이며, 아직 파절강도 등 기계적 성질에 대한 조사는 이루어지지 않았다.

저자는 금속 collar가 있는 표준형 ceramo metal crown을 포함하여 collarless ceramo metal crown, alumina cored ceramic jacket crown 그리고 Tanaka식의 내부금속관을 적용한 modified ceramo metal crown의 4가지 도재관에 절단기능력 방향의 하중을 가하여 도재파절 강도를 측정하고, 내부금속관과 alumina 불투명도재층이 상아질 도재색조에 미치는 영향을 알아보기 위하여 본 연구를 시행하였다.

제 2 장 연구재료 및 방법

1. 파절강도 측정

1) 지대치 형성 및 모형 제작

치아 삭제 원칙⁵⁶⁾에 따라 dentiform의 상악 중절치 상에서 ceramo metal crown 제작을 위해, 순면의 치경부 변연은 1.2mm의 non beveled shoulder margin으로, 설측의 치경부 변연은 chamfer margin으로, 그리고 절단부는 2mm 삭제하여 정밀 인상을 채득하였다. 채득된

인상체에 inlay wax로 납형을 만들고, 니켈-크롬합금(Verabond®)으로 주조 연삭하여, 삭제된 치관부와 약 2cm의 치근부를 갖는 master metal die를 제작하였다.

Ceramic jacket crown을 제외한 3 종류의 ceramo metal crown 즉, standard ceramo metal crown, collarless ceramo metal crown 그리고 modified ceramo metal crown을 제작하기 위해서 각 10개씩 도합 30개의 master metal die를 제작하였다(표 1).

2) Ceramo metal crown 제작

완성된 각 metal die 상에서 통법에 따라, 귀금속합금계로 분류되는 Bond-on 4®(Degussa A.G., Germany) (표 2)로 내부금속관을 제작하기 위하여, 적합도 향상을 위한 die spacer를 절단면에서부터 치경부 변연 1mm 상방까지 2회씩 도포한 후 silicon mold를 사용하여 규격납형을 만들고 주입선을 세운 후 통법에 따라 매몰, 소환하여 주조한 다음, 산화알루미나 절삭재로 주조체의 규격을 일정

하게 하였다.

진공소성용 도재인 Duceram®(Ducera Dental GmbH., Germany) B 2 색조 분말로 제조 회사의 지시(표 3)에 따라 불투명도재 2회, 상아질도재와 범랑질도재를 2회 소성하여 도재규격을 최종 확인 후 광택 소성을 1회

Table 2. Composition and technical data* of alloy Bond-on 4®

Composition (%) : Pd(79.7) Sn(6.5) Ga(6.0) Cu(5.0) Au Pt Ag Ru(bal.)	
Lin.Exp.Coeff.($\mu\text{m}/\text{mK}$)	:
(25-500)°C	13.7
(25-600)°C	14.0
Melting range(°C)	: 1155~1290
Vickers Hardness No.	: 260
0.2% - Proof - Stress(N/mm ²)	: 575
Tensile strength(N/mm ²)	: 820
Elongation(%)	: 30

* Manufacturer's data

Table 1. Classification of specimen types for fracture test

Code#	S	C	M	J
Alloy	: Bond-on 4®	→	→	-
Ceramic	: Duceram® metal ceramic	→	→	Duceram® Jacket system
		: Margin powder	→	
			: Jacket op. powder	
Margin				
Labial	: non beveled shoulder	→	→	→
Lingual	: chamfer	→	→	non beveled shoulder
Metal coping design	: metal collar.	collarless.	labio cervical band	non
No. of specimens	: 10	10	10	10

Code# S : Standard ceramo metal crown
C : Collarless ceramo metal crown

M : Modified ceramo metal crown
J : Ceramic jacket crown

3) Ceramic jacket crown 제작

Ceramo metal crown 제작에 사용한 master metal die 중 1 개를 선택하여 치경부 전체 변연을 1.2mm의 non beveled shoulder margin으로 변경시켜 이를 정밀인상 채득하고 내화 모형재(Ducera Lay : Ducera Dental

GmbH., Germany)로 refractory die를 제작하였으며, Duceram jacket system의 aluminous 불투명 도재분말, 상아질 도재분말 및 법랑질 도재분말을 제조회사의 지시(표 3)에 따라 소성하여 ceramo metal crown과 동일한 외형 규격을 만들었다(그림 1).

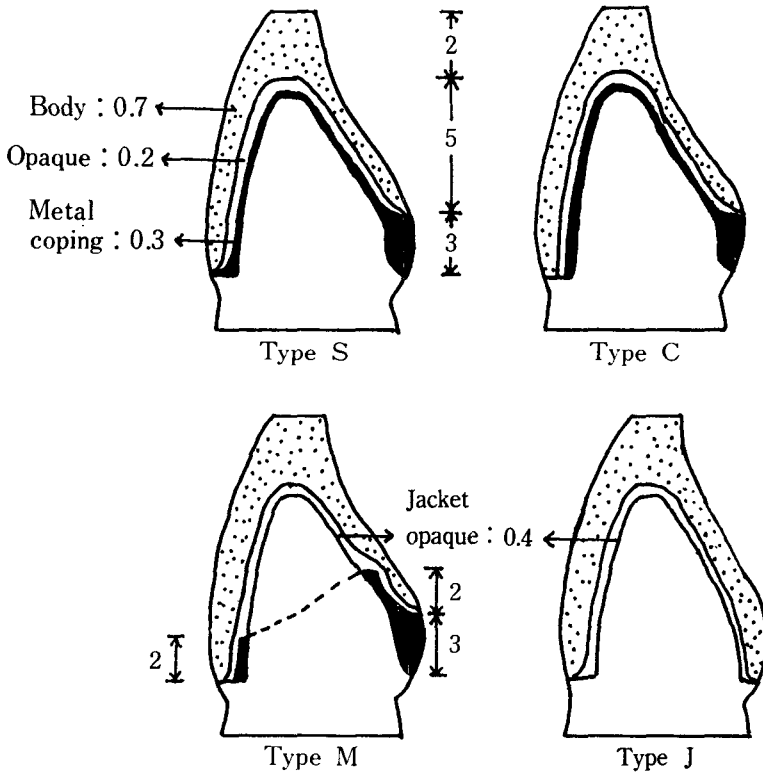


Fig. 1 . Diagram showing the cross sectioned form of specimens for the fracture strength test.(unit : mm)

4) 파절강도 측정

완성된 시편은 해당 metal die에 인산아연 세멘트로 접착시켜 경화가 완전히 이루어진 후, 하중 방향(그림 2)이 치아 장축에 설측으로 30° 경사되게 시편을 고정할 mounting jig에 tray제작용 레진으로 고정하였으며, 만

능시험기의 metal plunger(직경 3mm)를 설측 절단면 중앙에 위치시키고 0.1mm/min.의 cross head speed로 하중을 가하여 도재파절이 일어나는 하중치를 측정하였다(그림 3-a,b,c,d).

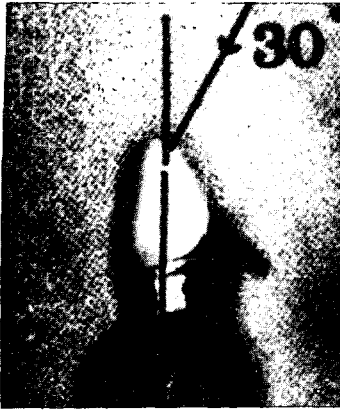


Fig. 2 . The specimen is subjected to a slowly increasing force on the incisio lingual line angle at a 30° angle to its long axis.

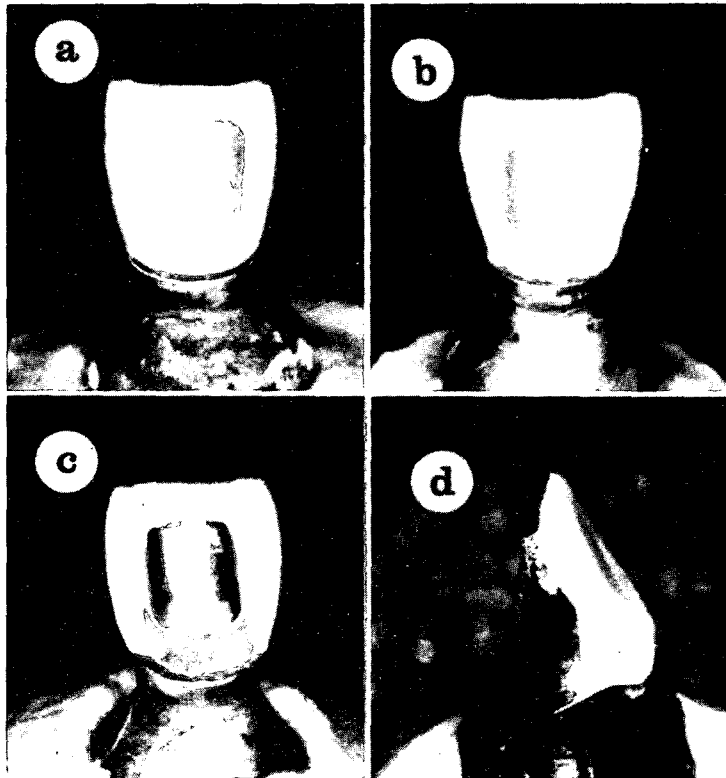


Fig. 3 . Fractured specimens after test

- (3 -a) Standard ceramo metal crown (Type S)
- (3 -b) Collarless ceramo metal crown (Type C)
- (3 -c) Modified ceramo metal crown (Type M)
- (3 -d) Ceramic jacket crown (Type J)

2. 색조측정

1) 시편제작

본 연구에서는 직경 30mm의 시편을 그림 5와 같이 I형, II형, III형을 각 10개씩 모두 30개 만들었다(그림 4).

I형 시편은 상아질분말만을 이용하여 내화재판(Laminavest® : Shofu Co., Japan) 상에서 소성하였고, II형 시편은 ceramic jacket crown의 도재구성에 맞게 aluminous 불투명도재와 상아질도재를 내화재판 상에서, 그리고 III형은 ceramo metal crown의 도재-합금구성에 맞게 팔라듐합금 원판 상에서 불투명도재와 상아질도재를 규격 제작하였다(그림 5).

모든 시편은 상아질도재 소성이 끝난 후 표면을 No.800~1200의 사포로 연마하고 자연광택 소성을 하였으며, 각 시편의 소성 열처리 회수는 모두 5회씩으로 제한하였다.

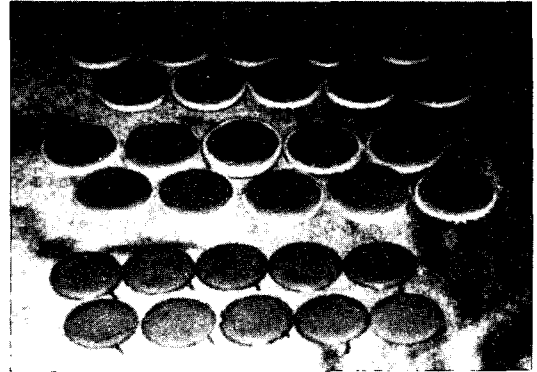


Fig. 4. Fabricated specimens to be measured about the color

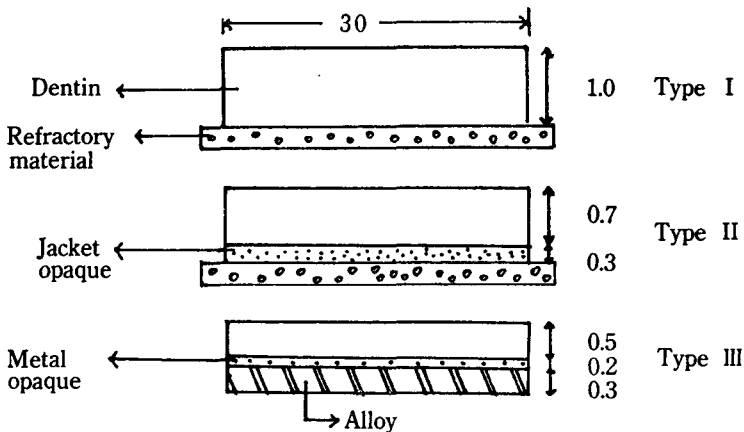


Fig. 5. Diagram showing the cross sectioned form of specimens for color measurement.(unit : mm)

2) 색조측정

도재색조 측정을 위하여 사용한 색차계(표 4)는 Color and Color Difference Meter(그림 6 : Model NO 600-UC-IR, Yasuda Seiki Seisakusho, Ltd., Japan)이었으며, 제조회사의 지시에 따라 먼저 표준 백색판과 흡광판을

이용하여 표준조정을 완료한 후 각 시편의 L^* , a^* , b^* 표백소를 읽었다. 발생할 수 있는 계측기의 오차를 줄이기 위하여 매일 1 회씩 4 일간 4 회 반복 측정한 값의 평균치를 시편의 측정값으로 하였다.

Table 4. Specification of Color and Color Difference Meter

Measuring method	Zero degree direction JIS Z-8722 Type C Y X Z glass filter
Light source	Halogen lamp, 12V 20W
Measuring area	25mm in dia.
Display type	LED digital (\pm) 0.0~199.0
Color system	YXZ, L^* a^* b^*
Voltage	90/115V, 50/60 Hz
Model	No. 600-UC-I-R
Manufacturer	Yasuda Seiki Seisakusho, Ltd., Japan



Fig. 6. Color and Color Difference Meter (Yasuda Seiki Seisakusho, Ltd., Japan)

제 3 장 연구성적

1. 파절강도 측정(표 5, 6)

치아 장축에 대해 설측 30°방향으로 설측 절단연상에 연속하중을 가하여 내부금속관 형태를 달리한 3 가지 ceramo metal crown과 ceramic jacket crown의 파절강도를 측정 한 결과는 표 5 와 같았다. 금속 collar가 있는 S형이 평균 192.0kg, collarless ceramo metal crown인 C형이 평균 111.5kg, ceramic jacket crown인 J형이 평균 67.8kg, 그리고 modified ceramo metal crown인 M형이 평균 50.1kg 이었으며, 이들 평균치의 유의성 조사를 위한

ANOVA test에서 모든 군간에 유의한 차이가 있었다(표 6).

파절강도가 가장 큰 S형은 최저치인 M형에 비해 파절저항성이 약 4 배 높았으며, J형에 비해서는 약 2.8 배, 그리고 C형에 비해서는 약 1.8배 높아, 내부금속관이 도재의 파절저항성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 5. Mean values of fracture strength(kg)

Crown type	No. of specimens	Mean (S.D)
S	10	192.0 (34.5)
C	10	111.5 (24.4)
M	10	50.1 (11.6)
J	10	67.8 (15.8)

Table 6. ANOVA for fracture strength

Type-to-type	df	Probability
S-C	19	7.1×10^{-6} **
S-M	19	3.2×10^{-8} **
M-S	19	7.9×10^{-10} **
S-J	19	1.2×10^{-8} **
C-J	19	1.7×10^{-5} **
M-J	19	1.4×10^{-2} *

: significance level is $P < 0.01$

: significance level is $P < 0.05$

Table 7. Means and standard deviations of CIELAB color coordinates

Group	L*			a*			b*		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Mean	78.7	74.0	72.0	0.5	0.0	-0.2	22.9	22.2	20.8
S.D.	0.6	0.7	0.3	0.6	0.1	0.0	0.4	1.5	0.2

2. 색조측정 (표 7, 8)

Ceramo metal crown 또는 ceramic jacket crown을 위한 치아 순면의 삭제공간 내에서 내부금속관과 각 도재층을 제작 원칙에 맞게 두께를 형성한 원판 시료를 만들어, 내부금속관과 불투명도재층이 도재수복물의 색조에 미치는 영향을 알아 보기 위하여, L*(명도지수), a*(적색채도지수), b*(황색채도지수)를 측정된 평균치는 표 7과 같으며, ANOVA test 결과(표 8)는 I군과 II군의 황색채도를 제외한 모든 군간, 지수간 비교에서 유의한 차이가 있었다.

그리고, Hunter의 색차공식 $E(L^* a^* b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 에 의하여 계산한 색차는 표 8에서와 같이 I군과 II군은 4.7, II군과 III군은 2.4, I군과 III군은 7.1이었다.

Shade guide 상에서 선택한 색조에 비해 완성된 ceramo metal crown의 색조는 내부금속관과 불투명도재에 의해 명도, 적색채도 및 황색채도가 모두 영향을 받아 전반적으로 어두워지고 주 색상인 노랑색이 옅어지며 약간의 녹색색조가 나타나는 것을 확인하였다.

Table 8. ANOVA for CLELAB color coordinates

Group -to -group	df	Probability			E
		L*	a*	b*	
I - II	19	2.0×10^{-11} ##	3.6×10^{-2} #	4.8×10^{-1}	4.7
II - III	19	7.5×10^{-7} ##	3.5×10^{-3} #	1.6×10^{-2} #	2.4
III - I	19	1.0×10^{-13} ##	3.1×10^{-3} #	3.3×10^{-5} ##	7.1

: significance level is $P < 0.01$

: significance level is $P < 0.05$

E : Total color difference

제 4 장 총괄 및 고안

본 연구에서는 도재전장금관의 내부금속관 형태에 따른 수복물의 파절강도를 측정하고 그 제작방법에 따른 도재색조를 계측 비교하기 위하여 만능시험기와 측색색차계로 조사하였다. 파절강도 측정에 사용한 수복물은 모두 4 종류로서 금속 collar를 가진 표준형 ceramo metal crown(S형)과 collarless ceramo metal crown(C형), Tanaka식의 내부금속관에 aluminous 불투명도재를 이용한 modified ceramo metal crown(M형) 그리고 alumina coated ceramic jacket crown(J형)이었다.

그리고 색조에 관한 연구에서는, 위와같이 수복물 제작방법에 따라 순면을 피개하는 내부금속관의 형태가 다르다. 즉 S형과 C형은 순면 전체를 피개하므로 순면 도재의 색조 조건은 같은 것으로 분류하여 색조시편 III형으로 삼았고, M형은 순면 치경부에 약 2 mm폭경의 금속 band만 설치하고 aluminous 불투명도재를 사용하므로 J형 ceramic jacket crown과 같은 색조조건으로 분류하여 색조시편 II형으로 정하였으며, 이들 II형과 III형의 불투명도재가 상아질도재의 색조에 미

치는 영향을 알아보기 위하여 내화재판 상에서 상아질도재만을 조성한 시편을 대조군으로 삼아 I형으로 정하였다.

1. 도재전장금관의 파절강도에 대하여

도재용 합금은 금합금계가 주종을 이루어 왔으나 주성분인 금이 고가이며 도재 소성시 고온변형 등의 문제로 금의 함량을 크게 줄이고 대신 도재의 열팽창계수와 근사한 팔라디움을 60% 이상 포함한 팔라디움합금계가 개발 실용화 되고있다⁵⁷⁻⁶⁰⁾.

니켈-크롬을 주성분으로 하는 도재용 천금속도 임상에서는 실제로 많이 사용되고 있으나 성공적인 도재전장금관의 주요 요건인 변연 적합도, 도재-합금 결합력 그리고 도재색에 관한 분야에서 만족스러운 결과를 얻지 못할 뿐 아니라 생물학적으로 부적합한 문제점들이 지적되고 있기 때문에^{54,61,62)}, 경제적인 귀금속합금인 팔라디움합금에 대하여 국내외적으로 지속적인 관심이 있어 왔다⁶³⁻⁶⁵⁾.

최초의 팔라디움계 합금으로는 팔라디움

-은합금이 개발되었으나 은에 의한 도재 변색이 문제되어, 금을 함유한 팔라듐-금 합금과 팔라듐-동, 팔라듐-코발트합금이 개발, 사용하게 되었다⁵⁷⁾.

팔라듐은 용융점이 1552°C로 매우 높으며 도재와의 결합성도 부족하지만 소량의 주석, 동 및 금을 첨가하면 적절한 용융온도, 열팽창계수 그리고 도재 결합성 등을 얻을 수 있게 되었다⁶⁶⁾. 본 연구에서 사용한 Bond-on 4[®]의 경우 주석의 함량을 비교적 높은 것은 경도 증가와 산화막 형성을 촉진시켜 도재와의 결합력을 증가시키고 결정립 크기를 세분화하기 위해서이며, 다른 합금에서 자주 사용하고 있는 인디움을 배제한 것은, 주석이 인디움보다 도재 결합력 증가에 유리하기 때문인 것으로 사료된다. 인디움에 대해서는 이외에도 구조체의 균열을 일으키는 경향이 있어서 함량을 2% 이내로 제한해야 된다는 보고도 있었다⁵⁷⁾.

Bertolotti와 Moffa⁶⁷⁾는 도재용 합금 중 팔라듐 합금이 산화막 형성과 변형량이 적고, 항복강도와 탄성률이 니켈-크롬 합금에 비해 도재에 매우 유리하다고 보고하였다.

그러나 팔라듐합금은 도재내부 또는 도재-합금 계면의 기포 발생이 문제로 지적되고 있다²⁶⁾. 도재내 기포는 도재의 투명도를 저하시켜 도재가 뿌옇게 보이는 원인이 되고, 계면기포는 도재-합금 결합력을 저하시켜 파절 저항성이 낮아지는 결과를 초래한다²²⁾. 이는 팔라듐합금이 용융시 수소가스를 흡수하는 외에도 매물재의 성분이나 대기 중 이산화탄소 가스를 흡수하였다가 도재를 진공 소성할 때에 가스를 배출하기 때문이며, 그 대책으로 용융온도를 낮추거나 구조법을 개선하고 degassing조건을 달리하는 것 등이

논의되고 있다^{68,69)}.

본 실험에서는 degassing시 진공 분위기에서 온도를 불투명도재 소성온도 990°C보다 높은 1020°C까지 올리고 10분간 계류하여 흡입된 가스가 최대한 방출되게 하였는데, 이는 팔라듐합금에서 degassing시간을 길게하여 산화물이 많이 형성되어도 결합력 감소현상이 없었다는 장 등⁷⁰⁾의 연구에 근거를 두었다.

한편 기포를 줄이기 위해 degassing온도를 올리는 것은 고온 creep문제를 유발할 수 있으므로 이는 도재전장 계속가공의치에서 특히 주의하여야 할 사항이며, 계류시간의 조절이 더 바람직한 것으로 사료된다.

도재파절 양상은 6가지로 분류되고 있으나⁶⁶⁾, Anusavice 등⁷¹⁾과 Yamamoto⁵⁷⁾는 실제로 일어나는 파절은 도재내부의 기포 때문에 도재-금속 계면에서 시작하여 도재 속으로 다양하게 번져가는 소견을 보이며 이와 더불어 열팽창계수의 차이로 인하여 발생한 delayed crack으로 연결되는 경우가 많다고 하였는데, 본 연구에서 S형 시편의 파절(그림 3-a)도 이와 같은 양상을 나타내었다. 절단면쪽 상반부에서는 대부분 도재-합금 계면에서의 파절이 관찰되고, 치경부쪽으로는 하중방향에 따라 도재층 내부 파절 양상을 보였으며, 파절 도재면은 매우 불규칙하였다. collarless ceramo metal crown인 C형에서는 치경부 변연상의 도재 파절률이 S형에 비해 더 많이 보였다(그림 3-b).

Ceramic jacket crown(J형)인 경우는 하중방향에 거의 나란하게 직선상으로 도재가 파절, 완전 탈락되었으며(그림 3-d), 치경부에 좁은 금속 band를 설치한 M형도 대동소이한 양상이었다(그림 3-c).

보고^{13,72)}에 의하면 도재파절의 주원인으로

도재의 미세기포와 균열을 지적하고 그 발생원인에 대해서는 도재-합금 열팽창계수의 차이를 가정하지만 두 재료간의 열역학적인 기전에 근거한 정립된 해석이 아직 없는 상황에서, Anusavice와 Lee⁷³⁾는 도재의 응력부식성과 열충격저항성을, Yamamoto⁵⁷⁾는 Griffith's flaw theory를 인용하여, 그리고 Warpeha와 Goodkind⁶⁾는 수복물의 형태적 요인 등을 대상으로 연구를 시도하였다. 실제 실험을 통한 원인 규명이 매우 어려운 점을 고려하여 Asoka와 Tesk³⁾는 Computer simulation으로 그 해석을 시도했는데, 균열발생 기전을 수복물 제작과정과 구강내 사용중 발생하는 기전으로 구분하고 제작시 가열과 냉각에 따른 계면의 과도성 인장응력과, 제작후의 잔류압축응력에 저작력이 추가될 때 미세균열이 발생하는 것으로 설명하고, 열팽창계수 차이가 큰 경우에는 도재를 서냉시킬 것을 제안하였다.

그러나 합금에 비해 도재의 열팽창계수는 계층온도 구간별로 변화가 심하기 때문에 모의실험은 그 자체한계를 고려하여야 할 것이며, 사용하는 도재와 합금에 대한 경험적 관찰을 배제할 수는 없을 것으로 사료한다.

연구에 사용된 Duceram 도재분말은 열팽창계수가 $\alpha(25\sim 600^{\circ}\text{C})=13.8\sim 15.2$ ($\mu\text{m}/\text{mK}$)로서 다른 도재분말에 비해 열팽창계수의 범위가 넓고 glass point가 낮아 열팽창계수가 14.2 $\mu\text{m}/\text{mK}$ 이하인 합금에 대해서 급냉을 하는 경우 잔류압축응력이 작게 발생하는 것으로 되어 있다⁷⁴⁾.

본 연구의 결과로는 standard ceramo metal crown(192.0 Kg)에 비해 alumina ceramic jacket crown(67.8 Kg)은 약 35%, 그리고 collarless형(111.5 Kg)은 약 58%로서, metal colla-

red ceramo metal crown이 가장 안전한 응력반응을 보여 내부금속관의 형태가 도재의 약한 취성을 보완하는 면에서 역시 매우 큰 역할을 하는 것으로 사료되었다. Christensen⁷⁵⁾이 보고한 도재수복물의 내구성 연한에 관한 조사에서도 ceramo metal crown, aluminous ceramic jacket crown, feldspathic ceramic jacket crown 그리고 ceramic inlay 순으로 짧아진다고 하였으며, 이에 관한 주 요인은 도재파절과 변연누출인 것으로 알려졌다^{75,76)}. 이러한 보고들을 분석해 보면 alumina core재는 내부금속관에 비해 파절저항 기능이 미흡한 것으로 보이는데, 이는 도재가 조직학적으로 불규칙하면서 무정형 미세조직에서 유래되는 특유의 취성과, 순결정성 구조체가 갖는 미끄럼면(slip planes)이 없는 반결정성 구조에서 오는 본래적인 한계이기도 하다⁷⁷⁾. 치과용 도재가 비결정체인 순수 유리재에 비해 파절저항성이 다소 높은 까닭도 이 점에서 기인된다.

아울러 도재시편에 대한 파절강도 실험에서는 하중부위를 현미경 관찰하여 활택도가 동일한지 여부를 확인하는 것이 계측오차를 줄이는데 매우 중요할 것으로 사료되며, 본 연구에서는 machine milling후, 교합조정시 통상 사용하는 다이아몬드 분말 연고로 표면처리를 마무리하였는데, 이는 광택소성으로 최종처리를 하는 경우 설측 절단면 양상의 차이가 나는 것을 방지하기 위해서였다.

아직까지 ceramic jacket bridge의 강도에 대해 충분한 검증이 안된 상황에서, Tanaka⁵⁵⁾는 백금박을 이용한 ceramic jacket crown 제작법에 내부금속체를 응용하는 Sunrise ceramo metal system을 발표하였는데, 양 쪽 지지대치와 가공의치를 연결하는 최소한의 금

속체를 백금박 위에 장착하여 불투명도재와 상아질도재 등을 소성하는 방법이다.

저자는 이에 착안하여 강도 보강재로 백금박 대신 aluminous 불투명도재를 사용하고 내부금속관은 Tanaka의 방법을 응용하여 M형 시편을 만들었다. 백금박 역시 광투과성을 차단하는 단점이 있으며 시중에서 구입이 쉽지 않는 국내 여건을 고려하였다. 또한 M형 시편의 내부금속관은 치아면을 치경부 일부에서만 최소한으로 피개하므로 노출된 상아질의 광투과성을 심미적으로 충분히 활용할 수 있는 장점을 얻고자 하였다.

사용된 도재분말 구성면에서 M형 시편은 ceramic jacket crown(J형)과 동일하므로 저자는 그 파절강도를 J형 시편과 비교하였으며 연구 결과는 표 4와 같이 평균 50.1Kg을 나타내어 ceramic jacket crown(J형)의 70% 수준이었고, 파절양상은 J형 시편과 유사하게 하중단면이 직선상으로 선명해졌다.

Helkimo 등⁷⁹⁾은 정상 자연치열을 가지고 있는 남자 성인에서 최대 교합력은 대구치에서 39Kg, 전치에서 18Kg이었으며, 교합력은 잔존치아의 수가 적은 경우, 가철성 보철물을 사용하는 경우, 그리고 남성보다는 여성인 경우에 다소 작은 것으로 보고하였다. 정상인에서 하악이 기능운동을 하는 경우 이만한 최대교합력을 발생하기는 드물 것으로 생각하고, J형이 전치용으로 제한하여 사용하듯이 M형 역시 전치용으로 제한하여 적용하거나 치질삭제에 제한을 받는 경우에 적용한다면 50Kg의 파절강도는 임상적 허용범위에 포함할 수 있을 것으로 여겨지나, 설면 금속부를 하중이 가해지는 절단면까지 연장하고, 내부 금속관 변연부에서 발생하는 도재균열에 대한 대책을 강구한다면 modified ceramo metal

crown의 파절강도도 많이 높아질 것을 사료된다.

한편 collarless ceramo metal crown(C형)의 파절강도가 S형에 비해 많은 차이를 내는 이유는 절단면에 가해지는 압축응력이 도재 내부를 따라 전달되어 치경부변연의 도재가 견고한 금속지지를 받지 못하는 점, 선학⁷⁹⁾의 연구처럼 절단력이 가해질 때 상악 전치는 순면 치경부변연에 응력이 집중하는 점, collarless용 변연도재는 상부의 상아질도재와 조성조건이 달라서 완전 융합이 안되는 열적 친화성의 문제가 있는 점, 그리고 사용하는 cement의 기계적 성질에 의한 변수 등이 작용했을 것으로 사료한다.

2. 도재색조에 대하여

심미수복의 목적을 자연치에 조화를 이루는 형태학적, 광학적 및 생물학적 요건의 회복 또는 표현이라 할 때, 재료의 광학적 특성을 올바르게 이해하고 표현 능력을 갖는다는 것은 도재수복물 제작 전과정에서 필연적 과제라 할 수 있다.

일찌기 Clark⁸⁰⁾는 치의학 분야에서 색에 대한 과학적 인식을 중요하게 여겨 자연치의 색을 부위별로 면밀히 분석하여 여러 분야에서 잘 활용 되도록 노력하였으나, 아직 치의학에서 이에 관하여 체계적인 교육과 훈련을 시도하지 않고 있다¹¹⁾. 또한 아직까지 색의 특성을 나타내는 많은 요소-기본 3 요소 외에 투명성, 산란성, 반사성, 간섭현상, 형광성, 그리고 관찰자의 심리적 요소 등-에 대한 완전한 측정법을 개발하지 못하였으며, 자연치에서 인지된 색의 특성을 사실적으로 전달, 재현하기가 무척 어렵다⁸¹⁾.

초기의 표색방법으로는 색체에 고유번호를 정해두고 물체의 색을 그것과 비교하여 표시하는 Munsell표색계와 Ostwald표색계같은 현색계가 이용되었으나, 색차계가 개발된 후로는 국제조명협회(C. I. E.)가 정한 3색표식법인 RGB표색계와 XYZ표색계와 같은 혼색계로 발전하였으며, 이 중에서도 측정하는 색을 색도좌표로 변환하여 기본색의 자극치를 vector로 생각하는 XYZ표색계를 CIE표준표색계 원리에 따른 측색색차계를 사용하여 치아 및 도재의 색분석에 많이 이용된 Adams좌표계(L*,a*,b*)를 사용하여 도재수복물의 제작방법에 따른 도재색조와 색차를 측정 비교하였다.

L(명도)은 0~100의 범위를 가지며 수치가 높을수록 밝음을 뜻하며, a*(적색채도)는 -60~+60의 범위를 가지며 (+)증가는 적색채도의 증가를, (-)증가는 녹색채도의 증가를 뜻하며, b*(황색채도)도 -60~+60의 범위에서 (+)증가는 황색채도의 증가, (-)증가는 청색채도의 증가를 뜻한다.

지금까지 임상에서 치아의 색선택은 표준색도(shade guide)를 이용하여 술자의 시각적 판단에 의존하는 비색법에 의존하였는데, 개인별 색인식능력의 차이, 제한된 색도범위로 인한 선택의 어려움, 그리고 조건등색(metamerism)현상 등의 결점을 갖고 있다^{43,49)}.

조건등색이란 한 광원하에서 같은 색으로 보이던 두 물체가 광원을 달리하는 경우에 색이 달라져 보이는 현상을 말하며 이는 두 물체간의 광학적 성질의 차이로 인해 분광반사율 분포가 다르기 때문이다. 그래서 모든 파장의 빛이 고른 분포를 갖는 표준광원을 사용하는 것과 시편의 표면조건을 균일하게 처리하는 것이 중요하다⁴⁵⁾.

색조측정시 사용하는 광원은 가시영역에 있어서 모든 파장의 빛이 고른 분포를 갖는, 즉 CRI(Color Rendering Index)가 100에 가까운 표준광원 C를 선택하는 것이 간섭현상을 방지하기에 좋은 것으로 알려져 있으며⁴⁷⁾, 본 연구에 사용한 측색 색차계는 표준광원 C가 장착되어 있다.

자연치아의 색은 법랑질, 상아질, 치수의 구조 및 두께에 의하여 개인에 따라 다양하며, 상아질에 의해 주로 영향받으며, 법랑질은 기본색이 청록색인 반면 상아질은 갈황색이라 한다⁵⁷⁾.

Ceramo metal crown의 도재색조는 내부금속관의 형태와 표면색, 불투명도재와 상아질 및 법랑질도재의 색, 두께 그리고 첨가된 stain과 표면광택 등에 의해 결정되며, 최근에는 자연치의 광학적 특성을 보다 더 구체적으로 재현할 수 있는 특수분말이 개발, 공급되고 있다^{74,83)}.

일반적으로 내부금속관의 형태는 도재의 파절저항성만을 고려하는 경향이 있으나, 조성에 따른 금속의 색, 생성되는 산화물 종류에 따른 색, 금속표면 도포제, 변연과 치간부의 설계, 설면의 도재용착 범위 등은 도재색조와 광학적 특성에 영향을 준다^{6,31,53)}.

보고에 의하면 형성된 산화막의 색은 암회색이며, 귀금속합금에 천금속성분이 포함되면 금속이 어둡게 변화되고, 도재색조가 금속산화물이나 구성성분으로 부터 영향을 받지 않으려면 도재후경이 최소한 1.5 mm 이상이어야 한다^{46,84,85)}.

그러나 실제로 치아삭제량은 치아의 외부 형태와 내부치수 그리고 잔존치질의 양 등을 고려하여 결정되므로, 생활치에서 순면 도재후경은 1 mm 이상 확보하기가 어렵다. 이로

인하여 특히 치경부변연의 도재후경이 매우 얇게 되어 ceramo metal crown에서 색조가 가장 취약한 부분으로 지적되고 collarless ceramo metal crown의 개발 동기가 되기도 하였다.

표 7의 명도지수를 비교해 보면 내부금속관과 aluminous 불투명도재의 사용은 상아질도재의 명도를 현저히 저하시키며($p < 0.01$), 특히 내부금속관이 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

불투명도재를 사용하는 주 목적은 degassing 후 어두워진 금속색을 차단하기 위해서이나, 연속되는 소성에 의해 산화물이 도재층을 향해 확산 이동하여 도재색에 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려져 있다⁶⁶⁾. 소성횟수에 따른 도재색조의 변화는 천금속일수록 심하나 귀금속합금인 경우 1~5 회까지는 색조변화가 거의 없는 것으로 알려져 있다^{27,36)}.

그러나 소성횟수는 산화물에만 영향을 미치는 것이 아니라 도재의 미세구조에도 영향을 주는데 일반적으로 소성횟수가 증가될수록 명도와 투명도가 감소되므로, 대기소성보다는 진공소성으로 횟수를 가능한 줄이는 것이 색조안정에 유리하다¹²⁾.

팔라듐-은합금은 도재소성시 은이온이 도재층 내부로 확산되어 녹색변색을 유발하는데²⁶⁾, 이는 초기 팔라듐합금의 주요 단점으로 지적되었다. 본 실험에 사용한 Duceram 도재분말에는 boron 성분이 없기 때문에 이러한 변색이 일어나지 않음을 육안적으로 확인할 수 있었으나, III형의 a^* 지수가 -0.2 로 I, II형에 비해 유의한 차이($p < 0.01$)가 있었는데, (-) 범위는 녹색성분이 검출됨을 뜻하며, Mezger 등⁸⁷⁾이 Bond-on 4[®] 합금의 성분을 분석한 자료처럼 미량의 은성분으로

인한 녹색변색인 것으로 사료되나 육안적으로 식별하기는 어려웠다.

한편, 연구에 사용된 Duceram 불투명도재는 타사제품에 비해 소성후 광택도가 매우 높아 내부금속관의 어두운 색이 도재명도를 저하시키는 현상을 줄이는데 효과적이라고 사료하며, 불투명도재의 요건으로 Kingery 등⁸⁸⁾은 고반사율, 높은 불투명성 그리고 순백색을 들었으며, 저자의 경험에 의하면 본 도재분말은 이러한 요건을 상당히 충족시킬 것으로 사료된다. Obregon 등⁸⁹⁾에 의하면 도재 표면 활택도는 색상에 거의 영향을 미치지 않으나 불투명도재의 광택도는 색상에 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

I, II형 원판시편을 제작할 때 사용한 내화재는 Duceram 도재용 내화재를 사용하지 않고 Laminavest를 사용하였는데, 원래 도재판 제작용으로 개발된 Laminavest는 타사제품에 비해 자연치 상아질 색조에 가장 유사하게 만들어져 색조측정시 실재 임상에 유사한 조건으로 하기 위해서였다.

I형과 II형의 적색채도 차이는 불투명도재와 상아질도재의 후경으로 인한 것인데 본 연구에서는 치아 삭제량을 일정한 조건으로 가정하였기 때문에 순수한 불투명도재의 영향을 비교하기 위해서는 I형과 II형의 상아질도재 후경을 0.7mm로 동일하게 제작, 측정하여야 될 것으로 사료된다. 만약 동일 후경의 상아질 적색채도에 대해 불투명도재의 영향이 없다고 가정하면 I형 시편의 상아질도재층이 0.3mm 더 두꺼운 것으로 인한 빛의 반사 및 굴절률의 차이로 여겨야 할 것이다.

황색채도에 관한 비교에서는, 상아질도재의 후경이 다른 I형과 II형간에 유의한 차이가

없었는데 이는 연구에 사용한 B2 도재색조의 주 색상이 황색이었기 때문에 황색채도에 대한 후경의 영향이 별로 미치지 않았으며 II형과 III형간 유의한 차이는 하부금속판의 산화층과 도재층 내부로 전위된 산화물이 황색채도를 낮추는 영향을 미친 것으로 사료된다.

표 8의 E는 CIE Lab표색계를 근거로 하여 3차원적 색차를 뜻하는 것으로 육안으로 구별하기 어려운 색차를 표현할 목적으로 Hunter가 고안한 지수이다⁴⁶⁾. N.B.S.(National Bureau of Standard Unit)규정에 의한 색차의 감각적 표현(sensous expression of color difference)으로 해석하면, II형과 III형간의 색차 $E_{ab}=2.4$ 는 'noticeable' degree이며, I형과 II형간의 색차 $E_{ab}=4.7$ 은 'appreciable' degree, I형과 III형간 색차 $E_{ab}=7.1$ 은 'much' degree로 표현된다⁵⁰⁾. Kuenni와 Marcus⁵¹⁾에 의하면 $E_{ab}<1$ 이면 관측자의 50%가 비교하는 두 색이 일치하는 것으로 인식한다.

따라서 후경이 1mm내외로 한정되는 도재수복물에서 술자가 선택한 색조를 성공적으로 표현하기 위해서는, 불투명도재의 색조부터 잘 선택해야하며, 제조회사의 표준색도와 shade chart에 따라 도재분말을 사용하더라도 최종적인 색은 원래 선택한 색조와 인지할 만한 차이를 나타내므로, 저작력이 크게 요구되지 않는 전치부에서는 ceramic jacket crown을 우선 고려하는 것이 심미수복의 좋은 결과를 얻을 것으로 사료된다.

이상을 종합해 보면, 도재수복물의 내부금속판은 파절강도와 색조에 대해 서로 상반된 영향을 미치고 있다. 따라서 저자는 본 연구에 사용한 ceramic jacket crown의 불투명도재에 대해 열팽창계수를 포함한 열성질과 정성,

정량분석을 통한 물리화학적 성질을 조사하여 파절강도의 향상을 모색해 보고, 나아가서는 ceramic jacket crown의 심미적 우수성을 계속가공의치에서도 복잡하지 않는 술식으로 재현할 수 있는 제작방안과 내부금속판의 형태에 대하여 연구해 볼 필요가 있을 것으로 사료한다.

제 5 장 결 론

Ceramo metal crown의 내부금속판 형태가 도재의 파절강도와 색조에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 상악 중절치형 ceramo metal crown 3종류와 ceramic jacket crown 1종류를 만들어 만능시험기로 절단력 방향의 하중을 가하여 도재파절 강도를 측정하고, 제작방법을 달리하여 만들어진 도재수복물의 색조변화를 비교하기 위하여 원판형 시편을 만들어 측색색차계로 측정한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ceramo metal crown의 내부금속판은 도재파절 강도를 높이는데 매우 큰 영향을 미쳤는데 standard ceramo metal crown의 파절강도는 collarless ceramo metal crown에 비해 약 1.7배 크며 ceramic jacket crown에 비해서는 약 2.8배 컸다.
2. 순측 metal band는 도재의 파절강도를 저하시켰다.
3. 내부금속판은 명도, 적색채도, 그리고 황색채도를 모두 저하시켰다.

참고문헌

1. Bagby, M., et al. : Metal ceramic compatibility : A review of the literature. *J. Prosthet. Dent.*, 63 : 21, 1990.
2. Shillingburg, H.T., Hobo, S. and Whisett, L.D. : *Fundamentals of fixed prosthodontics*. Quintess. Pub. Co., Chicago, 1976.
3. Asoka, K. and Tesk, J.A. : Transient and residual stress in a porcelain-metal strip. *J. Dent. Res.*, 69 : 463, 1990.
4. Anusavice, K.J. : Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. *J. Dent. Res.*, 69 : 1791, 1990.
5. Anusavice, K.J. and Carrol, J.E. : Effect of incompatibility stress on the fit of metal-ceramic crowns. *J. Dent. Res.*, 66 : 1341, 1987.
6. Warpeha, W.S. and Goodkind, R.J. : Design and technique variables affecting fracture resistance of metal-ceramic restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 35 : 291, 1976.
7. Rasmussen, S. : Fracture studies of adhesion. *J. Dent. Res.*, 57 : 11, 1978.
8. Assif, D., et al. : The flow of zinc phosphate cement under a full-coverage restoration and its effect on marginal adaptation according to the location of cement application. *Quintess. Int'l.*, 18 : 765, 1987.
9. Sheets, C.G. and Taniguchi, T. : Advantages and limitations in the use of porcelain venner restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 64 : 406, 1990.
10. Barghi N., Pedrero J.A.F., and Bosch R.R. : Effects of batch variation on shade of dental porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 625, 1985
11. Preston, J.D. : Current status of shade selection and color matching. *Quintess. Int'l.*, 16 : 47, 1985
12. Barghi, N. and Goldberg, J.F. : Porcelain shade stability after repeated firing. *J. Prosthet. Dent.*, 37 : 173, 1977.
13. Bell, A.M., et al. : Ceramometal crowns and bridges : Focus on failures. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 29 : 763, 1985.
14. Sozio, R.B. and Riley, E.J. : The shrink-free ceramic crown. *J. Prosthet. Dent.*, 49 : 182, 1983.
15. O'Brien, W.J. : Magnesia ceramic jacket crowns. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 29 : 719, 1985.
16. Bessing, C. and Molin, M. : An in vivo study of glass ceramic (Dicor) inlays. Preliminary report. *Acta Odon. Scan.*, 48 : 351, 1990.
17. Garber, D.A., Goldstein, R.E. and Feinman, R.A. : *Porcelain Laminate Veneers*. Quintess. Pub. Co., Chicago, 1988.
18. Brecker, S.C. : Porcelain baked to gold : A new medium in prosthodontics. *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 801, 1956.
19. American Dental Association, Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment : Porcelain-metal alloy compatibility. *J. Am. Dent. Assoc.*, 102 : 71, 1981.
20. O'Brien, W.J. : Ceramics. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 29 : 4, 1985.
21. Lund P.S., Goodkind R.J. and Swanson S. : Residual stress in several ceramometal

- systems. *J. Prosthet. Dent.*, 62 : 278, 1989.
22. Payan, J. : Changes in physical and chemical properties of a dental palladium-silver alloy during metal-porcelain bonding. *J. Oral Rehabil.*, 13 : 329, 1986.
 23. Noguchi, Y. : Concept of degassing. *Shika Giko*, 4 : 39, 1976.
 24. Nakamura, K. : Deformation caused by firing porcelain. *D.E.*, 30 : 1, 1974.
 25. Miller, L.L. : Framework design in ceramo-metal restorations. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 21 : 699, 1977.
 26. Mclean, J.W. : *The Science and Art of Dental Ceramics. Vol. I, II.* Quintess. Pub. Co., Chicago, 1979.
 27. Hammad, I.A. and Stein, R.S. : A qualitative study for the bond and color of ceramometals : Part I. *J. Prosthet. Dent.*, 63 : 643, 1990.
 28. Lugassy, A.A. and Kumamoto, Y. : Creep of alloys used in porcelain-fused-to-metal restorations. *J. Dent. Res.*, 53 : 740, 1974.
 29. Mabie, C.P. : Evaluation of the physical properties of crown dental porcelain and the effect of newly developed anti-binding additive. *J. Biomed. Mater. Res.*, 9 : 1, 1975.
 30. McPhee, E.R. : Hot pressed porcelain process for porcelain-fused-to metal restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 33 : 577, 1975.
 31. Pameijer, C.H. and Kikutake, T. : Enhancing esthetics in porcelain fused to metal through technique modifications. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 29 : 753, 1985.
 32. Choung, C.K., et al. : Porcelain for a simplified collarless metal-ceramic restoration using gold powder. *J. Prosthet. Dent.*, 47 : 449, 1982.
 33. Vickery, R.C., et al. : The direct fabrication of restorations without foil on a refractory dies. *J. Prosthet. Dent.*, 21 : 227, 1969.
 34. Toogood, G.D. and Archivald, T.F. : Technique for establishing porcelain margins. *J. Prosthet. Dent.*, 40 : 464, 1978.
 35. Schneider, D.M. : Porcelain shoulder adaptation using direct refractory dies. *J. Prosthet. Dent.*, 36 : 583, 1976.
 36. Sozio, R.B. and Riley, E.J. : A precision ceramic-metal restoration with a facial butted margin. *J. Prosthet. Dent.*, 37 : 517, 1977.
 37. 김경선, 이선형 : 도재진장구조관의 순측 치경부 변연 적합도에 관한 주사 전자 현미경적 연구. *대한치과보철학회지*. 23 : 113, 1985.
 38. Prince, J., Donovan, T.E., and Presswood, R.G. : The all porcelain labial margin for ceramometal restorations : A new concept. *J. Prosthet. Dent.* 50 : 793, 1983.
 39. McLean, J.W. and Hughes, H. : The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Brit. Dent. J.*, 119 : 251, 1965.
 40. McLean, J.W. and Sced, I.R. : The bonded alumina crown : The bonding of platinum toaluminous dental porcelain using tin oxide coatings. *Aust. Dent. J.*, 21 : 119, 1976.

41. Adair, P.J. : The castable ceramic crowns. *Int. J. Perio. Rest. Dent.*, 4 : 32, 1984.
42. Sorensen J.A. and Torres T.J. : Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I : A systematic method for shade determination. *J. Prosthet. Dent.*, 58 : 133, 1987.
43. Sorensen J.A. and Torres T.J. : Improved color matching of metal ceramic restorations. Part II : Procedures for visual communication. *J. Prosthet. Dent.*, 58 : 669, 1987.
44. Goodkind R.J., Keenan K.M. and Schwabacher W.B. : A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 105, 1985.
45. 박해균, 정재현 : 한국인 자연치의 색에 관한 연구. *대한치과보철학회지*, 26 : 185, 1988.
46. 이근우, 이호용 : 도재소부 전장금관용 합금에 따른 도재색조의 실험적 비교연구. *연세치대논문집*, 2 : 304, 1983.
47. 윤수선, 이선형, 양재호, 정현영 : 팔라듐-은합금에 의한 도재의 색조변화 및 변색작용에 관한 연구. *대한치과보철학회지*, 27 : 123, 1989.
48. Barghi, N. and Lorenzana, R.E. : Optimum thickness of opaque and body porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, 48 : 429, 1982.
49. 백성기, 장완식, 양재호, 이선형 : 도재전장구조관에 사용되는 도재의 색차에 관한 실험적 연구. *대한치과보철학회지*, 25 : 41, 1987.
50. Seluk, L.W. and La Londe, T.D. : Esthetics and communication with a custom shade guide. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 29 : 741, 1985.
51. Sproull, R.C. : Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *J. Prosthet. Dent.*, 29 : 556, 1973.
52. Ecker, G.A. and Moser, J.B. : Visual and instrumental discrimination steps between two adjacent porcelain shades. *J. Prosthet. Dent.*, 29 : 556, 1973.
53. Mandrino, A., et al : Aluminas with dispersoids : Tribiologic properties and in vivo aging. *J. Biomaterials*, 11 : 88, 1990.
54. Morris, H.F. : Properties of cobalt-chromium metal ceramic alloys after heat treatment. *J. Prosthet. Dent.*, 63 : 426, 1990.
55. Tanaka, A. : Fabrication of a bridge using the Sunrise Metal Ceramics System. *Quintess. Dent. Tech., Yearbook*, 13 : 89, 1989.
56. Johnston, J.F., Phillips, R.W. and Dykema, R.W. : *Modern Practice in crown and bridge prosthodontics*. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1971.
57. Yamamoto, M. : *Metal-Ceramics*. Quintess. Pub. Co. Tokyo, 1985.
58. Huget, E.F. and Civijan, S. : Status report on palladium-silver-based crown and bridge alloys. *J. Am. Dent. Assoc.*, 89 : 383, 1974.
59. Jochen, D.G., Caputo, A.A. and Matyas, J. : Effect of opaque porcelain application on strength of bond to silver-palladium alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 63 : 414, 1990.
60. Meyer, J.M., Payan, J. and Nally, J.N. :

- Evaluation of alternative alloys to precious ceramic alloys. *J. Oral. Rehabil.*, 6 : 291, 1979.
61. Kelly, J.R. and Rose, T.C. : Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics : A literature review. *J. Prosthet. Dent.*, 49 : 363, 1983.
 62. Huget, E.F., Vlica, J.M. and Wall, R.M. : Characterization of two ceramic-base-metal alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 40 : 637, 1978.
 63. Jochen D.G., Caputo A.A. and Matyas J. : Effects of cooling methods on silver-palladium castings. *J. Prosthet. Dent.*, 59 : 311, 1988.
 64. 윤인택, 최부병, 김인철 : 치은 섬유아세포에 대한 은-팔라듐합금의 세포독성에 관한 실험적 연구. *대한치과보철학회지*, 21 : 9, 1983.
 65. 김춘진, 박남수 : 치과용 은-팔라듐합금의 합금원소가 제성질에 미치는 영향에 관한 연구. *대한치과보철학회지*, 22 : 95, 1984.
 66. O'Brien, W. : *Dental Materials*. Quintess. Pub. Co., 1989.
 67. Bertolotti, R.L. and Moffa, J.P. : Creep rate of porcelain-bonding alloys as a function of temperature. *J. Dent. Res.*, 59 : 2062, 1980.
 68. 김태균, 이선형, 양재호, 정현영 : 팔라듐-은합금의 관복구조시 도재와 금속간의 화학적 결합에 관한 실험적 연구. *대한치과보철학회지*, 27 : 31, 1989.
 69. Peregrina, A. : Internal porosity in crowns cast with high-palladium alloy, *J. Dent. Res.*, 68(Special issue A.) : 269, abstr., #702, 1989.
 70. 장 훈, 임호남, 최부병 : 도재 소부용 팔라듐계 합금의 도재 결합 양상에 관한 연구. *대한치과보철학회지*, 27 : 143, 1989.
 71. Anusavice, K.J., et al. : Delayed crack development in porcelain due to incompatibility stress. *J. Dent. Res.*, 67 : 1086, 1988.
 72. Carpenter, M.A. and Goodkind, R.J. : Effect of varying surface texture on bond strength of one semiprecious and one nonprecious ceramo-alloy. *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 86, 1979.
 73. Anusavice, K.J. and Lee, R.B. : Effect of firing temperature and water exposure on crack propagation in unglazed porcelain. *J. Dent. Res.*, 68 : 1075, 1989.
 74. Ducerain's Technical Manual : Ducerain Dent. GmbH, Germany.
 75. Christensen, G.J. : Longevity of restorations commonly used in dentistry. In O'Brien, W. : *Dental materials*, Quintess. Pub. Co., 1989.
 76. Suez, C.P., Meyer, J.M., and Orosz, P.F. : Preferring procedures and porcelain failures of ceramometallic restorations, *J. Dent. Res.*, 58 : 690, 1979.
 77. 최신 이화학 대사전 : 법경출판사. 서울. 1983.
 78. Helkimo, E., Carlsson, G.E. and Helkimo, M. : Bite force and state of dentition. *Acta Odontol. Scan.*, 35 : 297, 1977.
 79. Anusavice, K.J. and Hojjatie, B. : Influence of incisal length of ceramic and loading orientation on stress distribution in cera-

- mic crowns. *J. Dent. Res.*, 67 : 1371, 1988.
80. Clark, E.B. : Tooth color selection, *J. Am. Dent. Assoc.*, 20 : 1065, 1933. (Cited from # 45)
 81. McMauch, D.R. : A comparative analysis of the colour matching ability of dentists, dental students and ceramic technicians. *Aust. Dent. J.*, 22 : 165, 1977.
 82. Sproull, R.C. : Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J. Prosthet. Dent.*, 29 : 416, 1973.
 83. Vintage's Technical Manual : Shofu Inc., Japan.
 84. Radnoth, M.S. and Lautenschlager, E.P. : Metal surface change during porcelain firing. *J. Dent. Res.*, 48 : 321, 1969.
 85. Johns, S.S. and John, D.N. : Study of the bond between gold alloys and porcelain. *J. Dent. Res.*, 41 : 1424, 1962.
 86. Barghi, N. and Richardson, J.T. : A study of various factors influencing shade of bonded porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, 39 : 282, 1978.
 87. Mezger, P.R., et al. : Metallurgical aspects of high-palladium alloys. *J. Dent. Res.*, 67 : 1307, 1988
 88. Kingery, W.D. et al. : Introduction to Ceramics. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 1976.
 89. Obregon A. et al. : Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 330, 1981.
 90. 김공주 : 색채공학. 대광서림, 1986.
 91. Kuehni, R.G. and Marcus, R.T. : An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res. Appl.*, 4 : 83, 1979.

— Abstract —

A STUDY ON FRACTURE STRENGTH AND COLOR BY THE DESIGN OF METAL COPING IN CERAMO METAL CROWN

Myung - Ho Lee, Young - Chan Jeon

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to investigate the effect on the fracture strength and color of ceramic by the design of the metal coping in ceramo metal crown. In this study, four types of ceramic crowns were made for fracture strength : standard ceramo metal crown, collarless ceramo metal crown, modified ceramo metal crown, and ceramic jacket crown.

And three types of disk formed—specimens were made to compare the dentin shade owing to aluminous opaque powder and palladium alloy.

Fracture strength was measured by universal testing machine(Instron Co. Ltd., U.S.A) and color was measured by color and color difference meter(Yasuda Seiki Seisakusho, Ltd., Japan).

The results were as follows :

1. The fracture strength of ceramic was affected significantly by the design of metal coping in ceramo metal crown.
The mean fracture strength(192.0 Kg) of standard ceramo metal crown was about 1.7 times higher than that(111.5 Kg) of collarless ceramo metal crown, and about 2.8 times higher than that(67.8 Kg) of ceramic jacket crown.
2. Modified ceramo metal crown that has metal band in the labio cervical had the lowest fracture strength.
3. Lightness, yellowness and redness of the dentin fired were decreased by the metal coping.