

도재소성주기에 따른 식각가공의치의 변형에 관한 연구

서울대학교 치과대학 보철학교실

朴喜運 · 梁在鎬 · 李善炯 · 張完植

목 차

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

I. 서 론

식각가공의치 (etched bridge, Maryland bridge)는 주조체를 처음 시적할 때 보다 도재축조 후 적합도가 달라지는 것을 관찰할 수 있다.^{6, 16, 36, 37} 고정가공의치의 변형은 수복물과 지대치와의 간격으로 나타난다. 이 간격은 치아우식과 치은염증을 유발하는 역할을 한다.

결손치 수복을 위한 가공의치 시술시 건전한 치질의 삭제는 조상아세포의 탈수, 치수괴사, 과민반응 등 생물학적 문제를 야기할 수 있다. 3/4 금관이나 핀을 이용한 유지장치와 같이 치질의 삭제를 최소로 하기 위한 방법이 이용되어 왔으나 유지와 심미적인 문제가 만족할만한 상태에 이르지 못해서 레진전장이나 도재전장금관이 고안되어 이용되어 왔다. 그러나 치질삭제량이 많아 보존적인 방법이 되지는 못하였다.^{5, 15, 19, 28, 45}.

그러므로 치질삭제를 적게 하면서 심미적인 면을 만족시킬 수 있는 식각가공의치가 발달되었다.

식각가공의치의 발달과정을 보면 Buonocore(1955)가

법랑질 표면을 85%인산으로 식각하여 레진과 법랑질 표면의 접착력을 증가시키려고 노력한 이후로⁹, Newman(1965)과 Miura(1971)가 DBS System을 개발하였고^{25, 29}, 치주고정을 위하여 천공된 구조체를 이용하는 방법도 소개되었다^{15, 33}. 그리고 Tanaka(1979)는 구조체에 레진부착을 보강하기 위하여 비귀금속을 전기화학적으로 식각시키는 실험을 하였고³⁹, 그후로 더 많은 연구가 계속되어 왔다^{14, 40}.

1982년에는 Livaditis와 Thompson이 구조체 내면의 유지력을 증가시켜 가공의치를 제작하는 방법을 소개하였다²⁴. 즉 이 가공의치가 산처리된 법랑질 표면과 산처리된 금속구조체를 복합레진으로 접착시키는 가공의치의 유지장치이다.

국내에서는 식각가공의치에 대한 양(1983)의 임상적 보고가 있었다⁴⁶.

이와같이 유지와 심미적인 문제를 해결하기 위하여 고안된 식각가공의치의 임상적 적용이 증가하고 있다^{12, 17, 22, 23, 30, 44}. 그러나 긴 span의 가공의치에서는 구조체의 변형이 문제가 되고있다. 따라서 본 연구는 도재소성주기에 따른 식각가공의치 구조체의 변형되는 양상을 관찰하여 다소 흥미있는 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

상악 양중절치의 회복을 위한 6본 식각가공의치 주모형을 dentiform에서 제작하였다.

Simonsen의 방법에 따라 지대치형성을 하였고³⁸, 고무인상재인 Provil (Bayer Dental, West Germany)를 이용하여 인상을 채득한 다음, polyurethane제

통의 Alpha-Die(Schütz-Dental Hamburg, West Germany)를 이용하여 주모형을 제작하였고 6본 식각가공의치를 조각하였다.

납형두께는 최소 0.3~0.4 mm가 되도록 하였고 one-piece로 주조를 하고 여기에서 나온 금속주조체를 고무주형(silicone mold)을 제작하기 위한 원형으로 정하여 사출성형에 의해서 총 40개의 납형을 사출해 이를 spruing하고 인산염결합매물재인 Hi-Temp (Whip-Mix Co. Kentucky)로 매물하고 one-piece로 비귀금속합금인 Verabond(Aalba Dent Inc. Concord, California)를 사용하여 주조하였다²⁰⁾.

주조조건은 매물된 ring을 소환하기 전에 하루정도 방치한 후 ring을 약 1시간 정도에 1500 °F까지 올라가도록 하고서 약 2시간동안 heat soaking을 시켰다. 유도주조기(Castron-8, Yoshida, Japan)를 이용하여 주조하고 주조체는 서냉시켰다.

주조체 건치의 원심에 support arm을 부착하였고, 각 치아의 설측 중심에서 measuring strut을 만들어 주었다. 설측 strut의 상면을 편평하게 하고 1/4 round bur로 측정점을 만들었고 strut 단면에도 같은 방법으로 측정점을 만들었다. supporting arm의 하면도 편평하게 하여서 measuring jig에 잘 장착 되게 하였다. measuring jig는 아크릴릭레진으로 제작하였다.

측정점은 비교를 위해서 A에서 F까지 정하고 A, C, F 점은 특정위치에서 설정하였다. A점은 원점(X, Y, Z=0)으로 정하고, C점은 XY면에서의 입의의 한점으로 정하고(Z=0), F점은 X축(Y, Z=0)에 있는 것으로 정하였다. 측정한 좌표는 computer에 기록하였다. 측정점의 위치는 Fig 1과 같다.

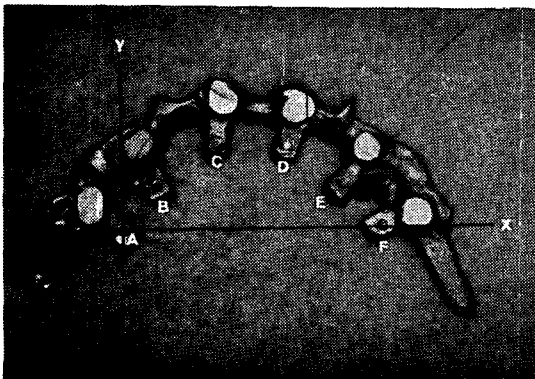


Fig. 1. Superior view of cast metal framework, with lingual markers labelled A to F.

변형은 주조체에서 개별적으로 측정하였고, 변형값은 처음 주조시의 측정시기와 각각 시기에서의 X, Y, Z 좌표값을 서로 비교하여 처음 상태에서부터 각 시기까지 주조체가 어느정도 변화하였는지를 알 수 있게 하였다. 이 변화는 ΔX , ΔY , ΔZ 로 표시하였다.

각 측정점의 X, Y, Z 좌표를 7개의 측정시기 즉 casting 후, degassing 후, opaque 도재소성후, first body 도재소성후, second body 도재소성후, glazing 후 그리고 도재를 제거한 후에 각각 측정하였다.

X, Y, Z 좌표는 $\times 40$ 접안렌즈를 가진 Traveling Microscope(Gaertner Scientific, Chicago, Ill)로 측정하였다(Fig.2).

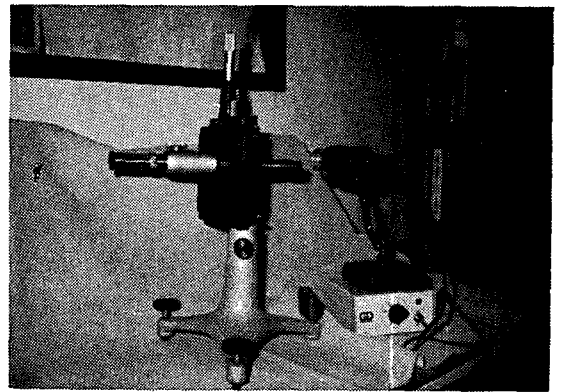


Fig. 2. Traveling microscope with x40 magnifying tube. 36107602

magnifying tube의 중심에 십자선이 있는데 이를 측정점 중심에 두게 한다. microscope의 측정정확도는 1μ 이다. 모든 X, Y, Z 좌표의 측정을 3회 시행하고 이 세값의 평균을 실험값으로 이용하였다.

각 주조체는 custom firing sagger tray를 이용하여 도재소성을 하였다.

처음 측정후 금속주조체를 증류수가 들어있는 ultrasonic cleaner에 넣고 5분간 세척하였다.

다음에 이 주조체를 degassing 하였다. 1,200 °F에서 1,860 °F까지는 28기압 진공상태에서 75 °F/min의 속도로 소성하였고, 1,860 °F에서 5분간 유지를 하고서 주조체를 공기중에서 냉각시키고 measuring jig에 올리고 두 번째 측정을 하였다.

opaque porcelain 축조부터의 과정은 programmer가 내장된 진공도재소성로인 Flagship VPF(Jelenko-Armonk N.Y., U.S.A.)를 이용하였다(Fig.3).

opaque porcelain을 축조하고서 진동으로 응축하였고, 소성과정은 Table.1과 같다. Ceramco 회사의 도

Table 1. Firing cycle parameters for fixed programs (Ceramco Porcelain).

	Program "D"	Program "E"	Program "F"
Preheat Time	3 min	5 min	5 min
Low Temperature	1200°F	1200°F	1200°F
Heat Rate	100°F/min	100°F/min	100°F/min
Vacuum Level	28 inches/Hg	28 inches/Hg	28 inches/Hg
High Temperature	1830°F	1775°F	1800°F
Hold Time	0	0	0
Vent	1730°F	1725°F	0
Cool Time	10 sec	10 sec	10 sec



Fig. 3. porcelain furnace (FLAGSHIP VPF, Jenlenko, Armonk, N.Y. U.S.A.).

재를 이용하였고 주조체의 세번째 변형량을 측정하였다.

다음에 body porcelain을 축조하였고 소성과정은 Table 1과 같다. body porcelain은 2회 축조하였고, 소성과정은 E program을 반복하였고, 냉각 후에 각각 네번째와 다섯번째의 변형량을 측정하였다.

glaze는 F program을 거쳤고 과정은 Table 1에 나와있다. 냉각 후에 여섯번째의 변형량을 측정하였다.

도재의 제거는 불산에 넣고 초음파세척하여 제거하며 마지막 일곱번째 변형량을 측정하였다.

30개의 주조체를 선택하여 그 중 20개는 정상적으로 도재를 축조하여 실험군으로 삼았고, 나머지 10개는 대조군으로서 도재를 축조하지 않고 실험군과 동일한 소성과정을 거쳤다. 이상의 과정을 거쳐 만곡된 긴 span의 식자가공이치 주조체에 있어서 도재소성과정중의 변형

여부, 금속과 도재가 변형에 끼치는 영향여부, 변형이 가장 많이 일어나는 시기, 도재를 제거시 생기는 변형의 가역성 여부, 그리고 변형의 임상적 의의등을 알아 보기 위하여 변형량을 검사, 측정하였다.

Ⅲ. 연구성적

본 연구에 사용된 20개의 실험군 주조체와 10개의 대조군 주조체의 변형값은 Table 2,3,4,5,6,7과 같다. Table들을 살펴보면 변형이 X측에서 가장 크게 일어났고 Z측에서 가장 적게 일어났다.

Table 2에서 보면 ΔX 는 각 시기에서 컸다. 특히 degassing시기와 glazing시기에서 크게 증가한 것을 볼 수 있다. 그리고 도재를 화학적으로 제거한 후의 측정치는 glazing전 상태의 변형량과 비슷하였다.

Table 3에서 보면 대조군에서의 ΔX 는 실험군과 유사한 방향으로 degassing시기와 glazing시기에서 증가되었고, 특히 F점에서 크게 증가되어 있음을 보였다. 두번째 body porcelain소성주기에서 주위의 형태와는 달리 negative 수치를 보였다.

Table 4에서 보면 실험군 ΔY 는 ΔX 에 비해서 degassing시기와 glazing시기에서 negative 수치를 보였고 opaque porcelain 축조시기에서 오히려 positive 방향으로 가고 있었다. 도재를 제거한 후 변형량을 조사하여 보니 degassing전의 상태로 돌아갔다.

Table 5에서 보면 대조군의 ΔY 가 대조군의 ΔX 에 비해서 현저하게 작은 수치를 보였다. 시간간의 차이를 보면 degassing시기나 glazing시기에 있어서도 다른 시기와 크게 차이가 없었다 ($P < 0.01$).여기에서의 ΔY 는 대단히 큰 표준편차를 보였다.

Table 6,7에서는 실험군과 대조군의 Z측에서의 변형량을 나타내고 있는데 실험군에서는 전반적으로 ne-

gative 방향을 나타내고 있었고 비교군에서는 오히려 positive 방향을 보였다.

주된 변형은 degassing 후와 glazing 후에 현저하였다 (Fig.4). 양 견치사이가 최고 788 μ 까지 벌어졌고 주조체의 전방부가 degassing 시에 43 μ 정도 후방으로 변형되었고 glazing 상태에서는 1 μ 만이 후방으로 변형되었다.

각 소성주기에 있어서 실험군과 대조군의 변형량의 차에 대한 t-test 를 한 결과 ΔX 에 있어서는 glazing 시기의 B, C, D점에서 그리고 ΔY 에 있어서는 glazing 시기의 B점에서 90%의 신뢰도에서 통계적 유의성을 보였다.

Fig.5,6,7,8,9는 X, Y, Z 좌표에서의 실험군의 변형량을 보여주고 있고, Fig.10,11,12,13,14는 X,Y,Z 좌표에서의 대조군의 변형량을 보여주고 있다.

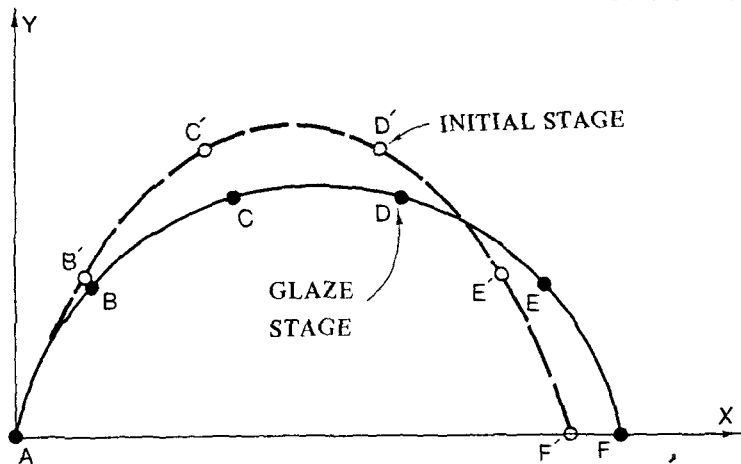


Fig. 4. Diagrammatic representation of alteration in shape of frameworks between initial and glaze stage.

Table 2. Mean distortions for 20 experimental frameworks in X coordinate

Stage	A	B	C	D	E	F
Degassing	0	482(451)	440(369)	400(479)	362(462)	459(876)
Opaque	0	375(357)	307(427)	340(409)	330(455)	535(629)
1st Body	0	279(356)	210(437)	229(405)	316(575)	429(652)
2nd Body	0	213(375)	143(523)	190(506)	126(460)	142(738)
Glazing	0	573(377)	523(436)	542(440)	503(478)	286(638)
Removal	0	232(417)	216(462)	194(425)	99(469)	286(643)

Values in microns. Numbers in parentheses = SD

Table 3. Mean distortions for 10 control frameworks in X coordinate

Stage	A	B	C	D	E	F
Degassing	0	450(258)	450(258)	329(338)	390(368)	902(1001)
Opaque	0	332(193)	163(238)	164(340)	317(232)	909(839)
1st Body	0	218(182)	69(244)	64(320)	236(251)	815(859)
2nd Body	0	97(311)	-25(398)	-44(361)	124(406)	616(870)
Glazing	0	440(297)	315(306)	327(353)	453(347)	911(1002)

Values in microns. Numbers in parentheses = SD

Table 4. Mean distortions for 20 experimental frameworks in Y coordinate

Stage	A	B	C	D	E	F
Degassing	0	69(294)	-29(217)	49(170)	33(203)	0
Opaque	0	163(233)	103(192)	164(154)	71(176)	0
1st Body	0	205(339)	101(232)	131(167)	86(167)	0
2nd Body	0	132(230)	-17(218)	30(189)	22(214)	0
Glazing	0	160(237)	11(237)	120(175)	48(211)	0
Removal	0	138(230)	-4(202)	58(152)	29(235)	0

Values in microns. Numbers in parentheses = SD

Table 5. Mean distortions for 10 control frameworks in Y coordinate

Stage	A	B	C	D	E	F
Degassing	0	39(201)	64(157)	166(158)	84(100)	0
Opaque	0	38(224)	92(118)	166(152)	52(123)	0
1st Body	0	71(223)	63(136)	182(139)	152(198)	0
2nd Body	0	22(209)	35(171)	133(194)	110(118)	0
Glazing	0	25(193)	8(132)	119(174)	58(131)	0

Values in microns. Numbers in parentheses = SD

Table 6. Mean distortions for 20 experimental frameworks in Z coordinate

Stage	A	B	C	D	E	F
Degassing	0	33(111)	149(130)	180(179)	48(429)	0
Opaque	0	53(129)	112(195)	171(350)	77(279)	0
1st Body	0	-61(170)	47(228)	-56(266)	-48(234)	0
2nd Body	0	-58(165)	3(266)	-86(275)	-51(199)	0
Glazing	0	-24(128)	15(284)	-24(432)	-51(295)	0
Removal	0	47(130)	132(210)	168(224)	130(159)	0

Values in microns. Numbers in parentheses = SD

Table 7. Mean distortions for 10 control frameworks in Z coordinate

Stage	A	B	C	D	E	F
Degassing	0	37(130)	87(146)	103(110)	198(179)	0
Opaque	0	151(411)	86(159)	110(137)	180(234)	0
1st Body	0	30(154)	91(169)	12(147)	125(156)	0
2nd Body	0	66(106)	122(131)	14(349)	132(174)	0
Glazing	0	32(155)	118(228)	-3(180)	125(155)	0

Values in microns. Numbers in parentheses = SD.

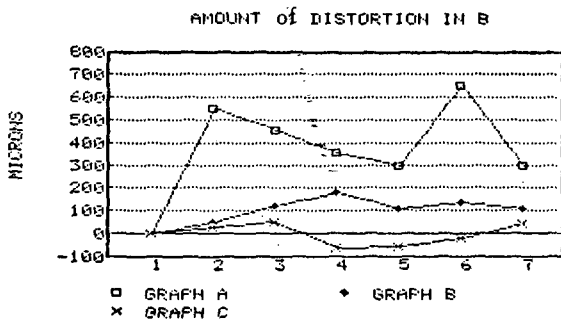


Fig. 5. Amount of distortion for experimental frameworks in B point.

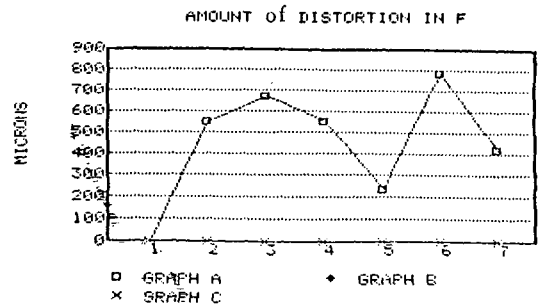


Fig. 9. Amount of distortion for experimental frameworks in F point.

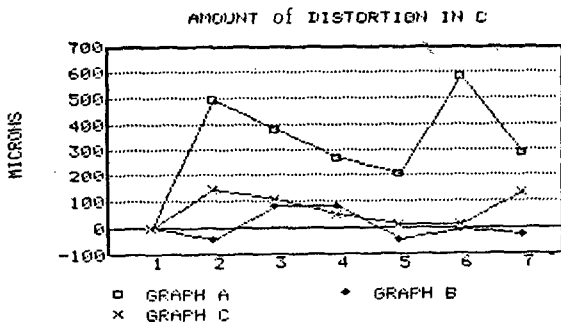


Fig. 6. Amount of distortion for experimental frameworks in C point.

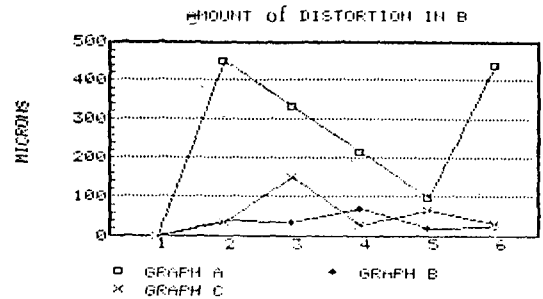


Fig. 10. Amount of distortion for control frameworks in B point.

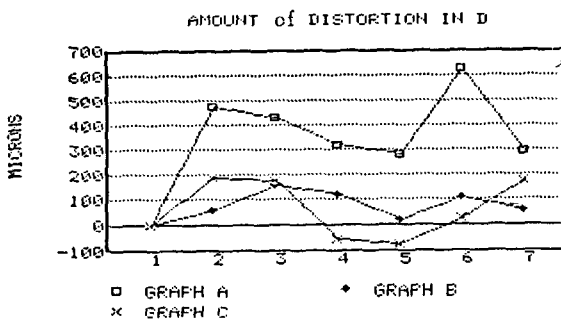


Fig. 7. Amount of distortion for experimental frameworks in D point.

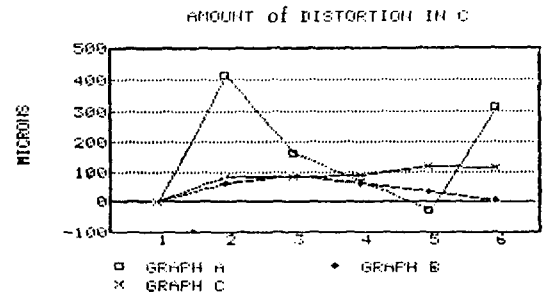


Fig. 11. Amount of distortion for control frameworks in C point.

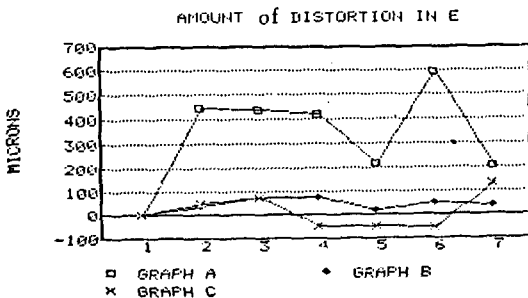


Fig. 8. Amount of distortion for experimental frameworks in E point.

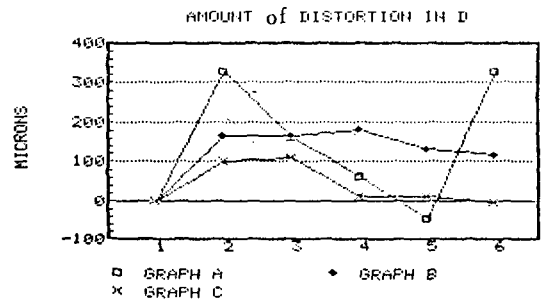


Fig. 12. Amount of distortion for control frameworks in D point.

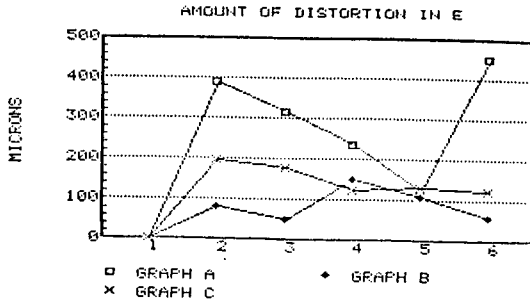


Fig. 13. Amount of distortion for control frameworks in E point.

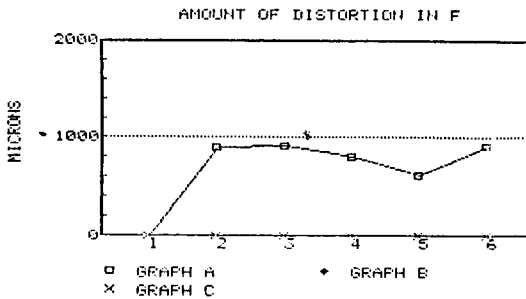


Fig. 14. Amount of distortion for control frameworks in F point.

Abbreviation :

GRAPH A; X axis

GRAPH B ; Y axis

GRAPH C; Z axis

1; After casting

2; After degassing

3: After opaque porcelain firing

4; After first body porcelain firing

5; After second body porcelain firing

6; After glazing

7; After chemical removal of porcelain

IV. 총괄 및 고안

도재전장가공의치의 변형은 어느정도의 방향성을 가진 양상을 따르고 있다⁷⁾.

본 실험의 모든 실험군에 있어서 비슷한 변형양상을 보였지만 비교적 큰 표준편차를 보여서 같은 정도의 변형이 되는 것은 아니었다. 대부분의 변형은 degassing

시기와 glazing 시기 후에 관찰되었다. degassing 시기에서는 1,860 °F의 높은 온도이고, 이 시기에서는 구조체를 도재로에서 꺼내는 시간이 빠르기 때문인 것으로 사료되며, degassing 후의 변형은 구조중에 유발되는 내부응력의 제거와 냉각과정에 기인하는 것으로 보인다.

body porcelain 축조시에는 비교적 작은 변형을 보이고 있다. body porcelain 소성이 glazing 소성과 다른 점은 28기압에서 소성을 하고 온도도 25 °F (14°C) 정도 낮은 온도에서 소성을 한다. 도재소성구조체를 도재로에서 서서히 제거하는 것이 도재냉각을 천천히 시키기 때문에 결국 도재를 소둔 (annealing) 시키는 것이 된다. 급냉된 도재가 서냉된 도재보다 수축경향이 크다고 하나 여기서는 냉각시간이 동일하기 때문에 이 인자가 변형에 끼치는 영향은 없다고 사료된다.

많은 저자들은 비귀금속합금으로 구조시 적절한 구조물을 얻기 위하여 구조압력, 구조온도, 구조기, 주입선, 매몰재등에 주의를 기울여야 한다고 보고했다^{2,3,11,13,18,21,42)}.

Tuccillo 와 Nielsen(1967) 은 소성온도에서 합금의 성분변화가 구조체에 sag를 일으킨다고 보고하였다⁴¹⁾. 즉 특정온도에서 SR (sag-resistant) 합금의 sag가 일어나는 정도는 NSR (non-SR) 합금의 1/4 이었다. 본 연구에서는 대조군과 실험군이 같은 금속이므로 합금성분은 영향이 없는 것으로 사료된다.

Bryant 와 Nicholls(1979) 는 구조체를 degassing 온도까지 올리고 난 뒤 one-piece 구조체와 납착한 구조체 사이에는 유의한 차이는 없다고 했고, degassing 과 도재소성중에 구조체의 양끝과 중간에 custom-made sagger tray를 사용하면 변형을 줄이는데 도움이 된다고 하였다⁷⁾.

Buchanan 과 Svare(1981) 는 반복소성이 변연부 변형에 미치는 영향에 대해 조사한 바 높은 강도의 금속이 낮은 강도의 금속보다 변형이 8배정도 크다고 보고하였고, 도재를 축조한 금속구조체가 도재축조가 안된 금속구조체보다 변형이 작다고 보고하였다⁸⁾. 본 연구에서는 대조군에서 ΔX 가 실험군보다 작았다. 특히 통계적 유의성이 있는 glazing의 B, C, D점에서 차이가 있었다.

Schiffleger 와 Ziebert(1985) 는 18개의 고정성가공의치를 귀금속으로 구조한 결과 변형이 3차원적 현상이었고, 변형이 전치에서는 근심치은쪽 표면에 제일 크게 일어났고 구치에서는 원심선측에 발생했다고 보고하였다³⁵⁾. 본 연구에서는 ΔX 가 증가하였고 ΔY 는 감소하여 양 견치부위가 증가된 양상으로 나타났다.

glazing 시의 금속의 변형은 도재 제거시에 다시 제

자리로 돌아오는 가역적 변형이었다. 결국 마지막 glazing 된 식각가공의치는 도재와 금속사이에 응력평형이 이루어진 상태이다. 만약 금속이나 도재에서 creep이 계속 일어난다면 이는 시간이 지나갈수록 변화가 일어날 가능성이 있다는 것을 의미한다.

치아가 서로 정적관계를 이루고 있는 상태라면 구조체의 변형에 의해 야기되는 변연부의 부적합은 어느정도 지대치 삭제의 convergence angle에 의해서 조절될 수 있다. 예를 들어 견치의 지대치 형성각이 10° 일때 ΔX 가 500 μ 이라면 이론적인 변연부 불일치는 약 1 mm 이상이 된다. 이 변형이 X, Y, Z 세방향에서 이루어진다면 이 수치보다 크게 나타난다. Christensen은 실제 임상적으로 받아들일 수 있는 변연부의 부적합은 39 μ 이라고 하였다¹⁰⁾. 그러나 실제로 치아는 서로 동적관계를 이루고 있어 치아의 생리학적 협설측 동요도는 56 ~ 108 μ 이고³⁴⁾, 상악전치에서 28 μ 의 생리학적 intrusion을 기록하였다³¹⁾. 이 치주인대의 생리학적 적응이 구조체의 변형에 의해 야기된 변연부 부적합도를 줄이는데 도움이 될 것이다.

도재소성주기를 거치는 동안 금속구조체에 변형을 야기하는 원인은 도재수축, 도재에 의한 구조체의 오염, 합금의 결정성장³⁷⁾, 고온에서 도재합금의 plastic flow와 creep 현상⁷⁾, 도재의 강도에 의한 금속탄성의 감소³⁷⁾, 소성시의 부적절한 구조체의 지지⁷⁾, 치은부위에서 부적절한 금속설계^{16,36)}, 부적절한 전반적인 구조체의 설계⁴³⁾ 등이다.

그리고 비귀금속합금은 도재용착온도에서 귀금속합금보다 sag, creep에 대한 저항력이 크다고 발표하였다^{1,4,26,27,32,41)}.

본 연구에서는 도재가 수축을 하여 금속에 변형을 유발하는 사항에서 어느정도 관계가 있다고 보이나 도재 전장가공의치와 달리 식각가공의치에서는 가공치 부위에만 도재가 축조되어 영향이 적다고 사료된다.

degassing과 glazing시기에서 변형이 제일 큰 것으로 보아 고온에서 도재합금의 flow와 creep이 금속구조체의 변형에 관여하는 것으로 생각된다. body porcelain 축조시의 온도와 degassing, glazing시기의 온도차이에서 50° F 정도 차이가 난다. 그러나 이 정도의 온도차이가 구조체의 변형에 끼치는 영향이 크다는 점에 주의를 기울여야 한다.

본 연구에서는 식각가공의치 구조체에 맞는 custom sagger tray를 사용하였으므로 소성과정중에 부적절한 지지가 구조체에 미치는 영향은 없는 것으로 생각되며 다른 요인들은 본 연구와 별다른 관계가 없는 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 6본 식각가공의치 구조체를 30개 제작하여 20개

는 정상적으로 도재를 축조하여 실험군으로 삼았고, 10개는 대조군으로서 도재를 축조하지 않고 실험군과 동일한 소성과정을 거쳐 각 소성주기에 따른 식각가공의치의 변형을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 도재소성주기 중에 만족된 긴 span의 식각가공의치 구조체에 유의할 만한 변형이 일어났다.
- (2) 이 변형은 금속구조체의 가열에 의해서 뿐만 아니라 도재소성에 의해서도 일어났다.
- (3) 가장 큰 변형은 degassing시기와 glazing시기에서 일어났다.
- (4) glaze된 도재를 화학적으로 제거시 변형량은 secondary body porcelain 소성 후의 변형량과 유사한 가역적 변형을 나타냈다.
- (5) 이 변형은 임상적으로 중요한 변연부 부적합을 일으켰다.

REFERENCES

1. Anusavice, K.J., Ringle, R.D., and Weker, R.: Dynamic measurement of porcelain-fused-to-metal alloy sag resistance. *J. Dent. Res.* 58 (Special issue A): 264, 1979.
2. Baran, R.R.: The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. *J. Prosthet. Dent.* 50: 639, 1983.
3. Barreto, M.T., Goldberg A.J., Nitkin, D.A. and Mumford G.: Effect of investment on casting high-fusing alloys. *J. Prosthet. Dent.* 44: 504, 1980.
4. Bertolotti, R.L.: Thermally assisted deformation in ceramometal system. *J. Dent. Res.* 60 (Special issue A): 518, 1981.
5. Brännstrom, M.: The effect of dentin desiccation and aspirated odontoblasts on the pulp. *J. Prosthet. Dent.* 20: 165-171. 1968
6. Bridger, D.V., Nicholls, J.I.: Distortion of ceramometal fixed partial dentures during the firing cycle. *J. Prosthet. Dent.* 45: 507, 1981.
7. Bryant, R.A., and Nicholls, J.I.: Measurement of distortions in fixed partial dentures resulting from degassing. *J. Prosthet. Dent.* 42: 515, 1979.
8. Buchanan, W.T., and Nielsen, J.P.: Creep

- and sag properties of a porcelain-gold alloy. *J. Dent. Res.* 46: 579, 1976.
9. Buonocore, M.G.: Simple method of increasing the adhesion of acrylic resin filling materials to enamel surface. *J. Dent. Res.* 34: 849-853, 1955.
 10. Christensen, G.J.: Marginal fit of gold inlay castings. *J. Prosthet. Dent.* 16: 297, 1966.
 11. Compagni, R., Faucher, R.R., Yuodelis, R.A.: Effect of sprue design, casting machine, and heat source on casting porosity. *J. Prosthet. Dent.* 52: 41, 1984.
 12. Cueto, E.I. and Buonocore, M.G.: Sealing of pits and fissures with an adhesive resins; its use in caries prevention. *J.A.D.A.*, 75: 121-128, 1967.
 13. Donovan, T.E., and White, L.E.: Evaluation of an improved centrifugal casting machine. *J. Prosthet. Dent.* 53: 609, 1985.
 14. Dunn, B. and Reisbick, M.H.: Adherence of ceramic coatings on chromium-cobalt structures. *J. Dent. Res.* 55: 328, 1976.
 15. Howe, D.F., And Denehy, G.E.: Anterior fixed partial dentures utilizing the acid-etch technique and a cast metal framework. *J. Prosthet. Dent.* 37: 28, 1977.
 16. Faucher, R.R., and Nicholls, J.I.: Distortion related to margin design in porcelain-fused-to-metal restorations. *J. Prosthet. Dent.* 43: 149, 1980.
 17. Fuks, A.B., and Shapira, J.: Acid-etch composite resin restoration of fractured anterior teeth. *J. Prosthet. Dent.* 37: 639-642, 1977.
 18. Javis, R.H., Jenkins, T.J., and Tedesco, L.A.: A castability study of nonprecious ceramometal alloys. *J. Prosthet. Dent.* 51: 490, 1984.
 19. Johnston, J.F., Phillips, R.W., and Dykema, R.W.: *Modern practice in crown and bridge prosthodontics*, ed. 3, Philadelphia, 1974, W.B. Saunders Co., p. 52.
 20. Johnston, J.F., Phillips, R.W., and Dykema, R.W.: *Modern practice in crown and bridge prosthodontics*, ed. 3. W.B. Saunders Co., p. 154-255, 1971.
 21. Kingery, W.D., Bowen, H.K., and Uhlmann, D.R.: *Introduction to Ceramics*, ed. 2. New York, 1976, John Wiley and Sons.
 22. Laswell, H.R., Welk, D.A., and Regenos, J.W.: Attachment of resin restorations to acid pretreated enamel. *J.A.D.A.*, 82: 558-563, 1971.
 23. Lee, B.D., Phillips, R.W., and Swartz, M.L.: The influence of phosphoric acid etching on retention of acrylic resin to bovine enamel. *J.A.D.A.*, 82: 1381-1386, 1971.
 24. Livaditis, G.J., and Thompson, V.P.: Etched castings: An improved retentive mechanism for resin-bonded retainer. *J. Prosthet. Dent.* 47: 52, 1982.
 25. Miura, F., Nakagawa, K., and Masuhara, E.: New direct bonding system for plastic brackets. *Amer. J. Orthodont.* 59: 350-361, 1971.
 26. Moffa, J.P.: Physical and mechanical properties of gold and base metal alloys. *NIH Conference Proceedings: Alternatives to gold alloys in dentistry.* January 1977. pp. 81-93.
 27. Moffa, J.P., Lugassy, A.A. Guckes, A.D., and Gettleman, L.: An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I. Physical properties. *J. Prosthet. Dent.* 30: 424, 1973.
 28. Monsteller, J.H.: The prevention of post-operative thermal sensitivity. *Dent. Clin. North. Am.* 1963. p. 881.
 29. Newman, G.V.: Epoxy adhesives for orthodontic attachments. *Amer. J Orthodont.* 51: 901-912, 1965.
 30. Openheim M.N., and Ward, G.T.: The restoration of fractured incisors using a pit and fissure sealant resin and composite

- materials. J.A.D.A. 89: 365-368, 1974.
31. Parfitt, G.J.: Measurement of the physiological mobility of individual teeth in an axial direction. J. Dent. Res. 39: 608, 1960.
 32. Preston, J.D., and Berger, R.: Laboratory variables affecting ceramometal alloys, Dent. Clin. North Am. 21: 717, 1977.
 33. Rochette, A.L.: Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. J. Prosthet. Dent. 30: 418, 1973.
 34. Rudd, K.D., O'Leary, T.J., and Stumpf, A.J.: Horizontal tooth mobility in carefully screened subjects. Periodontics 2: 65, 1964.
 35. Schiffleger, B.E., Ziebert, G.J.: Comparison of accuracy of multiunit one-piece castings. J. Prosthet. Dent. 54: 770, 1985.
 36. Shillingburg, H.T., Hobo, S., and Fisher, D.W.: Preparation design and margin distortion in porcelain-fused-to-metal restoration. J. Prosthet. Dent. 29: 276, 1973.
 37. Silver, M., Klein, G., and Howard, M.: An evaluation and comparison of porcelain fused to cast metals. J. Prosthet. Dent. 10: 1055, 1960.
 38. Simonsen, R.: Etched cast restorations: Clinical and Laboratory technique. Quintessence 1983.
 39. Tanaka, T., Atsutz, M., Uchiyama, Y., and Kawashima, I.: Pitting corrosion for retaining acrylic resin facings. J. Prosthet. Dent. 42: 282, 1979.
 40. Thompson, V.P., Livaditis, G.S., and Del-Castillo, E.: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys for resin bonded prostheses. J. Dent. Res. (Special issue A) 1981 (Abstr No. 265).
 41. Tucillo J.J., and Nielsen J.P.: Creep and sag properties of a porcelain-gold alloy. J. Dent. Res. 46: 579, 1967.
 42. Vincent, P.F., Stevens, L., and Basford, K.E.: A comparison of the casting ability of precious and nonprecious alloys for porcelain veneering. J. Prosthet. Dent. 37: 527, 1977.
 43. Warpeha, J., and Goodkind, R.: Design and technique variables affecting fracture resistance of metal ceramic restorations. J. Prosthet. Dent. 35: 291, 1976.
 44. Wei, S.H.Y.: Electron microprobe analysis of the remineralization of enamel. J. Dent. Res. 49: 621-625, 1970.
 45. Wilson, H.D.: Hypersensitivity in tooth preparation. D. Survey. 36: 36, 1960.
 46. 양재호: Etched Metal Resin Bonded Retainer 에 관한 임상적 연구. 대한치과의사협회지 21: 395, 1983.

– Abstract –

A STUDY ON THE DISTORTION OF ETCHED BRIDGE DURING THE FIRING CYCLE

Hui Un Park, D.D.S., Jae Ho Yang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Sun Hyung Lee, D.D.S., Ph.D., Wan Shik Chang, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the distortion of 6-unit etched bridge during the firing cycle.

Thirty frameworks were constructed. Twenty of the frameworks received a normal application of porcelain and firing sequence; ten served as controls and subjected to the same firing sequence without the porcelain application.

The results were as follows;

1. Distortion did occur in the body of curved, long-span etched bridge frameworks during the porcelain firing cycle.
2. This distortion was a result of changes in the metal as well as the contraction of fired porcelain.
3. The greatest distortional changes occurred during the degassing stage and final glaze stage of the porcelain firing cycle.
4. Distortion incurred by the application and firing of the porcelain was reversible. When the porcelain was chemically removed from the frameworks, there was an elastic rebound.
5. Distortion was clinically important.