

주입선의 설계가 임플란트 보철물의 적합도에 미치는 영향

황 성 택, 안 재 석*, 신 상 완**

고려대학교 의학대학원, 고려대학교 안산병원 치과기공실*, 고려대학교 구로병원 치과**

Effect of the Sprue Design on the Fitness of Implant Prosthesis

Sung-Taek Hwang, Jae-Seok Ahn*, Sang-Wan Shin**

Department of medicine Graduate School, Korea University
Dental Laboratory, Korea University Medical Center Ansan Hospital*
Dental Center, Korea University Medical Center Guro Hospital**

[Abstract]

Statement of problem: Conventional techniques for implant framework fabrication produce significant error that is inconsistent with passive-fit requirement for osseointegrated implants. One of the etiologic factors which cause the errors is a sprue which may deform the framework during solidification and contraction.

Purpose: This study was aimed to evaluate objectively effect of the sprue design on the accuracy of fit of implant prosthesis.

Materials and method: Three different designs were considered relative to effect of casting accuracy. The first design had straight sprues and a button of excess alloy at the non-casting end of the sprues. The second was runner bar design(with the button). The last was straight sprues design(without the button). Gold cylinder and laboratory analogue had been used to diminish variables affecting to casting accuracy. Gold alloy and pressure-vacuum casting machine had been used. Marginal gap had been measured by SEM. One-way ANOVA and Duncan test had been used for statistical analysis.

Results: The first design showed $79.87 \pm 13.95 \mu\text{m}$ marginal gap. The second and third were $40.17 \pm 15.8 \mu\text{m}$ and $35.17 \pm 9.95 \mu\text{m}$ respectively.

Conclusion: Straight sprues without button and runner bar designs were more accurate than straight sprues with button design($P < .05$).

○Key word : Sprue, Button, Casting accuracy

교신저자	성명	안 재 석	전화	011-9071-5376	E-mail	jsa2004@korea.ac.kr
	주소	경기도 안산시 고잔동 516번지, 고려대학교 안산병원 치과기공실				

I. 서 론

치과 임플란트로 환자를 수복하는데 있어 요구되는 중요한 원칙들은 이미 많은 문헌에서 기술되었다(Baranemark PI 등, 1997; Baranemark PI 등, 1988). 그 중에서도 많은 저자들이 공통적으로 임플란트와 임플란트 보철물 사이의 수동적 적합(passive fit)의 중요성을 언급했다(Adell R 등, 1990; Carr AB 등, 1996; Sone AD, 1989; Skalak R, 1983; Zarb GA 등, 1983). 평균 100 μ m 정도 움직임을 허용하는 치근막이 임플란트와 주위골 사이에는 존재하지 않기 때문에, 자연치와 보철물 사이보다 임플란트와 그 상부 보철물 사이에 보다 엄격한 정확성이 요구된다(Skine H 등, 1985). 이는 부적합(misfit)이 존재할 경우, 자연치는 치근막에 의해 부적합을 어느 정도 완충할 수 있지만, 임플란트의 경우 완충이 불가능하여 잔존골, 임플란트, 보철물, 지대주나사, 유지나사 등에 정적인 스트레스(static stress)를 만들기 때문이다. 이런 정적인 스트레스와 교합력의 결합이 임플란트의 파절, 나사의 파절, 나사풀림, 임플란트 주위골의 상실, 골유착의 상실과 같은 기계적-생물학적 합병증을 만드는 주된 원인 인자로 여러 문헌에서 언급되었다(Adell R 등, 1990; Jemt T, 1991; Zarb ZA 등, 1990).

제작된 보철물을 임플란트에 연결할 때 관찰되는 부적합은 인상채득술식, 주모형 제작기법, 왁스모형 제작, 주조체 제작, 보철물의 완성에 이르는 다양한 과정에서 다양한 인자에 의해 영향을 받는다(Jemt T, 1991) 대부분의 치아지지 고정성 보철물은 전통적 주조기법을 이용한 가공과정을 통해 만들어지며, 이와 같은 기법으로 제작된 보철물의 변연부에서 관찰되는 부적합은 평균적으로 최소 100 μ m에 이르는 것으로 보고 되고 있다(Carb AB 등, 1993; Hulling JS, 1977; Schiffleger BE 등, 1985). 이러한 단점에도 불구하고, 임플란트 보철물 제작기법은 대부분 치아지지고정성 보철물 제작을 위한 전통적 주조기법을 차용하고 있으며, 이런 기법을 사용한 임플란트 보철물 제작법은 다양한 임상상황에서 아직까지 그 효용성이 인정되고 있다. 그러나 Bräemark이 임플란트 주위의 골재형성 및 성숙을 위해 10 μ m미만의 오차를 갖는 보철물이 필요하다고 언급한 이상적 적합(ideal fit 또는 passive

fit)(Saas FA 등, 1980)에 비하면 전통적 주조기법을 이용한 보철물 제작법은 상대적으로 큰 오차를 만들게 된다. 따라서 보철물의 적합을 향상시키기 위한 기법 개발을 위한 다양한 연구가 계속되고 있다

전통적 주조기법은 왁스기법, 주입선 설계, 매몰방법, 사용 금속의 종류 등에 이르기까지 다양한 인자가 영향을 미친다. 특히 White는 임상적 경험을 바탕으로 특정한 지침들을 따르기만 한다면 정교한 주조체를 일상적으로 만들 수 있다고 주장하였다. 그는 주조 후 냉각 시에 용융합금 주입 기시부에 남아 있는 과잉의 합금(button)을 중심으로 주입선이 수축함으로써, 주조체를 변형시킬 수 있다고 했다(Fig. 1-A, B).

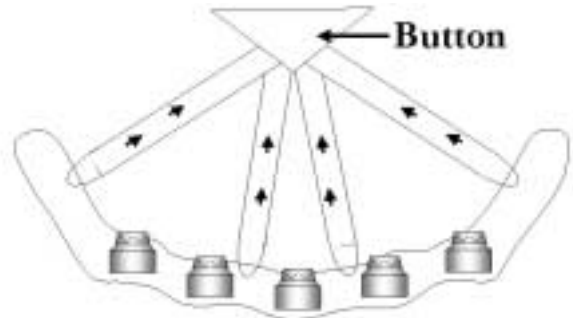


Fig. 1-A. When the metal be cooling, injection line will shrink in the direction of the button. Therefore, the prosthesis be transformed with button directions

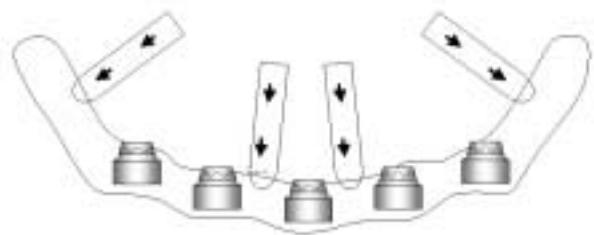


Fig. 1-B. Without Button, the prosthesis does not be transformed by shrink of injection line

그러나 주입선이 주조체의 변형에 미치는 효과에 대한 과학적 실험에서는 상반된 결과를 보여주고 있다(Carr AB 등, 1993; Johnson A, 1995). 따라서 본 연구의 목적은 1. 직선형 주입선(button 형성), 2. runner bar주입선, 3. 직선형 주입선(button없음)과 같은 세가지 주입선을 이용하여, 주입선의 설계 및 button의 존재유무가 주조체의 변형에 미치는 영향을 객관적으로 평가해 보는 것이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 시편제작

두 개의 Screw abutment analogue를 하악 제1소구치에서 하악 제1대구치사이의 평균 거리인 21mm간격이 되도록 그리고 중심축이 평행하도록 유지하고, TypeIV 치과용 석고로 고정하여 주모형을 제작했다.



Fig. 2. Model for experimentation

제작된 주모형상에서 골드실린더를 연결하고 왁스 작업을 통해 3-본고정성 가공의치를 제작하였다. 이 모형을 silicone으로 음형을 채득하였고, 이 음형과 왁스를 이용하여 같은 크기를 갖는 왁스패턴을 필요한 시편의 수만큼 제작했다. 몰드를 통해 제작된 시편을 주모형상에 다시 연결하고, 왁스의 중합수축을 보상하기 위해 제1소구치와 제2소구치 사이의 연결부위를 분리한 후 유지나사를 15Ncm의 힘으로 잠그고 Pattern resin(GC)을 이용하여 다시 연결하였다.

주입선의 직경은 main sprue 3.0mm, runner bar 4.0mm, feeder sprue 2.5mm로 하였다. 이 실험에서 사용된 주입선의 설계는 다음과 같다.

- 1) Group A: 직선형 주입선과 button이 형성되는 설계 (Fig. 3-A)
- 2) Group B: Runner bar와 button을 갖는 주입선 설계 (Fig. 3-B)
- 3) Group C: 직선형 주입선과 button이 형성되지 않는 설계 (Fig. 3-C)



Fig. 3-A. Group A: Conventional design

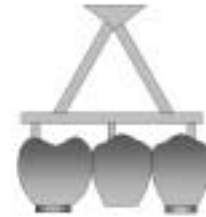


Fig. 3-B. Group B: Runner bar design



Fig. 3-C. Group C: Buttonless design

각 그룹 별로 3개의 시편을 제작하였고, 같은 높이가 되도록 주입선을 형성하였다. 금속 주조링에 주조링 이장재는 1겹으로 하였다. 매몰재 100% 전용액에 증류수를 첨가하여 70%로 희석하고, 150g의 분말에 36ml의 혼합용액을 섞어 진공혼합기를 이용하여 60초간 혼합했다. 진동기(vibrator)상에서 동일한 진동으로 매몰을 시행하였다. 상온에서 60분간 매몰재를 경화시켰고, 소환은 5°C/min의 속도로 시행하고 850°C에서 30분 동안 계류시켰다. 전기저항을 이용한 방식의 도가니에서 금합금을 1100°C로 용융하고, 공기압력을 이용한 주조기(압박주조기 Combilator CL-G, Heraeus Kulzer, Indiana, USA)로 주조를 시행하였다. 주조에 사용된 합금의 양은 주입선이 연결된 왁스 패턴의 중량에 합금의 제조사에서 제공하는 비중을 곱하여 정했다. Button의 형성이 필요한 경우 여기에 2g을 더 첨가했다.

이것을 압박주조기를 통해 주조하고, 실온 냉각을 시행한 후 매몰재를 제거하고 주입선을 잘라낸 후 50µm 직경의 순수 산화알루미늄으로 blasting하여 주조체에 남아있는 매몰재를 제거했다.

Table 1. Materials and manufacturer details used in this study

	Art	Company
Laborator Analogue	SAN55L	Implantium, Dentium, Seoul, Korea
Gold cylinder	SGC55BL	Implantium, Dentium, Seoul, Korea
Wax	Art-710	YETI dental, Engen, Germany
Investment	UnivestPlus	Metalor, Neuchatel, Swiss
Casting ring liner	Einlagen(×3)	Degussa, Hanau, Germany
Gold Alloy	Pontor MPF	Metolar, Neuchatel, Swiss

2. 보철물의 적합측정

주조체를 주모형상에서 한쪽의 나사만 15Ncm의 힘으로 잠근 후 반대쪽 지대주의 끝부분에서 중심부쪽으로 100 μ m 떨어진 부위에서 관찰되는 수직적 틈(gap)을 SEM (S4700, Hitachi, Tokyo, Japan)을 통해 촬영하고 수직 거리(d)를 측정했다(Fig. 4).



Fig. 4. The gap between gold cylinder and analogd)

3. 통계처리

측정된 결과는 One-way ANOVA(SPSS 10.0)를 통해 그룹간의 차이를 분석하고, Duncan test(SPSS 10.0)를 통해 사후 검정을 시행하였다.

III. 결 과

세 종류의 주입선 형태가 임플란트-지지 보철물의 정확도에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험을 수행하였고, 이전에 기술된 바와 같이 SEM으로 골드실린더와 아날로그 사이의 틈을 측정된 결과는 다음과 같았다(Table 2). Group A는 79.87 \pm 13.95 μ m의 수직적 틈을 보여주었고 Group B와 Group C의 틈은 각각 40.17 \pm 15.8 μ m과

35.17 \pm 9.95 μ m로 측정되었다. Group C가 평균적으로 가장 작은 수직적 틈을 보여주었다.

Table 2. Results of marginal discrepancy measured in this study(μ m)

No. of specimen	Group A	Group B	Group C
1	82.20	56.80	36.10
2	92.50	36.30	44.50
3	64.90	27.40	24.70
Mean	79.87	40.17	35.17
SD	13.95	15.08	9.95

이 결과를 One-way ANOVA로 분석한 결과 그룹 간에는 유의할 만한차이(P<.05)가 존재함을 관찰하였다 (Table 3).

Table 3. The Results of the analysis of Oneway ANOVA

	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Between groups	3599.180	2	1799.590	10.366	.011
Within groups	1041.600	6	173.600		
Total	4640.780	8			

Duncan test분석결과는 Group B와 Group A사이, Group C와 Group A사이에 통계적 유의성 있는 차이가 존재하는 것으로 나타났으나, Group B와 Group C사이에는 통계적으로 유의성 있는 차이가 존재하지 않았다 (Table 4).

Table 4. The results of Duncan^a analysis

Group	N	Subset for alpha=.05	
		1	2
Group A	3		79.8667
Group B	3	40.1667	
Group C	3	35.1667	
Sig.		.658	1.000

IV. 고찰

Johnson(Johnson A, 1995)은 자연치 모형상에서 세 가지의 주입선 형태가 주조체의 정확성에 미치는 효과를 시험해 보았으며, 그 결과 용융금속의 양을 조절하여, 주조 후 주입선을 연결하는 효과를 갖는 button의 형성을 제한한 직선형의 주입선(straight sprue)에서 가장 정확한 주조체를 얻었다고 하였다. 반면에 Carr와 Stewart(Carr AB 등, 1993)는 runner bar를 갖는 주입선을 사용한 실험에서 button 형성을 제한한 것과 제한하지 않은 것을 비교하여 주입선의 영향을 평가하고자 했으나, button의 유무는 주조체의 정확성에 영향을 미치지 않는다고 했다.

이와 같이 주입선의 형태가 주조체의 정확성에 미치는 효과에 대한 결과가 상반되는 것은 실험방법의 상이함에 기인하는 것으로 추측된다. Johnson의 실험은 1. 직선형 주입선(button 형성) 2. 직선형 주입선(button없음) 3. 간접주입선(runner bar)의 세 가지의 형태를 사용하였지만, 지대치 모형을 사용하여 변연적합도를 비교했기 때문에 주입선에 의한 주조체의 전반적 변형보다는 지대치 모형과 retainer의 개별적 적합도가 우선적으로 평가되었으리라 사료된다. 반면에 Carr등의 실험은 주입선의 영향을 runner bar형태만을 사용하였고, torch를 이용한 원심주조법을 사용하여 주조 정확도에 심대한 영향을 미치는 용융금속의 온도를 균일하게 조절하지 못했다. 또한 주조에 플라스틱링을 사용하여 금속주조링을 사용하는 기존의 방식과 매몰체의 팽창방향이 다르기 때문에 상이한 결과를 얻었을 것으로 추측된다. 따라서 본 실험에서는 골드실린더와 아날로그를 이용하여 Johnson의 실험

을 보완하고, 전기저항과 압력을 이용한 주조기와 금속링을 이용하여 Carr와 Stewart의 실험을 보완하고자 했다.

Jemt(Jemt T, 1996)는 3차원적인 임플란트 보철물의 부적합을 측정하는 방법으로 My lab, University Washington system, 3-D photogrametric system, University of Michigan system과 같은 4가지 방법을 기술하였다. 이와같은 기법은 거의 10 μ m까지 측정 가능하다고 하지만, 술자에 의해 정밀도가 많이 영향을 받으며, 특수한 기계가 요구되어 많은 비용이 소요되므로 본 실험에서는 사용하지 않았다. 본 실험에서 선택한 SEM을 통한 측정법은 3차원적 변형을 직접 측정할 수는 없으나 변형의 한 결과인 틈(gap)을 측정하는데 있어 정확도가 매우 높으며 접근성이 좋은 기구이다.

실험결과는 Group A와 Group B사이에서 통계적 유의성 있는 차이를 보여주었다. 이는 button을 갖고 있는 직선형의 주입선과 runner bar를 이용한 주입선에 의한 주조체의 변형을 사이에는 차이가 있으며, 주입선의 형태가 주조체의 정확도에 영향을 미침을 보여주었다. 이를 통해 직선형 주입선에 비해 runner bar를 갖고 있는 주입선이 우수한 적합을 갖는 주조체를 만들 수 있음을 보여준다고 판단된다. 이는 button을 갖는 straight sprue보다 runner bar를 이용해 주조한 보철물이 보다 정교하다고 한 Clayon의 결과와 일치한다(Zarb ZA 등, 1990). 또한 Group A와 Group C사이에도 통계적 유의성이 있는 차이가 있었다. 이는 같은 형태의 직선형 주입선일지라도 주조 후에 button이 존재하는 경우보다 button이 존재하지 않는 경우가 주조체의 적합도가 좋음을 보여주고 있다. 따라서 냉각 시에 button을 중심으로 주입선이 선형 수축을 하고 이것이 주조체를 변형시킬 수 있다고 판단된다. 이 결과는 Johnson의 결과와는 일치하지만(Johnson A, 1995) Carr의 결과와는 상반된다(Carr 무 등, 1993). Carr의 실험방법이 Johnson 및 본 연구의 방법과 다르기 때문인 것으로 사료된다.

그러나 Group B와 Group C사이에는 통계적 유의성이 있는 차이가 존재하지 않았다. runner bar를 갖는 주입선으로 만들어진 주조체와 button이 형성되지 않은 직선형 주입선으로 만들어진 주조체의 정확도 사이에는 통계적 차이가 없었음을 의미한다. 이는 냉각 시에 button을

중심으로 주입선이 수축하지만 runner bar가 이것에 의한 변형을 어느 정도 막아주기 때문인 것으로 생각된다. 비록 통계적 차이는 보이지 않았지만 평균치와 표준편차만을 단순히 비교할 경우 button이 형성되지 않은 직선형 주입선이 runner bar를 갖는 주입선에 비해 상대적으로 정확하고 정밀한 경향이 있는 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 White(White GE, 2003)의 주장을 뒷받침 해 주고 있다.

주입선의 설계 및 button의 유무가 임플란트 보철물의 적합에 영향을 주고 있지만, 보다 좋은 적합도를 갖는 보철물을 만들기 위해서는 주조기법을 포함한 기공학적 연구 및 정확한 인상채득을 위한 임상적 연구가보다 많이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 주입선의 설계 및 button의 존재가 임플란트 보철물의 뒤틀림 정도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 시행한 결과다음과 같은 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

Runner bar 주입선 설계와 button 형성이 제한된 직선형 주입선 설계를 이용한 임플란트 보철물이 button이 형성되는 전통적 직선형 주입선 설계에 비해 적합도가 우수하였다($P < .05$).

참 고 문 헌

Adell R, Leckholm U, Rocker B, Branemark PI, Jemt T. A long-term follow-up of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 5:347-59, 1990.

Branemark PI, Hansson BO, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw experience from 10-year study. *Scan J Plast Reconstr Surg Suppl*, 16:1-132, 1977.

Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue-integrated prostheses, osseointegration in clinical dentistry*. Chicago, Quintessence, 1988.

Branemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent*, 50:399-410, 1983.

Carr AB, Gerard DA, Larsen PE. The response of bone in primates around unloaded dental implants supporting prostheses with different levels of fit. *J Prosthet Dent*, 76:500-9, 1996.

Carr AB, Stewart RB. Full-arch implant framework casting accuracy: preliminary invitro observation for invivo testing. *J Prosthodont*, 2:2-8, 1993.

Chan DCN, Blackman R, Kaiser DA, Chung K. The effect of sprue design on the marginal accuracy of titanium castings. *J Oral Rehabil*, 25:424-9, 1998.

Clayton JF. Indirect spruing technique. *Quintessence Dent Tech*, 9:report55, 1979.

Hulling JS. Comparative distortion in three-unit fixed prosthesis joined by laser welding, conventional soldering, or casting in one piece. *J Dent Res*, 56:128-34, 1977.

Henry WK, Mphil L, Edmond HN. A double casting technique to minimize distortion when constructing fixed partial dentures on implants. *J Prosthet Dent*, 91:93-6, 2004.

Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Branemark implants in edentulous jaws: A study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 6:270-6, 1991.

Johnson A. The effect of sprue design and alloy type on the fit of three-unit metal/ceramic

- bridges. *Eur J Prosthodont Rest Dent*, 3:241-5, 1995.
- Jemt T. In vivo measurement of precision fit involving implant supported prosthesis in the edentulous jaw. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 11:151-8, 1996.
- Klineburgh IJ, Murray GM. Design of superstructures for osseointegrated fixtures. *Swed Dent J*, 28:63-9, 1985.
- Romero GG, Engelmeier R, Powers JM. Accuracy of three corrective techniques for implant bar fabrication. *J Prosthet Dent*, 84:602-7, 2000.
- Sone AD. Complications with osseointegrated implants. *J Prosthet Dent*, 62:581-5, 1989.
- Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prosthesis. *J Prosthet Dent*, 49:843-8, 1983.
- Sekine H, Komiyama Y, Hotta H, Yoshida K. Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixture-supporting system. Tissue integration in oral and maxillofacial reconstructions. Amsterdam: Excerpta Media, 326-39, 1985.
- Schiffleger BE, Ziebert GJ, Virendra B. Comparison of accuracy of multiunit one-piece castings. *J Prosthet Dent*, 54:770-6, 1985.
- Saas FA, Eames WB. Fit of unit-cast fixed partial dentures related to casting ring size and shape. *J Prosthet Dent*, 43:163-7, 1980.
- Wee AG, Aquilino SA, Schneider RL. Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: A review of the literature. *Int J Prosthodont*, 12:167-78, 1999.
- White GE. A proven accurate method for casting implant supported frameworks. *Quintessence Journal of Dental Technology*, 1:66-70, 2003.
- Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated implants: the toronto study. Part II: the prosthetic results. *J Prosthe Dent*, 64:53-61, 1990.
- Zarb GA, Symington JM. Osseointegrated dental implants: preliminary report on a replication study. *J Prosthet Dent*, 50:271-6, 1983.