임시 고정성 보철물 제작용 레진의 굽힘강도

전북대학교 치과대학 치과보철학교실 및 구강생체과학연구소

최명아·안승근·조국현

Flexual strength of resins for provisional fixed prostheses

Myoung-Ah Choi, Seung-Geun Ahn, Kuk-Hyeon Cho.

Department of Prosthetic Dentistry, Institute of Oral Bioscience, School of Dentistry, Chonbuk National University

Provisional fixed partial dentures(FPDs) are an important part of many prosthodontic treatment procedures. These provisional fixed prostheses must fulfill biologic, mechanical, and esthetic requirements to be considered successful. Consideration of all these factors and requirements are important because provisional resin restorations may be worn over a long period to assess the results of periodontal and endodontics therapies, and also during the restorative phase of implant reconstructive procedures.

This in vitro study examined flexual strength of four resins commonly used for fixed provisional prostheses. The effects of polymerization conditions were also evaluated.

The four resins tested were : Caulk Temporary bridge resin(L.D. Caulk Co. Dentsply International Millford), Jet(Lang Dental Mfg. Co. Chicago. ILL. U.S.A), Alike (Coe Laboratories. Inc. Chicago. ILL. U.S.A) and Tokuso Curefast (Coe Laboratories. Inc. Chicago. ILL. U.S.A)

The test specimens were 65mm long, 14mm wide, and 3.5mm thickness. 10 specimens of four resins were cured for 15 minutes at atmospheric pressure and 10 specimens of four resins were cured at an additional pressure of approximately 20 psi. A total of 80 specimens were prepared.

The flexual strength was determined by three-point bending test. Data were analysed with the Paired samples T-test and Tukey student-range test

Within the limitations imposed in this study, the following conclusions can be drawn :

1. Under the condition of bench curing, Caulk Temporary bridge resin showed the highest flexual strength. In decreasing order, the flexual strength of the other materials was as follows : Jet, Tokuso Curefast, Alike, and Caulk Temporary bridge resin demonstrated significantly higher strength than other resins.
2. Under the condition of pressure curing, Jet showed the highest flexual strength. In decreasing order, the flexual strength of the other materials was as follows : Caulk Temporary bridge resin, Tokuso Curefast, and Alike. There were all statistically significant differences among four resins
3. There was a statistically significant difference between bench- and pressure-cured specimens in all four materials.

Key words : Flexual strength, provisional fixed prosthesis, three-point bending test, bench curing, pressure curing

임시 고정성 보철물 제작용 레진의 굽힘강도

전북대학교 치과대학 치과보철학교실 및 구강생체과학연구소

최명아·안승근·조국현

Ⅰ. 서 론

임시 치관의 제작은 많은 보철 치료 절차의 중요한 부분이다. 이러한 임시 수복물은 생물학적, 기계적, 심미적 요구조건을 충족시켜야 하며 기계적인 하중에 대한 저항력과 제거력은 장기간 임시 수복물을 장착하여야 하는 치주적, 보존적 치료를 요하는 환자에 있어서 반드시 고려되어야 하는 기계적 성질이다[1]. 장기간 수복물의 유지는 의사나 환자 모두에게 중요한 문제인데 이는 파절 시 수복절차가 매우 시간 소모적일 뿐 아니라, 치아의 움직임을 유발시키고 기계적, 심미적 문제가 발생하기 때문이다. 그러나 변연 강도는 치료 수복을 위한 임시 수복용 레진을 선택할 때 매우 중요함에도 불구하고 다양한 레진의 변연 적합성을 비교한 논문은 많이 보고되고 있으나 상대적인 강도 비교연구는 희박한 실정이다[2]. 임시 수복물의 강도는 전치부에서 특히 중요하며, 파절 시 환자에게 불편함을 야기한다. 강한 응력 집중에 대항하기 위해 연결 부위를 과풍융 시키는 것이 효과적일 지 모르나 비심미적, 비위생적인 문제를 일으킬 수 있다[3].

임시 수복물 제작에 사용되는 레진은 그 성분에 따라 polymethyl methacrylate, polyethyl methacrylate, polyvinylethyl methacrylate, bis-acrylate composite resin, visible light-polymerized urethane dimethacrylate 등이 있으며, 각각의 재료는 장단점을 가지고 있다. 자가 중합형 acrylic resin의 단점으로는 free monomer로 인한 치수, 치은 염증과 경화시 발생하는 열로 인한 자극, 높은 중합 수축을 들 수 있으며, bis-acrylate composite resin과 visible light-polymerized urethane dimethacrylate는 높은 취성과 multiple-unit에서는 사용이 제한적이라는 단점이 있다[4].

자가 중합형 polymethyl methacrylate resin(PMMA)은 강도, 색 안정성, 조작의 용이함, 연마성이 적절한 것으로 알려져 있어 임시수복물의 직접, 간접 제작에 가장 유용하게 사용되고 있으며, 다른 자가 중합형 methacrylate는 중합수축이 적다는 장점이 있으나 마모저항성이 적고 색 선택에 제한적이며 심미성이 적다는 단점이 있다. composite resin은 조작이 용이하고 중합 수축이 적다는 장점이 있으나 연마가 힘들고 파절이 빈번하며 많은 비용이 든다는 단점이 있다[5]. 이중 polymethyl methacrylate와 bis-acrylate composite resin이 높은 시장성을 가지고 보편적으로 사용되고 있으므로 이번 실험에서는 국내에서 많이 사용되고 있는 polymethyl methacrylate를 성분으로 한 레진을 선택하여 실험하였다[6].

치과의사들은 수복물의 기포를 감소시켜 강도를 증가시키기 위한 방법으로 pressure vessel의 사용을 제안하였다. Landesman과 Spector등[7]은 pressure curing동안 강도와 밀도가 증가하였다고 하였으며, Donovan등[8]도 역시 중합동안 압력을 가하는 것이 유의할 수준의 굽힘 강도를 증가시킨다고 하였다. 그러나 Furnish등[9]은 교정용 레진을 이용한 실험에서 압력을 가해 중합시킨 표본의 강도가 유의할 만한 수준의 굽힘 강도 증가는 보이지 않았다고 하였다. 또한 Anthony등[10]은 6가지 레진의 파괴인성 실험에서 대기 중에서 중합시킨 표본과 압력을 가해 중합시킨 표본 사이의 파괴인성 차이는 유의할 만한 차이가 없었다고 하였다.

이에 본 실험은 국내에서 일반적으로 사용되는 polymethyl methacrylate을 성분으로 한 4가지 자가 중합형 임시 수복용 레진을 선택하여 대기중과 압력 하에서 중합 시킨 후 각각의 굽힘 강도를 측정하여 비교 하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 연구 재료

본 실험에 사용된 레진은 Table 1과 같다.

중합조건은 대기 중에서 중합시키는 경우와 압력하에서 중합시키는 경우로 나누어 4가지 재료마다 각각 10개의 시편씩, 즉 총 80개의 시편을 제작하였다. 시편은 Fig. 1의 65×14×3.5mm의 주형에서 제작하였으며, 분액비는 제조사가 규정한 특정 비율이 존재하지 않기 때문에 여러 유사한 논문들의 규정을 참고하여 주형내에 packing되지 않고 흘러 들어갈 수 있는 가장 적절한 점도를 보이는 1.7:1로 결정하였다. 혼합은 깨끗한 metal spatula를 이용하여 정해진 시간내에 시행하였으며, 기포가 함입되는 것을 최소화하기 위해 주형 내로 즉시 흘러 들어가게 하였다.

Table 1. Materials used in this study

Brand Name	Manufacturer
Caulk Temporary bridge resin	L.D. Caulk Co. Dentsply International Millford
Jet	Lang Dental Mfg. Co. Chicago. ILL. U.S.A
Alike	Coe Laboratories. Inc. Chicago. ILL. U.S.A
Tokuso Curefast	Tokuyama Corp. Tokyo. Japan

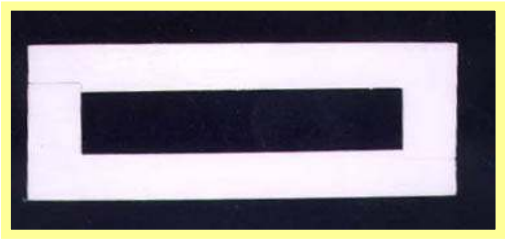

Fig. 1. Mold for fabrication of the specimen.

대기중에서 중합시킨 4종류의 총 40개의 시편은 실온에서 15분 동안 중합시켰으며, 압력하에서 중합시킨 나머지 40개의 시편은 Fig. 2의 Pressure vessel(Acri-dense, GC America Inc. chicago)을 이용하여 실온에서 15분 동안 20 psi의 압력하에서 중합시켰다.

총 80개의 시편은 Fig. 3의 thermocycling machine를 이용해 5℃와 55℃ 범위에서 1000회의 열변환 처리를 시행하였으며, 37℃ 증류수에 6일간 침적시킨 후 Fig. 4의 Instron Universal testing machine (Instron Corp., Canton, Mass)에 장착하여 즉시 강도를 측정하였다.

Three point testing assembly와 50kg load cell을 이용하여 시편이 파괴될 때까지의 굽힘 강도를 측정하였으며, test span은 50mm로 하였다. 모든 실험은 0.5 cm/min의 crosshead speed로 시행하였으며, 하중은 시편의 중심부위에 수직방향으로 가하였다(Fig. 5).

Fig. 2. Pressure pot and specimens.

Fig. 3. Thermocycling machine.

Fig. 4. Instron Universal testing machine

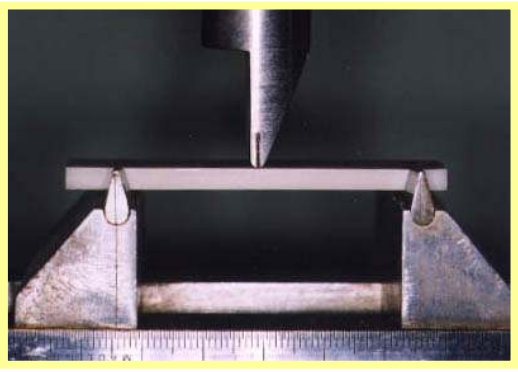

Fig. 5. Three-point bend test.

굽힘 강도는 다음과 같은 공식에 의해 산출하였다.

$$\text{Flexual strength} = 3PL / 2bd^2$$

P = load where specimen breakage occurred
L = distance between supports (50mm)
d = specimen width
b = specimen thickness

모든 실험은 무작위로 이루어졌으며, 자료는 Tukey student-range test와 Paired T-test을 사용하여 차이를 비교 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

이번 실험에 사용된 레진의 평균 굽힘 강도와 표준 편차는 Table 2 및 Fig. 6과 같다.

레진은 일반적으로 중합 수축이 발생하고, 결국 크기가 규격화된 mold내에서 제작하였다 할지라도 시편의 중합수축을 피할 수 없다. 따라서 실험 결과의 정확성을 기하기 위해 시편을 파절시킨 후 파절된 시편 단면의 넓이와 두께를 재 측정하여 파절 시 하중과 함께 공식에 적용하였다.

Table 2에서 보듯이 대기 중에서 중합시킨 군에서는 Caulk Temporary bridge resin이 62.347 MPa로서 가장 높은 굽힘 강도를 나타내었고, 압력 하에서 중합시킨 군에서는 Jet가 77.093 MPa 로서 가장 높은 굽힘 강도를 보였다.

Fig 7에서 보듯이 동일한 재료에서 각각 대기중

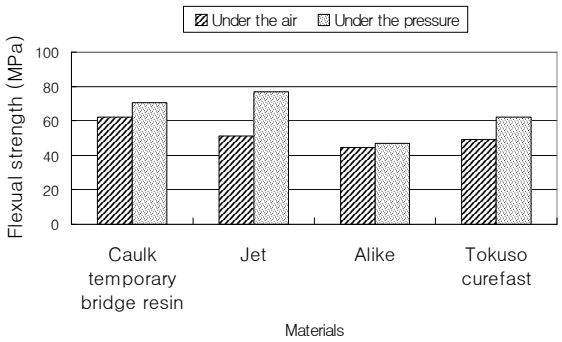

Fig. 6. Mean flexual strength of resins.

Table 2. Mean flexual strength and standard deviation

Brand name	Number	Under the air		Under the pressure	
		Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Caulk Temporary bridge resin	10	62.347	5.668	70.638	3.212
Jet	10	51.197	5.010	77.093	3.675
Alike	10	44.476	2.469	46.956	2.646
Tokuso Curefast	10	49.340	10.531	62.188	3.957

Table 3. Results of Paired Samples T-test

Brand name	Polymerization condition	T value	P value
Caulk Temporary bridge resin	Under the air Under the pressure	-3.963	0.003
Jet	Under the air Under the pressure	-13.211	0.000
Alike	Under the air Under the pressure	-3.247	0.010
Tokuso curefast	Under the air Under the pressure	-3.657	0.005

Table 4. Results of Tukey student-range test

Brand Name	Under the air		Under the pressure	
	Mean	Tukey grouping	Mean	Tukey grouping
Caulk Temporary bridge resin	62.347		70.736	
Jet	51.197		77.093	
Alike	44.476		46.956	
Tokuso Curefast	49.340		62.188	

과 압력 하에서 중합시킨 시편의 굽힘 강도 비교 시 실험에 사용된 모든 종류의 레진이 압력 하에서 중합시킨 군에서 더 높은 수치를 보였으며, 또한 통계 분석으로 사용된 Paired Samples T-test결과, 모든 레진에서 유의성이 있는 것으로 나타났다($P<0.05$).

또한 Tukey student - range test을 시행한 결과 대기 중에서 중합시킨 경우에서는 Caulk Temporary bridge resin만이 유의한 차이를 보였으며($P<0.05$), 나머지 3종류의 resin사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 압력 하에서 중합시킨 군에서는 모든 레진 사이에 유의성이 있는 것으로 나타났다 ($P<0.05$).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

Donovan등[8,11]은 대기 중에서 중합시킨 시편과 ressure vessel에서 20 psi압력을 가해 중합시킨 시편의 굽힘 강도 비교 시 서로 유의할 만한 차이가 있

었고, 압력 하에서 중합시킨 경우에는 육안으로 관찰 시에도 기포가 거의 보이지 않았다고 하였으며 대기 중에서 중합시킨 시편과 비교 시 더 높은 강도를 나타내었다고 하였다. Chee등[11]은 대기중과 압력 하에서, 그리고 진공 혼합 하에서 중합시킨 각각의 레진의 굽힘 강도를 비교하였을 때, 압력 하에서 중합시킨 것과 진공 혼합하여 중합시킨 레진 시편이 대기 중에서 중합시킨 시편보다 더 높은 강도를 나타내었으며 이는 유의할 만한 수준의 증가를 보였다고 하였다. 또한 진공 혼합의 사용은 압력 하에서 중합시킨 경우와 유사한 결과를 나타내었으며, pressure device는 그리 널리 사용되지 않고 있으나 진공 혼합기는 보다 보편적으로 사용되고 있으므로 실험 결과로 볼 때 진공 혼합의 방법이 추천할 만하다고 설명하였다.

이번 실험에서 대기 중에서 중합시킨 4 종류 레진 시편의 굽힘 강도 비교시 Caulk Temporary bridge resin이 가장 높은 강도를 보였으며, Jet, Curefast, Alike순으로 감소하였고, Caulk Temporary bridge resin만이 다른 레진 들과 비교시 유의한 수준의 차이를 보였으며($P<0.05$), 나머지 레진들 사이에서는 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($P<0.05$).

압력 하에서 중합시킨 4종류 레진 시편의 굽힘 강도 비교시, Jet resin이 가장 높은 강도를 보였으며, Caulk Temporary bridge resin, Curefast, Alike 순으로 감소하였고, 모든 레진의 강도사이에 유의성이 있는 것으로 나타났다($P<0.05$).

동일한 레진 사이에서 대기 중에서 중합시킨 군과 압력 하에서 중합시킨 군의 굽힘 강도 비교시 모든 레진에서 압력 하에서 중합시킨 군이 높았으며, 이는 모두 유의할 만한 수준의 차이를 보였다 ($P<0.05$).

굽힘 강도는 압력 하에서 중합시킨 경우에 유의할 수준으로 증가하였다. 이는 시편 제작시 레진 혼합동안 공기가 함입되어 기포가 발생하여 강도를 저하시키기 때문으로 대기 중에서 중합시킨 시편에서는 육안으로 기포가 관찰되었으며, 압력 하에서 중합시켰을 때는 육안으로는 기포가 관찰되지 않았다. 따라서 이러한 강도 차이는 압력 하에서 중합시킨 시편에서 기포가 거의 발생하지 않았기 때문인 것으로 보인다[10].

기포에 따른 강도 변화는 Jet resin에서 가장 크게 나타났으며, 이는 Paired T test에서 P값이 0.000인 것으로 확실히 알 수 있다. 결국 Jet 레진 자체의 강도는 높으나 기포발생이 많아 실제 임상에서는 강도가 저하되는 것으로 판단할 수 있다. Alike는 대기중과 압력 하에서 중합시킨 각각의 경우 모두에서 가장 낮은 강도를 나타냈다. Caulk Temporary bridge resin은 대기 중에서 중합시킨 경우에서는 가장 우수한 강도를, 압력 하에서 중합시킨 경우에는 두 번째로 우수한 강도를 보였다. 따라서 기포의 생성이 다른 레진 들과 비교시 상대적으로 적다는 것을 알 수 있으며, 임상에서 사용하기 적절한 재료로 생각된다.

임시 수복용 레진의 굽힘 강도는 임상에서 사용할 적절한 재료를 선택하는 데 고려해야 할 수많은 요소 중의 하나이다. 따라서 이번 실험은 in vitro상태에서 굽힘 강도만을 비교한 것이며, 실제 임상에서는 환자의 상태와 제작 방법, 사용해야 할 기간, 변연 정확성, 색 안정성, 조작의 용이성 등의 다른 요소들을 모두 고려하여 적절한 레진을 선택해야 할 것으로 생각된다.

V 결 론

임시 수복물 제작에 보편적으로 사용되고 있는 4종의 레진인 Caulk Temporary bridge resin, Jet, Alike, 그리고 Tokuso Curefast를 사용하여 대기 중에서 중합시킨 경우와 압력 하에서 중합시킨 경우의 각각의 굽힘 강도를 측정 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대기 중에서 중합시킨 4종류 레진 시편의 굽힘 강도 비교 시 Caulk Temporary bridge resin이 가장 높은 강도를 보였으며, 다음으로 Jet, Curefast, Alike 순이었고, Caulk Temporary bridge resin과 나머지 레진 사이에는 유의한 차이가 있었으며 ($P<0.05$), 나머지 3가지 레진 사이에는 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).
2. 압력 하에서 중합시킨 4종류 레진 시편의 굽힘 강도 비교시, Jet가 가장 높은 강도를 보였으며, 그 다음으로 Caulk Temporary bridge resin, Curefast, Alike 순으로 나타났고, 모든 레진의 굽힘 강도 사이에는 유의할 만한 차이를 나타냈다

(P<0.05).

3. 동일한 레진 사이에서는 대기 중과 압력 하에서 중합시켰을 때 굽힘 강도 비교시 모든 레진에서 Pressure curing의 경우가 높았으며, 이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

REFERENCES

1. Ireland MF, Dixon DL. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restoration. J Prosthet Dent 1998;80: 158-162.
2. Koumjian JH, Nimmo A. Evaluation of fracture resistance of resin used for provisional restoration. J Prosthet Dent 1990;64:654-7.
3. Gegauff AG, Wilkerson JJ. Fracure toughness testing of visible light- and chemical-initiated provisional restoration resins. Int J Prosthodont 1995;8:62-8.
4. Boberick KG, Bachstein TK. Use of a flexible cast for the indirect fabrication of provisional restoration. J Prosthet Dent 1999;82:90-3.
5. Burgess JO, Havemann CW. Evaluation of resins for provisional restorations. Am J Dent 1992;5:137-139.
6. Diaz-arnold AM, Dunne JT, Jones AH. Microhardness of provisional fixed prosthodontics materials. J Prosthet Dent 1999;82:525-8.
7. Landesman HM, Spector MR. Provisional restorations. In: Reisbick MH, ed. Dental materials in clinical dentistry. Boston: John Wright PSG, Inc, 1982.
8. Donovan TE, Hurst RG, Campagni WV. Physical properties of acrylic resin polymerized by four different techniques. J Prosthet Dent 1985;54:522-4.
9. Furnish GM, O'Toole TJ, von Fraunhofer JA. Polymerization of acrylic resin orthodontic prostheses. J Prosthet Dent 1983;49:276-8.
10. Gegauff AG, Pryor HG. Fracure toughness of provisional resins for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent 1987;58:23-9.
11. Chee WL, Donovan TE. Daftary F. The effect of vacuum-mixed autopolymerizing acrylic resins on porosity and transverse strength. J Prosthet Dent 1988;60:517.
12. Chung KH, Wang TF. Flexual strength of provisional resin material with fibre addition. J Oral Rehabil 1998; 25:214-217.
13. Dubois RJ, Vaidyanathan TK. Effects of occlusal loading thermocycling on the marginal gaps of light-polymerized and autopolymerized resin provisional crowns. J Prosthet Dent 1999;82:161-6.
14. Koumjian JH, Holmes JB. Marginal accuracy of provisional restorative materials. J Prosthet Dent 1990;63: 639-42.
15. Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. Int J Prosthodont 1997;10:164-8.
16. Samadzadeh A, Kugel G, Hurley E, Aboushala A. Fracture strenths of provisional restorations reinforced with plasma-treated woven polyethylene fiber. J Prosthet Dent 1997;78:447-50.
17. Osman YI, Owen CP. Flexual strength of provisional restorative materials. J Prosthet Dent 1993;70:94-6.