

광중합 접착제로 접착된 금속 브라켓의 전단접착강도에 관한 연구*

서울대학교 치과대학 치과교정학교실

장영일 · 이승진

목 차

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

I. 서 론

Buonocore¹⁾가 최초로 산부식술을 소개하고, Newman²⁾이 이를 이용하여 교정장치의 직접 접착술식을 시행한 이후로 직접접착술식에 대한 많은 연구가 이루어져 현재는 대부분의 교정의들이 직접접착술식에 의해 교정장치를 부착하고 있다³⁾. Newman²⁾은 에폭시 레진을 사용하여 플라스틱 브라켓을 접착하였으나, 그후의 재료학적 발전에 힘입어 최근에 가장 많이 사용되고 있는 것은 BIS-GMA계의 diacrylate 레진이다.

diacrylate 레진을 중합시키는 방법은 크게 화학중합법과 광선(자외선 또는 가시광선) 조사에 의한 중합법의 2가지로 나눌 수 있는데, 광선의 조사에 의한 중합법중 주로 사용되는 것은 가시광선을 이용한 광중합법이다⁴⁾. 광중

* 본 논문은 1991년도 서울대학교 병원 특진연구비로 이루어졌음.

합 접착제를 사용하면 교정장치의 접착에 소요되는 작업시간에 제한을 받지 않기 때문에 (command set)브라켓을 정확한 곳에 위치시킬 수 있으며 과잉의 접착제를 중합되기 이전에 쉽게 제거할 수 있다는 장점을 가지고 있다^{4,5,6)}.

치과계에 광중합 레진이 등장한 것은 1978년으로, 충전분야에서는 화학중합 레진을 대신하여 광범위하게 사용되었으나 교정 영역에서는 고정식 보정장치의 접착과 같은 일부분에만 국한되어 사용되었는데, 그 이유는 가장 널리 사용되고 있는 금속성 교정장치가 빛을 통과시키지 못하며, 이로 인해 충분한 접착강도를 얻을 수 없다는 생각때문이었다⁵⁾. 그러나 최근에 들어 도재 브라켓의 등장과 더불어 광중합 접착제가 다시 주목을 받기 시작하였으며, 금속 브라켓에 대한 사용도 증가하고 있다. 그러나, 광중합 접착제에 의한 금속 브라켓의 접착강도에 대해서는 논란이 있다.

본 연구의 목적은 광중합 접착제 사용시 금속 브라켓의 전단접착강도를 측정하고, 이 결과를 화학중합 접착제에 의한 접착강도와 비교해 보는 것이다.

II. 문헌 고찰

Tavas와 Watts⁷⁾는 교정장치의 부착에 처음으로 광중합 접착제의 사용을 시도하였다. 이들은 perforated mesh base는 가시광선의 직접 조사에 의해서도 중합이 발생하지만 foil

-mesh base의 경우에는 광선을 치아의 설측에서 조사하여 치질을 통과한 광선에 의해 접착제가 중합되는 transillumination법을 사용하여야 한다고 하였으며, 이 경우 교정치료 과정에서 가해질 수 있는 교정력보다 더 큰 접착강도를 얻을 수 있다고 하였다.

Read⁴⁾는 transillumination법과 함께 빛을 치아의 장축방향에서 조사하는 방법에 대해 기술하였다.

또한 Tavas와 Watts⁸⁾는 광중합 접착제의 경우에도 광선의 조사에 의해서 완전한 중합이 발생하는 것이 아니라, 이후에도 지속적인 중합과정이 일어나기 때문에 24시간 경과 후의 접착강도가 5분 후의 접착강도보다 크고, 화학중합 접착제와 차이가 없다고 하였으며 광선을 일정시간을 초과하여 조사하여도 접착강도가 증가하는 것은 아니라고 하였다.

Andreasen 등⁹⁾도 광중합 접착제와 화학중합 접착제의 평균 전단접착강도에는 유의성 있는 차이가 없기 때문에, 광중합 접착제를 교정치료의 직접접착에 이용할 수 있다고 하였다.

O'Brein 등¹⁰⁾은 임상에서 광중합 접착제를 이용하여 금속 브라켓을 접착하였을 때 4.7%가 탈락되었는데 이는 화학중합 접착제 사용시의 탈락율인 6.0%와 유의성 있는 차이가 없으며, 따라서 광중합 접착제를 화학중합 접착제 대신 사용할 수 있다고 하였다. 그러나 Lovius 등¹¹⁾은 임상에서 광중합 접착제를 사용하는 경우에 더 많은 브라켓이 탈락되었으며, 특히 구치부에서 더욱 많았는데 이는 광선의 접근이 어렵기 때문이라고 하였다.

King 등¹²⁾과 Harris 등¹³⁾은 금속 브라켓을 광중합 접착제를 이용하여 접착하면 화학중합 접착제를 사용하는 경우보다 낮은 접착강도를 보인다고 하였다. 한편, Greenlaw 등⁸⁾은 광중합 접착제가 기존의 화학중합 접착제에 비해 많은 장점을 가지고 있지만 금속 브라켓의 접착강도는 화학중합 접착제 사용시보다 낮다고 하였다. 그러나 이들은 화학중합 접착제 사용시보다 낮은 접착강도가 임상적 유용성이 낮다는 것을 의미하는 것은 아니라고 하였다. King 등¹²⁾은 transillumination법을 이용하여 금속

브라켓을 접착시킬때 치아의 협설측 두께는 접착강도에 영향을 끼치지 않는다고 하였다.

광중합 접착제로 도재 브라켓을 접착시킬 때의 접착강도에 대해서, Viazis 등¹⁴⁾, Eliades 등¹⁵⁾과 Ødegaard와 Segner⁵⁾는 화학중합 접착제 사용시와 동일하거나 더 높은 접착강도를 보인다고 하였으나, Joseph과 Rossouw¹⁶⁾는 도재 브라켓의 물리적 특성으로 인해 화학중합 접착제를 사용하는 것이 더 높은 접착강도를 보인다고 하였다.

III. 연구재료 및 방법

1) 실험재료

실험에 사용한 치아는 교정치료를 위한 발거된 20개의 건전한 하악 제일소구치로, 이들을 발거 즉시 생리식염수¹⁸⁾에 넣어서 실험을 실시할 때까지 보관하였다.

브라켓은 foil-mesh 기저부의 금속 브라켓(Ultratrimm® : Dentaurem, Germany)을 사용하였으며, 광중합 접착제는 Transbond® 교정용 광중합 접착제(Unitek/3M ; U.S.A.)를 사용하였고(그림 1), 화학중합 접착제로는 no-mix 형인 Ortho-one®(Bisco ; U.S.A.)를 사용하였다(그림 2). 한편 Ortholux® 가시광

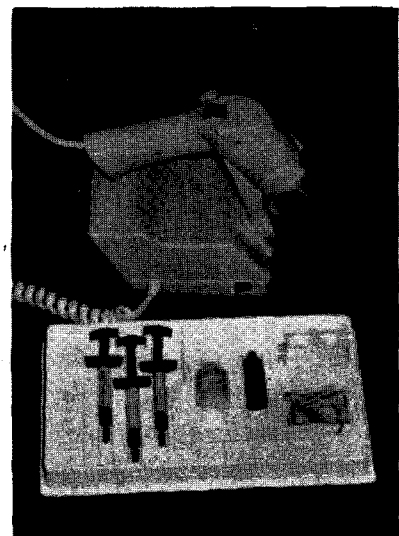


그림 1. 광중합 접착제와 가시광선 조사기



그림 2. 화학중합 접착제

선 조사기(Unitek/3M; U.S.A.)를 이용하여 광중합 접착제를 중합시켰다(그림 1).

2) 실험편의 제작(그림 3)

치아들의 치근을 절단한 후 치관의 설측면에 썬기 모양의 유지형태를 부여하였다. 이들을 자가중합 아크릴 레진을 이용하여 직경 1cm, 높이 1.5cm 크기의 금속관에 치관의 협면이 금속관의 절단면과 평행하도록 매몰하였다. 이때 치관의 협면이 금속관의 절단에서 2mm 상방으로 돌출되도록 하였다. 자가중합 아크릴 레진이 완전히 중합된 후 치관의 협면을 상아질이 노출되지 않도록 조심스럽게 연마하여 평평하게 한 후 사포(600번)를 이용하여 다듬고¹⁷⁾ 다시 생리식염수에 보관하였다.

이들 실험편을 2개의 군으로 나누고, 2종류의 접착제를 이용하여 각각 10개씩 범랑질 표면에 부착하였다.

A군; 광중합 접착제

B군; 화학중합 접착제

브라켓의 부착을 위하여 범랑질 표면을 통법에 의해 처리하고 산부식 시킨 후(37% 인산; 60초) 완전히 건조시켰다.

이 상태에서 접착제 제조회사의 지시에 따라 하악전치 브라켓을 치아의 협면에 접착하였다.

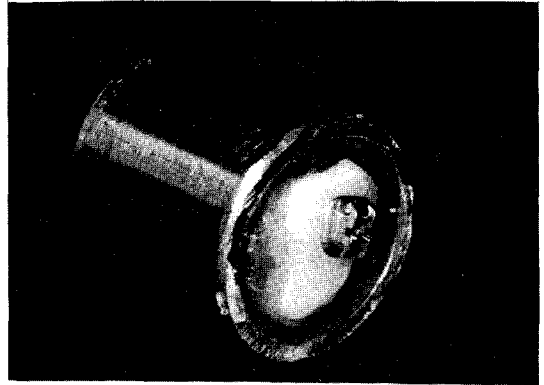


그림 3. 제작된 실험편

브라켓의 접착이 끝난 실험편은 다시 생리식염수에 24시간 동안 보관한후 전단접착강도를 측정하였다.

3) 전단접착강도의 측정

전단접착강도의 측정은 Instron universal testing machine(model 1125; Instron Corp., U.S.A.)(그림 4)을 사용하였다. 치아가 매몰된 금속관을 특별히 제작된 고정기구를 이용하여 측정기계의 기저부에 고정시킨 후, 0.6mm굵기의 강선 고리를 브라켓의 날개 하방에 걸리게 하고 강선의 반대편을 corss-head에 부착된 다른 고정기구에 연결하였다.

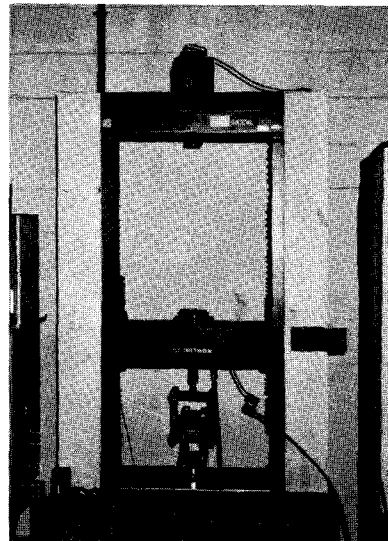


그림 4. Instron universal testing machine

cross-head speed를 0.5mm/min.로 하여 브라켓이 탈락될 때까지 힘을 가하여 전단접착강도를 Kg.F단위로 기록하였다.

4) 브라켓의 탈락양상 관찰

탈락된 브라켓 기저부와 범랑질 표면을 입체현미경(Nikon/PFX, model SMZ-10; Japan)로 관찰하여 탈락양상을 알아보았다. 탈락양상은 기본적으로는 2종류, 즉 ① 브라켓-접착제 경계부(Type 1) ② 범랑질-접착제 경계부(Type 2)로 기록하며, 1개의 실험편에서 2종류의 탈락양상이 동시에 관찰된 경우에는 2/3이상¹⁷⁾을 차지하는 양상을 기록하였다. 단 2종류의 탈락양상이 약 50%씩 관찰된 경우에는 별도의 양상(Type 3)으로 기록하였다.

IV. 연구성적

각 브라켓의 전단접착강도와 각 군의 평균, 표준편차, 최대치, 최소치, 최소치를 표 1에 나타내었으며, 그림 5는 두 군의 평균값을 도식화한 것이다. t-test를 이용하여 평균값의 유의성 여부를 평가하였는데, 전단접착강도의

표 1. 각 브라켓의 전단접착강도와 각 군의 평균, 표준편차, 최고치, 최소치

	A군	B군
전단접착강도	Kg.F	Kg.F
	9.5	9.2
	11.3	14.0
	9.8	9.6
	10.4	9.4
	14.5	9.3
	10.4	10.1
	10.5	12.4
	8.1	11.3
	8.0	11.2
	10.8	10.4
평균	10.33	10.69
표준편차	1.82	1.56
최고치	14.5	14.0
최소치	8.0	9.2

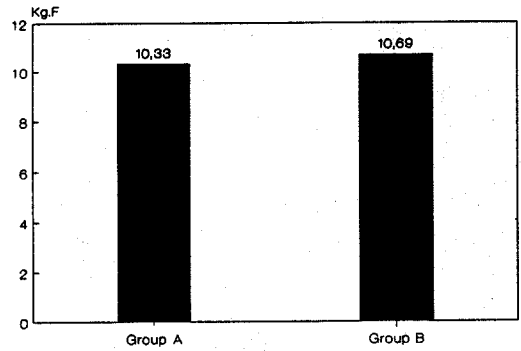


그림 5. 평균 전단접착강도

유의성 있는 차이는 없었다($p < 0.05$).

표 2와 그림 6은 두 군의 탈락양상을 나타낸 것이다.

표 2. 각 군의 탈락양상

	Type 1	Type 2	Type 3
A군	7	2	1
B군	8	1	1

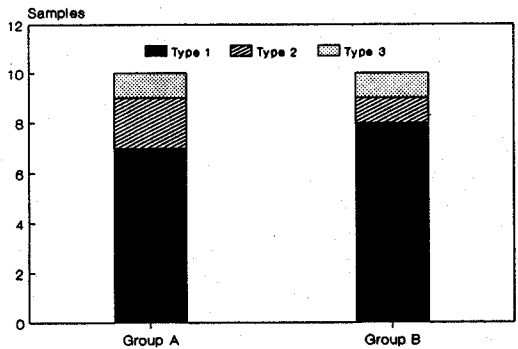


그림 6. 탈락양상

V. 총괄 및 고안

교정장치를 광선의 조사에 의해 중합되는 접착제를 사용하여 부착하는 술식은 기존의 화학 중합 접착제에 비하여 많은 장점을 가지고 있다. 즉, 중합 시간을 마음대로 조절할 수 있으며, 브라켓 주변의 과잉의 접착제를 중합되기 이전에 쉽게 제거할 수 있고, 또한 접착제의

접도가 높아서 중합과정 동안 브라켓의 이동으로 인한 위치 변화를 없앨 수 있다⁴⁾. 결과적으로 광선의 조사에 의해 중합되는 접착제는 화학중합 접착제보다 브라켓을 정확한 곳에 위치시킬 수 있다⁶⁾. 정확한 브라켓의 위치는 성공적인 교정치료에 필수적인 것으로, 특히 SWA(Straight Wire Appliance)의 사용시에는 더욱 중요하다고 볼 수 있다.

현재 교정 영역에서 가장 많이 사용되고 있는 접착제인 diacrylate 레진의 중합에 이용할 수 있는 광선은 파장이 364-367nm인 자외선과 440-480nm인 가시광선으로 나눌 수 있다. 그러나 자외선 조사에 의해 중합되는 접착제는 여러가지 단점으로 인해 거의 사용되지 않으며⁴⁾, 주로 사용되는 것은 가시광선 조사에 의한 광중합 접착제이다. 화학중합 접착제와 같이 광중합 접착제도 diacrylate 레진인 urethan dimethacrylate 레진을 기본으로 하고 있다⁴⁾. 그러나 화학중합 접착제가 중합을 위해 peroxide-amine induction system을 사용하는 것에 반하여 광중합 접착제는 촉매로서 α -diketone과 amine을 이용하며¹⁸⁾, 특정 파장의 광선이 조사되었을 때 이들의 작용에 의해 중합된다.

교정장치의 직접접착이 시작된 이래로 주로 사용되는 접착제는 화학중합 접착제였으며, 이에 대해서는 많은 연구가 이루어졌다. 그러나 화학중합 접착제의 가장 큰 단점은 술자가 접착제의 중합 시간을 조절할 수 없다는 점이며¹²⁾, 이러한 단점을 해결한 것이 광중합 접착제이다. 그러나, 광중합 접착제 사용시 발생할 수 있는 가장 큰 문제점은 금속 브라켓 사용시 불충분한 중합으로 인한 접착강도의 감소로 이 점에 대해서는 King등¹²⁾과 Harris등¹³⁾이 언급한 바 있으며, Lovius등¹¹⁾은 광중합 접착제 사용시 임상에서 더 많은 브라켓의 탈락을 보고한 바 있다.

그러나 본 연구의 결과를 살펴보면 광중합 접착제와 화학중합 접착제를 사용하여 부착한 금속 브라켓의 법랑질 표면에 대한 전단접착강도는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다(10.33 Kg.F; 10.69 Kg.F). 이와같은 결과는

Andreasen등⁹⁾과 Joseph과 Rossouw¹⁶⁾의 결과와 일치하고 있다. Andreasen등⁹⁾은 화학중합 접착제와 40초간 조사한 광중합 접착제에 의한 금속 브라켓의 전단접착강도에 차이가 없다고 말하였다.

한편 브라켓의 탈락양상에 대한 기존의 연구를 살펴보면, Siomka와 Powers¹⁹⁾는 금속 브라켓은 기저부의 형태나 접착제의 종류에 관계없이 브라켓 기저부-접착제 경계부에서 탈락된다고 말하였으나, O'Brien등¹⁰⁾은 기저부의 형태나 접착제의 종류에 따라 다른 탈락양상을 보인다고 주장하면서 광중합 접착제는 법랑질-접착제 경계부에서 탈락된다고 하였다. 본 연구에서는 두 종류의 접착제에서 모두 주로 브라켓 기저부-접착제 경계부에서 탈락되었는데, 그 원인은 접착제와 법랑질 간의 결합력이 브라켓 기저부와 접착제 간의 결합력보다 크며, 또한 외력이 가해질 때 기저부의 유지형태에 응력이 집중되어 파절면이 형성되기 때문인 것으로 여겨진다. 따라서 접착제의 중합기전의 차이가 브라켓의 탈락양상에 영향을 끼치는 것으로 생각되지는 않는다.

접착 24시간 후의 광중합 접착제의 실험실 내 전단접착강도는 화학중합 접착제와 유의성 있는 차이가 없기 때문에 광중합 접착제를 임상에서 금속 브라켓의 접착에 충분히 사용할 수 있을 것으로 여겨지며, 특히 기존의 브라켓의 위치가 부정확하여 재접착이 요구되는 경우에는 많은 효과를 거둘 수 있으리라고 사료된다. 그러나 모든 치아에 광중합 접착제를 이용하여 한번에 브라켓을 접착하는 경우에는 화학중합 접착제보다 더 많은 시간이 소요될 수 있다는 것을 염두에 두어야 하며¹⁰⁾, 앞으로 임상적 효율성에 대한 장기간에 걸친 정확한 연구가 시행되어야 할 것으로 사료된다.

VI. 결 론

저자는 광중합 접착제에 의해 접착된 금속 브라켓의 법랑질 표면에 대한 전단접착강도와 탈락양상을 조사한 후, 이 결과를 화학중합 접착제 사용시와 비교하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 금속 브라켓의 평균 전단접착강도는 광중합 접착제 사용시 화학중합 접착제 사용시 보다 낮았으나, 통계학적으로 유의성 있는 차이는 없다($p < 0.05$).

2. 브라켓의 탈락양상은 두 종류의 접착제 모두 주로 브라켓 기저부-접착제 경계부이었다.

3. 광중합 접착제를 이용한 금속 브라켓의 직접접착은 교정임상에서 충분히 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Buonocore M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, *J. Dent. Res.*, 43:849-853, 1955.
2. Newman, G.V.: Epoxy adhesives for orthodontic attachments — progress report, *Am.J. Orthod.*, 51:901-912, 1965.
3. Gorelick, L.: Bonding/The state of the art — A National Survery, *J. Clin. Orthod.*, 13: 39-53, 1979.
4. Read, M.J.F.: The bonding of orthodontic attachments using a visible light cured adhesive, *Br. J. Orthod.*, 11:16-20, 1984.
5. Ødegaard, J., Segner, D.: The use of visible light-curing composites in bonding ceramic brackets, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 97:188-193, 1990.
6. Greenlaw, R., Way, D.C., Galil, K.A.: An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding systems, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 96:214-220, 1989.
7. Tavas, M.A., Watts, D.C.: Bonding of orthodontic brackets by transillumination of a light activated composite: an in vitro study, *Br. J. Orthod.*, 6:207-208, 1979.
8. Tavas, M.A., Watts, D.C.: A visible light activated direct bonding material: an in vitro comparative study, *Br. J. Orthod.*, 11:33-37, 1984.
9. Andresasen, G., Fahl, C.J., Bishara, S.: Autopolymerized and light-cured composite resins used for orthodontic bonding: shear strength comparison, *IADR abstracts*, 295, 1984.
10. O'Brien, K.D., Read, M.J.F., Sandison, R.J., Roberts, C.T.: A visible light-activated direct-bonding material: an in vivo comparative study, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 95:348-351, 1989.
11. Lovius, B.B.J., Pender, N., Hewage, S., O'Dowling, I., Tomkins, A.: A clinical trial of a light activated bonding material over an 18 month period, *Br. J. Orthod.*, 14:11-20, 1987.
12. King, L., Smith, R.T., Wendt, S.L., Behrents, R.G.: Bond strengths of lingual orthodontic brackets bonded with light-cured composite resins cured by transillumination, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 91:312-315, 1987.
13. Harris, A.M.P., Joseph, V.P., Rossouw, E.: Comparison of shear bond strengths of orthodontic resin to ceramic and metal brackets, *J. Clin. Orthod.*, 24:725-728, 1990.
14. Viazis, A.D., Cavanaugh, G., Bevis, R.R.: Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 98:214-221, 1990.
15. Eliades, T., Viazis, A.D., Eliades, G.: Bonding of ceramic brackets to enamel: morphologic and structural considerations, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 99:369-375, 1991.

16. Joseph, V.P., Rossouw, E.: The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light activated composite resins, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 97:121-125, 1990.
17. Gwinnett, A.J.: A comparison of shear bond strengths of metal and ceramic brackets, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 93:346-348, 1988.
18. Phillips, R.W.: *Skinner's science of dental materials*, 8th Ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1982.
19. Siomka, L.V., Powers, J.M.: In vitro bond strength of treated direct-bonding metal bases, *Am. J. Orthod.*, 88:133-136, 1985.

– ABSTRACT –

SHEAR BOND STRENGTH OF METAL BRACKETS BONDED WITH LIGHT-CURED ADHESIVE: AN IN VITRO COMPARATIVE STUDY

Young-II Chang, Suhng-Jin Lee

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate and compare the shear bond strengths and failure sites of metal brackets bonded with chemically cured adhesive and light-cured adhesive.

10 brackets were bonded on prepared enamel surfaces with Transbond[®] (Unitek/3M; U.S.A.) light-cured orthodontic adhesive and another 10 brackets were bonded with Ortho-one[®] (Bisco: U.S.A.) chemically cured orthodontic adhesive. 24 hours after bonding, the Instron universal testing machine was used to measure the shear bond strengths. The failure sites were examined under stereoscopic microscope.

The results were as follows:

1. The mean shear bond strength of metal brackets bonded with light-cured adhesive was lower than that of metal brackets bonded with chemically cured adhesive, but the difference was not statistically significant ($p < 0.05$).
2. Regardless of the type of adhesives, the brackets were failed primarily at the bracket base-adhesive interface.
3. Bonding of metal brackets with light-cured adhesive is considered to be clinically acceptable.