

국산 폴리카보네이트 브라켓 윙의 파절 강도에 관한 연구

선민규^a · 이기현^b · 황현식^c

심미적 교정장치에 대한 요구가 증가함에 따라 폴리카보네이트 브라켓에 대한 관심이 커지고 있으나 이는 윙이 쉽게 파절되는 문제를 가지고 있다. 본 연구는 새롭게 개발된 국산 폴리카보네이트 브라켓의 윙의 파절 강도를 측정하여 임상에서 사용할 수 있는지 평가하기 위하여 시행되었다. 실험군으로 Alice 브라켓을, 대조군으로 Spirit MB 브라켓을 사용하여 상온에서 방치한 경우와 5°C와 55°C에서 2,000회 열변환 시킨 경우로 나누어, 만능시험기를 이용하여 브라켓 윙의 파절 강도를 측정하고 비교 분석하였다. 연구 결과 상온에서 방치한 경우와 열변환 시킨 경우 모두에서 Spirit MB 브라켓에 비하여 Alice 브라켓 윙의 파절 강도가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타나 Alice 브라켓이 윙의 파절 강도 면에서 임상적으로 사용 가능함을 시사하였다. (대치교정지 2007;37(3):204-11)

주요 단어: 폴리카보네이트 브라켓, 파절 강도, 열변환, 만능시험기

서론

교정치료 시 심미적 요구가 증가함에 따라 폴리카보네이트 브라켓이나 세라믹 브라켓에 대한 관심이 증가하고 있다.¹ 폴리카보네이트 브라켓은 심미성은 우수하나 기존 금속 브라켓에 비하여 마찰이 클 뿐만 아니라 브라켓의 변형, 시간 경과에 따른 변색 등의 문제가 있어 장기간의 치료 중례에서는 사용이 되지 못하였다.² 이러한 문제를 극복하기 위하여 세라믹 브라켓이 개발되었으나^{3,4} 이 또한 파절 가능성이 높고 이를 극복하기 위한 브라켓 윙의 크기 증가가 문제가 되고 있으며, 특히 경도가 지나치게 높아 대합치의 마모를 초래하는 심각한 문제를 갖고 있는 것으로 보고된 바 있다.⁵⁻⁹

이러한 폴리카보네이트 브라켓과 세라믹 브라켓의 단점을 상호보완하기 위하여 슬롯을 스테인레스 스틸로 만들고 폴리카보네이트 자체의 물성을 보강한 새로운 폴리카보네이트 브라켓이 개발되어 임상에서 사용되고 있으나¹⁰ 임상적 적용에 따른 객관적

평가가 부족한 실정이다. 폴리카보네이트 브라켓의 문제점 중 하나는 치료 도중 브라켓 윙의 파절이 자주 일어나는 것으로 임상에서 브라켓의 파절이 발생하면 환자의 불편함은 물론이고 브라켓을 제거하고 새롭게 부착해야 하는 슬자의 번거로움이 있고 이로 인하여 시간적, 경제적 손실 또한 따르게 된다. 이에 따라 각 제조 회사마다 보다 물성이 우수한 브라켓을 개발하여 출시하고 있으므로 이들 새로운 제품에 대한 평가 및 분석이 필요한 실정이다.

본 연구는 최근 개발된 국산 폴리카보네이트 브라켓 윙의 파절 강도를 이미 임상에서 유용하게 사용하고 있는 브라켓의 파절 강도와 비교함으로써 새 브라켓의 임상적 유용성을 평가하고자 시행되었다.

연구방법

연구재료

국내에서 최근 개발된 Alice 브라켓((주)광명데이콤, 한국) 60개를 실험군으로, Spirit MB 브라켓(Ormco, Glendora, CA, USA) 60개를 본 연구의 대조군으로 각각 사용하였다. Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓 모두 슬롯이 스테인레스 스틸 금속으로 이루어져 있으며 실험에 사용된 브라켓은 양군 모두 0.018" 슬롯 크기의 소구치용 표준 에지와이즈 트윈 브라켓이었다.

^a대학원생, 전남대학교 치과대학 교정학교실.

^b부교수, ^c교수, 전남대학교 치의학연구소, 치과대학 교정학교실.

교신저자: 황현식.

광주광역시 동구 학동 8번지 전남대학교 치과대학 교정학교실.

062-220-5486; e-mail, hhwang@chonnam.ac.kr.

원고접수일: 2005년 12월 26일 / 원고최종수정일: 2006년 11월 24일 /

원고채택일: 2006년 11월 26일.

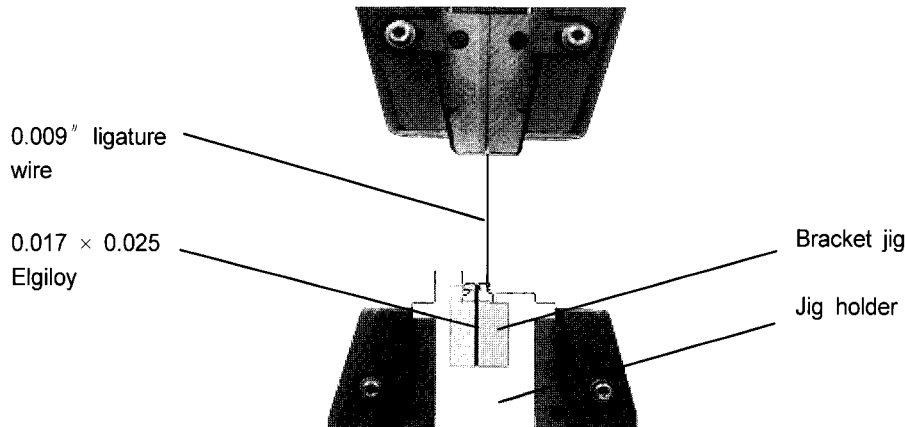


Fig 1. Force application to bracket wing using 0.009" ligature wire.

연구방법

열변환 처리

실험군과 대조군의 브라켓 중 30개는 상온에서 실험한 반면 나머지 30개는 열 순환기(MT-95, Motortronics, Clearwater, FL, USA)를 사용하여 5°C와 55°C의 증류수에 계류시간 15초, 공기 중 계류시간 15초의 조건으로 분당 1회씩 총 2,000회 순환하도록 열변환 처리한 후 실험에 사용하였다.

파절 강도 측정 및 통계처리

파절 강도 측정을 위하여 만능시험기(Instron 4302, Instron, Canton, MA, USA)를 사용하였다. 만능시험기에 브라켓을 고정하기 위하여, 브라켓 베이스를 고정시키는 브라켓 지그와 이를 만능시험기에 고정하는 지그 홀더를 선반 가공으로 제작하였다. 0.017 × 0.025 Elgiloy (Order No. E-345, Rocky Mountain Orthodontics, Denver, CO, USA) 와이어를 이용하여 브라켓을 브라켓 지그에 결찰 고정한 후 이를 다시 지그 홀더를 이용하여 만능시험기에 고정시켰다. 0.009" 결찰용 와이어(Order No. E-122, RMO, Denver, CO, USA)를 브라켓의 근심교합면측 윙 아래에 위치시킨 후 1.0 mm/min의 cross-head speed로 브라켓 베이스에 수직방향의 힘을 가하여 윙을 파절시키고 파절되는 순간의 최고하중을 각 브라켓의 파절 강도로 측정하였다 (Fig 1).

SPSSWIN ver. 12.0 프로그램(SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여, 각 브라켓 군의 파절 강도에 대한 평균과 표준편차를 구하고, 각 군의 정규성 검정을

위해 Kolmogorov-Smirnov test를 시행하였다. 상온에서 방치한 경우와 열변환 시킨 경우 각각에서 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓간의 차이의 유의성을 검정하기 위하여 정규성 유무에 따라 독립표본 *t* 검정 또는 Mann-Whitney U test를 시행하였다.

파절 강도 기여요인의 평가

파절 강도의 비교 및 분석을 위하여 브라켓의 외형과 파절면을 관찰하는 한편 성분분석을 시행하였다.

브라켓의 외형 관찰을 위하여 실험에 사용하지 않은 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓을 하나씩 사용하여 자(Mitutoyo, Kawasaki, Japan)와 함께 브라켓의 전면과 측면을 105 mm 마이크로 렌즈(AF Micro Nikkor 105 mm, Nikon, Tokyo, Japan)가 부착된 디지털 카메라(FinePix S1 Pro, Fujifilm, Tokyo, Japan)로 촬영하였다. 얻어진 영상을 JPEG 파일로 제작하고 이를 image analyzer (Image Pro Plus, Media Cybernetics, Silver Spring, MD, USA)에 입력하였다. 사진촬영 시 브라켓 하방에 나타난 자의 눈금을 이용하여 크기를 보정한 후 전면과 측면에서의 브라켓 윙의 크기를 측정하였다.

파절면의 관찰을 위하여 파절 강도 측정에 사용된 브라켓을 상온에서 방치한 Alice 브라켓, 열변환 처리한 Alice 브라켓, 상온에서 방치한 Spirit MB 브라켓 및 열변환 처리한 Spirit MB 브라켓의 각각의 경우에서 무작위로 한 개씩 골라 파절 부위를 주사전자현미경(XL30S, Philips, Eindhoven, Netherlands)으로 관찰하였다.

Table 1. Comparison of the fracture strength of wings between Alice and Spirit MB brackets in the untreated group

	Fracture strength (Kg)		Significance
	Alice (n = 30)	Spirit MB (n = 30)	
Untreated group	3.79 ± 0.34	3.43 ± 0.43	*

* $p < 0.01$ (independent samples t test).

Table 2. Comparison of the fracture strength of wings between Alice and Spirit MB brackets in the thermocycled group

	Fracture strength (Kg)		Significance
	Alice (n = 30)	Spirit MB (n = 30)	
Thermocycled group	3.32 ± 0.48	2.95 ± 0.47	*

* $p < 0.05$ (Mann-Whitney U test).

또한 파절 강도 측정에 사용하지 않은 브라켓을 하나씩 사용하여 주사전자현미경을 이용한 field emission scanning electron energy dispersive X-ray (FE-SEM/EDX)를 이용하여 성분분석을 시행하였다.

연구성적

파절 강도

열변환 처리없이 그대로 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓의 파절 강도를 비교한 결과 Alice 브라켓은 평균 3.79 Kg, Spirit MB 브라켓은 평균 3.43 Kg의 파절 강도를 보여 Alice 브라켓의 파절 강도가 높은 것으로 나타났다. Kolmogorov-Smirnov 검정결과 양군 모두 정규성을 보였으며 독립표본 t 검정을 시행한 결과 이들의 차이는 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다 (Table 1).

열변환을 시킨 후 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓의 파절 강도를 비교한 경우에도 Alice 브라켓은 평균 3.32 Kg, Spirit MB 브라켓은 평균 2.95 Kg의 파절 강도를 보여 Alice 브라켓의 파절 강도가 Spirit MB 브라켓보다 높은 것으로 나타났다. Kolmogorov-Smirnov 검정결과 Spirit MB 브라켓의 계측치가 정규성이 없는 것으로 나타나 비모수적 검정인 Mann-Whitney U 검정을 시행한 결과 양군의 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다 (Table 2).

상온에서 방치한 경우와 열변환 시킨 경우를 함께 비교하기 위하여 각 군의 파절 강도를 3차원 세로

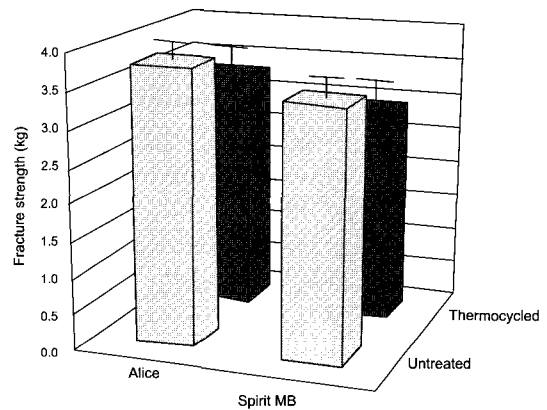


Fig 2. 3-D column chart showing fracture strength of bracket wing according to brand and thermocycling treatment.

막대형 그래프로 표시한 결과 Fig 2와 같은 결과를 얻었다 (Fig 2).

파절 강도 기여요인

각각의 브라켓에 대해 근심교합면측 왕의 크기를 측정된 결과, 근원심 폭은 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓이 각각 1.20 mm, 1.26 mm로 비슷하게 측정되었고, 교합-치은측 길이는 Alice 브라켓이 1.04 mm, Spirit MB 브라켓이 0.60 mm로 Alice 브라켓이 큰 양상을 보였다. 특히 파절 강도 측정시 사용된 위치에서의 협설측 두께는 Alice 브라켓이 0.85 mm,

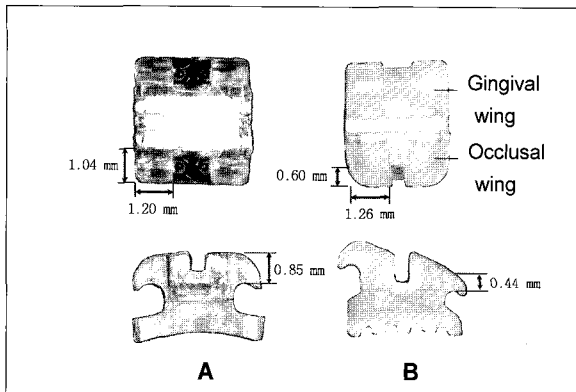


Fig 3. The dimensions of bracket wings. Note that the buccolingual dimension of the Alice bracket wing was larger than that of the Spirit MB bracket wing. **A**, Alice bracket; **B**, Spirit MB bracket.

Spirit MB 브라켓이 0.44 mm로 Alice 브라켓의 윙의 두께가 Spirit MB 브라켓보다 현저하게 큰 것으로 나타났다 (Fig 3).

파절된 브라켓 윙의 표면 형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓은 매우 다른 양상을 나타내었다. 열변환 처리 유무에 관계없이 Alice 브라켓에서는 비교적 균일한 표면양상을 보였고 Spirit MB 브라켓에서는 fiber 형태의 구조가 관찰되었다 (Fig 4).

주사전자현미경을 이용해 FE-SEM/EDX로 성분분석을 시행한 결과, Alice 브라켓에서는 C와 O가 발견되었고 Spirit MB 브라켓에서는 C, O 외에도 Si, Ca, Al 및 Na이 발견되었다 (Fig 5).

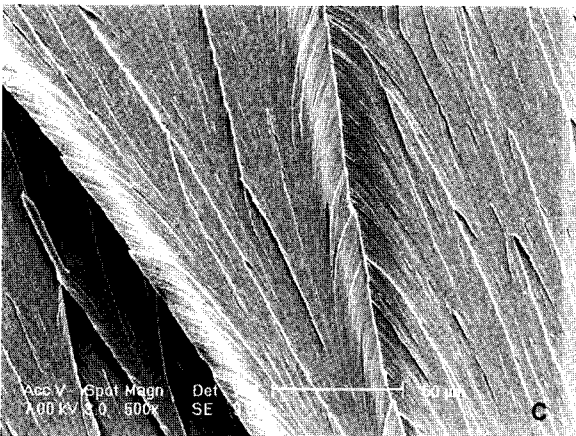
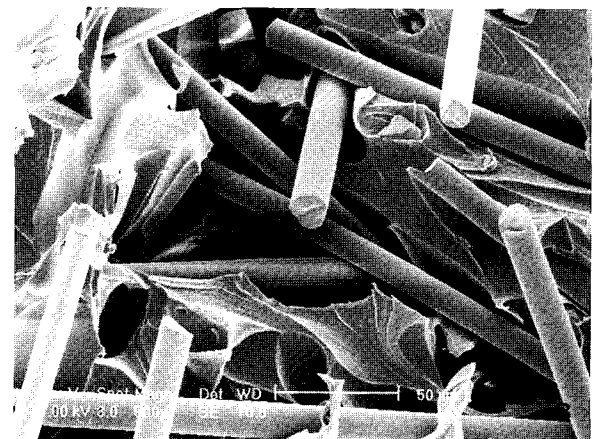
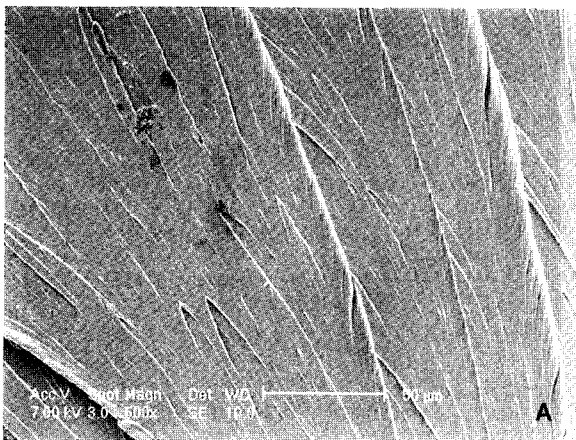


Fig 4. Scanning electron micrographs of the polycarbonate brackets ($\times 500$). The pattern of the fractured site of Alice bracket wing was quite different from that of Spirit MB bracket wing regardless of thermocycling. **A**, Alice brackets with no treatment; **B**, Spirit MB brackets with no treatment; **C**, Alice brackets with thermocycling; **D**, Spirit MB brackets with thermocycling.

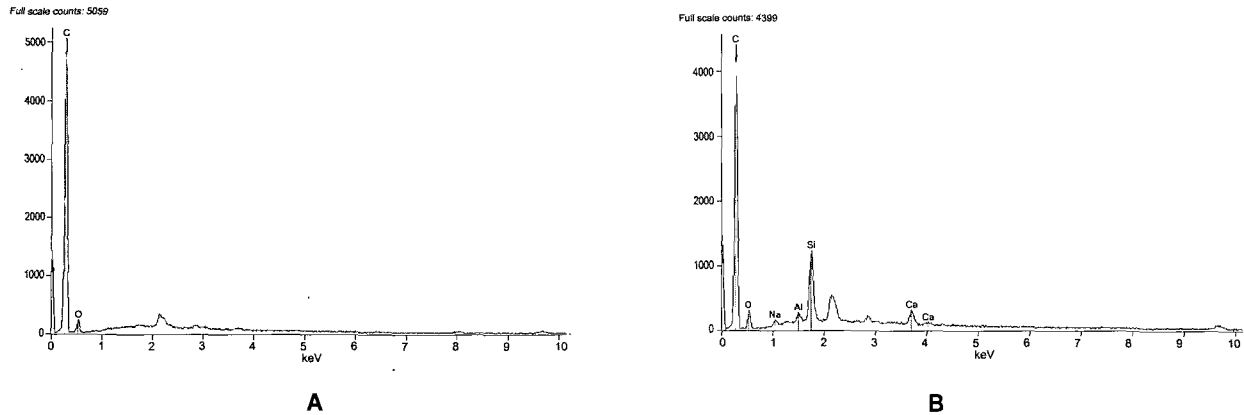


Fig 5. A, The result of the FE-SEM/EDX of Alice bracket; **B**, the result of the FE-SEM/EDX of Spirit MB bracket. Spirit MB bracket additionally contained Na, Al, Si and Ca compared with Alice bracket.

고찰

1970년대 초 필러가 첨가되지 않은 폴리카보네이트 브라켓이 임상에서 사용되었으나 아치와이어에 의한 슬롯의 변형 및 브라켓 윙의 파절이 발생하여 널리 사용되는데 한계가 있었다.¹ 당시 폴리카보네이트 브라켓의 물성을 평가하는 연구들은 주로 아치와이어에 의한 *torquing force*의 적용을 통해 이루어졌고,² 당시 연구에 사용된 브라켓들은 낮은 물성으로 인해 더 이상 생산되지 않고 있다. 대신 오늘날 생산되는 폴리카보네이트 브라켓은 스테인레스 스틸 슬롯의 보강으로 아치와이어에 의한 *torquing force*에 대해 금속 브라켓에 견줄만한 저항력을 갖고 있어¹⁰ 아치와이어에 의한 슬롯의 변형보다는 브라켓 윙 자체의 파절에 더 관심이 기울어져 있다. 이에 본 연구에서는 최근 개발된 한 국산 브라켓의 윙의 파절 강도를 측정하고 이를 이미 임상에서 유용하게 사용하고 있는 폴리카보네이트 브라켓의 파절 강도와 비교함으로써 임상적 사용가능성을 평가하고자 시행되었다.

손과 황¹¹은 폴리카보네이트 브라켓을 사용하여 침수 및 온도 변화에 따른 브라켓 윙의 파절 강도를 비교해 본 결과, 단순 침수에 비하여 침수 및 열변환 시킨 브라켓 윙의 파절 강도가 더 낮게 나타났음을 보고하여 구강내 온도변화가 폴리카보네이트 브라켓의 물성을 저하시킬 수 있음을 보여 주었다. 실제로 브라켓이 구강 내에 부착되면 타액 등에 의해 수분이 접촉되고 음식물이나 음료에 의해 온도변화가

나타나므로 보다 임상적이고 실제적인 비교를 위하여 본 연구에서는 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓을 그대로 파절 강도 측정에 사용하였을 뿐 아니라 손과 황¹¹의 방법에 따라 5℃와 55℃에서 총 2,000회 열변환 시킨 상태에서도 각각의 파절 강도를 측정하고 비교하였다.

브라켓 윙에 교정 결찰용 와이어를 걸고 만능시험기를 사용하여 파절 강도를 측정한 결과 Spirit MB 브라켓에 비하여 Alice 브라켓의 강도가 열변환 처리에 관계없이 큰 것으로 나타났다. 아울러 이러한 차이는 통계적으로도 유의함을 보였다. 현재 Spirit MB 브라켓이 임상에서 널리 쓰이고 있음을 고려시 Alice 브라켓도 파절 강도 면에서는 임상에서 사용할 수 있음을 보여 주었다.

파절 강도는 여러 가지 요인에 의하여 결정될 수 있기 때문에 본 연구에서 얻어진 결과에 대한 해석을 위하여 파절 강도 기여요인에 대한 평가를 추가적으로 시행하였다.

주사전자현미경을 이용하여 FE-SEM/EDX로 성분 분석을 시행한 결과, Alice 브라켓에서는 C와 O가 발견되었고 Spirit MB 브라켓에서는 C, O 외에도 Si, Ca, Al 및 Na이 발견되었다. Si와 Al은 브라켓 자체의 강도보강을 위해 첨가한 세라믹 필러를 이루는 원자로 Alice 브라켓에서는 발견되지 않은 반면 Spirit MB 브라켓에서만 발견되었다. 이는 파절된 브라켓 윙의 표면 형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 열변환 처리 유무에 관계없이 Alice 브라켓에서는 비교적 균일한 표면양상을 보였고 Spirit MB

브라켓에서는 fiber 형태의 세라믹 필러가 관찰된 소견과 일치하는 결과로 생각된다. 그러나 파절 강도 측정 결과, Spirit MB 브라켓보다 Alice 브라켓의 파절 강도가 높게 측정되어, 두 브라켓 구성 성분보다는 브라켓의 디자인이 두 브라켓 간 파절 강도 차이에 더 많이 기여했을 것으로 생각되었다. 그러나 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓 모두 슬롯이 0.018" 크기의 스테인레스 스틸 금속으로 이루어져 있으며 표준 에지와이즈 트윈 브라켓으로, 브라켓 윙의 크기를 제외하고는 디자인이 유사하여 두 브라켓 간 윙의 크기 차이를 알아보려고 하였다. 이를 위해 파절 강도 측정에 사용하지 않은 각각의 브라켓에 대하여 근심교합면측 윙의 크기를 측정한 결과 근원심 폭은 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓이 각각 1.20 mm, 1.26 mm로 비슷하게 측정되었고, 교합-치은측 길이는 Alice 브라켓이 1.04 mm, Spirit MB 브라켓이 0.60 mm로 Alice 브라켓이 다소 큰 반면 파절 강도 측정시 사용된 위치에서의 협설측 두께는 Alice 브라켓이 0.85 mm, Spirit MB 브라켓이 0.44 mm로 Alice 브라켓의 윙의 두께가 Spirit MB 브라켓보다 현저하게 큰 것으로 나타나 이로 인해 Alice 브라켓 윙의 파절 강도가 Spirit MB 브라켓보다 크게 나타난 것으로 생각된다. Rains 등¹²은 다양한 디자인의 폴리카보네이트 브라켓에 아치와이어를 사용하여 외력을 가한 결과, 트윈 브라켓보다는 싱글 브라켓에서, 브라켓 윙의 근원심 폭이 넓을수록, 브라켓의 각진 부분이 적을수록 외력에 대한 스트레스 분산이 효과적임을 보고하여 브라켓의 디자인의 중요성을 강조한 바 있다. 시중에 판매되고 있는 7가지의 세라믹 브라켓을 대상으로 하여 브라켓 윙의 파절 강도를 측정한 Johnson 등¹³의 연구에서도 브라켓 윙의 두께가 두꺼울수록 파절 강도가 더 크게 측정되는 경향이 있음을 보고하여 본 연구에서도 브라켓 윙의 두께가 파절 강도에 영향을 준 것으로 생각된다.

결국 Alice 브라켓과 Spirit MB 브라켓 윙의 파절 강도 측정 및 그 기여요인을 분석한 결과 브라켓을 이루는 재료의 구성성분보다는 브라켓 윙의 두께 차이로 인하여 Alice 브라켓 윙의 파절 강도가 Spirit MB 브라켓보다 더 높게 나타난 것으로 생각된다. 아울러 본 연구 결과, 그 동안에는 폴리카보네이트 브라켓의 파절을 줄이기 위하여 세라믹 분말을 첨가하는 시도가 주로 이루어진 반면 이의 추가 없이도 물성을 개선시킬 수 있음을 보여주었으며 이는 차후 폴리카보네이트 브라켓의 개발에 중요한 가이드라

인이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

본 연구에서 Alice 브라켓의 파절 강도가 Spirit MB 브라켓보다 크게 나타났지만 본 연구의 결과 해석 시에는 Alice 브라켓 재료의 물성이 Spirit MB 브라켓보다 반드시 우수하다는 것을 의미하지는 않음을 염두해 두어야 한다. 본 연구에서 브라켓 윙의 크기를 비교한 결과 실험에서 사용된 부위에서는 Spirit MB 브라켓 윙의 크기가 Alice 브라켓보다 작은 것으로 나타났으므로 Alice 브라켓의 높은 파절 강도가 브라켓 자체 재료의 물성이 우수해서인지 아니면 물성은 같은데 단지 두께가 두껍기 때문인지, 나아가서는 물성은 떨어지는데 두께가 두껍기 때문인지 본 연구결과로는 알 수 없으며 이의 규명을 위해 보다 체계적인 연구가 필요하다.

아울러 Alice 브라켓이 비록 강도가 크게 나타났더라도 실험 시 사용된 교합면측 윙의 크기가 크다는 것은 그만큼 음식물이나 대합치에 의해 접촉될 가능성이 크다는 것을 의미하므로 항상 임상에서 유리할 수 없다는 점도 고려해야 할 것이며 이러한 점 역시 차후 *in vivo* 연구를 통해 입증되어야 할 것으로 생각된다.

또한 본 연구에서는 브라켓 윙의 파절을 유발하는 힘을 적용하는 방법으로 결찰용 와이어를 이용하여 브라켓 베이스에 수직인 방향으로 힘을 가하였는데, 이는 폴리카보네이트 브라켓의 파절 양상을 주사전 자현미경을 이용하여 관찰한 Aird와 Durning¹⁴의 연구결과, 결찰용 와이어에 의한 결찰이 브라켓 윙의 파절에 주로 기여하였다는 것에 근거를 두었기 때문이다. 그러나 실제 임상에서는 결찰용 와이어에 의한 힘의 방향이 브라켓 베이스에 대하여 수직방향이 아닐 수 있으며, 또한 교정환자의 치아에 부착된 브라켓에는 결찰용 와이어에 의한 힘뿐만 아니라 단단한 음식에 의한 압력, 브라켓과 대합치와의 접촉 가능성으로 인한 외력이 다양한 크기와 방향으로 작용할 수 있으므로, 차후 실제 구강내 상황을 보다 다양하게 재현한 부가적인 연구가 필요하리라 생각된다.

결론

Alice 브라켓 60개와 Spirit MB 브라켓 60개를 각각 30개씩 총 4군으로 나누어, Alice 브라켓 한 군과 Spirit MB 브라켓 한 군은 상온에서 방치하고 나머지 Alice 브라켓 군과 Spirit MB 브라켓 군은 5°C와 55°C에서 2,000회의 열변환 처리한 다음 만능시험기

를 이용하여 브라켓 윙의 파절 강도를 각 군별로 측정하고 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 상운에서 방치한 브라켓의 경우, Spirit MB 브라켓에 비하여 Alice 브라켓 윙의 파절 강도가 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.01$).
2. 열변환 시킨 브라켓의 경우에도, Spirit MB 브라켓에 비하여 Alice 브라켓 윙의 파절 강도가 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

이상의 결과는 Alice 브라켓이 윙의 파절 강도 면에서 임상적으로 사용 가능성을 시사하였다.

참고문헌

1. Phillips HW. The advent of ceramics. *J Clin Orthod* 1988;22:69-70.
2. Dobrin RJ, Kamel IL, Musich DR. Load-deformation characteristics of polycarbonate orthodontic brackets. *Am J Orthod* 1975;67:24-33.
3. Swartz ML. Ceramic brackets. *J Clin Orthod* 1988;22:82-8.
4. Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS 3rd. 1990 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. 1. results and trends. *J Clin Orthod* 1991;25:145-56.
5. Scott GE Jr. Fracture toughness and surface cracks--the key to understanding ceramic brackets. *Angle Orthod* 1988;58:5-8.
6. Rhodes RK, Duncanson MG Jr, Nanda RS, Currier GF. Fracture strengths of ceramic brackets subjected to mesial-distal archwire tipping forces. *Angle Orthod* 1992;62:67-76.
7. Douglass JB. Enamel wear caused by ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95:96-8.
8. Viazis AD, DeLong R, Bevis RR, Rudney JD, Pintado MR. Enamel abrasion from ceramic orthodontic brackets under an artificial oral environment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:103-9.
9. Viazis AD, Chabot KA, Kucheria CS. Scanning electron microscope (SEM) evaluation of clinical failures of single crystal ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:537-44.
10. Feldner JC, Sarkar NK, Sheridan JJ, Lancaster DM. In vitro torque-deformation characteristics of orthodontic polycarbonate brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:265-72.
11. Son JH, Hwang HS. Change of fracture mode of orthodontic resin bracket wings under water immersion and thermocycling. *Korean J Orthod* 2000;30:475-81.
12. Rains MD, Chaconas SJ, Caputo AA, Rand R. Stress analysis of plastic bracket configurations. *J Clin Orthod* 1977;11:120-5.
13. Johnson G, Walker MP, Kula K. Fracture strength of ceramic bracket tie wings subjected to tension. *Angle Orthod* 2005;75:95-100.
14. Aird JC, Durning P. Fracture of polycarbonate edgewise brackets: a clinical and SEM study. *Br J Orthod* 1987;14:191-5.

Fracture strength of tie wings in a newly-developed polycarbonate bracket

Min-Kyu Sun, DDS,^a Ki-Heon Lee, DDS, MSD, PhD,^b
Hyeon-Shik Hwang, DDS, MSD, PhD^c

Objective: With an increasing demand for esthetic orthodontic appliances, the interest in polycarbonate brackets has also increased. However, polycarbonate bracket wings are prone to fracture. The purpose of this study was to evaluate the clinical usefulness of a newly-developed polycarbonate bracket by measuring the fracture strength of bracket tie wings. **Methods:** Alice (K.M. Daicom, Seoul, Korea) and Spirit MB (Ormco, Glendora, CA, USA) brackets were used as an experimental and control bracket respectively. Each bracket group was divided into halves. One half was untreated and the other half was treated with 2,000 times of thermocycling between 5°C and 55°C. The fracture strength of the wing was measured by a universal testing machine. **Results:** Alice bracket wings showed significantly higher strength than Spirit MB bracket wings in both untreated and thermocycled bracket cases. **Conclusion:** Alice brackets may be used clinically in terms of the strength of bracket wings. (*Korean J Orthod* 2007;37(3):204-11)

Key words: Polycarbonate bracket, Fracture strength, Thermocycling, Universal testing machine

From the School of Dentistry and Dental Science Research Institute, Chonnam National University.

^aGraduate Student, ^bAssociate Professor, ^cProfessor, Department of Orthodontics.

Corresponding author: Hyeon-Shik Hwang.

Department of Orthodontics, Chonnam National University Hospital, Hak-Dong 8, Dong-Gu, Gwangju 501-757, Korea.
+82 62 220 5486; e-mail, hhwang@chonnam.ac.kr.

Received December 26, 2005; Last Revision November 24, 2006; Accepted November 26, 2006.