

## 교정용 Resin bracket의 마찰 저항력에 관한 연구

이 원 유<sup>1)</sup> · 임 경 수<sup>2)</sup>

성인 교정 환자가 증가됨에 따라 교정장치의 심미성이 요구되고 있다. 교정 장치의 심미적 증진을 위해 개발된 브라켓들로는 세라믹, 콤포지트 레진 브라켓, 타이타늄 브라켓등이 소개되고 있다. 콤포지트 레진 브라켓은 우수한 색상 및 투과성이 장점이나 높은 마찰력과 낮은 취성의 단점을 갖고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 최근 개발된 세라믹 또는 레진 브라켓(metal reinforced bracket)은 마찰력을 감소시키고 강도를 증가시키기 위하여 브라켓의 슬롯에 메탈을 삽입하고 있다. 그러나 지금까지 이러한 metal reinforced resin bracket(이후 MRRB)의 물성에 관한 연구가 미진하였다. 특히 이러한 브라켓과 교정용 철선의 마찰력에 관한 연구가 미흡하기에 본 연구를 시행하였다. 본 연구는 4종의 교정용 철사(.016 S-S, .016X.022 S-S, .016 TMA<sup>®</sup>, .017X.025 TMA<sup>®</sup>)와 5종의 브라켓을 사용하였다. 사용된 브라켓들로는 메탈 1종(Ormco.Co., U.S.A)과 세라믹 1종(Crystalline<sup>®</sup>), 콤포지트 레진 1종(Clear Medium Siamase<sup>®</sup>), 메탈 슬롯이 삽입된 콤포지트 레진 2종(Plastic<sup>®</sup>, Spirit<sup>®</sup>)의 마찰력을 서로 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. ceramic bracket과 resin bracket은 metal reinforced resin bracket과 metal bracket보다 마찰력이 유의성 있게 크게 나타났다
2. metal reinforced resin bracket의 slot내 metal의 삽입형태에 따른 마찰력의 크기는 유의차가 없었다.
3. metal reinforced resin bracket과 metal bracket사이의 마찰력의 크기는 유의차가 없었다.
4. 교정용 철선과 각 브라켓 비교에서 TMA, Stainless steel 순으로 마찰력이 적게 나타났다.

(주요단어 : 마찰력, 심미성, 세라믹, 콤포지트, 레진, 브라켓, 교정용 철선)

## I. 서 론

최근 성인교정은 전세계적으로 증가하는 추세에 있다. 이러한 이유는 의용 재료 및 기기의 발달과 성인 인구의 증가, 의료기술의 발전등의 여러가지 면에서 설명할 수 있다. 성인들이 교정치료를 받고자할 때 가장 거리낌이 되는 것은 교정장치가 사회 생활중에 눈에 뜨인다는 것일게다. 이러한 장치의 심미성 증진을 위하여 많은 노력이 있어왔다. 금속 브라켓을 보다 심미적이고 자연스러운 색상으로 만들고자 하는 시도가 있었으며, 자연치아와 유사한 색과 투명성을 얻

고자 세라믹이나 레진을 이용한 브라켓이 개발되기도 하였다. 그러나 이러한 심미적 브라켓들은 각각 재료의 물성과 색상에 따라 임상적 한계가 노출되었다. 세라믹과 콤포지트 레진 브라켓의 물성중 가장 문제가 있었던 부분은 브라켓과 교정용 철사와의 마찰력과 취성이었다. 브라켓과 교정용 철사사이에서 생기는 마찰력은 치아의 이동에 많은 영향을 미친다. 특히 sliding mechanics에서 마찰력은 매우 중요하며, 마찰력을 줄이기 위하여 많은 장치의 디자인이 고안되고 있다.

마찰력이란 접촉하고 있는 두 물체 사이에서 상대적인 운동이 일어날 때 운동방향과 반대방향으로 작용하는 힘을 말한다. 이는 법선력(Normal Force)에 비례하나 접촉 면적과는 무관하며 서로 움직이는 상

<sup>1)</sup> 연세대학교 치과대학 교정학 교실, 원주기독병원 부교수

<sup>2)</sup> 연세대학교 치과대학 교정학 교실, 원주기독병원 전공의

\* 본 연구는 연세대학교 연구비로 진행되었습니다.

표 1. Bracket used in this study

Code	Bracket	Type	Manufacturer	Width(mm)
A	Standard	metal	Ormco(USA)	3.2mm
B	Crystalline <sup>®</sup> (Ceramic)	polycrystalline	Tomy(Japan)	3.7mm
C	Plastic Bracket (MRRB)	polycarbonate	Tomy(Japan)	3.4mm
D	Spirit Bracket <sup>®</sup> (MRRB)	polycarbonate	Ormco(USA)	3.2mm
E	Clear Medium Siamese <sup>®</sup> (Resin)	polycarbonate	RMO(USA)	3.2mm

대속도에 영향을 받지 않는다. 즉, 접촉하고 있는 물체의 표면 상태 및 법선력에 의해서만 마찰력의 크기가 결정된다.<sup>3</sup> 따라서 마찰력을 효과적으로 조절하기 위해서는 마찰계수( $\mu$ )를 작게 하고 법선력(Normal Force)을 줄여주어야 한다. Sliding mechanics 사용시 브라켓과 교정용철사 사이에 생기는 마찰력은 최적의 치아이동을 위해서는 최소화되어야 한다.<sup>4,5</sup> 교정학에서는 1960년에 Stoner<sup>1</sup>가 마찰력의 중요성에 대해서 언급한 뒤 여러 선학들에 의해서 마찰력에 대한 연구가 행해졌다. 하지만 실험실에서 구강 내와 동일한 상태를 형성할 수 없기 때문에 학자마다 실험결과가 약간씩 다르게 나타났다. 따라서 마찰력의 평가는 그 산출한 값보다는 실험대상들의 상대적인 순위가 더 중요하다고 할 수 있다.<sup>2</sup> 교정학에서 마찰력을 줄이는 방법에는 frictionless system으로 치아를 움직이는 방법, smooth한 브라켓이나 와이어를 사용하는 방법, 브라켓의 edge부위를 rounding하는 방법, 와이어를 rounding하는 방법 등이 있다. 치아이동시 friction system은 아직도 많이 이용되는 방법이기 때문에 마찰력은 교정 치료에 중요한 요소가 될 수 있다.

심미적 브라켓들도 마찰력, 취성등에서 우수해야만 한다. ceramic bracket은 색상, 투명성, 내마모성에서는 장점이 있었지만, 대합치의 마모나 브라켓제거시 에나멜의 파손, 마찰력이 매우 큰 단점들이 있다.<sup>8,9,10</sup> 이에 비해 resin bracket은 세라믹보다는 저렴하며, 제작이 간편한 장점등이 있으나, 변색과 착색, 형태의 변형, 잘 부러짐, 큰 마찰력등의 단점을 가지고 있다. 최근에 소개된 metal reinforced resin bracket (MRRB)은 슬롯을 metal로 강화시켜 마찰력과 취성

표 2. 인공타액의 조성

KCl	0.800gm
NaCl	0.800gm
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1.580gm
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	2.880gm
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.012gm
Urea	2.000gm
Distilled Water	2,000ml

등의 단점을 극복하고자 하였다. 이러한 장치들의 마찰력에 관한 보고는 아직 미미한 실정이다. 본 연구는 metal reinforced resin bracket을 포함한 심미적 브라켓들과 기존 금속 브라켓들과 마찰력을 비교분석하여 임상적 효용성을 알아보려고 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### 가. 브라켓

본 실험에 사용된 브라켓은 5종으로써 대조군으로 금속 브라켓(Micro-Loc bracket<sup>®</sup> : .018 standard edgewise bracket : Ormco, U.S.A)과 도재 브라켓(Crystalline Ceramic bracket<sup>®</sup> : .018 standard edgewise bracket : Tomy, Japan)을 사용하였고, 실험 군으로 컴포지트 레진 브라켓 3종(1. Plastic bracket standard<sup>®</sup> : .018 standard edgewise bracket : Tomy, Japan., 2. Spirit bracket<sup>®</sup> : .018 standard edgewise bracket : Ormco. U.S.A., 3. Clear Medium

표 3. 브라켓과 archwire 종류에 따른 마찰력의 비교

단위: N

Wire \ 브라켓	Tomy Resin*	RMO Resin*	Ormco Resin*	Ormco Metal**	Tomy Ceramic**
.016 S-S	1.359	1.931	1.672	1.724	2.053
.016X.022 S-S	2.013	2.700	2.057	1.928	2.542
.016 TMA	1.901	2.648	1.720	1.858	2.588
.017X.025 TMA	2.539	4.250	2.718	2.507	3.077

\* : 실험군, \*\* : 대조군

Siamese type<sup>®</sup> : .018 standard edgewise bracket : RMO, U.S.A.)을 사용하였다. .018 X .025 slot의 소구 치용 standard bracket을 이용하였다(표 1).

나. Orthodontic archwire

4종의 와이어를 사용하였고, 사용한 것은 스테인레스 스틸(.016, .016X.022), 베타 티타늄(.016, .017X.025)이었다. 한번 사용한 와이어는 다음 사용 시 새 와이어로 교환하였다.

- 1) .016 Stainless steel, Dentarum, German
- 2) .016X.022 Stainless steel, Dentarum, German
- 3) .016 TMA<sup>®</sup>, Ormco. U.S.A.
- 4) .017X.025 TMA<sup>®</sup>, Ormco. U.S.A.

2. 연구 방법

가. 시편 준비

150mm X 200mm X 2mm되는 금속판을 준비하고, 금속판 상연에서 10mm하방으로 평행한 선을 긋고 수직방향으로 10mm간격으로 19개의 선을 긋는다. 이 선에 맞추어서 브라켓을 붙이고, elastomeric module (Power "O" modules, Ormco Corp.)을 사용하여 교정 선을 결찰한다. Plate는 인공타액에 넣는다.

나 측정 방법

측정은 만능시험기(Universal Testing Machine, Instron 6002, U.K.)를 이용하여, load cell 100N, cross head speed 5mm/min으로 5mm씩 연장하여 이때 얻어지는 최대하중을 측정하였다.

시편은 50개의 브라켓에 4종의 와이어를 가지고, 총 200회의 계측치를 얻었다.

다. 통계 처리

교정선재 종류와 크기, 브라켓의 종류에 따른 마찰력에 미치는 영향을 알아보기 위해 ANOVA를 시행하였고, 이는 Duncan의 방법을 이용하였다.

III. 연구결과

Stainless steel, TMA로 구성된 총 40개의 wire를 이용해서 .018 슬롯의 metal, 세라믹, 컴포지트 레진, metal reinforced 컴포지트 레진 브라켓을 대상으로 실험을 하였다. 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 브라켓 종류에 따른 마찰력 비교

5종류의 브라켓과 4종류의 archwire사이에 마찰력을 test한 결과는 표3에 나타나 있다. 모든 경우에서 metal bracket과 metal reinforced resin bracket에서 마찰력이 작았다.

2. wire 종류에 따른 마찰력 비교

모든 경우에서 stainless steel archwire에서 마찰력이 작게 나타났고, wire가 굵어질수록 마찰력이 크게 나타났다. Round wire에서 마찰력이 작았고, rectangular wire에서 마찰력이 컸다.(표 3)

3. Statistical analysis

브라켓과 교정선 사이에 생기는 마찰력의 상관관계 평가를 위해 Duncan의 multiple range test를 시행하여 각 군간의 유의차를 표시하였고, 각 실험 군간의 평균치는 0.05 유의 수준의 multifactorial analysis를 시행하였다.

표 4. The effect of wire material and configuration on friction

단위: N

브라켓	와이어	.016 S-S		.016X.022 S-S		.016 TMA		.017X.025 TMA	
		Force	ANOVA	Force	ANOVA	Force	ANOVA	Force	ANOVA
Tomy Resin*		1.359	C**	2.013	B**	1.901	B**	2.539	B C**
RMO Resin		1.931	A	2.700	A	2.638	A	4.250	A
Ormco Resin*		1.672	B	2.057	B	1.720	C	2.718	B C
Ormco Metal		1.724	B	1.928	B	1.858	B	2.507	C
Tomy Ceramic		2.053	A	2.542	A	2.588	A	3.077	B

ABC : ANOVA에서 알파벳 문자가 서로 다른 것은 실험군간의 인지할만한 유의차가 있음을 의미하며, A,B,C의 순으로 마찰력이 감소함.

예를 들어 .016 S-S에서 5가지 bracket중 Ormco Resin 과 Ormco Metal 은 유의차가 없음을 의미한다.

\* Metal reinforced composite resin bracket \*\* : 유의차(P<0.05)

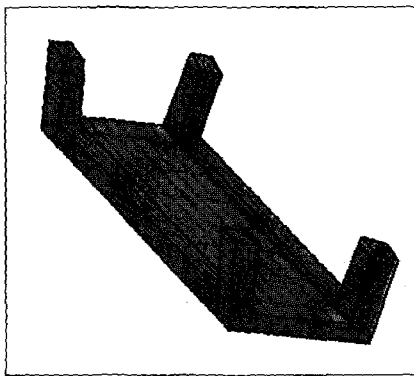


그림 1. Ormco사 브라켓의 형태단면도

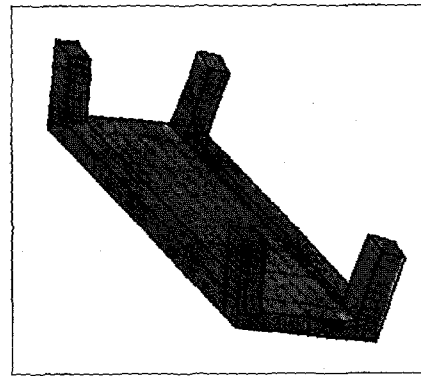


그림 2. Tomy사의 브라켓 형태단면도

#### IV. 총괄 및 고찰

교정 치료시 주위조직에 해를 주지 않고 치아를 빠르게 움직이게 하기 위해서는 적절한 교정력이 필요하다. 대부분의 고정식 교정장치에서는 브라켓과 교정선 사이에 어느 정도의 활주 이동이 포함되게 된다. 이때 생기는 마찰력은 브라켓의 재질, 교정선의 종류 및 굵기, 결찰 양식, 표면의 상태, 구강내의 상태 등에 따라서 영향을 받게 된다. 하지만 마찰력의 크기에 미치는 요소는 너무나 많고, 실험실 내에서 구강 내와 정확한 상황을 형성할 수 없기 때문에 그 정확한 크기를 예측하기란 힘들다. 따라서 상대적인 차이를 이해하는 것이 바람직하다.

TMA와 stainless steel wire를 이용한 마찰력 test에서 ceramic 브라켓과 resin 브라켓에서 metal 브라켓과 metal reinforced composite resin 브라켓보다 큰 마찰력을 보여주었다.(표 3, 4) 이는 surface roughness가 metal 보다 상대적으로 큰 ceramic과 resin 브라켓이 마찰력이 큰 것을 보여준다.

마찰력은 대부분 표면 거칠기(surface roughness)에 의해서 영향을 받는다고 알려져 있다.<sup>6,11,12</sup> 임상에서 많이 쓰이는 wire중에서 surface roughness는 stainless steel, Co-Cr, TMA, Ni-Ti순으로 거칠어진다. 하지만 마찰력은 S-S<Ni-Ti<TMA순으로 커진다. Ni-Ti보다 TMA가 더 마찰력이 큰 것은 titanium 함량의 증가에 따라 화학반응성이 증가하기 때문이다.

Metal reinforced resin 브라켓에서 Ormco사의 것

과 Tomy사의 것은 약간 구조가 다른데, Ormco사의 것은 전 slot에 걸쳐서 metal이 존재하나, Tomy사의 것은 edge부위에만 metal이 존재한다.(그림1, 그림2) 마찰력 test한 결과 두 브라켓사이에는 마찰력의 차이가 존재하지 않음을 보여주는데 이는 주로 마찰력이 브라켓 slot의 edge부위에서 발생하기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 마찰력 면에서만 본다면 metal slot이 들어간 resin 브라켓은 metal 브라켓과 거의 비슷한 크기의 마찰력이 발생한다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

심미성의 증진을 위한 기존의 콤포지트 레진 브라켓의 단점인 마찰력의 문제를 해결하고자 개발된 metal reinforced resin 브라켓의 마찰력의 평가를 위해, Stainless steel, TMA로 구성된 총 40개의 wire를 이용해서 .018" 슬롯의 metal, 세라믹, 콤포지트 레진, metal reinforced 콤포지트 레진 브라켓을 대상으로 실험을 하였다. 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. ceramic bracket과 resin bracket은 metal reinforced resin bracket과 metal bracket보다 마찰력이 유의성있게 크게 나타났다
2. 콤포지트 레진 브라켓의 슬롯내 metal의 삽입 형태에 따른 마찰력의 크기는 유의 차가 없었다.
3. metal reinforced resin bracket과 metal bracket사이의 마찰력의 크기는 유의차가 없었다
4. 교정용 철선과 각 브라켓 비교에서 TMA, Stainless steel 순으로 마찰력이 적게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Stoner M. Force control in clinical practice. Am J Orthod 1960;46:163-86
2. Tselepis M, Brockhurst P, Victor C. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 1994;106:131-8

3. Rabinowicz E: Friction and wear of materials. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1965:56-62
4. Nikolai RJ. Bioengineering analysis of orthodontic mechanics. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985:53-6
5. Proffit WR. Contemporary orthodontics. St. Louis: CV Mosby, 1986:236
6. Bowden FP. The friction and lubrication of solids. vol 1. Oxford: Clarendon Press, 1964:1-5
7. Frank CA, Nikolai RJ. A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire. Am J Orthod 1980;78:593-609
8. Bedner JR, Gruendeman GW, Sandrik JL. A comparative study of frictional forces between orthodontic brackets and arch wire. Am J Orthod Dentofac Orthop 1991;100:513-22
9. Angolkar PV, Kapila S, Duncanson Jr. MG, Nanda RS. Evaluation of friction between ceramic brackets and orthodontic wires of four alloys. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990;98:499-506
10. Prattern DH, Popli K, Germane N, Gunsolly J. Frictional resistance of ceramic and stainless steel orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990;98:398-403
11. Kusy RP, Whitley JQ, Mayhew MJ, Buckthal JE. Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy. Angle Orthod 1988;33-45
12. Kusy RP, Whitley JQ. Effects of surface roughness on the coefficients of friction in model orthodontic systems. J Biomech 1990;(23)9:913-25
13. Kapila S, Angolkar PV, Duncanson M, Nanda RS. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. Am J Orthod Dentof Orthop 1990;98:117-26
14. Tidy DC. Frictional forces in fixed appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989;96:249-54.
15. Drescher D, Bourquel C, Schumacher H. Frictional forces between bracket and arch wire. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989;96:249-54
16. 성현미, 박영철 : 교정용 bracket과 archwire사이의 마찰저항에 대한 비교연구. 대한 치과 교정학회지, 21:543-557, 1991

-ABSTRACT-

## A Study on Frictional Resistance Force of Orthodontic Resin Bracket

Won-you Lee, Kyung-Soo Lim

*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University*

As increasing number of adult patients, the esthetic orthodontic appliances are needed.

They are tooth - colored or translucent ceramic and resin brackets. Although ceramic and resin bracket have good esthetics, there are some disadvantage such as frictions. Recently, metal - reinforced resin bracket(MRBB) were introduced.

The purpose of this study is to find frictional force of MRRB, ceramic bracket and resin brackets.

There is few study in frictional force about metal reinforced resin bracket(MRRB). This study used 4 orthodontic wire( .016 S-S, .016X.022 S-S, .016TMA<sup>®</sup>, .017X.025 TMA<sup>®</sup>) and 5 brackets( one metal bracket, one ceramic bracket, one resin bracket, two MRRB ). The following result is obtained using metal bracket(Ormco.Co., U.S.A), ceramic brackets( Crystalline<sup>®</sup> ), resin bracket( Clear Medium Siamase<sup>®</sup> ).

Following conclusions are obtained.

1. Ceramic and resin bracket have significantly more frictional forces than metal reinforced resin bracket and metal bracket.
2. There is no significant difference in frictional force according to the slot types of metal - reinforced resin brackets.
3. There is no significant difference in frictional force between metal reinforced resin bracket and metal bracket.
4. Frictional force is decreased in S-S wire than TMA wire.

KOREA. J. ORTHOD. 1999 ; 29 : 107-112

\* **Key words** : friction, esthetic, ceramic, composite, bracket, wire