교정용 선재의 각도에 따른 수종의 자가 결찰 브라켓에서의 마찰력 비교

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 석 민

교정용 선재의 각도에 따른 수종의 자가 결찰 브라켓에서의 마찰력 비교

지도 황 충 주 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2007년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 석 민

이석민의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2007년 12월 일

감사의 글

부족한 저에게 소중한 시간을 허락하신 주님께 감사드립니다. 논문의 처음부터 완성되기까지 따뜻한 배려와 가르침으로 이끌어 주신 황충주 지도 교수님께 진심으로 감사드리며, 귀중한 시간을 내주시어 부족한 논문을 살펴주신 유형석 교수님, 이기준 교수님께도 감사 드립니다.

교정학을 배우고 익히는 데 많은 가르침을 주신 유영규 교수님, 손병화 교수님, 박영철 교수님, 백형선 교수님, 이원유 교수님, 김경호 교수님, 최광철 교수님께 감사를 드립니다. 논문의 주제 구상과 실험을 진행하는데 도움을 주신 차정열 교수님께도 감사 드립니다.

언제나 변함없이 사랑의 마음으로 지켜보아주시는 아버지, 어머니, 그리고 명진, 명신, 윤경 세 동생과 그 가족들, 나의 사랑하는 아내 박정현과 재훈, 다현, 재승에게도 고마운 마음을 전합니다.

2007년 12월 저자 씀

차 례

감사의 글

표 차례 ····· iii

그림 차례 ····· iii

국문 요약 ····· iv

Ⅰ. 서론 ····· 1

Ⅱ. 연구 재료 및 방법 ····· 4

1. 연구 재료 ····· 4

2. 연구 방법 ····· 5

가. 시편 제작 ····· 5

나. 시편 고정 ····· 5

다. 마찰력의 측정 ····· 6

3. 통계 처리 ····· 7

Ⅲ. 결과 ····· 8

(1) 정적 마찰력의 비교 ····· 8

(2) 동적 마찰력의 비교 ····· 11

Ⅳ. 고찰 ····· 14

Ⅴ. 결론 ····· 20

참고문헌 ····· 22

영문 요약 ····· 28

표 차례

Table 1. Mean static friction(gm) and standard deviation ····· 9

Table 2. Mean kinetic friction(gm) and standard deviation ····· 12

그림 차례

Fig 1. Tested brackets ····· 4

Fig 2. Tested bracket and wire assembly ····· 7

Fig 3. Estimated marginal distribution of static friction of .018 round wire ····· 9

Fig 4. Estimated marginal distribution of static friction of .019 x.025 s-s wire ····· 10

Fig 5. Estimated marginal distribution of kinetic friction of .018 round wire ····· 12

Fig 6. Estimated marginal distribution of kinetic friction of .019 x.025 s-s wire ····· 13

국 문 요 약

교정용 선재의 각도에 따른 수종의 자가 결찰 브라켓에서의 마찰력 비교

브라켓 각도 변화에 따른 자가 결찰 브라켓의 마찰력을 비교하기 위해 실험군으로 passive slide 형태의 금속 자가 결찰 브라켓(Damon3 MX, Ormco, CA, USA), active clip 형태의 금속 자가 결찰 브라켓(Quick, Forestadent, Germany), 세라믹 자가 결찰 브라켓(Clippy-C, Tomy, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 대조군으로 메탈 브라켓(Micro-arch, Tomy, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 브라켓 슬롯내에서 교정선을 이동시 각각 0°, 5°, 10°의 경사에서 측정하였으며, 교정선은 .018 원형 스테인레스 스틸 와이어와 .019 x .025 스테인레스 스틸 와이어를 사용하였다. .022 mil 상악 소구치 브라켓을 만능시험기기에 부착한 후, 10 mm/min 속도로 교정선을 이동시킨 후 정적 마찰력과 동적 마찰력을 측정하였다.

1. Passive slide 형태의 자가 결찰 브라켓이 모든 교정 호선-각도 조합에서 유의성 있게 마찰 저항이 낮게 나타났다. ($p<0.05$)
2. 모든 브라켓 군에서 각도가 증가함에 따라 유의성 있게 마찰력이 증가하였다. ($p<0.05$)

3. .018 원형 스테인레스 스틸 교정선에서 active clip 형태의 자가 결찰 브라켓과 세라믹 자가 결찰 브라켓은 정적, 동적 마찰력의 평균차간에 유의차가 없었다. ($p<0.05$)
4. .019x.025 스테인레스 스틸 교정선에서 세라믹 자가 결찰 브라켓이 active clip 형태의 자가 결찰 브라켓보다 유의하게 낮은 마찰 저항을 보였다. ($p<0.05$)

본 실험에서 심미적인 세라믹 자가 결찰 브라켓이 active clip 형태의 금속 자가 결찰 브라켓과 일반 금속 브라켓에 비해 유사하거나 낮은 마찰력을 보였다. 세라믹 브라켓 자체의 물성을 개선하기 위해 브라켓 디자인과 표면상태를 개선한다면 심미적인 장점 뿐 아니라 마찰력이 감소하는 효과가 있으리라 생각된다.

핵심 되는 말 : 세라믹 자가 결찰 브라켓, 정적 마찰력, 동적 마찰력

교정용 선재의 각도에 따른 수종의 자가 결찰 브라켓에서의 마찰력 비교

(A Comparative study of frictional study between self-ligating bracket and wire)

< 지도 교수 : **황 충 주** >

연세대학교 대학원 치의학과

이 석 민

Ⅰ. 서 론

교정치료에 있어 치아의 이동은 브라켓에 교정력이 전달됨으로서 이루어지는데, 브라켓과 교정선간에 마찰력이 발생하게 된다. 마찰력은 접촉하고 있는 두 물체가 움직일때 그 이동에 저항하는 힘으로 정의되며, 정적 마찰력과 동적 마찰력으로 나뉘어진다. 정적 마찰력은 정지되어 있는 물체를 초기에 움직이게 하는 최소한의 힘이고, 동적 마찰력은 일정 속도로 움직이는 물체에서 그 이동을 유지하기 위해 필요한 힘이다.

Stoner(1960)는 마찰력에 대해 언급하면서 치아 이동시 발생되는 마찰력으로 인하여 교정력이 많이 소실된다고 보고하였다. 임상에서 교정력을 적용할 때는

마찰력에 의해 소실되는 힘을 고려해야 한다.(곽 등, 1993) 높은 마찰력은 교정치료시 치아에 전달되는 힘을 상쇄시키고, 고정원 소실, 브라켓 탈락 등을 일으킬 수 있으나, 적절한 마찰력의 조절은 치료 효과를 향상시키고, 치료 기간을 단축시킬 수 있다.

마찰력에 영향을 줄 수 있는 요소로는 브라켓과 교정선의 재질, 교정선의 표면 상태, 브라켓 슬롯 크기, 교정선의 단면과 토크, 결찰방식, 인접 브라켓간의 거리, 타액 유무, 구강내 상태 등이다.(이 등, 2001; 민 등, 1988; 성 등, 1991; 고 등, 1988; 황 등, 1989)

브라켓과 교정용 호선이 마찰력에 미치는 영향에 관한 이전 연구를 보면, 교정치료시 치아는 경사와 직립을 반복하여 이동하는데(Proffit, 1986), Peterson과 그의 동료(1982)는 브라켓과 교정선간에 0°에서 10° 사이의 각도를 부여하여 측정하여 보고한 바 있다. 한편, Thorstenson과 Kusy (2002), Kusy와 Whitley(1999) 등은 마찰력이 증가하는 임계경사도를 측정하여 제시한 바 있다.

브라켓과 호선상의 결속이 일어나는 임계경사도는 호선과 브라켓의 다양한 조합을 살펴볼때, 3.7° 이내에서 일어나고, 그 이상의 경사에서는 마찰력이 급격히 증가한다고 보고하였다. 또한 임계경사도 이후의 마찰력의 증가 양상은 재료의 물리적인 특성에 좌우된다고 하였다.(Kusy 등, 1999)

교정선의 종류에 따라 마찰력의 증가와 증가속도에도 영향을 줄 수 있다. Stainless steel 호선보다 Nitinol 호선, TMA 호선이 더 높은 마찰력을 보인다고 보고하였다.

또한, 브라켓의 경사도의 증가나 교정선의 종류와 두께에 따라 마찰력이 증가

한다는 결과를 보였다. 교정용 호선이 굵을수록 마찰력이 증가하고, 원형 호선보다는 각형 호선이 마찰력이 높다고 하였다.(성 등, 1991)

브라켓에 따른 마찰력의 차이에서는 일반적으로 세라믹 브라켓이나 레진 브라켓에 비하여 금속 브라켓의 마찰저항이 낮다고 Cacciafesta(2003) 은 보고하였다. 세라믹 브라켓은 표면 거칠기로 인하여 교정선과 바인딩 되기 쉬워 연마가 용이하고 부드러운 표면을 가진 금속 브라켓보다는 마찰 저항이 크다.

마찰력은 여러 요인 중에서도 결찰방식에 의해서도 많이 좌우된다.(Kumar 등, 1994) 일반적으로는 교정선이 브라켓 안으로 삽입된 후 고무링이나 결찰용 와이어를 이용하여 위치시키는데, 최근에는 결찰선없이 특별한 hinge를 이용한 자가 결찰 브라켓이 쓰여지고 있다.

자가 결찰 브라켓은 결찰시 발생하는 마찰력의 감소로 효율적인 치아 이동이 가능하며, 전체 치료 기간의 단축 효과가 있다.(Majjer 등, 1990) 결찰방식 차이로 인한 마찰력의 감소는 치료기간을 감소시키고, 발치환자에 있어서 장점이 있다. 환자 입장에서 보면 일반적으로 표면이 매끈하고, 편안하고, 구강 위생관리가 용이하고, 치료 기간이 절약된다.

금속 자가 결찰 브라켓의 마찰력을 측정한 선학들의 결과를 보면, 실험상에서 다양한 조건과 기계적인 재현의 한계성으로 다양한 결과가 보고되었다.(Pizzoni 등, 1998) 그러나, 세라믹 형태의 자가 결찰 브라켓을 포함한 여러 제품군을 비교한 보고는 많지 않은 실정이다. 이에 심미적으로 장점을 지닌 세라믹 형태의 자가 결찰 브라켓을 다른 금속 형태의 자가 결찰 브라켓과 함께 브라켓 각도 변화에 따른 마찰력을 측정하여 보고하는 바이다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

이번 실험에 사용된 브라켓은 4가지 종류이며, 실험군으로 passive slide 형태의 자가 결찰 브라켓(Damon3 MX, Ormco, CA, USA), active clip 형태의 자가 결찰 브라켓 (Quick, Forestadent, Germany), active clip을 가진 세라믹 형태의 자가 결찰 브라켓 (Clippy-C, Tomy, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 대조군으로 메탈 브라켓 (Micro-arch, Tomy, Tokyo, Japan)을 사용하였다.

Fig 1. Tested brackets

A: Damon3 MX B: Quick C: Clippy-C D: Micro-arch

모든 브라켓은 .022 mil의 상악 소구치 브라켓으로서 -7° 의 토크가 부여되어 있다.

마찰력을 측정하기 위한 교정용 호선은 .018 원형 스테인레스 스틸 와이어와 .019 x .025 스테인레스 스틸 와이어를 사용하였다.

각 군은 10개의 동일한 브라켓을 가지고 측정하였으며, 각각 호선과 각도의 조합에 따라 총 240개의 브라켓을 사용하였다.

2. 연구 방법

가. 시편 제작

각 군의 브라켓은 10개씩 특별히 제작된 강철 블록(10mm x 10mm x 20mm)에 접착하였다. 블록 표면에 microetching 한후 metal primer(Reliance®, USA)를 도포한 후 1분 후에 Transbond XT primer®(3M Unitek, USA)을 바른 후, 광중합기로 3초간 조사하였다.

블록의 상면에는 중앙을 지나는 수직선과 수평선을 표기하여 브라켓 접착시 위치선정에 도움이 되게 하였다.

나. 시편 고정

브라켓이 접착된 강철 블록은 더 큰 사각형의 블록(30mm x 30mm x 20mm) 안에 들어가서 나사에 의해 고정되도록 하였으며, 더 큰 사각형의 블록은 강철

블록과 0°, 5°, 10° 경사를 이루도록 사전 제작하였다.

두개의 블록은 만능시험기(Universal Testing Machine, Instron 3366, InstronCorp., Massachusetts, USA)의 이동식 고정틀에 위치시켰다. 교정선의 한쪽끝은 150g의 추에 나사로 고정하고, 반대쪽 끝은 만능시험기의 tension load cell에 삽입하고 측정하였다.

metal bracket은 고무 결찰 탄성재 O-ring(Ormco, USA)을 이용하여 결찰하였다.

각 군마다 0°, 5°, 10° 의 각도하에서 스테인레스 스틸 교정선은 .018 원형 스테인레스 스틸와이어와 .019 x .025 스테인레스 스틸와이어를 사용하였다.

부가적인 토크가 발생되지 않도록 노력하였으며, 매 실험마다 교정선과 브라켓이 고정된 강철 블록을 교체하였고, 동일인에 의해 실험이 진행되었다.

다. 마찰력의 측정

마찰력의 측정은 만능시험기를 이용하여 load cell 500 N, cross head speed 10 mm/min으로 10 mm 씩 연장하였다.

이동 초기의 최대 마찰력을 측정시 하중-변위 곡선에서 관찰되는 하중의 최대점을 정적 마찰력으로 기록하였으며, 동적 마찰력은 1초간격으로 10회 측정한 마찰력을 측정 횟수로 나눈 평균값으로 계산하였다.

매번 측정시 반복사용에 의한 마모효과와 오차를 배제하기 위해서 교정호선 및 브라켓을 새것으로 교체하면서 측정하였다.

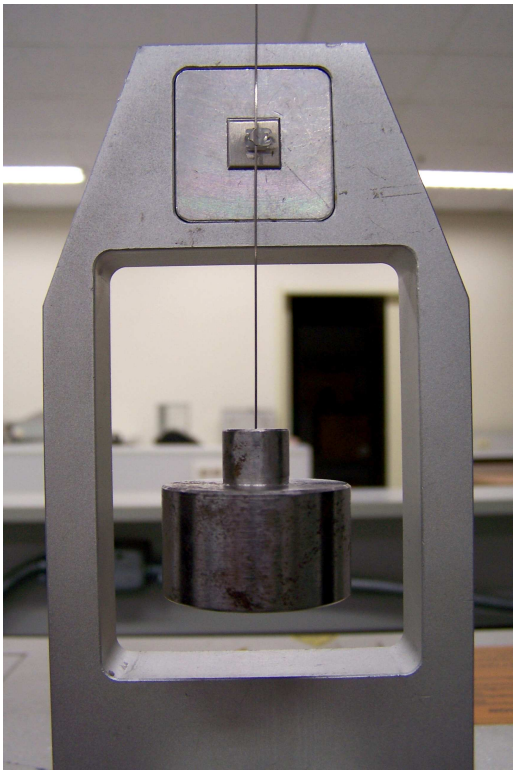

Fig 2. Tested bracket and wire assembly

3. 통계 처리

각 군에서 측정된 정적 마찰력과 동적 마찰력의 평균과 표준편차를 계산하였으며, 교정선의 종류, 브라켓의 종류, 경사도간의 상관관계를 분석하고자 2-way ANOVA를 시행하였다. 다중비교를 위해 Student-Newman-Keuls 방법으로 마찰력의 순위를 분석하였으며, 유의수준 5%에서 사후 검정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 정적 마찰력의 비교

평균 정적 마찰력의 평균값과 통계처리 결과는 Table 1과 같다. 브라켓과 교정선이 이루는 각도와 각 브라켓간에는 상관 관계가 있었으며, 이원 배치 분산 결과를 적용한 결과 평균 정적 마찰력은 각도의 증가와 브라켓군에 따라 유의성 있는 차이를 보였다. ($p<0.05$)

실험된 모든 각도에서 Damon3 MX 브라켓이 가장 작은 정지 마찰력을 보였다. ($p<0.05$)

.018 스테인레스 스틸 교정선에서 브라켓-교정선간의 경사가 0°인 경우 정적 마찰력은 Micro-arch, Clippy-C, Quick, Damon3 MX 브라켓 순으로 크게 측정되었다. 브라켓-교정선간의 경사가 5°인 경우 정적 마찰력은 Damon3 MX 브라켓이 가장 낮게 나타났으며, Quick 브라켓, Clippy-C 브라켓은 유사한 양상을 보여주었고, Micro-arch 브라켓이 가장 크게 측정되었다. 브라켓-교정선간의 경사가 10°인 경우에는 5°의 경우보다 마찰력이 증가하였으며, 양상은 유사하였다.

Table 1. Mean static friction and standard deviation (Unit : gm)

		0°		5°		10°		
Wire	Bracket	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	SNK
.018	D	21.41	3.90	39.27	3.73	71.63	16.52	D<C=Q<M 0°<5°<10°
	Q	36.53	4.36	56.17	15.10	75.72	16.85	
	C	51.97	5.97	55.35	5.87	77.14	21.44	
	M	102.34	15.65	130.66	10.88	144.47	11.37	
.019 x .025	D	49.28	2.21	95.43	18.35	151.13	18.80	D<C<Q<M 0°<5°<10°
	Q	108.26	16.65	149.11	26.34	237.31	27.77	
	C	103.46	23.23	146.74	23.55	190.70	25.63	
	M	117.11	12.05	207.78	15.42	299.01	31.38	

D : Damon 3 MX, Q : Quick, C : Clippy-C, M : Micro-arch

SNK : Student-Newman-Keuls (p<0.05)

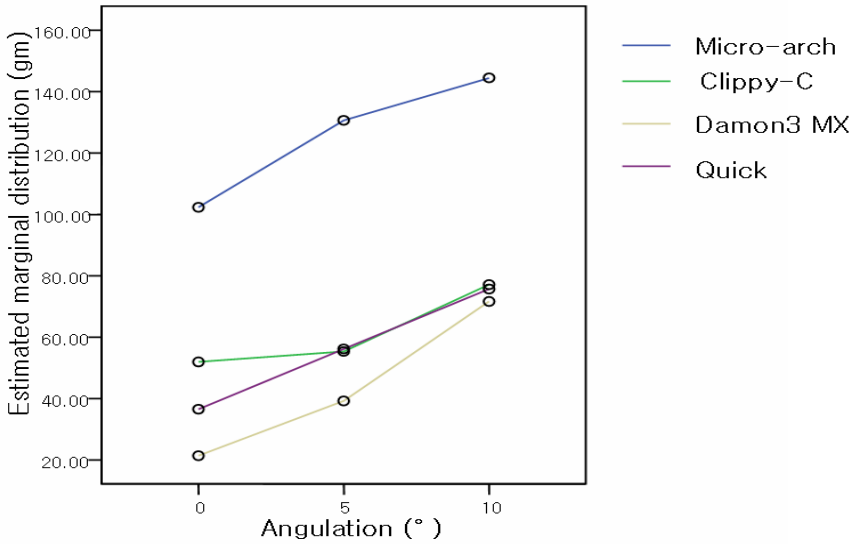

Fig 3. Estimated marginal distribution of static friction of .018 round wire

.019 x .025 스테인레스 스틸 교정선에서 측정된 정적 마찰력은 .018 스테인레스 스틸 교정선의 측정치보다 전체적으로 크게 나타났다.

.019 x .025 스테인레스 스틸 교정선에서 브라켓-교정선간의 경사가 0°인 경우 정적 마찰력은 Clippy-C, Quick, Micro-arch 브라켓이 유사하게 나타났으며, Damon3 MX 브라켓이 가장 낮은 마찰저항을 보였다. 브라켓-교정선간의 경사가 5°인 경우 정적 마찰력은 Micro-arch 브라켓이 가장 크게 나타났으며, Quick 브라켓과 Clippy-C 브라켓이 비슷하게 측정되었다. Damon3 MX 브라켓은 유의하게 낮게 나타났다. 브라켓-교정선간의 경사가 10°인 경우 정적 마찰력은 Micro-arch, Quick, Clippy-C, Damon 3 MX 브라켓 순으로 크게 나타났다. .019 x .025 스테인레스 스틸 교정선 모두 각도가 증가함에 따라 뚜렷한 마찰력의 증가를 보였으며, .018 스테인레스 스틸 교정선에서의 측정치 보다 마찰력의 증가도가 크게 나타났다.

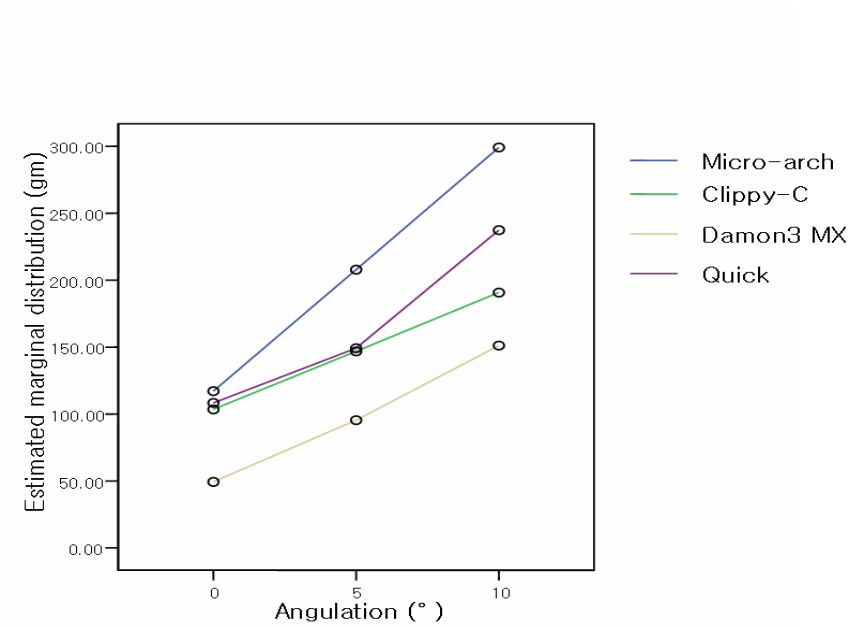

Fig 4. Estimated marginal distribution of static friction of .019x.025 s-s wire

2. 동적 마찰력의 비교

평균 정적 마찰력의 평균값과 통계처리 결과는 Table 2과 같다. 브라켓과 교정선이 이루는 각도와 각 브라켓간에는 상관관계가 있었으며, 이원 배치 분산 결과를 적용한 결과 평균 정적 마찰력은 각도의 증가와 브라켓군에 따라 유의성 있는 차이를 보였다. ($p<0.05$)

모든 브라켓군에서 정적 마찰력에 비교하여 동적 마찰력이 모든 브라켓-교정선간의 경사에서 낮게 나타났다.

.018 스테인레스 스틸 교정선에서 브라켓-교정선간의 경사가 0°인 경우 동적 마찰력은 Micro-arch, Clippy-C, Quick, Damon3 MX 브라켓 순으로 크게 측정되었다. 브라켓-교정선간의 경사가 5°인 경우 동적 마찰력은 Damon3 MX 브라켓이 유의하게 낮게 나타났으며, Quick 브라켓과 Clippy-C 브라켓이 비슷하게 측정되었고, Micro-arch 브라켓이 가장 크게 나타났다. 브라켓-교정선간의 경사가 10°인 경우 동적 마찰력은 Clippy-C, Quick, Damon3 MX 브라켓이 유사하게 나타났으며, Micro-arch 브라켓이 크게 측정되었다.

Table 2. Mean kinetic friction and standard deviation (Unit : gm)

		0°		5°		10°		
Wire	Bracket	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	SNK
.018	D	16.23	4.03	28.43	4.48	67.54	18.33	D<C=Q<M 0°<5°<10°
	Q	30.18	5.17	45.55	12.34	67.40	16.94	
	C	41.43	5.15	46.09	3.93	69.03	20.01	
	M	79.94	13.44	107.58	12.34	131.36	14.27	
.019 x .025	D	39.33	1.71	90.28	15.03	141.16	20.41	D<C<Q<M 0°<5°<10°
	Q	98.94	17.97	138.31	26.58	224.07	27.09	
	C	95.14	22.31	140.92	22.84	172.03	19.22	
	M	102.38	11.98	183.80	22.81	287.63	26.34	

D : Damon3 MX, Q : Quick, C : Clippy-C, M : Micro-arch

SNK : Student-Newman-Keuls (p<0.05)

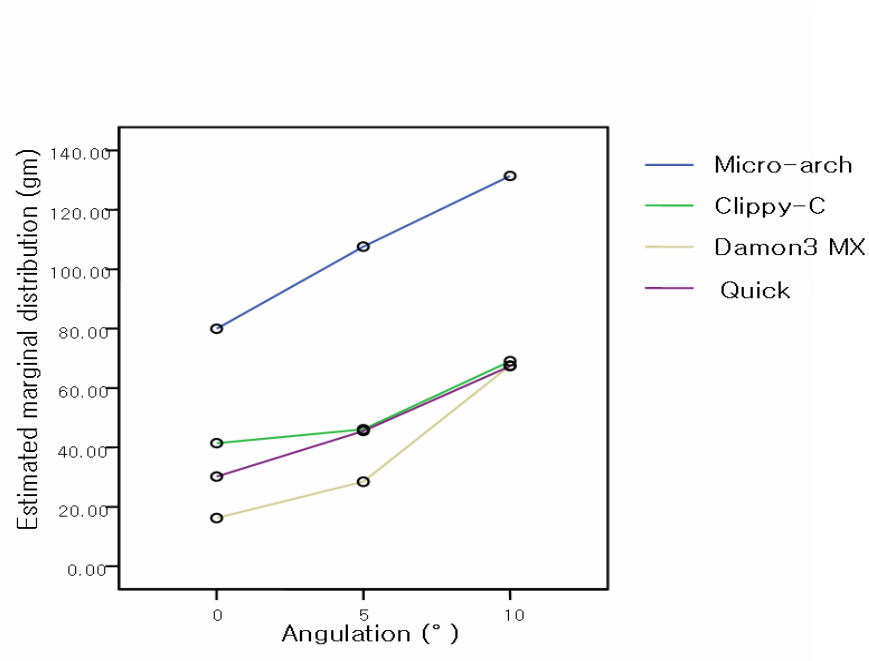

Fig 5. Estimated marginal distribution of kinetic friction of .018 round wire

.019 x .025 스테인레스 스틸 교정선에서 측정된 동적 마찰력은 .018 스테인레스 스틸 교정선의 측정치보다 전체적으로 크게 나타났다.

.019 x .025 스테인레스 스틸 교정선에서 브라켓-교정선간의 경사가 0°인 경우 동적 마찰력은 Damon3 MX 브라켓이 유의하게 낮았으며, Clippy-C와 Quick, Micro-arch 브라켓이 유사하게 나타났다.

브라켓-교정선간의 경사가 5°인 경우 동적 마찰력은 Damon3 MX 브라켓이 유의하게 낮게 나타났으며, Quick 브라켓과 Clippy-C 브라켓이 비슷하게 측정되었다. Micro-arch가 가장 큰 마찰저항을 보였다.

브라켓-교정선간의 경사가 10°인 경우 동적 마찰력은 Micro-arch, Quick, Clippy-C, Damon3 MX 브라켓 순으로 크게 나타났다.

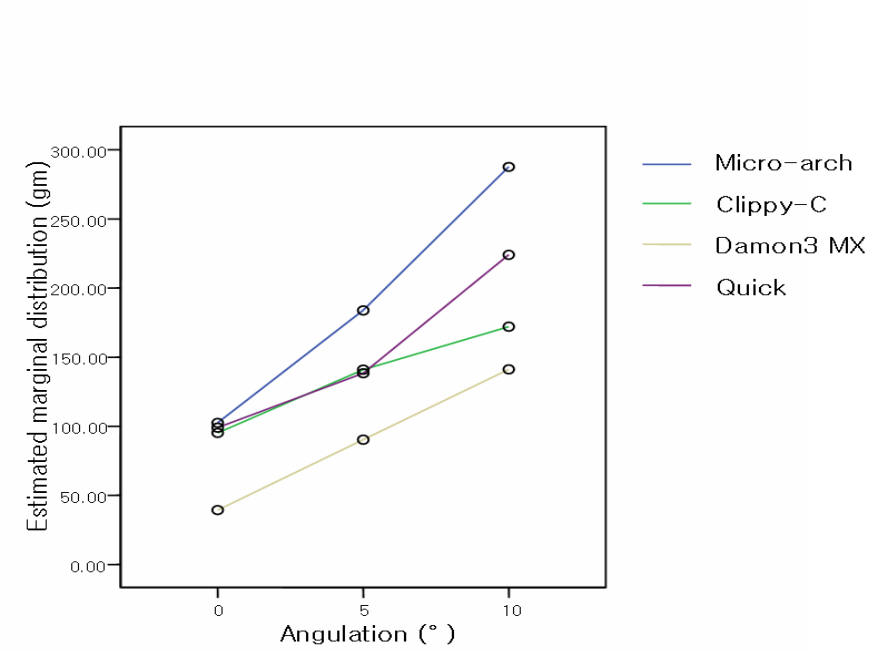

Fig 6. Estimated marginal distribution of kinetic friction of .019 x .025 s-s wire

Ⅳ. 고 찰

교정선으로부터 치아에 전달되는 힘은 브라켓 슬롯을 통해 나타나며. 교정선과 브라켓 슬롯간에 마찰력이 발생한다. 치아 이동시 최적의 힘을 얻는것이 중요하며, 마찰력을 파악하는 것이 선행과제이다. (최 등, 2006) Kusy와 Whitley(2002)에 의하면 마찰력으로 인한 교정력의 손실은 12-60% 가까이 되며, 발치를 동반한 치료에서 고정원의 소실을 초래할 수 있다고 하였다. 적절한 치아의 이동을 위해 브라켓과 교정선 사이에서 발생하는 마찰력의 정도를 이해하는 것이 교정치료에서 중요하다.

Cacciafesta(2003)에 의하면 마찰력에 영향을 주는 변수로는 교정선, 브라켓, 결찰방식, 구강내 환경, 교정장치등을 들 수 있다.

교정선은 재료, 형태 등에 따라 다양하며, 일반적으로는 스테인레스 스틸 교정선이 낮은 마찰 저항을 나타내며, 교정선이 두꺼울수록, 원형보다는 각형 교정선이 마찰저항이 크다고 보고하였다.(성 등, 1991) 본 실험에서는 스테인레스 스틸와이어만을 이용하였으며, Garner(1986)의 보고와 유사하게 모든 실험군에서 원형 호선보다 각형 호선에서 마찰력이 크게 측정되었다. 원형 호선보다는 각형 호선이 슬롯에 대한 실제 접촉 면적이 증가하고, 각형 호선에 비해 원형 호선이 브라켓 슬롯내에서 토크를 일으키지 않고 유연하여 마찰 저항이 적다고 보고하였다. 또한, 브라켓-호선 각도 변화에 따른 마찰력의 증가도는 각형 호선에서 크게 나타났다.

브라켓에 따른 마찰력의 차이에서는 일반적으로 세라믹 브라켓이나 레진 브

라켓에 비하여 금속 브라켓의 마찰저항이 낮다고 Cacciafesta(2003)는 보고하였다. 세라믹 브라켓은 표면 거칠기로 인하여 교정선과 바인딩 되기 쉬워서, 상대적으로 연마가 용이하고 부드러운 표면을 가진 금속 브라켓보다는 마찰 저항이 크다. 이번 실험에서도 결찰 방식이 다르기는 하지만, active clip을 가진 금속 형태의 자가 결찰 브라켓과 세라믹 형태의 자가 결찰 브라켓의 마찰저항을 비교해 보았다.

브라켓 재질에 따른 마찰력에 미치는 영향을 보면, 세라믹 브라켓이 심미성은 뛰어나지만, 금속브라켓에 비해 브라켓 슬롯내에서 높은 마찰력이 단점으로 지적되어 왔다.(Pratten, 1990) 세라믹 브라켓내에 금속 슬롯을 넣어 물리적인 개선을 도모하였지만, 아직 금속 브라켓에 비해서는 마찰력이 크다.(최윤정 등, 2006)

Kusy(1999)는 활주 역학을 위해 교정선과 브라켓 슬롯간의 접촉각의 역할에 대해 연구 하였는데, 브라켓과 교정선간에 여유공간이 없어지고, 마찰력이 증가하는 임계 경사도를 계측하고, 약 3.7° 이내에서 일어난다고 보고하였다.

Pizzoni 등(1998)은 자가 결찰 브라켓의 경우 0°, 3°의 경우에는 활주 저항이 낮았으며, 6°, 9°, 12° 각도의 증가에 따라 활주 저항이 비례적으로 증가한다고 보고하였다.

브라켓-호선 각도에 따른 마찰력의 비교에 있어서 Frank와 Nicolai(1980)는 각도가 증가함에 따라 결찰에 의한 수직 항력의 영향은 감소하고 호선의 stiffness에 따른 영향이 증가한다고 보고 하였다. 본 실험에서는 브라켓- 호선간에 0°, 5°, 10° 의 각도를 부여하였는데, 0°-5° 구간에서 보다 5°-10° 구간에서 마찰력의 증가도가 크게 나타났다.

결찰방식에 대하여는 기존의 고무링이나 금속 결찰선을 이용하는 일반 브라켓보다, 자가 결찰방식이 마찰력을 줄이는데 효과적이라고 보고하였다. Thurow(1975)는 금속 결찰선이 고무링보다 더 큰 강도를 가지므로, 치아이동시 걸림 또는 정지 운동이 빈발될 수 있어 더 큰 마찰력을 나타낸다고 하였고, 이와 유사한 결과가 보고 되었다.(신현정 등, 1998)

교정선이 0°의 각도로 평행하게 움직이는 것과는 달리 각도가 증가함에 따라 브라켓의 슬롯의 양끝 부분에서의 수직력이 발생되어 교정선을 브라켓의 슬롯에 바인딩하는 힘이 발생되어 치아의 활주운동을 방해할 수 있다.

Berger(1990)는 자가 결찰 방식인 SPEED 브라켓에서 12-23%의 마찰력의 감소를 보였다고 보고하였다. Cacciafesta(2003)는 레진 형태의 자가 결찰 브라켓보다 금속 형태의 자가 결찰 브라켓이 마찰력이 작다고 보고하였고, 일반 금속 브라켓과 비교하여도 유의성 있게 작다고 하였다.

Kusy 등(2001)은 브라켓과 교정선간에 각도를 주고 다양한 종류의 금속 자가 결찰 브라켓과 일반 금속 브라켓에서의 마찰력을 비교하였는데, passive slide를 가진 브라켓의 경우 마찰저항이 낮았으며, active clip을 가진 브라켓은 다양한 정도의 마찰저항을 보인다고 보고하였다.

Thomas 등(1998)은 Damon SL 브라켓이 active clip을 가진 Time 브라켓보다 모든 교정선에서 낮은 마찰력을 보인다고 하였고, Tecco 등(2005)은 Damon SL II 브라켓이 active clip을 가진 Time plus 브라켓보다 원형 교정선에서는 낮은 마찰력을 보였지만, 각형 교정선에서는 높은 마찰력을 보인다고 하였다.

Thorstenson 등(2002)은 passive slide를 가진 자가 결찰 브라켓이 임계 접촉각이 커서 활주시 낮은 마찰 저항을 보인다고 보고하였다.

본 실험에서는 passive slide를 가진 자가 결찰 브라켓이 전체 각도에서 마찰력이 유의성 있게 작게 측정되었다. active clip을 가진 자가 결찰 방식에 있어서는 원형 호선에서는 세라믹 자가 결찰 브라켓과 유사하게 나타났으며, 각형 호선에서는 세라믹 자가 결찰 브라켓이 마찰 저항이 작게 나타났다.

이전의 연구의 결과와 유사하게 마찰저항은 브라켓-호선 경사도의 증가와 함께 증가하였다. 특이한것은 기존의 결찰방식에 의한 마찰력의 변화에 비해 자가결찰 브라켓은 모든 그룹에서 서서히 증가하는 것을 볼 수 있었다.

passive slide를 가진 Damon3 MX 브라켓이 전체 각도와 교정선상에서 낮은 마찰력을 보였으며 각도에 따른 마찰력의 증가도 완만한 증가를 보였다. 세라믹 자가 결찰 브라켓은 초기 각도에서 비교적 높은 마찰력을 보여주었으며 각도의 증가에 따라 완만한 마찰력의 증가를 보였다.

초기 각도에서 세라믹 자가 결찰 브라켓이 마찰저항이 높게 나타나는 이유는 세라믹이라는 물성으로 인하여 금속 슬롯보다는 브라켓 슬롯내에서 교정선과 바인딩되기 쉬워 active clip형태의 금속 자가 결찰 브라켓보다는 마찰저항이 약간 크게 나타났다.

브라켓-호선 각도가 증가하면서 active clip 형태의 금속 자가 결찰 브라켓보다 낮은 마찰력을 보였다. 세라믹 자가 결찰 브라켓의 clip 형태가 금속 형태의 active clip 자가 결찰 브라켓보다 더 유연하고, 브라켓 폭경이 넓어서 접촉각이 줄어서 활주시 유리하다.

브라켓 폭경도 브라켓과 교정선이 이루는 접촉각에 영향을 준다. 브라켓 폭경이 증가하면 접촉각이 줄어든다 (서 등, 2007) 또한, 브라켓 폭경이 치근의 근원심 위치를 조절하는 모멘트에 영향을 미치고, 브라켓 폭경이 넓어질수록 모멘트를 생성하는데 힘이 덜 필요하며, 접촉각을 줄여주며, 활주를 이용한 공간폐쇄에도 유리하다.

본 실험에 대조군으로 사용된 금속 브라켓이 결찰방식 뿐 아니라, 브라켓 폭경이 자가 결찰 브라켓 보다 작아서 브라켓-호선의 각도가 증가함에 따라 마찰력이 증가하는 요인으로 작용하였다. 전체적으로 모든 각도와 교정선의 조합에서 일반적인 형태의 금속 브라켓이 마찰 저항이 크게 나타났다.

마찰력의 감소라는 장점에도 불구하고, 심미성이 떨어지는 금속 형태의 자가결찰 브라켓을 보완하기 위해 레진이나 세라믹을 접목해 심미성을 증진시키려는 노력이 있어왔다.

세라믹 자가 결찰 브라켓이 결찰양식이나, 심미적인 면을 감안할 때, 각형 호선에서 금속형태의 active clip 자가 결찰 브라켓에 비해 마찰저항이 낮게 나타난것은 임상적으로도 의미가 있으리라 여겨진다.

다만, 세라믹 브라켓의 단점인 브라켓 풍융도, 윙 부위의 파절성, 대합치 법랑질 마모나 브라켓 제거시의 법랑질 손상등은 세라믹 자가 결찰 브라켓에서도 유의깊게 살펴보아야 할것이다. 또한, 세라믹 브라켓 슬롯 가장자리의 마찰력을 줄이기 위한 라운딩 처리하는 것도 마찰력 감소를 위한 유용한 방법일 것이다.

현재에도 물리적인 성질과 심미적인 면을 증진시키기 위한 여러 형태의 자가결찰 브라켓이 개발되고 있다. 장기간에 걸친 교정치료동안 심미적인 장점과 마

찰저항을 줄이는 효과가 유지 될 수 있을지의 결과는 계속 연구가 필요하리라 생각된다. 또한, 다양한 각도와 여러종류의 교정선에서 인공타액을 이용한 추가적인 실험이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

브라켓 각도 변화에 따른 자가 결찰 브라켓의 마찰력을 알아보기 위해, 세라믹의 자가 결찰 브라켓, 두가지 형태의 금속 자가 결찰 브라켓, 일반적인 금속 브라켓을 가지고 .018 스테인레스 스틸 와이어와 .019 x .022 스테인레스 스틸 와이어에서 0°, 5°, 10°의 각도를 부여하고 만능 시험기를 사용하여 정적 마찰력과 동적 마찰력을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. passive slide 형태의 자가 결찰 브라켓이 모든 교정 호선-각도 조합에서 유의성 있게 마찰 저항이 낮게 나타났다. ($p<0.05$)

2. 모든 브라켓 군에서 각도가 증가함에 따라 유의성 있게 마찰력이 증가하였다. ($p<0.05$)

3. .018 원형 스테인레스 스틸 교정선에서 active clip 형태의 자가 결찰 브라켓과 세라믹 자가 결찰 브라켓은 정적, 동적 마찰력의 평균차간에 유의차가 없었다. ($p<0.05$)

4. .019x.025 스테인레스 스틸 교정선에서 세라믹 자가결찰 브라켓이 active clip 형태의 자가 결찰 브라켓 보다 낮은 마찰 저항을 보였다. ($p<0.05$)

본 연구를 통해서 세라믹 자가 결찰 브라켓이 passive slide 형태의 금속 자가 결찰 브라켓에 비해서는 큰 마찰 저항을 보였지만, active clip 형태의 금속 자가 결찰 브라켓이나, 일반 금속 브라켓에 비해서는 낮은 마찰저항을 보였다. 세라믹 자가 결찰 브라켓이 적절한 형태의 보완과 표면 처리를 통해 임상에서 물리적인 마찰력의 개선 뿐 아니라, 심미적인 장점도 얻을 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

고정석, 양규호. 인공타액하에서 교정선과 bracket간의 마찰력에 대한 연구, 대치교정지 18: 55-63, 1998.

곽춘. 시간경과에 따른 교정용 bracket과 교정선 사이의 마찰력 변화에 관한 연구, 대치교정지 23: 283-94, 1993.

민정미, 서정훈. 치아의 활주 운동시 교정용 bracket과 archwire 사이에서 발생하는 마찰 저항력에 관한 비교 연구, 대치교정지 18: 156-62, 1998.

성현미, 박영철. 교정용 bracket과 arch wire 사이의 마찰 저항에 대한 비교 연구, 대치교정지 21: 543-57, 1991.

신현정, 권오원, 김교한. 결찰양식이 교정용 브라켓과 교정선 사이의 마찰력에 미치는 영향, 대치교정지 28: 1-15, 1998.

이재환, 이기수. 교정용 브라켓과 강선 사이의 운동 마찰 저항력에 관한 실험적 연구. 대치교정지 31: 467-77, 2001.

정태종, 최목균. 교정용 브라켓과 교정선 사이의 마찰력, 대치교정지 30: 613-23, 2000.

최윤정, 박영철. 세라믹 브라켓의 종류 및 브라켓 슬롯과 와이어 각도에 따른 마찰 저항 차이. 대치교정지 36: 207-217, 2006.

한정숙, 이진우, 차경석. 교정선의 종류, 결찰방법, 타액의 유무에 따른 마찰력의 비교연구, 대치교정지 31: 271-81, 2001.

황현식, 박영철. 인공타액하에서 수종 교정선의 마찰력에 관한 실험적 연구, 대치교정지 19: 245-55, 1989.

Bedner JR, Gruendeman GW, Sandrik JL. A comparative study of frictional forces between orthodontic brackets and wire, Am J Orthod Dentofacial Orthop 100 :513-22, 1991.

Berger JL. The influence of the SPEED bracket's self ligating design on force levels in tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop 97: 219-28, 1990.

Berger J. Self-ligation in the year 2000. J Clin Orthod 34: 74-81, 2000.

Caccifesta V, Sfondrini MF, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combinations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 124: 395-402, 2003.

Caccifesta V, Sfondrini MF, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of conventional and metal insert ceramic brackets in various bracket-archwire combinations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 124: 403-9, 2003.

Frank CA, Nikolai RJ. A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire. Am J Orthod 78: 593-609, 1980

Garner LD, Allai WW, Moore BK. A comparison of frictional forces during simulated canine retraction of a continuous edgewise archwire. Am J Orthod 90: 199-203, 1986.

Graber, T.M. and Swain, B.F. Current orthodontic concepts and techniques 2nd ed. Philadelphia, USA, W.B. Saunders Co. 194-213, 1975.

Kusy RP, Whitley JQ. Influence of archwire and bracket demensions on sliding mechanics: deriations and determinations of the critical contact angles for bings. Eur J Orthod 21: 199-208, 1999.

Majjer R, Smith DC. Time savings with self-ligating brackets. J Clin Orthod 24: 29-31, 1990.

Peterson L, Spencer R, Andreason G. A comparison of friction resistance for Nitinol and stainless steel wire in edgewise brackets, Quintessence Int 13: 563-71, 1982.

Pizzoni L, Ravnholt G, Melson B. Frictional forces related to self-ligating brackets. Eur I Orthod 20: 283-91, 1998.

Prasanna Kumar Shivapuja and Jeff Berger. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop 106: 472-480, 1994.

Pratten, Popli, Germane, Gunsolley. Frictional resistance of ceramic and stainless steel orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 98: 398-403, 1990.

Proffit, W.R. : Contemporary orthodontics, St. Louis, USA, The C.V. Mosby Co. 263-64, 1986

Stolzenberg J. the Russell attachment and its improved advantages. Int J Orthod Dent Child 21: 837-40, 1935.

Stoner MM. Force control in clinical practice. Am J Orthod 46: 163-8, 1960.

Thorson GA, Kusy RP. Comparison of resistance to sliding between different self-ligating brackets with second-order angulation in dry and saliva states. Am J Orthod Dentofacial Orthop 121: 472-82, 2002.

Thorson GA, Kusy RP. Effect of archwire size and material on the resistance to sliding of self-ligating brackets with second-order angulation in dry and saliva states. Am J Orthod Dentofacial Orthop 122: 295-305,2002.

Thurow RC. Elastic ligatures binding forces, and anchorage taxation. Am J Orthod 67: 694, 1975.

Tidy DC. Frictional forces in fixed appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop 96: 249-54, 1989.

Vittorio Cacciafesta, Maria Francesca, andrea Ricciardi, Andrea Scribante, Catherine Klersy and Ferdinando Auricchio. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combinations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 124: 395-402, 2003.

Abstract

A comparative study of frictional study between self-ligating bracket and wire

Souk Min Lee

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor **Chung Ju Hwang**, D.D.S., Ph.D)

The purpose of this study was to mesure and compare the level of frictional resistance generated from three self-ligating brackets; 1, Clippy-C, Tomy, Tokyo, Japan; 2, Damon 3 MX, Ormco, CA, USA; 3, Quick, Forestadent, Germany; and conventional stainless steel brackets, Micro-arch, Tomy, Tokyo, Japan as controls. Brakets were tested with the 2nd order angulation of 0°, 5° and 10° with .018 stainless steel wire and .019 x .025 stainless steel wire. The static and kinetic frictional forces were measured on the universal testing machine. The arch wire were slid through the brackets at 10 mm/min.

1. The passive type self-ligating brackets generated a significantly lower frictional force than other brackets. ($p<0.05$)

2. As the angle increased, the frictioanal force significantly increased. ($p<0.05$)
3. With .018 S-S wire, the ceramic type self-ligating brackets showed similar frictional resistance value with active type self-ligating brackets. ($p<0.05$)
4. With .019x.025 S-S wire, the ceramic type self-ligating brackets showed lower frictional resistance value than active type self-ligating brackets. ($p<0.05$)