

교정치료 시 간접 고정원으로서
미니스크류 지지 치아의 안정성

연세대학교 대학원

치 의 학 과

장 우 원

교정치료 시 간접 고정원으로서
미니스크류 지지 치아의 안정성

지도교수 김 경 호

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2013년 6월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

장 우 원

장우원의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2013년 6월 일

감사의 글

논문이 완성되기까지 따뜻한 배려와 관심으로 지도해 주신 김경호 교수님께 진심으로 감사 드리며, 바쁘신 와중에도 세심한 조언과 가르침을 아낌없이 베풀어 주신 정주령 교수님과 언제나 저의 부족함을 열정과 사랑으로 채워주신 최윤정 교수님께 깊이 감사 드립니다.

교정에 대하여 많은 가르침을 주신 박영철 교수님, 백형선 교수님, 황충주 교수님, 유형석 교수님, 이기준 교수님, 차정열 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

그리고 통계뿐만 아니라 자신의 일처럼 여러모로 저의 논문을 도와주신 임현선 선생님께도 고개 숙여 감사의 인사를 드립니다.

오랜 수련 기간 동안 함께 동고동락하면서 큰 힘이 되어준 성아를 비롯하여, 부족한 저를 도와주고 함께 생활해 온 의국원들에게도 감사의 말을 전합니다.

아울러 서로를 격려해 주면서 끝까지 수련의 길을 정진할 수 있게 도와준 강남세브란스 치과병원 동기들에게도 감사하다는 말을 하고 싶습니다.

마지막으로 언제나 변함없는 사랑과 응원을 보내준 가족들에게 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.

2013년 6월

장 우 원

차 례

표 차례	iii
그림 차례	iv
국문 요약	v
I. 서론	1
II. 연구 대상 및 방법	4
가. 연구 대상	4
나. 연구 방법	7
1. 치아석고모델의 디지털 스캐닝 및 중첩	7
2. 디지털 치아 모델 상에서 계측점 표시 및 계측점 간의 거리 측정	8
3. 미니스크류 지지 치아의 이동량에 영향을 주는 요소	13
4. 통계분석	14
III. 연구 결과	15
가. 조사자 내 측정 오차	15
나. 미니스크류 지지 치아와 치료 받지 않은 치아의 치료 전후 이동량 비교	16
다. 미니스크류 지지 치아의 x, y, z축 이동량	17
라. 교정치료를 받은 치아의 이동양상에 따른 미니스크류 지지 치아의 이동방향	18

마. 미니스크류 지지치아의 이동량에 영향을 주는 요소.....	19
IV. 총괄 및 고찰.....	21
V. 결론.....	26
참고 문헌.....	28
영문 요약.....	30

표 차례

Table 1. Demographic features of subjects	4
Table 2. Number of teeth in the experimental and control groups	6
Table 3. Comparisons of measurements between miniscrew-supported tooth and untreated tooth	9
Table 4. Miniscrew-supported tooth movement on transverse, vertical, and sagittal planes	11
Table 5. Direction of miniscrew-supported tooth movement followed by different types of orthodontic treatment	12
Table 6. Contributing factors to the movement of miniscrew-supported tooth	16

그림 차례

Figure 1. Indirect anchorage for the intrusion of the maxillary left 2 nd molar	8
Figure 2. Landmarks in the maxillary arch	13
Figure 3. Landmarks in the mandibular arch	18
Figure 4. X, y, z axes of 3D model in this study	19

국문요약

교정치료 시 간접 고정원으로서 미니스크류 지지 치아의 안정성

본 연구에서는 미니스크류 지지 치아를 고정원으로 이용하여 부분 교정치료를 받은 환자의 치료 전후 모델을 3차원적으로 중첩하고 측정함으로써, 미니스크류 지지 치아의 이동량과 이동 양상에 영향을 미치는 요소를 알아보고자 하였다.

부분 교정치료를 받은 총 28명 (남자 15명/여자 13명)의 환자들을 대상으로 하여, .019x.025” stainless steel wire를 통해 미니스크류와 연결되어 고정원 역할을 하는 치아 (미니스크류 지지 치아, n=52)를 실험군으로, 실험군과 같은 악궁 내에 존재하면서 반대측에 위치한 제 1, 2소구치 (n=55)를 대조군으로 선정하였다. 부분 교정치료는 대구치 압하(10명), 대구치 직립(7명), 맹출 유도(5명), 기타(전치부 배열 5명, 구치부 전방이동 1명)를 시행하였다.

치료 전후 치아석고모델을 1:1 비율로 디지털 스캐닝하고 상악 모델은 전방 3번째 좌우 구개주름을 기준으로 중첩하였으며, 하악 모델은 교정력을 가하지 않은 치아를 기준으로 중첩하여 실험군과 대조군의 이동량을 비교하였다. 실험군이 3차원적으로 어느 방향으로 유의하게 많이 이동하는지, 특히 교정치료를 받은 치아의 이동양상에 따라 실험군이 어느 방향으로 유의하게 많이 이동

하는지 측정하였다. 또 실험군의 이동량에 영향을 미칠 것으로 예상되는 요소를 선정하고 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 미니스크류 지지 치아의 이동량은 평균 $0.91 \pm 0.50\text{mm}$ 로, 치료 받지 않은 치아($0.34 \pm 0.19\text{mm}$)에 비해 교정 치료 후 유의하게 많이 이동하였다($p < 0.001$).
2. 미니스크류 지지 치아는 치료 받지 않은 치아에 비해 수평적, 수직적, 전후방적으로 모두 유의하게 많이 이동하였으나($p < 0.001$) 그 중 어느 한 방향으로 유의하게 이동하지는 않았다($p > 0.05$).
3. 미니스크류 지지 치아는 구치 압하와 직립시 치료 받지 않은 치아에 비해 유의한 수준으로 압하 및 전방 이동하였으며 맹출 유도시 압하되었다($p < 0.05$).
4. 미니스크류 지지 치아는 상악보다 하악에서 유의하게 많이 이동하였다($p < 0.05$).

미니스크류와 연결되어 고정원 역할을 하는 치아는 부분 교정치료에 효과적으로 사용될 수 있지만, 교정치료에 포함되지 않은 치아에 비해서 유의하게 많이 이동하므로 고정원의 보강과 교합관계의 변화에 대한 면밀한 관찰을 통해 성공적인 치료 결과를 얻을 수 있다.

핵심 되는 말: 간접 고정원, 미니스크류, 부분 교정치료

교정치료 시 간접 고정원으로서 미니스크류 지지 치아의 안정성

연세대학교 대학원 치의학과

(지도 김 경 호 교수)

장 우 원

I. 서론

미니스크류는 신뢰성 있는 고정원을 제공하여 최근 교정치료에서 광범위하게 사용되고 있다. 최근 증가 추세인 성인 및 부분 교정치료는 치료 목표가 소수의 치아에 국한되며, 이에 따라 움직여야 할 치아와 움직이지 않아야 할 치아가 명확하게 구분되기 때문에 미니스크류와 같은 고정원의 활용이 유리하다. 미니스크류에 직접 힘을 적용하여 치아를 움직이는 경우 교정력의 크기와 방향을 정밀하게 조절하기 어렵고, 비각화 치은이나 협측 소대, 협소한 치근간 공간 등의 해부학적 한계가 존재하는 경우에는 미니스크류를 원하는 위치에 식립하기 어려운 단점이 있다. 하지만 미니스크류와 치아를 연결하고 치아를

고정원으로 사용하는 간접 고정원 방식은 미니스크류에 직접적인 교정력을 적용하는 것이 아니라 미니스크류와 연결된 치아에 부착된 브라켓을 통해 교정력이 전달되므로 정밀한 치아이동을 구현하는 것이 가능하며 해부학적 한계점을 피해 보다 유리한 위치에 미니스크류를 식립할 수 있다는 장점을 가지고 있다.(Celenza, 2003; Choi et al., 2007)

하지만 교정용 미니스크류는 골성 유착을 하지 않는다면 점에서(Verna et al., 1999) 절대적인 고정원이라고 볼 수 없으며 교정력 적용시 미니스크류의 헤드는 1~1.5mm 가량 이동할 수 있다는 것이 보고된 바 있다.(Liou et al., 2004) El-Beialy 등(El-Beialy et al., 2009)은 구강 내에 식립된 40개의 미니스크류 중 탈락하지 않은 33개의 미니스크류에 6개월 간 힘을 가하고 3D CT 상에서 3차원 부피 중첩을 시행한 결과, 유의한 수준으로 미니스크류 헤드(평균 1.1mm)가 움직였으며 정출 (평균 0.5mm)되었다고 보고하였다. 또한 Choi 등(Choi et al., 2007)에 의하면 상악 제 1소구치를 미니스크류에 연결하여 구치부를 후방 이동시킨 증례에서, 임상적으로 상악 제 1소구치의 움직임이 관찰되었다고 한다. 따라서 미니스크류에 연결된 치아에 힘을 가하는 간접 고정원 방식을 이용할 경우 어느 정도의 치아 이동이 있을 것이라고 예측해 볼 수 있다.

부분 교정치료에서 고정원의 움직임은 곧 부분 교정치료의 실패를 의미하며 전체적인 교정치료를 통해서만이 이러한 문제를 해결할 수 있으므로, 간접 고정원의 안정성은 치료의 성공을 위해 필수적인 요소라 할 수 있다. 그러나 현

재까지 이런 간접 고정원 치아에 교정력이 가해질 경우 미니스크류 지지 치아 (간접 고정원 치아)가 움직이는지, 움직인다면 얼마만큼 움직이는지에 대한 정량적인 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

최근 빠른 속도로 발전하고 있는 3차원 모델 분석은 여러 연구를 통해 그 정밀성과 재현성이 입증되고 있다. 3차원 모델 분석이 기존의 치아 석고모델 분석을 대신하여 진단과 치료계획 수립에 사용될 수 있으며, 상악 모델의 경우 구개주름 부위가 교정치료 전후의 모델 비교시 위치와 형태가 변하지 않는 비교적 안정적인 구조물이라는 것이 여러 연구에서 보고된 바 있다.(Fleming et al., 2011; Sousa et al., 2012) 따라서 본 연구에서는 미니스크류 지지 치아를 고정원으로 부분 교정치료를 받은 환자의 치료 전후 모델을 3차원적으로 중첩하고 분석함으로써, 미니스크류 지지 치아의 이동 여부와 이동 양상, 그리고 이동 양상에 영향을 미치는 요소에는 어떤 것이 있는지에 대해서 알아보았다.

II. 연구대상 및 방법

가. 연구 대상

이 연구는 2007년 5월부터 2013년 2월까지 강남세브란스병원 치과 교정과에 내원하여 미니스크류와 치아를 연결하고 그 치아를 간접 고정원으로 사용하여 부분 교정치료를 받은 총 28명 (남자 15명/ 여자 13명)을 연구대상으로 후향적 방법으로 진행되었다. 초진시 나이는 평균 29.9세 (남 28.2세/ 여 31.4세)였으며 치료 기간은 평균 1.1년 (남자 1.2년/ 여자 1.0년)이었다 (Table 1). 부분 교정치료는 대구치 압하(10명), 대구치 직립(7명), 맹출 유도(5명), 기타(전치부 배열 5명, 구치부 전방이동 1명)를 시행하였다.

미니스크류와 연결되어 고정원 역할을 하는 치아 (미니스크류 지지 치아, n=52)를 실험군으로 하였으며, 실험군 치아와 같은 악궁 내에 존재하며 교정력이 가해지지 않은 반대측 제 1소구치와 제 2소구치 (n=55)를 대조군으로 선정하였다(Table 2).

미니스크류 식립 후 2주간의 치유 기간을 거친 뒤 미니스크류와 간접 고정원으로 사용할 치아를 .019x.025” stainless steel (SS) wire로 연결하였다. 미니스크류는 ORLUS®(Ortholution, Seoul, Korea)와 ACR Mini-implant®(BioMaterials Korea Inc., Seoul, Korea) 두 종류를 사용하였으며 (diameter, 1.2, 1.6, 1.8mm; length, 6, 7, 8mm) 협측 및 구개측 치근간 치조

골에 식립하였다. 미니스크류 지지 치아와 미니스크류를 연결한 .019x.025” SS wire는 Esthet. X flow[®](Dentsply, New York, USA)를 이용하여 치아와 미니스크류에 접착되었다(Fig 1).



Fig 1. Indirect anchorage for the intrusion of the maxillary left 2nd molar

Table 1. Demographic features of subjects

	Age (year)			Treatment duration (year)
	Mean \pm SD	Minimum	Maximum	
Male (n=15)	28.2 \pm 11.7	15.6	45.1	1.2 \pm 0.4
Female (n=13)	31.4 \pm 12.8	13.3	56.0	1.0 \pm 0.7
Total (n=28)	29.9 \pm 12.1	13.3	56.0	1.1 \pm 0.6

SD, standard deviation

Table 2. Number of teeth in the experimental and control groups

	Experimental group		Control group	
Maxilla	Canine	5		
	1 st premolar	6	1 st premolar	14
	2 nd premolar	7	2 nd premolar	17
	1 st molar	6		
	2 nd molar	1		
Mandible	Canine	1		
	1 st premolar	6	1 st premolar	13
	2 nd premolar	10	2 nd premolar	11
	1 st molar	10		
Total		52		55

나. 연구방법

1. 치아석고모델의 디지털 스캐닝 및 중첩

치료 전과 후의 치아석고모델을 1:1 비율로 디지털 스캐닝하였으며 (KOD500, Orapix, Seoul, Korea) 스캐닝한 치료 전후의 치아석고모델을 중첩하여 실험군과 대조군의 치아 이동량을 측정하였다.(Rapidform2006, INUS, Seoul, Korea) 치아 이동을 분석하기 위해 상악에서는 가장 안정된 구조물로 알려진 전방 3번째 좌우 구개주름을 기준으로 모델 중첩을 시행하였고(Bailey et al., 1996; Shukla et al., 2011) 하악에서는 교정력을 가하지 않은 치아(대조군)를 기준으로 중첩하였다.

2. 디지털 치아 모델 상에서 계측점 표시 및 계측점 간 거리 측정

디지털 스캐닝한 치료 전후 치아모델은 Rapidform 2006을 이용하여 실험군, 대조군 치아 및 교정력을 통해 이동한 치아에 계측점이 표시되었다. 상하악 견치는 교두점, 상하악 제 1, 2 소구치는 협설측 교두점, 상악 제 1, 2 대구치는 근심협측, 원심협측 및 구개측 교두점, 하악 제 1, 2 대구치는 근원심협측 교두점과 근원심설측 교두점을 계측점으로 설정하였다.(Smith et al., 2012)(Figs 2 and 3) 수복치료를 받았거나 마모로 인해 교두의 형태가 변한 경우 교두 상에서 가장 두드러진 지점을 일정하게 선택하였다.

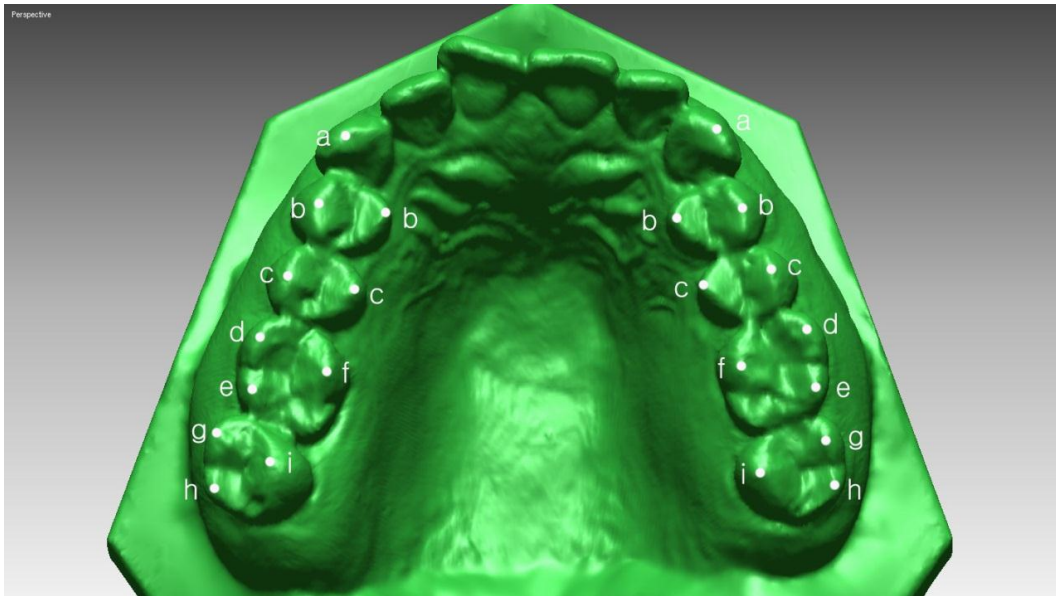


Fig 2. Landmarks in the maxillary arch

a, cusp tip of maxillary canine; b and c, buccal and palatal cusp tip of maxillary 1st and 2nd premolar, respectively; d, e, and f, mesiobuccal, distobuccal, and palatal cusp tip of maxillary 1st molar, respectively; g, h, and i, mesiobuccal, distobuccal, and palatal cusp tip of maxillary 2nd molar, respectively

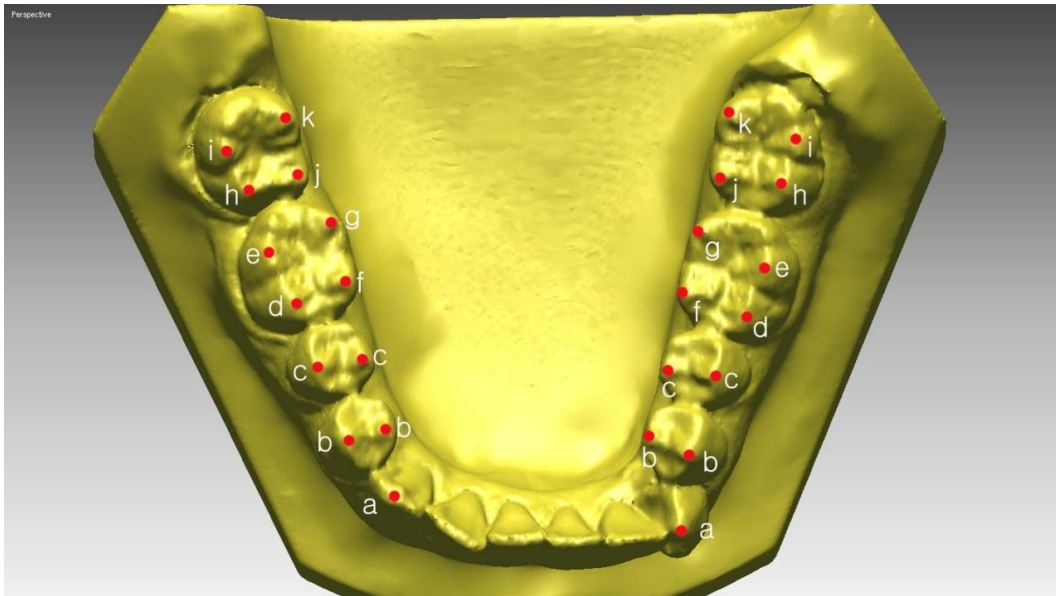


Fig 3. Landmarks in the mandibular arch

a, cusp tip of mandibular canine; b and c, buccal and lingual cusp tip of mandibular 1st and 2nd premolar, respectively; d, e, f, and g, mesiobuccal, distobuccal, mesiolingual, and distolingual cusp tip of mandibular 1st molar, respectively; h, i, j, and k, mesiobuccal, distobuccal, mesiolingual, and distolingual cusp tip of mandibular 2nd molar, respectively

기준점 (0,0,0)은 각 환자의 치료 전후 중첩된 디지털 이미지 상에 설정된 임의의 점으로서 이를 기준으로 하여 각 계측점의 위치는 (x, y, z) 좌표값으로 표시되었다. 각 환자마다 중첩된 이미지 상에서 표시된 계측점의 좌표값은 일정하였다. x축은 transverse plane(buccal +; lingual -), y축은 vertical plane(upper +; lower -), z축은 sagittal plane(anterior +; posterior -)으로 설정하였다(Fig 4).

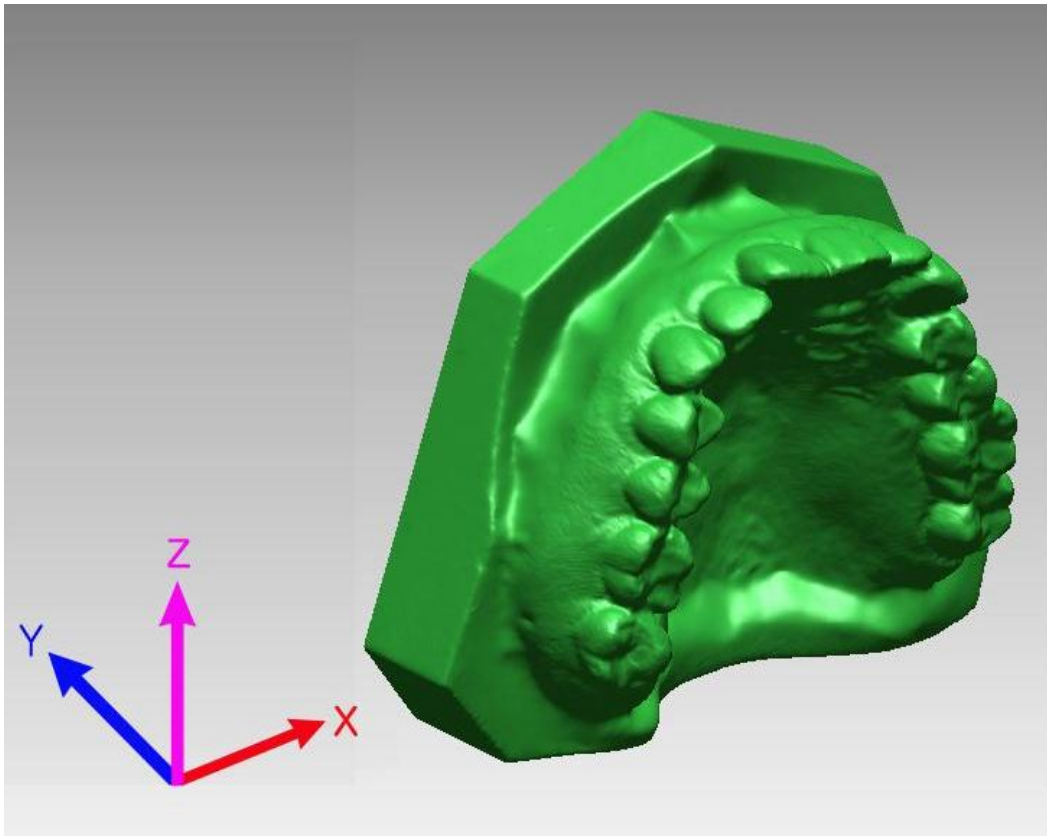


Fig 4. X, y, z axes of 3D model in this study

각 계측점의 이동량은 모델중첩 상태에서 측정한 치료 전후 동일 계측점 사이의 거리이며 x, y, z축 각각의 이동량 및 3차원 공간에서의 직선거리를 측정하여 실험군과 대조군 치아의 이동량과 이동방향을 비교하였다. 또한 교정치료를 받은 치아의 이동양상에 따른 미니스크류 지지 치아의 이동방향을 알기 위하여 구치 압하, 구치 직립, 맹출 유도에 따른 미니스크류 지지 치아의 수평적, 수직적, 전후방적 이동방향을 치료 받지 않은 치아와 비교하였다.

3. 미니스크류 지지 치아의 이동량에 영향을 주는 요소

미니스크류 지지 치아의 이동량에 영향을 줄 것으로 예상되는 변수를 크게 네 가지로 구분하여 각각의 요소가 유의한 영향을 미치는지 알아보았다. 첫 번째로 미니스크류와 관련된 요소로서 치료기간(미니스크류가 식립되어 힘을 받은 기간), 미니스크류의 위치(협측, 구개측, 협구개측 모두 식립)를 조사하였다. 두 번째로 미니스크류 지지 치아와 관련된 요소로서 미니스크류 지지 치아의 개수, 미니스크류 지지 치아의 위치(상악, 하악)를 조사하였다. 세 번째로 미니스크류와 미니스크류 지지 치아가 관련된 요소로서 미니스크류와 미니스크류 지지 치아 사이의 거리를 조사하였다. 네 번째로 교정력을 받은 치아와 관련된 요소로서 교정력을 받은 치아의 이동양상(구치 압하, 구치 직립, 맹출 유도, 기타)과 교정력을 받은 치아의 이동량을 조사하였다.

4. 통계분석

통계분석은 SAS 9.2 version(SAS institute, Cary NC, USA)을 이용하였다. Paired t-test 를 통해 연구대상자의 수가 충분한지 확인하였고,(Machin, D. et al., 1997; Zar, Jerrold H., 1984) 급내상관계수(Intraclass correlation coefficient, ICC)를 통해 조사자 내 측정 오차가 유의한지 확인하였다. 실험군과 대조군의 이동량 및 실험군의 이동량과 이동방향에 영향을 주는 요소를 찾기 위해 다중선형혼합모형(multiple linear mixed model)를 이용하였고 성별과 연령을 보정하여 시행하였다. 실험군이 x, y, z축 중 어느 방향으로 유의하게 많이 이동하는지, 그리고 교정치료를 받은 치아의 이동양상에 따른 실험군의 이동방향을 알기 위해 단순선형혼합모형(univariate linear mixed model)를 시행하였다.

III. 연구결과

가. 조사자 내 측정 오차

모든 계측은 한 명의 조사자가 시행하였다. 무작위로 5명의 환자를 추출한 후 2주 간격으로 미니스크류 지지 치아, 치료 받지 않은 치아, 교정력을 통해 이동한 치아의 모든 계측점을 재측정하여 급내상관계수(Intraclass correlation coefficient, ICC)로 재현성을 확인한 결과, 급내상관계수는 1로서 유의한 측정 오차가 있지 않음을 확인하였다.

나. 미니스크류 지지 치아와 치료 받지 않은 치아의 치료 전후 이동량 비교

미니스크류 지지 치아는 교정치료기간 동안 평균 $0.91 \pm 0.50\text{mm}$ 이동하여 평균 $0.34 \pm 0.19\text{mm}$ 이동한 치료 받지 않은 치아에 비해 유의하게 많이 이동하였다($p < 0.001$). 상하악 각각의 비교에서도 유의하게 많이 이동한 것이 확인되었다($p < 0.001$, Table 3).

Table 3. Comparisons of measurements between miniscrew-supported tooth and untreated tooth (unit: mm)

	Miniscrew-supported tooth (Mean \pm SD)	Untreated tooth (Mean \pm SD)	Significance
Maxilla	0.80 ± 0.56	0.37 ± 0.23	***
Mandible	0.98 ± 0.44	0.30 ± 0.11	***
Total	0.91 ± 0.50	0.34 ± 0.19	***

*** $p < 0.001$

다. 미니스크류 지지 치아의 x, y, z축 이동량

미니스크류 지지 치아는 수평적으로는 $0.50 \pm 0.41\text{mm}$, 수직적으로는 $0.41 \pm 0.40\text{mm}$, 전후방적으로는 $0.50 \pm 0.37\text{mm}$ 이동하였다. 미니스크류 지지 치아의 x, y, z 각 축에서의 이동량은 모두 치료받지 않은 치아에 비해 유의하게 컸다($p < 0.001$). 하지만 미니스크류 지지 치아는 x, y, z 축 중 어느 한 방향으로 유의하게 많이 이동하지는 않았다($p > 0.05$, Table 4).

Table 4. Miniscrew-supported tooth movement on transverse, vertical, and sagittal planes (unit: mm)

	Miniscrew-supported tooth (mean \pm SD)	Untreated tooth (mean \pm SD)	Significance
ΔX (transverse)	0.50 ± 0.41	0.18 ± 0.16	***
ΔY (vertical)	0.41 ± 0.40	0.09 ± 0.08	***
ΔZ (sagittal)	0.50 ± 0.37	0.22 ± 0.16	***
Significance	NS	NS	

NS, not significant; *** $p < 0.001$

라. 교정치료를 받은 치아의 이동양상에 따른 미니스크류 지지 치아의 이동방향

미니스크류 지지 치아는 구치 압하 시 치료 받지 않은 치아에 비해 유의하게 압하 및 전방 이동하였고, 구치 직립 시 유의하게 압하 및 전방 이동하였으며, 맹출 유도 시 유의하게 압하되었다($p < 0.05$, Table 5).

Table 5. Direction of miniscrew-supported tooth movement followed by different types of orthodontic treatment (unit: mm)

	Miniscrew-supported tooth (Mean \pm SD)			Untreated tooth (Mean \pm SD)
	Molar intrusion (n=24)	Molar uprighting (n=9)	Eruption guide (n=9)	
X (transverse)	-0.01 \pm 0.75	0.08 \pm 0.60	-0.06 \pm 0.37	-0.02 \pm 0.24
Y (vertical)	-0.29 \pm 0.55**	-0.35 \pm 0.51**	-0.36 \pm 0.39**	0.00 \pm 0.12
Z (sagittal)	0.20 \pm 0.59**	0.36 \pm 0.54**	-0.20 \pm 0.47	-0.03 \pm 0.27

* indicates comparison between miniscrew-supported tooth and untreated tooth for each type of orthodontic movement, ** $p < 0.01$; positive values indicate buccal, extrusive, and forward movement on x, y, and z axes, respectively, while negative values indicate lingual, intrusive, and backward movement on x, y, and z axes, respectively

마. 미니스크류 지지 치아의 이동량에 영향을 주는 요소

미니스크류 지지 치아의 이동량은 미니스크류 지지 치아의 위치에 따라 차이를 보였다. 하악에 위치한 미니스크류 지지 치아가 상악에 위치한 미니스크류 지지 치아보다 유의하게 많이 이동하였다($p < 0.05$). 반면 치료기간, 미니스크류의 위치, 미니스크류 지지 치아의 개수, 미니스크류와 미니스크류 지지 치아 사이의 거리, 교정력을 받은 치아의 이동량, 교정력을 받은 치아의 이동양상은 유의한 영향을 미치지 않았다($p > 0.05$, Table 6).

Table 6. Contributing factors to the movement of miniscrew-supported tooth

Factors	Variables	Number of miniscrew-supported tooth	Movement of miniscrew-supported tooth (mean \pm SD, unit: mm)	Sig.
Treatment duration	< 0.5 year	6	0.53 \pm 0.30	NS
	0.5~1.0 year	9	0.97 \pm 0.66	
	1.0~1.5 year	27	0.90 \pm 0.47	
	> 1.5 year	10	1.10 \pm 0.36	
Miniscrew location	Buccal	38	0.90 \pm 0.45	NS
	Palatal	6	0.57 \pm 0.27	
	Both	8	1.17 \pm 0.67	
Number of miniscrew-supported tooth	1	14	0.84 \pm 0.62	NS
	2	32	0.89 \pm 0.45	
	3	6	1.04 \pm 0.46	
Jaw	Maxilla	25	0.80 \pm 0.56	*
	Mandible	27	0.98 \pm 0.44	
Distance between miniscrew and miniscrew-supported tooth	1 ^A	44	0.87 \pm 0.47	NS
	2 ^B	8	1.01 \pm 0.45	
Amount of treated tooth movement	Continuous variable	52		NS
Movement type of treated tooth	1. Molar intrusion	24	0.96 \pm 0.50	NS
	2. Molar uprighting	9	1.00 \pm 0.41	
	3. Eruption guide	9	0.70 \pm 0.43	
	4. Others	10	0.76 \pm 0.69	

NS, not significant; * p <0.05; A, miniscrew is located at the interproximal space of miniscrew-supported tooth; B, miniscrew is located at the interproximal space of the tooth next to the miniscrew-supported tooth

IV. 총괄 및 고찰

미니스크류 지지 치아는 미니스크류와 연결된 간접 고정원으로서 교정치료 중 이동하지 않아야 한다. 하지만 본 연구를 통해 교정치료 기간 동안 미니스크류 지지 치아의 이동량은 약 0.9mm였으며 치료받지 않은 치아에 비해 유의하게 많이 이동했음을 알 수 있었다($p < 0.001$).

미니스크류 지지 치아가 움직인 이유에 대해서는 다음 원인들을 생각해 볼 수 있다.

우선 미니스크류와 연결강선 사이나 연결강선과 치아 사이의 결합이 실패했기 때문이다. 본 연구에서 사용한 유동성 복합레진은 결합력이 약하고, (Pick et al., 2010) 결합이 실패하였을 때 임상적으로 확인하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이로 인해 발생할 수 있는 미니스크류와 연결강선 사이의 유격만큼 미니스크류 지지 치아는 움직임이 허용되었을 것이다.

두 번째로 연결강선이 완전한 강체가 아니라는 점이다. 본 연구에서 사용한 .019x.025" SS wire는 비교적 높은 강성을 지니는 교정용 선재로서 전치부 견인 등의 교정치료에 널리 사용되지만 과도한 교정력 하에서 수직적, 수평적 휨 현상의 발생 역시 널리 알려진 사실이다. (Kojima et al., 2006) 이처럼 .019x.025" SS wire는 비교적 높은 강성을 지니고 있지만 완전한

강체는 아니므로 외력에 의해 변형이 발생함으로써 미니스크류 지지 치아가 이동할 수 있었을 것이다.

따라서 완전한 강체가 아닌 연결강선의 길이가 증가할수록 외력에 의해 변형이 잘 일어나게 되어 미니스크류 지지 치아의 이동량이 증가할 수 있다. Min 등(Min et al., 2007)은 하악 제 1 대구치를 미니스크류에 연결하여 하악 제 2 대구치를 직립시키는 유한요소 모델 분석을 통해 연결강선의 길이가 6.8mm일 경우 11.1mm나 20.4mm인 경우보다 제 1 대구치에 가해지는 응력이 유의한 수준으로 감소함을 보고하였다. 이는 연결강선의 길이를 짧게 해주는 것, 즉 미니스크류를 미니스크류 지지 치아에 가까이 식립하는 것이 간접 고정원의 안정성을 높이는데 보다 유리함을 의미한다. 본 연구에서도 미니스크류가 미니스크류 지지 치아로부터 멀리 떨어진 곳에 식립될 경우 미니스크류 지지 치아의 이동량이 증가하는 양상을 보였다. 비록 통계적 유의성을 보이지는 않았지만 조사개체 수가 부족했기 때문일 수 있으므로 미니스크류를 미니스크류 지지 치아 인접한 곳에 식립하지 않고 해부학적 한계 등으로 인해 멀리 떨어진 곳에 식립하여 치료한 증례를 추가적으로 연구하는 것이 필요할 것이다.

또한, 강선의 길이가 같더라도 강선의 응력변형률(load deflection rate)에 영향을 주는 강선의 단면적, 재료, 가닥의 수 등이 다르다면 미니스크류 지지 치아에 가해지는 응력과 이로 인한 이동량이 달라질 수 있으므로(Juvvadi et al., 2010; Oltjen et al., 1997) 이에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것이다.

마지막으로 미니스크류 자체의 이동을 생각해 볼 수 있다. Liou 등 (Liou et al., 2004)은 미니스크류에 직접 힘을 적용할 경우 1mm 내외의 이동은 예상 가능하다고 보고하였다. 본 연구에서는 미니스크류에 응력이 직접적으로 가해 지지 않고, 치아에 가해진 응력이 간접적으로 전달되었기 때문에 미니스크류의 움직임은 정확히 평가할 순 없었지만, 미니스크류가 외력에 의해 이동하였다면, 연결된 지지 치아의 이동 역시 불가피했을 것이다.

본 연구에서는 미니스크류 지지 치아가 이동한 원인이 미니스크류가 이동해서인지, 연결강선이 변형되어서인지, 연결강선과 미니스크류의 결합이 실패해서인지 규명하지 못하였다. 이를 확인하기 위해서는 우선 미니스크류가 이동했는지의 여부를 밝혀야 하며, 그러기 위해서는 3차원 모델이나 측모두부방사선사진의 중첩을 통해 미니스크류의 위치 변화를 확인해야 할 것이다. 본 연구는 후향적 방법으로 진행되었기 때문에 치료 후 측모두부방사선사진이나 석고모델 채득시 미니스크류가 이미 제거된 상태였으며 이로 인해 미니스크류 자체의 위치 변화를 확인할 수 없었다.

미니스크류 지지 치아의 3차원적인 움직임을 분석한 결과 수평적, 수직적, 전후방적으로 평균 0.5mm 내외로 이동하였으며, 각 방향으로의 이동량은 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 이는 치료기간이나 간접 고정원 장치의 설계, 치료의 종류 등의 임상적 요소를 배제한 평균값으로서 미니스크류 지지 치아가 특정 방향으로 움직이지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 교정의는 이를 염두에 두어 치료시 원하지 않는 교합의 변화에 대하여 면밀하게 관찰해야 할 것이다.

하지만 교정치료의 종류, 즉 교정력을 받는 치아의 이동양상에 따른 미니스크류 지지 치아의 3차원적인 이동방향에 대해 분석한 결과, 구치 직립시 치료 받지 않은 치아에 비해 유의하게 압하 및 전방 이동하였고, 맹출 유도 시 유의하게 압하되었음을 알 수 있었다($p < 0.05$). 이는 미니스크류 지지 치아가 정출 및 후방이동을 보이는 구치의 직립과 정출을 보이는 맹출 유도에 대해 반작용력이 가해지는 방향으로 이동했음을 의미한다. 반면 구치 압하의 경우에는 미니스크류 지지 치아도 같이 압하되는 방향으로 이동하였다. 이는 압하 증례에서는 간접고정원을 이용하여 압하력을 적용하면서 동시에 압하될 치아에도 교정력을 직접 적용하면서 치료했기 때문에, 압하에 대한 반작용력보다 미니스크류 지지 치아가 압하되는 치아를 따라가도록 하는 힘이 더 컸기 때문일 것이다.

한편, 미니스크류 지지 치아는 교정치료의 종류와 관계없이 수평적으로는 협설측 중 어느 한 방향으로 유의하게 이동하지 않았다. 이는 구치 압하, 구치 직립, 맹출 유도가 주로 수직적, 전후방적인 치아 이동을 보이기 때문에 미니스크류 지지 치아에 대한 수평적인 반작용은 상대적으로 적었기 때문일 것이다.

미니스크류 지지 치아의 이동량에 영향을 주는 요소를 분석해 본 결과 하악의 미니스크류 지지 치아가 상악의 미니스크류 지지 치아보다 유의하게 많이 이동하는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

미니스크류 지지 치아가 상악보다 하악에서 더 많이 움직인 이유는 상악과 하악의 3 차원 모델 중첩 기준이 다르기 때문일 수 있다. 상악은 이미

안정적인 구조물로 알려진 전방 3번째 구개주름을 기준으로 치료 전후의 모델을 중첩한 반면, 하악은 교정치료를 받은 치아로부터 물리적으로 가장 멀리 떨어진 치아를 기준으로 중첩하였다. 지금까지 하악에서는 상악의 구개주름과 같은 안정적인 해부학적 구조물이 발견되지 않았고, 부분교정 치료 시 치료를 받지 않은 치아가 실제로 교정력을 받지 않는지, 또 교정력과 무관하게 이동하는지에 대해서는 거의 연구가 이루어지지 않은 실정이다. 치료받지 않은 치아의 안정성과 중첩 기준으로서의 신뢰성에 대한 연구는 아직 이루어지지 않았지만, 이러한 상하악 모델의 중첩 방법 차이로 인해 하악의 미니스크류 지지 치아가 더 많이 이동한 것으로 나타날 수 있을 것이다.

미니스크류 지지 치아는 평균 1년의 부분 교정치료 기간 동안 약 0.9mm 정도를 이동하게 되나 임상적으로는 교합관계가 변화하는 것을 감지하기 어려운 경우가 많다. 이에 대해서 대합치와 인접치가 미세하지만 보상적으로 이동하였거나, 미니스크류 지지 치아가 교합에 영향을 주지 않는 방향으로 이동했을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서는 측정하지 못했지만 대합치와 인접치를 포함한 미니스크류 지지 치아의 주변구조물의 움직임에 대한 면밀한 연구가 필요할 것이며, 이에 선행하여 상악의 구개주름과 같이 하악에서도 3차원 모델중첩의 기준이 될 수 있는 안정적인 해부학적 구조물을 찾아내고자 하는 노력이 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 교정 치료 시 간접 고정원으로서 미니스크류 지지 치아의 안정성을 평가하기 위해 교정치료를 받지 않은 치아와 치료 전후의 이동량을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 미니스크류 지지 치아의 이동량은 평균 $0.91 \pm 0.50\text{mm}$ 로, 치료 받지 않은 치아($0.34 \pm 0.19\text{mm}$)에 비해 교정 치료 후 유의하게 많이 이동하였다($p < 0.001$).
2. 미니스크류 지지 치아는 치료 받지 않은 치아에 비해 수평적, 수직적, 전후방적으로 모두 유의하게 많이 이동하였으나($p < 0.001$) 그 중 어느 한 방향으로 유의하게 이동하지는 않았다($p > 0.05$).
3. 미니스크류 지지 치아는 구치 압하와 직립시 치료 받지 않은 치아에 비해 유의한 수준으로 압하 및 전방 이동하였으며 맹출 유도시 압하되었다($p < 0.05$).
4. 미니스크류 지지 치아는 상악보다 하악에서 유의하게 많이 이동하였다($p < 0.05$).

미니스크류 지지 치아는 부분 교정치료에 효과적으로 사용될 수 있지만, 교정치료를 받지 않은 치아에 비해서 유의하게 많이 이동하였고 상악보다 하악에서 더 많이 이동하였다. 이를 방지하기 위해서는 고정원 보강에 대한 고려가 필요하며 교합관계의 변화를 면밀하게 관찰함으로써 안정적이고 효율적인 치료가 가능할 것이다.

참고 문헌

- Bailey LT, Esmailnejad A, Almeida MA. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts in extraction and nonextraction cases. *Angle Orthod* 66(1): 73-78, 1996.
- Celenza F. Implant-enhanced tooth movement: indirect absolute anchorage. *Int J Periodontics Restorative Dent* 23(6): 533-541, 2003.
- Choi NC, Park YC, Lee HA, Lee KJ. Treatment of Class II protrusion with severe crowding using indirect miniscrew anchorage. *Angle Orthod* 77(6): 1109-1118, 2007.
- El-Beialy AR, Abou-El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AM, Mostafa YA. Loss of anchorage of miniscrews: a 3-dimensional assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 136(5): 700-707, 2009.
- Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 14(1): 1-16, 2011.
- Juvvadi SR, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan AB. Physical, mechanical, and flexural properties of 3 orthodontic wires: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138(5): 623-630, 2010.
- Kojima Y, Fukui H, Miyajima K. The effects of friction and flexural rigidity of the archwire on canine movement in sliding mechanics: a numerical simulation with a 3-dimensional finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 130(3): 275 e271-210, 2006.
- Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 126(1): 42-47, 2004.
- Oltjen JM, Duncanson MG, Jr., Ghosh J, Nanda RS, Currier GF. Stiffness-deflection behavior of selected orthodontic wires. *Angle Orthod* 67(3): 209-218, 1997.

- Pick B, Rosa V, Azeredo TR, Cruz Filho EA, Miranda WG, Jr. Are flowable resin-based composites a reliable material for metal orthodontic bracket bonding? *J Contemp Dent Pract* 11(4): E017-024, 2010.
- Shukla D, Chowdhry A, Bablani D, Jain P, Thapar R. Establishing the reliability of palatal rugae pattern in individual identification (following orthodontic treatment). *J Forensic Odontostomatol* 29(1): 20-29, 2011.
- Smith B, Stewart K, Liu S, Eckert G, Kula K. Prediction of orthodontic treatment of surgically exposed unilateral maxillary impacted canine patients. *Angle Orthod* 82(4): 723-731, 2012.
- Sousa MV, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 142(2): 269-273, 2012.
- Verna C, Melsen B, Melsen F. Differences in static cortical bone remodeling parameters in human mandible and iliac crest. *Bone* 25(5): 577-583, 1999.
- 민지혜. 근심 경사된 하악 제2대구치 직립시 고정원의 연결강선 길이에 따른 간접골성 고정원의 효과. 이화여자대학교 임상치의학대학원 석사학위논문, 2007.

ABSTRACT

Stability of miniscrew-supported tooth as an indirect anchorage

Woowon Jang, D.D.S

Department of Dental Science

Graduate School of Yonsei University

(Directed by Prof. Kyung-Ho Kim, D.D.S., M.S.D., Ph. D.)

The aim of this study was to evaluate the stability of miniscrew-supported tooth during orthodontic treatment, and to investigate the affecting factors by superimposing two digital models before and after the treatment.

28 patients (15 men and 13 women) were included in this study. The experimental group was composed of 52 miniscrew-supported teeth connected to the miniscrew with .019x.025" stainless steel wire, and the control group was composed of 55 untreated corresponding 1st and 2nd premolars in the same dental arch.

Orthodontic treatments such as molar intrusion (10 patients), molar uprighting (7 patients), eruption guide (5 patients), and others (leveling and alignment of anterior teeth, 5 patients; molar protraction, 1 patient) were performed.

Every study model was scanned digitally at the ratio of 1:1, and

superimposed on basis of the anterior 3rd rugae and untreated teeth, in the maxilla and mandible, respectively. The amount of total movements and the amount of each direction were measured, in both groups. The possible affecting factors were analyzed.

1. The miniscrew-supported teeth moved 0.91 ± 0.50 mm on average, which was significantly larger than that of the control teeth, 0.34 ± 0.19 mm($p < 0.001$).
2. The miniscrew-supported tooth moved significantly larger than the control tooth in all transverse, vertical, and sagittal directions($p < 0.001$), but there was no significant difference among three planes($p > 0.05$).
3. The miniscrew-supported teeth moved in intrusive and forward directions after molar intrusion and molar uprighting, and they were intruded after eruption guide($p < 0.05$).
4. The movement of the miniscrew-supported tooth was larger in the maxillary arch than in the mandibular arch($p < 0.05$).

Miniscrew-supported tooth can be used effectively for adjunctive orthodontic treatment. The result of this study suggests that anchorage reinforcement and careful monitoring of the occlusal change are required.

Key words: Indirect anchorage, Miniscrew, Adjunctive orthodontic treatment