



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

미니스크류 위치에 따른
하악 치열 후방이동 치료 효과

연세대학교 대학원

치 의 학 과

김 희 현

미니스크류 위치에 따른 하악 치열 후방이동 치료 효과

지도교수 유 형 석

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2025 년 6 월

연세대학교 대학원

치 의 학 과

김 희 헌

미니스크류 위치에 따른
하악 치열 후방이동 치료 효과
김희현의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원장 _____ 차 정 열 (서명)

심사위원 _____ 유 형 석 (서명)

심사위원 _____ 김 정 훈 (서명)

연세대학교 대학원
치 의 학 과

2025 년 6 월

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 늘 따뜻한 격려와 아낌없는 학문적 지도로 이끌어 주신 유형석 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 또한 귀중한 시간을 내어 부족한 논문을 세심하게 검토해주시고 많은 조언을 아끼지 않으신 차정열 교수님과 김정훈 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

교정학의 길로 들어설 수 있도록 첫걸음을 열어 주시고, 교정의사로서의 자세와 소명을 일깨워 주신 이지연 교수님과 김정훈 교수님께 늘 감사드립니다. 더불어 교정학에 대한 폭넓은 지식과 통찰을 전해주신 김경호 교수님, 유형석 교수님, 이기준 교수님, 차정열 교수님, 정주령 교수님, 최윤정 교수님, 최성환 교수님, 박선형 교수님, 이지현 교수님, 최재훈 교수님, 김하림 교수님께 감사드립니다.

의국 생활을 함께하며 늘 따뜻한 관심과 조언으로 큰 힘이 되어 주신 양진섭, 김석영, 김대엽 선생님께 감사드리며, 더 챙겨주지 못해 미안한 이상준, 신송현 선생에게 고마운 마음을 전합니다.

마지막으로 언제나 제 편이 되어 주시고 아낌없는 사랑을 주시는 부모님과 하나뿐인 누나에게도 많이 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.

2025년 6월

저자 씀

차 례

표 차례.....	ii
그림 차례	iii
국문 요약.....	iv
제 1 장 서론.....	1
제 2 장 연구 대상 및 방법	2
2.1. 연구 대상	2
2.2. 연구 방법	3
2.2.1. 스크류 식립 및 후방이동 방법	3
2.2.1.1. IR 식립군.....	3
2.2.1.2. RMP 식립군	3
2.2.2. Cephalogram 분석	6
2.2.3. Model 분석	9
2.2.4. 통계 분석	11
제 3 장 연구 결과	11
3.1. Cephalogram 계측치 비교	11
3.2. Model 계측치 비교.....	16
3.3. 치아 후방 이동양과 악궁 폭경 변화의 상관관계	18
제 4 장 고찰.....	19
제 5 장 결론.....	24
참고 문헌.....	26
영문 요약.....	28

표 차례

Table I. Description of cephalometric landmarks	6
Table II. Description of cephalometric reference lines	7
Table III. Description of model measurements	9
Table IV. Comparison of pretreatment (T0) cephalometric measurements between the IR screw group and RMP screw group	13
Table V. Comparison of posttreatment (T1) cephalometric measurements between the IR screw group and RMP screw group	14
Table VI. Changes in cephalometric measurements (ΔT) in the IR screw group and RMP screw group.....	15
Table VII. Comparison of pretreatment (T0) model measurements between the IR screw group and RMP screw group	16
Table VIII. Comparison of posttreatment (T1) model measurements between the IR screw group and RMP screw group	17
Table IX. Changes in model measurements (ΔT) in the IR screw group and RMP screw group	17
Table X. Correlation coefficient of arch width change to distal tooth movement in the IR screw group.....	18
Table XI. Correlation coefficient of arch width change to distal tooth movement in the RMP screw group.....	18

그림 차례

Figure 1. Distalization method.....	4
Figure 2. The schematic drawing of the mandible distalization	5
Figure 3. Cephalometric skeletal and soft tissue measurements.....	7
Figure 4. Cephalometric dental measurements	8
Figure 5. Model measurements (arch expansion & molar rotation).....	10
Figure 6. Model measurements (molar inclination).....	10
Figure 7. The schematic drawing of the force vector	20

국 문 요 약

미니스크류 위치에 따른 하악 치열 후방이동 치료 효과

미니스크류의 개발은 성인 III급 부정교합 환자의 비수술적 치료에 새로운 패러다임을 불러왔다. 하지만 다수의 문헌에서 미니스크류를 이용한 치열 후방이동 시 발생할 수 있는 여러 부작용에 대해 보고해왔다. 특히, 하악은 설측 스크류 식립이 제한되며, 악궁의 확장 및 치관의 협측 토오크와 같은 부작용이 나타날 수 있다. 하악에서 협측 *interradicular area* (IR)가 아니라면 *retromolar pad* (RMP) 식립을 고려할 수 있는 데, 이는 치열의 후방이동 시 *posterior occlusal line*과 유사하게 힘이 가해져 위와 같은 부작용을 최소화할 수 있을 것으로 여겨지고 있다. 본 연구에서는 미니스크류 식립 위치에 따라 하악 치열의 후방이동 시 수직적, 전후방적 및 횡적 치료 효과를 살펴보았다.

연구대상은 국민건강보험 일산병원 치과교정과 및 연세대학교 치과대학병원 치과교정과에 내원하여 협측 스크류를 식립하여 하악 전치열 후방이동을 시행한 만 18세 이상의 골격성 III급 부정교합 환자 24명으로 12명의 환자(남성 5명, 여성 7명, 23.83 ± 3.93 세)는 하악 제2소구치와 제1대구치 IR에, 다른 12명(남성 3명, 여성 9명, 21.00 ± 4.50 세)은 RMP에 스크류를 식립하였다. *Lateral cephalogram*을 이용하여 수직적, 전후방적인 골격 및 치성 변화를 비교하였으며, *model*을 이용하여 악궁 폭경, 구치부의 회전 및 협설측 기울기 변화를 측정하였다. 결과는 다음과 같다.

1. 두 군 모두에서 *occlusal plane angle*이 감소하였으며, 이는 하악 전치보다 구치가 더 많이 함입되어 하악 치열의 반시계 방향 회전이 일어난 결과이다. IR 식립군에서 치아의 더 많은 함입이 일어났으며 *occlusal plane angle*도 더 크게 감소하였으나 두 군 간의 유의차는 보이지 않았다 ($p>0.05$).
2. 두 군 모두에서 하악 전치의 설측 경사 및 구치의 원심 경사가 일어났으며($p<0.01$), 구치부보다는 전치부에서 더 많은 경사가 일어났다. 또한, 하악 치열이 후방이동됨에 따라 두 군 모두 하순의 후방이동이 일어났으며, 유의미한 변화를 보였다($p<0.05$). 하지만, 위의 계측치 모두에서 두 군 간에 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).

3. 두 군 모두에서 견치간 폭경과($p<0.05$) 소구치간 폭경이($p<0.01$) 유의미하게 증가하였으며, 소구치간 폭경이 가장 크게 증가하였다. 구치간 폭경은 유의미한 증가량을 보이지 않았다($p>0.05$). 소구치간 폭경은 IR 식립군에서, 견치 및 구치간 폭경은 RMP 식립군에서 더 크게 증가하였으나 두 군 간에 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).
4. 하악 대구치가 distal-in rotation되는 결과가 나타났으며 IR 식립군에서는 제1대구치가($p<0.01$), RMP 식립군에서는 제2대구치가 더 많이 회전되었다($p<0.05$). 또한, 두 군 모두에서 치관의 협측 토오크가 발생하였으나 유의미한 변화를 보이지는 않았다($p>0.05$). 위의 계측치 모두에서 두 군 간에 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).
5. IR 식립군에서 구치간 폭경과 구치 후방이동양 간에 중간 정도의 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의미하지 않았다($p>0.05$).

미니스크류는 그 위치에 따라 치열의 여러 움직임을 유도할 수 있다. 따라서 스크류를 이용한 치열 후방이동을 시행할 때는 각 케이스에 맞춰 스크류의 위치를 조정할 필요가 있다. 본 연구에서는 lateral cephalogram과 model 분석을 이용하여 미니스크류의 위치에 따른 치료 효과를 비교하였으며, 하악 치열 후방이동을 계획하는 케이스에서 각 식립 부위 별로 어떠한 변화가 있을 지 예측하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

핵심 되는 말: III 급 부정교합, 하악 치열 후방이동, 미니스크류

1. 서론

미니스크류의 개발은 성인 III급 부정교합 환자의 비수술적 치료에 새로운 패러다임을 불러왔다. 악교정 수술로만 치료가 가능했던 사례도 스크류를 이용한 하악 치열의 후방이동을 통해 비수술적으로 교정 치료가 가능해진 것이다. 덕분에 수술의 위험성 등으로 인해 수술을 기피하는 환자에게 여러 옵션을 제공할 수 있는 계기가 되었다(Jing et al., 2013; Seo et al., 2023). 하지만, 미니스크류를 이용한 치료가 수술 치료와 동일한 결과를 내는 것은 아니기 때문에 환자 별로 알맞은 치료 계획을 세우는 것이 중요하다.

상악골은 구개라는 스크류를 식립할 수 있는 넓은 공간이 존재한다. 구개측은 가용 공간에 비해 해부학적 제한이 적고, 스크류 식립 시 단단한 골 지지를 얻을 수 있다(Kravitz and Kusnoto, 2007; Lim et al., 2009). 이를 이용하여 스크류에 직접적으로 힘을 가하는 방법 뿐만 아니라 스크류를 고정원으로 이용한 기구를 제작하여 다양한 방법으로 치열을 이동시킬 수 있다(Beyling et al., 2021; Lee et al., 2018). 반면, 하악골은 혀의 존재로 인해 설측으로 기구 조작이 어렵고, 내측으로는 설신경이 주행하기 때문에 설측 스크류 식립이 제한된다. 따라서 협측 interradicular area (IR)를 이용하거나 buccal shelf, retro-molar pad (RMP)와 같은 다른 구조물을 이용해야 한다(Elsheebiny et al., 2018; Nucera et al., 2019).

협측 미니스크류를 이용한 치열 후방이동은 전치의 설측 경사 및 구치의 원심 경사와 같은 부작용을 일으킬 수 있다. 하악 전치열의 회전도 야기될 수 있는 데 이는 하악 치열의 저항중심과 스크류의 위치에 따른 힘의 방향 간의 상관 관계에 의한다(Chae et al., 2019; Park et al., 2020). 또한, 횡적인 측면에서 구치의 원심측 회전, 견치 및 제1대구치의 폭경 증가가 보고되었으며, 이로 인한 횡적 부조화가 일어날 수 있다(Oh et al., 2011; Song et al., 2022).

교합면에서 보았을 때 하악 치열의 line of action은 posterior occlusal line(POL)과 일치하는데, 협측 IR 식립을 통한 후방이동 시 POL보다 외측으로 힘이 가해지기 때문에 하악궁의 확장 및 치관의 협측 토오크가 발현될 수 있다. 하지만 RMP에 스크류를 식립할 시 POL과 유사한 방향으로 힘을 가할 수 있기 때문에 이러한 부작용을 줄일 수 있다고 하였다(Kook et al., 2016).

기존 연구에서는 하악 치열의 후방이동 시 스크류 위치에 따른 차이를 비교하기보다는 변화 양상 그 자체에 초점을 두었다. 또한, ramal plate와 미니스크류를 이용한 후방이동을 비교한 논문에서는 횡적 변화에 대한 분석없이 수직적 및 전후방적 분석에 국한되어 있었다(Yeon et al., 2022).

본 연구에서는 미니스크류를 식립하여 하악 치열 후방이동을 시행한 환자의 교정치료 전, 후 lateral cephalogram을 분석하여 하악 치열 후방이동 시 미니스크류의 위치에 따른 수직적 및 전후방적 변화를 살펴보았으며, 힘의 벡터 차이에 따른 하악 치열의 횡적 변화 양상을 비교하기 위해 model 분석을 함께 시행하였다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1. 연구 대상

2013년 1월부터 2024년 12월 사이에 국민건강보험 일산병원 치과교정과 및 연세대학교 치과대학병원 치과교정과에서 골격성 III급 부정교합으로 진단받아 미니스크류를 이용해 하악 치열 후방이동을 시행한 만 18세 이상의 환자를 대상으로 하였다. 다음과 같은 기준에 해당하는 환자는 연구대상에서 제외하였다. 1) 악교정 수술 과거력을 가지고 있는 환자, 2) 발치 교정 치료를 시행한 환자, 3) 구순구개열 등을 포함한 두개안면 영역의 선천성 기형을 가진 환자, 4) 안면부 외상 및 골절 병력이 있는 환자.

위의 기준에 부합되는 24명의 환자를 대상으로 하였으며 이 중 12명의 환자(남성 5명, 여성 7명, 23.83 ± 3.93 세)는 국민건강보험 일산병원 치과교정과에서 제2소구치와 제1대구치 협측 IR에 미니스크류를 식립하였다. 다른 12명(남성 3명, 여성 9명, 21.00 ± 4.50 세) 중 7명은 국민건강보험 일산병원 치과교정과에서, 5명은 연세대학교 치과대학병원 치과교정과에서 RMP에 미니스크류를 식립하였다.

2.2. 연구 방법

2.2.1. 스크류 식립 및 후방이동 방법

2.2.1.1. IR 식립군

모든 환자에 대해 0.022-inch slot preadjusted bracket (Tomy, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 제2소구치와 제1대구치 사이 협측 치조골에 미니스크류 (7 mm length and 1.6 mm diameter; Ortholution, Seoul, Korea)를 식립하였다. 하악 치열의 후방이동을 위해 와이어에 압착된 hook와 미니스크류를 elastic chain으로 연결하여 편측에 약 200g의 힘이 가해지도록 하였다. 후방이동 시 주호선은 0.017×0.025-inch stainless steel 와이어를 이용하였다 (Figures 1,2).

2.2.1.2. RMP 식립군

국민건강보험 일산병원에서 스크류를 식립한 환자는 IR 식립군과 동일한 종류의 bracket 및 동일한 회사의 스크류 (9 mm length and 1.8 mm diameter)를 사용하였다. RMP 외측에 스크류를 식립하였으며, 스크류가 치은에 묻히는 것을 대비하여 스크류에 ligature wire를 결찰하였다. 위와 동일한 방법으로 hook와 ligature wire를 연결시켜 치열을 후방이동 하였다 (Figures 1,2).

연세대학교 치과대학병원 치과교정과에서 치료한 환자는 0.018-inch slot preadjusted bracket (Tomy, Tokyo, Japan)을 사용하였으며 같은 위치에 스크류 (8 mm length and 1.5 mm diameter; Biomaterials Korea Inc, Seoul, Korea)를 식립하였다. Elastic chain 혹은 closed coil spring을 이용하여 미니스크류와 hook을 연결시켜 후방이동을 진행하였으며, 후방이동 시 주호선은 0.016×0.022-inch stainless steel 와이어를 이용하였다.



A



B



C

Figure 1. Distalization method: **A**, IR miniscrew; **B**, RMP miniscrew; **C**, RMP miniscrew placement site (yellow circle)

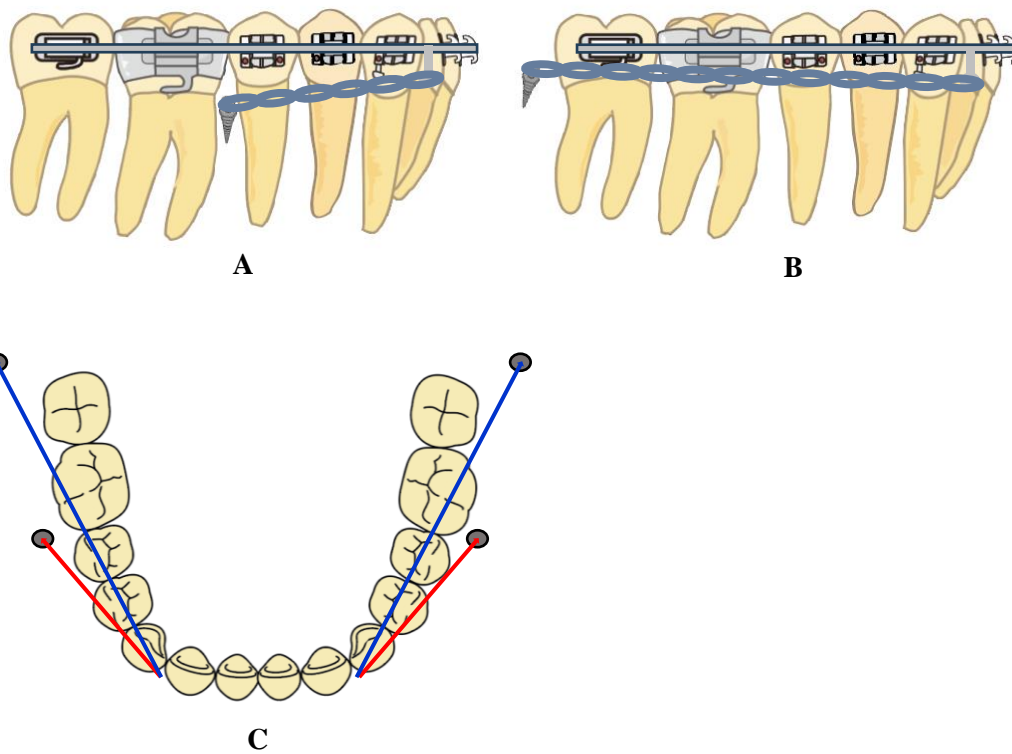


Figure 2. The schematic drawing of the mandible distalization: **A**, IR miniscrew; **B**, RMP miniscrew; **C**, Occlusal view and force vector (Red arrow: IR; Blue arrow: RMP)

2.2.2. Cephalogram 분석

교정치료 전(T0) 및 종료 시점(T1)에 lateral cephalogram을 촬영하였으며, V-ceph program (Osstem Inc., Seoul, Korea)을 이용하여 분석을 시행하였다. 모든 lateral cephalogram은 한 명의 시험자에 의해 분석되었다.

골격 및 연조직 변화 분석을 위해 11개 항목을, 치성 변화 분석을 위해 10개 항목을 측정하였다. 치아의 수평적 이동 분석을 위해 Nasion을 지나며 Frankfort horizontal (FH) line에 대해 수직인 N-perpendicular line (NP)을 기준선으로 설정하였다(McNamara Jr, 1984). 또한, mandibular plane (MP)을 기준으로 하여 하악 치아의 기울기 변화 및 수평적, 수직적 이동을 분석하였다. Lateral cephalogram의 각 측정점 및 기준선에 대한 정의와 (Tables I, II) 선형 및 각도 측정치는 다음과 같다 (Figures 3, 4).

Table I. Description of cephalometric landmarks

Landmarks	Definition
Sella (S)	The center of the sella turcica
Nasion (N)	The most anterior point of the fronto-nasal suture
Porion (Po)	The most superior point of the external auditory meatus
Orbitale (Or)	The most inferior point of the orbit
Articulare (Ar)	The point at the junction of the posterior border of the ramus and the inferior border of the posterior cranial base
A point	The inner-most point of the outer contour of the maxilla
B point	The inner-most point of the outer contour of the mandibular symphysis
Menton (Me)	The most inferior point of the mandibular symphysis
Gonion (Go)	The constructed point at the intersection of the lines tangent to the posterior border of the ramus and to the lower border of the mandible
Pronasale (Pn)	The most anterior point of the tip of the nose
Soft tissue pogonion (Pog')	The most anterior point of the chin
Upper lip (Ul)	The most anterior point of the upper lip
Lower lip (Ll)	The most anterior point of the lower lip

Table II. Description of cephalometric reference lines

Reference lines	Definition
SN plane (SN)	The line passing through sella and nasion
FH plane	The line passing through porion and orbitale
Occlusal plane (OP)	The line passing through the midpoint of the maxillary and mandible incisor edge and the midpoint of the maxillary and mandible first molar distobuccal cusp tip
Mandibular plane (MP)	The line passing through gonion and menton
N-perpendicular line (NP)	The line perpendicular to FH plane and passing through nasion
Ricketts' E line (EL)	The line passing through pronasale and soft tissue pogonion
Anterior facial height (AFH)	The distance from sella to gonion
Posterior facial height (PFH)	The distance from nasion to menton

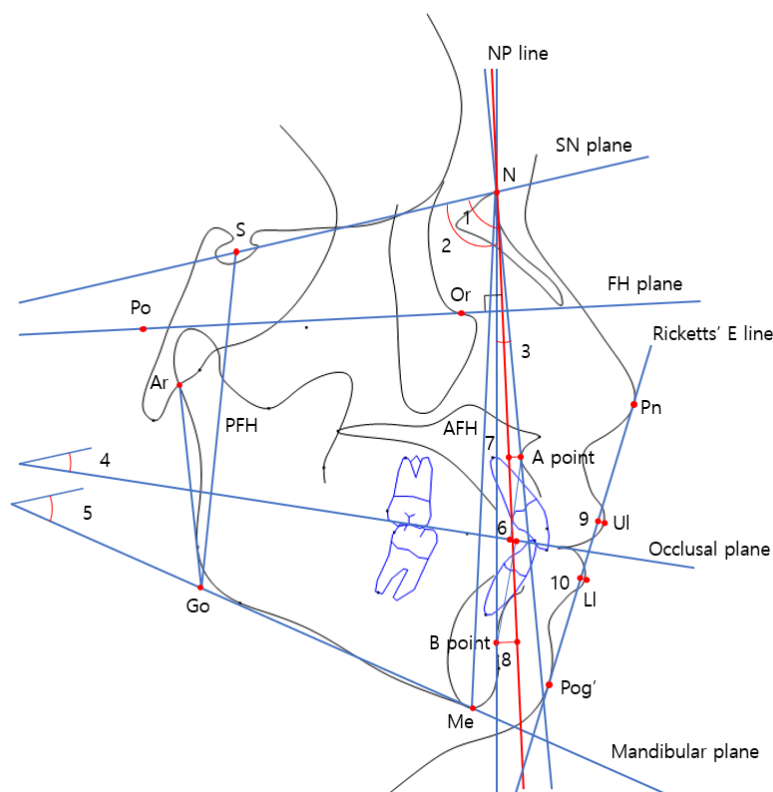


Figure 3. Cephalometric skeletal and soft tissue measurements: **Angular measurements** (°); 1, SNA; 2, SNB; 3, ANB; 4, Occlusal plane angle (SN-OP); 5, Mandibular plane angle (SN-MP); **Linear measurements (mm)**; 6, Wits appraisal; 7, NP to A point; 8, NP to B point; 9, UI to EL; 10, LI to EL; 11, Facial height ratio (PFH/AFH)

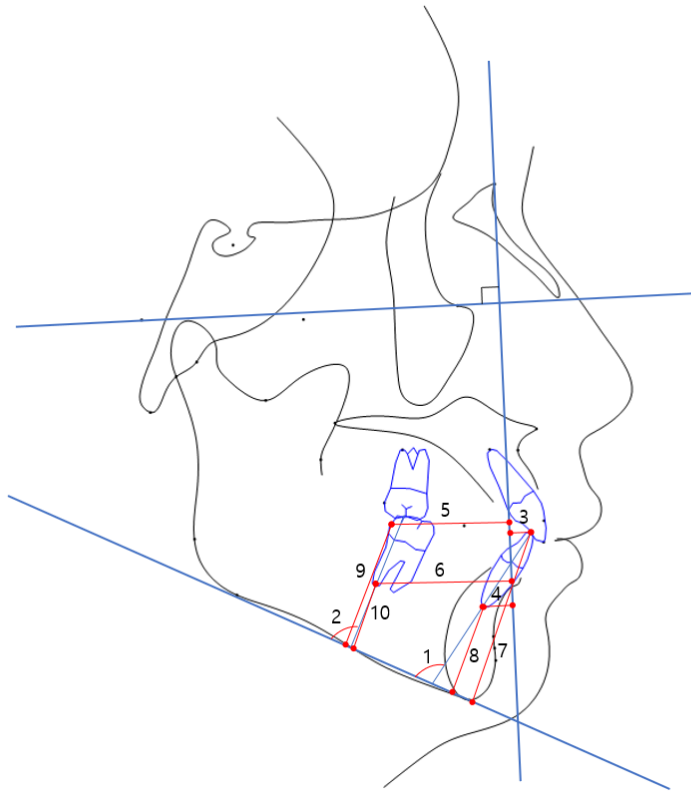


Figure 4. Cephalometric dental measurements: **Angular measurements ($^{\circ}$)**; 1, Lower incisor axis to MP (IMPA); 2, Lower first molar axis to MP (L6 angle); **Linear measurements-Horizontal (mm)**; 3, NP to lower incisor crown tip (L1C-H); 4, NP to lower incisor root apex (L1R-H); 5, NP to lower molar crown distal end (L6C-H); 6, NP to lower molar distal root apex (L6R-H); **Linear measurements-Vertical (mm)**; 7, MP to lower incisor crown tip (L1C-V); 8, MP to lower incisor root apex (L1R-V); 9, MP to lower molar crown distal end (L6C-V); 10, MP to lower molar distal root apex (L6R-V)

2.2.3. Model 분석

교정 치료 전(T0) 및 종료 시점(T1) 채득한 하악 석고 모형을 Geomagic Control X (3D systems, Rock Hill, SC, USA)를 이용하여 분석하였다. 악궁의 폭경 변화 및 치아의 근원심축 회전, 협설측 기울기 여부를 관찰하였으며, 각 측정치에 대한 정의는 다음과 같다 (Table III, Figures 5,6).

Table III. Description of model measurements

Landmarks	Definition
ICW (intercanine width)	Distance between the cusp tips of the right and left canines
IPMW (interpremolar with)	Distance between the buccal cusp tips of the right and left first premolars
IMW (intermolar with)	Distance between the mesio-buccal cusp tips of the right and left first molars
M1 rotation (Rotation of first molar)	Angle between perpendicular line to the line passing through the mesial and distal points of left and right first molars
M2 rotation (Rotation of second molar)	Angle between perpendicular line to the line passing through the mesial and distal points of left and right second molars
M1 inclination (Inclination of first molar)	Angle between line pass through mesio-buccal & mesio-lingual cusp tip of left and right first molars

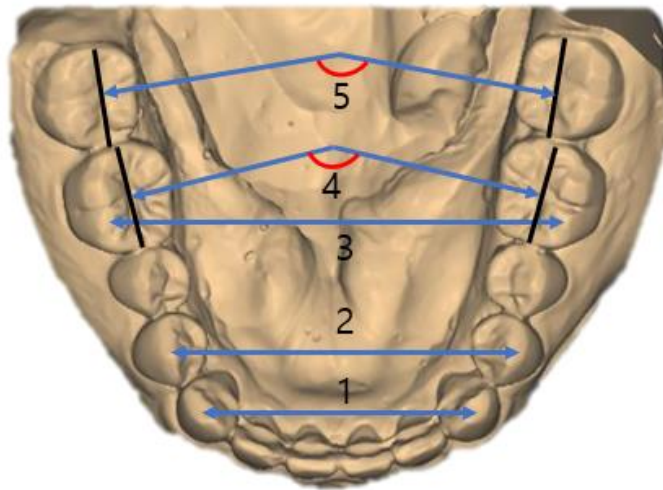


Figure 5. Model measurements (arch expansion & molar rotation): **Linear measurements (mm)**; 1, ICW; 2, IPMW; 3, IMW; **Angular measurements (°)**; 4, M1 rotation; 5, M2 rotation

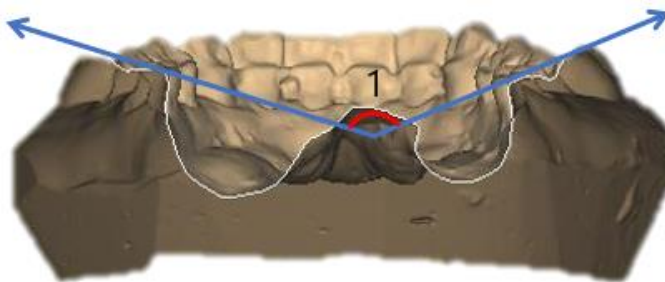


Figure 6. Model measurements (molar inclination): 1, M1 inclination (°)

2.2.4. 통계 분석

IBM SPSS statistics software (version 23; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 분석을 시행하였다. 정규 분포를 따르는 것으로 나타나 모수 통계 분석을 시행하였다. 항목에 대해 각 군 내에서 치료 전후 차이를 비교하기 위해 paired t test를, 두 군 간의 치료 전 차이 및 치료 효과 비교를 위해 independent t test를 시행하였다. 또한, 하악 치아의 후방이동양과 악궁 폭경 간의 상관관계를 확인하기 위해 Pearson correlation analysis를 사용하였다. 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

3. 연구 결과

3.1. Cephalogram 계측치 비교

IR 식립군과 RMP 식립군의 치료 전 cephalogram 계측치를 비교했을 때, NP에 대한 A point의 위치($p < 0.05$)를 제외하고는 다른 측정치에서 유의미한 차이가 없었다($p > 0.05$). (Table IV)

골격적인 측면을 보았을 때, 각 군 내에서 치료 전후 유의미한 변화를 보이지 않았으며($p > 0.05$), 두 군 간에 변화를 비교하였을 때도 유의미한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). IR 식립군에서 occlusal plane angle이 $0.90 \pm 1.03^\circ$ 감소하였으며($p < 0.05$), 이는 RMP 식립군($-0.28 \pm 1.97^\circ$)에 비해 더 큰 감소 값이지만 두 군 간의 유의차를 보이지는 않았다($p > 0.05$).

두 군 모두에서 상순 및 하순의 후방이동이 나타났으며, 특히 하순에서 후방이동이 더 두드러졌다. IR 식립군에서는 1.59 ± 1.04 mm($p < 0.01$), RMP 식립군에서는 0.81 ± 0.93 mm($p < 0.05$) 후방이동 되었으며, 두 군 간의 유의차는 보이지 않았다($p > 0.05$).

치성적으로는 모든 군에서 하악 전치의 설측 경사 및 구치의 원심측 경사가 일어났다($p < 0.01$). IR 식립군에서 IMPA가 $6.10 \pm 3.77^\circ$, L6 angle이 $4.72 \pm 1.97^\circ$

감소하였으며, RMP 식립군에서는 각각 $6.22 \pm 4.06^\circ$, $5.84 \pm 3.89^\circ$ 씩 감소하였다 ($p < 0.01$). IR 식립군과 비교하여 RMP 식립군에서 전치부는 0.1° , 구치부는 1° 가량 더 이동하였으나 두 군 간의 차가 유의미하지는 않았다($p > 0.05$).

또한, 수직기준선에 대하여 하악 전치 치관이 IR 식립군에서는 2.32 ± 1.52 mm, RMP 식립군에서는 1.87 ± 1.54 mm 후방이동 되었으며($p < 0.01$), 하악 구치 치관은 각각 2.58 ± 1.04 mm, 2.73 ± 1.36 mm($p < 0.01$), 하악 구치 치근은 각각 1.26 ± 1.40 mm, 1.35 ± 1.08 mm($p < 0.05$)씩 원심 이동하였다. 치아의 수평이동양에 대해 두 군 간의 유의차는 보이지 않았다($p > 0.05$).

MP에 대하여 하악 전치 치관은 IR 식립군에서는 0.51 ± 1.20 mm 함입되었으나 RMP 식립군에서는 0.12 ± 0.95 mm 정출되었다($p > 0.05$). 하악 구치 치관은 IR 식립군에서 1.54 ± 0.89 mm, RMP 식립군에서 0.98 ± 1.13 mm 함입되었으며, 구치 치근은 IR 식립군에서 0.99 ± 1.30 mm, RMP 식립군에서 0.38 ± 1.65 mm 함입되어 IR 식립군에서 하악 구치의 더 많은 함입이 일어난 것으로 나타났다. 하지만 두 군 간의 유의차는 보이지 않았다($p > 0.05$) (Table VI).

Table IV. Comparison of pretreatment (T0) cephalometric measurements between the IR screw group and RMP screw group

	IR		RMP		<i>p</i> value
	Mean	SD	Mean	SD	
Skeletal & Soft tissue					
SNA, °	79.59	2.24	80.95	3.45	0.263
SNB, °	79.68	2.17	80.57	3.86	0.493
ANB, °	-0.09	1.49	0.38	1.81	0.493
SN-OP, °	18.78	2.27	16.68	4.40	0.156
SN-MP, °	33.92	3.57	33.13	8.18	0.763
Wits appraisal, mm	-6.40	2.45	-4.38	2.56	0.061
NP to A point, mm	-0.93	2.37	1.23	2.43	0.038*
NP to B point, mm	-1.42	3.49	1.40	5.05	0.125
U1 to EL, mm	-1.87	0.88	-0.82	1.96	0.105
L1 to EL, mm	0.83	1.87	1.47	2.22	0.452
Facial height ratio	66.41	2.42	67.39	6.59	0.635
Dental					
IMPA, °	92.30	6.05	96.69	8.25	0.151
L6 angle, °	78.70	3.75	78.47	7.56	0.925
L1C-H, mm	5.03	2.91	7.62	3.91	0.079
L1R-H, mm	-3.78	3.32	-1.25	4.79	0.148
L6C-H, mm	-26.02	2.35	-25.13	3.40	0.465
L6R-H, mm	-29.63	2.66	-27.90	3.97	0.222
L1C-V, mm	41.15	4.30	36.79	6.05	0.172
L1R-V, mm	21.44	2.99	18.90	4.29	0.173
L6C-V, mm	28.85	2.80	26.05	4.84	0.063
L6R-V, mm	13.67	2.35	12.52	3.12	0.130

Independent t test was performed; * $p < 0.05$.

Table V. Comparison of posttreatment (T1) cephalometric measurements between the IR screw group and RMP screw group

	IR		RMP	
	Mean	SD	Mean	SD
Skeletal & Soft tissue				
SNA, °	79.69	2.19	80.75	3.44
SNB, °	79.73	2.24	80.38	3.71
ANB, °	-0.04	1.46	0.37	1.98
SN-OP, °	17.87	2.17	16.40	3.40
SN-MP, °	33.86	4.34	33.23	7.99
Wits appraisal, mm	-5.51	2.82	-4.17	2.56
NP to A point, mm	-0.91	2.21	1.38	2.70
NP to B point, mm	-1.40	3.35	1.58	5.27
U1 to EL, mm	-1.92	1.05	-1.25	2.03
L1 to EL, mm	-0.76	1.88	0.66	1.73
Facial height ratio	66.43	3.03	67.50	5.99
Dental				
IMPA, °	86.21	6.00	90.48	9.29
L6 angle, °	73.98	3.54	72.62	6.99
L1C-H, mm	2.71	1.74	5.75	4.11
L1R-H, mm	-4.13	3.14	-1.51	4.84
L6C-H, mm	-28.60	2.79	-27.86	4.01
L6R-H, mm	-30.89	3.53	-29.24	4.31
L1C-V, mm	40.64	4.27	36.91	5.99
L1R-V, mm	21.26	3.57	18.65	3.78
L6C-V, mm	27.32	2.92	25.07	4.40
L6R-V, mm	12.68	2.58	12.14	3.31

Table VI. Changes in cephalometric measurements (ΔT) in the IR screw group and RMP screw group

	IR			RMP			
	Mean	SD	<i>p</i> value [†]	Mean	SD	<i>p</i> value [†]	<i>p</i> value [‡]
Skeletal & Soft tissue							
SNA, °	-0.10	0.54	0.527	-0.19	0.54	0.239	0.193
SNB, °	-0.05	0.48	0.705	-0.19	0.66	0.354	0.322
ANB, °	-0.05	0.46	0.730	-0.01	0.38	0.959	0.762
SN-OP, °	-0.90	1.03	0.011*	-0.28	1.97	0.634	0.340
SN-MP, °	-0.05	1.54	0.907	0.28	1.12	0.409	0.553
Wits appraisal, mm	0.89	1.51	0.067	0.21	0.94	0.462	0.199
NP to A point, mm	0.02	0.48	0.910	0.15	0.42	0.245	0.475
NP to B point, mm	0.02	0.80	0.924	0.17	0.49	0.246	0.584
U1 to EL, mm	-0.05	1.06	0.867	-0.42	0.81	0.096	0.345
L1 to EL, mm	-1.59	1.04	0.000**	-0.81	0.93	0.012*	0.067
Facial height ratio	0.02	1.33	0.963	0.11	1.17	0.751	0.859
Dental							
IMPA, °	-6.10	3.77	0.000**	-6.22	4.06	0.000**	0.940
L6 angle, °	-4.72	1.97	0.000**	-5.84	3.89	0.000**	0.383
L1C-H, mm	-2.32	1.52	0.000**	-1.87	1.54	0.007**	0.188
L1R-H, mm	-0.35	1.06	0.275	-0.26	0.80	0.541	0.208
L6C-H, mm	-2.58	1.04	0.000**	-2.73	1.36	0.000**	0.618
L6R-H, mm	-1.26	1.40	0.010*	-1.35	1.08	0.020*	0.428
L1C-V, mm	-0.51	1.20	0.173	0.12	0.95	0.675	0.173
L1R-V, mm	-0.18	1.21	0.609	-0.25	0.82	0.316	0.882
L6C-V, mm	-1.54	0.89	0.000**	-0.98	1.13	0.012*	0.197
L6R-V, mm	-0.99	1.30	0.023*	-0.38	1.65	0.440	0.328

[†]Paired t test was performed.

[‡]Independent t test was performed.

p*<0.05; *p*<0.01.

3.2. Model 계측치 비교

IR 식립군과 RMP 식립군의 치료 전 model 계측치를 비교했을 때, 모든 측정치에서 유의미한 차이가 없었다($p>0.05$). (Table VII)

하악 치열의 후방이동 후, 두 군에서 악궁 폭경 비교를 위한 세 개의 계측치가 모두 증가하였다. 이 중 IPMW가 가장 큰 폭으로 증가하였으며, IR 식립군에서 2.17 ± 1.84 mm, RMP 식립군에서 1.29 ± 1.28 mm 증가하였다($p<0.01$). ICW도 IR 식립군에서 0.70 ± 0.92 mm, RMP 식립군에서 0.71 ± 1.10 mm 증가하였다($p<0.05$). IMW는 두 군에서 각각 0.20 ± 0.69 mm, 0.37 ± 1.30 mm 증가하였으나 유의미한 변화를 보이지는 않았다($p>0.05$), 또한, ICW, IPMW, IMW 변화량 모두 두 군 간에 유의차를 보이지 않았다($p>0.05$).

치아의 회전을 비교해보면, 하악 제1대구치와 제2대구치 모두 distal-in rotation이 되었다. M1 rotation은 IR 식립군에서 $4.02 \pm 4.02^\circ$ 증가하여 유의미한 결과를 보였으며($p<0.01$) RMP 식립군에 비해 더 많은 회전양을 보였으나, 그 차이가 유의미하지는 않았다($p>0.05$). 제2대구치는 IR 식립군에서 $3.10 \pm 5.78^\circ$, RMP 식립군에서 $3.22 \pm 4.67^\circ$ 회전하였으나 RMP 군에서만 유의미한 변화가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$). M1 inclination은 IR 식립군에서 $1.66 \pm 3.33^\circ$, RMP 식립군에서 $1.35 \pm 3.56^\circ$ 증가하여 치관의 협측 토오크가 발현된 것으로 볼 수 있으나, 각 군 내에서 유의미한 증가를 보이지는 않았으며($p>0.05$), 두 군 간에도 유의차를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table IX).

Table VII. Comparison of pretreatment (T0) model measurements between the IR screw group and RMP screw group

	IR		RMP		<i>p</i> value
	Mean	SD	Mean	SD	
Dental linear (mm)					
ICW	27.66	2.12	26.96	2.21	0.434
IPMW	35.40	2.49	34.91	2.08	0.603
IMW	47.06	2.33	45.68	2.93	0.220
Dental angular (°)					
M1 rotation	142.83	10.43	139.30	7.31	0.348
M2 rotation	153.64	9.63	147.62	6.85	0.092
M1 inclination	162.18	7.36	164.96	7.36	0.365

Independent t test was performed.

Table VIII. Comparison of posttreatment (T1) model measurements between the IR screw group and RMP screw group

	IR		RMP	
	Mean	SD	Mean	SD
Dental linear (mm)				
ICW	28.36	1.47	27.67	2.22
IPMW	37.57	1.57	36.19	1.83
IMW	47.26	2.18	46.06	2.20
Dental angular (°)				
M1 rotation	146.85	9.72	141.67	7.76
M2 rotation	156.74	9.10	150.84	6.05
M1 inclination	163.83	7.23	166.31	8.81

Table IX. Changes in model measurements (ΔT) in the IR screw group and RMP screw group

	IR			RMP			
	Mean	SD	<i>p</i> value [†]	Mean	SD	<i>p</i> value [†]	<i>p</i> value [‡]
Dental linear (mm)							
ICW	0.70	0.92	0.023*	0.71	1.10	0.048*	0.990
IPMW	2.17	1.84	0.002**	1.29	1.28	0.005**	0.186
IMW	0.20	0.69	0.343	0.37	1.30	0.353	0.697
Dental angular (°)							
M1 rotation	4.02	4.02	0.005**	2.37	4.30	0.082	0.341
M2 rotation	3.10	5.78	0.090	3.22	4.67	0.036*	0.957
M1 inclination	1.66	3.33	0.113	1.35	3.56	0.215	0.829

[†]Paired t test was performed.

[‡]Independent t test was performed.

p*<0.05; *p*<0.01.

3.3. 치아 후방 이동양과 악궁 폭경 변화의 상관관계

하악 치열 후방이동에 따른 악궁 폭경 변화의 상관관계를 알아보기 위해 하악 전치 및 구치의 치관과 치근 후방이동양에 대한 ICW, IPMW, IMW 변화량의 상관분석을 시행하였다. IR 식립군에서 L6C-H와 L6R-H가 IMW와 각각 -0.461, -0.548의 상관관계를 보였으나 유의미한 관계를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table X). RMP 식립군에서도 통계적으로 유의미한 관계를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table XI).

Table X. Correlation coefficient of arch width change to distal tooth movement in the IR screw group

	L1C-H		L1R-H		L6C-H		L6R-H	
	C	<i>p</i> value	C	<i>p</i> value	C	<i>p</i> value	C	<i>p</i> value
ICW	0.232	0.161	0.042	0.897	0.310	0.326	0.210	0.512
IPMW	0.248	0.436	-0.098	0.762	0.095	0.768	-0.013	0.967
IMW	0.193	0.547	-0.123	0.704	-0.461	0.132	-0.548	0.065

Pearson correlation analysis was performed; C: Correlation coefficient.

Table XI. Correlation coefficient of arch width change to distal tooth movement in the RMP screw group

	L1C-H		L1R-H		L6C-H		L6R-H	
	C	<i>p</i> value	C	<i>p</i> value	C	<i>p</i> value	C	<i>p</i> value
ICW	0.131	0.685	0.207	0.518	-0.009	0.977	0.014	0.966
IPMW	-0.296	0.349	-0.250	0.433	-0.062	0.848	-0.059	0.856
IMW	-0.232	0.467	-0.310	0.327	-0.134	0.677	-0.300	0.342

Pearson correlation analysis was performed; C: Correlation coefficient.

4. 고찰

미니스크류의 개발 전 성인 III 급 부정교합 환자의 비수술적 교정 치료 방법은 헤드기어와 같은 구외 장치를 이용하여 하악 치열을 이동시키거나 elastic, multiloop edgewise archwire 등에 국한되어 있었다. 환자의 협조도가 필수적인 이전의 방법과 달리, 미니스크류의 임상적 적용으로 이와 무관하게 보다 간편하고 효과적으로 하악 치열을 후방이동 시킬 수 있게 되었다. 하지만 골격적인 이동을 동반하는 수술적 방법과 달리, 치성 이동을 시키는 비수술적 방법은 그 한계가 존재한다. 하악 전체 치열의 저항 중심은 전치 절단면에서 약 13.5 mm 하방, 25 mm 후방에 위치하는 데(Jo et al., 2017), 치은부의 해부학적 한계에 의해 이 지점을 통과하며 occlusal plane 과 평행한 힘을 적용시키기 어려워 하악 전치열을 순수하게 치체 이동을 시킬 수 없기 때문이다(Chae et al., 2019; Park et al., 2017). 또한, 해부학적 구조상 협측으로 식립이 제한된 하악의 특성 때문에 악궁의 확장, 구치의 회전 등이 일어날 수 있다. 따라서 이러한 부작용들을 사전에 파악하고 환자 개개인에 맞춰 알맞은 위치에 미니스크류를 위치시켜 힘을 가하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 제 2 소구치-제 1 대구치 IR 과 RMP 에 미니스크류를 식립하여 하악 치열 후방이동을 시행한 환자에서 치료 전후 골격 및 치성 변화를 관찰하였으며, lateral cephalogram 을 이용한 수직적 및 전후방적 변화뿐만 아니라 model 분석을 통해 악궁에서 일어나는 횡적 변화도 함께 분석하였다.

골격적으로는 두 군 모두에서 occlusal plane angle 이 감소하였다. IR 식립군에서는 0.90° 감소하여 유의미한 결과가 나타났다($p < 0.05$). 두 군을 비교하였을 때 IR 식립군에서 occlusal plane angle 이 더 많이 감소하였다. 이는 하악 치열의 저항 중심 상방으로 벡터가 지나가며 치열의 반시계 방향 회전이 일어난 것으로 보인다(Chae et al., 2019). 하지만 Occlusal plane angle 은 상악 치열의 함입에 의해서도 감소될 수 있다. 본 연구에서는 mandibular plane angle(SN-MP)도 같이 측정하였는데, 이를 이용해 MP 와 OP 간의 각도를 계산하여 occlusal plane angle 의 변화가 하악 치열의 변화만에 의한 것인지, 상악 치열의 변화도 개입한 것인지 추론할 수 있다. 계산하면 MP 와 OP 간의 각도는 IR 식립군에서는 0.85° , RMP 식립군에서는 0.56° 증가한 것을 알 수

있는데, 이는 본 연구에서 occlusal plane angle 의 감소가 상악 치열의 함입이 아닌 하악 치열의 반시계 방향 회전으로 인해 나타난 결과임을 뒷받침한다.

치성적으로도 하악 전치 치관이 IR 식립군에서는 0.51 mm 함입되었고 RMP 식립군에서는 0.12 mm 정출되었다. 하악 구치 치관은 IR 식립군에서 1.54 mm, RMP 식립 군에서는 0.98 mm 함입되었다. 두 군 모두에서 구치부가 전치부보다 더 많이 함입되었고 이는 앞서 언급하였듯이 하악 치열의 반시계 방향 회전을 유발하였다. 또한, IR 식립군에서 더 많은 함입이 일어났는데, 이는 RMP 식립군에 비해 스크류가 하방에 식립되어 있고, 근심 측에서 힘을 받게 되어 힘이 보다 치근측으로 향하여 함입력이 더 강하게 일어난 결과로 보인다 (Figure 7). 교합 평면과 힘의 방향 간의 각도에 따른 차이를 유한 요소 분석 시행한 선행 연구에서도 힘의 방향이 치근 측으로 향할수록 구치부와 전치부의 함입이 두드러졌다고 보고하였다(Chae et al., 2019).

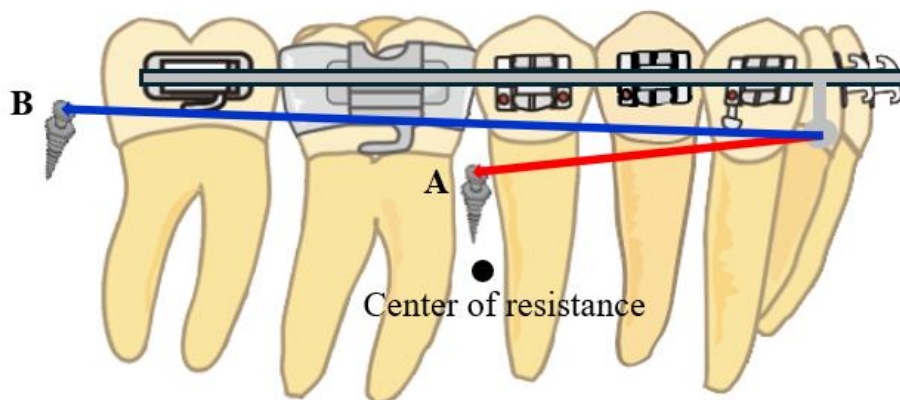


Figure 7. The schematic drawing of the force vector: **A**, IR miniscrew; **B**, RMP miniscrew;

또한, 두 군 모두에서 하순의 후방이동이 관찰되었다. 일반적으로는 상악 전치가 입술의 전후방 위치를 결정하게 되지만, III 급 부정교합 환자에서 전치부 반대교합을 보일 경우 하악 전치가 하순의 위치를 결정하게 된다. 결국 하악 치열이 성공적으로 후방이동되며 하순도 같이 유의미하게 후방이동 되었으며($p < 0.05$), 상순도 후방이동 되었으나 유의차를 보이지는 않았다($p > 0.05$). III 급 부정교합 환자를 절충치료한 선행 연구에서는 오히려 상악

치아가 과도하게 순측 경사되며 치료 후 상순이 더 돌출되기도 하였다(Jing et al., 2013).

치아의 전후방적 이동을 살펴보면, 하악 전치가 IR 식립군에서는 6.10° , RMP 식립군에서는 6.22° 설측 경사되었다. 또한 제 1 대구치의 치축은 IR 식립군에서 4.72° , RMP 식립군에서는 5.84° 원심 경사되었다. 선행 연구와 비교 시 구치부의 변화는 유사하였으나 전치는 더 많이 설측 경사되었는데, 선행 연구에서는 상, 하악 치열을 모두 후방이동 시킨 반면, 본 연구에서는 하악 치열만 후방이동 시켰다는 차이가 있다. 따라서 적절한 수평피개를 형성하기 위해 전치의 더 많은 이동이 필요했을 것으로 사료된다(Oh et al., 2011; Park et al., 2005).

본 연구에서는 IR 식립군에서 하악 구치의 치관은 2.58 mm, 치근은 1.26 mm 원심 이동하였으며, RMP 군에서 각각 2.73 mm, 1.35 mm 이동하였다. 비록 두 군 간의 차이가 유의미하지는 않으나($p>0.05$), RMP에 스크류 혹은 plate를 식립하였을 때 IR 식립군보다 더 많은 구치 이동량을 보였다는 선행 연구와 일치한다(Chen et al., 2019; Ye et al., 2013; Yeon et al., 2022). IR에 스크류를 식립할 경우 치아의 원심 이동에 따라 스크류와 치근이 가까워지면서 스크류가 탈락될 가능성이 높아진다. 하지만 RMP는 이러한 위험을 줄일 수 있어 더 효과적으로 하악 치열을 후방이동 시킬 수 있다. 하지만 선행 연구에 따르면 하악 치열 후방이동의 한계량은 하악골의 설측 피질골로 보고되었기 때문에 사전에 cone-beam computed tomography를 촬영하여 가용 공간을 평가하는 것이 권장된다(Kim et al., 2014).

Model 분석을 통해 두 군 모두에서 견치 및 소구치간 폭경이 증가함을 확인할 수 있었다. 특히 두 군 모두에서 약 0.70 mm 증가한 견치간 폭경에 비해 소구치간 폭경은 IR 군에서 2.17 mm, RMP 군에서 1.29 mm로 더 많이 증가하였다. 이는 선행 연구와 일치하는 결과인데, 해당 연구에서는 힘이 협측 방향으로 견치 측에 가해져서 견치 및 소구치부에 악궁이 확장되는 결과를 가져온다고 하였다(Oh et al., 2011). 유한 요소 분석을 이용한 선행 연구에서도 힘의 시점에 가까운 견치 및 소구치에서 폭경 변화가 제일 큰 것으로 나타났다(Park et al., 2017). 구치간 폭경 또한 증가하였지만 폭경이 1 mm 이상 증가한 선행 연구와 달리 증가량이 적었으며(Song et al., 2022), 두 군 모두에서 유의미한 구치간 폭경 변화를 보이지 않았다($p>0.05$).

치아의 후방이동양과 악궁 폭경 간에 상관관계를 분석한 결과, IR 식립군에서 하악 구치의 후방이동양과 구치간 폭경 간에 중간 정도의 상관관계가 있는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의미하지는 않았다($p>0.05$). 치아의 후방이동양과 악궁 폭경은 상관관계가 적은 것으로 보이며, 힘의 방향이나 주호선의 크기와 같은 다양한 요인들이 복합적으로 작용하는 것으로 추정된다.

치아의 회전을 비교하였을 때, 제1대구치와 제2대구치가 두 군 모두에서 distal-in rotation이 되었다. 본 연구와 같이 제 1,2 대구치가 모두 distal-in rotation 되었다는 결과를 가진 선행 연구가 있는 반면(Song et al., 2022), 다른 연구에서는 제1대구치는 distal-in rotation 되었지만 제2대구치는 오히려 mesial-in rotation이 되었다고 보고하였다(Oh et al., 2011). 이는 연구 간에 사용한 브라켓 및 와이어의 종류가 달라서 일어난 결과로 생각된다.

치아의 협설측 기울기를 비교하였을 때, M1 inclination 값이 두 군 모두에서 각각 1.66° , 1.35° 증가한 것으로 보아 치관의 협측 토오크가 발현된 것을 알 수 있다. 선행 연구에서는 후방이동력에 의해 견치가 원심측으로 기울어지게 되고, 구치의 협측 브라켓에 함입을 유발하며 일어나는 결과라고 보았으며 이를 방지하기 위해서는 단단한 주호선을 사용해야 한다고 주장하였다(Oh et al., 2011).

선행 연구에 따르면 IR에 미니스크류를 식립할 시 성공률은 약 80 %라고 보고하였다(Hourfar et al., 2017; Papageorgiou et al., 2012). 또한 RMP에 식립한 미니스크류의 성공률은 약 77 %라고 보고하였다(Azeem et al., 2019). 두 식립 위치 간의 성공률을 직접적으로 비교한 연구는 제한적이기 때문에 어느 한 위치가 더 낫다고 비교하기는 어려우나, 선행 연구의 성공률을 보았을 때 두 위치 간의 성공률은 큰 차이가 없다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 IR 식립군과 RMP 식립군 간의 골격 및 치성 변화 차이가 유의미하지 않은 것으로 나타났기 때문에 각 케이스 별로 스크류 식립 시 가용 공간이나 술자의 편의성 등을 고려하여 스크류 식립 위치를 결정하는 게 도움이 될 것이다.

본 연구는 서로 다른 두 개의 기관에서 시행되어 동일한 조건에서 후방이동이 시행되지 않았다는 한계를 가진다. 두 기관에서 사용한 bracket 사이즈가 차이가 있으며, 이에 따라 사용한 주호선도 차이가 있다. 0.018-inch slot을 이용한 경우, 전치부 토오크 조절에 있어서 장점을 보이기 때문에 후방이동 시 전치부의 설측 경사를 최소화할 수 있을 것이다. 반대로 0.022-inch slot을 이용할

경우, 더 단단한 주호선을 사용하였기 때문에 상대적으로 악궁이 덜 확장됐을 것이다(Rinchuse et al., 2007). 따라서 스크류 위치를 제외한 두 군 간의 조건을 동일하게 놓고 연구를 진행하여 오차를 줄일 필요가 있다. 뿐만 아니라 교정 치료 시작 및 종료 시점이 아닌 후방이동 전후로 계측치를 비교했다면 후방이동에 따른 치성적 변화를 보다 명확하게 관찰할 수 있었을 것이다. 후방이동 전후로 여러 단계를 거치면서 추가적인 치성 변화가 일어나기 때문이다. 또한, 대상자 수가 적다는 한계를 가지기 때문에 더 많은 대상자를 확보할 수 있다면 보다 유의미한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구는 미니스크류의 식립 위치에 따라 하악 치열의 후방이동 시 수직적, 전후방적 및 횡적 치료 효과를 연구하고자 협측 IR 및 RMP에 미니스크류를 식립한 군으로 나누어 계측치의 변화량을 비교하였다. 각 군 내 치료 전후 차이 및 두 군 간의 치료 효과 차이를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 두 군 모두에서 occlusal plane angle이 감소하였으며, 이는 하악 전치보다 구치가 더 많이 함입되어 하악 치열의 반시계 방향 회전이 일어난 결과이다. IR 식립군에서 치아의 더 많은 함입이 일어났으며 occlusal plane angle도 더 크게 감소하였으나 두 군 간의 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).
2. 두 군 모두에서 하악 전치의 설측 경사 및 구치의 원심 경사가 일어났으며($p<0.01$), 구치부보다는 전치부에서 더 많은 경사가 일어났다. 또한, 하악 치열이 후방이동됨에 따라 두 군 모두 하순의 후방이동이 일어났으며, 유의미한 변화를 보였다($p<0.05$). 하지만, 위의 계측치 모두에서 두 군 간에 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).
3. 두 군 모두에서 견치간 폭경과($p<0.05$) 소구치간 폭경이($p<0.01$) 유의미하게 증가하였으며, 소구치간 폭경이 가장 크게 증가하였다. 구치간 폭경은 유의미한 증가량을 보이지 않았다($p>0.05$). 소구치간 폭경은 IR 식립군에서, 견치 및 구치간 폭경은 RMP 식립군에서 더 크게 증가하였으나 두 군 간에 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).
4. 하악 대구치가 distal-in rotation되는 결과가 나타났으며 IR 식립군에서는 제1대구치가($p<0.01$), RMP 식립군에서는 제2대구치가 더 많이 회전되었다($p<0.05$). 또한, 두 군 모두에서 치관의 협측 토오크가 발생하였고 IR 식립군에서 더 많은 토오크가 발현되었지만 유의미한 변화를 보이지는 않았다($p>0.05$). 위의 계측치 모두에서 두 군 간에 유의차는 보이지 않았다($p>0.05$).
5. IR 식립군에서 구치간 폭경과 구치 후방이동양 간에 중간 정도의 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의미하지 않았다($p>0.05$).

본 연구를 통해 하악 치열의 후방이동 시 IR 식립군과 RMP 식립군 간에는 수직적, 전후방적, 횡적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 스크류 식립 시 가용 공간이나 술자의 편의성 등을 고려하여 스크류의 탈락률 및 환자의 불편감을 최소화하는 방향으로 스크류를 식립하는 것이 권유된다. 하지만 이전 연구들에서 언급한 것처럼 스크류를 이용한 하악 치열의 후방이동 시에는 하악 치열의 반시계 방향 회전, 전치의 설측 및 구치의 원심 경사, 견치 및 소구치부의 확장 등의 부작용이 발생할 수 있기 때문에 이를 유념하고 임상적으로 적용해야 할 것이다.

참고 문헌

- Azeem M, Saleem MM, Liaquat A, Haq AU, Hamid WU, Masood M (2019). Failure rates of mini-implants inserted in the retromolar area. *International orthodontics* 17(1): 53-59.
- Beyling F, Klang E, Niehoff E, Schwestka-Polly R, Helms H-J, Wiechmann D (2021). Class II correction by maxillary en masse distalization using a completely customized lingual appliance and a novel mini-screw anchorage concept—preliminary results. *Head & Face Medicine* 17(1): 23.
- Chae JM, Park JH, Kojima Y, Tai K, Kook YA, Kyung HM (2019). Biomechanical analysis for total distalization of the mandibular dentition: A finite element study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 155(3): 388-397.
- Chen J, Patino JJ, Chang JZ-C, Yao C-CJ, Nielsen IL (2019). A comparison of two TAD techniques (miniscrews versus miniplates) for treating class III malocclusion and the associated skeletal and dental effects. *Taiwanese Journal of Orthodontics* 31(3): 1.
- Elshebiny T, Palomo JM, Baumgaertel S (2018). Anatomic assessment of the mandibular buccal shelf for miniscrew insertion in white patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 153(4): 505-511.
- Hourfar J, Bister D, Kanavakis G, Lisson JA, Ludwig B (2017). Influence of interradicular and palatal placement of orthodontic mini-implants on the success (survival) rate. *Head & face medicine* 13: 1-6.
- Jing Y, Han X, Guo Y, Li J, Bai D (2013). Nonsurgical correction of a Class III malocclusion in an adult by miniscrew-assisted mandibular dentition distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 143(6): 877-887.
- Jo AR, Mo SS, Lee KJ, Sung SJ, Chun YS (2017). Finite-element analysis of the center of resistance of the mandibular dentition. *Korean J Orthod* 47(1): 21-30.
- Kim S-J, Choi T-H, Baik H-S, Park Y-C, Lee K-J (2014). Mandibular posterior anatomic limit for molar distalization. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 146(2): 190-197.
- Kook Y-A, Park JH, Bayome M, Kim S, Han E, Kim CH (2016). Distalization of the mandibular dentition with a ramal plate for skeletal Class III malocclusion correction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 150(2): 364-377.
- Kravitz ND, Kusnoto B (2007). Risks and complications of orthodontic miniscrews. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 131(4): S43-S51.
- Lee SK, Abbas NH, Bayome M, Baik U-B, Kook Y-A, Hong M, Park JH (2018). A

- comparison of treatment effects of total arch distalization using modified C-palatal plate vs buccal miniscrews. *The Angle Orthodontist* 88(1): 45-51.
- Lim H-J, Eun C-S, Cho J-H, Lee K-H, Hwang H-S (2009). Factors associated with initial stability of miniscrews for orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136(2): 236-242.
- McNamara Jr JA (1984). A method of cephalometric evaluation. *American journal of orthodontics* 86(6): 449-469.
- Nucera R, Bellocchio AM, Oteri G, Farah AJ, Rosalia L, Giancarlo C, Portelli M (2019). Bone and cortical bone characteristics of mandibular retromolar trigone and anterior ramus region for miniscrew insertion in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 155(3): 330-338.
- Oh YH, Park HS, Kwon TG (2011). Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 139(4): 470-481.
- Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA (2012). Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 142(5): 577-595. e577.
- Park HS, Lee SK, Kwon OW (2005). Group distal movement of teeth using microcrew implant anchorage. *Angle Orthod* 75(4): 602-609.
- Park JH, Heo S, Tai K, Kojima Y, Kook Y-A, Chae J-M (2020). Biomechanical considerations for total distalization of the mandibular dentition in the treatment of Class III malocclusion. In: *Seminars in Orthodontics*. Elsevier. p. 148-156.
- Park M, Na Y, Park M, Ahn J (2017). Biomechanical analysis of distalization of mandibular molars by placing a mini-plate: a finite element study. *Korean Journal of Orthodontics* 47(5): 289.
- Rinchuse DJ, Rinchuse DJ, Kapur-Wadhwa R (2007). Orthodontic appliance design. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 131(1): 76-82.
- Song B-J, Lee K-J, Cha J-Y, Lee J-S, Mo S-S, Yu H-S (2022). Stability of the Maxillary and Mandibular Total Arch Distalization Using Temporary Anchorage Devices (TADs) in Adults. *Applied Sciences* 12(6).
- Ye C, Zhihe Z, Zhao Q, Ye J (2013). Treatment effects of distal movement of lower arch with miniscrews in the retromolar area compared with miniscrews in the posterior area of the maxillary. *Journal of Craniofacial Surgery* 24(6): 1974-1979.
- Yeon BM, Lee NK, Park JH, Kim JM, Kim SH, Kook YA (2022). Comparison of treatment effects after total mandibular arch distalization with miniscrews vs ramal plates in patients with Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 161(4): 529-536.

ABSTRACT

Treatment effects of mandibular arch distalization according to miniscrew position

The development of the miniscrews has brought a new paradigm to the non-surgical treatment of adult class III malocclusion. However, the literature has reported adverse effects of posterior distalization of dentition using miniscrews. In the mandible, lingual screw insertion is limited, and side effects such as expansion of the arch and buccal torque of the molar crown may occur. Instead of buccal interradicular area (IR), retromolar pad (RMP) can be concerned as screw insertion site in the mandible. Using RMP screw or plate is believed to minimize these adverse effects by applying forces similar to the posterior occlusal line during posterior movement of the dentition. In this study, we compared the vertical, antero-posterior, and transverse treatment effects of posterior distalization of the mandibular dentition according to the miniscrews position.

The sample of the study consisted of 24 skeletal Class III patients over 18-years-old treated with mandible total arch distalization via miniscrews at the Department of Orthodontics, National Health Insurance Service Ilsan Hospital, Korea and the Department of Orthodontics, Yonsei University Dental Hospital, Seoul, Korea. Twelve of them were treated with IR miniscrews (5 males, 7 females, 23.83 ± 3.93 years old) and another twelve of them were treated with RMP miniscrews (3 males, 9 females, 21.00 ± 4.50 years old). Lateral cephalograms were used to compare skeletal and dental differences, and dental models were used to measure changes in arch expansion, rotation of molar, and torque change of molar.

The results were as follow:

1. Due to more intrusion in the molars than in the incisors, occlusal plane angle was decreased by counter-clockwise rotation of the mandible dentition. More intrusion and greater reduction of occlusal plane angle occurred in the IR group. There was no significant difference between the groups ($p>0.05$).
2. Lingual inclination of the mandibular incisor and distal inclination of the molar

occurred in both groups with significant difference ($p<0.01$). More inclination occurred in the anterior teeth than in the posterior teeth. As the mandibular dentition moved posteriorly, retrusion of the lower lip was occurred in both groups. ($p<0.05$). There was no significant difference between the groups ($p>0.05$).

3. The greatest increase was seen in the interpremolar width ($p<0.01$) and there was also a significant increase in the intercanine width in both groups ($p<0.05$). However, there was no significant increase in intermolar width ($p>0.05$). Interpremolar width increased more in the IR group whereas intercanine and intermolar width increased more in the RMP group. There was no significant difference between the groups ($p>0.05$).
4. Mandibular molars were found to be distal-in rotated. First molars rotated more in the IR group while second molars rotated more in the RMP group. Buccal torque of the crown occurred in both groups and molars were tilted more in the IR group without significant differences ($p>0.05$). There was no significant difference between the groups ($p>0.05$).
5. There was a moderate correlation between intercanine width and the amount of posterior teeth movement in the IR group, but it was not statistically significant ($p>0.05$).

Depending on their position, miniscrews can induce different movements of the dentition. Therefore, it is necessary to adjust the position of the screw according to each case when performing screw-assisted arch distalization. In this study, lateral cephalogram and model analysis were used to compare the treatment effects of miniscrew positioning, which may be helpful to predict the changes in each implantation site in cases planning to perform mandibular distalization.

Key words: Class III malocclusion, Mandibular arch distalization, Miniscrews