



## 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](#)

# IVRO 후 원심 골편의 3차원적 위치 변화와 관련 요인의 상관관계 분석

연세대학교 대학원

치 의 학 과

장 의 준

# IVRO 후 원심 골편의 3차원적 위치 변화와 관련 요인의 상관관계 분석

지도교수 정 영 수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2025년 6월

연세대학교 대학원

치 의 학 과

장 의 준

IVRO 후 원심 골편의 3차원적 위치 변화와  
관련 요인의 상관관계 분석

장익준의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원장              김 준 영                    서명

심사위원              정 영 수                    서명

심사위원              박 진 후                    서명

연세대학교 대학원  
치 의 학 과

2025년 6월

## 감사의 글

먼저 항상 변함없는 사랑과 관심으로 돌봐주시며 물심양면으로 지원해 주시는 사랑하는 가족들에게 감사드립니다. 석사 과정 4학기 동안 세심한 지도와 격려로 이끌어 주신 정영수 교수님께 진심으로 감사드립니다. 더불어, 많은 관심과 조언으로 논문을 보완해주신 박진후 교수님, 김준영 교수님 그리고 조현미 교수님께도 깊이 감사드립니다. 아울러, 구강악안면외과 수련과정 동안 따뜻한 말씀과 가르침 주신 차인호 교수님, 이상휘 교수님, 김형준 교수님, 남웅 교수님, 김동욱 교수님, 김현민 교수님, 김민지 교수님께도 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

마지막으로 3년의 구강악안면외과 수련 기간 동안 매일 같이 동고동락하며 재밌는 의국 생활을 같이 해준 동기들 그리고 의국 선후배님들에게도 고마움을 전합니다.

2025년 6월

장 의 준

# 차 례

표 차례 .....	iii
그림 차례 .....	iv
국문 요약 .....	v
1. 서 론 .....	1
2. 연구 대상 및 방법 .....	4
2.1. 연구 대상 .....	4
2.2. 연구 방법 .....	7
2.2.1. 수술 과정 .....	7
2.2.2. 3차원 이미지 재구성 .....	8
2.2.3. 기준점 설정 .....	8
2.2.4. 기준 평면 및 좌표계 설정 .....	9
2.2.5. 하악지 두께 측정 .....	11
2.2.6. 하악골 전체 폭 측정 .....	14
2.2.7. 3차원 이미지 중첩 및 하악골 이동량 측정 .....	15
2.2.8. 해부학적 landmark의 좌표 이동량 계산 .....	16
2.3. 통계 분석 방법 .....	16
3. 결 과 .....	17
3.1. 연구 대상 분석 .....	17
3.1.1 연구 대상의 임상적 지표 .....	17

3.1.2. 시간에 따른 landmark 좌표 변화량 .....	19
3.2. 주요 변수 간 상관관계 분석 .....	20
3.2.1. 하악지 평균 두께와 변위 성분 간 상관관계 .....	20
3.2.2. 하악골 전체 폭 변화량과 변위 성분 간 상관관계 .....	23
3.2.3. 하악골 후방 이동량과 변위 성분 간 상관관계 .....	29
3.2.4. 하악골 상방 이동량과 변위 성분간 상관관계 .....	32
4. 고 찰 .....	35
5. 결 론 .....	39
참고 문헌 .....	41
Abstract .....	45

## 표 차례

<표 1> 기준점의 정의 .....	8
<표 2> 기준 평면의 정의 .....	9
<표 3> 하악지 두께 계측 .....	11
<표 4> 연구 대상의 임상적 지표 .....	18
<표 5> 시간에 따른 landmark의 좌표 이동량 .....	19
<표 6> 양측 하악지 위치별 두께 평균과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 .....	22
<표 7> 하악골 전체 폭 변화량과 변위 성분 간 Pearson 상관분석 .....	26
<표 8> 하악골 전체 폭 변화량과 하악골 변위 성분 간 선형회귀분석 .....	28
<표 9> 하악골 후방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 .....	31
<표 10> 하악골 상방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 .....	34



## 그림 차례

<그림 1> 연구 대상 선정 과정 .....	6
<그림 2> 기준 평면 및 좌표계 설정 .....	10
<그림 3> 하악지 두께 계측 방법 .....	13
<그림 4> 하악골 전체 폭 계측 방법 .....	14
<그림 5> 3차원 이미지 중첩 및 보정 과정 .....	15
<그림 6> 양측 하악지 위치별 두께 평균과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 그래프 .....	21
<그림 7> 하악골 전체 폭 변화( $T2-T1$ ) 및 하악골 전방 변위 3D 이미지 .....	24
<그림 8> 하악골 전체 폭 변화량과 변위 성분 간 Pearson 상관분석 .....	25
<그림 9> 하악골 전체 폭 변화량( $T2-T1$ )과 Pogonion의 y좌표 변위 간의 선형회귀 분석 그래프 .....	27
<그림 10> 하악골 후방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 그래프 .....	30
<그림 11> 하악골 상방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 그래프 .....	33

## 국 문 요 약

### IVRO 후 원심 골편의 3차원적 위치 변화와 관련 요인의 상관관계 분석

본 연구는 골격성 III급 부정교합 환자 90명을 대상으로 구강내 하악지 수직골절단술(Intraoral Vertical Ramus Osteotomy, 이하 IVRO)을 이용한 하악골 후퇴술 후 원심 골편 변위에 영향을 미치는 요인들에 대해 후향적으로 분석하였다. 환자의 수술 전, 수술 후 1개월 및 수술 후 1년에 촬영한 Cone Beam Computed Tomography를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하고, 각 계측점의 좌표 이동을 통해 원심 골편의 변위 정도와 방향을 3차원적 지표로 계산하였다. 이를 하악지 위치별 두께, 하악골 총 폭 그리고 수술 시 하악골의 후상방 이동량과의 상관관계를 분석하였다. 통계분석 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 양측 하악지의 상, 중, 하부의 평균 두께는 IVRO 후 원심 골편 변위와 통계적으로 유의미한 상관관계가 없다.
2. 하악골 전체 폭의 수술 전, 수술 후 1개월, 수술 후 1년의 시점에 따른 변화량은 IVRO 후 원심 골편의 전하방 변위와 통계적으로 유의미한 상관관계가 있다.
3. 하악골의 후방 이동량은 IVRO 후 원심 골편의 전방 변위와 통계적으로 유의미한 상관관계가 있다.
4. 하악골의 상방 이동량은 IVRO 후 원심 골편의 상방 변위와 통계적으로 유의미한 상관관계가 있다.

IVRO 후 하악골 원심 골편의 3차원적 변위는 하악지의 평균 두께보다 수술 후 근심 골편과 원심 골편 간의 간섭 및 수술 시 하악골 수평, 수직적 이동량에 더

상관관계가 있다는 점을 확인하였다. 본 연구는 IVRO를 이용한 하악골 후퇴술 시행 후 원심 골편의 3차원적 위치 변화를 미치는 요인 간의 상관관계를 규명함으로써, 수술 계획 수립과 수술 후 하악골 변위 예측에 있어 중요한 임상적 지침을 제공하고자 한다.

---

핵심되는 말 : 구강내 상행지 수직골절단술(IVRO), 하악지 두께, 골편 간 간섭, 3차원 분석

## 1. 서론

골격성 III급 부정교합은 상악골의 저형성 또는 하악골의 전돌 및 과성장으로 인해 발생하는 대표적인 악안면 기형으로, 이는 기능적 장애뿐 아니라 심미적인 문제를 동반하여 환자의 삶의 질에 영향을 미친다(Hall et al. 1987). 이러한 환자들에게 안모의 개선과 안정적인 교합 회복을 도모하기 위한 치료 방법으로 악교정 수술이 선택된다(Nihara et al. 2013).

구내 상행지 수직골절단술(Intraoral vertical ramus osteotomy, IVRO)은 하악골을 후퇴시키는 대표적인 술식으로, 하악의 S상 절흔(sigmoid notch)부터 하악골의 하연까지 수직으로 골절단을 시행하는 방법이다. 이는 구강 내 관절 하부 절제술(Intraoral subcondylar osteotomy)에서 유래된 것으로, 1964년 Moose에 의해 처음 소개되었다(Moose et al. 1964). 이 후 Winstanley가 oscillating saw를 이용한 IVRO를 소개하였고, Herbert에 의해 발전되어 현재까지 널리 사용되고 있다(Winstanley. 1968; Herbert et al. 1970). 초창기의 IVRO는 wire나 screw 등을 통하여 근심 골편과 원심 골편을 고정시켜 골 치유를 촉진하고자 하였다. 그러나 고정 없이 피질골 접촉만으로도 성공적으로 골 치유가 일어나는 것이 관찰되었으며, 이에 따라 현재의 IVRO는 고정을 주로 시행하지 않는다(Arimoto et al. 2013). 수술 후 골편 간 강성 고정을 시행하지 않는 대신, 약 2주의 악간 고정(intermaxillary fixation) 후 능동적인 하악 운동을 통해 골유합을 유도한다. 이는 수술 후 근심 골편이 기능적 위치에 적응하여 치유되기 때문에 수술 후 측두하악관절 장애가 발생할 가능성이 낮다(Bell et al. 1990). 또한, 수술시간이 비교적 짧고, 하악공 후방에서 골절단이 이루어 지기에, 하치조 신경 손상의 위험이 적다는 장점이 있다(Ghali et al. 2000).

그러나, 고정을 시행하지 않는 IVRO의 특성상, 수술 후 하악골 원심 골편의 변위에는 다양한 해부학적 및 생역학적 요소가 복합적으로 작용할 수 있다. 선행 연구에 따르면 수술 중 하악골 후퇴량(setback amount)과 근심 골편의 위치가

하악골 회귀에 미치는 영향을 분석하였다(Choi et al. 2016). 수술 시 하악골의 전후방적인 이동량 뿐만 아니라, 수직적인 이동량(vertical movement)도 술 후 하악골 원심 골편의 안정성에 영향을 끼친다고 보고된 바 있다(Chen et al. 2011). 또한, 교근(masseter muscle)의 두께와 하악지 두께 간에는 양의 상관관계가 존재하며, 근육-골격계 구조가 하악골 안정성에 영향을 미칠 수 있다고 보고된 바 있다(Soyoye et al. 2018). 특히, 교근은 하악골을 상승시키는 주요 저작근으로, 발달 정도에 따라 수술 후 골편에 지속적인 전방 및 상방 방향의 힘을 가할 수 있어, 결과적으로 하악골 회귀에 영향을 미칠 가능성이 있다(Kiliaridis et al. 1991).

IVRO를 이용한 하악골 후퇴술 후 하악골 총 폭의 변화를 분석한 기존 연구에 따르면, 수술 직후 양측 근심 골편 사이의 간격은 증가하였으나, 술 후 1년이 경과한 시점에서는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 수술 직후 하악골 총 폭의 증가량은 하악골 후퇴량과 유의한 상관관계를 보이지 않는 것으로 보고되었다(Jung et al. 2010). 더불어, 수술 직후와 술 후 1년 시점에서의 근심 골편의 3차원적 위치 변화를 분석한 또 다른 연구에서는, 근심 골편이 관절 돌기(condyle)를 중심으로 내회전(internal rotation) 및 전방 변위(anterior displacement) 양상을 보인다고 보고되었다(Ohba et al. 2015). 하악지 자체의 해부학적 특성, 특히 하악골 두께나 하악골 폭 변화가 원심 골편의 변위를 유발할 수 있는 요인으로 제기되어 왔으나, 이를 정량적으로 분석한 연구는 현재까지 보고된 바 없다(Watanabe et al. 2010).

악교정 수술 전후의 해부학적 변화를 분석함에 있어, 콘빔 전산화 단층 촬영 검사(Cone Beam Computed Tomography; CBCT)가 유용한 진단 도구로 활용되고 있다. 기존의 2차원 영상보다 영상의 왜곡이 적고, 높은 정확도와 해상도를 제공하며, 원하는 부위의 정확한 3차원 정보를 획득할 수 있기 때문에 장점이 있다. 또한, 2차원 계측과 비교하여 평균 오차가 0.3mm 이하로 우수한 정밀도를 가지며, 경조직과 연조직을 동시에 정량적으로 평가할 수 있는 장점을 가진다(Nishino et al. 2016).

본 후향적 연구는 IVRO를 이용한 하악골 후퇴술을 받은 환자의 CBCT 영상을 기반으로 재구성하여 얻은 3차원 이미지를 분석하여, 술 후 원심 골편 변위에 영향을

미치는 요인들을 확인하고자 한다. 특히, 골편의 변위를 하악지의 평균 두께, 하악골의 총 폭 변화 및 수술 시 하악골의 후상방 이동량과 통계적 상관관계를 분석함으로써, IVRO 후 하악골 원심 골편의 위치 변화를 유발하는 요인들을 규명하고, 수술 계획 단계와 예후 예측 시 유용한 임상적 지침을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1. 연구 대상

2018년 2월부터 2023년 5월까지 연세대학교 치과대학병원 구강악안면외과에서 한 명의 술자에게 Le fort I 절골술 및 IVRO를 이용한 악교정 수술을 받은 총 356명의 환자를 후향적으로 분석하였다.

연구 대상 환자는 다음 포함 기준과 제외 기준에 따라 선정되었다 (그림 1).

포함 기준 :

- 1) 하악 전돌증으로 진단 받고 Le Fort I osteotomy 및 IVRO를 시행한 환자
- 2) 악안면부 외상 병력이 없는 환자
- 3) 선천성 질환이 없는 환자
- 4) 술 후 1년까지의 외래 추적이 이루어져 술 후 1년간의 임상 및 방사선 사진 자료과 갖추어진 환자

제외 기준 :

- 1) 수술 선행 악교정 치료(Surgery-First Approach)를 받은 환자
- 2) 턱 끝 성형술(Genioplasty)이 동반된 환자
- 3) 하악 과두(condyle)에 형태적 이상이 있는 환자
- 4) 수술 전 CBCT에서 측정한 Menton과 정중 시상면 사이의 수직 거리가 4mm 이상의 현저한 안면 비대칭 환자

총 90명의 환자가 본 연구 대상으로 최종 선택되었으며, 이들은 의무기록과 술 전,

술 후 1개월 그리고 술 후 1년 시점에 촬영한 CBCT 영상을 수집하여 분석하였다.

본 연구는 연세대학교 치과대학병원 연구심의위원회(IRB)의 심의 승인을 받았으며(승인 번호:2-2025-0023), 헬싱키 선언에 따라 수행되었다.



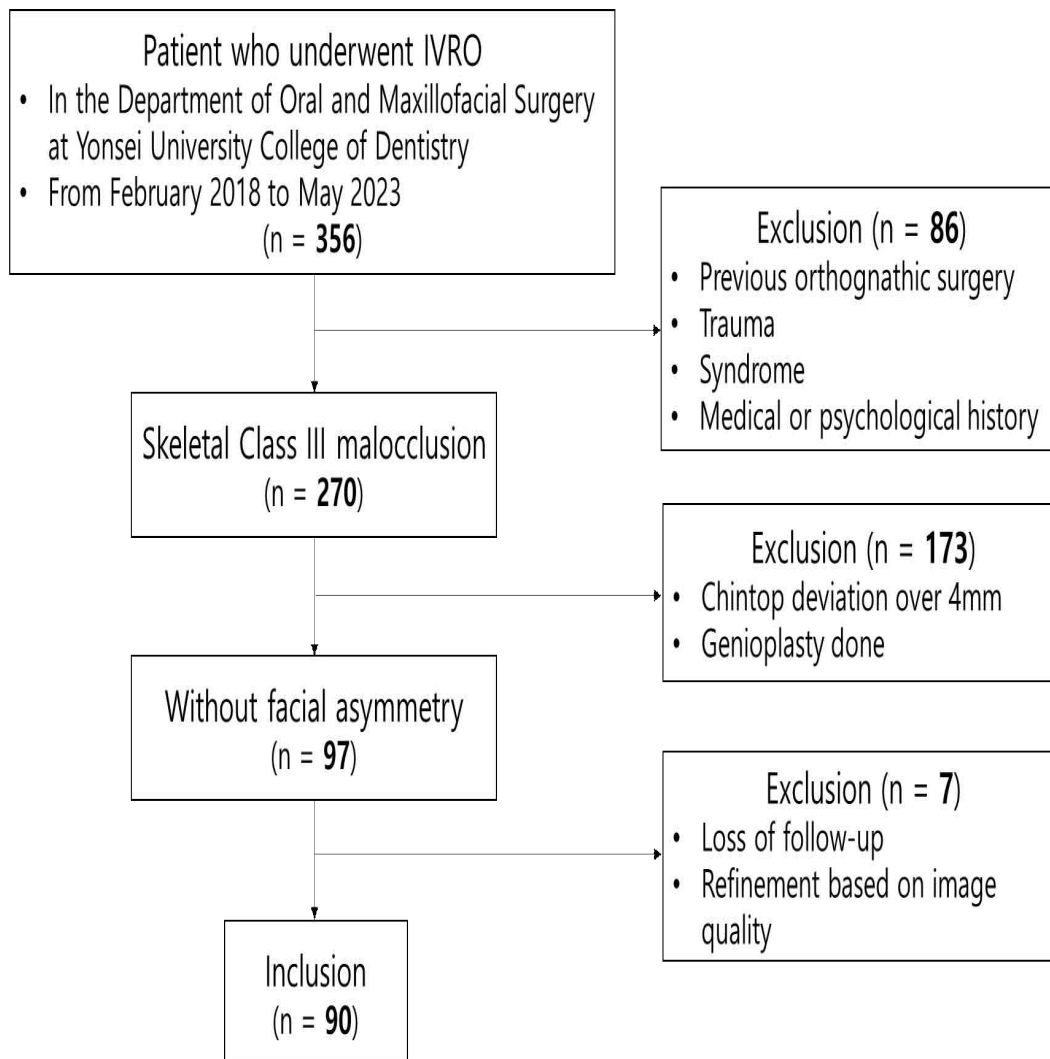


그림 1. 연구 대상 선정 과정

## 2.2. 연구 방법

### 2.2.1. 수술 과정

모든 환자는 비삽관을 통한 전신마취 하에 수술을 시행받았다. 상악골 수술은 Le Fort I 골절단술(osteotomy)을 이용하여 시행하였으며, 절단된 상악골은 Resin splint를 이용하여 사전에 계획된 위치에 정확히 재위치시켰다. 이후 nasomaxillary buttress 및 zygomatico-maxillary buttress 부위에 플레이트를 사용하여 견고 고정(rigid fixation)하였다. 견고 고정에는 티타늄 플레이트 또는 Osteotrans MX(40% hydroxyapatite / 60% poly-L-lactic acid; Takiron, Osaka, Japan) 플레이트와 직경 2.0 mm의 monocortical 스크류를 사용하였다.

하악골 수술은 양측성 구내 상행지 수직골절단술(bilateral intraoral vertical ramus osteotomy, IVRO)을 이용하여 시행하였다. 골절단 후 상악골의 재위치에 맞춰 교합을 조정하고 resin splint를 이용하여 하악골을 유도하였다. 골편의 적절한 중첩을 위해 익돌교근건(ptyerygomasseteric sling) 박리를 시행하였으며, 하악각 부위의 돌출을 방지하기 위해 근심 골편의 하연(inferior border)을 절제 후 다듬었다. 근심 및 원심 골편 간의 중첩이 충분하지 않은 경우, 근심 골편의 외사선(external oblique ridge)에 contra-angle hole bur로 드릴링한 후 3-0 Vicryl을 이용하여 매달아(suspend) 고정하였다.

수술 당일에는 1/8인치 유도고무줄(training elastic)을 이용한 느슨한 악간 고정 상태로 회복하였으며, 술 후 2일째에 본격적인 악간 고정(intermaxillary fixation, IMF)을 시행하고, 파노라마 및 전후·측면 두부 방사선 사진을 촬영하여 수술 결과를 평가하였다. 술 후 3일째에 퇴원하였으며, 13일째에 악간 고정을 제거하고 이후 상·하악 전치부의 수술용 치궁강선(surgical archwire)에 1/8인치 고무줄을 이용하여 하악골의 전방, 측방, 개구 운동을 유도하는 능동적 하악 운동(active mandibular exercise)을 시작하였다.

술 후 1개월에는 임상사진 및 3D CBCT를 촬영하여 교합 안정성 및 경과를 확인하였으며, splint를 제거하고 교정 치료를 시작하였다. 이후 3개월 및 6개월

시점에 파노라마 및 두부 방사선 사진, 임상사진을 촬영하였고, 1년째에는 3D CBCT를 추가 촬영하여 골유합 상태를 평가하였다.

### 2.2.2. 3차원 이미지 재구성

수술 전(T0), 수술 후 1개월(T1), 1년(T2)에 시점에 촬영한 CBCT 영상을 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 형식으로 추출한 후, 3차원 분석 소프트웨어인 Invivo (Version 7, Anatomage, USA)를 활용하여 3차원 이미지를 재구성하였다. 재구성된 영상에서 해부학적 기준점과 기준 평면을 설정한 뒤, 이를 바탕으로 3차원 좌표계를 구축하였다. 설정된 좌표계 상에서 하악지 두께와 하악골의 위치 변화를 포함한 관련 계측값을 정량적으로 측정하고, 시점 간 변화 양상을 분석하였다.

### 2.2.3. 기준점 설정

해부학적 기준점은 Basion, Nasion, 양측 Orbitale, 양측 Porion으로 설정하였다 (표 1).

표 1. 기준점의 정의

기준점 (Reference point)	정의 (Definition)
B, Basion	대후두공(foramen magnum) 전연의 최전방점
N, Nasion	전두비골봉합(foramen magnum) 전연의 최전방점
Or, Orbitale	안와 하연의 최하방점
Po, Porion	외이도(external auditory meatus)의 최상방점

#### 2.2.4. 기준 평면 및 좌표계 설정

재구성된 3차원 영상에서 2.2.2.의 기준점을 기반으로 하여 수평 평면(horizontal plane), 정중 평면(sagittal plane), 관상 평면(coronal plane)을 각각 설정하였으며, 이를 각각 x축, y축, z축으로 정의하였다 (표 2). 좌표계의 원점은 Nasion (N), (0,0,0)으로 설정하였으며, 이를 기준으로 각 축의 양의 방향과 음의 방향은 다음과 같이 정의하였다.

x축은 좌측을 양의 방향, 우측을 음의 방향으로,  
y축은 후방을 양의 방향, 전방을 음의 방향으로,  
z축은 상방을 양의 방향, 하방을 음의 방향으로 설정하였다 (그림 2).

표 2. 기준 평면의 정의

기준 평면 (Reference plane)	정의 (Definition)	축 (Axis)
수평 평면 (Horizontal plane)	Nasion을 포함하며, Frankfort horizontal (FH) plane과 평행인 평면	x축
정중 평면 (Sagittal plane)	Nasion과 Basion을 지나며, FH평면에 수직인 평면	y축
관상 평면 (Coronal plane)	Nasion을 포함하며, 수평 평면과 정중 평면에 수직인 평면	z축

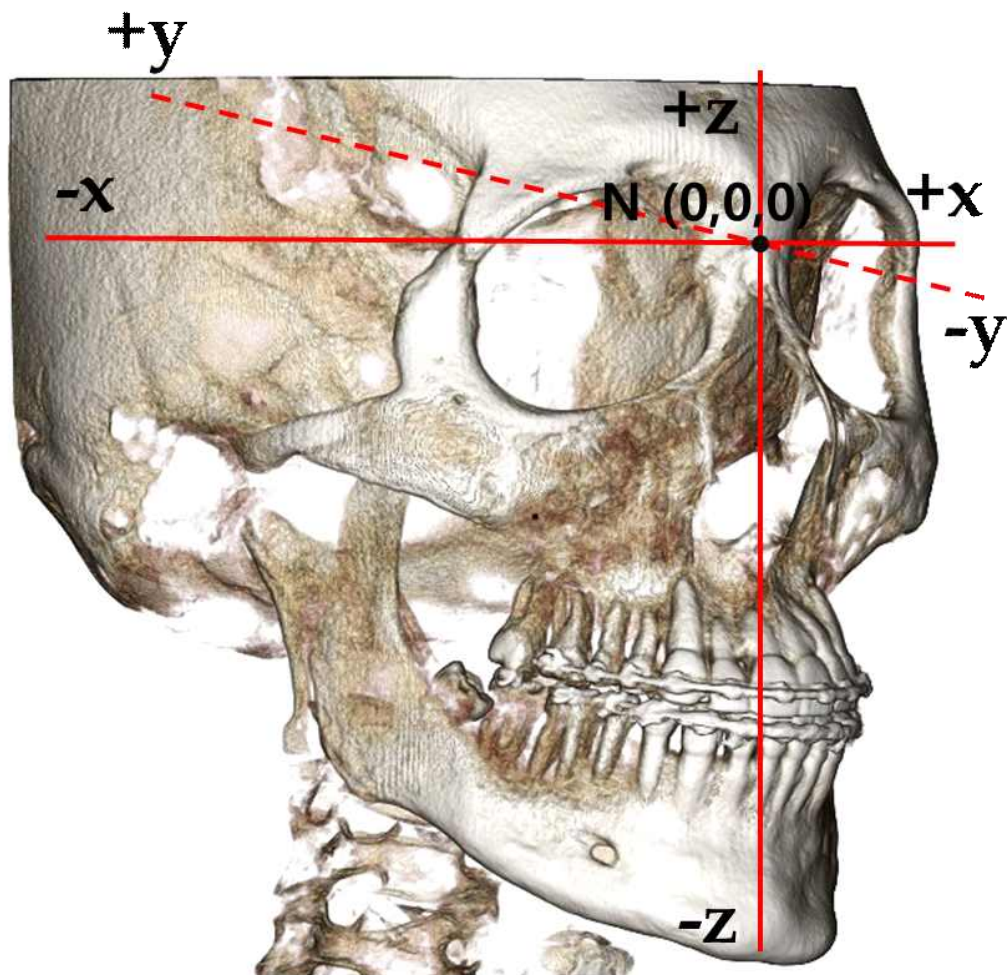


그림 2. 기준 평면 및 좌표계 설정

x축(transverse); 좌측(+)/ 우측(-)

y축(antero-posterior); 후방(+)/ 전방(-)

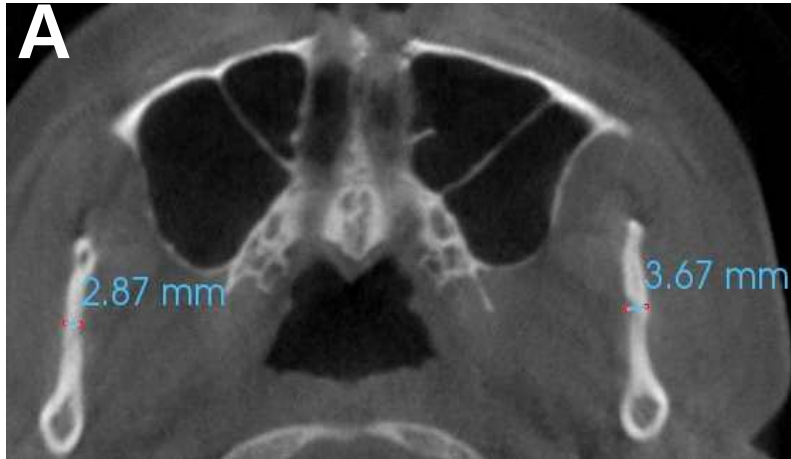
z축(vertical); 상방(+)/ 하방(-)

### 2.2.5. 하악지 두께 측정

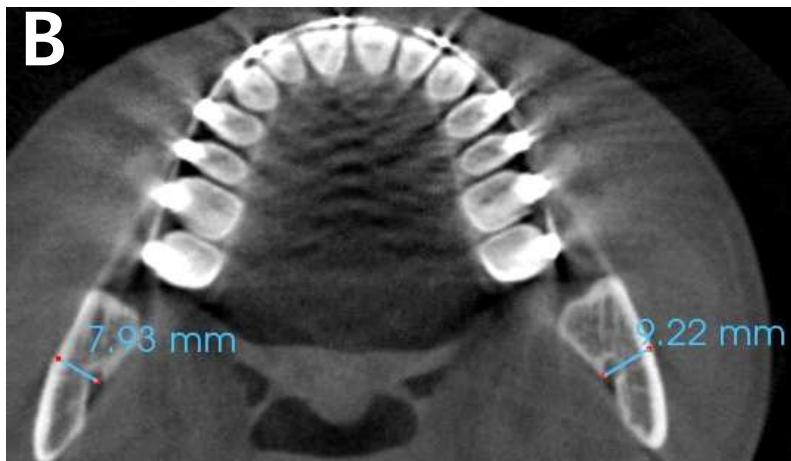
하악지 두께는 T0 시점의 CBCT axial view 상에서 하악골 sigmoid notch 전하방점 하방 5mm 지점을 superior point로, 하악골 lingula의 최상방점을 middle point로, 하악골 antegonial notch 상방 5mm 지점을 inferior point로 하여 총 3지점에서 측정하였다(표 3, 그림 3).

표 3. 하악지 두께 측정 방법

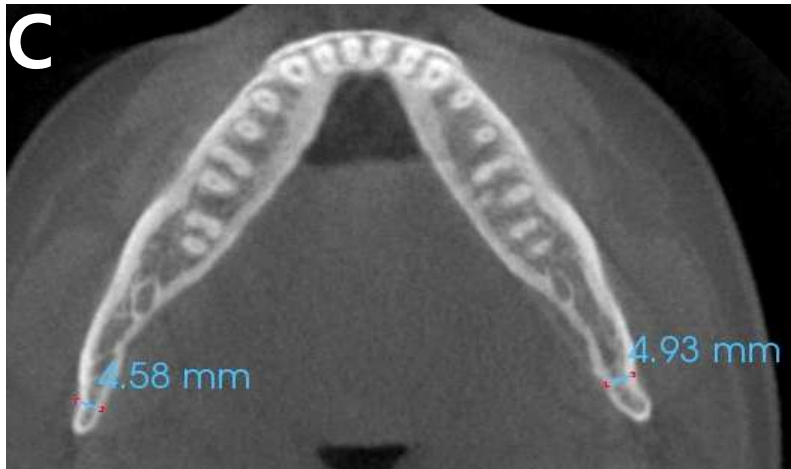
측정 지점 (Measurement point)	정의 (Definition)
Superior point	하악골 sigmoid notch 전하방점 하방 5mm에서의 양측 하악지 각각의 두께
Middle point	하악골 lingula 최상방에서의 양측 하악지 각각의 두께
Inferior point	하악골 antegonial notch 상방 5mm에서의 양측 하악지 각각의 두께



A : Superior point, sigmoid notch 전하방점의 하방 5mm level



B : Middle point, lingula 최상방 level



C: Inferior point, antegonial notch 상방 5mm level

그림 3. 하악지 두께 측정 방법



## 2.2.6. 하악골 전체 폭 계측

Invivo software 상에서 3차원으로 재구성된 이미지를 FH 평면에 따라 후방 두부 정렬 후 하악골 전체 폭의 계측(total mandibular width)을 시행했다. T0, T1, 그리고 T2의 각 시점에서 3차원 이미지의 양측 유양돌기(mastoid process)의 최하방점 높이의 중간 지점의 최외측 하악지에서 정중시상면(midsagittal plane)까지의 각 직선 거리를 측정한 후, 이를 합산한 값을 하악골 전체 폭으로 정의하였다(그림 4).

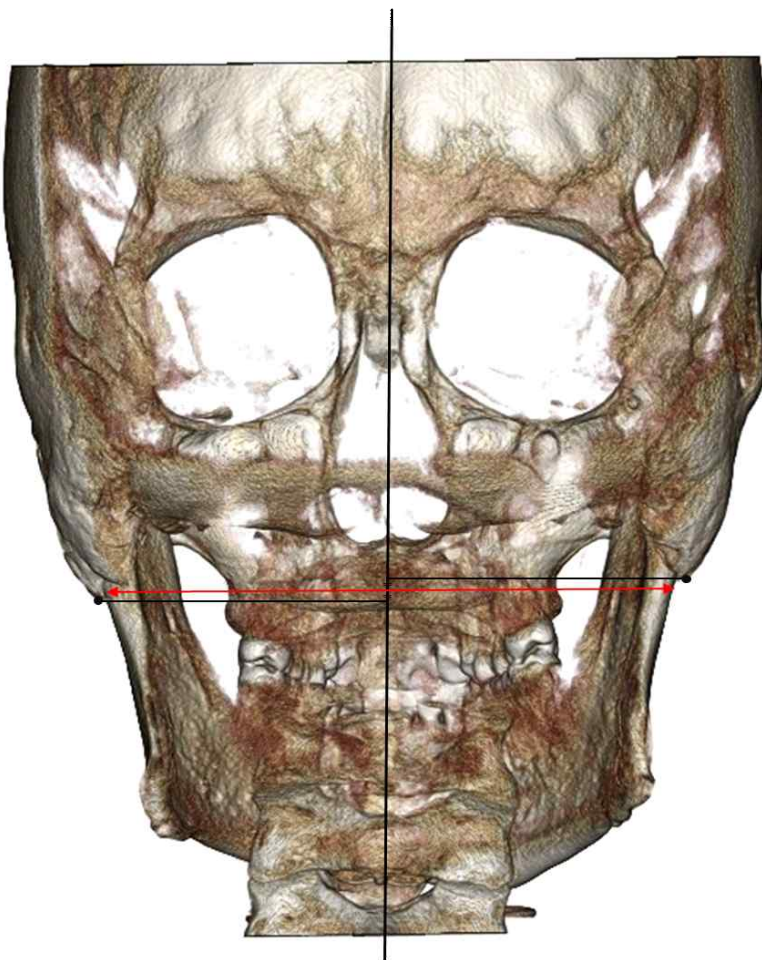


그림 4. 하악골 전체 폭 계측 방법

### 2.2.7. 3차원 이미지 중첩 및 하악골 이동량 측정

3차원 재구성 이미지 중첩은 Invivo software상에서 수행하였다. 수술 후에도 해부학적 위치 변화가 없는 두개골의 안정된 표면 구조와 두개저(cranial base)를 기준으로 정합하였다. 양측의 관골 안면공(zygomaticofacial foramen), 상안와공(supraorbital foramen), 관골-전두봉합부(zygomaticofrontal suture) 중 위치가 명확하게 식별되는 최소 세 개의 기준점을 선택하여 초기 정합을 시행하였으며, 이후 두개저 구조를 기준으로 추가적인 정밀 중첩을 통해 3차원 영상 간의 보정 정확도를 향상시켰다 (그림 5).

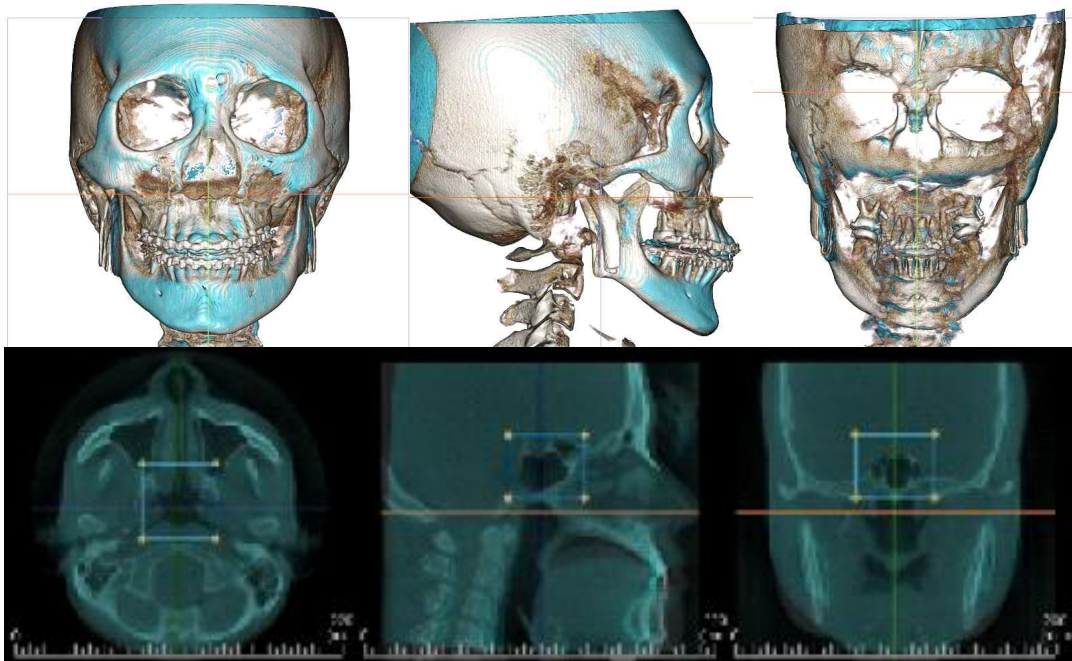


그림 5. 3차원 이미지 중첩 및 보정 과정

T0과 T1의 이미지를 중첩하여 Pogonion의 y축 좌표 변화량을 통해 하악골 후방 이동량(setback amount), z축 좌표 변화량을 통해 하악골 상방 이동량을 각각 정량적으로 측정하였다. T0, T1, T2의 각각 A point, B point, Pogonion의 좌표값을 비

교하여 시점에 따른 계측점의 3차원적 변화량을 평가하였다.

### 2.2.8. 해부학적 landmark의 좌표 이동량 계산

T0, T1, T2 시기별 landmark의 3차원적 좌표 이동량은 Euclidean distance 공식을 사용하여 계산하였다. 예를 들어, 두 시점 간 좌표가 각각  $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 와  $P_j(x_j, y_j, z_j)$ 일 경우, 두 점 사이의 이동 거리  $D_{ij}$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$D_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2}$$

이를 통해 B point, pogonion의 시간에 따른 3차원 좌표 이동량을 정량적으로 산출하였다.

## 2.3. 통계 분석 방법

통계 분석은 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, version 28.0, Chicago, USA), Python 3.9.7 (Python Software Foundation)를 이용하여 수행되었다. 데이터 처리 및 분석을 위해 다음 라이브러리를 이용하였다; Pandas v1.3.3 (McKinney, 2010), Numpy v1.21.2 (Harris et al., 2020), Scipy v1.7.1 (Virtanen et al., 2020), Matplotlib v3.4.3 (Hunter, 2007), Seaborn v0.11.2 (Waskom et al., 2020).

모든 분석은 Jupyter Notebook 환경에서 수행되었으며, p값이 0.05 미만일 경우를 통계적으로 유의미한 것으로 간주하였다.

## 3. 결 과

### 3.1. 연구 대상 분석

#### 3.1.1. 연구 대상의 임상적 지표

본 연구에서는 남성 48명, 여성 42명, 평균 연령 23.9세의 총 90명의 연구 대상이 분석되었다. 각 환자의 하악지 평균 두께는 superior point  $3.38 \pm 0.75\text{mm}$ , middle point  $7.23 \pm 0.98\text{mm}$ , inferior point  $4.12 \pm 0.92\text{mm}$ 였다. 또한, 하악골의 총 폭은 T0에서  $100.17 \pm 5.14\text{mm}$ , T1에서  $106.86 \pm 4.25\text{mm}$ , T2에서  $105.33 \pm 4.97\text{mm}$ 였다(표 4).

표 4. 연구 대상의 임상적 지표

Characteristic	Mean $\pm$ SD
Age	23.87 $\pm$ 4.19
Sex	
Male (%)	48 (53.3%)
Female (%)	42 (46.7%)
Mandibular movement (mm)	
Horizontal	12.58 $\pm$ 2.37
Vertical	2.16 $\pm$ 1.47
Ramus Thickness (mm)	
Superior	3.38 $\pm$ 0.75
Middle	7.23 $\pm$ 0.98
Inferior	4.12 $\pm$ 0.92
Total Mn. width (mm)	
T0	100.17 $\pm$ 5.14
T1	106.86 $\pm$ 4.25
T2	105.33 $\pm$ 4.97

### 3.1.2. 시간에 따른 landmark 좌표 변화량

T1에서 T2 시점으로 이동 시, A point, B point, Pogonion의 3차원 좌표 변화를 분석하였다, A point는 평균적으로 x축  $0.12\text{mm} \pm 0.32$ , y축  $0.21\text{mm} \pm 0.29$ , z축  $0.28\text{mm} \pm 0.48$ 의 이동을 보여 상악골 전방부의 뚜렷한 이동은 발생하지 않은 것으로 확인하였다. 반면, B point는 x축  $0.05\text{mm} \pm 0.67$ , y축  $-1.07\text{mm} \pm 0.68$ , z축  $0.81\text{mm} \pm 0.91$ 로 변화하였고, Pogonion은 x축  $-0.03\text{mm} \pm 0.63$ , y축  $-1.37\text{mm} \pm 0.53$ , z축  $0.75\text{mm} \pm 0.78$ 의 변화를 보였다. y축의 음의 변화와 z축의 양의 변화는 수술 직후 후방으로 이동된 하악골이 일부 전방-상방 방향으로 변위하는 경향을 보였음을 의미한다 (표 5).

표 5. 시간에 따른 landmark의 좌표 이동량

$\Delta T2-T1$	
Mean $\pm$ SD (mm)	
<b>A point</b>	
x	$0.12 \pm 0.32$
y	$0.21 \pm 0.29$
z	$0.28 \pm 0.48$
<b>B point</b>	
x	$0.05 \pm 0.67$
y	$-1.07 \pm 0.68$
z	$0.81 \pm 0.91$
<b>Pogonion</b>	
x	$-0.03 \pm 0.63$
y	$-1.37 \pm 0.53$
z	$0.75 \pm 0.78$

## 3.2. 주요 변수 간 상관 관계 분석

### 3.2.1. 하악지 평균 두께와 변위 성분 간 상관관계

하악지의 상, 중, 하부의 위치별 양측 평균 두께와 하악골 변위 성분 간의 상관 관계를 Spearman 상관분석으로 평가하였다.

원심 골편의 변위 정도와 Pogonion의 x 좌표(Pog\_x)는 하악지의 superior, middle, inferior 모든 두께와 양의 상관 관계를 보였으며, 특히 중간 두께 (Thickness\_M)와의 상관성이 가장 높았다( $\rho = 0.231$ ). 하지만, 3D 재발 지표 (B\_3D, Pog\_3D)를 포함하여 다른 요소들은 모든 두께 성분과 유의미한 상관관계가 없었다. 결론적으로, 하악지 평균 두께와 원심 골편의 변위 정도는 통계적으로 유의미 하지 않았다(그림 6, 표 6).

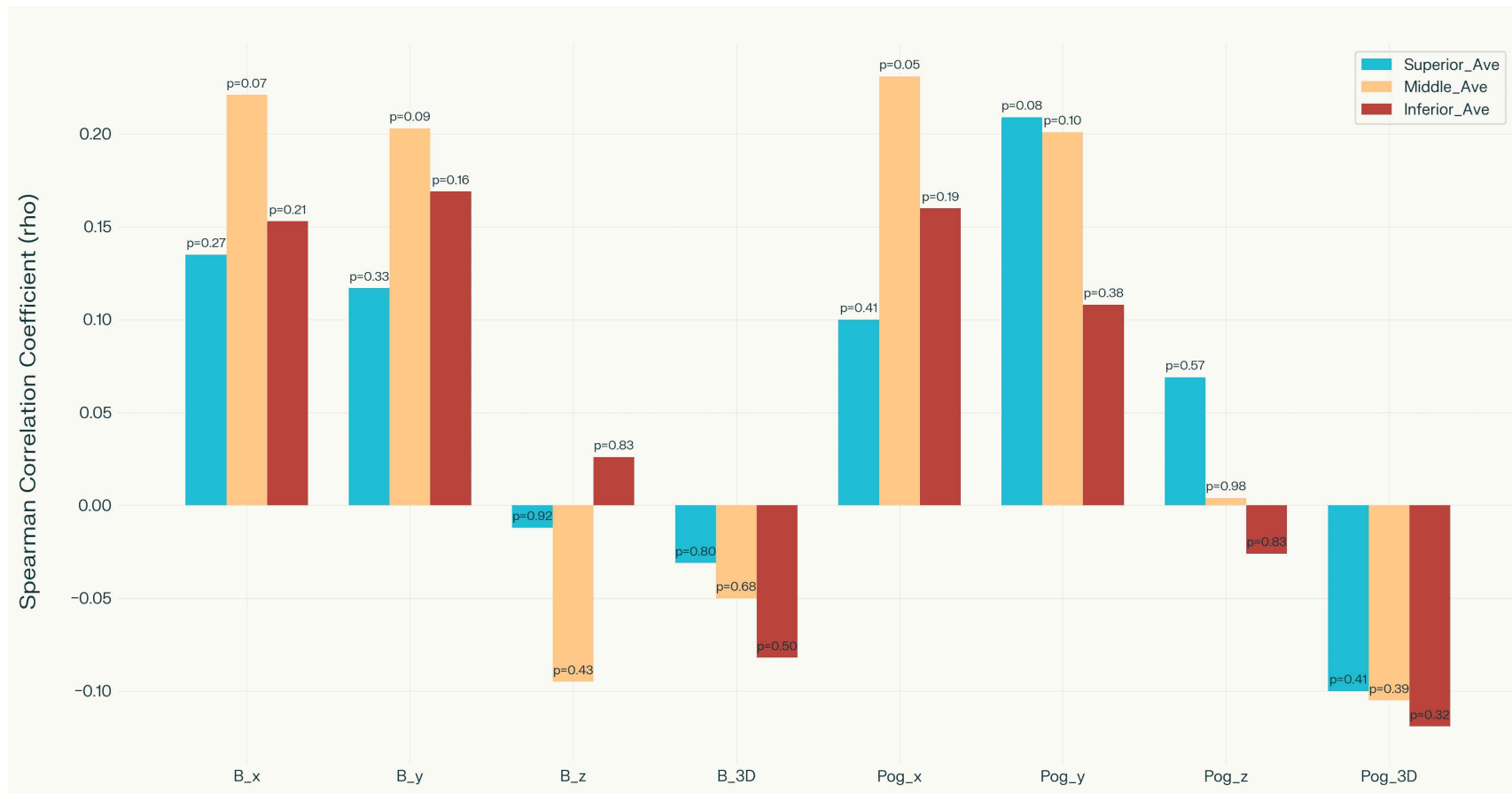


그림 6. 양측 하악지 위치별 두께 평균과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 그래프



표 6. 양측 하악지 위치별 두께 평균과 변위 성분 간 Spearman 상관분석

	Thickness_S_Mean		Thickness_M_Mean		Thickness_I_Mean	
	Spearman's $\rho$ (rho)	$p$	Spearman's $\rho$ (rho)	$p$	Spearman's $\rho$ (rho)	$p$
B_x	0.135	0.27	0.221	0.07	0.153	0.21
B_y	0.117	0.33	0.203	0.09	0.169	0.16
B_z	-0.012	0.92	-0.095	0.43	0.026	0.83
Pog_x	0.100	0.41	0.231	0.05	0.160	0.19
Pog_y	0.209	0.08	0.201	0.10	0.108	0.38
Pog_z	0.069	0.57	0.004	0.98	-0.026	0.83
B_3D	-0.031	0.80	-0.050	0.68	-0.082	0.50
Pog_3D	-0.100	0.41	-0.105	0.39	-0.119	0.32

### 3.2.2. 하악골 전체 폭 변화량과 변위 성분 간 상관관계

술 전, 술 후 1개월, 술 후 1년에서의 하악골 전체 폭 변화량과 하악골 변위 성분 간의 상관관계를 확인하기 위하여 Pearson 상관분석을 우선 수행하였고, 유의한 상관관계가 확인된 변수들에 대해서 선형적 관계를 확인하기 위하여 선형회귀분석을 추가적으로 시행하였다. 이를 통해 하악골 전체 폭 변화량이 원심 골편의 변위에 미치는 영향을 정량적으로 평가하였다.

하악골 전체 폭의 수술 전후 변화량( $T1-T0$ )과 원심 골편 변위 성분 간의 Pearson 상관분석 결과, 대부분의 지표는 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았으나, 몇몇 항목에서는 유의한 음의 상관관계가 확인되었다.  $B\_z(r=-0.294, p=0.01)$ ,  $Pog\_z(r=-0.273, p=0.02)$ 는 통계적으로 유의미한 음의 상관관계를 나타냈다.

$T2$  시점과  $T1$  시점의 변화량( $T2-T1$ )과 원심 골편 변위 정도를 분석한 결과, 여러 변수에서 통계적으로 유의한 상관관계가 확인되었다. 특히,  $B\_y(r=0.658, p<0.001)$ ,  $Pog\_y(r=0.790, p<0.001)$ 로 양의 상관관계를 나타냈고,  $B\_3D(r=-0.423, p<0.001)$ ,  $Pog\_3D(r=-0.627, p<0.001)$ 로 음의 상관관계를 보였다(그림 7).

$T2$  시점과  $T0$  시점의 변화량( $T2-T0$ )과 원심 골편 변위 정도를 분석한 결과,  $Pog\_3D(r=0.397, p<0.001)$ 로 유의미한 양의 상관관계를 나타냈고,  $B\_y(r=-0.231, p=0.05)$ ,  $Pog\_y(r=-0.34, p<0.001)$ ,  $B\_z(r=-0.30, p=0.01)$ ,  $Pog\_z(r=-0.36, p<0.001)$ 로 음의 상관관계를 보였다(그림 8, 9, 표 7).

유의미한 요소들의 선형회귀분석 결과는 표 8과 같다.

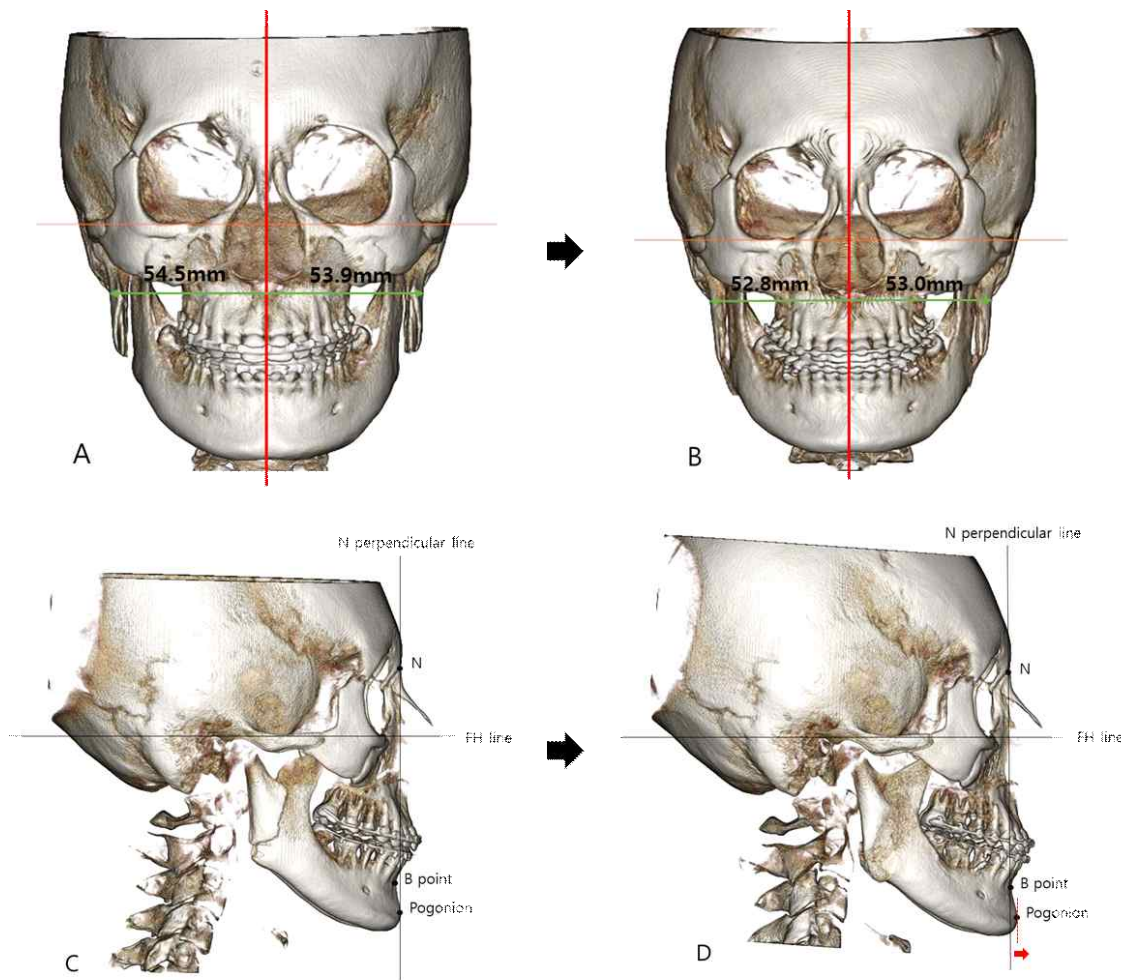


그림 7. 하악골 전체 폭 변화(T2-T1) 및  
 하악골 전방 변위 3D 이미지  
 A, C : T1; B, D : T2

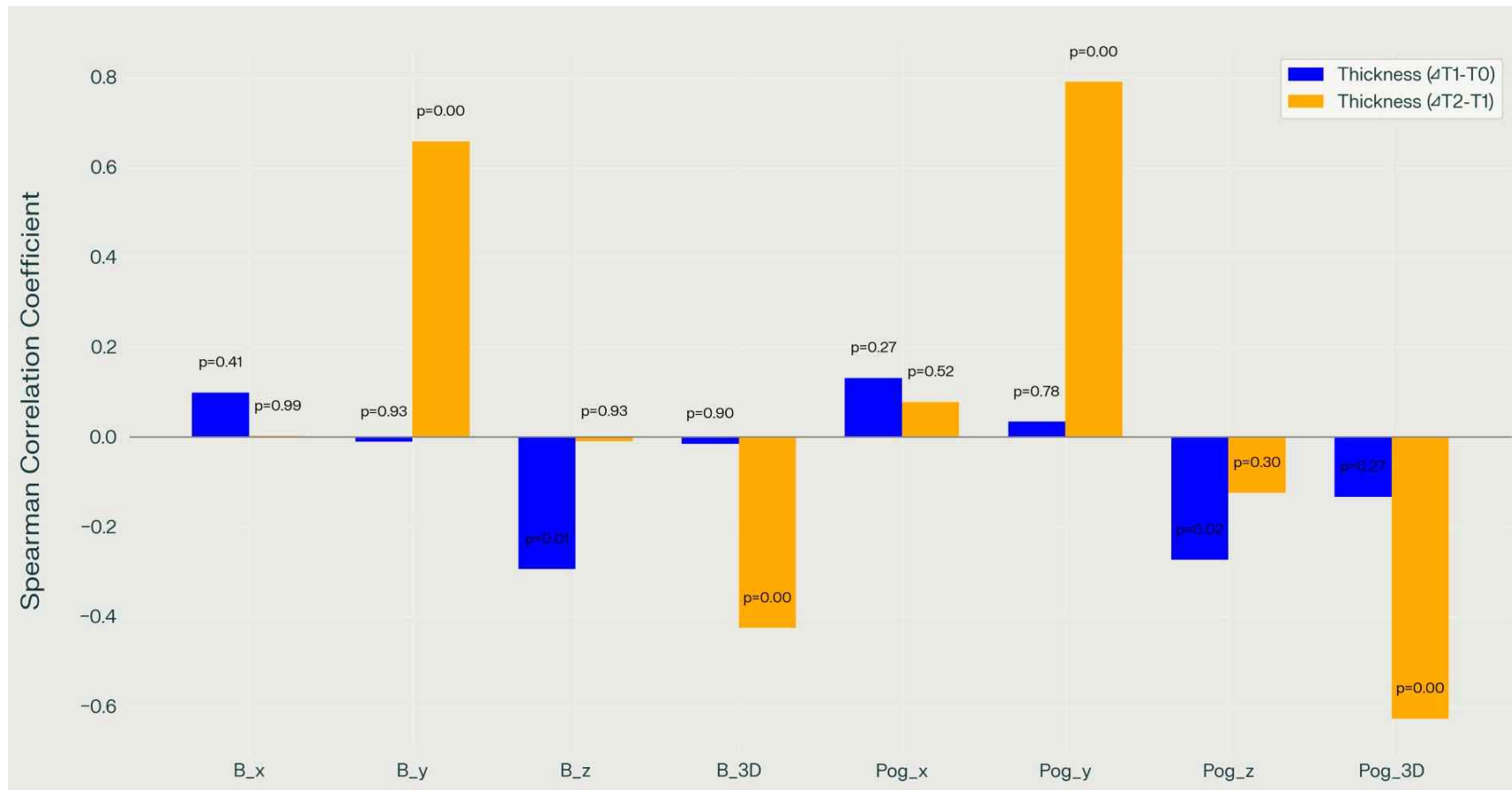


그림 8. 하악골 전체 폭 변화량과 변위 성분 간 Pearson 상관분석 그래프

표 7. 하악골 전체 폭 변화량과 변위 성분 간 Pearson 상관분석

	$\Delta T1-T0$		$\Delta T2-T1$		$\Delta T2-T0$	
Mean $\pm$ SD (mm)	6.69 $\pm$ 2.39		-1.51 $\pm$ 0.9		5.16 $\pm$ 2.57	
	Correlation coefficient (r)	<i>p</i>	Correlation coefficient (r)	<i>p</i>	Correlation coefficient (r)	<i>p</i>
B_x	0.098	0.41	0.002	0.99	0.109	0.37
B_y	-0.011	0.93	0.658	<0.001*	-0.231	0.05*
B_z	-0.294	0.01*	-0.01	0.93	-0.30	0.01*
Pog_x	0.131	0.27	0.078	0.52	0.164	0.17
Pog_y	0.033	0.78	0.790	<0.001*	-0.34	<0.001*
Pog_z	-0.273	0.02*	-0.124	0.30	-0.36	<0.001*
B_3D	-0.015	0.90	-0.423	<0.001*	0.186	0.12
Pog_3D	-0.133	0.27	-0.627	<0.001*	0.397	<0.001*

SD; standard deviation, \**p*<0.05

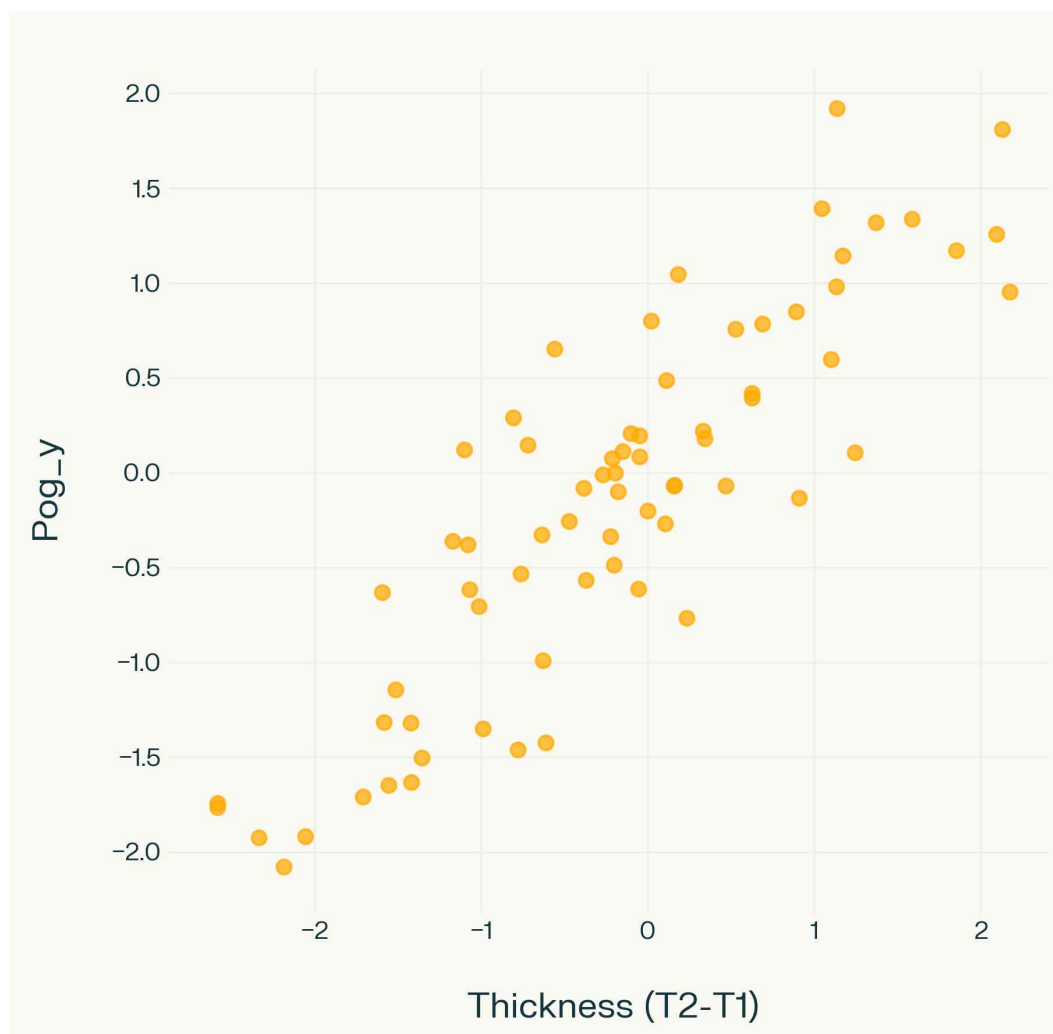


그림 9. 하악골 전체 폭 변화량(T2-T1)과 Pogonion의 y좌표 변위 간의 선형회귀분석 그래프

표 8. 하악골 전체 폭 변화량과 하악골 변위 성분 간 선형회귀분석

Variable		$\beta$	$p$	$R^2$
TMW(T1-T0)	B_y	-0.129	<0.001	0.022
	Pog_y	0.321	<0.001	0.008
	B_3D	0.088	0.010	0.020
	Pog_3D	0.136	<0.001	0.022
TMW(T2-T1)	B_y	0.292	<0.001	0.392
	Pog_y	0.312	<0.001	0.360
	B_3D	-0.202	<0.001	0.366
	Pog_3D	-0.304	<0.001	<b>0.463</b>
TWM(T2-T0)	B_y	-0.162	<0.001	0.168
	Pog_y	-0.168	<0.001	0.087
	B_3D	0.114	<0.001	0.098
	Pog_3D	0.169	<0.001	0.142

TMW; Total mandible width

### 3.2.3. 하악골 후방 이동량과 변위 성분 간 상관관계

수술 시 하악골 후방 이동량(horizontal setback)과 술 후 원심 골편 변위 성분의 상관관계를 Spearman 상관분석으로 평가하였다.

B\_y( $\rho = -0.321$ ,  $p = 0.006$ )와 통계적으로 유의미한 음의 상관관계 및 B\_3D( $\rho = 0.290$ ,  $p = 0.01$ )와 통계적으로 유의미한 양의 상관 관계를 보였다. 그 외의 성분들과는 매우 약한 상관관계를 보이며, 통계적으로 유의미하지 않았다(그림 10, 표 9).



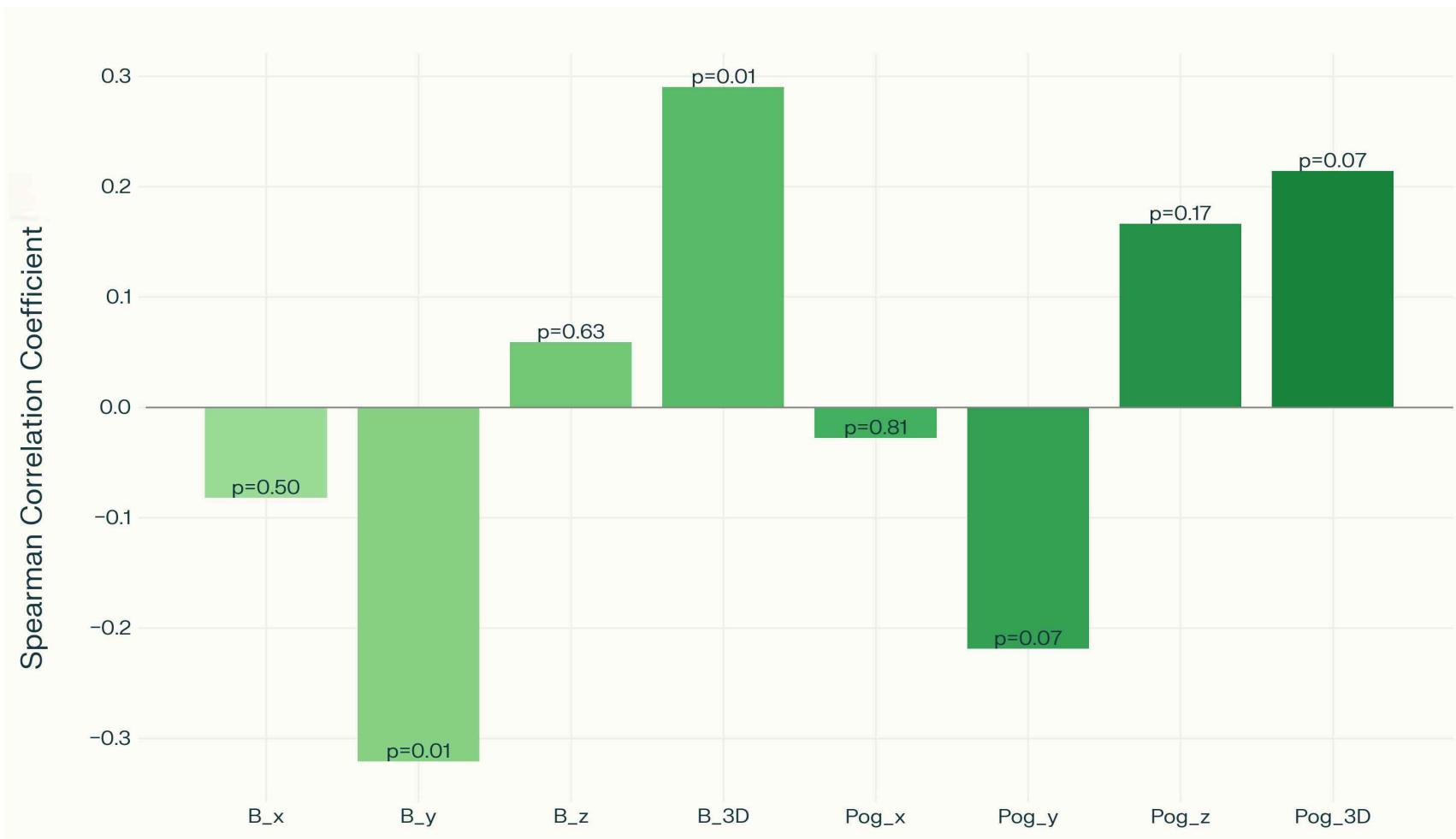


그림 10. 하악골 후방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 그래프

표 9. 하악골 후방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석

	Spearman's $\rho$ (rho)	$p$
B_x	-0.082	0.49
B_y	-0.321	<b>0.006*</b>
B_z	0.059	0.62
Pog_x	-0.028	0.81
Pog_y	-0.219	0.06
Pog_z	0.166	0.16
B_3D	0.290	<b>0.01*</b>
Pog_3D	0.214	0.07

\* $p < 0.05$

#### 3.2.4. 하악골 상방 이동량과 변위 성분 간 상관관계

수술 시 하악골 상방 이동량(mandibular vertical movement)술 후 원심 골편 변위 성분의 상관관계를 Spearman 상관분석으로 평가하였다.

Pog\_3D( $\rho=0.257$ ,  $p=0.03$ )와 통계적으로 유의미한 양의 상관 관계를 보였다. 그 외의 성분들과는 매우 약한 상관관계를 보이며, 통계적으로 유의미하지 않았다(그림 11, 표 10).

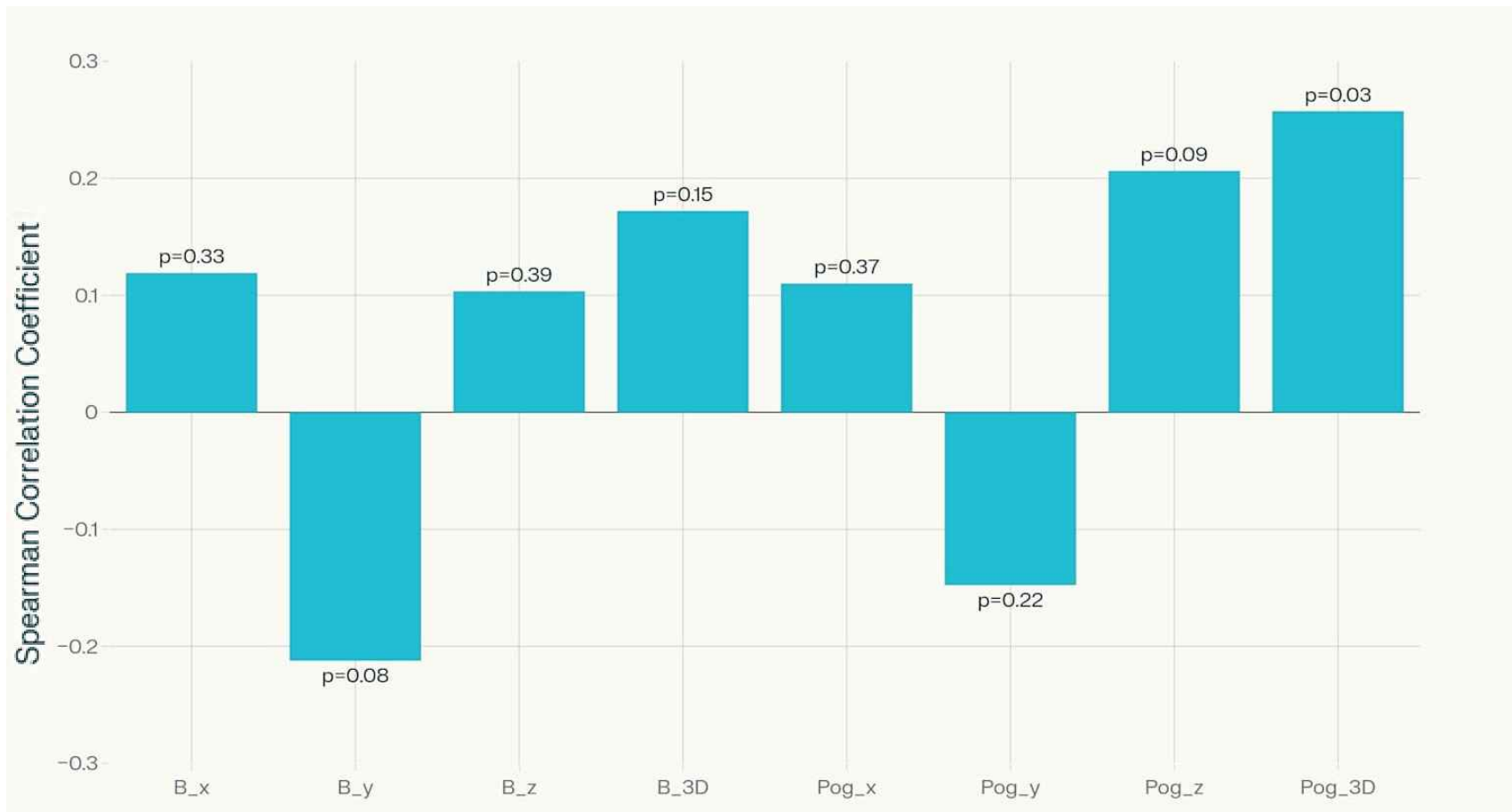


그림 11. 하악골 상방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석 그래프

표 10. 하악골 상방 이동량과 변위 성분 간 Spearman 상관분석

	Spearman's $\rho$ (rho)	$p$
B_x	0.119	0.32
B_y	-0.212	0.07
B_z	0.103	0.39
Pog_x	0.110	0.36
Pog_y	-0.148	0.22
Pog_z	0.206	0.08
B_3D	0.172	0.15
Pog_3D	0.257	<b>0.03*</b>

\* $p < 0.05$

## 4. 고 찰

하악 전돌증 환자에서 양악 동시 악교정 수술을 시행한 후 골격의 장기적인 위치 안정성은 치료 성공의 핵심 요소 중 하나로 간주된다. Proffit 등은 수술 후 2.0mm 이상의 변위가 발생할 경우, 이를 불량한 결과로 간주하며, 이로 인해 술 후 교정치료 기간이 연장되고 최종적인 교합 결과 또한 불량해질 수 있다고 보고하였다(Proffit et al. 1991). IVRO를 이용한 하악골 후퇴술 후 하악골의 회귀에 대한 다양한 연구가 현재까지 보고되었다. Kim 등은 IVRO를 시행한 37명의 환자를 대상으로 진행한 연구에서 평균적으로 0.63mm의 전방 변위 및 2.89mm의 상방 변위가 나타난다고 보고하였다(Kim et al. 2014). 반면, Jung 등은 IVRO 후 평균적으로 0.8mm의 후방 변위 및 1.3mm의 상방 변위가 나타나며, 회귀량은 수술 시 후방 이동량과는 통계적으로 유의미한 상관관계가 없다고 보고하였다(Jung et al. 2013). 본 연구 결과에 따르면 술 후 1달, 1년째 촬영한 CBCT를 3차원적으로 비교하였을 때, 평균적으로 B point에서 1.07mm, pogonion에서 1.37mm 전방 변위가 나타났다. 상악의 경우, A point의 3차원적 변화량은 평균  $x:0.12 \pm 0.32$ ,  $y:0.21 \pm 0.29$ ,  $z:0.28 \pm 0.48$ 로 유의미한 변화가 없었다. Kang 등은 Le Fort I 후 상악의 안정성을 평가한 메타 분석 연구에서 상악의 수술 후 회귀는 대부분 수술 후 첫 6개월 이내 발생하며, 평균적으로 횡적으로 0.8mm, 수직적으로 0.4mm 정도의 회귀가 발생하였다고 보고한바 있다(Kang et al. 2023). 하악골의 경우, IVRO 후 양측 측두하악관절의 생리적 재적응(remodeling)에 따라 원심 골편이 자연스럽게 원래 위치로 회귀하려는 경향이 있다(Bell et al. 1990).

본 연구 결과에서 양쪽 하악지 평균 두께는 lingula 최상방 높이에서 측정한 중간 두께(Thickness\_M)과 pogonion의 x좌표에서 가장 높은 양의 통계적 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의미하지는 않았으며, 하악지 상, 하부 평균 두께에서도 하악골 변위와 통계적으로 유의미한 상관관계는 보이지 않았다.

선행된 연구에서 하악지 두께가 두꺼울수록 하악골에 전방 및 상방 방향의 장력을 가하는 교근, 내측 익돌근 등의 두께가 두꺼워서 술 후 하악골 위치의 불안정성이 유발될 수 있다고 보고된바 있다(Soyoye et al. 2018; Kiliaridis et al 1991). 본 연구를 통해 이와 상반된 결과를 확인하였으며, 이는 하악지 자체의 해부학적 구조보다는 골편 간의 간섭 등 수술 후 골편에 작용하는 기능적 역학 요소가 하악골 골편 변위에 더 큰 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

하악골 전체 폭 변화량과 원심 골편의 변위 양상에서는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보였다. 하악골 전체 폭의 수술 전후 변화량(T1-T0)에서 B point의 z좌표(B\_z)와 pogonion의 z좌표(Pog\_z)와 음의 상관관계가 나타났는데, 이는 술 후 근심 골편과 원심 골편 사이 간 간섭이 클수록 하악 원심 골편의 하방 변위가 발생할 수 있음을 시사한다.

T2 시점과 T1 시점의 하악골 전체 폭 변화량(T2-T1)에서는 평균적으로  $-1.51 \pm 0.9\text{mm}$ 의 변화량을 보였다. Jung 등의 연구는 IVRO 시행 후 하악골 폭은 수술 직후 평균적으로 7.15mm 증가하지만, 1년 후 하악골 전체 폭은 평균적으로 3.17mm 감소하였음을 보고하였고, 이는 기능적 재형성(bone remodeling)에 따른 결과로 해석하였다(Jung et al. 2010). Jung 등은 IVRO를 시행한 28명의 환자들을 대상으로 하악골 근심 골편의 위치 변화를 3차원적으로 분석한 연구에서 수술 직 후 근심 골편이 시상면상 시계방향 회전, 측방 회전, 그리고 수평면상 외측 회전의 양상을 보였으며, 수술 후 1년 시점에는 이러한 회전이 대부분 부분적으로 원위치로 회복되는 경향을 보였다고 보고하였다(Huh et al. 2020). 또한, Ohba 등은 안면 비대칭이 없는 환자군에서 IVRO 시행 시 술 후 1년 시점에 근심 골편이 관절 돌기를 축으로 하여 평균  $7.58^\circ$  전방 변위 및 내회전하며, 하악골 전체 폭의 변화량은 setback양과는 상관관계가 없음을 보고한 바 있다(Ohba et al. 2020). 본 연구에서는 T2 시점과 T1 시점의 하악골 전체 폭 변화량(T2-T1)과 B point, pogonion의 y좌표와는 양의 상관관계, 3D 이동량에서는 음의 상관관계를 확인하였다. 즉, 근심, 원심 골편 사이 간섭이 클수록 하악골의 전방 변위량이 크다는

것을 의미한다. 이는 술 후 1년까지의 골 치유과정에서 근심 골편이 전하방으로 회전되면서 bone remodeling이 되고, 이로 인해 원심 골편과의 후방접촉점이 발생하면서 원심 골편의 전하방 방향으로의 변위가 발생됨을 유추할 수 있다. 따라서, 술 후 하악골 변위를 예방하기 위해서 근심 골편과 원심 골편의 간섭을 최소화하는 것이 중요한 고려 요소임을 시사한다. Yang 등은 IVRO 시 골편 간의 간섭은 원심 골편의 sigmoid notch의 최외측 지점에서 주로 발생하며, 하악 후퇴량이 9mm일 시 평균적으로 2.76mm의 골편 간 간섭이 발생한다고 보고하였다(Yang et al. 2010). 최근에는 IVRO 시행 시 발생할 수 있는 근위부의 과도한 외측 편위나 골편 간의 간섭을 최소화하기 위해 다양한 변형술이 제시되고 있다. Song 등은 근심 골편과 원심 골편의 간섭으로 인해 근심 골편의 과도한 lateral flaring을 줄이기 위해 Y자형 절골(Y-shaped vertical ramus osteotomy, YVRO)를 제안하였다. 이는 술 후 경조직 폭 변화의 안정성 확보에 기여할 수 있으며, 간섭을 최소화하기 위해 근심 골편의 삭제 범위를 줄일 수 있다(Song et al. 2019; Jung et al. 2014).

T2 시점과 T0 시점의 하악골 전체 폭 변화량(T2-T0)에서는 평균적으로  $5.16 \pm 2.57$ 의 변화량을 보였다. Jung 등의 연구는 술 후 1년과 술 전의 하악골 전체 폭 변화량은 평균적으로  $3.35 \pm 4.57$ mm로 보고하였으나, 실제 연조직의 변화량은  $-0.04 \pm 5.31$ mm로 연조직 심미성에는 미치는 영향이 적다는 것을 보고하였다(Jung et al. 2010). 본 연구에서는 T2 시점과 T0 시점의 하악골 전체 폭 변화량과 pogonion의 3D 변위량에서 양의 상관관계를 보였고, B point, pogonion의 y, z좌표의 변위량에서 음의 상관관계를 보였다. 이는 술 후 1년간 폭 변화량이 클수록 하악골의 전하방으로의 변위 양상이 있음을 시사한다.

본 연구에서 수술 시 하악골 횡적 이동량과 술 후 하악골의 변위 양상에서는 하악골의 B point y좌표와 통계적으로 유의미한 음의 상관관계 및 B point의 3D 변위량에서 통계적으로 유의미한 양의 상관관계가 나타났다. 이는 하악골 후방 이동량이 클수록 하악골의 전방 변위 양상이 있음을 시사한다. 또한, 수술 시



하악골의 수직적 이동량과 술 후 하악골의 변위 양상에서는 pogonion의 3D 변위량과 양의 상관관계를 보였고, 이는 하악골의 상방 이동량이 클수록 술 후 원심 골편의 상방 변위 양상이 있음을 의미한다. Choi 등의 연구에 따르면, IVRO 시행 후 하악골의 수평적 회귀 양상은 setback의 양과 유의한 관련이 있고, setback양이 적을수록 후방 회귀가 증가하는 경향을 보였으며, 약 13mm 이상의 setback을 시행한 경우에는 오히려 전방 회귀가 발생한다고 보고했다(Choi et al. 2016). 또한, Chen 등은 IVRO를 이용한 하악골 후퇴술을 시행한 25명의 환자를 대상으로 한 연구에서 하악골이 술 후 2년간 수평적으로 평균 1.3mm 후방 변위 및 수직적으로 0.6mm 상방 변위가 나타난다고 보고하였고, 술 후 하악골의 수평적 변위량과 수직적 변위량은 통계적으로 유의미한 상관관계가 있다고 보고하였다(Chen et al. 2011).

## 5. 결 론

본 연구는 안면 비대칭을 동반하지 않은 하악 전돌증 환자 90명을 대상으로 IVRO 시행 후 원심 골편의 3차원적 변위 양상을 분석하였다. 양쪽 하악지 두께의 평균, 하악골 전체 폭 변화량, 수술 시 하악골 후상방 이동량으로 나누어서 하악골 원심 골편의 변위 양상을 분석하였다. 연구 결과를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

### 1. 양쪽 하악지 두께의 평균에 따른 하악골 원심 골편 변위

양쪽 하악지 평균 두께와 하악골의 변위 양상은 통계학적으로 유의미한 상관관계가 없었다.

### 2. 하악골 총 폭의 변화량에 따른 하악골 원심 골편 변위

IVRO 후 근심 골편과 원심 골편의 간섭이 생겨 골편 간의 간격이 클수록 술 후 1년 간 골 치유과정에서 근심 골편이 원심골편을 전방, 하방으로 밀면서 bone remodeling이 되어서 하악골의 전하방 변위량이 증가하였다.

### 3. 하악골 후방 이동량에 따른 하악골 원심 골편 변위

IVRO 시 하악의 후방 이동량이 많을수록 술 후 1년간 하악골 원심 골편의 전방 변위량이 증가하였다.

### 4. 하악골 상방 이동량에 따른 하악골 원심 골편 변위

IVRO 시 하악의 상방 이동량이 많을수록 술 후 1년간 하악골 원심 골편의 상방 변위량이 증가하였다.

이상의 결과를 통해 IVRO 시행 후 하악골 전체 폭의 변화량 및 수술 시 하악골 횡적, 수직적 이동량이 하악골 변위 양상에 일정 부분 영향을 줄 수 있음을 3차원 분석을 통해 확인하였다. 특히 하악골 전체 폭의 장기적인 변화량은 전하방 및

3차원적 변위와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며, 이는 수술 계획 시 해부학적 폭과 수술 후 골편 간의 간섭 예방에 대한 고려가 중요함을 시사한다. 이는 수술 계획 수립 시 중요한 고려사항이 될 수 있으며, 향후에는 근위부 회전, 근육 기능, 하악골 좌우측 각각의 이동량 등의 추가 변수를 포함한 종합적인 모델을 고려한 추가적인 연구를 통해 보다 정밀한 술 후 상하악골 변위 예측이 가능할 것으로 예상된다.

## 참고 문헌

1. Hall HD, McKenna SJ : Further refinement and evaluation of intraoral vertical ramus osteotomy. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 1987;45(8), 684-688
2. Nihara J, Takeyama M, Takayama Y, Mutoh Y, Saito I. Postoperative changes in mandibular prognathism surgically treated by intraoral vertical ramus osteotomy. Int J Oral Maxillofac Surg 2013;42:62-70.
3. Moose SM. Surgical correction of mandibular prognathism by intraoral subcondylar osteotomy. Journal of Oral Surgery 1964;22:197.
4. Winstanley RP. Subcondylar osteotomy of the mandible and the intraoral approach. British Journal of Oral Surgery 1968;6:134.
5. Herbert JM, Kent JN, Hinds EC. Correction of prognathism by an intraoral vertical subcondylar osteotomy. Journal of Oral surgery 1970;28:651.
6. Arimoto, S., Hasegawa, T., Kaneko, K., Tateishi, C., Furudo, S., Shibuya, Y., & Komori, T. Observation of osseous healing after intraoral vertical ramus osteotomy: focus on computed tomography values. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2013;71(9), 1602. e1601-1602. e1610.
7. Bell WH, Yamaguchi Y, Poor MR. Treatment of temporomandibular joint dysfunction by intraoral vertical ramus osteotomy. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 1990;5:9-27.

8. Ghali, G., & Sikes, J. Intraoral vertical ramus osteotomy as the preferred treatment for mandibular prognathism. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2000;58(3), 313-315.
9. Choi, Y., Ha, Y.-D., Lim, H., Huh, J.-K., Chung, C., & Kim, K.-H. Long-term changes in mandibular and facial widths after mandibular setback surgery using intraoral vertical ramus osteotomy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2016;45(9), 1074-1080.
10. Soyoye, O., Otuyemi, O., Kolawole, K., Ayoola, O. Relationship between masseter muscle thickness and maxillofacial morphology in pre-orthodontic treatment patients. *International orthodontics*, 2018;16(4), 698-711.
11. S. Kiliaridis, P. Kålebo. Masseter muscle thickness measured by ultrasonography and its relation to facial morphology. *Journal of dental research*, 1991;70, 1262-1265
12. Jung YS. Kim SY, Park SY, Choi YD, Park HS. Changes of transverse mandibular width after intraoral vertical ramus osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010 Jul;110(1):25-31
13. Ohba S, Nakao N, Awara K, et al. The three-dimensional assessment of dynamic changes of the proximal segments after intraoral vertical ramus osteotomy. *The Journal of Craniomandibular & Sleep practice*. 2015;33(4):277-285
14. Watanabe T, Tanne K, Matsumoto T, Sakuda M. Masseter muscle size and postoperative stability following sagittal split ramus osteotomy. *Int J Oral*

Maxillofac Surg. 2010;39(4):356-360.

15. Nishino H, Kawakami M, Nojima K, et al. Three-dimensional analysis of facial changes in skeletal Class III patients following mandibular setback surgery. J Oral Maxillofac Surg Med Pathol. 2016;28(6):472-478.

16. Proffit WR, Phillips C, Dann C, Turvey TA. Stability after surgical orthodontic correction of skeletal Class III malocclusion. I. Mandibular setback. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 1991;6:7-18.

17. Chen C, Lai SS, Wang C, Wu J, Lee K, Lee H. The stability of intraoral vertical ramus osteotomy and factors related to skeletal relapse. Aesthetic Plast Surg 2011;35:192-7.

18. Jung HD, Jung YS, Kim SY, Kim DW, Park HS. Postoperative stability following bilateral intraoral vertical ramus osteotomy based on amount of setback. Br J Oral Maxillofac Surg 2013;51:822-6.

19. Kang SY, Kim YH, Baek SH, Kim DW, Shin JW, Chae HS. Stability of clockwise rotation of the maxillary occlusal plane in skeletal class III patients treated with two-jaw surgery. Orthod Craniofac Res. 2023 May;26(2):207-215.

20. Jung SY, Choi YJ, Park JH, Jung YS, Baik HS. Positional changes in the mandibular proximal segment after intraoral vertical ramus osteotomy: Surgery-first approach versus conventional approach. Korean J Orthod. 2020;50(5):324-335.

21. Ohba S, Tominaga J, Koga T, Miura K, Yoshida N, Asahina I. Movement

of the proximal segment after intraoral vertical ramus osteotomy versus short lingual osteotomy with physiological positioning strategy. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 48 2020;638e644

22. Yang HJ. Lee WJ. Yi WJ. Hwang SJ. Interferences between mandibular proximal and distal segments in orthognathic surgery for patients with asymmetric mandibular prognathism depending on different osteotomy techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:18-24

23. Song SH. Kim JY. Lee SH. Park JH. Jung HD. Jung YS. Three-Dimensional Analysis of Transverse Width of Hard Tissue and Soft Tissue After Mandibular Setback Surgery Using Intraoral Vertical Ramus Osteotomy: A Retrospective Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2019 Feb;77(2):407.e1-407.e6.

24. Jung HD, Kim SY, Park HS, Jung YS. Modification of intraoral vertical ramus osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014;52:866-7.

25. Choi SH. Kang DY. Cha JY. Jung YS. Yu HS. Park HS. Hwang CJ. Major factors contributing to anterior and posterior relapse after intraoral vertical ramus osteotomy. *J Cranio-Maxillo-Facial Surg.* 2016 Apr;44(4):413-20.

26. Kim JY. Jung HD. Kim SY. Park HS. Jung YS. Postoperative stability for surgery-first approach using intraoral vertical ramus osteotomy: 12 month follow-up. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014 July;52:539-44

27. Huh JW. Kim SY. Lee B. Park JH. Jung HD. Jung YS. Three-dimensional changes of proximal segments in facial asymmetry patients after bilateral vertical ramus osteotomy. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2020 Feb;49:1036-41

## Abstract

### Analysis of Correlating Factors Affecting Three-Dimensional Positional Changes of the Distal Segment After Intraoral Vertical Ramus Osteotomy

Euijune Chang

*Department of Dental science*

*The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Young-Soo Jung, D.D.S., Ph.D.)

This retrospective study analyzed the factors influencing three-dimensional positional changes of the distal mandibular segment following intraoral vertical ramus osteotomy (IVRO) in 90 patients with skeletal Class III malocclusion. Preoperative, 1-month postoperative, and 1-year postoperative CBCT (Cone Beam Computed Tomography) scans were reconstructed into 3D images using Invivo software, and positional changes were quantified by tracking the coordinate shifts of defined anatomical landmarks. The degree and direction of distal segment movement were evaluated using these 3D measurement. Correlation analyses were performed between distal segment



displacement, various anatomical and surgical parameters, including ramus thickness at superior, middle, and inferior levels, change in total mandibular width and the horizontal/vertical mandibular movement distance.

The following conclusions were drawn:

1. The mean thickness of the mandibular ramus at the superior, middle, and inferior levels showed no statistically significant correlation with distal segment displacement after IVRO.
2. Changes in total mandibular width between preoperative, 1-month postoperative, and 1-year postoperative time points were significantly correlated with anterior/posterior displacement of the distal segment.
3. The amount of posterior setback of the distal segment was significantly correlated with its anterior displacement at 1-year follow-up.
4. The amount of mandibular vertical movement of the distal segment was significantly correlated with its superior displacement at 1-year follow-up.

These findings suggest that the three-dimensional displacement of the distal mandibular segment after IVRO is more closely correlated with total mandibular width change, the amount of surgical mandibular movement and the postoperative spatial relationship between the proximal and distal segments, rather than the thickness of ramus itself. This study provides clinically meaningful insights that may aid in surgical planning and prediction of mandibular stability following IVRO-based orthognathic surgery.

---

Key words : Intraoral vertical ramus osteotomy(IVRO), Mandibular ramus thickness, Segmental interference, Three-dimensional analysis