creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

2024년 2월

석사학위 논문

하악 후퇴술 후
근·원심 골편의 위치 변화

조 선 대 학 교 대 학 원

치 의 학 과

김 진 덕

하악 후퇴술 후
근·원심 골편의 위치 변화

Positional changes of proximal and distal segments after mandibular setback surgery

2024년 2월 23일

조 선 대 학 교 대 학 원

치 의 학 과

김 진 덕

하악 후퇴술 후
근·원심 골편의 위치 변화

지도교수　　임 성 훈

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2023년 10월

조 선 대 학 교　대 학 원

치　의　학　과

김　　진　　덕

김진덕의 석사학위논문을 인준함

위원장　　오 지 수 (인)

위　원　　정 서 린 (인)

위　원　　임 성 훈 (인)

2023년 12월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서 론 ····· 1

II. 연구 대상 및 방법 ····· 2
1. 연구 대상 ····· 2
2. 수술 과정 ····· 2
3. 데이터 수집 및 삼차원 모델 생성 ····· 3
4. 삼차원 모델 정렬 및 측정 ····· 3
5. 통계 분석 ····· 6

III. 결과 ····· 7

IV. 고찰 ····· 13

V. 결론 ····· 15

참고문헌 ····· 16

표 목 차

Table I. Reference planes, landmarks and measurements ····· 4

Table II. Analysis of measurement error ····· 6

Table III. Surgical movement and relapse of condyle ····· 7

Table IV. Summary of changes between time points ····· 8

Table V. Regression analysis between z, y-coordinates of C_{rot} of distal segment ·· 9

Table VI. Comparison of skeletal changes among four groups by y-coordinate of C_{rot} of distal segment ····· 10

Table VII. Regression analysis between VBS (T1-T0) and z, y-coordinates of C_{rot} of distal segment ····· 11

Table VIII. Correlation between Pog-Z (T2-T1) with other variables ····· 11

Table IX. Effect of VBS on Pog-Z ····· 12

Table X. Effect of VBS on Me-Y ····· 12

Table XI. Comparison of postsurgical changes between types of surgery ····· 12

도 목 차

Figure 1. A 3-dimensional coordinate system (x, y, z) for measurements. X-axis, medial (+) and lateral (-); y-axis, superior (+) and inferior (-); z-axis, anterior (+) and posterior (-) direction. ····· 3

Figure 2. Classification by position of center of rotation (C_{Rot}) of distal segment. The position of C_{Rot} of distal segment was classified into four groups based on the nasion, the medial pole of the right condyle, and the point of bisecting the medial pole and the menton. ····· 5

Figure 3. Surgical movement **(A)** and postsurgical movement **(B)** of right condyle. **A,** Superimposition of pretreatment (gray) and postsurgery (red); **B,** Superimposition of postsurgery (gray) and posttreatment (green). ····· 7

Figure 4. Scatter plot for (z, y-coordinates) of C_{Rot}. The medial pole of right condyle was set as origin point (0, 0). **A**, Proximal segment; **B**, Distal segment. 8

Figure 5. Average positions of C_{Rot} and the rotation amount. **A**, Proximal segment (red); **B**, Distal segment (green). ····· 9

Figure 6. Scatter plot for VBS (T1-T0) and C_{Rot} of distal segment. **A**, Scatter plot and regression line of VBS and C_{Rot}-Y; **B**, Scatter plot and regression line of VBS and C_{Rot}-Z. ····· 10

Figure 7. Scatter plot VBS (T1-T0) and postsurgical changes. **A,** VBS and Pog-Z; **B,** VBS and Me-Y. ····· 12

ABSTRACT

Positional changes of proximal and distal segments after mandibular setback surgery

Jin-Deok Kim
Advisor: Prof. Sung-Hoon Lim, DDS, MSD, PhD
Department of Dentistry
Graduate School of Chosun University

I. Introduction

Most of the relapse of mandibular setback surgery occurs as a rotational relapse. To predict this relapse, positional changes of proximal and distal segments of the mandible during postsurgical orthodontics treatment are needed. The purpose of this study was to evaluate changes in the proximal and distal bony segments following bilateral sagittal split ramus osteotomy (BSSRO) setback orthognathic surgery.

II. Methods

Thirty patients (mean age 21.9 ± 4.3 years) who were diagnosed with skeletal Class III and mandibular prognathism and underwent BSSRO setback surgery were included. Cone-beam computed tomography (CBCT) scans were taken before treatment (T0), immediately after surgery (T1), and after orthodontic treatment (T2). Skull models from CBCTs were superimposed to assess condylar displacement and to measure the position of the center of rotation (C_{Rot}) for proximal and distal segments and the amount of rotation. Positional changes of landmarks that can affect mandibular rotation were also evaluated.

III. Results

During T0-T1, the condyle was displaced lateroinferiorly and rotated mesially. During T1-T2, it was moved mediosuperiorly and rotated distally but did not reach

its pretreatment (T0) position. The development of the vertical bony step (VBS) during surgery was correlated with the anterior relapse of the pogonion (r = -0.623). During T1–T2, all proximal segments rotated counterclockwise, with the center of rotation near the condyle. However, the C_{Rot} of the distal segment was distributed along a posterosuperior oblique line passing near the condyle. Also, the vertical and anteroposterior positions of the C_{Rot} of the distal segment were correlated with the VBS developed during surgery (r = -0.465 and r = -0.433, respectively), indicating that the larger VBS, the higher and posterior the position of C_{Rot}. The ratio of the anterior movement of the pogonion to the superior movement of the menton during T1–T2 was 1.7 ± 1.3 (mean ± standard deviation).

IV. Conclusions

Mandibular setback surgery displaced the condyle, which does return but not entirely to its pretreatment position. As VBS developed more during surgery, anterior relapse increased and the C_{Rot} of distal segment for postsurgical counterclockwise rotation moved posterosuperiorly. Reducing VBS during BSSRO setback may reduce postsurgical relapse. The C_{Rot} of distal segment may be predicted through the developed VBS, and predictive treatment can be performed with STO using the C_{Rot}.

Keywords: Prognathism, Orthognathic surgery

I. 서 론

하악 후퇴술의 전후방적 재발은 14 - 20%[1-3]로 다양하며, 수술법에 따라 재발 양상이 다르다.[4] 양측 하악지 시상분할 골절단술 (BSSRO)은 하악 전돌증을 개선하기 위해 흔히 사용되는 턱교정 수술법 중 하나이다. BSSRO를 이용한 하악 후퇴 수술 시 후방으로 이동한 골편은 술후 반시계 방향으로 회전하는 재발을 야기한다.[4,5] 특히, 시계 방향 회전으로 나타나는 수술 시 근심 골편의 후퇴는 교근에 의해 하악지가 원래 위치로 돌아가면서 수술 후 하악골의 재발을 발생시킨다.[6-8] 또한 하악 후퇴술 후 안정성에 기여하는 요인으로 수술량, 하악골 주변 연조직의 장력, 골편 고정 방법 등이 보고되었다.[7,9-11] 또한 과두 변위는 턱교정 수술 후 안정성에 기여하는 요인 중 하나로[12], 턱교정 수술 중 과두 변위는 수술 후 조기 재발 및 턱관절 장애에 상당한 영향을 미친다고 알려져 있다.[13-15] 더불어, 원심 골편이 교합평면을 따라 후방 이동하면서 근심 골편과 수직적인 높이 차이가 발생하는데 이를 vertical bony step (VBS)이라고 한다. 이 VBS와 BSSRO 하악 수술 후 재발과 상관관계가 있다고 보고되었다.[16,17]

근심 골편 재발에 대한 많은 보고들이 있지만 원심 골편에 의한 재발에 대한 논문은 많지 않다. 이전 연구에 따르면 수술 후 하악의 근심 골편과 원심 골편은 다른 양상을 보이며 재발한다.[16,18] 하악 후퇴술을 받는 환자들의 주된 주소가 턱끝 돌출감인 것을 고려할 때 원심 골편의 재발 양상에 대한 고려가 필요할 것으로 생각된다.

교정과 의사는 진단 과정에서부터 수술 이후 재발을 고려하여 surgical treatment objective (STO)를 수립해야 한다. 삼차원 수술 시뮬레이션을 활용하면 술전 교정치료의 방향을 파악하는데 용이하고 수술 시 발생하는 VBS와 재발을 짐작할 수 있다.

이 연구의 목적은 치료 전, 수술 직후, 교정장치 제거 시점의 cone-beam computed tomography (CBCT)를 이용하여 과두의 변위 양상, 하악골 근심 및 원심 골편의 회전 재발량과 회전 중심(C_{Rot})을 측정하고 회전 중심 위치의 경향성을 알아보는 것이다. 파악된 정보를 시뮬레이션에 반영하면 보다 안정적인 수술 결과를 얻을 수 있다. 또한 수술 이후 골편의 위치 변화에 영향을 줄 가능성이 있는 여러 요소를 측정하여 원심 골편의 재발과의 상관관계에 대해 알아보고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

이 후향적 연구는 조선대학교 치과병원 기관생명윤리위원회의 승인을 받았다(IRB 승인번호 CUDHIRB 2301 003). 대상 선정 기준은 다음과 같다:

1) 조선대학교 치과병원 치과교정과에 내원한 환자들 중 하악 전돌증으로 진단받고 이부성형술(genioplasty)을 동반하지 않은 양측 하악지 시상분할 골절단술을 이용한 하악 후퇴 수술을 받은 환자
2) 하악골 편악 혹은 양악 턱교정 수술을 받은 환자
3) 진료 목적으로 치료 전, 수술 후 한 달 이내, 교정장치 제거 시점의 자료에서 CBCT를 채득한 환자

제외 기준은 다음과 같다:

1) 구순구개열을 포함한 선천 기형 및 턱관절의 이상을 보이는 환자
2) 초진 시에 1.2mm 이상의 전치부 개방교합이 존재하는 경우
3) 이전에 턱교정 수술을 받은 경험이 있는 경우
4) 악안면 부위의 외상 병력이 존재하거나, 5mm 이상의 이부 편위를 동반한 안면 비대칭이 있는 경우

선정된 30명의 환자들의 연령은 평균 21.9 ± 4.3세였다. 술전 교정치료 기간은 평균 10.7 ± 7.4개월, 술후 교정치료 기간은 18.3 ± 10.9개월이었다. 양악 수술을 받은 환자는 15명, 하악 편악 수술을 받은 환자는 15명이었다. 환자들의 평균 하악 후퇴 수술량은 pog 기준 13.6 ± 5.3 mm이었다.

2. 수술 과정

모든 환자는 양측 하악지 시상분할 골절단술을 포함한 편악 혹은 양악 수술 후 고정판과 고정나사를 이용하여 반강성 고정을 시행했다. 수술 후 악간 고정은 2주 동안 시행했다.

3. 데이터 수집 및 삼차원 모델 생성

치료 전 (T0), 수술 후 1달 이내 (T1), 교정치료 완료 후 (T2) 촬영된 CBCT 영상이 사용되었다.

치료 전과 수술 후, 교정치료 이후의 하악골 위치를 평가하기 위해, T0, T1, T2에 촬영된 CBCT 영상을 InVivoDental 5.55 (Anatomage, San Jose, CA, USA)를 통해 STereoLithography (STL) file을 추출하였다.

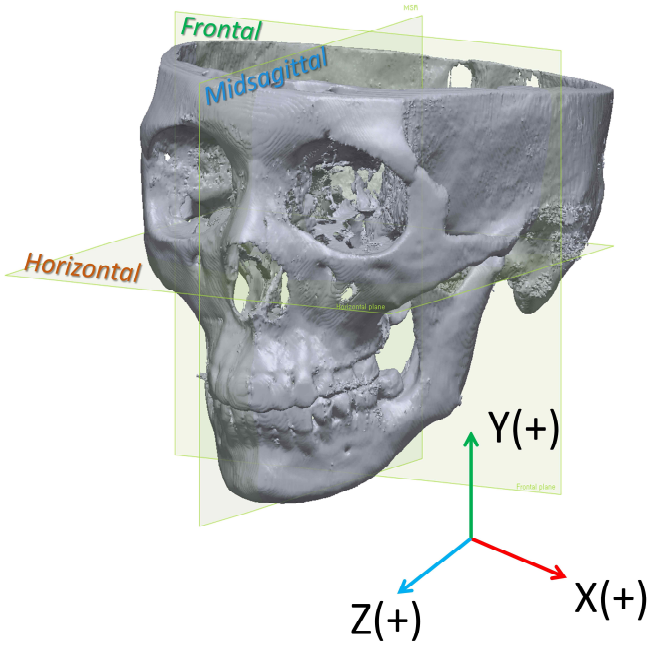

Fig 1. A 3-dimensional coordinate system (x, y, z) for measurements. X-axis, medial (+) and lateral (-); y-axis, superior (+) and inferior (-); z-axis, anterior (+) and posterior (-) direction.

4. 삼차원 모델 정렬 및 측정

추출한 STL 파일을 스캔-CAD 변환 역설계 소프트웨어 (Geomagic Design X 2014; 3D systems, Rock Hill, SC, USA)를 사용하여 정렬하였다. T0 단계의 삼차원 두개안면 모델에서 nasion, basion, ANS를 지나는 정중시상면(midsagittal plane)을 설정하여, 이를 프로그램의 시상면(sagittal plane)에 평행하게 설정하였다. 우측 orbitale, 좌측

porion, 우측 porion을 지나는 Frankfort horizontal plane을 수평면(horizontal plane)에 평행하게 정렬하고 우측 과두의 내측극이 horizontal plane 상에 위치하도록 하였다. 측정을 위해 오른손 좌표계(right-handed coordinate system)를 사용하였고(Fig 1), 전두개와 광대뼈 등 수술 시에 영향을 받지 않은 영역을 기준으로 iterative closest point algorithm을 이용하여 T0의 모델에 T1과 T2의 모델을 중첩했다.

Table I. Reference planes, landmarks and measurements

Variables	*Description*
Reference planes	
Frankfort horizontal (FH) plane	constructed by orbitale on the right side and porion on both sides.[19]
Horizontal plane	constructed by medial pole of right condyle and parallel to FH plane.
Frontal plane	constructed by porion on both sides and perpendicular to horizontal plane.
Midsagittal plane	constructed by nasion, basion and ANS, and perpendicular to horizontal and frontal plane.
Landmarks and measurements	
Menton (Me)	The most inferior midpoint on the symphysis.[20]
Pogonion (Pog)	The most anterior midpoint on the symphysis.[20]
Vertical bony step (VBS)	The vertical distance between the proximal segment and distal segment along a line between the first and second molars and 95° to the molar occlusal plane which is constructed by the mesiobuccal cusp tip of mandibular first molar and the distobuccal cusp tip of mandibular second molar.[17]
Ramus down (RD)	The lower contact point of a tangent to the posterior border of the ramus and condyle.[16]
Medial pole	The most medial point on the condylar surface along the long axis.
Lateral pole	The most lateral point on the condylar surface along the long axis.
Center of rotation (C_{Rot})	A specific point or axis around which the jaw or certain bony segments are rotating during surgical or orthodontic procedures.

삼차원 두개안면 모델 상에 계측점들을 설정하였다(Table I). 양측성 계측점인 경우 우측면의 것을 사용하였으며, 하악 과두의 내측극과 외측극을 제외한 계측점들은 수평 이동량을 계측하지 않았으므로, 정중시상면에 투영하여 수직(y-axis) 및 전후방(z-axis) 이동량만 측정하였다. 근심 골편의 이동을 평가하기 위해 ramus down(RD)의

전후방 이동량과 근심 골편의 회전량(PS rotation)을 측정하였으며, 원심 골편의 이동을 평가하기 Pog-Z, Me-Y, VBS, 원심 골편의 회전량(DS rotation)을 측정하였다.

수술 시 과두의 이동(sagging)과 수술 후 과두의 이동을 관찰하기 위해 우측 과두의 내측극과 외측극의 이동량을 근·원심(x-axis), 수직(y-axis), 전후방(z-axis) 방향에 따라 측정하였다.

근심 골편과 원심 골편의 회전 중심을 측정하기 위해서는 수술 직후 근·원심 골편에 각각 두 개씩의 임의의 계측점 (*P1, P2* 및 *D1, D2*)을 설정하고 수술 시 영향을 받지 않는 부위를 기준으로 중첩하였으며, 이때 이동된 계측점을 *P1', P2'* 및 *D1', D2'*라고 하였다. 동일한 계측점들 (*P1-P1', P2-P2'* 및 *D1-D1', D2-D2'*)을 연결한 두 선의 수직 이등분선이 만나는 곳을 회전 중심으로 표시하고 회전량을 측정하였다.

원심 골편의 회전 중심 위치를 수직적(Y축)으로 분류하기 위해 nasion을 지나는 수평면, 우측 과두의 내측극을 지나는 수평면, 내측극에서 menton까지 길이의 절반 높이를 지나는 수평면을 설정하였으며, 이 세 수평면을 기준으로 네 그룹으로 분류하였다 (Fig 2).

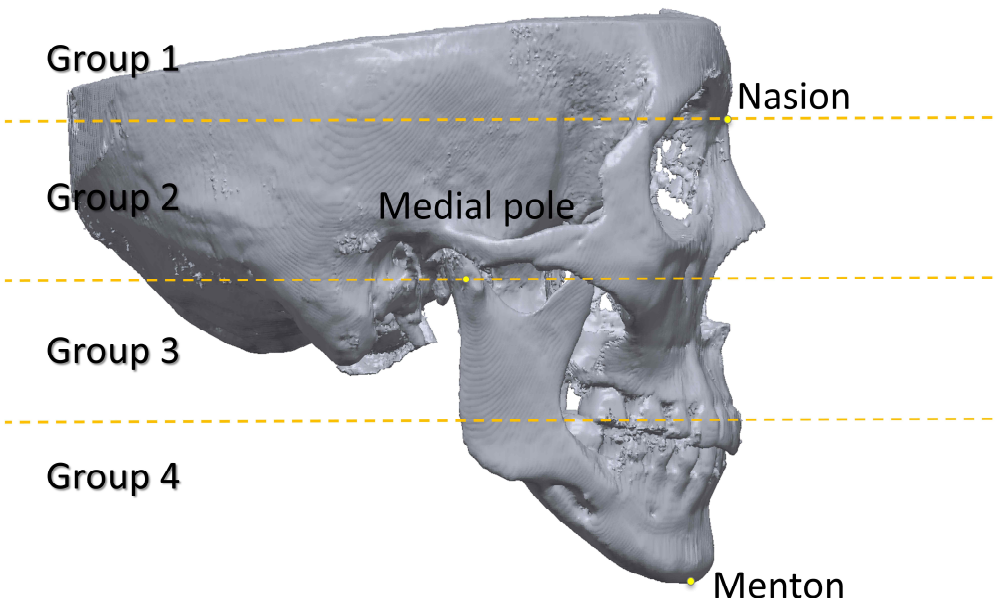

Fig 2. Classification by position of center of rotation of distal segment. The position of C_{Rot} of distal segment was classified into four groups based on the nasion, the medial pole of the right condyle, and the point of bisecting the medial pole and the menton.

위의 모든 측정은 한명의 실험자(김진덕)에 의해 수행되었다. 실험자 내 재현성을 평가하기 위해 임의의 10개 표본을 선정하여 2개월 간격으로 다시 측정하였다. 측정 오류는 Dahlberg formula를 사용하여 계산하였다(Table II).

Table II. Analysis of measurement error

Variables		*T1 - T0*	*T2 - T1*
		Dahlberg	*Dahlberg*
Proxmial segment (PS)	Proximal rotation (°)	0.3	0.4
	RD-Z (mm)	0.2	0.1
Distal segment (DS)	Distal rotation (°)		0.5
	VBS (mm)	0.2	0.3
	Pog-Z (mm)	0.2	0.1
	Me-Y (mm)	0.1	0.1

Note. See Table I for the definition of landmarks. Dahlberg formula: S=√(∑d^2/2n) (d, the difference between remeasured values; n, the number of double measurements).

5. 통계 분석

통계적 분석은 IBM SPSS Statistics for Windows 27.0 (IBM, Armonk, NY, USA)를 사용하였다. 과두와 근·원심 골편의 수술 시 이동과 재발 양상을 평가하기 위해 Wilcoxon signed rank 분석 혹은 1-sample t 분석을 이용했으며 이는 정규성에 따라 선택하였다. 계측치들의 평균값 차이를 평가하기 위해 독립표본 t 분석, 일원배치 분산분석 혹은 Kruskal-Wallis 분석을 시행했으며 이는 정규성에 따라 선택하였다. 또한 계측치들 간의 상관관계를 분석하기 위해 Pearson의 상관관계 분석을 사용하였다. 원심 골편의 회전 중심 좌표 간의 관계, 그리고 수술 시 발생한 VBS를 통해 원심 골편의 회전 중심 위치와 술후 하악골 재발 양상을 예측하기 위해 선형 회귀 분석이 사용되었다.

III. 결과

하악 후퇴수술 시 과두의 내측극은 외측, 하방 및 후방으로 이동하고 외측극은 외측, 하방 및 전방으로 이동하였다(Table III). T2-T1 동안 내측극은 전방 및 내측으로, 외측극은 내측 및 상방으로 재발되었으나, 수술 시 변위된 양의 100%가 회복되지 않았다(Fig 3 and Table III).

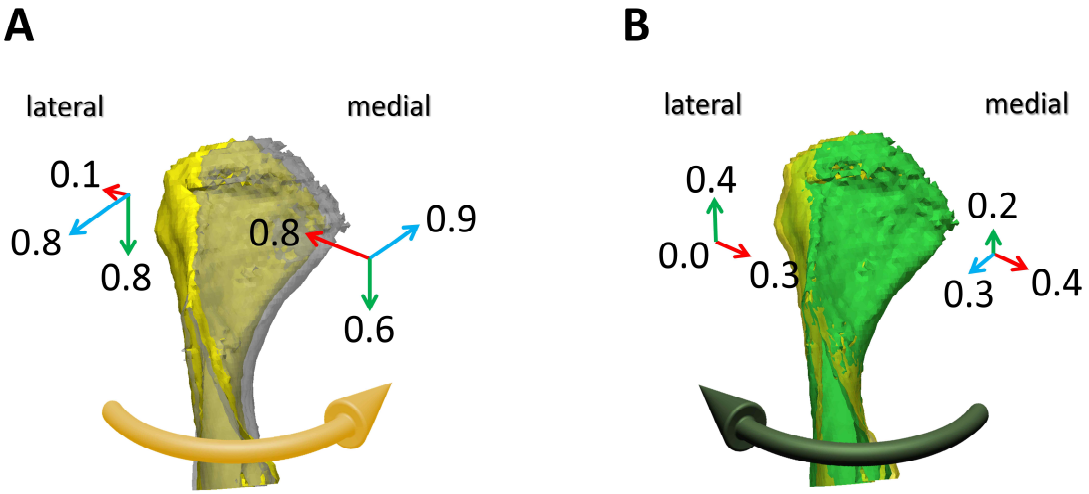

Fig 3. Surgical movement **(A)** and postsurgical movement **(B)** of right condyle. **A**, Superimposition of pretreatment (gray) and postsurgery (yellow); **B**, Superimposition of postsurgery (yellow) and posttreatment (green).

Table III. Surgical movement and relapse of condyle

	Movement direction	*Surgical movement*	*Relapse at T2*
		T1 - T0	*T2 - T1*
Medial pole	Mediolateral (X)[a]	- 0.8 ± 0.88***	0.4 ± 0.65**
	Superoinferior (Y)[b]	- 0.6 ± 1.12**	0.2 ± 0.89
	Anterorposterior (Z)[c]	- 0.9 ± 0.84***	0.3 ± 0.76*
Lateral pole	Mediolateral (X)[a]	- 0.1 ± 0.68	0.3 ± 0.62*
	Superoinferior (Y)[b]	- 0.8 ± 0.70***	0.4 ± 0.83*
	Anterorposterior (Z)[c]	0.8 ± 0.87***	0.0 ± 1.09

Note. Values are presented as mean ± standard deviation. Significance determined with 1-sample *t* test; $^{*}P$ <0.05; $^{**}P$ <0.01, $^{***}P$ <0.001

[a](+) denotes medial displacement, (-) denotes lateral displacement.
[b](+) denotes upward displacement, (-) denotes downward displacement.
[c](+) denotes anterior displacement, (-) denotes posterior displacement.

수술 직후 발생한 VBS의 평균은 6.2 mm였으며 T2-T1 동안 4.4 mm가 해소되어, 발생한 VBS의 71%가 수술 후 교정치료 동안 해소되었다(Table IV). 수술 시 근심 골편의 시계 방향 회전을 나타내는 지표인 RD-Z은 평균 2.0 mm 후방으로 이동하였고 30증례 중에서 단 한 증례를 제외하고 170% 이상 회복되었다.

Table IV. Summary of changes between time points

Variables		*T1 - T0*	*T2 - T1*
Proximal Segment (PS)	PS rotation (°)	2.1 ± 2.9**,‡	-2.4 ± 2.1***,†
	RD-Z (mm)	-2.0 ± 2.0***,‡	2.5 ± 1.6***,‡
Distal Segment (DS)	DS rotation (°)		-2.0 ± 2.3***,‡
	VBS (mm)	-6.2 ± 2.9***,‡	4.4 ± 1.8***,‡
	Pog-Z (mm)	13.6 ± 5.3***,‡	4.0 ± 1.9***,‡
	Me-Y (mm)	-0.8 ± 1.9†	2.3 ± 1.2***,‡
	Pog-Z/Me-Y	-9.8 ± 21.5**,‡	1.7 ± 1.3***,‡

Note. Values are mean ± standard deviation. See Table I for the definition of landmarks.
Y, change of y coordinate; Z, change of z coordinate.
† Signficance determined using Wilcoxon signed rank test; ‡ Significance determined using 1-sample *t* test; $^{*}P$ <0.05; $^{**}P$ <0.01; $^{***}P$ <0.001.

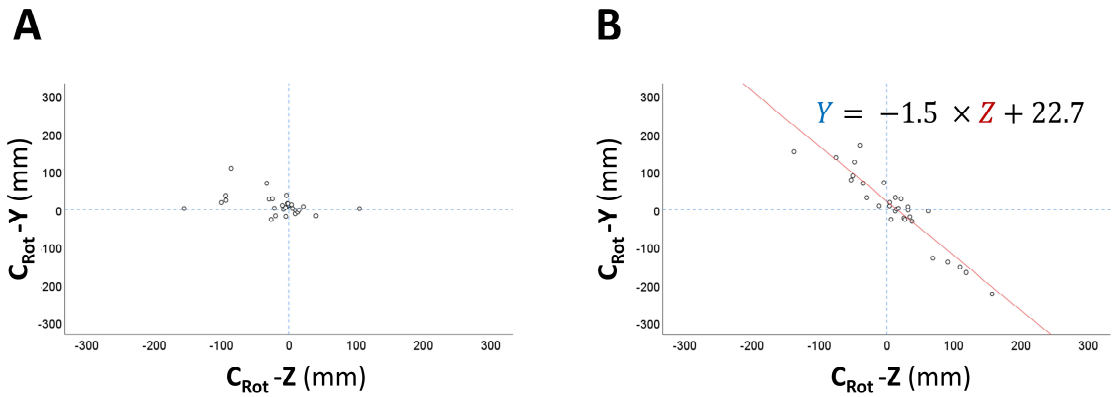

Fig 4. Scatter plot for (z, y-coordinates) of C_{Rot}. The medial pole of right condyle was set as origin point (0, 0). **A,** Proximal segment; **B,** Distal segment.

T2-T1 동안 하악 근심 골편의 회전 재발량은 평균 2.4°이었으며 모든 환자에서 반시계 방향으로 회전했다. 근심 골편의 회전 중심의 평균적인 위치는 과두의 내측극으로부터 상방 12.3 mm, 16.6 mm 후방이었으며, 주로 과두 근처에 분포하였다(Fig 4, A,

and 5, A). T2-T1 동안 원심 골편은 평균 2.0° 반시계 방향으로 회전했으며 회전 중심의 평균적인 위치는 과두의 내측극으로부터 3.0 mm 상방, 13.5 mm 전방이었다. 그러나 표본들의 회전 중심의 위치는 과두로부터 후상방 또는 전하방에 분포하는 패턴을 보였다(Figs 4, B, and 5, B; Table V). 원심 골편의 회전 중심의 위치를 수직적 높이(Y좌표)를 따라 네 그룹으로 나누고 골격적 변화 차이를 분석한 결과, T2-T1에서 네 그룹 사이에 Pog-Z, Me-Y, distal rotation, 그리고 VBS에 유의한 차이가 있었으며(P <0.01), 회전 중심이 하방에 위치한 그룹 4에서 Pog-Z 전방 이동량이 유의하게 적었다(Table VI).

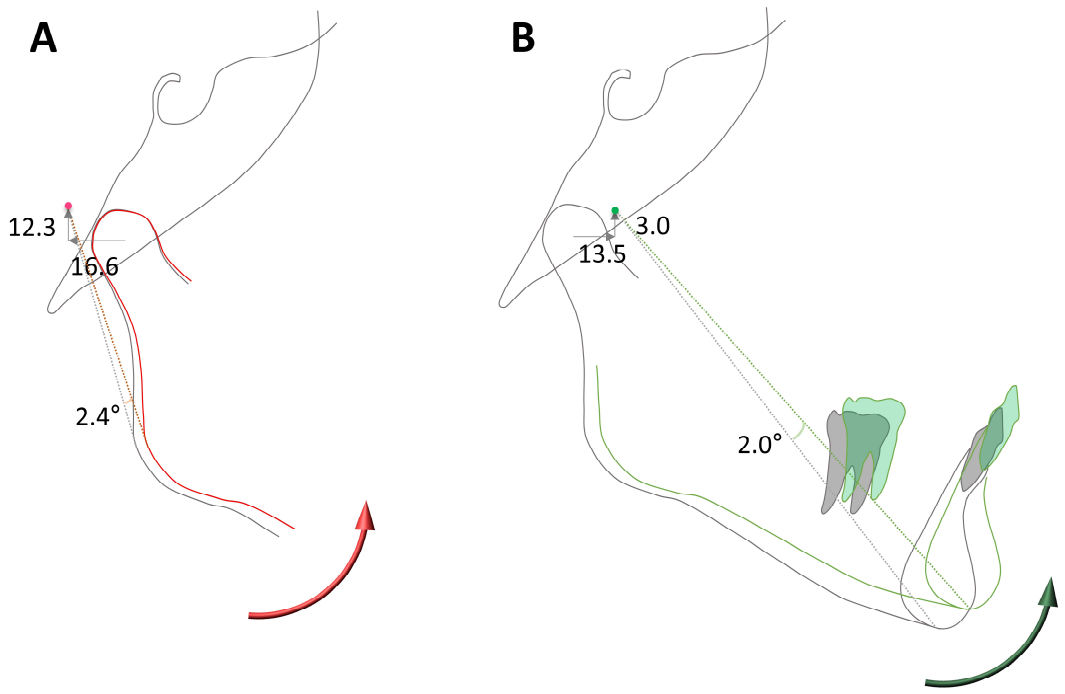

Fig 5. Average positions of C_{Rot} and the rotation amount. **A,** Proximal segment (red); **B,** Distal segment (green).

Table V. Regression analysis between z, y-coordinates of C_{Rot} of distal segment

Variable	*B (Coefficient)*	*Std. error*	*β*	*t*	*P value*	R^2
(Constant)	22.686	6.419		3.534	0.001**	0.871
C_{Rot}-Z	-1.452	0.106	-0.933	-13.763	0.000***	

Note. Significance determined using linear regression analysis; *P <0.05; **P <0.01; ***P <0.001

선형회귀분석을 통해 원심 골편의 회전 중심 위치와 발생한 VBS 간의 관계를 조사한 결과, 수술 시 발생한 VBS가 크면 원심 골편의 회전 중심이 후방, 상방에 위치하였다(Fig 6 and Table VII).

Table VI. Comparison of skeletal changes among 4 groups by y-coordinate of C_{Rot} of distal segment

Variables		*Group 1*	*Group 2*	*Group 3*	*Group 4*	*P value*
Pog-Z (mm)	T1-T0	14.1 ± 5.24	16.4 ± 4.92	11.8 ± 4.42	10.6 ± 6.40	NS†
	T2-T1	4.3 ± 1.75^{a,b}	5.5 ± 1.69^{a}	3.1 ± 1.25^{b,c}	2.0 ± 0.96^{c}	<0.01**
Me-Y (mm)	T1-T0	-0.8 ± 1.48	-1.9 ± 2.30	-0.5 ± 1.41	0.4 ± 2.60	NS†
	T2-T1	2.4 ± 0.80^{b}	3.4 ± 1.03^{a}	1.8 ± 0.78^{b}	0.8 ± 0.77^{c}	<0.001***
Pog-Z/Me-Y	T1-T0	-7.5 ± 14.40	-4.4 ± 57.81	-8.0 ± 14.52	0.8 ± 11.79	NS
	T2-T1	1.8 ± 0.40	1.7 ± 0.50	2.1 ± 1.39	0.8 ± 2.74	NS
DS Rotation (°)	T2-T1	-2.0 ± 2.13^{a}	-3.3 ± 1.18^{a}	-3.1 ± 1.58^{a}	1.5 ± 1.52^{b}	<0.001***,†
VBS (mm)	T1-T0	-8.0 ± 2.02^{a}	-6.8 ± 2.22^{a,b}	-4.4 ± 3.17^{b}	-4.4 ± 3.56^{b}	<0.05*
	T2-T1	5.0 ± 1.40^{a,b}	5.6 ± 1.62^{a}	2.7 ± 1.17^{c}	3.6 ± 2.04^{b,c}	<0.01**
RD-Z (mm)	T1-T0	-3.1 ± 1.97	-2.2 ± 1.41	-1.2 ± 1.75	-0.5 ± 2.23	NS
	T2-T1	-2.1 ± 0.64	-1.8 ± 1.60	-1.2 ± 1.94	-1.3 ± 2.90	NS†

Note. Superscripted letters (a-c) indicate statistical differences calculated using the Duncan test. Significance determined with one-way ANOVA; $^{*}P$ <0.05; $^{**}P$ <0.01; $^{***}P$ <0.001; †Kruskal-Wallis test.

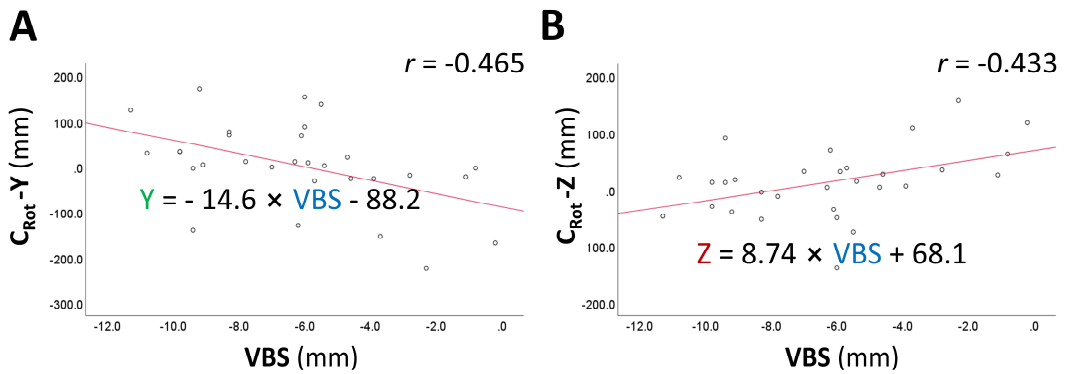

Fig 6. Scatter plot for VBS (T1-T0) and C_{Rot} of distal segment. **A,** Scatter plot and regression line of VBS and C_{Rot}-Y; **B,** Scatter plot and regression line of VBS and C_{Rot}-Z.

Table VII. Regression analysis between VBS (T1-T0) and z, y-coordinates of C_{Rot} of distal segment

Models	*Variable*	*B (Coefficient)*	*Std. error*	*β*	*t*	*P value*	R^2
C_{rot}-Z	(Constant)	68.150	23.747		2.870	0.008**	0.187
	VBS	8.741	3.440	0.433	2.541	0.017*	
C_{rot}-Y	(Constant)	-88.210	36.287		-2.431	0.022*	0.216
	VBS	-14.603	5.257	-0.465	-2.778	0.010*	

Note. Significance determined using linear regression analysis; *P <0.05; **P <0.01

수술 시 발생한 VBS (T1-T0)와 술후 재발량인 Pog-Z (T2-T1)의 상관계수가 0.62 (P <0.001)로 가장 크게 나타났으며, T1-T0의 Pog-Z (수술량), RD-Z, proximal rotation도 Pog-Z (T2-T1)와 유의한 상관관계를 보였다(Table VIII). 또한 수술 시 발생한 VBS (T1-T0)는 Me-Y (T2-T1)와도 유의한 상관관계를 보였다. 수술 시 발생한 VBS와 재발 양상 (Pog-Z, Me-Y) 사이의 산포도는 Fig 7에 나타냈으며, 이들 사이의 선형회귀분석 결과는 Table IX 및 X에 나타내었다.

Table VIII. Correlation between Pog-Z (T2-T1) and Me-Y with other variables

T1 - T0	*Pog-Z (T2 - T1)*		*Me-Y (T2 - T1)*	
Variables	*r*	P *value*	*r*	P *value*
Pog-Z	-0.585	0.001**	0.393	0.032*
RD-Z	-0.480	0.007**	-0.390	0.033*
PS rotation	0.482	0.007**	0.372	0.043*
VBS	-0.623	0.000***	-0.389	0.034*

Note. Significance determined using Pearson correlation test. *P <0.05; **P <0.01; ***P <0.001

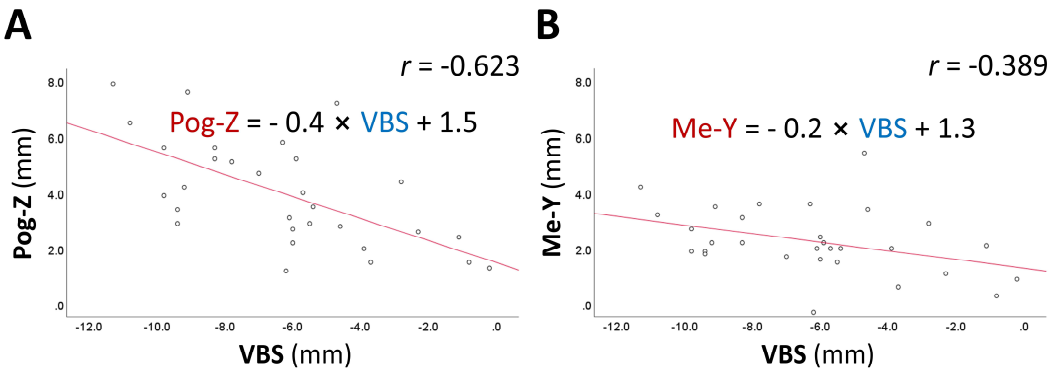

Fig 7. Scatter plot VBS (T1-T0) and postsurgical changes. **A,** VBS and Pog-Z; **B,** VBS and Me-Y.

Table IX. Effect of VBS on Pog-Z

Variable	*Unstandardized*		*Standardized*	*t*	*P Value*	R^2
	B (Coefficient)	*Std. error*	*β*			
(Constant)	1.495	0.647		2.309	0.029*	0.388
VBS	-0.395	0.094	-0.623	-4.214	0.000***	

Note. Significance determined using linear regression analysis; *P <0.05; **P <0.01; ***P <0.001

Table X. Effect of VBS on Me-Y

Variable	*Unstandardized*		*Standardized*	*t*	*P Value*	R^2
	B (Coefficient)	*Std. error*	*β*			
(Constant)	1.293	0.477		2.713	0.011*	0.151
VBS	-0.154	0.069	-0.389	-2.233	0.034*	

Note. Significance determined using linear regression analysis; *P <0.05; **P <0.01; ***P <0.001

Table XI. Comparison of postsurgical changes between types of surgery

	Type of surgery				
	1-jaw		*2-jaw*		
Variables (T2-T1)	*Mean*	*SD*	*Mean*	*SD*	*P*
PS rotation (°)	-2.59	1.84	-2.31	2.52	0.731
RD-Z (mm)	2.63	1.54	2.30	1.83	0.593
DS rotation (°)	-2.15	2.10	-1.92	2.61	0.792
Pog-Z (mm)	4.23	1.56	3.69	2.20	0.445
Me-Y (mm)	2.31	0.78	2.20	1.52	0.799
VBS (mm)	4.41	1.54	4.31	2.19	0.886

Note. Significance determined using independent t test; *P <0.05; **P <0.01; ***P <0.001

IV. 고찰

BSSRO를 이용한 하악골 후퇴 수술에서 과두는 치료 전과 비교하여 외측, 하방으로 이동하였고, 수술 후 교정치료 동안에는 내측으로 그리고 상방으로 이동하였다. 이는 Li 등[12]의 연구에서 비편위측 과두의 이동 양상과 같다. 하지만 변화한 과두가 원래 자리로 돌아가려는 경향이 있었지만 원래 위치로 완전히 돌아가지는 못하여, 치료 전에 비해서는 수술 시의 변화가 일부 남아 있었다.

Shujaat 등[21]은 성별에 의한 수술 후 하악골 재발의 영향은 유의하지 않다고 보고하였으며, 본 연구에서는 이를 바탕으로 성별에 따른 차이는 조사하지 않았다. Rizk 등[22]은 편악 혹은 양악 수술 방법에 따라 재발 정도에 차이가 없었다고 하였는데, 이는 본 연구에서도 동일하게 나타났다(Table XI).

하악골 후퇴술 방법에 따른 재발 양상에 있어서 BSSRO를 시행한 경우, 술후 하악골의 반시계 방향 회전이 일어나고, 구내 하악골 상행지 수직 골절단술(Intraoral vertical ramus osteotomy)을 시행한 경우 하악골의 시계 방향 회전이 일어난다고 보고되었다.[4] BSSRO 시에 하악골을 치료 전 교합 평면을 따라 후방으로 이동시키면 VBS가 발생하며, 이는 pterygomasseteric sling을 신장시켜 술후 하악의 반시계 방향 회전 재발을 야기할 수 있다.[8,16] 수술 후 VBS가 해소되는 과정에서 하악 근원심 골편은 서로 다른 움직임을 보이는데,[16] Masaki F. 등[24]에 의하면 교근의 수축작용으로 근심 골편이 반시계 방향으로 회전하고, 원심 골편이 시계 방향으로 회전한다. Edward 등[25]은 저작근이 하악지를 전상방으로 당기면서 근심 골편은 반시계 방향으로 회전하는 반면 설골상근과 저작력에 의해 symphysis부위가 후하방으로 변위 되는 양상을 보인다고 하였다. 근심 골편은 평균 2.4° 반시계 방향으로 회전했고 원심 골편은 동일하게 반시계 방향으로 회전했지만, 회전량은 근심 골편에 비해 더 적게 평균 2.0° 만큼 회전했는데, 이는 원심 골편의 시계 방향 회전에 의해 근심 골편의 반시계 방향 회전이 부분적으로 상쇄되었음을 나타낸다. 본 연구에서는 수술 시 miniplate를 이용하여 근심 골편과 원심 골편을 반강성 고정하였으므로, 원심 골편만의 순수한 회전 양상을 관찰할 수 없다. 근심 골편에 대해서 원심 골편 자체는 시계 방향으로 회전하더라도 근심 골편의 회전량이 많다면 원심 골편도 반시계 방향으로 회전한 것으로 보일 수 있다.

또한, 수술 시 VBS가 많이 발생할수록, 원심 골편의 회전 중심은 보다 후상방에

위치하는 것으로 나타났다(Fig 6). 수술 시 발생한 VBS가 많을수록 술후 재발 과정에서 근심 골편의 반시계 방향 회전이 커지는 것으로 보고되었는데[16], VBS가 많이 발생할수록 술후 원심 골편의 반시계 방향 회전이 근심 골편의 반시계 방향 회전에 비해 감소하면서 원심 골편의 회전 중심의 위치가 근심 골편의 회전 중심보다 더 상방에 위치하게 되는 것으로 보인다. 즉, VBS가 많이 발생할수록 술후 원심 골편의 반시계 방향 회전 반경이 더 커지면서 보다 평행 이동(translation)에 가까운 양상으로 전상방 이동하는 경향이 있는 것으로 생각된다. 술후 원심 골편이 시계 방향 회전된 경우가 네 환자에서 관찰되었는데, 네 환자 모두에서 원심 골편의 회전 중심이 턱끝보다 전하방에 위치하였다. 시계 방향 회전이 발생할 수 있었던 것은 근심 골편의 반시계 방향 회전을 상쇄하고도 남는 정도의 원심 골편의 시계 방향 회전이 일어났기 때문이다. 이러한 회전 중심에서의 반시계 방향 회전은 Pog-Z의 전방 재발 양상을 뜻하는데, 본 연구의 모든 환자에서 Pog-Z의 전방 재발이 관찰되었으며, 이는 하악 후퇴술 이후 거의 항상 발생하는 현상으로 생각된다.

흥미로운 점은 회전 중심 위치와 관계없이, 회전 재발 시 menton의 상방 이동에 대한 pogonion 전방 이동의 비율(Pog-Z/Me-Y)이 1.7 ± 1.3 (평균 ± 표준편차)로 넓은 범위로 나타난 반면, 회전 재발량(DS rotation)이 많았던 그룹 1, 2에서는 Pog-Z/Me-Y가 1.7 ± 0.4 (평균 ± 표준편차)로 거의 일정하게 나타났다는 점이다 (Table VI). 이러한 Pog-Z/Me-Y 비율을 이용하여 수술 후 원심 골편의 전방 이동량에 따른 상방 이동량을 대략적으로 추측할 수 있다.

VBS의 발생을 예방하는 근본적인 방법은 양악 수술을 통해 상·하악골을 동시에 시계 방향으로 회전시키는 것이지만, border trimming을 통해 수술 시 VBS를 감소시킴으로써 술후 반시계 방향 회전 재발 경향을 최소화할 수 있을 것이다.

더 많은 연구와 임상 경험이 필요하지만, 이 연구는 술 후 재발을 최소화하고 수술 결과를 향상시키기 위한 지침을 제공하는 데 기여할 수 있다.

V. 결론

하악골 후퇴 수술동안 과두의 위치가 변화했으며 이는 술후 교정치료 기간 동안 점차 회복되지만 치료 전 위치로 완벽하게 돌아가지 않았다. 수술 시 VBS가 많이 발생함에 따라 pogonion의 전방 재발량이 증가하였고 또한 원심 골편의 회전 중심이 후상방으로 이동하였다. 하악골 후퇴 수술 시에 VBS의 발생을 최소화하는 것은 원심 골편의 반시계 방향 회전 재발을 감소시킬 것으로 예상된다. 또한 수술 시 발생한 VBS를 본문에서 소개한 공식에 대입하여 수술 후 원심 골편의 회전 중심을 예측할 수 있고, 이를 이용한 수술 후 시뮬레이션으로 원심 골편의 회전 재발에 대처할 수 있다.

참고문헌

1. Kim J-W, Lee N-K, Yun P-Y, Moon S-W, Kim Y-K. Postsurgical stability after mandibular setback surgery with minimal orthodontic preparation following upper premolar extraction. J. Oral Maxillofac. Surg. 2013;71:1968.e1 - 11
2. Kim C-S, Lee S-C, Kyung H-M, Park H-S, Kwon T-G. Stability of mandibular setback surgery with and without presurgical orthodontics. J. Oral Maxillofac. Surg. 2014;72:779 - 87
3. Ko EW-C, Hsu SS-P, Hsieh H-Y, Wang Y-C, Huang CS, Chen YR. Comparison of progressive cephalometric changes and postsurgical stability of skeletal Class III correction with and without presurgical orthodontic treatment. J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg. 2011;69:1469 - 77
4. Al-Delayme RMA, Alsagban AAR, Ahmed FT, et al. The direction of double-jaw surgery relapse for correction of skeletal Class III deformity: Bilateral sagittal split versus intraoral vertical ramus setback osteotomies. J. Maxillofac. Oral Surg. 2019;18:280 - 7
5. Park H-M, Yang I-H, Choi J-Y, Lee J-H, Kim M-J, Baek S-H. Postsurgical relapse in Class III patients treated with two-jaw surgery: Conventional three-stage method versus surgery-first approach. J. Craniofac. Surg. 2015;26:2357 - 63
6. Cho HJ. Long-term stability of surgical mandibular setback. Angle Orthod. 2007;77:851 - 6
7. Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. Head Face Med. 2007;3:21
8. Komori E, Aigase K, Sugisaki M, Tanabe H. Cause of early skeletal relapse after mandibular setback. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 1989;95:29 - 36
9. Chou JI-C, Fong H-J, Kuang S-H, et al. A retrospective analysis of the stability and relapse of soft and hard tissue change after bilateral sagittal split

osteotomy for mandibular setback of 64 Taiwanese patients. J. Oral Maxillofac. Surg. 2005;63:355 – 61

10. Kim C-H, Lee J-H, Cho J-Y, Lee J-H, Kim K-W. Skeletal stability after simultaneous mandibular angle resection and sagittal split ramus osteotomy for correction of mandible prognathism. J. Oral Maxillofac. Surg. 2007;65:192 – 7
11. Paeng J-Y, Hong J, Kim C-S, Kim M-J. Comparative study of skeletal stability between bicortical resorbable and titanium screw fixation after sagittal split ramus osteotomy for mandibular prognathism. J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg. 2012;40:660 – 4
12. Li J, Ryu S-Y, Park H-J, et al. Changes in condylar position after BSSRO with and without Le Fort I osteotomy via surgery-first approach in mandibular prognathism with facial asymmetry. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. 2017;123:661 – 9
13. Yang HJ, Hwang SJ. Change in condylar position in posterior bending osteotomy minimizing condylar torque in BSSRO for facial asymmetry. J. Cranio-Maxillofac. Surg. 2014;42:325 – 32
14. Costa F, Robiony M, Toro C, Sembronio S, Polini F, Politi M. Condylar positioning devices for orthognathic surgery: a literature review. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endodontology 2008;106:179 – 90
15. Wolford LM, Reiche-Fischel O, Mehra P. Changes in temporomandibular joint dysfunction after orthognathic surgery. J. Oral Maxillofac. Surg. 2003;61:655 – 60
16. Batbold M, Lim S-H, Jeong S-R, et al. Vertical bony step between proximal and distal segments after mandibular setback is related with relapse: A cone-beam computed tomographic study. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 2022:S0889540622001287
17. Yang HJ, Hwang SJ. Contributing factors to intraoperative clockwise rotation of the proximal segment as a relapse factor after mandibular setback with sagittal split ramus osteotomy. J. Cranio-Maxillofac. Surg. 2014;42:e57 – 63
18. Kim H-M, Lim S-H, Oh J-S, Jeong S-R, Kang S-G. Orthodontic treatment with isolated mandibular setback surgery: Use of 3D surgical simulation including postsurgical relapse of mandibular setback. Clin. J. Korean Assoc.

Orthod. 2022;12:36 - 52
19. Olbrisch C, Santander P, Moser N, Klenke D, Meyer-Marcotty P, Quast A. Three-dimensional mandibular characteristics in skeletal malocclusion: A cross-sectional study. J. Orofac. Orthop./Fortschritte der Kieferorthopädie. 2022;1 - 12
20. You KH, Lee KJ, Lee SH, Baik HS. Three-dimensional computed tomography analysis of mandibular morphology in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 2010;138:540.e1 - 8
21. Shujaat S, Shaheen E, Politis C, Jacobs R. Three-dimensional evaluation of distal and proximal segment skeletal relapse following isolated mandibular advancement surgery in 100 consecutive patients: A one-year follow-up study. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 2022;51:113 - 21
22. Rizk MZ, Torgersbråten N, Mohammed H, Franzen TJ, Vandevska-Radunovic V. Stability of single-jaw vs two-jaw surgery following the correction of skeletal class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. Orthod. Craniofac. Res. 2021;24:314 - 27
23. Fujioka M, Fujii T, Hirano A. Comparative study of mandibular stability after sagittal split osteotomies: Biocortical versus monocortical osteosynthesis. Cleft Palate Craniofac J. 2000 Nov;37(6):551 - 5
24. Anon. Malocclusions resulting from loss of fixation after sagittal split ramus osteotomies. J. Oral Maxillofac. Surg. 2009;67:2528 - 33