

下顎枝矢状分割術後に見られる下顎骨近位骨片の位置変化と
咀嚼運動パターン変化ならびに下顎頭の形態変化の関連性について

日本大学大学院松戸歯学研究科 歯科矯正学専攻

岡田英之

(指導：葛西 一貴 教授)

本まとめ論文は、下記の参考論文をまとめたものである。

(主となる参考論文)

The relationship between chewing patterns and displacement of the proximal bone fragment and morphological changes in condyle after sagittal split ramus osteotomy .

International Journal of Oral-Medical Sciences 18: 4, 2020 (in press)

(副となる参考論文)

下顎後退を伴う骨格性上顎前突症における下顎枝矢状分割術後にみられる下顎骨の位置変化と咀嚼運動パターン変化について

日大口腔科学,46: 2020 (in press)

Abstract

The relationship between the displacement of the proximal bone fragment and the chewing patterns in patients with mandibular prognathism and retraction after sagittal split ramus osteotomy (SSRO) was investigated. As a results, in the displacement of the proximal bone fragment 6 months after operation (AO), bilateral Lp (the most lateral point of condyle) had moved anterior and internal rotation, while bilateral An (antegonial notch) had moved posterosuperior in patients with mandibular prognathism. On the other hand, in patients with maxillary protrusion, bilateral Lp had moved external and posterosuperior, while bilateral An (antegonial notch) had moved external, anterousuperior, and internal rotation. In terms of chewing patterns in mandibular prognathism at AO, approximately half the patients showed Normal pattern (N pattern), Reverse pattern (R pattern) and Crossover pattern (C pattern) on both the affected side and the unaffected side. Moreover, chewing patterns showed only 27.3% changed to N pattern on affected side in patients with maxillary protrusion. In mandibular prognathism patients, chewing patterns were hanged on AO, it showed the relevance of morphological change in condyle. Therefore, the relationship between the chewing patterns, the displacement of the proximal bone fragment and the morphological changes in condyle before and after SSRO. As a results, the surface of condyle with displacement of proximal bone fragment was remodeling. In the N pattern, there was reductional bony change in the anteromedial direction, and additional bony change in the posterolateral direction, while in the R&C pattern there was additional bony change in the anteromedial direction and reductional bony change in the posterolateral direction. It was suggested that the difference in the remodeling of condyle was associated with the different chewing pattern.

【緒 言】

顎変形症患者に対する外科的矯正治療において、下顎枝矢状分割術（以下 SSRO）が広く用いられている。SSRO 後の下顎頭の変化について、Imamura¹⁾は、SSRO 後 1 か月で近位骨片の外上方への変位が起こり、下顎頭の外上方および内方回転を誘発することで、下顎頭の外方から前上方にかけて骨のリモデリングを認めたと述べている。また、Svetlana²⁾は、SSRO 後 3 か月から 1 年後までの観察で、下顎頭の下顎窩内での位置変化とリモデリングを認めたと報告している。

一方、術後の咀嚼運動パターンの変化について、Suzuki³⁾は顔面非対称の顎変形症患者への SSRO 後、臼歯部の咬合関係や咀嚼運動パターンの変化が、長期的な下顎位の安定や後戻りに影響していると報告している。さらに、甲斐⁴⁾は SSRO 後の下顎骨の変化について、その要因は術後の咬合や筋肉の走行、下顎頭および下顎窩の形態や下顎位、顎運動などが考えられると報告している。

このように、SSRO 後において下顎骨近位骨片および咀嚼運動パターンの変化ならびに下顎頭の形態変化が起きていると考えられる。しかし、これらの変化の関連性を検討した研究は見当たらない。また、SSRO による遠位骨片の前後移動による下顎骨近位骨片の位置変化について比較検討した報告は少なく、さらにこれらと咀嚼運動パターンの関連性について調査した報告は見当たらない。

そこで、本研究では下顎前突患者と下顎後退を伴う上顎前突患者における SSRO 前後の下顎骨近位骨片の位置変化および咀嚼運動パターンの変化を調査し、さらに術後の咀嚼運動パターンの変化が大きく見られた下顎前突群において、それらの変化と下顎頭形態変化の関連性についてしているか検討することを目的とした。

【被検者および方法】

1. 被験者

被験者は、本学付属病院矯正歯科を受診した顎変形症患者のうち Skeletal Class III (ANB < 1°) で SSRO を施行された下顎側方偏位を伴う骨格性下顎前突者 29 名（男性 14 名、女性 15 名、平均年齢 27.9 ± 6.8 歳）（SSRO 単独：17 名、SSRO 及び Le Fort I 型併用：12 名）を下顎前突群とした。

また Skeletal Class II (ANB > 4°) で SSRO を施行された下顎後退および下顎側方偏位を伴

う骨格性上顎前突者の女性 11 名（平均年齢 27.1 ± 8.9 歳，SSRO 単独：4 名，SSRO 及び Le Fort I 型骨切り術併用：7 名）を上顎前突群とした。

被験者の除外基準を下記に示す

- 1) 歯科矯正治療の既往歴がある
- 2) 多数歯に及ぶ補綴，カリエス，欠損がある
- 3) 顎骨形成異常を伴う全身疾患がある
- 4) 著しい顎関節疼痛，関節雑音，下顎運動障害がある

なお本研究は日本大学松戸歯学部倫理審査委員会の承認（日本大学松戸歯学部倫理審査委員会承認番号 EC 17-003 号）を得て，ヘルシンキ宣言の精神に基づいて行われた。

2. 方法

1) 頭部エックス線規格写真

初診時に撮影した頭部エックス線規格写真（以下，セファロ）により正面・側面のセファロ分析を行った。正面のセファロ分析から下顎の側方偏位量を計測し，鶏冠（NC）と前鼻棘（ANS）を結ぶ直線（Line-A）と Me 正中線からの距離を偏位量とした(Fig. 1)。また Me が偏位している近位骨片側を偏位側、反対側を非偏位側とした。さらに側方のセファロ分析から ANB を計測し下顎前突群と上顎前突群の選定を行った。セファロの分析は Steiner analysis に準じて行った。

次に SSRO 前（before operation, 以下 BO）と SSRO 後 6 か月（after operation, 以下 AO）に採得された診断用模型から下顎骨の移動量を計測した。下顎骨遠位骨片が後方移動している場合は setback 量，前方移動している場合は advance 量として計測した。

2) 顎顔面 3D-CT 像

(1) 顎顔面 3D-CT 像の構築

BO と AO に撮影された CT 断層データを使用した。CT 撮影は本学付属病院の CT 画像装置 Aquilion 64（東芝メディカル社，東京）を用い，撮影条件は管電圧 120 kV，感電流 100 mA，Field of view 240 mm × 240 mm，スライス厚 1 mm で撮影範囲は頭頂からオトガイ部までとした。レーザー光を縦軸は顔面正面に，横軸は左右耳珠点と顔面上の左側眼窩点を結ぶ平面に照射し，頭位を設定した。咬合は咬頭嵌合位，口唇は緊張しない程度に閉じた

状態で撮影した。得られた CT 断層データを DICOM ビューアソフトウェア (OsiriX, Newton Graphics, Hokkaido) を用いて STL 形式のデータに変換し, 三次元画像ボリュームレンタリングソフトウェア (Artec Studio 9, Artec 3D, Luxembourg) を用いて閾値処理を行った後, 頭蓋骨および下顎骨領域を抽出し, 3D-CT 像を再構築した。

(2) 基準座標系の設定

STL 形式の三次元画像データは 3D 画像解析ソフトウェア (Body-Rugle, Medic Engineering, Kyoto) により基準座標系の設定を行った。座標系は顔面骨格 3D-CT 像上の左右骨外耳道上縁点 (Po) と右眼窩下縁最下点 (Or) を使用し, 左右の Po の右側の Or で決定される平面をフランクフルト (FH) 平面 (以下 axial plane), axial plane に垂直で左右の Po を通る平面を coronal plane, axial plane と axial plane に垂直で左右の Or の中点を通る平面を sagittal plane とした。そして左右の Po を通る直線を X 軸, FH 平面に直交し左右の Po の中点を通る直線を Y 軸, 原点を通り X 軸と直交する直線を Z 軸と設定した。X 軸の左側は (+), Y 軸の上側は (+), Z 軸の前側は (+) とした (Fig. 2)。

(3) 近位骨片の位置変化量の計測

測定方法は Imamura¹⁾ の方法に基づき行った。Body-Rugle を用いて最小二乗法にて, オトガイ領域で重ね合わせを行った。ソフトウェアは領域内の相互情報のアルゴリズムを使用し最適な位置を算出した。近位骨片にランドマークとして Lp (Lateral point 下顎頭最外側点), Cp (Coronoid process 筋突起), An (Antegonial notch 下顎角前切痕) を設定し座標軸上での変化量を計測した (Fig. 3)。さらに axial plane において蝶形骨の基部から蝶形骨斜台の中点まで引いた線を正中矢状線 (B) とし, Lp と Mp (Mesial point 下顎頭最内側点) を横切る線と交わる角度を下顎頭長軸角 (θ) とし計測した (Fig. 4)。

(4) 下顎頭形態の変化量の測定

BO と AO における下顎頭の 3D-CT 構築像を Body-Rugle を用いて重ね合わせ, どの部位で形態変化がみられるかとその量を計測した。重ね合わせ後, 骨添加が赤色, 骨吸収が青色として表示され, 下顎頭表面にカーソルを合わせることで実数値が表示される (Fig. 5.A)。下顎頭表面の形態変化をエリア別に計測できるように, axial plane から見た下顎頭の最外側点と最内側点を長軸とし, それに直交する直線を 3 等分し A (前内側), B (前中央), C (前外側), D (内側), E (中央), F (外側), G (後内側), H (後中央), I (後外側) の 9 つのエリアに分

割した (Fig. 5. B)。さらに各エリアを 1~9 の 9 つのサブエリアに分割し、それぞれのサブエリアの中心点の形態の変化量を測定し、それらの平均値をエリア (A~I) のそれぞれの形態の変化量とした (Fig. 5. B)。

3) 咀嚼運動パターンの測定と解析

咀嚼運動パターンの測定は光学系非接触式 3 次元 6 自由度顎運動測定装置 GnathoHexagraph III (GC 社, 東京) を用いて測定した。測定方法は Suzuki ら³⁾ の方法に基づき行った。被験者の下顎前歯部にクラッチを装着し、頭部を固定せずにリラックスした状態で FH 平面が水平となるように椅子に座らせた後、ヘッドフレームおよびフェイスボウを装着した。基準平面である両側外耳孔上縁および左側眼窩下縁の 3 点よりなる FH 平面、計測点である両側下顎頭、下顎左右第一大臼歯近心頬側咬頭と下顎左右中切歯コンタクト部に設定を行った。被験者には自由咀嚼を行わせて十分にガムを軟化させた後、被験者に左右片側ずつ咬頭嵌合位からガムを 30 秒間咀嚼させ計測した。被験食品のガムは軟性ガム (100%キシリトールガム オーラルケア, 東京) を使用した。咀嚼運動パターンの解析は咀嚼開始第 5 ストロークから第 14 ストロークの計 10 ストロークの前頭面の咀嚼運動経路を対象とした。咀嚼運動パターンは、中心咬合位から咀嚼側あるいは非咀嚼側に向かって開口し、その後中心咬合位へ concave, convex, 直線のいずれかを呈し閉口するパターンである Normal pattern (以下, N pattern), 閉開口路が逆の咀嚼運動パターンである Reverse pattern (以下, R pattern), ならびに咀嚼運動幅が狭く、さらに交叉する Crossover pattern (以下, C pattern) の 3 つに分類した (Fig. 6)。

4) 第一大臼歯交叉咬合の有無

BO において偏位側, 非偏位側において第一大臼歯の交叉咬合の有無を確認した。正常に咬合しているものを Normal bite, 交叉咬合しているものを crossbite とした。また Fig. 7 および 8 において Normal bite を○, crossbite を●で示した。

5) 統計方法

Me の偏位量, SSRO による下顎骨の移動量, 近位骨片の位置変化量は平均値および標準偏差を算出した。近位骨片の変位量の比較および下顎頭の形態変化量の比較には Mann-Whitney's U test を使用し, 有意水準は $P < 0.05$ および $P < 0.01$ とした。

6) 誤差検定

Dahlberg ら⁵⁾の方法に基づき、3D-CTの測定方法に関連する誤差の有意性を評価した。最初の計測から2か月後に再計測を行った。再計測での変動係数は頭部エックス線規格写真の計測で0.55~2.27%、座標値の計測で、0.61~2.30%、下顎頭形態の変化量の計測で、0.54~2.12%と良好な再現性を示した。

【結果】

1. Meの偏位量および下顎骨の移動量

下顎前突群において被験者のMeの偏位量の平均は 6.3 ± 2.8 mmであった。SSROによるsetback量は、偏位側は平均 4.1 ± 2.5 mm、非偏位側は平均 7.4 ± 3.1 mmで差が認められた($P < 0.01$)。上顎前突群において被験者のMeの偏位量は平均 3.0 ± 2.7 mmであった。SSROによるadvance量は偏位側で平均 5.1 ± 1.7 mm、非偏位側では平均 3.3 ± 0.8 mmで差が認められた($P < 0.01$)。

2. 下顎前突群の近位骨片の位置変化

下顎前突群のSSRO後、BO-AOにおける近位骨片の平均位置変化をTable 1に示す。偏位側の平均変化量はAnでは外方へ1.5 mm、上方へ1.4 mm、後方へ1.2 mm、Lpは前方へ0.7 mm変化し、下顎頭は 4.1° 内方回転を示した。非偏位側の平均変化量はAnでは内方へ2.5 mm、上方へ1.9 mm、後方へ2.0 mm、Lpは前方へ0.5 mm変化し、下顎頭は 4.3° 内方回転を示した。すなわち両側のLpは前方への変化と内方回転、Anは後上方へ変化した。偏位側ではAnの内方への変化、非偏位側はAnの外方へ変化した。偏位側と非偏位側の変化量に有意差は認められなかった。

3. 下顎前突群の咀嚼運動パターン

下顎前突群の咀嚼運動パターンについてFig. 7に示す。偏位側においてBOでは、N patternが10.0%、R&C patternは90.0%認めた。AOではN patternが41.0%、R&C patternで59.0%認めた。BOからAOにおいてR&C patternからN patternに変化したのは45.0%で、N patternからR&C patternに変化したのは33.0%であった。非偏位側においてBOでは、N pattern 10.0%、R&C patternが90.0%認めた。AOではN patternが52.0%、R&C

pattern が 48.0% 認めた。BO から AO において R&C pattern から N pattern に変化したのは 54% で、N pattern から R&C pattern に変化はしなかった。偏位側、非偏位側共に AO では R&C pattern から約半数が N pattern に変化したが残る半数は R&C pattern のままであった。また AO では N pattern から R&C pattern に変化した人はわずか 33.3%(1 名) のみであった。

4. 下顎前突群の近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターン

近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターンを Table 2 に示す。偏位側の N pattern, R&C pattern 共に Lp は前方への変化と内方回転, An は後上方へ変化した。An の X 軸のみ N pattern と R&C pattern でそれぞれ 0.2 mm, 2.4 mm と有意差が認められた ($P < 0.05$)。非偏位側では N pattern, R&C pattern 共に Lp は前方へ変化と内方回転, An は後上方へ変化した。N pattern と R&C pattern に有意な差を認めなかった。

5. 上顎前突群の近位骨片の位置変化

上顎前突群の SSRO 後、BO-AO における近位骨片の平均位置変化を Table 3 に示す。偏位側の平均変化量は An は外方へ 1.0 mm, 上方へ 1.7 mm, 前方へ 2.6 mm, Lp は外方へ 0.7 mm, 上方へ 0.4 mm, 後方へ 1.1 mm 変化し、下顎頭は 2.5° 内方回転を示した。非偏位側の平均変化量は An は外方へ 2.1 mm, 上方へ 2.2 mm, 前方へ 3.7 mm, Lp は外方に 0.7 mm, 上方に 0.3 mm, 後方に 0.7 mm 変化し、下顎頭は 3.3° 内方回転を示した。両側 Lp の外上後方への変化、両側 An の外上前方への変化と下顎頭の内方回転が認められた。両側共に変化量に有意差は認めず、変化の方向は対称的であった。(Table 3)

6. 上顎前突群の咀嚼運動パターン

上顎前突群の咀嚼運動パターンについて Fig. 8 に示す。偏位側の BO では、N pattern が 10%, R&C pattern は 100% であり、AO では N pattern が 27.3%, R&C pattern は 72.7% であった。BO から AO において R&C pattern から N pattern に変化したのは 27.3% で、N pattern から R&C pattern に変化はしなかった。非偏位側の BO では、N pattern が 18.2%, R&C pattern は 81.8% であり、AO では、N pattern が 18.2%, R&C pattern で 81.8% であった。BO から AO の変化において咀嚼運動パターンの変化は見られなかった。

7. 上顎前突群の近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターン

近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターンを Table 4 に示す。偏位側は N pattern, R&C pattern 共に Lp は後上方への変化, An は前上方への変化と下顎頭の内方回転が認められた。非偏位側は N pattern, R&C pattern 共に Lp は後方へ, An は外上前方へ変化し, 下顎頭は内回転を示した。両側共に変化量に有意差は認めなかった。

8. 第一大臼歯 crossbite の有無

下顎前突群の第一大臼歯 crossbite の有無について, 偏位側において N pattern の crossbite は 100%, R&C pattern の crossbite は 84.5% 認めた。非偏位側において N pattern の crossbite は 33.3%, R&C pattern の crossbite は 41.4% 認めた(Fig. 7)。

上顎前突群では第一大臼歯 crossbite は認めなかった(Fig. 8)。

9. 下顎前突群における下顎頭形態の変化量と咀嚼運動パターン

下顎前突群の AO においてリモデリングがみられた。偏位側と非偏位側で下顎頭形態変化量に有意差は認めなかった。(Table 5)。さらに咀嚼運動パターンで比較すると, 偏位側において A, B, F, H エリアで有意な差が認められた ($P < 0.05$)。非偏位側において A, B, G, H, I エリアで有意な差が認められた。 ($P < 0.01$) (Table 6) (Fig. 9)

【考 察】

SSRO 後、両群共に近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターンに変化がみられた。特に下顎前突群では約半数に咀嚼運動パターンの変化が見られたが上顎前突群ではほとんど変化がみられなかった。そのため下顎前突群において術後の咀嚼運動パターンの違いが下顎頭の形態変化に関連する一要因である可能性が考えられる。そこでまず SSRO 後みられた両群の近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターンの変化について考察し、続いて下顎前突群の咀嚼運動パターンの違いと下顎頭の形態変化の関連性について考察する。

本研究では近位骨片の位置変化について、下顎前突群において偏位側、非偏位側での setback 量に有意差を認めたが、近位骨片の位置変化に有意差は認めなかった。下顎前突症患者の SSRO 後の近位骨片の位置変化を観察している研究は散見しており、時計回りや反時計回りの変化、左右非対称の変化が見られるなどその変化の方向に一定の見解は示されていない⁶⁻¹¹⁾。しかし多くの研究で共通している報告は、下顎骨の離断後、近位骨片を押し付けるようにプレート固定するため、近位骨片が変化し下顎頭の内方回転を引き起こすとされている^{7,9-12)}。Svetlana ら^{2,9,12-15)}が対称および非対称の setback 量と近位骨片の位置変化に差がないと報告しているように、プレート固定時の近位骨片の位置変化の方向が、下顎頭の回転方向を決定していると考えられる。Jeong ら^{9,16)}はプレート固定時に骨片をトリミングし、ステップを少なくすることや、屈曲したプレートを使用するによって、近位骨片の位置変化を制御できると報告している。

上顎前突群においても偏位側、非偏位側での advance 量に有意差を認めたが、両側共に近位骨片の位置変化に有意差は認めなかった。下顎後退を伴う骨格性上顎前突症に対する SSRO 後の位置変化についても一定の見解は示されていない¹⁷⁻²¹⁾が、下顎前突群同様に多くの研究で SSRO 後の後戻りの要因について、プレート固定時の近位骨片の位置変化が引き起こしている^{17,20-23)}と考えられる。Tong ら^{17,20-24)}は SSRO 後の近位骨片の位置変化について、advance 量や咀嚼筋の伸展する方向に関連性はなく、プレート固定がその要因であり、下顎頭の位置づけを正確に行うことで後戻りを制御できるとしている。

下顎前突群、上顎前突群共に SSRO 施行後 6 か月にみられる近位骨片の位置変化は、下顎骨の移動方向やその量にかかわらず、手術時のプレート固定によるもので、下顎頭の時計回り、反時計回りを決定していると考えられる。そのため限りなく近位骨片と遠位骨片のずれを少なくしプレート固定を行い、近位骨片の位置変化を減らすことが重要であると考えられる。

咀嚼運動パターンの変化について、下顎前突群では BO において crossbite は N pattern, R&C pattern それぞれ偏位側 100% , 84.5%, 非偏位側 33.3% , 41.4%であり咀嚼運動パターンは R&C pattern が多く認められた。偏位側は crossbite が多く認められ, Suzuki ら^{3,25-27)}の大白歯 crossbite の症例において crossbite 側で R&C pattern が高確率で出現する傾向にあるという報告に一致した。しかし, 非偏位側において crossbite は半数にもかかわらず, 同じく R&C pattern が多く認められた。そのためこれは下顎前突者の咀嚼運動パターンの特徴であると思われる。

AO において, 偏位側, 非偏位側共に約半数が N pattern に変化した。Suzuki ら³⁾は同様な症例において, 術後 1 年後に N pattern が多くなるという報告と異なっていた。下顎骨体の非対称や大白歯 crossbite が改善されても, 咀嚼運動パターンは必ずしも N pattern に変化するわけではなく, また BO での crossbite の有無の関連性は低いと考えられる。しかし, Suzuki ら³⁾は 1 年以上の長期的な咀嚼運動パターンの変化を観察しており, 本研究は 6 か月時の計測結果であるため, 今後さらに変化すると可能性があると考えられる。また約半数は SSRO 後 6 か月で咀嚼運動パターンが N pattern に変化していることから, 下顎前突群の咀嚼運動パターンの違いが, どのように下顎頭の形態変化に関連しているか検討した。

上顎前突群では BO において偏位側では R&C pattern のみ見られ, 非偏位側では, 2 名が N pattern, 9 名が R&C pattern であった。R&C pattern は咀嚼運動幅が比較的狭く大野ら³¹⁾が上顎前突患者の咀嚼運動経路幅は正常咬合者と比較して狭いと述べている特長と類似していた。Suzuki ら³⁾は下顎頭の形態が咀嚼運動パターンに影響すると述べており, また相川ら³²⁾は下顎後退を伴う骨格性上顎前突患者は下顎頭の形態変形の発現率が多いと述べている。本結果において, 術前後で R&C pattern が多く認められたことは, これらのことと関係していることが考えられる。SSRO 前後において偏位側で 3 名のみ R&C pattern から N pattern へ変化認められたが, 非偏位側では変化は認められず, 骨格的ならびに咬合の異常が改善されても咀嚼運動パターンに大きな変化は見られなかった。この結果は SSRO 後 6 か月で約半数の咀嚼運動パターンに変化がみられるという下顎前突群の結果と異なっていた。Kim ら³³⁾は SSRO 後 1 年半経過後, 下顎頭の位置変化に咀嚼機能が適応したと述べている。下顎前突群より上顎前突群の方が下顎頭の適応により時間がかかり, SSRO 後 6 か月では下顎頭が適応せず, 咀嚼運動パターンに変化が見られなかったと考えられる。そのため今後さらに長期的に観察していけば, 変化すると可能性があると考えられる。これらのことから, 下顎後退を伴う上顎前突における SSRO 後 6 か月の時点で, 下顎骨片の

位置変化と咀嚼運動パターン変化の関連性は低いと考えられる。

下顎頭のリモデリングと近位骨片 (Lp) の変化について、SSRO でのプレート固定のずれによる下顎頭の位置変化が、下顎頭に過度な機械的応力をかけ、リモデリングを引き起こしている^{1,34-36)}。これは、下顎頭の下顎窩内での位置を安定させる適応反応であり、下顎窩と下顎頭の距離が近づく場合骨吸収、離れる場合は骨添加が起きると考えられる^{1,13,34,37)}。本研究の結果、両側共に、下顎頭の位置変化に伴い、リモデリングが見られた。

そこで偏位側、非偏位側及び咀嚼運動パターンで比較すると、近位骨片の変位量に有意差は認めなかったが、リモデリングの分布に差が認められた。N pattern では前内方 (A, B エリア) で骨吸収、後外方 (F, G, H, I エリア) で骨添加が認められた。R&C pattern では N pattern と反対に、前内方 (A, B エリア) で骨添加、後外方 (F, G, H, I エリア) で骨吸収が認められた。両側ともに咀嚼運動パターンの違いにより、リモデリング量の違うエリアが認められた。N pattern は、近位骨片 (Lp) の前上方への位置変化と内方回転に適応してリモデリングが起きているため、下顎頭が下顎窩内で正常に位置していると考えられる。しかし R&C pattern は近位骨片の位置変化に適応してリモデリングが起きておらず、下顎頭が下顎窩内で不安定な状態で位置していると考えられる。Suzuki ら³⁾ は外科的矯正治療後の咬合の安定において R&C pattern は N pattern に比べ後戻りが多く、その要因は下顎頭の形態の違いが関連していると報告していることから、SSRO 後の咀嚼運動パターンの違いがリモデリングに変化を与え、後戻りに影響していると考えられる。また、咀嚼運動時、N pattern はグライディングタイプの咀嚼であり、下顎頭に付着する外側翼突筋による側方運動が主となる。R&C pattern はチョッピングタイプの咀嚼であり、下顎角に付着する咬筋による蝶番運動が主となり³⁸⁾、N pattern と R&C pattern で異なった咀嚼筋が咀嚼運動を行っており、グライディングタイプは咀嚼経路幅が広くより外側翼突筋を活発に運動させる³⁹⁾。そのため N pattern は R&C pattern に比べよりリモデリングが活発かつ正確に行われていると考えられる。

中條⁴⁰⁾ らは SSRO 後、ガムトレーニングを行うことで早期に咀嚼機能の回復を期待できると報告している。咀嚼トレーニングにより、早期に N pattern の咀嚼運動パターンを獲得し、下顎頭のリモデリングを促進させることで、早期の咬合の安定と後戻りの防止につながると思われる。

【結 論】

以上の結果より次の結論を得た。

- 1) 近位骨片について、下顎前突群において両側 An は後上方、両側 Lp は前方へ位置変化し、下顎頭の内方回転を認めた。上顎前突群において両側 An の外上前方、両側 Lp の外上後方へ位置変化し、下顎頭の内方回転が認められた。
- 2) 咀嚼運動パターンについて、下顎前突群において AO で、N pattern と R&C pattern 共に約半数認めた。上顎前突群において AO で、変化はほとんど見られず、偏位側において 27.3% が N pattern に変化したのみであった。
- 3) 下顎前突群において、近位骨片の位置変化に伴い下顎頭表面ではリモデリングを認め、N pattern は前内方で骨吸収、後外方では骨添加、R&C pattern は前内方で骨添加、後外方で骨吸収を認めた。

以上のことから、下顎枝矢状分割術による下顎骨近位骨片の位置変化および咀嚼運動パターン変化によって、リモデリングによる下顎頭形態の変化の違いがみられることが明らかになった。

【文 献】

- 1) Imamura R: Assessment of the Position and Morphology of the condylar Head of Mandible after Sagittal Split Rmaus Osteotomy: Apostoperative Comparative Study from 1 to 6 Months. J Oral-Med Sci 14: 139-151, 2017.
- 2) Svetlana T, Hyun H K, Ki H P, Su-Jung K: Sequential changes of postoperative condylar position in patients with facial asymmetry. The Angle Orthodontist, 87: 260-268, 2017.
- 3) Suzuki Y, Saito K, Imamura R, et al.: Relationship between molar occlusion and masticatory movement in lateral deviation of the mandible. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 151: 1139-47, 2017.
- 4) 甲斐康司, 竹山雅規, 斉藤功, 他: 下顎枝矢状分割術を施行した骨格性下顎前突症における上下顎歯列弓の長期的変化, 新潟歯学会誌, 31:167-172, 2001.
- 5) Dahlberg G: Statistical methods for medical and biological students. London: George Allen and Unwin Ltd: 122-132, 1940.
- 6) Seung Hak, Baek, Tae K, Myung Jin: Is there any difference in the condylar position and angulation after asymmetric mandibular setback?, Oral and Maxillofacial Surgery, 101: 155-163, 2006.

- 7) Sun Y L, Tingting J, Min H O, Min S K, et al.: Cone-beam computed tomography evaluation on the changes in condylar long axis according to asymmetric setback in sagittal split ramus osteotomy patients, *The Angle Orthodontist*, 87: 254-259, 2017.
- 8) 山本隆司, 齊藤力, 内山健志: 下顎枝矢状分割法を施行した下顎前突患者における近位骨片の位置変化, *歯科学報*, 101: 155-163, 2006.
- 9) Jeong J Han, Hoon J Y, Shin J L, et al.: Relapse after SSRO for mandibular setback movement in relation to the amount of mandibular setback and intraoperative clockwise rotation of the proximal segment. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42: 811-815, 2014.
- 10) Christof U, Isabella M V: Stability After Bilateral Sagittal Split Osteotomy Setback Surgery With Rigid Internal Fixation: A Systematic Review *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 66: 1634-1643, 2008.
- 11) Suzuki K, Kobayashi M, Ozawa S, et al.: Postoperative mandibular stability after bilateral sagittal split ramus osteotomy based on skeletal correction in patients with facial asymmetry, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology*, 29: 181-188, 2017.
- 12) Won L, J U Park: Three-dimensional evaluation of positional change of the condyle after mandibular setback by means of bilateral sagittal split ramus osteotomy, *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 94: 305-309, 2002.
- 13) Ha M, Kim Y, Park S, et al.: Cone-beam computed tomographic evaluation of the condylar remodeling occurring after mandibular set-back by bilateral sagittal split ramus osteotomy and rigid fixation, *Korean J Orthod*, 43: 263-70, 2013.
- 14) Yoo J, Kwon Y, Suh J, et al.: Transverse stability of the proximal segment after bilateral sagittal split ramus osteotomy for mandibular setback surgery, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42: 994-1000, 2013.
- 15) Hyun S, Joe R, Hyun J, et al.: Effect of Mandibular Setback via Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy on Transverse Displacement of the Proximal Segment, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 63: 908-916, 2005.
- 16) Ueki K, Hashiba Y, Marukawa K, et al.: Evaluation of Bone Formation After Sagittal Split Ramus Osteotomy With Bent Plate Fixation Using Computed Tomography, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67: 1062-1068, 2009
- 17) Tong X, Martien K, Stefan B, et al.: The role of mandibular proximal segment rotations on skeletal relapse and condylar remodelling following bilateral sagittal split advancement

- osteotomies, *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43: 1716-1722, 2015.
- 18) Liliane R G, Lucia H C, MaR&Celo R G, et al: CounteR&Clockwise maxillomandibular advancement surgery and disc repositioning: can condylar remodeling in the long-term follow-up be predicted, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46: 1569-1578, 2017.
- 19) Chen Y, Zhang J, Rao N, et al.: Independent risk factors for long-term skeletal relapse after mandibular advancement with bilateral sagittal split osteotomy, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery Available online*, 8: 2019.
- 20) Felipe de A, Ribeiro C, Lucia H, et al.: Three-dimensional assessment of mandibular advancement 1 year after surgery, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137: 1-12, 2010.
- 21) 椎木さやか, 高木多加志, 野間弘康: 下顎後退症に対する下顎枝矢状分割術後の顎位安定性, *日本顎変形症学会誌*, 15: 59-67, 2005.
- 22) 吉田治彦, 堀内薫, 野村太作, 他: Skeletal II 症例における下顎枝矢状分割術施行時の近位骨片の位置復元に関する臨床的検討, *日本顎変形症学会誌*, 15: 41-46, 2005.
- 23) Christof U, Isabella M V.: Stability After Bilateral Sagittal Split Osteotomy Advancement Surgery With Rigid Internal Fixation: A Systematic Review, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67: 301-313, 2009.
- 24) Alexandre T.M, Lucia H C, Felipe R&C, et al.: Three-Dimensional Regional Displacements After Mandibular Advancement Surgery: One Year of Follow-Up, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 69: 1447-1457, 2011.
- 25) Takeda H, Nakamura Y, Handa H, et al.: Examination of Masticatory Movement and Rhythm Before and After Surgical Orthodontics in Skeletal Class III Patients With Unilateral PosteriorR&Cross-Bite. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67: 1844-1849, 2009.
- 26) 中南匡史, 西尾公一, 宮内修平, 他: 臼歯部交差咬合が顎口腔機能に及ぼす影響に関する研究, *日本顎口腔機能学会*, 6: 87-96 1988.
- 27) Tomonari H, Ikemori T, Kubota T, et al.: First molaR&Cross-bite is more closely associated with a reverse chewing cycle than anterior or pre-molaR&Cross-bite during mastication, *Journal of Oral Rehabilitation*, 41: 890-896, 2014.
- 28) Maria G, Gianluigi F, Domenico D, et al.: Reverse cycle chewing before and after orthodontic-surgical correction in class III patients, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 115: 328-331, 2013.

- 29) Dahui W, Hongjun F, Rongsheng Z, et al.: Changes of Mandibular Movement Tracings After the Correction of Mandibular Protrusion by Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67: 2238-2244, 2009.
- 30) Kubota T, Yagi T, Tomonari H, et al.: Influence of surgical orthodontic treatment on masticatory function in skeletal Class III patients, *Journal of Oral Rehabilitation*, 42: 733-741, 2015.
- 31) 大野由希肅, 中村俊弘, 中原リザ子: Angle II級上顎前突患者の咀嚼運動 -運動経路と運動リズム-, *Ortho Waves - Jpn Ed*, 68: 83-93, 2009.
- 32) 相川弦, 小林正治, 斎藤功, 他: 顎変形症患者の顎関節症と顔面形態と関連, *日本口腔外科学会雑誌*, 57: 441-541, 2011.
- 33) Kim Y I, Jung Y H, Cho B H, et al.: The assessment of the short- and long-term changes in the condylar position following sagittal split ramus osteotomy (SSRO) with rigid fixation, *Journal of Oral Rehabilitation*, 37:262-270, 2010.
- 34) Soo B P, Yu M Y, Yong I K, et al.: Effect of Bimaxillary Surgery on Adaptive Condylar Head Remodeling: Metric Analysis and Image Interpretation Using Cone-Beam Computed Tomography Volume. Superimposition, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 70: 1951-1959, 2012.
- 35) Dionysios J P, Katerina K P, George A P, et al.: Functional alterations in mechanical loading of condylaR&Cartilage induces changes in the bony subcondylar region, *AR&Chives of Oral Biology* 54: 1035-1045, 2009.
- 36) 加藤伸一郎: 顎矯正術前後の下顎頭の位置的变化の検討-コーンビーム CT を用いて-, *愛知学院大学歯学会誌*, 45: 95-109, 2007.
- 37) 小林正治, 加藤浩之, 本間克彦, 他: 下顎後退症患者における外科的矯正治療前後の顎関節症状と下顎骨の安定性について, *日本顎変形症学会誌*, 12: 9-14, 2002.
- 38) 矢野圭介, 久保田雅人, 篠原親, 他: 顎の非対称を伴う骨格性下顎前突症における下顎頭長軸角と習慣性咀嚼との関連性について, *日本顎変形症学会誌*, 10: 110-116, 2000.
- 39) 大島千景, 根岸慎一, 小野修一, 他: 就学前児童に対する咀嚼トレーニング効果について, *日大口腔科学*, 40:39-43, 2014.
- 40) 中條雅之, 菅原準二, 友寄裕子, 他: 外科的矯正治療後のガム咀嚼訓練が顎変形症患者の咀嚼機能に及ぼす効果, *日本顎変形症学会誌*, 14: 170-179, 2004.

Table 1 BO から AO における下顎前突群の近位骨片の位置変化

		X		Y		Z		θ	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
偏位側	Lp	-0.1	1.3	0.1	1.1	0.7	0.6		
	Cp	-1.9	2.8	-0.3	1.6	-0.3	0.9		
	An	-1.5	2.7	1.4	1.8	-1.2	3.1		
	condylar angle							4.1	4.1
非偏位側	Lp	0.2	1.4	0.1	1.2	0.5	0.6		
	Cp	1.7	2.1	-0.3	2.3	-0.3	0.7		
	An	-2.5	2.1	1.9	2.3	-2.0	4.3		
	condylar angle							-4.3	5.1

(mm)

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

Lp: 下顎頭最外側点 Cp: 筋突起 An: 下顎角前切痕

Condylar angle: 下顎頭長軸角

Table 2 BO から AO における下顎前突群の近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターン

		N pattern				R&C pattern									
		X		Y		Z		θ							
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.						
偏位側	Lp	-0.5	0.8	0.3	0.6	0.6	0.6	0.2	1.5	0.0	1.4	0.7	0.6		
	Cp	-2.5	1.5	-0.6	1.5	-0.3	0.8			-1.5	3.2	-0.1	1.7	-0.3	0.8
	An	-0.2	1.9	1.6	2.0	-0.8	2.6			-2.4	2.8	1.3	1.7	-1.0	3.3
	condylar angle														
										3.8	4.1				
														4.4	4.2
非偏位側	Lp	0.1	1.0	0.1	1.4	0.2	0.6			0.3	1.6	0.1	0.9	0.8	0.6
	Cp	0.7	1.6	-0.2	2.7	-0.3	0.6			2.1	2.1	-0.3	1.8	-0.3	0.8
	An	-3.1	2.1	2.2	2.3	-2.7	4.9			-2.4	1.7	1.5	2.2	-1.2	3.9
	condylar angle														
										-4.5	4.7				
														-5.0	3.4

Mann-Whitney's *U* test *P<0.05

(mm)

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

Lp: 下顎頭最外側点 Cp: 筋突起 An: 下顎角前切痕 Condylar angle: 下顎頭長軸角

Normal pattern: N pattern Reverse pattern: R pattern Crossover pattern: C pattern

Table 3 BO から AO における上顎前突群の近位骨片の位置変化

		X		Y		Z		θ	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
偏位側	Lp	0.7	1.0	0.4	0.8	-1.1	1.6		
	Cp	-0.1	2.4	1.8	1.1	-1.7	1.3		
	An	1.0	1.6	1.7	1.9	2.6	1.0		
	condylar angle							2.5	2.2
非偏位側	Lp	-0.7	1.4	0.3	1.5	-0.7	1.4		
	Cp	0.8	2.1	1.7	2.4	-1.5	1.1		
	An	-2.1	1.6	2.2	1.7	3.7	2.7		
	condylar angle							-3.3	1.4

(mm)

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

Lp: 下顎頭最外側点 Cp: 筋突起 An: 下顎角前切痕

Condylar angle: 下顎頭長軸角

Table 4 BO から AO における上顎前突群の近位骨片の位置変化と咀嚼運動パターン

		N pattern				R&C pattern											
		X		Y		Z		θ		X		Y		Z		θ	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
偏位側	Lp	1.1	1.2	0.1	0.5	-0.2	0.7			0.1	0.6	0.5	0.8	-1.8	1.8		
	Cp	0.9	3.2	1.7	0.6	-1.5	1.3			-0.5	2.2	1.8	1.2	1.7	1.4		
	An	-0.6	1.6	0.9	1.1	1.8	0.7			1.7	1.1	2.0	2.1	2.9	1.0		
	condylar angle							3.3	2.1							2.0	2.2
非偏位側	Lp	-1.2	2.1	-0.5	0.2	-0.5	0.3			-0.6	1.3	0.5	1.7	-0.7	1.5		
	Cp	-0.1	2.8	0.3	3.7	-1.0	0.4			0.6	1.6	2.0	2.2	-1.6	1.2		
	An	-2.2	0.6	1.2	2.9	3.0	3.7			-1.7	1.2	2.5	1.4	3.9	2.7		
	condylar angle							-2.6	3.4							-3.6	1.1

Mann-Whitney's U test *P<0.05 (mm)

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

Lp: 下顎頭最外側点 Cp: 筋突起 An: 下顎角前切痕 Condylar angle: 下顎頭長軸角

Normal pattern: N pattern Reverse pattern: R pattern Crossover pattern: C pattern

Table 5 下顎前突群の下顎頭の形態変化量

	Mean S.D.		Mean S.D.	
A	-0.1	0.3	0.0	0.4
B	-0.1	0.4	0.0	0.4
C	0.1	0.5	0.1	0.5
D	-0.3	0.4	-0.2	0.4
E	-0.1	0.5	-0.1	0.4
F	0.0	0.5	0.2	0.4
G	-0.2	0.4	0.1	0.5
H	0.0	0.4	0.0	0.4
I	0.0	0.4	0.0	0.5

(mm)

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

A (前内側), B (前中央), C (前外側), D (内側), E (中央),
F (外側), G (後内側), H (後中央), I (後外側)

Table 6 下顎前突群の下顎頭の形態変化量と咀嚼運動パターン

	Affected			Unaffected		
	N pattern Mean S.D.	R&C pattern Mean S.D.	P-value	N pattern Mean S.D.	R&C pattern Mean S.D.	P-value
A	-0.3 0.3	0.0 0.5	*	-0.3 0.3	0.3 0.3	**
B	-0.2 0.2	0.1 0.5	*	-0.3 0.3	0.2 0.3	**
C	0.1 0.3	0.1 0.6		0.0 0.5	0.3 0.4	
D	-0.4 0.2	-0.2 0.5		-0.3 0.4	-0.1 0.4	
E	0.0 0.3	-0.2 0.7		-0.1 0.4	0.0 0.4	
F	0.2 0.3	-0.1 0.5	*	0.2 0.4	0.1 0.4	
G	-0.1 0.4	-0.2 0.4		0.3 0.3	-0.2 0.5	**
H	0.2 0.2	-0.1 0.5	*	0.3 0.3	-0.2 0.4	**
I	0.2 0.1	-0.1 0.5	*	0.3 0.4	-0.2 0.4	**

Mann-Whitney's *U* test P<0.01:** P<0.05:* (mm)

A (前内側), B (前中央), C (前外側) D (内側), E (中央),
F (外側), G (後内側), H (後中央), I (後外側)

Normal pattern: N pattern Reverse pattern: R pattern Crossover pattern: C pattern

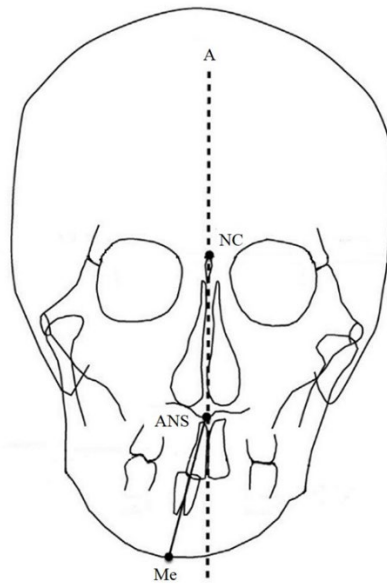


Fig. 1 前頭部のセファログラム上の基準点と測定点

Me:メントン NC: 鶏冠 ANS:前鼻棘 Line-A: NC と ANS を結ぶ直線

偏位量: Line-A と Me 正中線からの距離

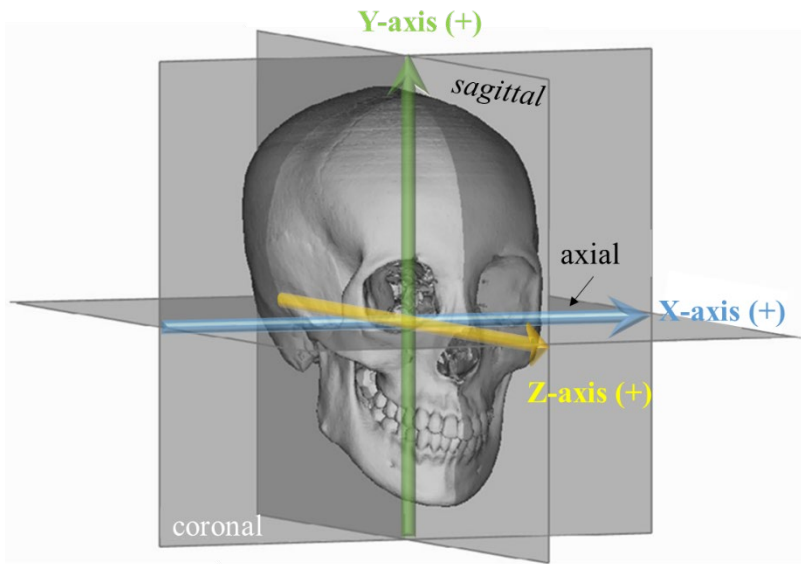


Fig. 2 3D-CT 像の基準座標系の設定

右骨外耳道上縁点 (Po) と右眼窩下縁最下点 (Or) を使用し、左右の Po の右側の Or で決定される平面をフランクフルト平面 (以下 axial plane), axial plane に垂直で左右の Po を通る平面を coronal plane, axial plane と axial plane に垂直で左右の Or の中点を通る平面を sagittal plane とした。そして左右の Po を通る直線を X 軸, FH 平面に直交し左右の Po の中点を通る直線を Y 軸, 原点を通り X 軸と直交する直線を Z 軸と設定した。X 軸の左側は (+), Y 軸の上側は (+), Z 軸の前側は (+) とした

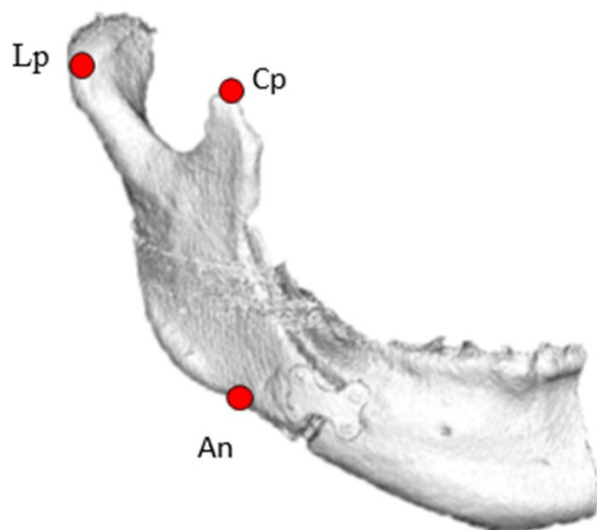


Fig. 3 近位骨片のランドマークの設定

Lp: 下顎頭最外側点 Cp: 筋突起 An: 下顎角前切痕

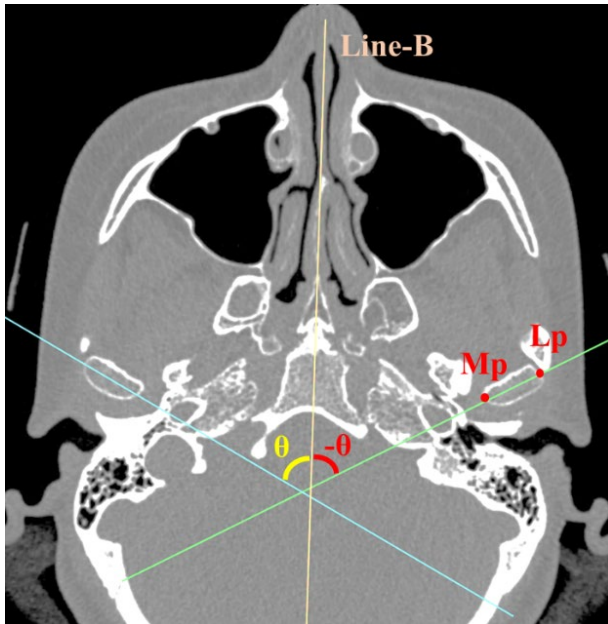


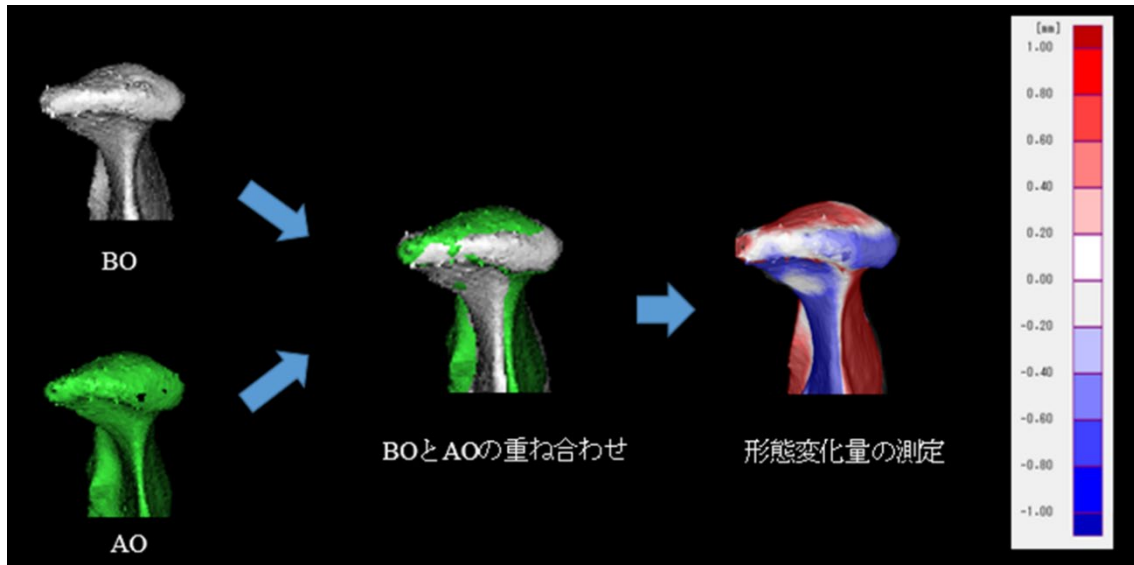
Fig. 4 下顎頭のランドマークと基準線および下顎頭長軸角の測定

Line-B : 蝶形骨基部から蝶形骨斜台の midpoint まで引いた線

Lp : 下顎頭最外側点 Mp : 下顎頭最内側点

下顎頭長軸角(Condylar angle) : Lp と Mp を横切る線と Line-B が交わる角度
(偏位側: $-\theta$ 非偏位側: θ)

A



B

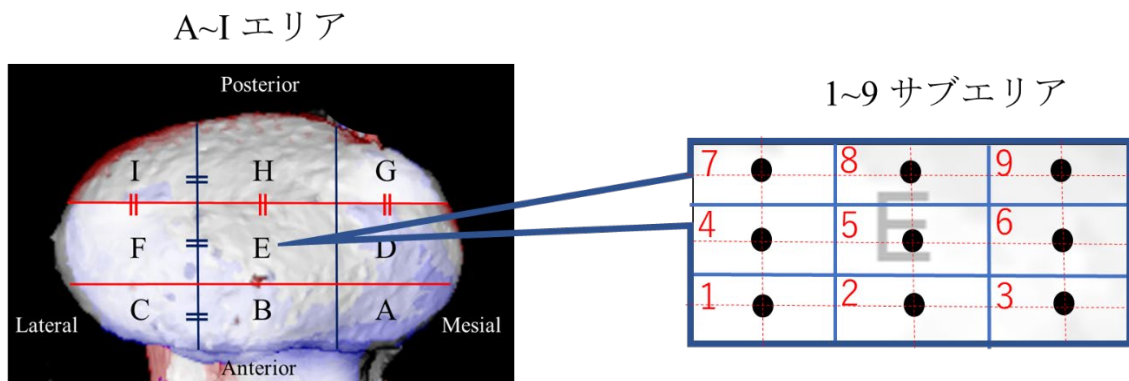


Fig. 5 下顎頭の形態変化量の計測

A: BO と AO における下顎頭の 3D-CT 像の重ね合わせ

B: 下顎頭の形態変化量の測定

下顎頭を A-I エリアに分割し、さらに各エリアを 1-9 のサブエリアに分割

A: 前内側 B: 前中央 C: 前外側

D: 内側 E: 中央 F: 外側

G: 後内側 H: 後中央 I: 後外側

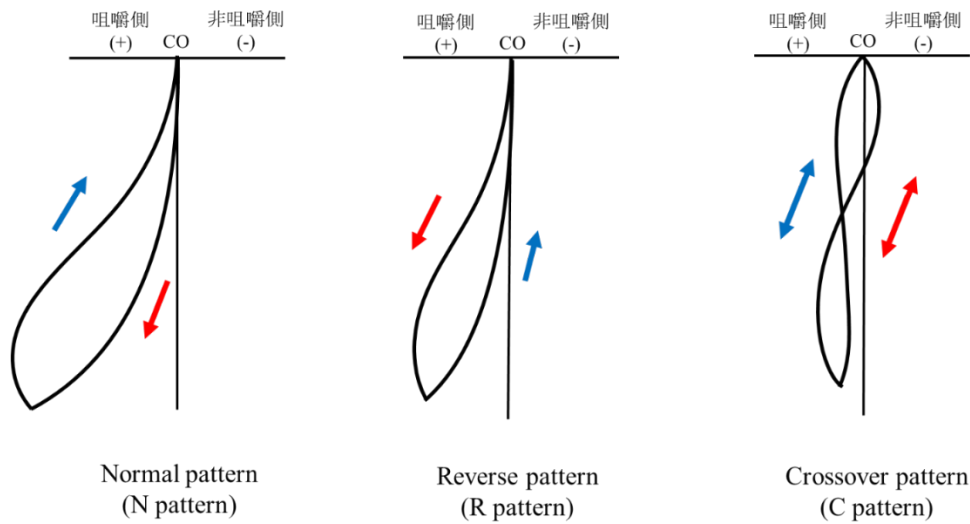


Fig. 6 咀嚼運動パターンの分類

Normal pattern: 中心咬合位から咀嚼側あるいは非咀嚼側に向かって開口し、中心咬合位へ concave, convex, 直線のいずれかを呈し閉口するパターン

Reverse pattern: 閉開口路が逆の咀嚼運動パターン

Crossover pattern: 咀嚼運動幅が狭く、さらに交叉するパターン

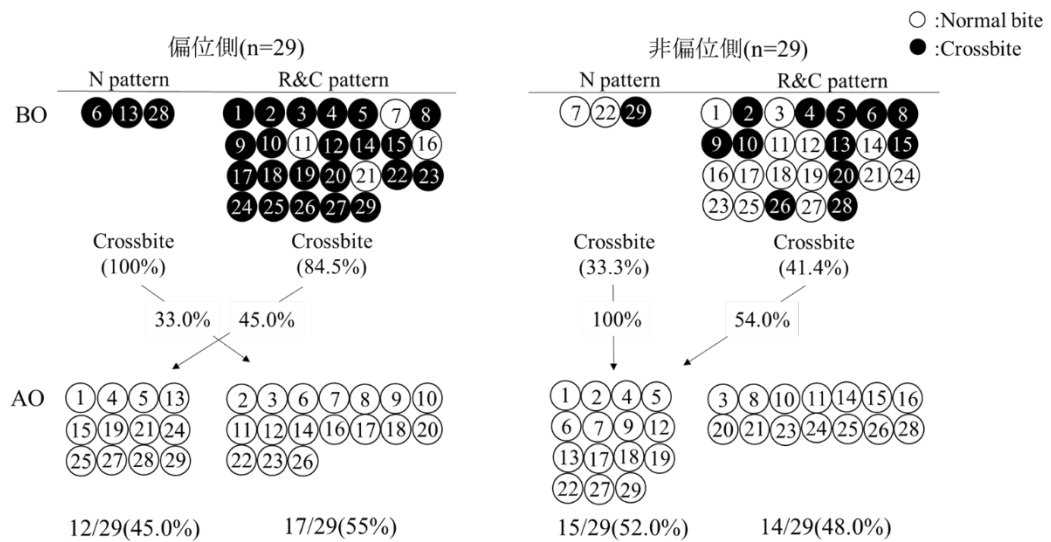


Fig. 7 BO から AO における偏位側, 非偏位側の咀嚼運動パターンと第一大臼歯の交叉咬合の有無

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

Normal pattern: N pattern Reverse pattern: R pattern Crossover pattern: C pattern

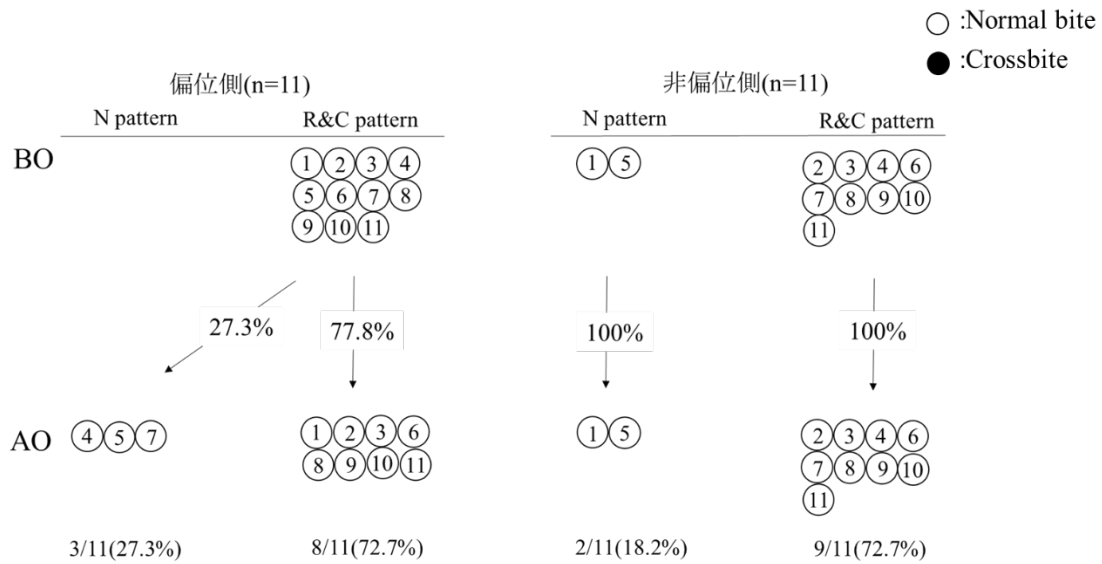


Fig. 8 BO から AO における上顎前突群の咀嚼運動パターンと第一大臼歯の交叉咬合の有無

BO: 術前 1 か月, AO: 術後 6 か月

Normal pattern: N pattern Reverse pattern: R pattern Crossover pattern: C pattern

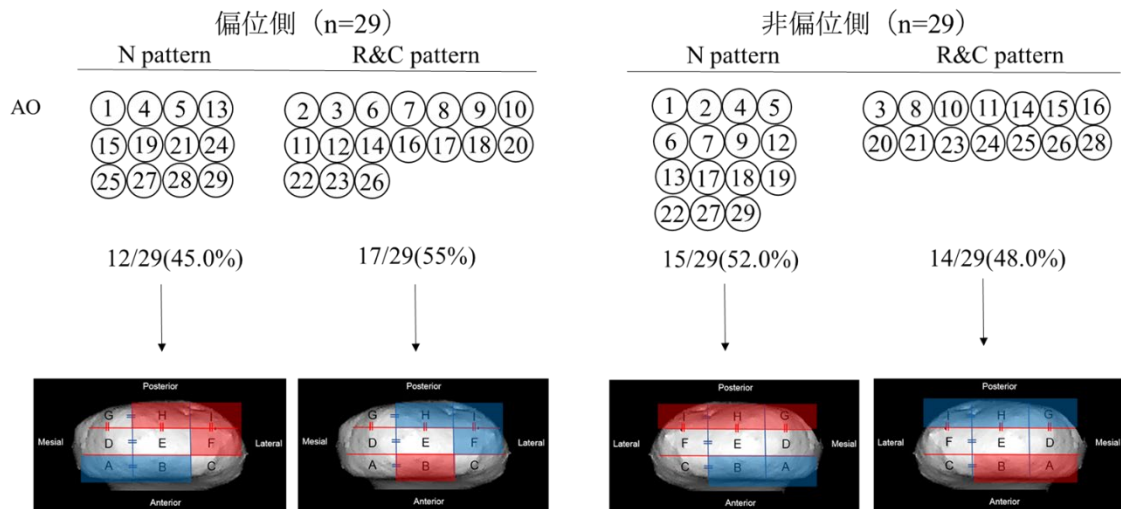


Fig. 9 AO における下顎前突群の下顎頭の形態変化量と咀嚼運動パターン

AO: 術前 1 か月

A(前内側), B(前中央), C(前外側)

D(内側), E(中央), F(外側)

G(後内側), H(後中央), I(後外側)

Normal pattern: N pattern Reverse pattern: R pattern Crossover pattern: C pattern