

下顎枝矢状分割術後の咀嚼運動が歯列形態および下顎頭位の安定性に及ぼす影響

日本大学大学院松戸歯学研究科 歯学専攻

佐藤 輝太

(指導：小方 頼昌 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)

Effect of Chewing Patterns on Dental Arch Dimensions and Condylar Head Position after
Sagittal Split Ramus Osteotomy

International Journal of Oral-Medical Sciences, 20: 4, 2021 (in press)

(副となる参考論文)

The Effects of Chewing Exercises on Masticatory Function after Surgical Orthodontic
Treatment

Applied Sciences, 2021, 11, 8488

[ABSTRACT]

【Introduction】

Skeletal mandibular prognathism can lead to masticatory disturbance. In previous studies of skeletal mandibular prognathism, the proximal bone fragment of mandibular changes positions early after Sagittal split ramus osteotomy (SSRO). Also, it has been reported that differences in the remodeling of the mandibular head surface due to changes in chewing pattern and differences in chewing pattern before and at 6 months after SSRO compared to before surgery. In addition, it has been reported that Increase in masticatory efficiency and maximal occlusal force by postoperative chewing exercises. However, there are few reports on chewing pattern, Dental arch dimensions, and Condylar head position after dynamic orthodontic treatment, and the effects of early postoperative chewing exercises. Therefore, the aim of this study was to clarify the chewing pattern, dental stability and condylar head position change after orthognathic treatment, and the effect of early postoperative chewing exercises. This study was divided into two parts, Study 1 of Effect of Chewing Patterns on Dental arch dimensions and Condylar Head Position after Sagittal Split Ramus Osteotomy and Study 2 of The Effects of Chewing Exercises on Masticatory Function after Surgical Orthodontic Treatment. Each part was conducted separately.

【Materials and Methods】

The Gnatho-Hexagraph III (GC corporation, Tokyo) was used to measure masticatory movement. The chewing patterns was classified as Normal pattern (N pattern), Reverse (R pattern) or Crossover (C pattern). 3D digital scanner was used to obtain 3D data of dental models to measure the dental arch dimensions of the upper and lower, and computed tomography was used to measure the positional changes of the condylar head of mandibular. In Study 1, 10 patients (mean age: 26 years and 10 months) of skeletal class III ($ANB < 1.0^\circ$) were divided into two groups: N pattern and R&C pattern of masticatory pattern at least 2 years after the end of orthodontic

treatment during the retention period (T2). Then, Changes in dental arch dimensions and condylar head position in the upper and lower dental arch dimensions using the Wilcoxon rank sum test. In study 2, masticatory function was measured in 19 skeletal class III ($ANB < 1.0^\circ$) subjects (mean age: 27 years and 10 months) and 10 skeletal class III control subjects (mean age: 31 years and 9 months) before SSRO and 6 months after SSRO.

【Results】

The R&C pattern was maintained in 60% of the patients during more than 2 years retention period. In the dental arch dimensions, the maxillary irregularity index of R&C pattern showed a significantly larger than N pattern after more than 2 years of retention. In the condylar position, the upper distance, between the condylar position and mandibular fossa of R&C pattern was significantly smaller than the standard value. Chewing Exercises after SSRO changed the chewing pattern to N pattern from R&C pattern in 60% of the patients, however 21% of the patients in the control group did not change chewing pattern.

【Conclusion】

N pattern is related to the long-term stability of dental arch dimensions and condylar position, and N pattern could be obtained by chewing exercise. These results suggest that chewing exercises after SSRO leads to long-term stability of the dental arch dimensions after orthodontic treatment with SSRO.

【緒 言】

矯正歯科治療では、骨格性下顎前突者の不正咬合に対して、咀嚼機能の回復を目的とした外科的歯科矯正治療の一つである下顎枝矢状分割術 (Sagittal Split Ramus Osteotomy; 以下 SSRO) が多く施行されている¹⁻³⁾。しかし、SSRO 後にいくつかの後戻りについての報告がみられる。Eggensperger ら⁴⁾は、下顎の後退量の 14%が下顎骨の前方への後戻りを認めたと報告している。また、長期保定期間時に下顎前歯部の唇側傾斜⁵⁾や Irregularity index の増加⁶⁾を認めたと報告しているものもある。Imamura⁷⁾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報告している。また、Okada ら⁸⁾は、咀嚼運動によって下顎頭のリモデリングに違いが認められたと報告している。Kubota ら⁹⁾は、下顎前突症の手術後に咀嚼運動は正常に変化するが、術前の咀嚼運動は術後の咀嚼運動に影響があると報告している。また、Kato ら¹⁰⁾は、SSRO 後の咀嚼トレーニングは咀嚼能率および最大咬合力が改善することを示唆した。一方、Proffit ら¹¹⁾は動的矯正治療後の保定期間は少なくとも 12 か月間を行う必要があるとしている。本研究では、長期間の保定患者の追跡が困難なため、保定期間 2 年以上を長期保定期間として行った。

このように SSRO 後の評価について数多くの研究が行われているが、長期保定期間中の歯列形態および下顎頭の位置関係を咀嚼運動別に比較検討した報告は少なく、さらに咀嚼トレーニングを実施した際の近位骨片の位置変化および咀嚼機能について調査した報告は見られない。

そこで本研究 1 では、SSRO 後の咀嚼運動パターンと歯列形態および下顎窩に対する下顎頭の位置関係の長期的変化について、研究 2 では SSRO 後の咀嚼トレーニングが咀嚼運動、咀嚼機能および骨片の位置変化に及ぼす影響について検討した。

【資料および方法】

1. 被験者

研究 1

被験者は、本学付属病院にて外科的矯正治療を受け SSRO を行った患者で保定期間 2 年以上経過時の資料がある 10 名（男性 6 名，女性 4 名，平均年齢 26 歳 0 か月）とした。選定条件は、初診時に撮影をした側面頭部エックス線規格写真分析から骨格性下顎前突（ANB $<$ +1.0°）と診断され外科的矯正治療を受けた患者とした。また、保定装置の条件は、上顎は plate type retainer, 下顎は bonded lingual retainer とした。

研究 2

被験者は、本学付属病院にて外科的矯正治療を受け SSRO を行った患者 29 名とした。咀嚼トレーニング群 10 名（男性 4 名，女性 6 名，平均年齢 27 歳 10 カ月），コントロール群 19 名（男性 10 名，女性 9 名，平均年齢 31 歳 9 カ月）とした。選定条件は、研究 1 と同様に初診時に撮影をした側面頭部エックス線規格写真分析から骨格性下顎前突と診断され外科的矯正治療を受け SSRO を行った患者とした。

研究 1 および研究 2 における計測および分析は計測者の違いに起因する誤差を極力少なくするため全て同一人物が行なった。

研究 1 および研究 2 の除外条件を下記に示す。

- ①矯正治療の既往歴がある，②多数歯に及ぶ補綴物，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，⑤保定期間中に補綴処置をしたもの（研究 2 のみ）

なお、本研究は、日本大学松戸歯学部倫理委員会にて研究倫理の承認を得ている。

（承認番号：研究 1: EC 21-19-18-17-003-03, 研究 2: EC21-20-001-1）

2. 方法

研究 1

頭部エックス線規格写真

研究 1 では初診時および SSRO 後に、側面頭部エックス線規格写真を撮影し、セファロ分析を行った。

咀嚼運動の測定

動的矯正治療終了時（以下 T1）および保定期間 2 年以上経過時（以下 T2y）に計測を行った。測定には、歯科用下顎運動計測器（GnathoHexagraph III, 株式会社ジーシー, 東京）を用いて測定した。測定方法は Suzuki ら¹²⁾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, 株式会社オーラルケア, 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。

咀嚼運動の分類

Suzuki ら¹²⁾の方法に準じて、咀嚼運動を 3 つに分類した。中心咬合位から正中に対して正中に近い内側で開口し、その後外側で閉口するパターンである Normal pattern（以下, N pattern）、閉開口路の位置関係が逆の Reverse pattern（以下, R pattern）、および開閉口路が交叉する Crossover pattern（以下, C pattern）の 3 つとした（Fig. 1）。

歯列形態の計測

Fig. 2 に示すように T1, T2y の上下顎石膏模型それぞれについて、青木ら¹³⁾の方法を用いて、次の 3 項目の計測を行った。①犬歯間幅径: 両側犬歯の遠心接触点間距離, ②大臼歯間幅径: 両側第一大臼歯の中央小窩間距離, ③歯列弓長径: 両側中切歯近心接触点から両側第一大臼歯の中央小窩を結んだ線までの垂直距離, ④Irregularity index: 上下顎前歯部の叢生量を数値化する為に Little の¹⁴⁾の計測方法に基づき、隣接する各前歯部 5 ヶ所 (左側犬歯と左側側切歯の水平的距離 (A), 左側側切歯と左側中切歯の水平的距離 (B), 両側中切歯の水平的距離 (C), 右側中切歯と右側側切歯の水平的距離 (D), 右側側切歯と右側犬歯の水平的距離 (E)) を解剖学的接触点間の水平距離を計測し、その合計 (A+B+C+D+E) を Irregularity index とした (Fig. 3)。

①, ②, ③の計測は、デジタル 3D-Scanner (MAESTRO 3D, 安永コンピュータシステム株式会社, 福井) を用いて口腔模型を Stereolithography (以下 STL) 形式データにし、得られた STL 形式データを 3D 解析ソフト (Body-Rugle, 株式会社メディックエンジニアリング, 京都) を使用し、大臼歯間幅径、犬歯間幅径と歯列長径を計測した。

④の計測は、STL データでは近接した部位の計測が不可能なため、電子デジタルノギス (MAX-CAL, 株式会社ミットヨ, 神奈川, 最小メモリ 0.01mm) を用いて計測した。計測は最初に計測した日から 1 か月後に同一の術者がブラインド下で 2 回目の計測を行い、平均値を使用した。

顎顔面 3D-CT 像

顎顔面 3D-CT 像の撮影

T2y 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, キヤノンメディカルシステムズ株式会社, 栃木) を用い、撮影条件は管電

圧 120 kV, 感電流 100 mA, Field of view 240mm×240mm, スライス厚 1mm 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。咬合は中心咬合位, 口唇は緊張しない程度に閉じた状態で撮影した。

下顎窩に対する下顎頭の位置計測

下顎頭の位置計測に CT 断層データを DICOM ビューアソフトウェア (OsiriX, 有限会社 ニュートン・グラフィックス, 北海道) を用いて STL 形式のデータに変換し計測を行った。下顎窩に対する下顎頭の位置の計測には Arieta-Miranda ら¹⁵⁾の方法を用いて行った。また, 下顎頭の位置の分析は, Ricketts¹⁶⁾が報告した解剖学的なランドマークを使用し, Anterior distance (Ca-EI) , Upper distance (Cs-GI) , posterior distance (Cp-PI) (Fig. 4) の計測を行った。

統計方法

計測値の比較を行うため, 患者を N pattern 群と R&C pattern 群 (R pattern と C pattern の患者) の 2 グループに分け, 統計的有意差検定を行った。T1 から T2y における歯列形態の変化, および T2y の下顎窩に対する下顎頭の位置関係を咀嚼運動パターン群間で比較検討した。統計ソフト (SPSS statistics for Windows version 28, International Business Machines Corporation, NY) を用いて行った。Shapiro-Wilk 正規性検定により, 各群の標本分布の正規性を確認した。Wilcoxon rank-sum test を使用し, 有意水準は $P < 0.05$ とした。

研究 2

頭部エックス線規格写真

研究 1 に準じて側面頭部エックス線規格写真を撮影行った。研究 2 の分析では、直線距離である Overbite, Overjet の計 2 項目、角度である SNA, SNB, ANB, FMIA, Interincisal angle, IMPA, FMA, SN to U1 の計 8 項目とした (Fig. 5)。

咀嚼運動の測定

SSRO 前 (以下 T0) および SSRO 後 6 か月時 (以下 T6m) に、咀嚼運動パターンの測定を行った。測定方法は研究 1 に準ずる。さらに、研究 2 では咀嚼運動を数値化するため、咀嚼経路幅と咀嚼時の最大開口量を計測した。咀嚼経路幅の分析は、根岸ら¹⁷⁾の方法を参考に咀嚼開始後第 5 ストロークから第 14 ストロークまでの計 10 ストロークを対象として付属のソフトを用いて分析を行った。Fig. 6 に示す平均咀嚼経路の分割点について、便宜的に咬頭嵌合位を Level 0, 最大開口位を Level 10 と定めて、Level 1 から Level 9 にそれぞれ相当する開口路から閉口路までの距離を求め、それらの平均値を前頭面における咀嚼経路幅とした。咀嚼時の開口量は、咀嚼運動経路と同様のストロークを使用し、咬頭嵌合位から最大開口位までの平均距離を咀嚼時の開口量とした。

咀嚼運動の分類

研究 1 に準じて咀嚼運動の分類を行った。

顎顔面 3D-CT 像

顎顔面 3D-CT 像の撮影

T0 と T6m に撮影を行った。撮影方法は、研究 1 に準ずる。

顎顔面 3D-CT 像の構築

得られた CT 断層データを DICOM ビューアソフトウェア (OsiriX, 有限会社 ニュー
トン・グラフィックス, 北海道) を用いて STL 形式のデータに変換し, 3 次元画像ボリ
ュームレンタリングソフトウェア (Artec Studio 9, 株式会社スリー・ディー・エス, 東
京) 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。

基準座標系の設定

STL 形式の三次元画像データは 3D 解析ソフト (Body-Rugle, 株式会社メディックエ
ンジニアリング, 京都) 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, axial
plane 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. 7 a)。

近位骨片の位置変化量の計測

測定方法は Imamura⁷⁾の方法に基づき行った。3D 解析ソフト (Body-Rugle, 株式会
社メディックエンジニアリング, 京都) 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. 7 b)。さらに axial plane において蝶形骨の基部から蝶形骨

斜台の midpoint 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. 7 c)。

咀嚼トレーニング

SSRO 後 3 か月時に正常な咀嚼運動の特徴をプリントおよび動画にて説明し, 咀嚼トレーニングを開始した。トレーニングには, チューインガム (NOTIME, 株式会社ロッセ, 東京) を使用し, 5 分間のトレーニングを 1 日 2 回行い, T6m まで 3 か月間行った。また, 月に 1 回来院時に咀嚼トレーニングの達成状況を確認するため, チェックシートに食事とトレーニングの記録を行った。

咀嚼機能の計測

T0 と T6m に以下の咀嚼機能の計測を行った。

咬合力: 咬合力測定器 (オクルーザルフォースメーターGM10, 株式会社長野計器, 東京) により各 3 回計測し, 中央値を記録した。

口唇閉鎖力: 口唇閉鎖力測定器 (Lip De Cum LDC-110R®, 株式会社コスモ計器, 東京) を使用した。測定は, センサー上にリップホルダーを置いて行った。FH 平面が床と平行に座った状態で測定を行い, 最大限の力で閉じるように指示を行った。各 3 回計測し, 中央値を記録した。

舌挙上圧: 舌挙上圧測定器 (TPM-01, 株式会社ジェイ・エム・エス, 広島) を使用した。口唇が閉じた状態でバルーンが舌と口蓋前方部に位置づくようにシリンダーを持つように指示をした¹⁸⁾。各 3 回, バルーンを口蓋に 7 秒間押し当て, 中央値を記録した。

統計方法

咀嚼機能, 近位骨片の変位量および咀嚼運動パターンの変化について, 被験者群間および測定時点間で計測値を比較検討した。統計ソフト (JMP14 Statistical Discovery, SAS Institute Inc, State of North Carolina) を用いて行った。Shapiro-Wilk 正規性検定により, 各群の標本分布の正規性を確認した。咀嚼機能および近位骨片の変位量では Wilcoxon rank-sum test を使用した。また, 咀嚼運動パターンの変化では Fisher's exact test を使用し, 有意水準は $P < 0.05$ および $P < 0.01$ とした。

【結 果】

研究 1 : 保定期間中の長期安定性について

咀嚼運動パターンの変化

咀嚼パターンの変化について, T1 では 5 名が N pattern, 5 名が R&C pattern を示した。T2y では R&C pattern から N pattern に 2 名が変化し, N pattern は合計 6 名, N pattern から R&C pattern に 1 名が変化し, R&C pattern は合計 4 名となった。(Fig. 8)

模型計測

各計測項目の T1 から T2y への咀嚼パターン別の計測値を Table 1 に, それらの変化量を Table 2 に示した。

犬歯間幅径の変化量では T2y で N pattern のものは $-0.4 \sim +0.4 \text{mm}$ と大きな変化を認めなかった。また, T2y で R&C pattern を示しているものは症例 1 を除いて, $-0.3 \sim +0.3 \text{mm}$ と大きな変化は認めなかった。T1 で N pattern から T2y で R&C pattern へと変化した症例 1 は上顎犬歯間幅径で -1.1mm の後戻りを認めた。大臼歯間幅径の変化量では, T2 で N pattern のものは $-0.5 \sim +0.5 \text{mm}$ の変化量であり, T2y で R&C pattern を示したものは $-1.3 \sim +1.6 \text{mm}$ と N pattern に比べ変化量が大きい傾向であった。歯列弓長径の変化量では, T2y で N pattern のものは $-0.4 \sim +0.2 \text{mm}$ の変化量であり, T2y で R&C pattern を示した

ものは $-0.6\sim+0.9\text{mm}$ と N pattern に比べ変化量が大きい傾向であった。Irregularity index の変化量では, T2y で N pattern のものは $+0.1\sim+0.5\text{mm}$ の変化量であり, T2y で R&C pattern を示したものは $+0.2\sim+1.2\text{mm}$ と N pattern に比べ変化量が大きい傾向であった。また, T2y での N pattern と R&C pattern 別の各計測項目の変化量を統計学的に比較したところ, 上顎の Irregularity index において R&C pattern が有意に大きい結果となった。(Table 3)

下顎窩に対する下顎頭の位置の変化

T2y の下顎窩に対する下顎頭の位置関係を咀嚼運動パターン別で比較を行った (Table 4)。N pattern では R&C pattern と比較し Anterior distance では, 下顎窩と下顎頭の距離に大きな差はなかった。Upper distance では, N pattern に大きい傾向があった。Posterior distance では N pattern と R&C pattern で差は認められなかった。また, T2y での N pattern と R&C pattern 間での比較では, Upper distance において R&C pattern が有意に小さい傾向となり表に示す基準値¹⁵⁾から N pattern より離れた結果となった (Table 5)。

研究 2 : 咀嚼トレーニングが咀嚼機能に与える影響

頭部エックス線規格写真

下顎の平均後退量は咀嚼トレーニング群で $5.8\text{mm} \pm 4.2\text{mm}$, 対象群で $6.2 \pm 5.2\text{mm}$ で, 左右差は 2.0mm 以下であった。T6m における平均 ANB 角度は両群に有意差は認められなかった (Table 6)。

咀嚼機能の分析

T0 と T6m で咀嚼機能の分析および比較を行った (Table 7)。咀嚼運動パターンは, T0 から T6m において咀嚼トレーニング群では 60%, 対象群では 21%の患者が N pattern に有意に変化した (Fig. 9, Table 8)。咀嚼トレーニング群の咀嚼経路幅はコントロール群

と比較して有意に増加を示した。咀嚼機能では、最大咬合力において咀嚼トレーニング群がコントロール群と比較して有意に増加が認められた。口唇閉鎖力および舌挙上圧では有意差は認められなかった。

近位骨片および下顎頭の位置変化の測定

咀嚼トレーニング群における SSRO 後の近位骨片の T0 から T6m への変位を示す (Table 9)。Lp は外側, 上側, 前側に 0.1 ずつ, Cp は外側, 上側に 0.1mm, 前側に 0.2mm ずつ, An は外側に 0.1mm, 上側に 0.6mm, 後方に 0.5mm 変化した。また, 各測定値は, コントロール群との間に有意差は認められなかった。

【考 察】

保定期間中の長期安定性について, T1 から T2y にかけて, N pattern の患者の割合が増加した。この結果は, Okada ら⁸⁾同様に, SSRO による形態の改善により, 咀嚼運動パターンが正常に戻ったことを示唆している。

T2y において, N pattern は R&C pattern と比較し, 大臼歯間幅径, 歯列長径および Irregularity index の変化量が少ない傾向が見られた。根岸ら¹⁷⁾は, 成長期に側方成分の強いライディングタイプの咀嚼運動を行うことで, 下顎大臼歯が頰側に直立すると報告しており, 咀嚼運動と大臼歯間幅径には関係がある。本研究の大臼歯間幅径の結果では R&C pattern と比較し N pattern は後戻り量が少ない傾向となった。これらの結果から, N pattern が SSRO 後の大臼歯の正常被蓋および傾斜を維持することで, 大臼歯間幅径の変化量が少ない結果となったと考えられる。また, Little¹⁹⁻²⁰⁾は正常骨格者における矯正治療後の変化として, 歯列長径の減少が報告されている。しかし, 本研究での歯列長径の結果では, 10 名のうち上顎で 4 例, 下顎で 6 例の歯列長径が増加しており, 正常骨格者の矯正治療後の変化と異なっていた。これらは, SSRO を行った骨格性下顎前

突症に特有の形態変化と考えられる。

下顎頭と下顎窩の位置関係は、R&C pattern と比較し、N pattern では適切な距離を保つ傾向があった。下顎骨の前後方向の変化は、術後 6 か月から 1 年の間に安定することが報告されている^{4,21-22)}。そこで、本研究では、下顎の前後方向の変化が安定していると考えられる T2y において、下顎頭位の分析を行った。田中²³⁾は、顎関節に異常を認めない不正咬合者の下顎頭位を側方関節エックス線規格写真により検討をし、その中で Angle Class III の下顎頭位は正常咬合群より前後的偏位が大きかったとし、咀嚼系機能障害を引き起こす可能性が高いと報告している。そのため、術後の下顎頭位と咀嚼運動パターンの関連性について検討を行った。Arieta-Miranda ら¹⁵⁾は、正常な骨格の患者における下顎頭と窩との距離は、Anterior distance が $2.4 \pm 0.5\text{mm}$ 、Upper distance が $3.0 \pm 0.6\text{mm}$ 、Posterior distance が $6.7 \pm 1.0\text{mm}$ と報告している。これを基準値として参考にすると、本研究では、N pattern が基準値内に収まっている割合は、Anterior distance, Upper distance, Posterior distance の各距離それぞれ 83%, 50%, 33%であった。また、R&C pattern が基準値内に収まっている割合は、Anterior distance, Upper distance, Posterior distance とともにそれぞれ 0%, 0%, 25%であった。N pattern で基準値内のものが多い結果となったのは、Imamura⁷⁾が報告している SSRO 後の下顎頭の外上方および内方回転、および Okada ら⁸⁾が報告している咀嚼運動パターンによる下顎頭表面のリモデリングの違いによるものではないかと考えられる。症例 8, 9 では、年齢が高くなっていたが、歯列形態や下顎頭位に顕著な変化は見られなかった。また、抜歯症例と非抜歯症例の数にも顕著な変化は見られなかった。これらの結果は、症例数が増えると異なる可能性がある。

これらの結果から、N pattern は、術後の歯列の形態や、下顎窩に対する下顎頭位の安定性に関係していると考えられる。

咀嚼トレーニングが咀嚼機能に与える影響について、skeletal Class III の SSRO 患者を

対象に、咀嚼トレーニングを用いた群とコントロール群で、咀嚼運動パターン、咀嚼機能および SSRO 時の近位骨片の位置変化を評価した。

Kato ら¹⁰⁾は、SSRO 後に咀嚼トレーニングを行うことで咀嚼運動、咀嚼能率および咬合力が改善することを示唆している。また、Herder ら²⁴⁾は SSRO で下顎を後退させることで咀嚼筋の活動が改善すると報告している。さらに、Ferrario ら²⁵⁾は咬合接触の改善が起きることで咬合力が増加することも報告されている。また、本講座の先行研究では、子供に咀嚼トレーニングを行うことで咀嚼運動パターンの変化および咀嚼機能の増加を促進することが示唆されている¹⁷⁾。本研究の結果においても、先行研究と類似した結果となった。咀嚼トレーニングを行った群の咀嚼運動パターンの変化では、60%のものが N pattern に有意に変化をしていた。しかし、40%のもので R&C pattern が認められた。この R&C pattern のものには、さらに長期的な咀嚼トレーニングかより厳しい咀嚼トレーニングが必要ではないかと示唆された。コントロール群では 21%の患者で N pattern に変化をしていた。これは、形態変化による自然な適応が起きたと考えられる。咀嚼トレーニングにより改善の有効性を確認するためには、より長期間の経過が必要と考えられる。

Okada ら⁸⁾は SSRO 後に咀嚼経路幅が広い咀嚼運動パターンをもつ患者は下顎頭表面のリモデリングが起きていることを示唆している。これは SSRO によって近位骨片の位置変化に適応するためのリモデリングであることが考えられる。本研究の結果から咀嚼トレーニングを行った群はコントロール群と比較し N pattern への変化が有意に多かった。また、本研究 2 では Okada ら⁸⁾の報告より近位骨片の変化量が少なかったが同様の変化が認められた。また、近位骨片の位置変化では、コントロール群と比較し、咀嚼トレーニング群では、移動量の少ない傾向がみられたことから、咀嚼トレーニングが近位骨片の位置変化に影響を与えた可能性が示唆された。

これらの結果から、咀嚼トレーニングが近位骨片の位置および咀嚼運動パターンの

改善に有効であることが示唆された。しかし、今後患者数を増やし、さらに長期にわたり経過を調べる必要がある。

【結 論】

SSRO を施行した患者では、動的矯正歯科治療終了後から保定期間 2 年以上経過時にかけて、N pattern, R&C pattern の患者双方で、半数以上が咀嚼運動パターンを維持していた。また、保定期間 2 年以上経過時に、R&C pattern 群では、前歯部叢生の指標である上顎の Irregularity index が N pattern 群より有意に大きな値を示す後戻りの傾向を認め、下顎頭位の位置変化に関して R&C pattern 群では Upper distance が N pattern 群より有意に小さく正常範囲を外れる傾向を示した。一方、SSRO の 6 か月後において、咀嚼運動が R&C pattern の患者は、咀嚼トレーニングを行うことで、行わなかった群に比較して、N pattern に変化した患者の割合が有意に多くなり、咀嚼時開口量や咬合力が有意に増加した。これらのことから、SSRO 後の咀嚼トレーニングは、咀嚼運動パターンや咀嚼機能の改善と共に、SSRO を伴う矯正治療後の歯列の長期安定につながることを示唆された。

【文 献】

- 1)小林正治, 齊藤力, 井上農夫男, 他: 本邦における顎変形症治療の実態調査, 日本顎変形症学会誌, 18(4): 237-250, 2008.
- 2)成田亜希子, 大塚雄一郎, 久保迪, 他: 明海大学病院矯正歯科における過去 10 年間の外科的矯正治療の検討, 日本顎変形症学会誌, 23(3): 181-190, 2013.
- 3)鈴木剛史, 川元龍夫, 山田大輔, 他: 東京医科歯科大学顎顔面矯正学分野における 30 年間の顎変形症治療に関する検討, 日本顎変形症学会誌, 20(3): 220-227, 2010.
- 4)Eggersperger N, Raditsch T, Taghizadeh F, Iizuka T: Mandibular setback by sagittal split ramus osteotomy: a 12-year follow-up. Acta Odontol Scand, 63: 183-188, 2005.

- 5)岩見優子, 山田哲郎, 丹根一夫: 下顎枝矢状分割術を受けた下顎前突患者における顎顔面形態の長期変化と咬合の安定, 日本顎変形症学会誌, 6(1): 21-31, 1996.
- 6)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.
- 7)Imamura R: Assessment of the Position and Morphology of the condylar Head of Mandible after Sagittal Split Ramus Osteotomy: A postoperative Comparative Study from 1 to 6 Months. J Oral-Med Sci 14: 139-151, 2017.
- 8)Okada H, Suzuki Y, Imamura R, et al.: The relationship between chewing patterns and displacement of the proximal bone fragment and morphological changes in condyle after sagittal split ramus osteotomy. IJOMS, 18: 332-343, 2020.
- 9)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.
- 10)Kato K, Kobayashi T, Kato Y, et al.: Changes in Masticatory Functions after Surgical Orthognathic Treatment in Patients with Jaw Deformities: Efficacy of Masticatory Exercise Using Chewing Gum. J. Oral Maxillofac. Surg. 24: 147-151, 2012.
- 11)Proffit WR, Fields HW, Sarver DM: Contemporary orthodontics, 4th ed, 2007, St Louis, Mosby, USA.
- 12)Suzuki Y, Saitoh K, Imamura R, Ishii K, Negishi S, Yamaguchi M, Imamura R, Kasai K: Relationship between molar occlusion and masticatory movement in lateral deviation of the mandible. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 151: 1139-1147, 2017.
- 13)青木敦, 中尾誠, 高木省三, 他: 不正咬合の顎顔面に関する形態学的研究(第 1 報)歯冠幅径, 歯列弓および歯槽弓に関して, 歯科学報, 79(9): 1861-1874, 1979.
- 14)Little RM: The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. Am J Orthod, 68(5): 554-563, 1975.
- 15)Arieta-Miranda JM, Silva-Valencia M, Flores-Mir C, et al.: Spatial analysis of condyle

- position according to sagittal skeletal relationship, assessed by cone beam computed tomography. *Prog Orthod*, 14: 36-45, 2013.
- 16) Ricketts RM: Various conditions of the temporomandibular joint as revealed by cephalometric laminagraphy, *Angle Orthod*, 22(2): 98-115, 1950.
- 17) 根岸慎一, 林亮助, 斎藤勝彦, 他: 硬性ガムトレーニングが混合歯列期児童の咀嚼運動および第一大臼歯植立に与える影響, *Orthodontic waves*, 69(3): 156-162, 2010.
- 18) Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, et al.: A Novel Handy Probe for Tongue Pressure Measurement. *Int. J. Prosthodont*. 15: 385-388, 2002.
- 19) Little, R. M., Wallen, T. R. and Riedel, R. A.: Stability and relapse of mandibular anterior alignment-first premolar extraction case treated by traditional edgewise orthodontics, *Amer. J. Orthodont*, 80: 349-365, 1981.
- 20) Little, R. M. Riedel, R. A. and Artun, J.: An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention, *Amer. J. Orthodont.*, 93: 423-428, 1988.
- 21) Mizuno H, Morita S, Sasakura H, Hanada K: A long-term study on dentofacial changes after sagittal splitting osteotomies in skeletal Class III malocclusions [in Japanese]. *Nihon Kyosei Shika Gakkai Zasshi*, 49: 497-510, 1990.
- 22) Yamashita Y, Otsuka T, Shigematsu M, Goto M: A long-term comparative study of two rigid internal fixation techniques in terms of masticatory function and neurosensory disturbance after mandibular correction by bilateral sagittal split ramus osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 40: 360-365, 2011.
- 23) 田中繁: 不正咬合者の顎頭位に関する研究. *歯科学報*, 73: 390-419, 1985.
- 24) Harzer, W.; Worm, M.; Gedrange, T.; Schneider, M.; Wolf, P. Myosin Heavy Chain mRNA Isoforms in Masseter Muscle before and after Orthognathic Surgery. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 104: 486-490, 2007.

25) Ferrario, V.F.; Serrao, G.; Dellavia, C.; Caruso, E.; Sforza, C. Relationship between the Number of Occlusal Contacts and Masticatory Muscle Activity in Healthy Young Adults. *Cranio*, 20: 91-98, 2002.

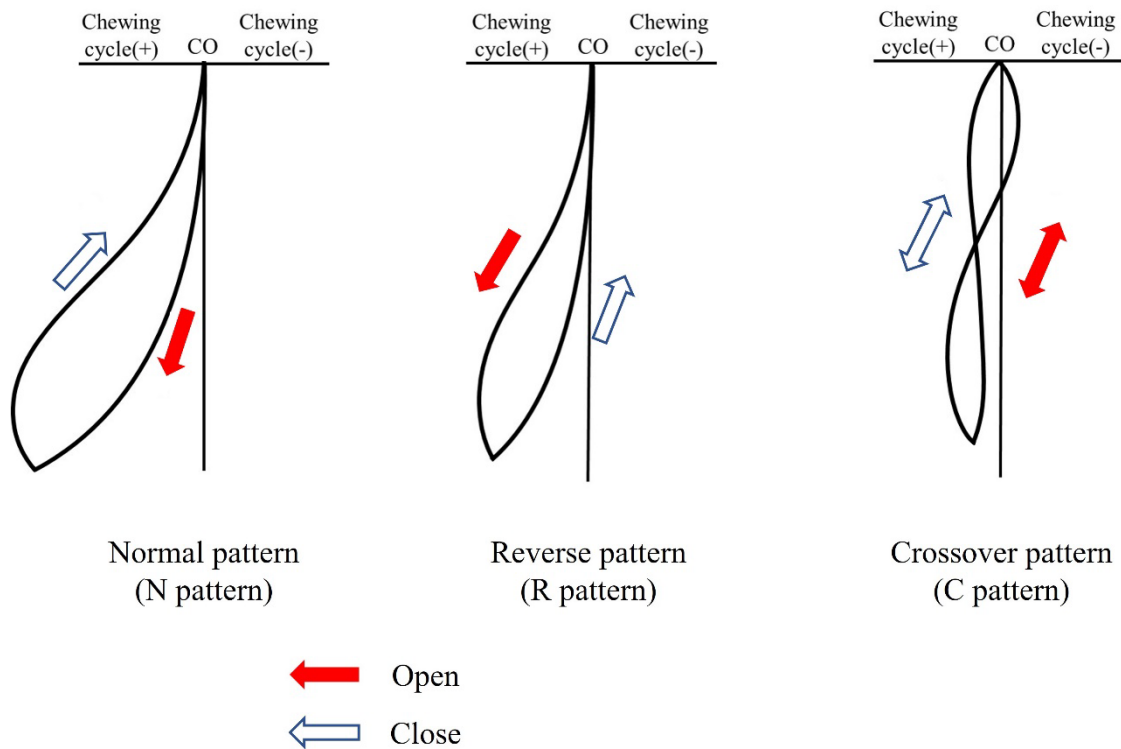


Fig. 1 咀嚼運動パターンの分類 (Gnatho-Hexagraph III)

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: 咀嚼運動路が狭く、さらに交叉するパターン

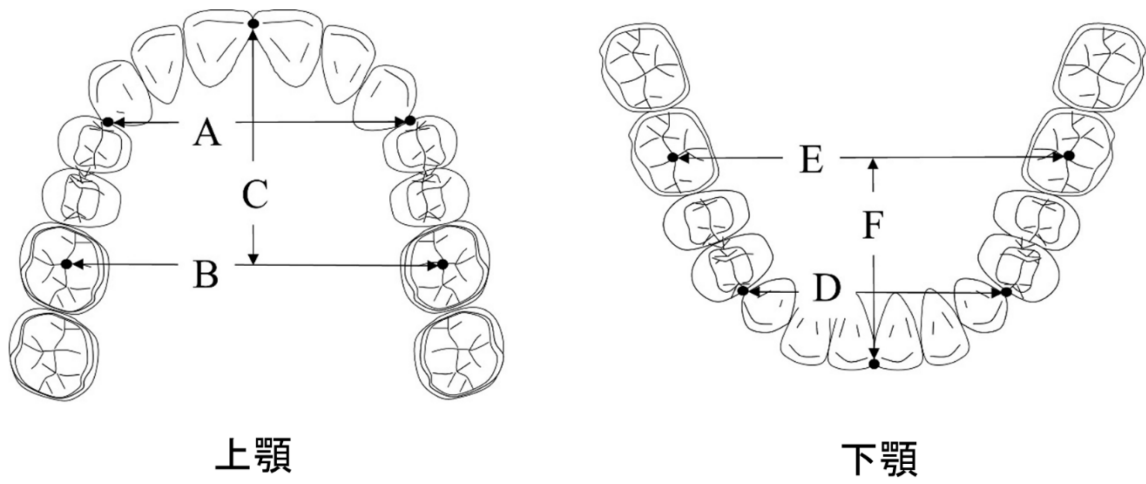


Fig. 2 幅径および歯列長径の計測 (STL データにて計測)

- A: 上顎犬歯間幅径
- B: 上顎大白歯間幅径
- C: 上顎歯列長径
- D: 下顎犬歯間幅径
- E: 下顎大白歯間幅径
- F: 下顎歯列長径

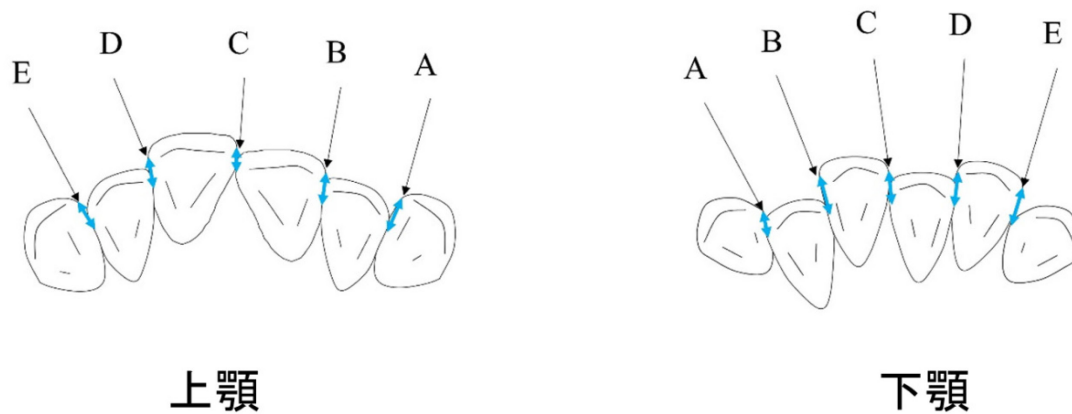


Fig. 3 Irregularity index の計測（口腔模型にて計測）

$$\text{Irregularity index} = A + B + C + D + E$$

- A: 左側犬歯と左側側切歯の水平的距離
- B: 左側側切歯と左側中切歯の水平的距離
- C: 両側中切歯の水平的距離
- D: 右側中切歯と右側側切歯の水平的距離
- E: 右側側切歯と右側犬歯の水平的距離

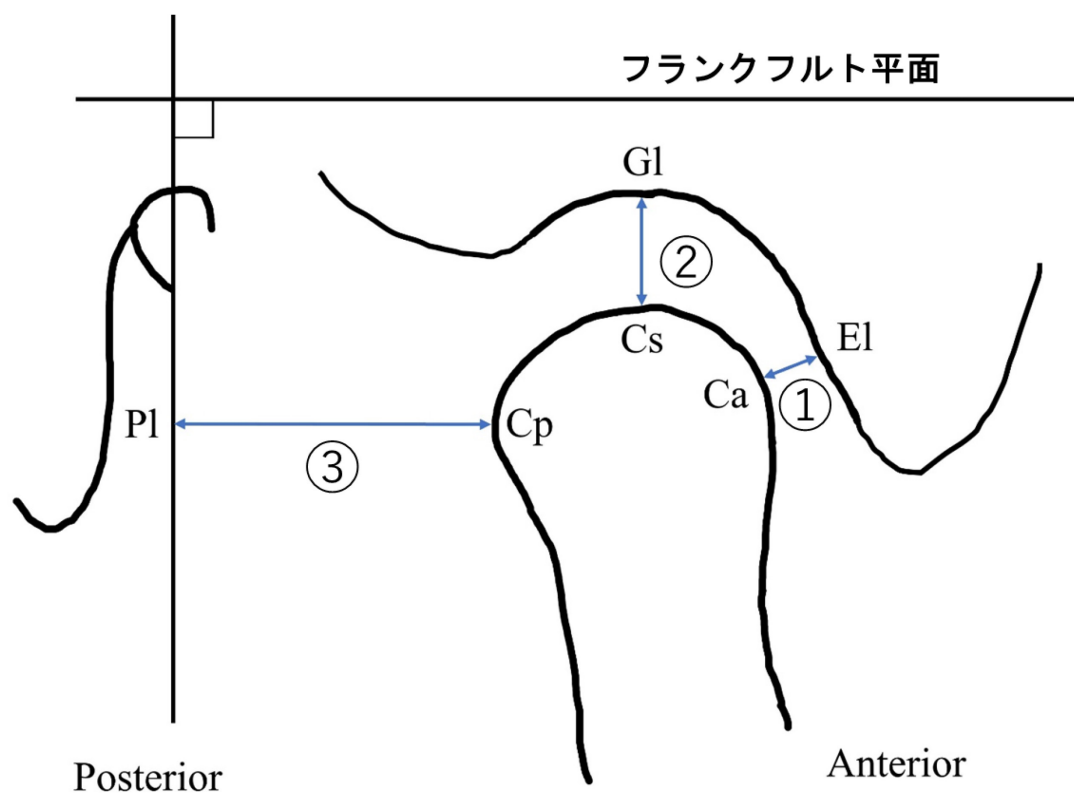


Fig. 4 下顎頭位の解析のための基準点および計測部位 (CT 断層データにて計測)

Cs: 矢状面における下顎頭の最上方点

Gl: 下顎窩の最深点

Cp: 下顎頭の最も後方点

Pl: 外耳道の間中点を通るフランクフルト平面に垂直な線

Ca: 下顎頭の最も前方点

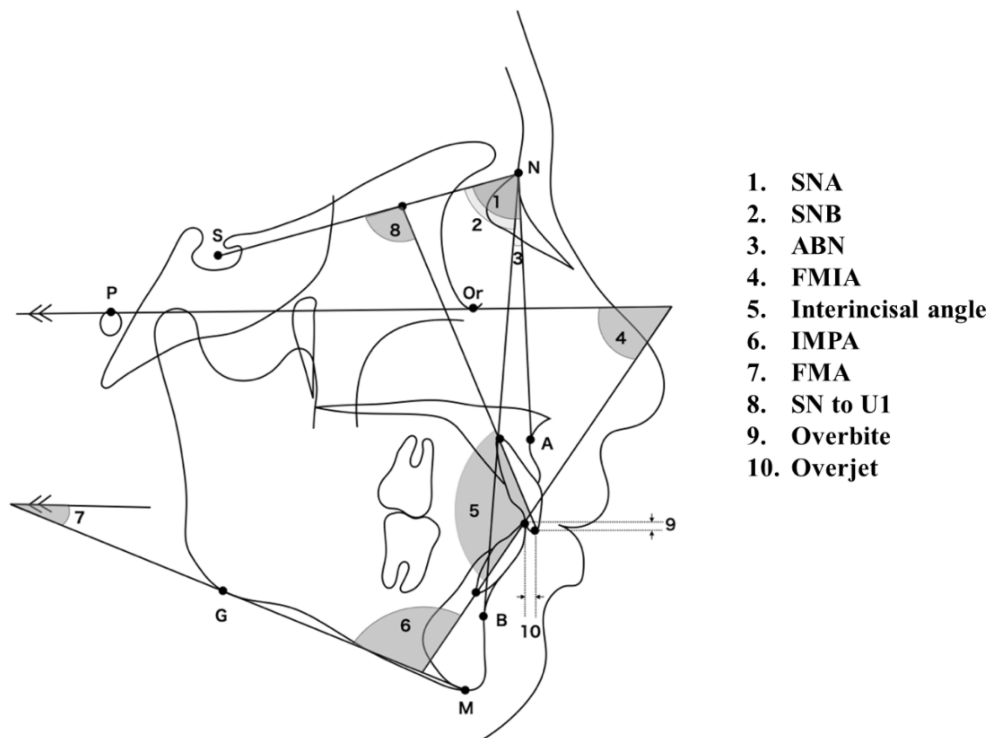
El: Ca から最も近い下顎窩

計測項目

①Ca-El: Anterior distance

②Cs-Gl: Upper distance

③Cp-Pl: Posterior distance



- 1. SNA
- 2. SNB
- 3. ANB
- 4. FMIA
- 5. Interincisal angle
- 6. IMPA
- 7. FMA
- 8. SN to U1
- 9. Overbite
- 10. Overjet

Fig.5 セファロ分析

- 1. SNA (角度), 2. SNB (角度), 3. ANB (角度), 4. FMIA (角度), 5. Interincisal angle (角度),
- 6. IMPA (角度), 7. FMA (角度), 8. U1—SN (角度), 9. Overbite (mm), 10. Overjet (mm).

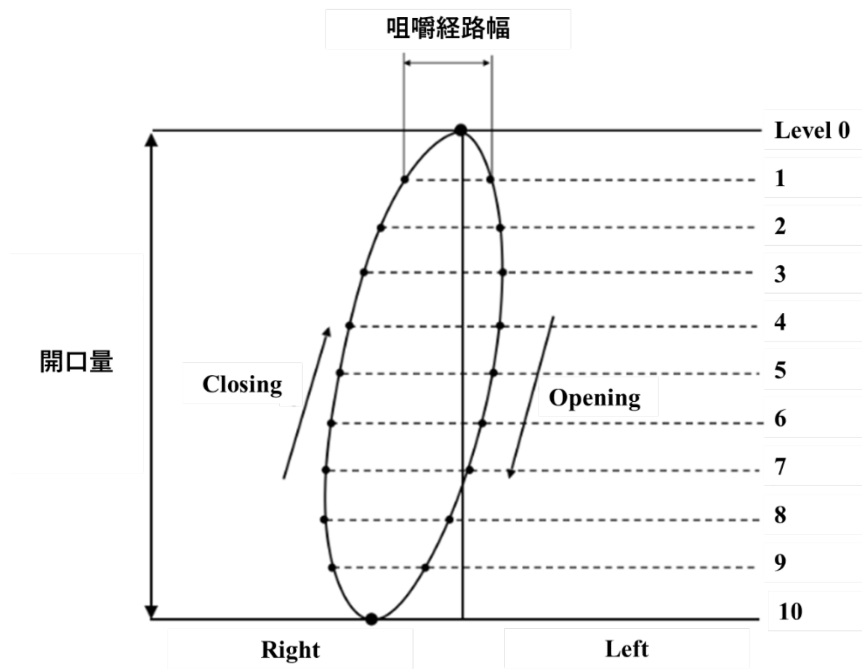


Fig. 6 咀嚼周期の計測 (Gnatho-Hexagraph III)

咀嚼経路の分割点について、便宜的に咬頭嵌合位 level 0, 最大開口位を level 10 と定めて、level 1 から level 9 にそれぞれ相当する開口路から閉口路までの距離を求め、それらの平均値を咀嚼経路幅とした。また、咬頭嵌合位から最大開口位までの平均的距離を開口量とした。

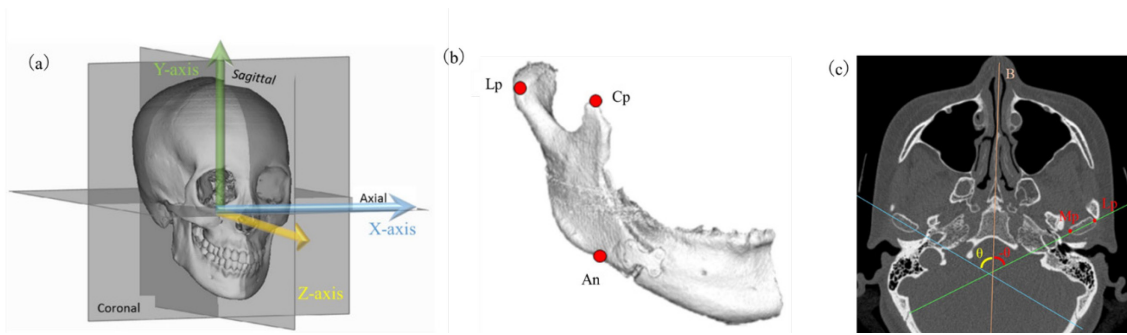


Fig. 7 3D-CT 像の計測

(a) 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。

(b) 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

(c) 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)

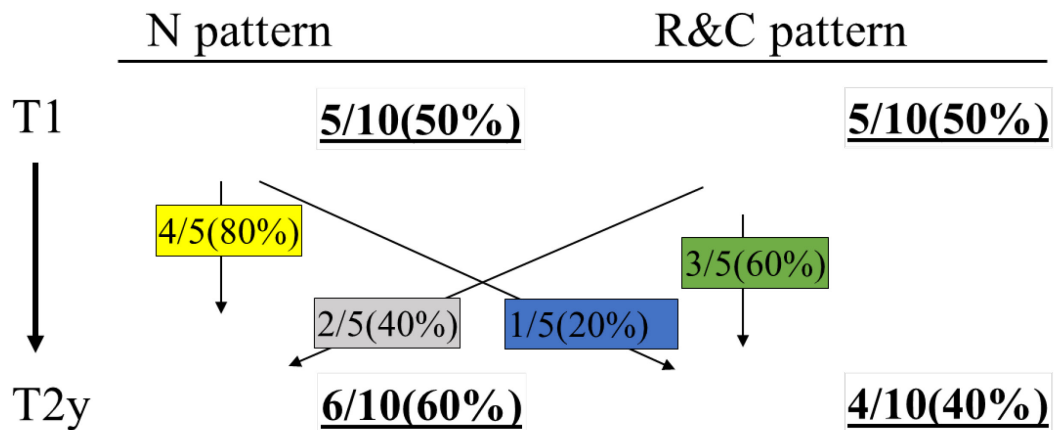


Fig. 8 主咀嚼側における T1, T2y の咀嚼運動パターンの変化

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, straight 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: 咀嚼運動路が狭く、さらに交叉するパターン

R&C pattern: Reverse pattern と Crossover pattern どちらかをもつ患者

T1 : 動的矯正治療終了時

T2y : 動的矯正治療終了後 2 年以上経過した時点

T1 から T2y まで咀嚼パターンの変化別で色を記載

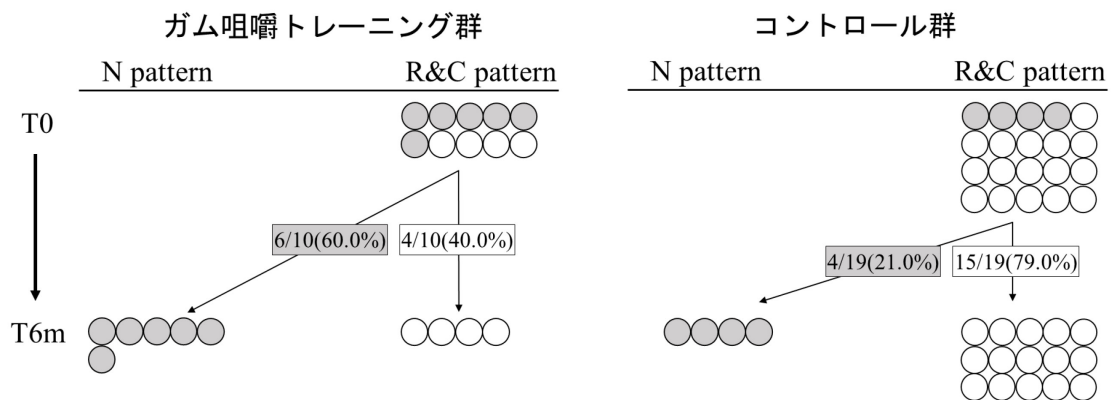


Fig. 9 咀嚼運動パターンの変化

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: 咀嚼運動路が狭く, さらに交叉するパターン

R&C pattern: Reverse pattern と Crossover pattern どちらかをもつ患者

T0: 術前矯正終了時

T6m: 下顎枝矢状分割術後 6 か月時

T0 から T6m まで咀嚼パターンの変化別で色を記載

Table 1 T1 から T2y への咀嚼パターンと模型計測値

咀嚼運動パターン			模型計測															
T1	T2y	Case	犬歯間幅径				大臼歯間幅径				歯列長径				Irregularity index			
			上顎		下顎		上顎		下顎		上顎		下顎		上顎		下顎	
			T1	T2y	T1	T2y	T1	T2y	T1	T2y	T1	T2y	T1	T2y	T1	T2y	T1	T2y
N pattern	N pattern	3	39.9	39.5	31.6	31.5	51.8	51.6	42.0	42.1	29.6	29.6	26.0	25.8	0.9	0.9	0.5	0.5
		5	39.5	39.7	31.0	31.4	49.9	50.3	43.8	44.2	23.3	23.5	26.0	26.1	0.9	1.4	0.7	1.1
		7	39.1	38.9	29.7	29.6	50.2	50.7	44.9	45.3	33.4	33.4	29.7	29.6	1.9	2.1	1.2	1.4
		9	34.6	34.6	31.5	31.2	47.1	47.1	45.6	45.4	26.7	26.4	29.9	30.0	0.4	0.9	0.4	0.8
R & C pattern	N pattern	4	39.2	39.6	32.4	32.1	42.1	41.6	43.5	43.5	26.8	26.7	29.9	30.1	0.7	1.0	1.0	1.2
		10	40.7	40.4	33.7	33.4	47.1	47.1	45.6	45.4	27.6	27.2	29.9	30.0	1.1	1.3	1.3	1.7
N pattern	R & C pattern	1	41.1	40.0	34.2	33.9	49.6	51.2	47.5	47.4	33.1	33.8	30.0	30.9	0.8	1.5	0.2	0.9
R & C pattern	R & C pattern	2	39.4	39.3	31.3	31.6	49.6	51.2	43.1	44.7	31.3	31.6	28.1	28.8	1.0	2.2	1.7	2.3
		6	39.1	38.9	31.4	31.2	39.9	39.5	47.8	46.5	26.4	27.0	28.5	28.4	0.4	1.0	0.3	0.6
		8	38.4	38.5	31.3	31.0	46.8	46.1	42.9	43.7	32.3	31.7	27.1	27.1	0.6	1.8	0.5	1.5

[mm]

N pattern : Normal pattern
 R pattern : Reverse pattern
 C pattern : Crossover pattern
 T1: 動的矯正治療終了時
 T2y: 保定期間2年以上経過時

Table 2 各被験者における T1 および T2y の咀嚼運動パターンと模型計測値の変化量

咀嚼運動パターン			模型計測							
T1	T2y	Case	犬歯間幅径		大臼歯間幅径		歯列長径		Irregularity index	
			上顎	下顎	上顎	下顎	上顎	下顎	上顎	下顎
N pattern	N pattern	3	-0.4	-0.1	-0.2	0.1	0.0	-0.2	0.1	0.1
		5	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0.5	0.4
		7	-0.2	-0.1	0.5	0.4	0.0	-0.1	0.2	0.2
		9	0.0	-0.3	0.0	-0.2	-0.3	0.1	0.5	0.4
R & C pattern	N pattern	4	0.4	-0.3	-0.5	0.0	-0.1	0.2	0.3	0.2
		10	-0.3	-0.3	0.0	-0.2	-0.4	0.1	0.2	0.4
N pattern	R & C pattern	1	-1.1	-0.3	1.6	-0.1	0.7	0.9	0.7	0.7
R & C pattern	R & C pattern	2	-0.1	0.3	1.6	1.6	0.3	0.7	1.2	0.6
		6	-0.2	-0.2	-0.4	-1.3	0.6	-0.1	0.6	0.3
		8	0.1	-0.3	-0.7	0.8	-0.6	0.0	1.1	0.9

[mm]

N pattern : Normal pattern
 R pattern : Reverse pattern
 C pattern : Crossover pattern
 T1: 動的矯正治療終了時
 T2y: 保定期間2年以上経過時

Table 3 T2y における N pattern と R & C pattern の歯列形態の変化量の比較

	N pattern - R & C pattern	
	上顎	下顎
犬歯間幅径	NS	NS
大臼歯間幅径	NS	NS
歯列長径	NS	NS
Irregularity index	*	NS

NS, non-significant. * p < 0.05 Wilcoxon rank sum test

N pattern : Normal pattern
 R pattern : Reverse pattern
 C pattern : Crossover pattern
 T1: 動的矯正治療終了時
 T2y: 保定期間2年以上経過時

Table 4 T2yにおける各咀嚼運動パターンの下顎頭位の計測値および基準値

咀嚼運動パターン	Case	Anterior distance	Upper distance	Posterior distance
N pattern	3	2.2	2.5	8.9
	4	4.8	2.3	7.7
	5	2.0	2.5	8.2
	7	2.0	1.8	9.1
	9	1.9	2.4	7.2
	10	1.9	2.2	11.3
R&C pattern	1	1.7	1.4	5.5
	2	3.3	1.4	9.5
	6	3.0	1.3	9.6
	8	1.5	1.3	6.3
基準値 ⁽¹⁾	Mean ± S.D.	2.4 ± 0.5	3.0 ± 0.6	6.7 ± 1.0

[mm]

(1) Arieta-Miranda JM, Silva-Valencia M, Flores-Mir C, Paredes-Sampen NA, Arriola-Guillen LE.: Spatial analysis of condyle position according to sagittal skeletal relationship, assessed by cone beam computed tomography. Prog Orthod, 14: 36, 2013.

N pattern : Normal pattern

R pattern : Reverse pattern

C pattern : Crossover pattern

T2y: 保定期間2年以上経過時

Table 5 T2yにおけるN pattern と R&C pattern 間の下顎頭位の比較

<u>N pattern - R&C pattern</u>	
下顎頭	
Anterior distance	NS
Upper distance	*
Posterior distance	NS

NS, non-significant. * p < 0.05

Wilcoxon rank sum test

N pattern : Normal pattern

R pattern : Reverse pattern

C pattern : Crossover pattern

T2y: 保定期間2年以上経過時

Table 6 頭部エックス線規格写真の計測値

	咀嚼トレーニング群		コントロール群	
	T0	T6m	T0	T6m
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
角度				
SNA (°)	82.1 ± 3.5	82.2 ± 3.5	80.4 ± 3.5	81.9 ± 3.1
SNB (°)	83.5 ± 4.3	81.1 ± 4.3	80.7 ± 4.1	78.6 ± 3.0
ANB (°)	-1.5 ± 3.1	1.1 ± 2.4	-0.2 ± 3.8	3.2 ± 3.0
FMA (°)	30.1 ± 4.8	30.4 ± 4.8	29.8 ± 4.3	30.2 ± 3.9
FMIA (L1 to MP) (°)	65.8 ± 8.5	67.4 ± 7.4	59.3 ± 9.9	60.0 ± 6.4
IMPA (L1 to MP) (°)	84.2 ± 5.3	82.3 ± 4.7	90.9 ± 9.1	89.7 ± 7.8
U1 to SN (°)	114.9 ± 8.0	112.7 ± 8.9	111.3 ± 8.6	110.3 ± 8.4
Interincisal angle (°)	123.2 ± 7.7	126.1 ± 6.7	117.2 ± 8.1	118.9 ± 8.5
距離				
Overjet (mm)	-0.1 ± 4.9	3.1 ± 1.9	-3.2 ± 3.6	2.6 ± 2.6
Overbite (mm)	0.4 ± 1.5	2.0 ± 1.7	0.8 ± 1.0	2.4 ± 1.3

Wilcoxon rank sum test NS, non-significant. * p < 0.05, ** p < 0.01.

SNA: (S)Sellaと (N)NasionとA点のなす角度

SNB: SとNとB点のなす角度

ANB: SNAとSNBのなす角度

FMA: フランクフルト平面 (OrnitaleとPorionを結ぶ線) と下顎下縁平面 (Mentonから下顎下縁を結ぶ線) のなす角度

FMIA: 顔面平面 (NとPorionを結ぶ線) とフランクフルト平面のなす角度

IMPA: 下顎下縁平面と下顎中切歯歯軸のなす角度

U1: 上顎中切歯歯軸

Interincisal angle: 上下顎中切歯歯軸角

Overjet: 上下顎中切歯の水平的距離

Overbite: 上下顎中切歯の垂直的距離

T0: 術前矯正終了時

T6m: 術後6か月時

Table 7 咀嚼機能の測定値

	咀嚼トレーニング群		コントロール群	
	T0	T6m	T0	T6m
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
角度				
SNA (°)	82.1 ± 3.5	82.2 ± 3.5	80.4 ± 3.5	81.9 ± 3.1
SNB (°)	83.5 ± 4.3	81.1 ± 4.3	80.7 ± 4.1	78.6 ± 3.0
ANB (°)	-1.5 ± 3.1	1.1 ± 2.4	-0.2 ± 3.8	3.2 ± 3.0
FMA (°)	30.1 ± 4.8	30.4 ± 4.8	29.8 ± 4.3	30.2 ± 3.9
FMIA (L1 to MP) (°)	65.8 ± 8.5	67.4 ± 7.4	59.3 ± 9.9	60.0 ± 6.4
IMPA (L1 to MP) (°)	84.2 ± 5.3	82.3 ± 4.7	90.9 ± 9.1	89.7 ± 7.8
U1 to SN (°)	114.9 ± 8.0	112.7 ± 8.9	111.3 ± 8.6	110.3 ± 8.4
Interincisal angle (°)	123.2 ± 7.7	126.1 ± 6.7	117.2 ± 8.1	118.9 ± 8.5
距離				
Overjet (mm)	-0.1 ± 4.9	3.1 ± 1.9	-3.2 ± 3.6	2.6 ± 2.6
Overbite (mm)	0.4 ± 1.5	2.0 ± 1.7	0.8 ± 1.0	2.4 ± 1.3

Wilcoxon rank sum test NS, non-significant. * p < 0.05, ** p < 0.01.

SNA: (S)Sellaと(N)NasionとA点のなす角度

SNB: SとNとB点のなす角度

ANB: SNAとSNBのなす角度

FMA: フランクフルト平面(OrnitaleとPorionを結ぶ線)と下顎下縁平面(Mentonから下顎下縁を結ぶ線)のなす角度

FMIA: 顔面平面(NとPorionを結ぶ線)とフランクフルト平面のなす角度

IMPA: 下顎下縁平面と下顎中切歯歯軸のなす角度

U1: 上顎中切歯歯軸

Interincisal angle: 上下顎中切歯歯軸角

Overjet: 上下顎中切歯の水平的距離

Overbite: 上下顎中切歯の垂直的距離

T0: 術前矯正終了時

T6m: 術後6か月時

Table 8 咀嚼運動パターンの変化

	N patternに変化	R&C patternを維持	合計
咀嚼トレーニング	6 *	4 *	10
コントロール群	4	15	19
合計	10	19	29

Fisher's exact test * p < 0.05

Table 9 T0 から T6m への近位骨片のランドマークと下顎頭長軸角の咀嚼トレーニング群とコントロール群の比較

咀嚼機能	咀嚼トレーニング群		コントロール群	
	T0	T6m	T0	T6m
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
開口量 (mm)	1.7 ± 0.9	3.0 ± 1.3	1.4 ± 1.0	1.2 ± 0.8
咀嚼経路幅 (mm)	15.2 ± 3.6	15.2 ± 5.1	12.0 ± 4.9	12.4 ± 4.6
咬合力 (N)	209.4 ± 98.9	261.5 ± 91.3	204.6 ± 124.0	222.5 ± 144.8
口唇閉鎖力 (N)	11.4 ± 9.4	8.2 ± 3.0	7.6 ± 3.0	8.5 ± 2.8
舌拳上圧 (Kpa)	27.0 ± 6.2	29.0 ± 5.9	22.0 ± 13.2	29.6 ± 9.3

Wilcoxon rank sum test NS, non-significant. * p < 0.05, ** p < 0.01.

T0 : 術前矯正終了時

T6m : 術後6か月時