

前歯部開咬患者に対して行われている歯科矯正用アンカースクリューを用いた治療と外科的矯正治療の顎運動，咀嚼運動の機能評価

藤澤 厚郎

緒言

前歯部開咬とは、咬合時に上顎前歯と下顎前歯の咬合接触と被蓋がない状態と定義されており¹⁾、発音や咀嚼などの機能的な問題や審美的な問題を生じる。前歯部開咬は、歯列不正に起因する歯性の前歯部開咬と、遺伝性も含めた上下顎骨の形態的異常による骨格性的前歯部開咬が挙げられ²⁾³⁾、その特徴は、吸指癖や舌突出癖といった悪習癖を既往としていることが多く、上顎前歯の唇側傾斜、下顎前歯の舌側傾斜が認められる。また、閉唇が困難であることから口呼吸といった習癖も認められ、これに起因して歯肉腫脹が口腔内の特徴として認められ、口腔環境への悪影響も生じる⁴⁾⁵⁾⁶⁾。このような場合、習癖の改善を目的とした一期治療が行なわれ⁷⁾、引き続き二期治療で緊密な咬合の獲得が図られている。一方、骨格性的前歯部開咬では、過大な前顔面高、過小な後顔面高、ロングフェースといった骨格性的特徴が認められ、口腔内の特徴では前歯は直立し軽度叢生が認められる。骨格性的前歯部開咬が認められる場合は骨格性的不調和の程度に応じて二期治療として矯正治療単独で行なう場合や、外科的矯正治療が行なわれる。

骨格性的不調和が軽度で、大臼歯が挺出している場合、矯正治療単独で治療が行われる。従来は超弾性アーチワイヤーと顎間ゴムの併用、マルチループエッジワイズアーチワイヤー、トランスパラタルアーチとハイプルヘッドギアを併用し、大臼歯の圧下や前歯の挺出が行なわれてきた⁸⁾⁹⁾。しかし、歯科矯正用アンカースクリュー(以下ASとする)の普及によってこれまで困難であった歯の様々な移動が容易となり、歯の垂直的な移動の精密なコントロールが可能となったため、ASを用いた治療が多く用いられている¹⁰⁾。ASを用いた前歯部開咬の治療は大臼歯を圧下し、下顎の反時計回りの回転をさせることで前歯の咬合を回復する治療である¹¹⁾¹²⁾。一方で骨格性的不調和が重度である場合、ASを用いた大臼歯の圧下のみで前歯部開咬を改善することは困難であることから、外科的矯正治療による上下顎骨の三次元的移動により顔面の改善とともに前歯の被害を回復する治療が行われている¹³⁾¹⁴⁾。

骨格性の前歯部開咬に対して行われる AS を用いた治療や外科的矯正治療は、いずれも咬合高径を変化させる治療である。過去の報告により咬合高径の減少が咀嚼運動の障害を引き起こすことが示されている¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。しかし、AS を用いた矯正治療による咬合高径の変化にともなう機能的評価については明らかにされていない。一方で外科的矯正治療に関する機能評価では多くの報告があり、術前と比較して術後で顎運動量は回復するという報告¹⁸⁾や、咀嚼能率は治療前後で変化せず、咀嚼運動の訓練を行なうことで改善が見られるという報告¹⁹⁾がある。しかし、咬合高径の変化に着目した機能的な改善に関する報告はない。また、前歯部開咬患者は顎関節症をともなっていること⁵⁾²⁰⁾²¹⁾や、最大開口運動、側方限界運動、そして前方限界運動の量が小さいことが示されており²²⁾²³⁾、前歯部開咬の治療によって顎運動、咀嚼運動の改善が期待される場所であるが、まだ明らかにされていない。

本研究の目的は、AS を使用して前歯部開咬を改善した患者と、外科的矯正治療を行なうことで前歯部開咬を改善した患者の形態的特徴と、下顎限界運動、咀嚼運動の変化を評価し、その関連性を明らかにすることである。

方法

1. 対象

本研究の対象は、2006 年から 2015 年の間に岡山大学病院矯正歯科を受診した全患者を対象とし、そのうち図 1 のフローチャートにしたがって被験者が選ばれた。前歯部開咬に対し AS を用いて治療した患者群(以下、AS 群)は 10 名であり、女性が 8 名、男性が 2 名、年齢は 21.1 ± 4.4 歳、オーバーバイトは -3.1 ± 1.5 mm であった。AS 群は直径が 1.5 mm から 1.6 mm、長さは 6.0 mm から 9.0 mm のミニインプラントを上顎第一大臼歯と上顎第二大臼歯の歯根間で頰側に埋入し、埋入した AS からパワーチェーンを用い、圧下力を加えた。また、口蓋にトランスパラタルアーチを併用し、トルクのコントロールを行った²⁴⁾。

一方、前歯部開咬に対し外科的矯正治療で治療した患者群(以下、OPE 群)は 10 名であり、女性が 7 名、男性が 3 名、平均年齢は 20.3 ± 7.0 歳、オーバーバイトは -6.3 ± 2.5 mm であった。OPE 群は上下顎骨に対して外科的矯正治療を行なうことで前歯部開咬を改善した。上顎骨は Le Fort I 型骨切り術が 10 名に対して行なわれ、下顎骨は下顎枝矢状分割術(SSRO)が 6 名、下顎枝垂直骨切り術(IVRO)が 4 名であった。

2. 頭部エックス線規格写真分析

頭部エックス線規格写真分析法として、側面頭部エックス線規格写真を用い、AS 群と OPE 群の間、各群の治療前後の形態を比較した。2 人の調査者がトレースを行い、頭部エックス線規格写真分析が行われた。分析値に関して調査者間で有意差が認められないか確認するために対応のない t 検定を、有意水準を 5%として行った。その結果、調査者間で分析結果に有意差は認められなかった。加えて術者間で級内相関係数も行ったところ、値が 0.93 から 0.99 の間であったことから、1 人の調査者の測定値が用いられた。各群それぞれ治療前と治療後のトレースを行い、線分析と角度分析が行われた(図 2)。分析には矯正用イメージングソフト(Dolphin Imaging®, 株式会社ジーシー)が使用された。

3. 運動の記録と計測

運動の記録と計測方法では、下顎限界運動と咀嚼運動の記録に三次元 6 自由度顎運動解析システム(ナソヘキサグラフⅡ 株式会社ジーシー)を用いた²⁵⁾。このシステムはまず、被験者の頭部、下顎前歯にそれぞれヘッドフレームとフェイスボウが装着する。ヘッドフレームとフェイスボウにはそれぞれ LED が 3 点ずつ装着されており、顎運動にともなって移動するフェイスボウの LED を 2 台の CCD カメラで捉え、LED の三次元的運動距離を測定するものである。咀嚼運動では規格化された硬性グミ(蔵王食品株式会社)を使用した。記録は当科の専門家 6 名によって行われ、下顎限界運動は最大開口運動、前方限界運動、側方限界運動それぞれ 15 秒間測定、記録し、咀嚼運動の記録は、片側咀嚼時の切歯のサイクルを 15 秒間測定、記録した。

下顎限界運動では下顎中切歯、下顎頭の三次元的直線運動距離を計測した。最大開口運動時と前方限界運動時の下顎頭の運動量に左右側どちらに対しても有意差は認められなかったことから、左右それぞれの運動量を平均した。また、側方限界運動時の下顎頭の移動距離は、作業側と非作業側下顎頭の運動量を左右それぞれ測定し、作業側下顎頭と非作業側下顎頭の運動量に左右側どちらに対しても有意差が無かったことから、左右それぞれの運動量を平均した。咀嚼運動の記録は以前から咀嚼開始と咀嚼終了の数サイクルは不安定となることから、測定する場合これらを除外し測定することが一般的である²⁶⁾²⁷⁾。今回、切歯のサイクルのうち、第 4~第 9 サイクルを利用し、各項目に分け、片側

咀嚼左右それぞれを測定したため、AS 群で 120 サイクル、OPE 群で 120 サイクルを分析した。測定方法は、開口幅、咀嚼幅、サイクル軸を測定し、中心咬合位から 2.0 mm 下方のスライスレベルで開口路角、閉口路角、開閉口路角、サイクル幅を決定した (図 3) ²²⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾。

4. 統計処理

統計処理では AS 群と OPE 群の間における性別に偏りがいないか調べるために χ^2 独立性の検定を行った。また、AS 群と OPE 群の間における年齢の比較と治療期間の比較には対応のない t 検定を行った。さらに下顎限界運動、咀嚼運動において AS 群と OPE 群それぞれの治療前後における比較には対応のある t 検定を、AS 群と OPE 群の間における比較には対応のない t 検定を用いた。加えて咀嚼運動において各群治療前後における咀嚼サイクルの分散の比較では F 検定を用いた。なお、有意水準は 5% に設定した ($p < 0.05$)。

結果

AS 群と OPE 群の間における年齢、性別、治療期間について調べた結果を表 1 に示す。性別 (AS 群: 男性 2 名, 女性 8 名, OPE 群: 男性 3 名, 女性 7 名) に対して χ^2 独立性の検定を、年齢 (AS 群: 21.1 ± 4.4 歳, OPE 群: 21.0 ± 6.4 歳) と治療期間 (AS 群: 3.5 ± 1.2 年, OPE 群: 3.4 ± 0.9 年) に対応のない t 検定を行ったところ、いずれも有意差は認められなかった。

次に被験者の形態的な特徴を表 2 と図 4 に示す。AS 群における治療前後の比較では垂直方向計測項目のうち、骨格性の距離計測項目では顔面高 (N/Me: 133.1 ± 9.6 mm \rightarrow 130.8 ± 9.7 mm) と下顔面高 (Me/PP: 74.8 ± 6.5 mm \rightarrow 72.8 ± 6.6 mm) について有意差が認められ、歯性の距離計測項目ではオーバースライド (OB: -3.3 ± 1.4 mm \rightarrow 1.9 ± 0.5 mm)、口蓋平面に対する上顎第一大臼歯近心頬側咬頭の位置関係 (U6/PP: 27.0 ± 2.9 mm \rightarrow 24.7 ± 2.6 mm) そして口蓋平面に対する上顎中切歯切縁の位置関係 (U1/PP: 30.8 ± 3.4 mm \rightarrow 31.9 ± 3.2 mm) について有意差が認められた。前後方向計測項目のうち、骨格性の角度計測項目では S-N 平面と下顎後縁平面のなす角 (Rp-SN: $96.7 \pm 6.6^\circ \rightarrow 94.8 \pm 6.5^\circ$) と下顎下縁平面と口蓋平面のなす角 (PP-Mp: $32.8 \pm 8.4^\circ \rightarrow 30.6 \pm 8.7^\circ$) について有意差が認められ、歯性の角度計測項目では S-N 平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角 (U1-SN: $108.2 \pm 4.5^\circ \rightarrow 96.1 \pm 8.6^\circ$) と S-N 平面に対する咬合平面傾斜角 (Occ. P:

19.5±4.4° → 21.7±4.6°), そして上下顎中切歯歯軸角(IIA: 111.2±7.0° → 133.8±8.8°)について有意差が認められた。一方で OPE 群における治療前後の比較では, 垂直方向測定項目のうち, 骨格性の距離計測項目では顔面高(N/Me: 143.6±7.4 mm → 139.7±8.0 mm), 下顔面高(Me/PP: 83.2±4.1 mm → 80.9±5.1 mm), そして下顎実効長(Ar-Me: 118.8±6.2 mm → 116.3±5.6 mm)について有意差が認められ, 歯性の距離計測項目では下顎下縁平面に対する下顎中切歯切縁の位置関係(L1/Mp: 48.8±4.8 mm → 50.6±4.1 mm)について有意差が認められた。前後方向計測項目のうち, 骨格性の距離計測項目と角度計測項目では有意差は認められなかったが, 歯性の角度計測項目では S-N 平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角(U1-SN: 105.9±9.8° → 99.3±8.5°)と上下顎中切歯歯軸角(IIA: 119.3±8.5° → 130.2±7.9°)について有意差が認められた。AS 群と OPE 群の間における治療前の比較では, 垂直方向計測項目のうち, 骨格性の距離計測項目では顔面高(N/Me: AS 群; 133.1±9.6 mm, OPE 群; 143.6±7.4 mm), 下顔面高(Me/PP: AS 群; 74.8±6.5 mm, OPE 群; 83.2±4.1 mm), 下顎実効長(Ar-Me: AS 群; 109.2±8.0 mm, OPE 群; 118.8±6.2 mm)について有意差が認められ, 歯性の距離計測項目ではオーバーバイト(OB: AS 群; -3.3±1.4 mm, OPE 群; -6.3±2.5 mm)について有意差が認められた。前後方向計測項目のうち, 骨格性の距離計測項目や角度計測項目では有意差は認められず, 歯性の角度計測項目では下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角(L1-Mp: AS 群; 97.2±9.7°, OPE 群; 88.0±5.7°)と上下顎中切歯歯軸角(IIA: AS 群; 111.2±7.0°, OPE 群; 119.3±8.5°)について有意差が認められた。AS 群と OPE 群の間における治療後の比較では垂直方向計測項目のうち, 骨格性の距離計測項目では顔面高(N/Me: AS 群; 130.8±9.7 mm, OPE 群; 139.7±8.0 mm), 下顔面高(Me/PP: AS 群; 72.8±6.6 mm, OPE 群; 80.9±5.1 mm), 下顎実効長(Ar-Me: AS 群; 109.2±8.0 mm, OPE 群; 116.3±5.6 mm)について有意差が認められ, 歯性の距離計測項目ではオーバーバイト(OB: AS 群; 1.9±0.5 mm, OPE 群; 1.4±0.4 mm)と口蓋平面に対する上顎第一大臼歯近心頬側咬頭の位置関係(U6/PP: AS 群; 24.7±2.6 mm, OPE 群; 28.4±2.4 mm)について有意差が認められ, 歯性の角度計測項目では下顎下縁平面に対する下顎中切歯切縁の位置関係(L1/Mp: AS 群; 46.2±3.4 mm, OPE 群; 50.6±4.1 mm)について有意差が認められた。前後方向計測項目では, 距離計測項目と角度計測項目に有意差は認められなかった。

下顎限界運動について調べた結果を表 3 に示す。最大開口運動に関して, AS

群の治療前後の比較, OPE 群の治療前後の比較, AS 群と OPE 群の間における治療前, 治療後の比較で有意差は認められなかった。前方限界運動に関して, AS 群の治療前後の比較で有意差は認められなかった。一方 OPE 群の治療前後の比較では下顎中切歯 ($5.4 \pm 3.6 \text{ mm} \rightarrow 8.7 \pm 3.4 \text{ mm}$) と下顎頭 ($5.2 \pm 3.5 \text{ mm} \rightarrow 8.6 \pm 3.6 \text{ mm}$) の運動量が増加し, 有意差が認められた。AS 群と OPE 群の間における治療前の比較では下顎中切歯 (AS 群; $8.6 \pm 1.6 \text{ mm}$, OPE 群; $5.4 \pm 3.6 \text{ mm}$) と下顎頭 (AS 群; $8.5 \pm 1.6 \text{ mm}$, OPE 群; $5.2 \pm 3.5 \text{ mm}$) の運動量で有意差が認められた。AS 群と OPE 群の間における治療後の比較では有意差は認められなかった。側方限界運動に関して, AS 群の治療前後の比較で有意差は認められなかったが, OPE 群の治療前後の比較では下顎中切歯 ($6.7 \pm 4.0 \text{ mm} \rightarrow 9.1 \pm 2.6 \text{ mm}$), 非作業側下顎頭 ($6.8 \pm 3.9 \text{ mm} \rightarrow 9.8 \pm 2.7 \text{ mm}$), 作業側下顎頭 ($1.4 \pm 0.9 \text{ mm} \rightarrow 1.8 \pm 0.6 \text{ mm}$) 全ての運動量が増加し, 有意差が認められた。AS 群と OPE 群の間の治療前の比較, 治療後の比較で有意差は認められなかった。

咀嚼運動について調べた結果を表 4 に示す。AS 群の治療前後の比較では距離計測項目において平均の値に有意差は認められなかった。開口幅 ($11.9 \pm 9.2 \text{ mm} \rightarrow 13.0 \pm 4.1 \text{ mm}$) とサイクル幅 ($2.6 \pm 4.1 \text{ mm} \rightarrow 2.6 \pm 3.0 \text{ mm}$) に関して分散の値で有意差が認められた。角度計測項目では閉口路角 ($28.0 \pm 26.1^\circ \rightarrow 33.6 \pm 23.6^\circ$) の平均の値で有意差が認められ, サイクル軸 (AS 群; $5.7 \pm 14.8^\circ \rightarrow 4.9 \pm 11.7^\circ$) の分散の値で有意差が認められた。一方 OPE 群の治療前後では距離計測項目も角度計測項目も平均の値と分散の値いずれも有意差は認められなかった。AS 群と OPE 群の間における治療前の比較では距離計測項目では開口幅 (AS 群; $11.9 \pm 9.2 \text{ mm}$, OPE 群; $14.1 \pm 5.1 \text{ mm}$) と咀嚼幅 (AS 群; $5.2 \pm 3.2 \text{ mm}$, OPE 群; $6.2 \pm 2.5 \text{ mm}$) に関して平均の値で有意差が認められ, 角度計測項目では開口路角 (AS 群; $6.2 \pm 31.0^\circ$, OPE 群; $-9.1 \pm 37.1^\circ$), サイクル軸 (AS 群; $5.7 \pm 14.8^\circ$, OPE 群; $9.8 \pm 16.0^\circ$), そして開閉口路角 (AS 群; $34.1 \pm 44.6^\circ$, OPE 群; $19.8 \pm 47.5^\circ$) に関して平均の値に有意差が認められた。AS 群と OPE 群の間における治療後の比較では距離計測項目では開口幅 (AS 群; $13.0 \pm 4.1 \text{ mm}$, OPE 群; $14.3 \pm 4.6 \text{ mm}$) と咀嚼幅 (AS 群; $5.4 \pm 3.7 \text{ mm}$, OPE 群; $6.3 \pm 2.9 \text{ mm}$) に関して平均の値で有意差が認められ, 角度計測項目では開口路角 (AS 群; $6.5 \pm 34.7^\circ$, OPE 群; $-7.2 \pm 37.8^\circ$), サイクル軸 (AS 群; $4.9 \pm 11.7^\circ$, OPE 群; $9.1 \pm 13.7^\circ$), そして開閉口路角 (AS 群; $40.2 \pm 46.7^\circ$, OPE 群; $25.5 \pm 47.7^\circ$) に関して平均の値で有意差が認められた。

考察

前歯部開咬は上下顎前歯の被蓋がなく、発音障害、咀嚼障害、審美障害を呈する不正咬合であり、骨格性の前歯部開咬患者に対して、矯正治療単独で行なう治療や外科的矯正治療で改善する治療が行われている。前歯部開咬に対して臼歯と前歯を垂直的にコントロールする治療が行われているが、補綴領域も含め咬合高径を著しく変化させる治療においては、顎関節部への負担が増加するという報告¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾もある。矯正治療による咬合高径の変化にともなう治療においても顎関節の運動への影響も想定されるが、これまで行われてきた骨格性の前歯部開咬に対する治療と咬合高径との関連性についての詳細な報告はない。

本研究では、まず AS 群と OPE 群の形態の比較を行った。その結果、AS 群は大臼歯が圧下され、下顎骨の反時計回りの回転により前下顔面高が減少され、OPE 群は前下顔面高が骨格性に減少されたことで、前顔面高、前下顔面高の減少と、オーバークロウの増加が認められた。この結果は AS 群と OPE 群の形態的な変化に関して過去の研究と同様の結果であった¹³⁾¹⁴⁾。前歯部開咬に対して行われた治療により、AS 群は大臼歯の圧下に加えて上顎中切歯と下顎中切歯の舌側傾斜を行なうことで骨格的不調和がカムフラージュされていた。一方 OPE 群は外科的矯正治療による垂直的な上顎骨後方部の圧下に加えて歯槽部全体に上顎中切歯を舌側傾斜させることによって前歯部開咬を改善したため S-N 平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角が減少した。AS 群は治療前で下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸角が大きいことから、AS 群と OPE 群の間における治療前の比較において、下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸角に有意差が認められた。両群間の治療後の比較で AS 群は下顎前歯が圧下され、OPE 群は下顎前歯が挺出されていた。これは、OPE 群では手術後の顎間固定や術後矯正中に用いた顎間ゴムの作用によって下顎中切歯の挺出が起こったためであると考えられる。さらに両群間の比較において、治療前と治療後で AS 群も OPE 群も前顔面高、前下顔面高、下顎骨実効長、そしてオーバークロウが減少されたが、OPE 群の方が骨格性に大きい状態であった。骨格が垂直的に著しく大きい患者に対してはより大きな変化をもたらすために外科的矯正治療が行われているが、AS 群と有意差が認められるほどの大きな変化は認められなかった。一方で前後的計測項目において、有意差は認められなかった。AS 群も OPE 群も年齢や性別に有意差はないが、治療の選択には垂直的な骨格の有意差が影響し、治療によって歯の移動が異なること

が両群における有意差として認められた。

本研究では AS 群と OPE 群の前歯部開咬患者の治療前の最大開口運動量はそれぞれ 43.9 ± 3.9 mm, 46.9 ± 6.4 mm, 前方限界運動量はそれぞれ 8.6 ± 1.6 mm, 5.4 ± 3.6 mm, 側方限界運動量はそれぞれ 7.7 ± 2.2 mm, 6.7 ± 4.0 mm であった。健常者を対象とした研究では, 日本人成人女性の最大開口運動量, 前方限界運動量, 側方限界運動量はそれぞれ 48.4 ± 3.8 mm, 9.3 ± 1.5 mm, 10.5 ± 1.9 mm であると報告されている³²⁾。本研究の結果と過去の研究を比較したところ, 最大開口運動, 前方限界運動, 側方限界運動はいずれも小さいことが示唆された。成人の前歯部開咬患者は健常者と比較して最大開口運動時の下顎頭の運動量が小さいことがすでに報告²⁸⁾されているが, 今回の研究も同様の結果であった。また, 最大開口運動だけでなく, 前方限界運動や側方限界運動においても下顎頭の運動量が小さいことが認められた。

過去の研究で咬合高径を変化させることで咀嚼運動に影響を与えるという報告¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾がされているが, 本研究の結果では, 下顎骨の骨格的な変化を招かない AS 群の治療により大臼歯が圧下され, 咬合高径を減少させても最大開口運動, 前方限界運動, 側方限界運動に大きな変化はなく, 下顎限界運動に悪影響を与えないことが示された。これは, 治療期間が2年前後と長期にわたり, 圧下も徐々に行われることから, 顎運動に用いる咀嚼筋が適応したことによるものであると考えられる。一方, 外科的矯正治療により下顎骨の形態変化をともなう顎変形症患者は, 解剖学的構造や軟組織による影響から顎運動が不良であると言われている³³⁾³⁴⁾が, 今回の研究結果は最大開口運動に関して AS 群と OPE 群との間で治療前, 治療後ともに変化は認められず, 各群治療前後の比較でも変化は認められなかった。そして, OPE 群では治療前の前方限界運動時の下顎前歯と下顎頭の運動量が AS 群と比較して不良であり, 顎運動の差が本結果でもみうけられた。しかし, 治療後の顎運動の改善は著しいものであった。また, 側方限界運動は治療前後で運動量が増加した。AS 群と OPE 群で骨格性の違いがあるが, 両群間の比較で最大開口運動と側方限界運動に有意差は認められなかった。しかし, 前方限界運動では下顎中切歯, 下顎頭の運動量は AS 群と比較して, OPE 群は小さかった。外科的矯正治療が適応となる顎変形症の患者は前方限界運動と側方限界運動時の下顎頭の運動量が健常者と比較して小さいことが報告されている³⁵⁾。前方限界運動は下顎頭を中心とした動きであり, OPE 群は外科的矯正治療にともない, 骨格性の変化が起こり, 軟組織が短縮されたことに加えて手術によって顎

関節部の障害が取り除かれたことで前方限界運動が改善したと考えられる。また、術後に 1 歯対 2 歯による緊密な咬合が獲得され、犬歯誘導が得られたことで側方限界運動が改善したと考えられる。最大開口運動時の下顎前歯と下顎頭の運動量に有意差が認められなかったのは、本研究では三次元的直線距離を測定していることから蝶番運動が反映されていないためと考えられる。

本研究の咀嚼運動では、AS 群も OPE 群も治療前はこれまでの報告³⁵⁾と同様にチョッピング咀嚼を呈していた。AS 群は開口幅、サイクル幅、サイクル軸の分散が小さくなるという結果が得られ、AS を使用して前歯部開咬を改善する治療によって咀嚼サイクルが安定することが示唆された。また、閉口路角は増加したことでチョッピング咀嚼が改善された。これは大臼歯の圧下にとまなう咬合高径の変化が徐々に起こり、矯正治療中に咀嚼運動が変化したためと考えられる。それに対して OPE 群は治療前後で咀嚼運動に変化は認められず、治療後もチョッピング咀嚼を呈していた。咀嚼運動に関わる神経系に関して、外科的矯正治療によってそれまで適応していた神経機構が一時的に乱される可能性がある³⁶⁾ことや、治療によっておこる顎顔面領域の環境変化に経時的に変容する可能性がある³⁷⁾といった報告がある。今回の結果から、外科的矯正治療をとまなう咬合高径の変化は AS を用いる矯正治療よりも短期間で生じるため、これまでに獲得された咀嚼サイクルを変化させることはできず、長期的に経過を追うことで咀嚼運動の改善が認められる可能性があると考えられる。

結論

骨格性前歯部開咬に対して行われている治療は咬合高径を変化させる 2 つの治療は至適範囲内で咬合高径を変化させる治療であるため、下顎限界運動や咀嚼運動に悪影響を与えない。AS を用いる治療は下顎限界運動に悪影響を与えず、咀嚼運動の安定を図ることのできる有効な治療である。一方で外科的矯正治療は下顎限界運動において前方滑走運動や側方限界運動を有意に改善する治療であり、最大開閉口運動や咀嚼運動に悪影響を与えない有効な治療である。

謝辞

稿を終えるにあたり、懇篤なる御指導と御校閲を承りました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野上岡寛教授に深甚なる謝意を表します。また、懇切なる御校閲と本研究の遂行に際し、御指導をいただきました岡山大学大

学院大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野川邊紀章准教授に謹んで感謝の意を表します。さらに本研究の立案当初から終始懇切なる御助言、御指導をいただきました片岡伴記助教に謹んで感謝の意を表します。最後に本研究を行なうにあたり、多くの御援助と御協力をいただきました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

Reference

- 1)W.J.B. Houston, W.J. Tulley, Chris Stephens.: Class 1 marocclusion. In: A Textbook of Orthodontics, 2nd ed., Oxford, 1996.
- 2)Fletcher, B.T. : Etiology of finger sucking : review of literature. *J of Dentistry for Children.*, **43**, 293-298, 1975.
- 3) Lentini-Oliveira, D.A., Carvalho, F.R., Ye, Q, Luo, J., Saconato,H., Machado, MAC., Prado,L.B.F., Prado,G.F. : Orhtodontic and orthopaedic treatment for anterior open bite in children (Review). *The Cochrane Library 2007.*, Issue 2.
- 4) Williamson EH, : Temporomandibular dysfunction in pretreatment adolescent patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **72**, 429-433, 1977.
- 5) Miyawaki, S, Araki, Y, Tanimoto, Y, Katayama, A, Fujiki, A, Imai, M, Takano-Yamamoto, T. : Occlusal force and condylar motion in patients with anterior open bite. *J Dent Res.*, **84**(2), 133-137, 2005.
- 6) Aragon, S.B., Van, Sickels, J.E., Dolwick, M.F., Flanary, C.M. : The effects of orthognathic surgery on mandibular range of motion. *J Oral Maxillofac Surg.*, **43**, 938,1985.
- 7) Greg, J., Haung, Roberto, Justu, avid, B., Kennedy, Vincent, G., Kokich. : Stability of anterior openbite treated with crib therapy. *Angle Orthod.*, **60**, 17-24, 1990.
- 8) Kim, Y.H. : Anterior openbite and its treatment with multiloop edgewise arch wire. *Angle Orthod.*, **57**, 290-321, 1987.
- 9) Kucukkeles, N., Acar, A., Demirkaya, A., Evrenol, B., Enacar, A. : Cephalometric evaluation of open bite treatment with NiTi arch wires and anterior elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **116**, 555-562, 1999.
- 10) Park, H.S., Yoon, D.Y., Park, C.S., Jeoung, S.H. : Treatment effects and anchorage potential of sliding mechanics with titanium screws compared with the Tweed-Merrifield technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **133**, 593-600, 2008.
- 11) Kuroda, S., Katayama, A., Takano-Yamamoto, T. : Severe anterior open-bite case

- treated using titanium screw anchorage. *Angle Orthod.*, **74**, 558-567, 2004.
- 12) Kuroda, S., Sugawara, Y., Tamamura, N., Takano-Yamamoto T. : Anterior open bite with temporomandibular disorder treated using screw anchorage: evaluation of morphological and functional improvement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **131**, 550-560, 2007.
- 13) Epiker, B.N., Fish, L.C. : Surgical-orthodontic correction of open bite deformity. *Am J Orthod.*, **71**, 278-299, 1977.
- 14) Hoppenreijts, T.J., Freihofer, H.P., Stoelinga, P.J., Tuinzing, D.B., van't Hof, M.A., van, der, Linden, F.P., NOTTET, S.K. : Skeletal and dento-alveolar stability of Le Fort I intrusion osteotomies and bimaxillary osteotomies in anterior open bite deformities. A retrospective three-centre study. *Int J Oral Maxillofac Surg.*, **26**, 161-175, 1997.
- 15) McNamara, D. : Variance of occlusal support in temporomandibular pain/dysfunction patients. *J Dent Res.*, **61**, 350, 1982.
- 16) 八木孝和, 宮脇正一 : 咬合高径の維持に関する神経機構の研究. 鹿児島大学歯学部紀要 **31**, 81-91, 2011.
- 17) Toro, A., Buschang, P.H., Throckmorton, G., Roldán, S. : Masticatory performance in children and adolescents with Class II and III malocclusions. *Eur J Orthod.*, **28**, 112-119, 2006.
- 18) Zimmer, B., Schwestka, R., Kubein-Meesenburg, D. : Changes in mandibular mobility after different procedures of orthognathic surgery. *Eur J Orthod.*, **14**, 188, 1992.
- 19) 中條雅之, 菅原準二, 友寄裕子, 川村仁, 三谷英夫 : 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影響. 日顎変形会誌 **14**(3), 170-179, 2004.
- 20) Riolo, M.L., Brandt, D., TenHave, T.R. : Associations between occlusal characteristics and sign and symptoms of TMJ dysfunction in children and young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **92**, 467-477, 1977.
- 21) Tanne, K., Tanaka, E., Sakuda, M. : Association between malocclusion and temporomandibular disorders in orthodontic patients before treatment. *J Orofac Pain.*, **7**, 156-162, 1993.
- 22) Cangialosi, T.J. : Skeletal morphologic features of anterior openbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **85**, 28-36, 1984.
- 23) Aragan, S.B., Van, Sickels, J.E., Dolwick, M.F., Flanary, C.M. : The effects of

- orthognathic surgery on mandibular range of motion. *J Oral Maxillofac Surg*, **43**, 938, 1985.
- 24) Deguchi, T., Kurosaka, H., Oikawa, H., Kuroda, S., Takahashi, I., Yamashiro, T., Takano-Yamamoto, T. : Comparison of orthodontic outcomes in adults with skeletal open bite between conventional edgewise treatment and implant-anchored orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **139**, 60-68, 2011.
- 25) 常盤肇 : 光学式顎運動測定装置(JM-1000 T) の臨床的精度に関する研究 日顎口腔機能会誌 **7**, 13-25, 2001.
- 26) 志賀博, 小林義典 : 咀嚼運動の分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究. 日補綴歯会誌 **34**, 1112-1126, 1990.
- 27) Foster, K.D., Woda, A., Peyron, M.A. : Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication. *J Neurophysiol.*, **95**, 3469–3479, 2006.
- 28) H. TOMONARI, T. KUBOTA, T. YAGI, T. KUNIMORI, F. KITASHIMA, S. UEHARA, S. MIYAWAKI. : Posterior scissors-bite: masticatory jaw movement and muscle activity. *Journal of Oral Rehabilitation.*, **41**, 257-265, 2014.
- 29) Miyawaki, S., Tanimoto, Y., Araki, Y., Katayama, A., Kuboki, T., Takano-Yamamoto, T. : Movement of the lateral and medial poles of the working condyle during mastication in patients with unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, **126**, 549–554, 2004.
- 30) Komagamine, Y., Kanazawa, M., Minakuchi, S., Uchida, T., Sasaki, Y. : Association between masticatory performance using a colour-changeable chewing gum and jaw movement. *J Oral Rehabil.*, **38**, 555–563, 2011.
- 31) Piancino, M.G., Bracco, P., Vallelonga, T., Merlo, A., Farina, D. : Effect of bolus hardness on the chewing pattern and activation of masticatory muscles in subjects with normal dental occlusion. *J Electromyogr Kinesiol.*, **18**, 931–937, 2008.
- 32) 郡元治, 上田龍太郎, 竹内久裕, 重本修伺, 中野雅徳, 坂東永一 : 磁気位相空間を応用した6自由度顎運動測定による女性被験者についての顎運動機能評価. 日顎口腔機能会誌 **1**, 269-274, 1995.
- 33) Kataoka, T., Kawanabe, N., Shiraga, N., Hashimoto, T., Deguchi, T., Miyawaki, S., Takano-Yamamoto, T., Yamashiro, T. : The influence of craniofacial morphology on mandibular border movements. *Cranio*. **31**(1), 14-22, 2013.

- 34) 葦澤敏, 岩片信吾, 平野秀利, 小林博, 野村修一, 石岡靖, 小林正治, 中島民雄, 八卷正樹, 花田晃治, 林豊彦 : 骨格性下顎前突の外科的矯正治療前後における顎運動の変化. 日顎口腔機能会誌 **11**, 133-138, 1993.
- 35) 山田真一, 三間修司, 瑞森崇弘, 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎 : 開咬における咀嚼運動に関する臨床的研究. 日補綴歯会誌 **35**, 446-456, 1991.
- 36) 中島昭彦, 玉利和彦, 早瀬利雄 : 咀嚼機能の研究Ⅱ-反対咬合について-. 日矯歯誌 34, : 66-75, 1975.
- 37) Groher, M.E : 嚥下障害(藤島一郎監訳). 第 3 版, 医歯薬出版, 東京, 1998, 7-28 頁.

表題脚注

本論文の一部は以下の学会において発表した。

第60回中・四国矯正歯科学会大会(2017年7月，徳島)

第76回日本矯正歯科学会大会(2017年11月，北海道)

図の説明

図 1. 被験者の抽出に関するフローチャート。nは標本数を表わす。

図 2. 頭部エックス線規格写真分析における計測項目。a)は距離計測項目, b)は角度計測項目を示す。SNA : SNA角 ; SNB : SNB角 ; Mp-SN : 下顎下縁平面角 ; GoA. : 下顎角 ; Rp-SN:S-N平面と下顎後縁平面のなす角 ; ANB : ANB角 ; PP-Mp ; 下顎下縁平面と口蓋平面のなす角 ; U1-SN : S-N平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角 ; L1-Mp : 下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角 ; L1-AP: A点とポゴニオンを結ぶ直線に対する下顎中切歯歯軸傾斜角 ; IIA : 上下顎中切歯歯軸角 ; Occ P. : S-N平面に対する咬合平面角 ; N/Me : 顔面高 ; Me/PP ; 下顔面高 ; Go-Me : 下顎骨体長 ; Ar-Go : 下顎枝の高さ ; Ar-Me : 下顎実効長 ; OJ : オーバージェット ; OB : オーバーバイト ; U6/PP : 口蓋平面に対する上顎第一大臼歯近心頬側咬頭の位置関係 ; 口蓋平面に対する上顎中切歯切縁の位置関係 ; L6/Mp : 下顎下縁平面に対する下顎第一大臼歯近頬側咬頭の位置関係 ; L1/Mp : 下顎下縁平面に対する下顎中切歯切縁の位置関係

図 3. 咀嚼運動の角度計測項目および距離計測項目。図は前頭面における右咀嚼時の下顎中切歯運動軌跡と計測項目を示している。

図 4. AS群とOPE群の治療前, 治療後のプロフィログラムの比較。左にAS群のプロフィログラムを, 右にOPE群のプロフィログラムを示しており, 緑が成人の標準的なプロフィログラム, 赤が各群の治療前のプロフィログラム, そして青が治療後のプロフィログラムを示している。