

アライナー矯正が目指す治療のゴールとは ー下顎位を再考する

藤山光治^a, 早野 暁^b, 内田健太^c, 畚野里紗^c, 上岡 寛^c

What are the treatment goals of aligner orthodontics – Reconsidering the mandibular position

Koji Fujiyama, DDS, PhD^a, Satoru Hayano, DDS, PhD^b, Kenta Uchida, DDS^c,
Risa Fugono, DDS^c and Hiroshi Kamioka, DDS, PhD^c

抄 録

矯正歯科治療における理想的な最終的顎位として、Centric Occlusion (CO: 中心咬合位) と、Centric Relation (CR: 中心位) を近似させるという考え方がある。一方で、CO と CR を完全に一致させるように治療すると、良好な結果になるという明確なエビデンスは存在しない。アライナー型矯正装置は、従来のブラケットと異なり、歯を咬合させない状態で排列を進める装置であり、この特性により、早期接触の有無を容易に判断できる反面、誤った治療計画が原因で動的治療終了時に CO と CR のずれが大きく、安定した咬合を構築することができないといった症例も散見される。そこで、本稿では当院における治療計画の立案方法を例示しつつ、アライナー矯正治療が目指す治療のゴールを再考したい。

キーワード

アライナー矯正治療, Visual treatment objective, デジタルセットアップ

ABSTRACT

In orthodontics, achieving a final jaw position where Centric Occlusion (CO) approximates Centric Relation (CR) is often considered ideal. However, there is no conclusive evidence that fully aligning CO and CR guarantees optimal outcomes. Aligner-based orthodontic devices, unlike traditional braces, allow teeth to be repositioned without direct occlusion, enabling easier detection of premature contacts. Despite this advantage, inadequate treatment planning can lead to significant CO-CR discrepancies upon treatment completion, resulting in unstable occlusion. This article examines cases from our clinic to illustrate treatment planning methods and explores the objectives of aligner therapy, emphasizing the need to reconsider its treatment goals for better clinical outcomes.

Key words:

Aligner orthodontic treatment, Visual treatment objective, Digital setup

^a ふじやま矯正歯科

^b 岡山大学病院矯正歯科

^c 岡山大学学術研究院医歯薬学域歯科矯正学分野

^a Private practice

^b Department of Orthodontics, Okayama University Hospital

^c Department of Orthodontics, Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

表 1 診断および治療計画の立案時に考慮すべき臨床検査所見

① 不正咬合の分類	Angle不正咬合の分類、高橋の分類など
② 顔貌の状態	正貌の対称性、安静時での顔貌のプロファイル(凸型顔、直線型顔、凹型顔)、スマイル時の歯肉露出量、口唇閉鎖時のオトガイ部周囲の筋緊張の有無など
③ 骨格性要因	頭蓋底に対する上顎骨や下顎骨の位置、上下顎骨の位置関係など
④ 機能性要因	咬頭干渉、早期接触、口腔習癖など
⑤ 歯性要因	個々の歯の大きさ、形態および位置異常、歯数の異常、Anterior ratio、Overall ratio、上下顎中切歯の歯軸ボンハウジングなど
⑥ ディスクレパンシー	Arch length discrepancyなど
その他	切歯管の位置、上顎洞底の位置など

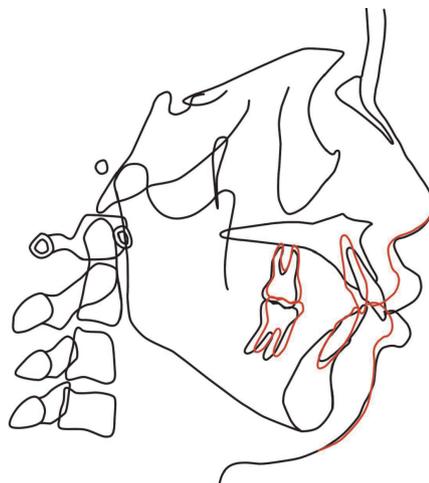


図 1 VTO の例

黒は初診時、赤は治療目標を示す。治療計画に基づき、歯の移動量をセファログラムトレース上に描出する。

I. アライナー矯正治療に先立つ治療計画の立案

永久歯列期の矯正歯科治療を開始するにあたり、診察および形態的・機能的検査により得られた資料から治療後の審美性と歯周組織に配慮し、適切な診断と予測実現性の高い治療計画のもと、最終的な歯の位置を記した治療ゴールを設定する必要がある。治療ゴールの設定においては、患者が抱えるさまざまな問題点に対する検討、優先すべき改善点、患者が治療に至る背景なども考慮する必要がある。実現不可能な治療ゴールの設定は、審美性を損なうのみならず、口唇閉鎖不全、歯肉退縮や歯根吸収を惹起する可能性があり、長期安定性において問題が生じることがある。矯正歯科治療において、使用されるツールがアライナーであってもマルチブラケットであっても、治療計画および治療方針の立案に関する基本的な概念は本質的に共通している。まずは矯正歯科治療を行うにあたっての基本的な治療計画の立案方法を示す。

診断・治療計画の立案に際して、診察および症例分析から、①不正咬合の分類、②顔貌の状態(軟組織の評価)、③骨格性要因、④機能性要因、⑤歯性要因、⑥ディスクレパンシーの分析を行う必要がある(表1)。治療目標は患者の主訴を十分考慮したうえで、これらの総合評価を踏まえて確立される。さまざまな角度から原因を探り、その除去あるいは改善を第一目標とする(表1)。

これらに配慮して歯の前後の位置を決定し、予測実現性の高い治療目標を、数値だけでなくセファロ

グラムのトレース図を用いて図示したものの Visual Treatment Objective (VTO) という(図1)。VTOでは、治療後の患者の歯列や顔貌の状態を予測し、それを視覚的に示すことで、治療計画を立てる際に簡易的な目標を予測することはできるが¹⁾、エビデンスは存在しない。また、VTOは矯正歯科医が立案した治療ゴールを連携する歯科医師や患者と共有するのに最適なツールとなる^{2,3)}。

II. 抜歯・非抜歯の選択

歯冠幅径の総和と歯列弓周長との差を Arch Length Discrepancy (ALD) と定義するが、ALDが大きい場合や、顎骨の不調和を歯性に補償する場合に便宜抜歯を選択することがある。Charles H. Tweedは抜歯による矯正治療の四つの治療目標として、側貌の最良の均衡と調和、治療後の咬合の安定、健康な口腔組織、能率的な咀嚼機構をかかげ、それらを満たすための基準としてフランクフルト平面と下顎中切歯歯軸のなす角である、Frankfort Mandibular Incisor Angle (FMIA) を下顎中切歯歯軸の基準とした⁴⁾。下顎中切歯歯軸は日本人であれば 57° ⁵⁾、白人であれば 65° が標準値である(図2A)。下顎中切歯が唇側傾斜している場合(FMIAが小さい場合)、矯正歯科治療により、下顎前歯を標準値あるいは標準値に近似する値まで舌側傾斜させることを治療ゴールとする。このゴールを達成するために必要な舌側傾斜量に対して、何mmのスペースが必要かを具体的に算出する方法として head plate correction が利用される。下顎中

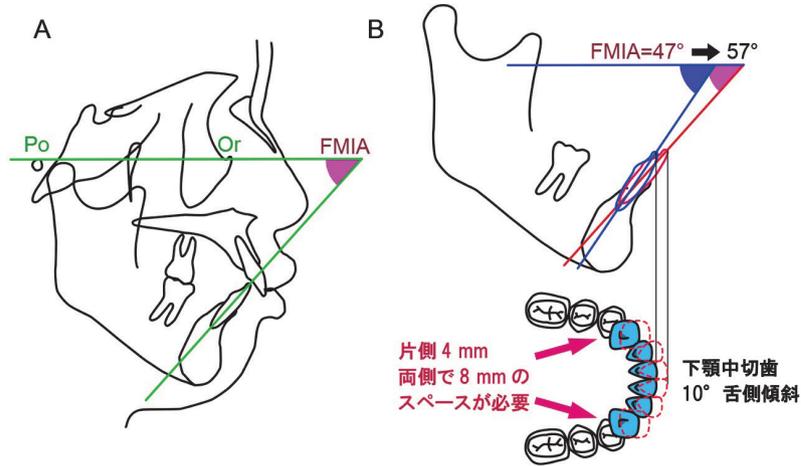


図2 FMIAについて

(A) 下顎中切歯歯軸の基準であるFMIAはPo-Orを結んだフラン克福ルト平面と下顎中切歯歯軸のなす角を指す。(B) Head plate correctionの算出方法。FMIA57°を目標に下顎中切歯歯軸を設定する。図ではFMIA=47°であり、下顎中切歯歯軸は標準値よりも10°唇側傾斜している。歯軸を2.5°舌側傾斜させると切縁は1.0mm舌側移動し、切縁の移動量は両側のスペース消費量となるため、Head plate correctionは-8.0mmとなる。

切歯が2.5°舌側傾斜すると切縁が1.0mm舌側移動するため、歯列弓内には両側で2.0mmのスペースが必要となる(図2B)。

Tweedは、下顎前歯の歯軸が咬合の安定に重要であることから、前歯部の歯軸の改善のために必要なスペース、すなわちhead plate correctionとALDを組み合わせ、これらの総和をtotal discrepancyとした。また、Spee彎曲の平坦化に必要なスペースをheadplate correctionに含める場合もある。Spee彎曲の平坦化に必要なスペースについては諸説あるが、通常は左右Spee彎曲の平均を必要なスペースとすることが多い。抜歯の基準に関しては、total discrepancyの算出によって治療コンセプトが左右される。

III. VTOにおける治療目標の立案順序

下顎前歯の位置設定は抜歯を伴う矯正歯科治療では特に重要である。その理由として、下顎骨の前歯部歯槽部(シンフィス)は唇舌的な厚みが薄く、下顎前歯は移動量の制限を受けやすい。下顎前歯の過度な移動は前歯歯根がボーンハウジングから逸脱し、長期安定性が低下するリスクがある。そのため、治療ゴールの設定時には下顎前歯の位置を最初に決める必要がある。下顎前歯の位置設定において下顎前歯の歯軸、顔貌プロファイル、シンフィスの厚みなどを総合的に検討する。

Total discrepancyの算出により抜歯が決定された場合、過度な口唇の後退を防ぐために⁶⁾、下顎前歯の舌側傾斜に伴うスペースの消費を決定し、残りの抜歯スペースは下顎臼歯部の近心移動によって消費されることが望ましい。すなわち、抜歯スペースからtotal discrepancyを差し引いた値が下顎臼歯の近心移動量となり、下顎臼歯の位置が決定される。Spee彎曲の改善による下顎中切歯の圧下や大白歯の近心移動により、下顎骨は反時計回りに回転し、下顎下縁平面角が減少することにも留意する(図3A)。次に、犬歯がI級関係で咬合し、小白歯が1歯対2歯で咬合するように、上顎大白歯の位置付けを行い、最後に上顎前歯の位置を決定する。上顎前歯の位置に問題がある場合は、治療方針の再考が必要となる。

また、下顎前歯の垂直的位置を決定する際に咬合平面の傾斜を考慮する必要がある。上下顎骨の前後的な位置関係の評価方法の一つとしてWits分析を用いる。これは、側貌セファロにおいて咬合平面上にA点とB点の垂線を引き、咬合平面上の両点間の長さを計測する方法で、B点がA点より2.0mm前方にある状態(Witsが-2.0mm)が標準値で、骨格性I級と判断する。咬合平面を傾斜させることにより、Witsの値が変化する。骨格性II級症例では咬合平面をステープに変化させることによりWitsの値が骨格性I級に近づく。また、骨格性III級症例では、咬合平面をフラットに変化させることで骨格性I級に近づく(図3B)。この点も考慮し、下顎前歯の垂直および唇

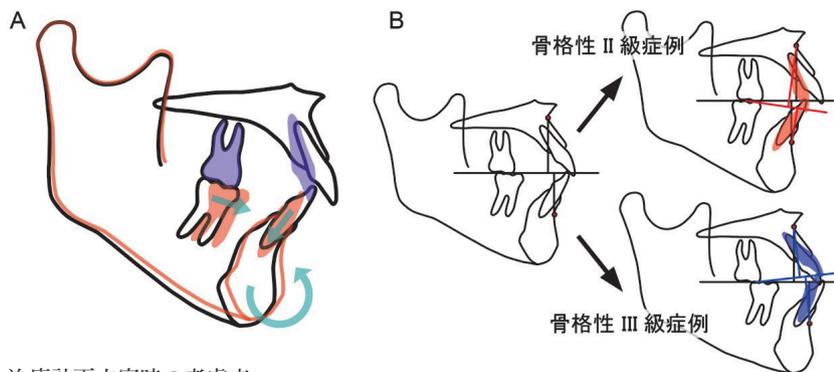


図3 治療計画立案時の考慮点

(A) 大白歯の近心移動や Spee 彎曲の改善による下顎前歯部の圧下に伴い、下顎骨は反時計回り方向に回転する。この点にも注意して治療計画を立案する。(B) Wits 分析では咬合平面上に A 点と B 点の垂線を引き、両点間の距離を計測する。歯の移動により咬合平面の傾斜角度をコントロールすることで骨格性の不調和を緩和することができる。

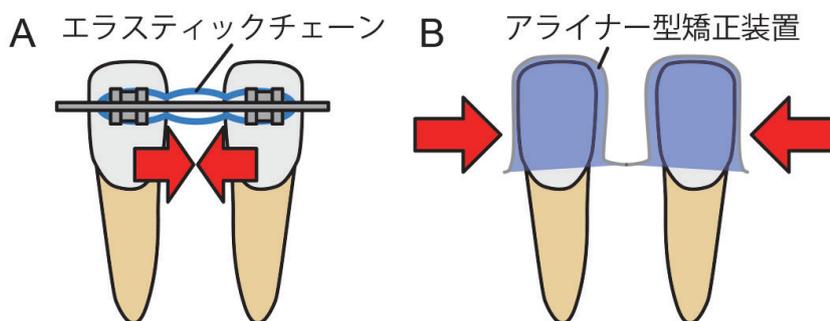


図4 マルチブラケット装置とアライナー型矯正装置との力の作用様式の違い

空隙閉鎖を行う場合、(A) マルチブラケット装置では、装置の引き合いにより歯が動き、(B) アライナー型矯正装置では外側から押される力で歯が動く。

舌的な位置を決定する。

IV. アライナー矯正治療とマルチブラケット法の違い

アライナーを用いた矯正歯科治療の特徴として、可撤式装置であるため患者の治療協力度によって治療ゴールへの到達度が左右されやすい点が挙げられる。アライナー矯正治療で歯の移動に必要な材料としては、アライナー・アタッチメント・エラスティック等が挙げられる。アライナーはマルチブラケット法におけるアーチワイヤー、アタッチメントはブラケットと同様の役割を担う。また、マルチブラケット法では、クローズングループやエラスティックチェーン等の contraction force を用いて歯を動かす一方、アライナー型矯正装置では push force で歯を移動する。アライナー矯正治療では、マルチブラケット法でアンカースクリューを併用して臼歯の遠心移動を行う場合

のように、push force の性質を利用しアライナー単独で臼歯の遠心移動を図りやすい。このため、非抜歯の治療方針となる症例が増えると考えられる (図4)。

V. アライナー矯正治療計画立案における留意点

近年のデジタルセットアップでは、Cone Beam Computed Tomography (CBCT) と Stereolithography (STL) データを融合した三次元的な治療計画の立案が可能となったが、基準となる原点の設定が重要であることは、従来の二次元的な治療方法の立案と変わらない。原点は、最も自由度の少ない下顎前歯の垂直的・唇舌的位置を VTO から導き出す。さらに、骨格的な問題を補正するために咬合平面の傾斜を考慮した排列を計画する必要がある。

歯の移動時の留意点として、歯根移動の自由度が挙げられる。マルチブラケット法ではワイヤーとスロットとの間にクリアランスが存在するため、歯の移動時

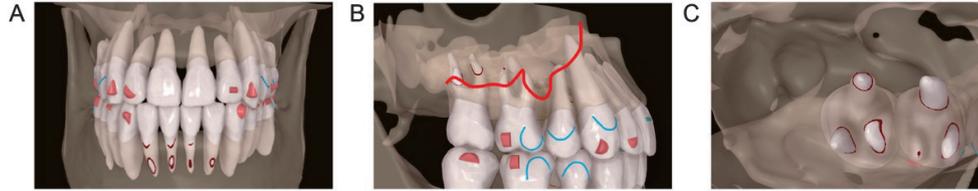


図5 デジタルセットアップの特長

デジタルセットアップでは、歯根と顎骨の解剖学的構造の位置関係を明示することができる。(A) 下顎前歯歯根の歯槽骨からの逸脱、(B) 上顎大白歯の上顎洞への穿孔、(C) 上顎洞から見た大白歯歯根の穿孔

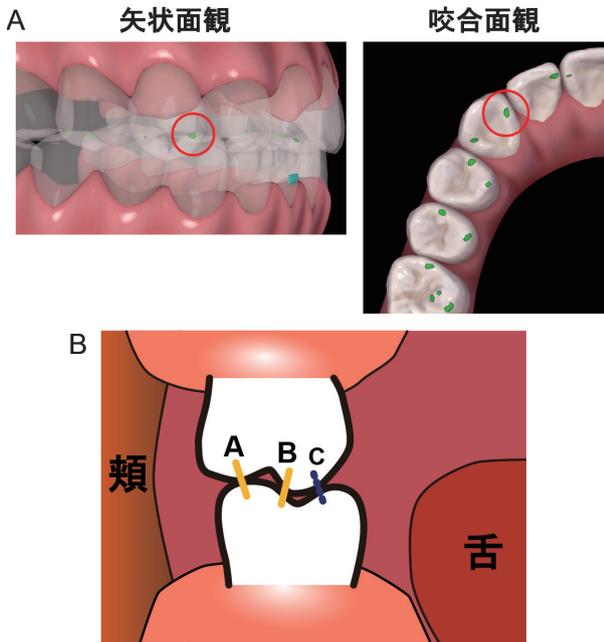


図6 治療計画におけるコンタクトポイントの設定

(A) 適切な上下顎犬歯のコンタクトポイント、(B) Aコンタクトは上顎の頬側咬頭内斜面と下顎の頬側咬頭の外斜面、Bコンタクトは上顎の舌側咬頭内斜面と下顎の頬側内斜面、Cコンタクトは上顎の舌側咬頭の外斜面と下顎の舌側咬頭の内斜面がそれぞれ接する点を指す。

に歯根移動の自由度がより高い (.022 インチスロットのブラケットに .016×.022 インチのワイヤーを使用した時、ワイヤーは約 18° の遊びが存在する)⁷⁾。一方で、アライナー矯正治療は歯冠の頬舌的な把持により歯根の移動の自由度が制限されるため、上顎洞や切歯管等の皮質骨と歯根が接触することにより、歯根の移動の際の自由度が失われ、アライナーが不適合になる可能性が高いと考えられる。そのような治療ゴールの設定にしまうと治療の予測実現性が低下するリスクが高く、矯正歯科治療を円滑に進めることは難しい。そのため、アライナー矯正治療のデジタルセットアップでは、歯の移動中に歯根が歯槽骨や切歯管^{8,9)}、

上顎洞に接触しない程度に歯の移動を制限する必要がある (図5)。

また、アライナー矯正治療の特徴として、デジタルセットアップを用いて上下顎で最終的なコンタクトポイントを設定してから治療を開始することができる。特に犬歯と臼歯のコンタクトポイントは機能上重要であると考えられる。犬歯コンタクトポイントの最終目標として、上顎犬歯近心隆線と下顎犬歯切縁をコンタクトさせるようなプランを作製する (図6A)。この時、咬耗により、切縁が削れている場合は、レジンで切縁を作り接触させることも考慮する必要性がある。犬歯中央部より近心にコンタクトポイントを設定すると犬歯誘導される一方で、犬歯中央部より遠心にコンタクトポイントを設定すると、側方運動時に下顎が後方へ移動し、顎関節症の原因になる可能性がある¹⁰⁾。

Charles E, Stuart は臼歯部の接触点を頬舌的に A, B および C 点と分類した^{11,12)}。当院では、デジタルセットアップ上で C コンタクト (上顎臼歯の舌側咬頭外斜面) にイニシャルコンタクトを当てないように調整を行う。ABC コンタクトの理論にエビデンスはないが、C コンタクトにイニシャルコンタクトが当たっていると、将来的にブラキシズムにより、上顎臼歯の頬側歯槽骨が破壊され歯肉退縮が発生する可能性があると考えている (図6B)。

前述の注意点を見落としデジタルセットアップの設定が不適切である場合、ボーイング効果により前歯の早期接触が起こり臼歯部開咬が起きること、歯肉のリセッションが起きること、咬合接触が不適当で顎位が安定しないこと、治療がいつまでも終わらないこと、大きな後戻りが起こること等の弊害を生じるリスクがある。

VI. スプリント効果と目標の顎位

アライナー矯正治療の最終目標としての顎位は、マルチブラケット法の最終目標とおおむね一致している



図7 CO-CR ディスクレパンシーを伴いやすい不正咬合の例, (A) 前歯部交叉咬合, (B) 白歯部シザーズバイト, (C) 前歯部反対咬合

A 初診時



B アライナー装着後1か月経過時



図8 アライナー矯正治療を受ける, 前歯部反対咬合を伴う下顎前突症例

が, 装置の特性が異なるため留意点が異なると考えられる。

それぞれの装置に共通する部分として, 少数の歯を動かす部分矯正では, 初診時に患者が持つ CO を壊さないように治療することが基本となるが, 全顎的な矯正治療を行う場合は, 治療開始前に CR を求め, 動的治療中に咬合を構築し, 機能的に良好な位置に CO を再現する必要がある。動的治療終了時に必ずしも CO と CR が一致している必要はなく, CO と CR が近似している状態での咬合が理想とされているが¹³⁾, 矯正歯科治療後に CO-CR ディスクレパンシーが大きい症例では, 開閉口時に顎が痛く咀嚼運動がスムーズに行えないといった問題が生じる可能性がある。矯正歯科治療において頻繁に使われる臨床的 CR の採得方法にはパワーセントリックバイトがあり, これはマニピュレーションにより CO と CR のディスクレパンシーを測る方法である¹⁴⁾。治療前の臨床検査において, クロスバイト, シザーズバイトあるいは前歯部反対咬

合等 (図7) の CO-CR ディスクレパンシーが大きいと判断された症例においては, 治療方針を計画する前に一定期間スタビライゼーション型スプリントを用いて, 下顎位の安定を図ることがある。

スタビライゼーション型スプリントは, 顎関節治療に広く用いられており, その治療効果としては, 筋痛軽減などが報告されているが, その過程で下顎位に変化が生じることは多く報告されている^{15,16)}。この顎位の変化とは下顎頭が CR に近づく動きを指し, スプリントを用いることで CO-CR のズレが明らかになると言える。矯正歯科治療では, この効果を利用して動的治療開始前にスタビライゼーション型スプリントを用いて CR を採得し, その顎頭位における上下顎間関係を咬合器上で再現する。そのうえで, 各々の歯の位置を決定し, 歯列を構築することにより治療方針を立案する。

このスプリントによる咬合の変化を我々はスプリント効果と呼んでいるが, この変化はアライナー装着時にもしばしば見ることができる。アライナー矯正治療のメリットとして, 咬合面を覆った状態で歯を移動するため, 反対咬合・過蓋咬合・開咬や部分的なクロスバイト・シザーズバイトなどの症例では, マルチブラケット法と比較して矯正治療のスプリント効果が現れやすい。この特性を活かしつつ, アライナー矯正治療では, アライナーを外した直後に安定して咬合できる位置まで歯を移動させることを目標の顎位とする。治療の終盤において, アライナーを外した直後に安定して咬合できない場合は, 早期接触が残存しており, long centric (CO から, 下顎がわずかに前方や後方に移動しても安定した接触を保つことができる範囲) が存在していると考えられる。つまり, long centric が極限まで小さくなった状態で CO を確立することが重要になる。

図8は前歯部反対咬合を伴う骨格性 III 級の症例であるが, アライナー装着後1か月経過した時点で顎位が変化し, オーバージェットが増加し, 前歯の早期接触により臼歯部の離解が認められる。アライナー型矯正装置は咬合面をすべて覆う形状であるため, アラ

イナー装着中は上下顎歯列が咬合できず、下顎の動きや筋の働きが影響を受けやすいため、スプリント効果が得られると考えられる。

このように歯科矯正治療の最終位置は、早期接触により誘導された顎位を改善し、改善後の顎の位置に歯を配列し、生理的な咬合を目指していると考えられる。

VII. エラスティックジャンプについて

前述のように、アライナー矯正治療では顎位を安定させるスプリント効果が得られる。このため、治療計画立案時には顎位の変化を予測し、それをデジタルセットアップ上で反映させる必要がある。毎回の装置調節時に歯の移動方向を調節できるマルチブラケット装置と異なり、アライナー矯正治療では治療計画に基づいて数十ステージ分のアライナー型矯正装置をデザインするため、顎位の変化を予測することはより重要になってくる。この予測とは、過蓋咬合、クロスバイト、シザースバイトあるいは前歯部反対咬合を改善した後の前後的、水平的な顎位の変化を指す。その他、前歯部開咬や前歯部早期接触による臼歯部開咬症例では、早期接触部を選択的に圧下させることにより下顎が反時計回りに回転する。このような症例では、デジタルセットアップ上で便宜的に垂直的なエラスティックジャンプで顎位の変化を予測する必要がある。成長期の患者の場合は、下顎骨の成長予測もこれに含まれる。つまり、エラスティックジャンプとは治療中の顎位の変化をデジタルセットアップ上でシミュレートする作業であり、これはアライナー矯正治療においてのみ生じる移動様式ではない。

VIII. まとめ

アライナー矯正治療は、歯を咬合させない状態で排列することにより、早期接触を判断し易く、患者に適した最終顎位を探ることが可能であると考えられる。具体的には、早期接触により誘導された習慣的な顎位を改善し、機能的に良好な位置にCOを再現する作業を指す。そのためには、改善後の顎位に適切に歯を排列し、生理的な咬合を確立する必要がある。生理的な咬合の確立には、適切なコンタクトポイントを設定することが必要で、特に第一大臼歯と犬歯の最終位置は重要であると考えられる。

文 献

1) Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ.

Orthodontics, 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2017, 234.

2) Zhang T, Cai X. Visual treatment objective-based lateral esthetics preview for implant-supported reconstruction in terminal dentition with proclined maxillary incisors. *J Prosthodont Res* 2024; 68: 186-90.

3) Peterman RJ, Jiang S, Johe R, Mukherjee PM. Accuracy of Dolphin visual treatment objective (VTO) prediction software on class III patients treated with maxillary advancement and mandibular setback. *Prog Orthod* 2016; 17: 19.

4) Tweed CH. The diagnostic facial triangle in the control of treatment objectives. *Am J Orthod* 1969; 55: 651-7.

5) 岩沢忠正ほか. 良い顔貌をもつ正常咬合者の軟組織分析と Tweed 三角について. *日矯歯誌* 1974; 33: 99-104.

6) Baek ES, Hwang S, Choi YJ, Roh MR, Nguyen T, Kim KH et al. Quantitative and perceived visual changes of the nasolabial fold following orthodontic retraction of lip protrusion. *Angle Orthod* 2018; 88: 465-73.

7) Kawamura J, Tamaya N. A finite element analysis of the effects of archwire size on orthodontic tooth movement in extraction space closure with miniscrew sliding mechanics. *Prog Orthod* 2019; 20: 3.

8) Yu JH, Nguyen T, Kim YI, Hwang S, Kim KH, Chung CJ. Morphologic changes of the incisive canal and its proximity to maxillary incisor roots after anterior tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2022; 161: 396-403.e1.

9) Al-Rokhami RK, Sakran KA, Alhammadi MS, Mashrah MA, Cao B, Alsomairi MAA et al. Proximity of upper central incisors to incisive canal among subjects with maxillary dentoalveolar protrusion in various facial growth patterns. *Angle Orthod* 2022; 92: 529-36.

10) 川上哲司. 顎関節症における下顎側方運動に関する臨床的研究：特に Mandibular Kinesiograph による水平面記録の解析について. *奈医誌* 1995; 46: 99-113.

11) Stuart CE. Closure stoppers and Equalizers, Occlusion as seen through the eyes of Charles Stuart, 3, 1978.

12) 館野常司. ナソロジカル・オクルージョン カスパ・フォッサ・ワクシング・テクニクー日常臨床のための実践的変法ー. *顎咬合誌* 1986; 7: 31-45.

13) 丹羽克味, 田島 基紀. 咀嚼・咬合論. 学建書院, 66-74.

14) 上田昌利, 高橋一郎, 川本達雄. Submentalvertex と CPI 計測値との関連性について. *歯科医学* 2001; 64: 195-9.

15) Forssell H, Kalso E. Application of principles of evidence-based medicine to occlusal treatment for temporomandibular disorders: are there lessons to be learned?. *J Orofac Pain* 2004; 18: 9-22; discussion 23-32.

16) Al-Ani Z, Gray RJ, Davies SJ, Sloan P, Glenny AM. Stabilization splint therapy for the treatment of temporomandibular myofascial pain: a systematic review. *J Dent Educ* 2005; 69: 1242-50.

著者連絡先：藤山 光治

〒602-8033 京都府京都市上京区上鍛冶町 329

E-mail: fujiyama@fujiyama-ortho.com