

CAD/CAM 法により bite splint 作製をおこなった 臼歯部多数歯欠損, 外科的矯正治療症例

薄井 陽平^{1,2}, 三原 正志³, 下地 茂弘⁴, 森山 敬太²,
篠原 淳^{4,5}, 汲田 健⁶, 山田 一尋³, 荒井 敦³

¹歯科・矯正歯科 GOOD SMILE (山梨県)

²松本歯科大学 小児歯科学講座

³松本歯科大学 歯科矯正学講座

⁴松本歯科大学 口腔顎顔面外科学講座

⁵緑ヶ丘デンタルクリニック (愛知県)

⁶松本歯科大学病院 歯科技工士室

A surgical orthodontic case with multiple tooth loss
treated by bite splint with CAD/CAM method

YOHEI USUI^{1,2}, MASASHI MIHARA³, SIGEHIRO SHIMOJI⁴,
KEITA MORIYAMA², ATSUSHI SHINOHARA^{4,5}, KEN KUMITA⁶,
KAZUHIRO YAMADA³ and ATSUSHI ARAI³

¹GOOD SMILE Dental Clinic (Yamanashi Prefecture)

²Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry,
Matsumoto Dental University

³Department of Orthodontics, School of Dentistry,
Matsumoto Dental University

⁴Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry,
Matsumoto Dental University

⁵Midorigaoka Dental Clinic (Aichi Prefecture)

⁶Dental technician office, Matsumoto Dental University Hospital

Summary

Recently, the number of middle-aged and elderly orthognathic surgery patients with unhealthy oral conditions has been increasing. Although an interdisciplinary approach in-

volving orthodontist, oral surgeon and prosthodontist is required in orthognathic surgery of these patients, deciding the jaw position after orthognathic surgery is difficult due to unhealthy oral conditions such as edentulous jaw and tooth loss. In the recently study, preoperative simulation methods for orthognathic surgery have been developed through the use of virtual reality computed technology. A male first examined at the age of 36 years and 7 months was diagnosed as having mandibular protrusion with multiple tooth loss and mandibular deviation. The patient was treated interdisciplinary by a team of specialists in surgical orthodontic, dental prosthetic and periodontal treatment. Using the interdisciplinary approach and haptic device with virtual tactile perception showed satisfactory results with regard to occlusal correction and aesthetic outcome in a patient with multiple tooth loss treated with orthognathic surgery.

緒 言

外科的矯正治療では、術前矯正治療後に綿密な治療計画のもとに顎変形症手術シミュレーションを行い、術後の安定した咬合を獲得することが重要である。近年矯正治療の普及に伴い、口腔内状態の多様な患者が外科的矯正治療を目的に来院することが多くなっている。多数歯欠損はその1つで、多数歯欠損を伴う外科的矯正症例では手術後の顎位の決定、正しい咬合高径の回復、さらに術後の補綴物について十分考慮する必要がある。このように多数歯欠損症例では、矯正歯科、口腔外科、補綴歯科が連携した包括的歯科治療（Interdisciplinary approach）による咬合の再構築が必要となる^{1,2)}。

近年、医科・歯科分野における画像技術の発展に伴いコンピューターシミュレーションによる手術支援が活発に応用されている。歯科ではインプラント治療でCTデータから構築した三次元画像を用いたシミュレーションソフトを用いた治療がおこなわれている³⁻⁵⁾。このような画像技術の進歩は、外科的矯正治療患者の三次元的な診断と治療計画の立案を可能にした⁶⁾。現在、顎変形症手術では、術前に歯科矯正医が二次元側面および正面セファログラムによるペーパーサージェリーと歯列の石膏模型を用いたモデルサージェリーを行い、手術用bite splint作成し、手術を行っている⁷⁾。しかし、この方法では下顎骨分割後に移動した骨片間の干渉および間隙が予測できないなどの問題がある。

今回われわれは、臼歯部多数歯欠損と顎偏位を伴う骨格性下顎前突症の患者に対し、補綴歯科と

の連携により失われた咬合高径の回復を行うと共に、口腔外科と連携し、CTデータから変換した三次元骨データと石膏模型データを統合して顎切り手術シミュレーションを行い、その後CAD/CAM法でbite splintの作製し、顎変形症手術を行った。

そこで今回用いた新たな包括的歯科治療のアプローチによる外科的矯正治療の経過について報告する。

症 例

初診時年齢36歳7か月の男性。顔の歪み、下顎の前突、前歯が咬み合わない、奥歯で咬むことができないことを主訴に来院した。家族歴は、父が下顎前突であった。

現症：

1) 顔貌所見：顔貌は正面観では下顎が右方に偏位し、側面観では下顔の突出が認められた (Fig. 1 A)。

2) 歯の配列状態及び口腔内所見：臼歯部は6|及び|8のみが歯冠を有しており、5 4 | 1 2 4 5 6 7, 7 6 5 4 | 5 6の歯冠は崩壊して補綴物は認められず、Eicherの分類ではC1型を呈し、咬合高径は失われた状態であった (Fig. 1 B, C)。3|歯頸部に齲蝕が認められた。

3) 頭部エックス線規格写真分析：側面セファログラム：上顎骨の位置 (SNA) は標準的な値を示し、下顎骨の位置 (SNB) は1S.D. を越えて前方位を示し、ANBは小さく、下顎骨の過成長がみられた。下顎下縁平面角は1S.D. を越えて大きい値でハイアングルを示した。上顎前歯歯軸は標準値内であるが唇側傾斜を示し、下顎前歯歯軸は

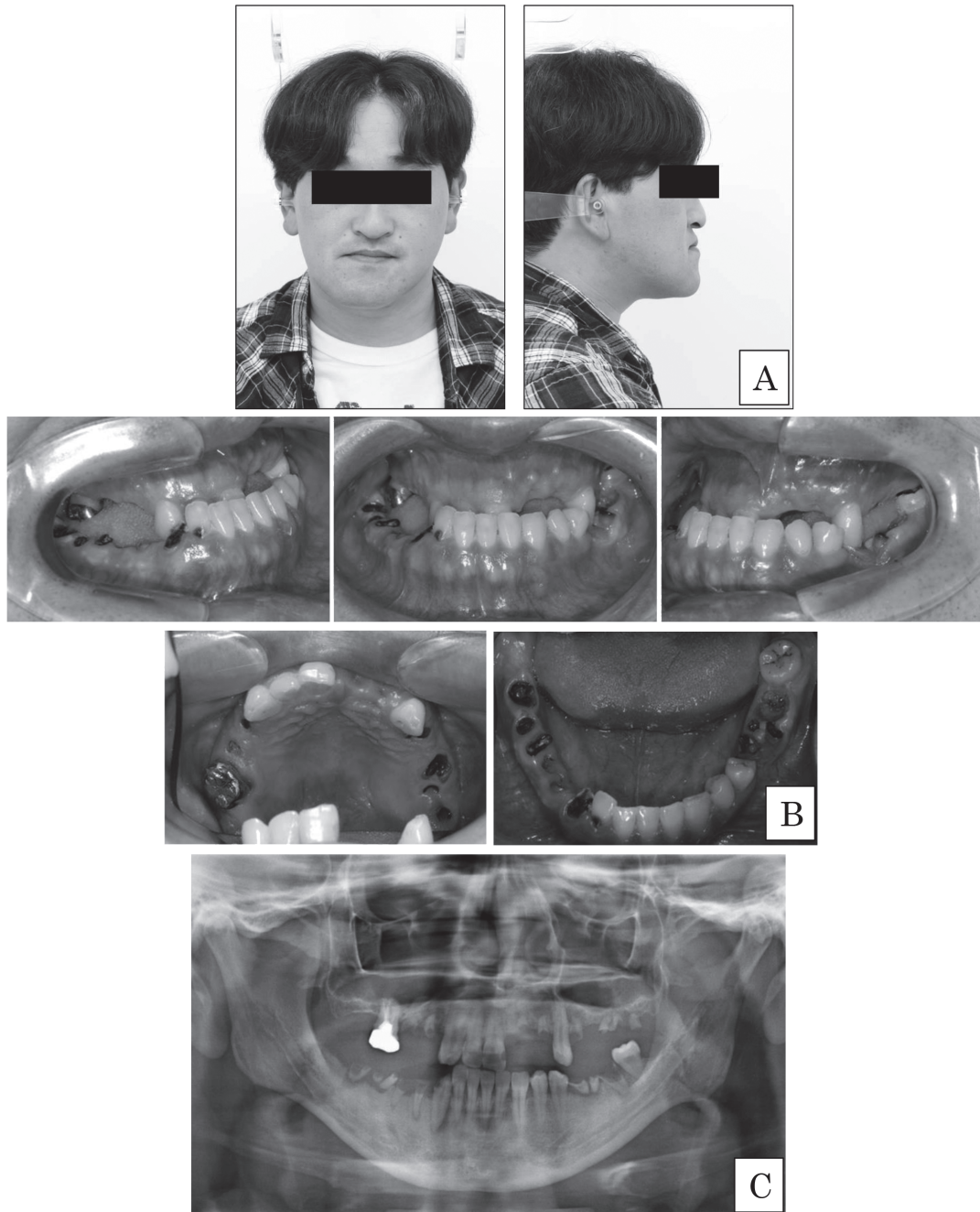


Fig. 1 初診時

A: 顔面写真 B: 口腔内写真 C: パノラマX線写真

標準値を著しく越えて舌側傾斜をしており, 上下顎歯軸はデンタルコンペーションを呈していた. 正面セファログラム: 下顎骨の右側偏位 (Menton: 12mm) を認めた.

4) パノラマエックス線写真: $\overline{5\ 4\ |\ 1\ 2\ 4\ 5\ 6\ 7}, \overline{7\ 6\ 5\ 4\ |\ 5\ 6}$ は歯冠の崩壊が著しく根尖部病変が認められた (Fig. 1 C).

診断: 多数歯欠損と下顎骨右側偏位を伴う骨格性下顎前突症例

治療方針:

- 1) 残根状態であった $\overline{5\ 4\ |\ 1\ 2\ 4\ 5\ 6\ 7}, \overline{7\ 6\ 5\ 4\ |\ 5\ 6}$ は歯冠の崩壊が著しく, 根尖部病変が認められることから保存不可能と診断し, 抜去する.
- 2) 矯正治療前に臼歯部での咬合を回復するため, 治療用義歯を作製する.
- 3) マルチブラケット装置を用いた術前矯正治療により下顎前歯歯軸の改善を行う.

4) 術前 CT は、本症例の咬頭嵌合位が不安定であるため、咬合器上の模型からシリコン印象材による咬合採得を行い、CT 撮影する (Fig. 2 A).
 5) シミュレーションソフト (Biona : 和田精密歯研) を併用して CT データに歯列模型を統合し、ハプティクスデバイスに Freeform ソフトウェア (ジオマジック社) 下顎骨の後退量をシミュレーションする。その際、下顎歯列はテンプレートを使用して、CT 歯列像に石膏歯列像を統

合する。

6) 手術予定後の顎位シミュレーション画像で bite splint を CAD/CAM システムにより作製する。

7) 上下顎間関係の改善のため下顎骨の顎変形症手術 (下顎枝矢状分割術) を適応する。

8) 顎変形手術後に治療用義歯を再製作する。

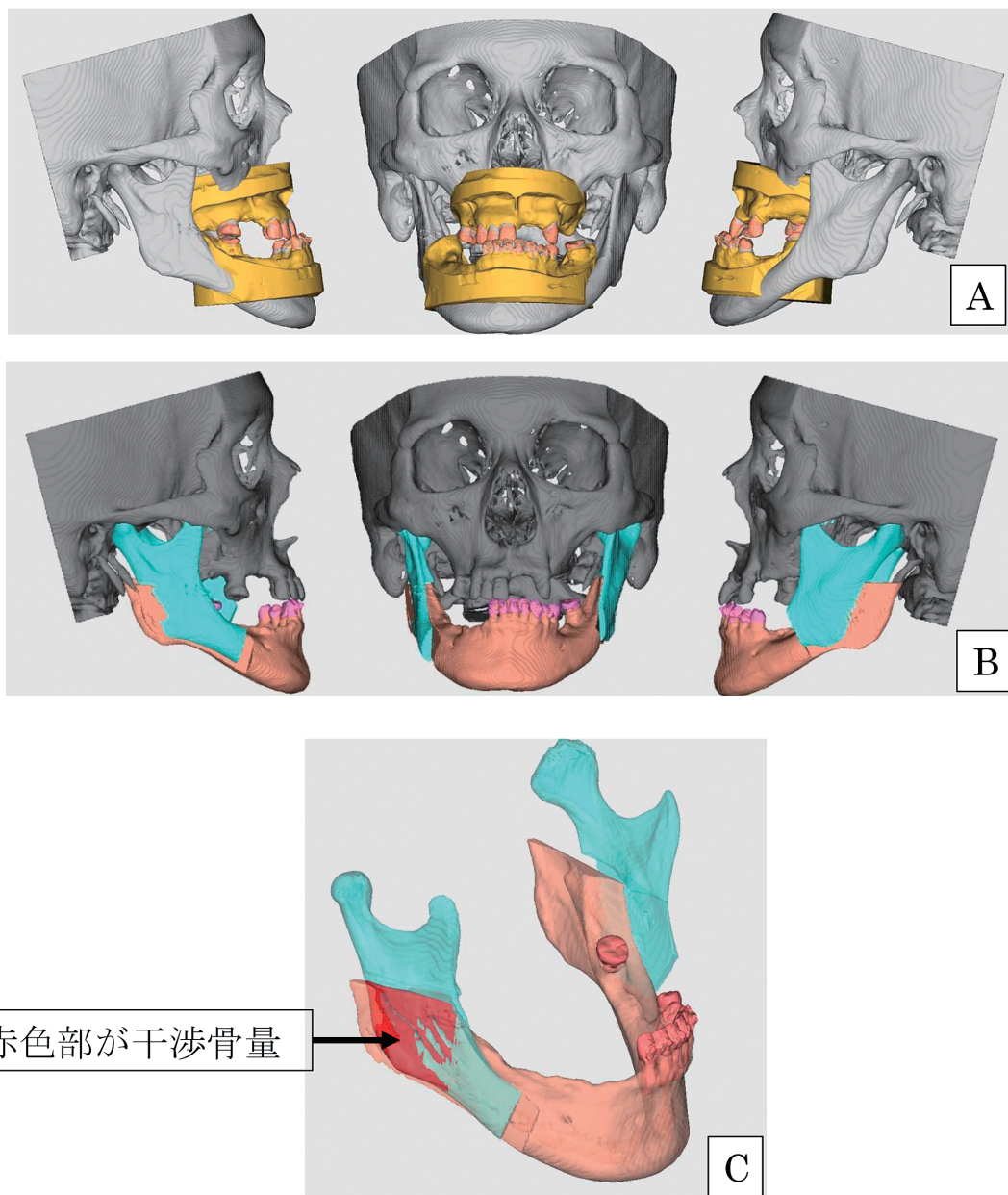


Fig. 2 シミュレーション画像

A : CT 骨像と石膏模型の統合時の画像

B : 下顎骨移動後の画像

C : 移動後の下顎骨骨片と顎関節骨片の干渉量予測画像

治療経過:

1) 保存不可能と診断された $\overline{54} \mid \overline{124567}$, $\overline{7654} \mid \overline{56}$ を抜歯し, 咬合高径の獲得のため補綴専門医により治療用義歯を装着した. クラスプは $\overline{63} \mid \overline{3}$, $\overline{4}$ に装着した. 患者は義歯を使用するのは初めてであったが使用状況は良好であった. $\overline{3}$ の歯頸部に認められた齲蝕の治療は, 治療用義歯装着後に行った.

2) 下顎前歯 $\overline{34}$ にマルチブラケット装置 (.018×.025 スロット) を装着し, レベリングを開始した. イニシャルワイヤーはニッケルチタンワイヤー (0.014 インチ) を用いた. その後 TMA (0.016×0.022 インチ) を装着し, 4 か月後に TMA (0.017×0.025 インチ) によるディテーリングを開始した. ブラケット装着 6 か月後, 術前矯正治療を終了した.

下顎骨後退のシミュレーション:

手術時の下顎骨移動シミュレーションでは下顎の前方位と右側偏位を改善するために下顎枝矢状分割術を想定し, 遠位骨片を右側1.7mm 左側9.0mm 後方へ移動し, 下顎両側中切歯切縁間を3.5mm 左方へMenton を1.0mm 下方へ移動し, 下顎骨の前方位と右側偏位を改善した位置を最終的な下顎骨の位置とした (Fig. 2 B). この際右側の移動骨片内側に厚さ4.0mm の骨の干渉が起きることが予測された (Fig. 2 C). そのため右側の内側骨片を4.0mm 削除して下顎骨位置決めのシミュレーションを行い, この顎位で Bite Splint の作製に移ることとした.

顎変形症手術時の bite splint 作製:

bite splint は術前の上下顎位置を規定するための bite splint 0 と下顎骨骨切り後の下顎骨位置決定用の bite splint 1 を作製した. この際 bite splint の咬合高径は術前に撮影した CT 画像の下顎位を平行移動させた位置で設定した. 本症例では残存歯が少なく歯列のみで上下顎位置を規定することが困難であると予測されたため, 歯列と口蓋に適合させる方式の bite splint 0 を作製した (Fig. 3 A, B). bite splint 1 は術中に口腔内への挿入を容易にするため, 上下顎を 2 分割して作製した (Fig. 4 A).

顎変形症手術: 実際の下顎枝矢状分割手術では

下顎骨内側骨片の干渉は2.0mm で, 右側1.0mm 左側9.0mm 後方移動し, 術中の顎位を安定することが出来た (Fig. 4 B). 術後3 か月で治療用義歯を再製作し装着した.

術後の治療評価:

1) 顔貌所見: 正面観では左右の非対称性は改善し, 側面観で下顎の突出の改善が認められた (Fig. 5 A).

2) 口腔内所見: 上顎には $\overline{631} \mid \overline{3}$, 下顎には $\overline{4}$ にワイヤークラスプをかけた治療用義歯を装着した. 水平的な顎間関係は改善され, オーバージェットは +2.0mm, オーバーバイトは ±0 mm を示したが, 治療用義歯の $\overline{543} \mid \overline{45}$, $\overline{543} \mid \overline{5}$ は交叉咬合を呈していた. 術後は顎関節に症状も認められず, 本人の咀嚼状況にも問題が認められなかったため, 保定終了後に最終的な補綴治療を行うこととした (Fig. 5 B).

3) 頭部エックス線規格写真分析: SNB は82.5° から77.0° に改善し, ANB は -3.5° から2.0° に改善した. 臼歯部咬合支持の獲得により FMA は33.5° から38.5° に増加し Occlusal Pl. は9.0° から15.0° に増大した. U1 to FH は112.0° から111.0° と大きな変化は認められなかったが, 下顎前歯は63.5° から68.0° と唇側傾斜し, デンタルコンペンセーションは改善した. 術後の重ね合わせでは下顎骨は右側で1.0mm 左側で9.0mm 後退し, 下顎前歯の正中は3.5mm 改善しシミュレーションに近い下顎骨の移動量が得られた.

4) パノラマエックス線所見: 残存歯には歯根吸収は認められず, 欠損歯部位の歯槽骨吸収の進行も認められなかった (Fig. 5 C).

治療終了後2年経過時の所見:

治療終了2年経過時, 顔貌に大きな変化は認められなかった (Fig. 6 A). 上下顎の水平的な顎間関係は改善されたが, 両側小臼歯部には交叉咬合であるため, 今後顎間関係の変化を注意深く観察し, オーバージェットとオーバーバイトには特に大きな変化はなく安定していた (Fig. 6 B, C). 義歯小臼歯部の交叉咬合は最終補綴治療により改善する予定である. 側面セファログラムの重ね合わせからは上下顎前歯歯軸に大きな変化はなく安定していた (Fig. 7 A, B).

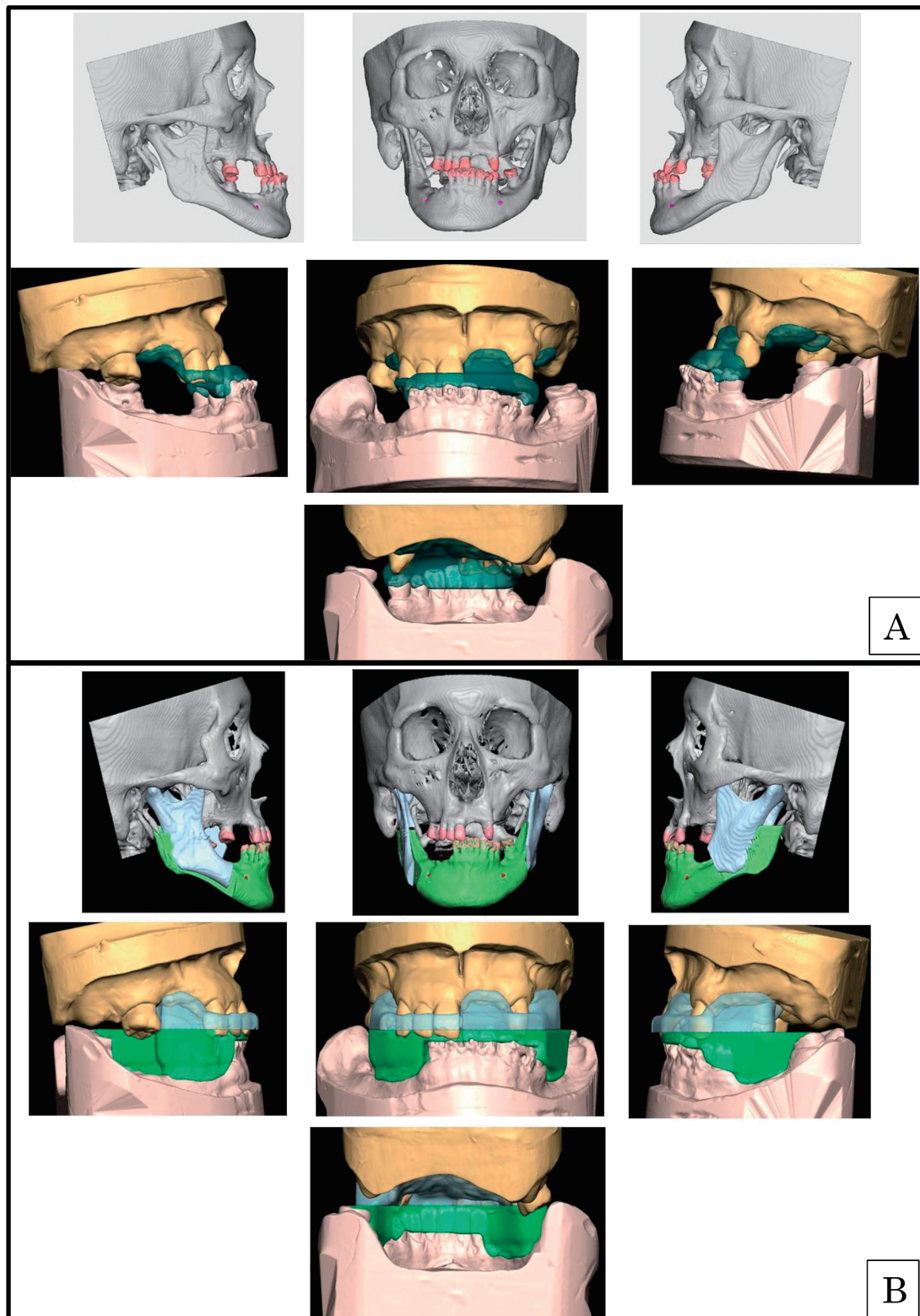


Fig. 3 シミュレーション画像 Bite Splint 装着時
 A : Bite Splint 0 (術前) の画像
 B : Bite Splint 1 (骨移動用) の画像

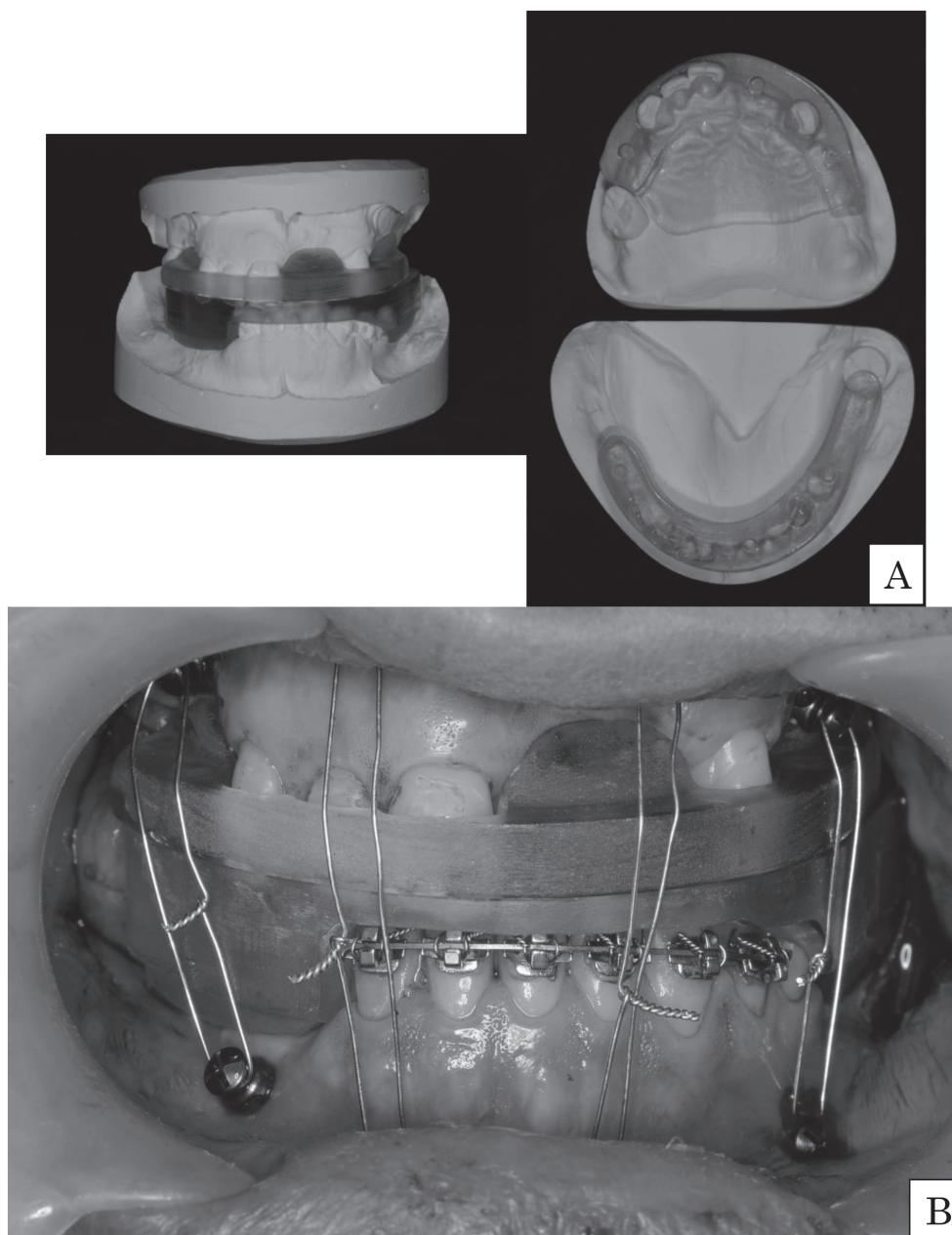


Fig. 4 Bite Splint 1 (骨移動用) の画像

A: 石膏模型装着時

B: 口腔内装着後 顎間固定時

考 察

術前矯正治療では、術後の安定性を考慮して歯根の再配列とデンタルコンペンセーションの改善を行った。一般的に、下顎前歯は歯根が歯槽骨の中心に位置された状態でなければ経時的な変化が起きやすいとの報告がある⁸⁾。その理由として下顎前歯が上顎前歯に比べて、口唇や舌軟組織から受ける機能圧に対する影響を受けやすく、口腔内

で最も不安定になりやすいためである^{8,9)}。そこで本症例では下顎前歯のデンタルコンペンセーションを可能な限り除去した。

現在歯科臨床では、CTデータをもとに三次元画像構築を行い、シミュレーションソフトを使用することで精度の高いインプラントの埋入部位決定の診断を行うことが可能となってきた^{6,10,11)}。また、顎変形症手術では触覚デバイスにより仮想オブジェクトを操作できるハプティクスデバイス

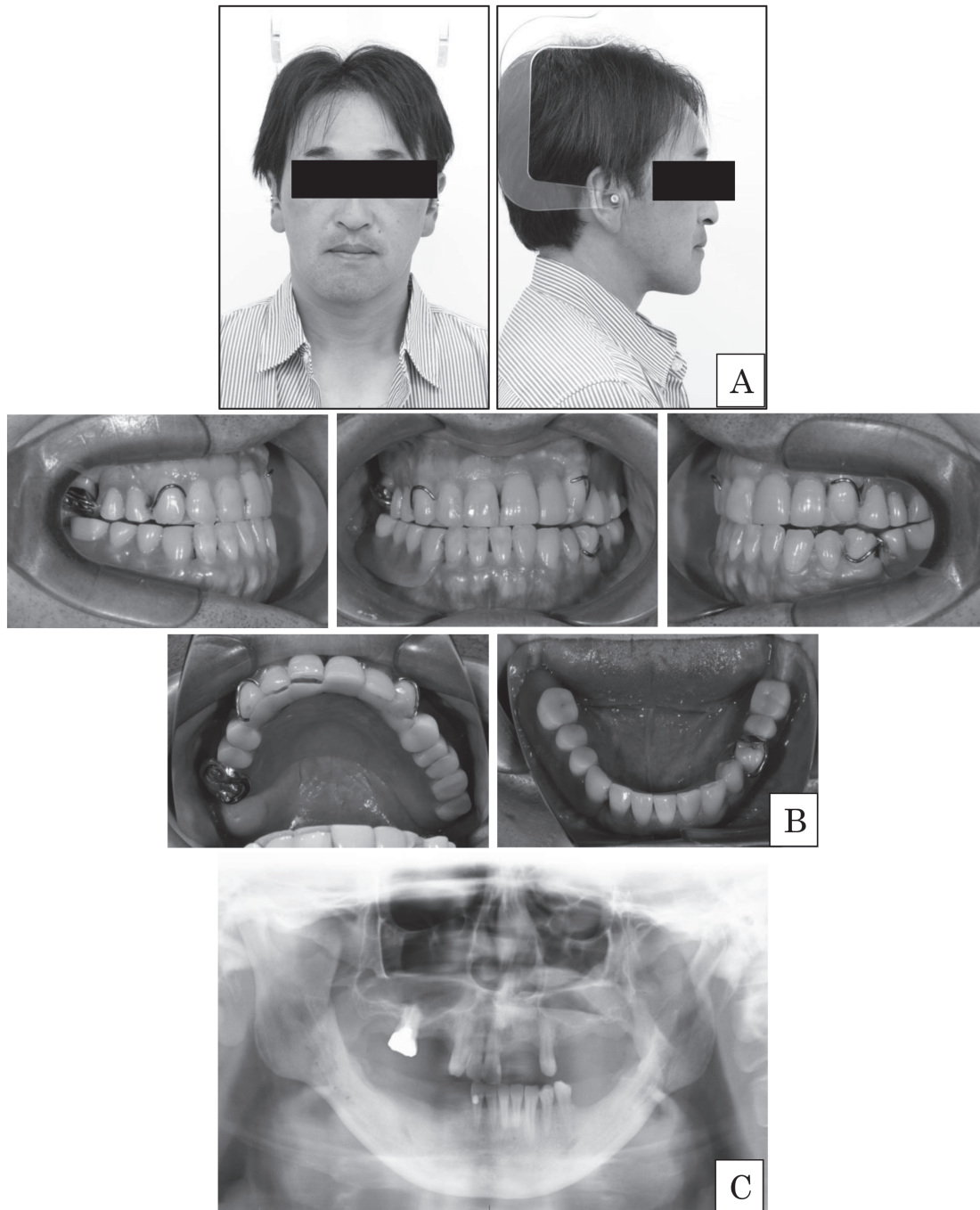


Fig. 5 動的治療終了時

A: 顔面写真 B: 口腔内写真 C: パノラマX線写真

に、シミュレーションソフトを併用して顎変形症手術の顎骨移動シミュレーションも行うことが出来るようになってきた。

下顎骨偏位症例の顎変形症手術では、分割移動した骨片間の干渉や裂間が生じやすい。従来の2次元エックス線画像と歯列模型によって作成するbite splintでは、これらの骨片間の干渉や裂間を正確に予測できない。CTを用いた顎変形症手術

シミュレーションで、この問題を解決できる¹²⁾。われわれは、このCT画像をvirtualに操作できるハプティクスデバイスを用いて顎切りの手術シミュレーションを行い、その過程でbite splintを設計し、CAD/CAM製作して手術を行った。ハプティクスデバイスで操作することにより、使用者が仮想オブジェクトの力、振動、動きなどを皮膚感覚で操作出来るため、下顎骨の位置決めが

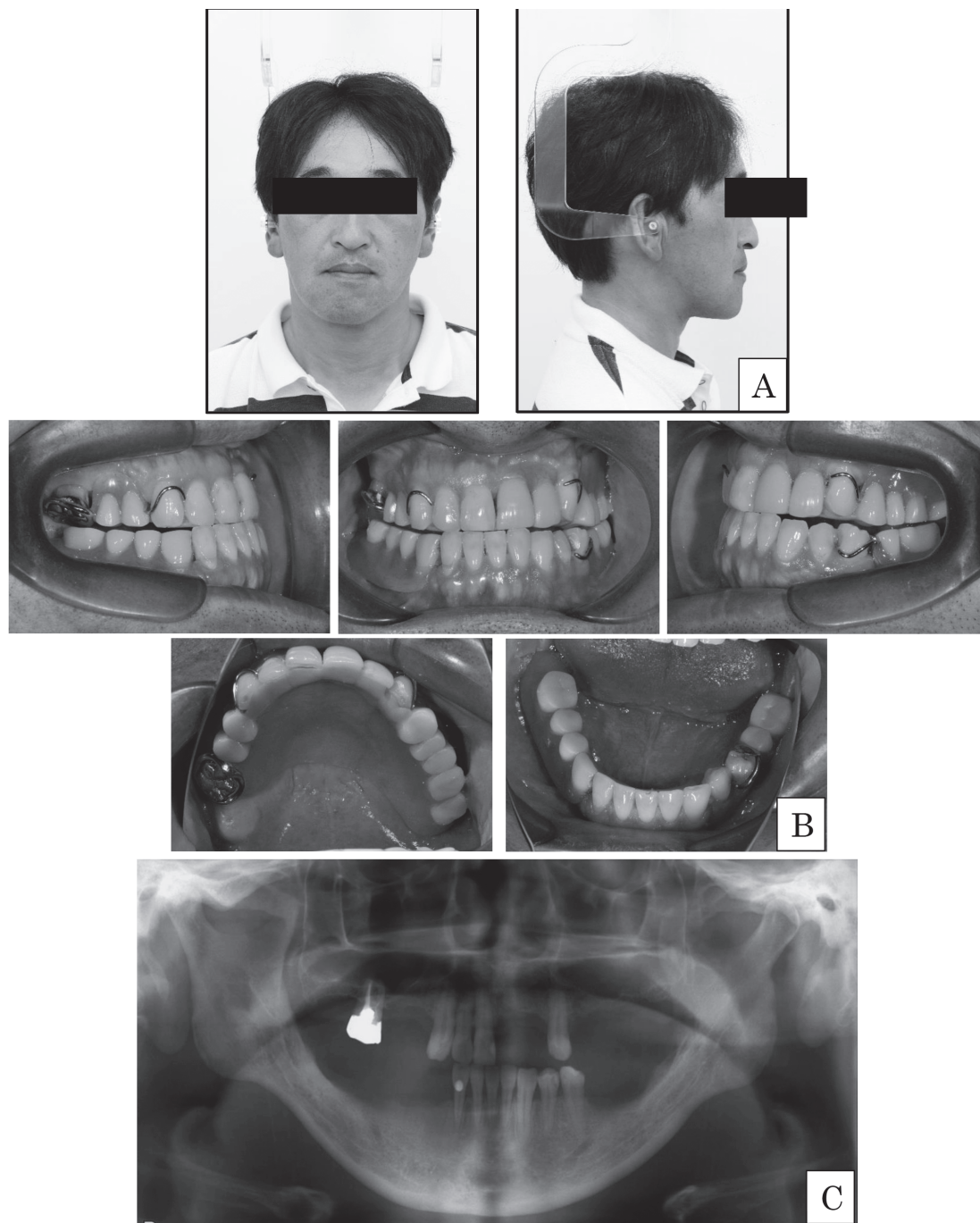


Fig. 6 動的治療終了2年後

A: 顔面写真 B: 口腔内写真 C: パノラマX線写真

容易に行うことができた。

また, CTを用いてbite splintを作成する際に問題となるのは, 歯列像の形状精度である。そこで本症例では, 石膏模型の歯列画像を用い, これをCT像と位置合わせをした後に置換した^{10,11,13-15)}。上顎歯列はシミュレーションソフトによりテンプレートを使用せず, 顎骨のCT歯列像データと石膏歯列像の位置合わせを行ったが,

下顎は頭蓋骨に固定されていないため, 位置合わせ用テンプレートを使用してCT歯列像を石膏歯列像に置き換えた。この石膏歯列像を用いて作成したbite splintを適用した結果, 術後安定した咬合が得られた。シミュレーションでは干渉する右側の内側骨片は4.0mmと予測されたが, 手術時の内側骨片の削除量は2.0mmあった。しかしながら, bite splintの使用により安定した顎位を

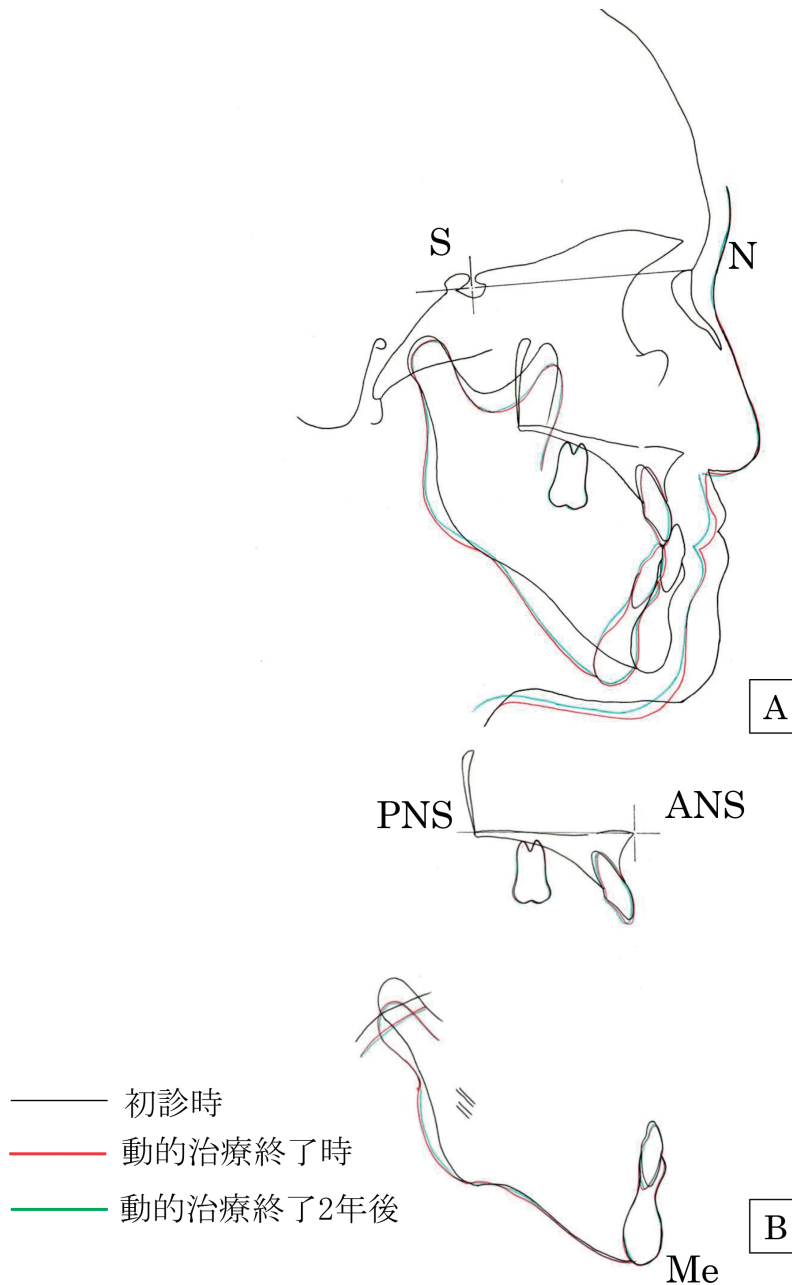


Fig. 7 重ね合わせ
A: SN 平面重ね合わせ B: 上下顎骨 重ね合わせ

獲得できた。術後の重ね合わせでは下顎骨は右側1.0mm, 左側9.0mmの後退量が認められ, ほぼシミュレーション通りの結果となった。

多数歯欠損により顎変形症手術後の咬合の確立について, 渡部らは多数歯欠損により顎変形症手術後において緊密な咬頭嵌合が得られない患者では, 術後に下顎骨の位置が不安定な傾向がみられるため, 顎位および咬合関係の速やかな獲得が重要であると述べている¹⁶⁾。また, 佐田らは多数歯欠損を伴う下顎偏位の症例に対して, 顎変形手術

後の新たな咬合位を確立させるためには顎間固定中の暫間義歯の使用が必要であると述べている¹⁷⁾。本症例は臼歯部多数歯欠損と顎偏位を伴う骨格性下顎前突症で, 術前矯正治療中の咬合位の構築のため, 補綴科との連携により治療用義歯を術前矯正治療中から併用し, 術中の顎位の決定にbite splintを適用し, さらに術後に獲得する咬合への早期適応のため, 顎変形症手術後には治療用義歯を再作製した。今後は上下顎臼歯部にインプラント治療を施し, 更なる咬合の安定を図る予定

である。

結 語

今回、臼歯部多数歯欠損と顎偏位を伴う骨格性下顎前突症の患者に対し、補綴歯科との連携により失われた咬合高径の回復を行うと共に、CT歯列像を石膏歯列像に置換し、ハプティクスデバイスを用いて外科的矯正治療のシミュレーションを行った。さらに、CAD/CAMシステムを併用してbite splintを作製し、顎変形症手術を行い、術後安定した咬合が得られた。

多数歯欠損ならびに顎偏位で術後顎位の位置決めが困難な場合、ハプティクスデバイスを用いて外科的矯正治療のシミュレーション、CAD/CAMを用いたbite splintの作成は、有用な方法であることが示された。

本演題に関して、発表者の開示すべき利益相反はない。また報告をするにあたり、患者本人の承諾は得られている。

文 献

- 1) 中納治久, 松本一彦, 片岡洋子, 福本顕嗣, 横宏太郎 (2005) Interdisciplinary dentistry を実践した顎変形症治療例. 昭歯誌 25 : 122-32.
- 2) 藤本絢子, 吉川仁育, 富永憲俊, 西村 眞, 美馬孝至, 岡藤範正 (2017) 無歯学者の顎変形症治療における矯正歯科の役割. 日顎変形誌 27 : 183-9.
- 3) 細川隆司 (2012) インプラント補綴治療介入におけるCTシミュレーションの活用. 補綴誌 4 : 140-7.
- 4) Sohmura T, Kusumoto N, Otani T, Yamada S, Wakabayashi K and Yatani H (2009) CAD/CAM fabrication and clinical application of surgical template and bone model in oral implant surgery. Clin Oral Imp Res 20 : 87-93.
- 5) Kusumoto N, Sohmura T, Yamada S, Wakabayashi K, Nakamura T and Yatani H (2006) Application of virtual reality force feedback device for dental implant surgery. Clin Oral Impl Res 17 : 708-13.
- 6) 莊村泰治 (2008) CAD/CAMによる歯科手術シミュレーションと手術支援. 阪大歯誌 52 : 27-32.
- 7) 高橋庄二郎 (2001) 顎変形症治療アトラス, 1版, 医歯 : 71-98. 東京.
- 8) 林 加奈子, 馬谷原琴枝, 竹之内裕行, 岩井裕昭, 西尾幸奈, 鶴町仁奈, 本吉 満, 清水典佳, (2013) 不正咬合者の下顎中切歯根尖の唇舌的位置と顎顔面形態との関係. 東京矯正歯誌 23 : 3-8.
- 9) Little RM, Wallen TR and Riedel RA (1981) Stability and relapse of mandibular anterior alignment—first premolar extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. Am J Orthod 80 : 349-65.
- 10) 莊村泰治 (2010) CTで開拓されるデンタルテクノロジー. 歯産学誌 24 : 8-15.
- 11) Ohtani T, Kusumoto N, Wakabayashi K, Yamada S, Nakamura T, Kumazawa Y, Yatani H and Sohmura T (2009) Application of haptic device to implant dentistry — accuracy verification of drilling into a pig bone. Dent Mater J28 : 75-81.
- 12) 莊村泰治 (2013) 歯科用CTによるインプラント手術支援. 日歯理工学誌 32 : 453-6.
- 13) 莊村泰治 (2013) 3Dプリンターの歯科への応用. 日本歯科医師会雑誌 66 : 473-82.
- 14) Sohmura T, Hojo H, Nakajima M, Wakabayashi K, Nagao M, Iida S, Kitagawa T, Kogo M, Kojima T, Matsumura K, Nakamura T and Takahashi J (2004) Prototype of simulation of orthognathic surgery using a virtual reality haptic device. Int J Ora Max Surg 33 : 740-50.
- 15) Sohmura T, Hojoh H, Kusumoto N, Nishida M, Wakabayashi K and Takahashi J (2005) A novel method of removing artifacts because of metallic dental restorations in 3-D CT images of jaw bone. Clin Oral Impl Res 16 : 728-35.
- 16) 渡部博之, 向井陽祐, 高木あすか, 村林 学, 黒柳ふみ, 北井則行 (2013) 上下顎歯列幅径の不調和を伴う骨格性下顎前突症の外科矯正治療例. 岐歯学誌 40 : 69-76.
- 17) 佐田彩子, 萬 健一, 岸本正雄, 日置茂弘, ROGELIO J. SCOUGALL VILCHIS, 丹羽金一郎 (2002) 多数歯欠損と著しい下顎偏位を伴った骨格性下顎前突症の一治療例. 岐歯学誌 29 : 104-14.