

症例報告

FKO を用い非抜歯にて治療を行った 下顎非対称を伴う骨格性上顎前突症例

昭和大学歯学部歯科矯正学講座

高橋満理子* 榎 宏太郎

抄録：患者は初診時年齢 12 歳 4 か月の女児。上の歯が下の歯に覆い被さり歯がかみ合わない事を主訴に、矯正治療を希望して来院した。本症例は骨格性Ⅱ級、下顎の左右非対称を伴う Angle Cl. Ⅱ 症例であった。1 期治療で FKO（アクチベーター）を 15 か月使用し下顎の成長促進を行い、非対称を増長することなく overjet の改善が得られたため非抜歯にて 2 期治療を行い、安定した咬合を得た。機能的顎矯正装置の作用メカニクスは未だ不明な点もあるが、後に続く 2 期治療の難易度や侵襲の低減が可能であり、非対称症例においても 1 期治療の臨床的な重要性が示唆された。

キーワード：1 期治療、機能的顎矯正装置、FKO、左右非対称

緒 言

顔面骨格の非対称を呈する症例は、Hemifacial microsomia などの先天性疾患¹⁾ 以外にも、片側下顎頭における過形成や低形成、顎関節の退行性変化や骨折などの原因があり^{2,3)}、日常臨床で接する機会は多い。特に成長発育期においては左右下顎頭の量的成長の差が顕著になり非対称が増長され、咬合平面の傾斜や上顎前突、開咬といった咬合状態の悪化が懸念される¹⁾。こうした下顎の非対称を伴う骨格性上顎前突症の治療では、小児期に可及的に非対称を補正するよう下顎頭の軟骨性成長を賦活化する事で、咬合状態の改善だけでなく外科的矯正治療や抜歯の回避等、後の治療の難易度や侵襲を大きく低減する事が可能となる場合がある⁴⁾。本症例は、著しいオーバージェットと左右非対称を示した上顎前突症例に対して思春期に治療を開始し、代表的な機能的顎矯正装置である FKO を使用し下顎の成長促進と臼歯の挺出、マルチブラケットシステムにより歯列の近遠心的位置関係と歯軸の補正を行った結果、非対称を増長することなく安定した咬合を得られたので報告する。

症 例 概 要

初診時年齢 12 歳 4 か月の女児。上の歯が下の歯に覆い被さり、歯がかみ合わない事を主訴に来院した。

*責任著者

正貌は右上がりの咬合平面を示しオトガイが軽度にも右偏、口腔周囲の筋に緊張を認め、側貌は convex profile であった (Fig. 1A)。Overjet +8.5 mm, overbite +6.0 mm, 臼歯関係は両側 Angle Cl. Ⅱ, 下顎歯列の正中は上顎歯列に対し右側に 2.0 mm 偏位していた。口腔内所見および模型分析から下顎歯列は非対称な歯軸傾斜を示し、右側臼歯部は舌側に、前歯部は左側に強い歯軸傾斜が認められた (Fig. 2A)。顎関節にクリックや疼痛はみられず開閉口はスムーズであった。骨折などの外傷の既往はなかった。側面頭部 X 線規格写真では、SNA 82.0° (+1S.D.), SNB 74.5° (-2S.D.), ANB 7.5° であった。Pog'-Go 67.3° (-3S.D.), Cd-Go の左右平均値は 53.8° (-2S.D.), 左側に比べ右側下顎枝高が 5.5 mm 短縮していた。FMA は 28.8° と平均的な顔面タイプ, U1 to FH, L1 to Mandiblar はいずれも (+1S.D.) と標準的であった (Table 1)。正面頭部 X 線規格写 (P-A) では、正中基準線に対して咬合平面は右上がりに傾斜し Me は 4.5 mm 右側に偏位していた (Fig. 3A)。パノラマ X 線写真では右側下顎頸部の長さが短縮し下顎切痕が浅く、筋突起にかけての形態に左右差がみられた (Fig. 4A)。顎関節パノラマ X 線写真からは開口時の滑走量に著しい左右差は認められず、左側より小さい右側下顎頭が確認された。表面筋電極を用いた咀嚼筋筋電図検査では右側咬筋の活

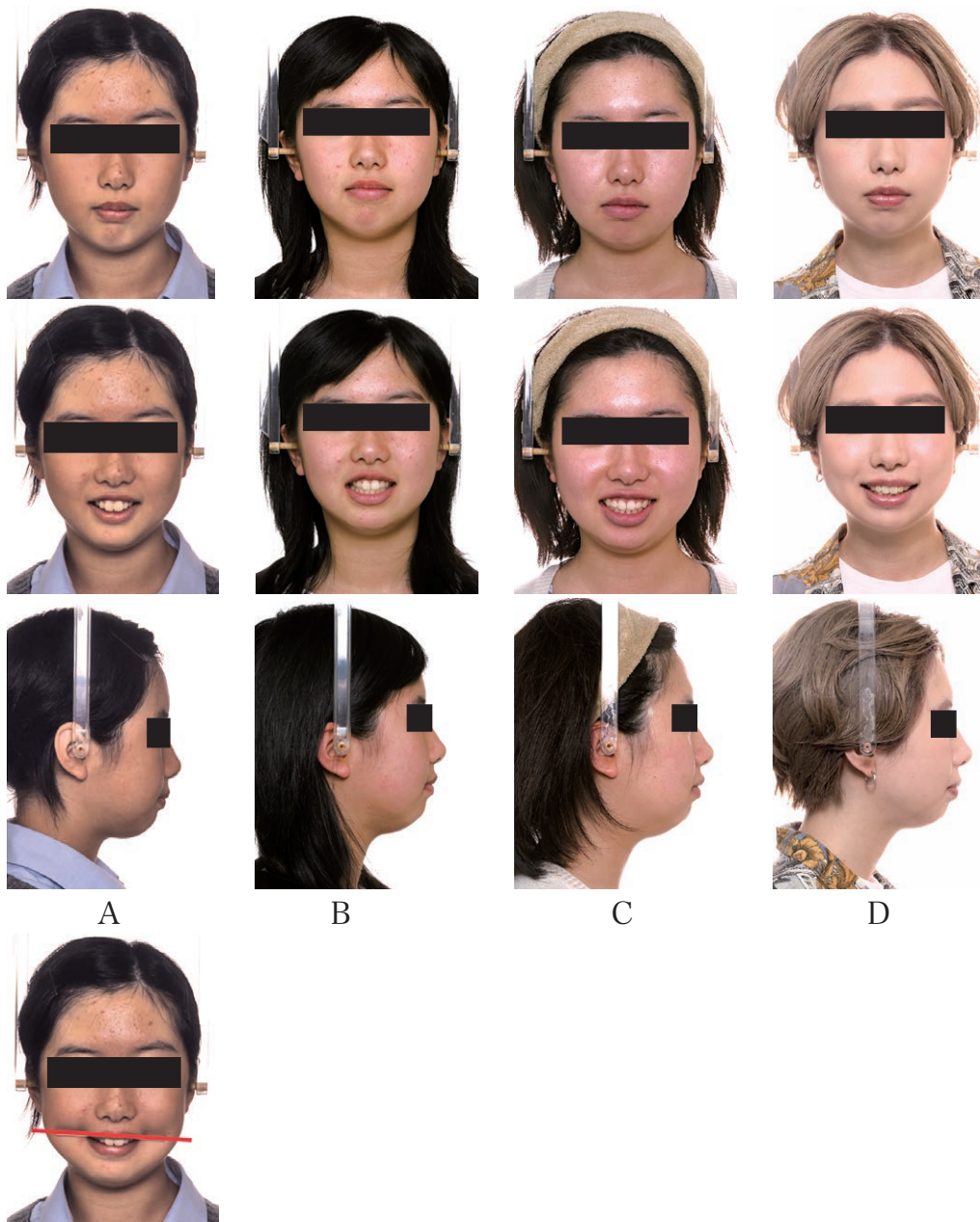


Fig. 1 Facial photographs

A : Pre-treatment

B : Post 1st phase treatment

The red line on photograph A indicates occlusal plane.

C : Post 2nd phase treatment

D : 7 years after out of retention

動性が左側に比べ低く、軽度の左右差が認められた (Fig. 5A). 咬合記録用感圧フィルムを用いた検査では MVC (maximum voluntary clenching) 時の咬合力は 455 N であった.

診断・治療目標

下顎骨の左右非対称を伴う、下顎劣成長による骨格性上顎前突症と診断した。治療目標は、1期治療では下顎の成長促進による臼歯関係と被蓋の改善、

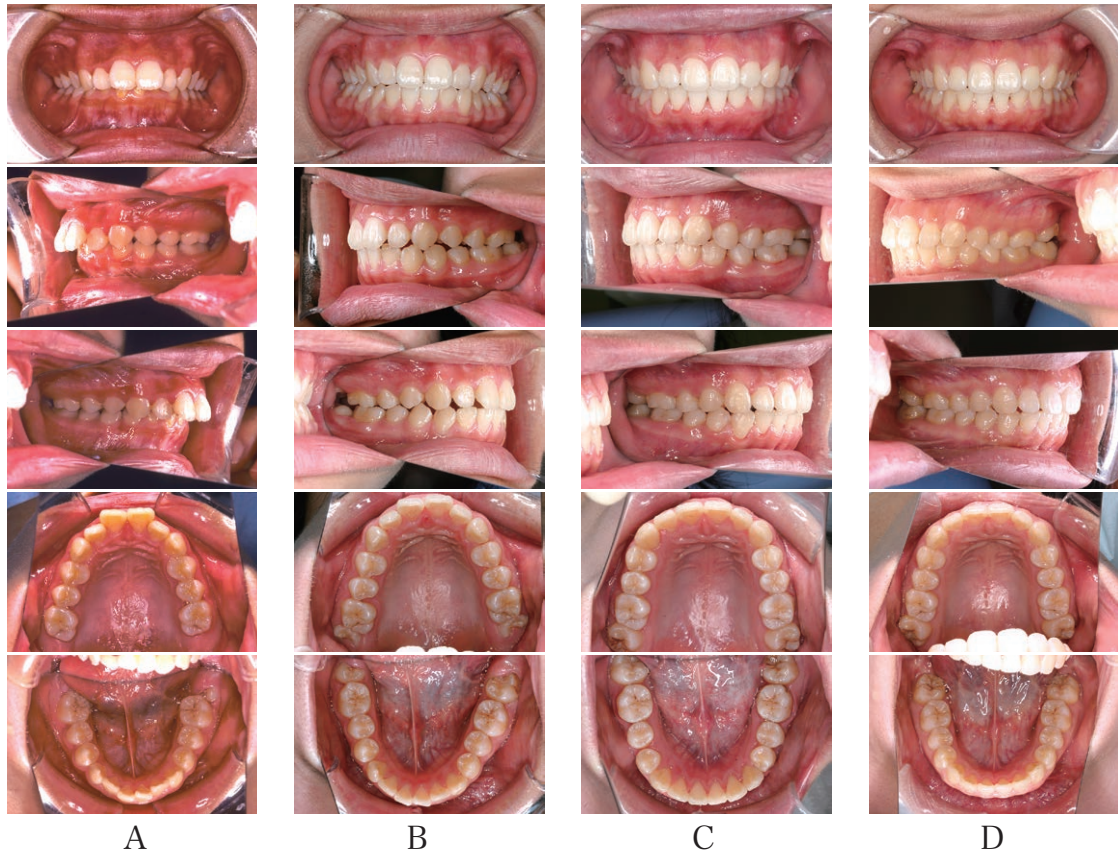


Fig. 2 Intraoral photographs

A : Pre-treatment

B : Post 1st phase treatmentC : Post 2nd phase treatment

D : 7 years after out of retention

Table 1 Lateral cephalometric analysis

	Pre treatment (12y4m)	Post 1st phase treatment (14y1m)	Post 2nd phase treatment (18y0m)
SNA	82.0 (+1)	80.9 (−1)	80.2 (−1)
SNB	74.5 (−2)	73.8 (−1)	72.5 (−2)
ANB	7.5	7.0	7.7
Gonil Angle	123.3 (−2)	125.6 (−1)	124.6 (+1)
FMA	28.8	33.9	32.9 (+1)
IMPA	98.9	106.2	106.4 (+2)
FMIA	52.3	39.8	40.6 (−3)
U1-FH	112.2 (+1)	104.6 (−2)	103.1 (−2)
L1-Mandibular	98.9 (+1)	106.2 (+2)	106.3 (+2)
Gn-Cd	106.8 (−2)	108.6 (−2)	108.3 (−3)
Pog'-Go	67.3 (−3)	68.5 (−2)	67.0 (−3)
Cd-Go	53.8 (−2)	56.8 (−1)	56.8 (−2)
Is-Is'	32.1 (+1)	32.8 (+2)	32.6 (+1)
Mo-Ms'	19.7 (−2)	22.3 (−1)	23.4 (−1)
Ii-Ii'	43.5 (+1)	44.0 (+1)	44.7 (+1)
Mo-Mi'	30.9 (−1)	33.6 (+1)	35.1 (+1)

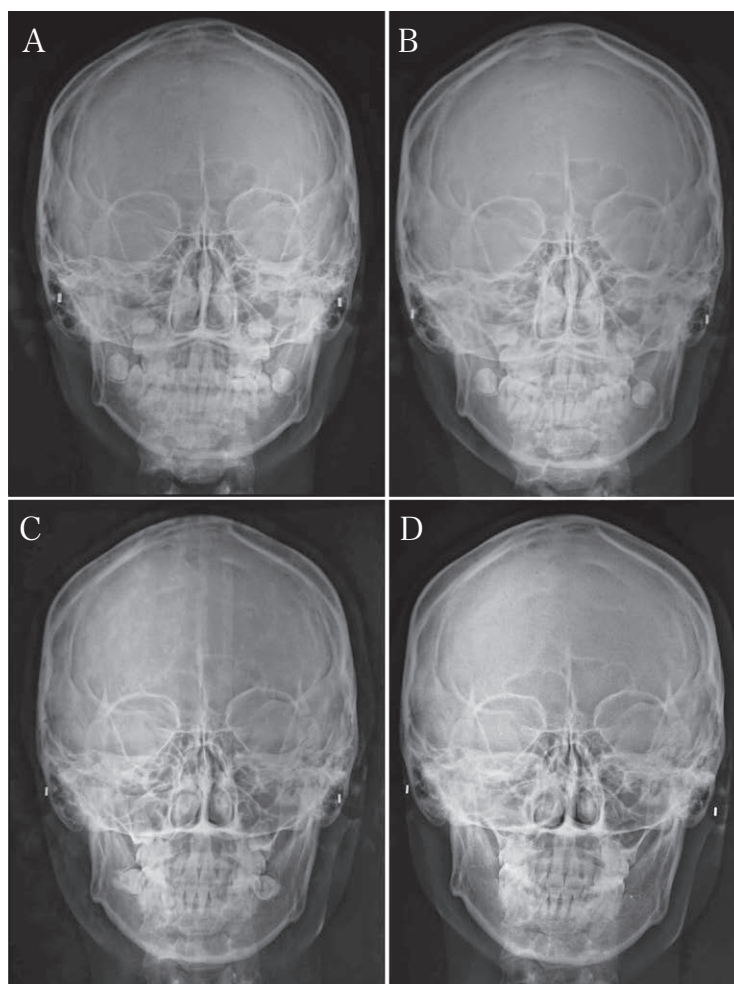


Fig. 3 Postero-anterior cephalogram
A : Pre-treatment, B : Post 1st phase treatment,
C : Post 2nd phase treatment, D : 7 years after out of retention

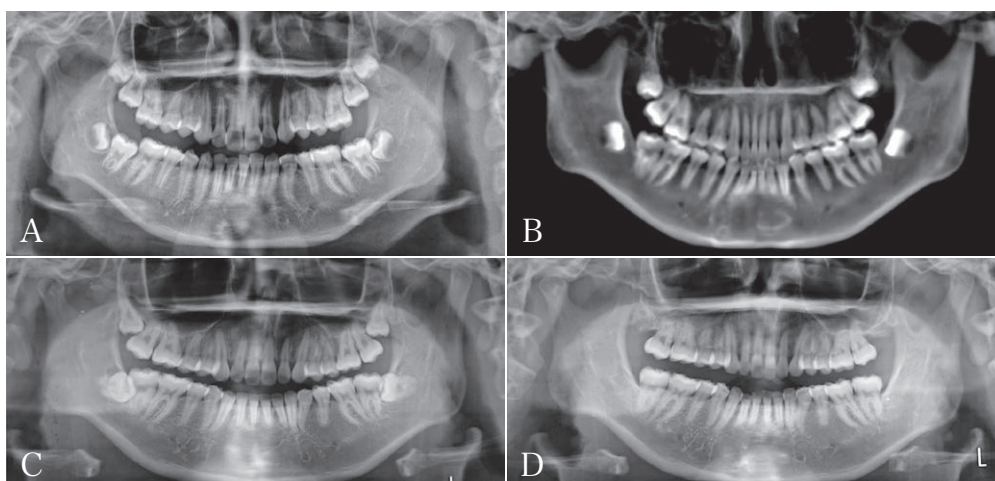


Fig. 4 Panoramic radiographs (A, C, D) and reconstructed image from cone-beam CT data (B)
A : Pre-treatment, B : Post 1st phase treatment,
C : Post 2nd phase treatment, D : 7 years after out of retention

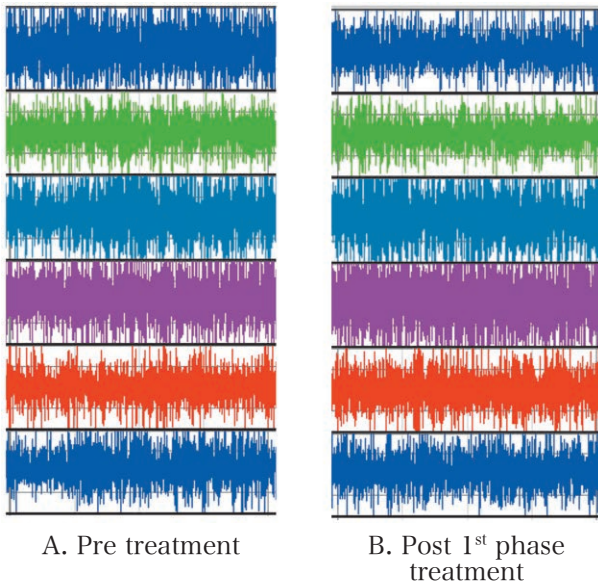


Fig. 5 EMG analysis

Upper 3 lows show the activities of anterior temporalis, posterior temporalis, and superior masseter at left side. Lower 3 lows show the same of right side of this patient.



Fig. 6 Intraoral photograph with FKO

非対称の補正として上下歯列弓の正中の一致ないし overcollection とし、右側下顎頭の軟骨性成長を、より選択的に賦活化させ、右側臼歯部を左側より多く挺出し、咬合平面の平坦化を図りつつ下顎枝と骨体部の左右差を可能な限り補正を図る事とした。同時に、頬舌的な歯軸傾斜の改善を目的に緩徐に歯列弓を拡大する事とした。2期治療では適切な被蓋と臼歯関係の確立、1期治療後に残余した非対称の解消として、上下歯列の正中の一致と傾斜した歯軸の改善、叢生の除去とした。

治療経過

1期治療：動的治療期間1年3か月

正中が一致するように構成咬合採得をした screw 付き FKO を使用した (Fig. 6)。1日平均12時間を使用目標とした。臼歯部レジンに誘導面形成を行い小臼歯の挺出を行った。同時に上顎両側側切歯に接する部位にレジン添加を行い、上顎前歯部の軽度叢生が下顎の前方誘導時に咬合干渉とならないようアライメントを行った。その間screwを1.5 mm拡大し、特に下顎側方歯群の歯軸整直を試みた。15か月使用ののち Overjet+2.0 mm, overbite+2.0 mm, 上顎正中に対し下顎正中は右側に0.5 mmの偏位となり治療を終了した (Fig. 2B)。

2期治療：動的治療期間2年7か月、保定期間：1年6か月

臼歯部咬頭嵌合の確立、下顎右側と前歯部の歯軸傾斜の改善、正中補正をマルチブラケット装置にて行った。上顎は0.014", 下顎0.012" ニッケルチタンワイヤーからレベリングを開始した。ラウンドワイヤーでの配列に伴い、もともとの骨格的左右差に沿うよう臼歯部の側方の overjet が変化し、左側で増大、右側で減少したため、7か月後からステンレススチールワイヤーを使用し、歯列幅の調整とトルクコントロールを開始した。上顎臼歯部にはアーチワイヤーの拡大時にいわゆるクラウンリングトルク、下顎臼歯部には右側にルートリング、左側にルートバックルのトルクを付与し、一部位ずつ歯軸の補正を行った。また、下顎歯列のアーチ頂点が正中より右側に偏位し前歯部の overjet が左右で異なったため、アーチの頂点を左側に設けたワイヤーを装着し補正した。小臼歯部の近遠心的位置関係は左側が3級、右側は2級の傾向であったため、それぞれ顎間ゴムを使用し補正した。保定には上下 Hawley タイプのリテーナーを用いた。

結果・考察

1. 骨格性Ⅱ級の治療に対して

1) 1期治療での下顎の前方成長促進について

FKO を用いた下顎の成長促進により臼歯関係はⅠ級となり、Overjet Overbite は十分な減少が得られた。本患者は1期治療開始時12歳9か月、既に種子骨の発現をみており Bone age は80.5%と思春

期性成長は開始していたと判断されるが、FKO を 15 か月間使用した後 Overjet +2.0 mm をもって使用終了とした。治療前の FMA は 28.8° と平均的であったことから臼歯の挺出が可能と判断し成長促進を行った結果 overbite は 2.0 mm へ減少したが、FMA は 33.9° と下顎の回転を伴う下方への成長発育が主となり、ANB は 7.5° から 7.0° と軽微な減少であった。FKO の力学的作用機序の解明はなされつつあり⁵⁾、本症例において下顎の成長が大いに賦活化された要因は、個体の良好な反応性や協力度などさまざまな考えられるが、それぞれの因子の寄与の程度を評価する客観的基準はいまだ存在しない。結果的にはこの個体に対しての治療時期が適切となり、思春期に集中的な顎整形力を作用させる事で良好な反応が得られ治療は奏功したが、本患者がより早期の治療を開始した場合の治療結果や、別の重篤な上顎前突症例について同様の晩期性成長が見込めるかなどは明確な指針を得るには至っておらず、今後の解明が待たれる。さらに本患者には 1 日の FKO 使用目標を就寝時に加え数時間程度と指導したが、睡眠時間が 9 時間と年齢の割に長く、治療期間中の 1 日平均使用時間は 12 時間超と極めて高い協力度であった。一般的には学童期の患児に同程度の協力を得るのは難しく、Overjet +8.5 mm という顎関係から臨床的な判断としては、より早期の治療開始が検討された症例であるとも言えよう。

2) 1 期治療に対する反応性の左右差について

FKO 使用前後での下顎骨形態の変化として重ね合わせの評価からは、左側は下顎頭の位置が上方に伸長し、軟骨内骨化が賦活化されたことに加え、下顎枝の後方へのドリフトが確認でき、下顎枝全体で膜内骨化を生じていたことが分かる (Fig. 7A)。それに対して下顎枝長の短縮した右側では下顎枝上部に反応が限局し、下顎頭と筋突起が上方へ伸長したのみであった (Fig. 7B)。FKO に対する反応を生じた部位に左右差がみられたことは興味深いが、もともとの成長発育に対するポテンシャルの左右差であるのか、正中を補正するよう採得した構成咬合に対する反応なのか、メカニクスは不明であり今後の解明を期待したい。1 期治療後に撮影したコーンビーム CT データから計測した下顎枝高の左右差は 6.1 mm であった。初診時の資料は側面および正面頭部 X 線規格写真のため左右下顎枝の拡大率が異

なるなど、1 期治療による左右差の変化を単純に比較できないが、臨床的には下顎枝長の短縮した非対称症例においても FKO による成長促進効果が確認され、1 期治療の重要性が示唆された。

3) 2 期治療について

1 期治療により overjet と overbite は大幅に減少し歯列の 1 級関係は獲得したが、臼歯の挺出と下顎の回転により ANB は若干の減少に留まり、2 期治療期間中にはほぼ変化しなかった。2 期治療において左右非対称の改善に際しても、overjet overbite は 2.0 mm を維持し、適切な被蓋と大臼歯関係は確立したが、U1-FH, L1-mandibular はいずれも $\pm 2SD$ の範囲内に治療目標を設定せざるを得ず、側貌は convex profile のままであった (Fig. 1B ~ D)。また第三大臼歯の抜歯が患者の希望により延期となった事もあり、動的処置の終了時にはルートパラレリングに不十分な点が残った (Fig. 4C)。

2. 左右非対称の改善について

1) 1 期治療

1 期治療終了時、上下顎歯列の正中のずれは 2.0 mm から 0.5 mm へと減少したが、治療目標とした overcollection を達成するには至らなかった。また臼歯の高径は増加し (Table 1)、右側臼歯部の選択的挺出はなされたが (Fig. 7)、咬合平面の傾斜は残余した (Fig. 3)。この原因の一つは構成咬合採得に起因すると考える。下顎歯列の正中を上顎の正中を超えるまで左前方に誘導させようと試みたが、より誘導量の多い右側顎関節の可動域に限界があり、毎日の FKO 使用に耐えうる構成咬合位の採得として、上下正中が一致する程度に収めざるを得ず、目標の咬合位まで誘導できなかった。一般的には +8.5 mm 程度の大きな Overjet であれば、ある程度成長促進が奏功すると相対的に前方誘導量が減少するため、再度構成咬合採得を行い前方誘導量を増加させた FKO を再製作する事が多い。本患者は使用開始後 3 か月で Overjet が 4.0 mm 減少と早期に良好な反応を示し、15 か月で使用終了としたが、治療中に再度正中を反対側まで誘導した構成咬合採得をしていた場合、上下歯列の正中の一致という治療目標に対して overcorrection という成果が得られた可能性もあり、再製作を検討すべきであったと考える。

2) 2 期治療での歯軸傾斜の改善について

骨体部の歯槽骨形態に起因する側方歯の頬舌的

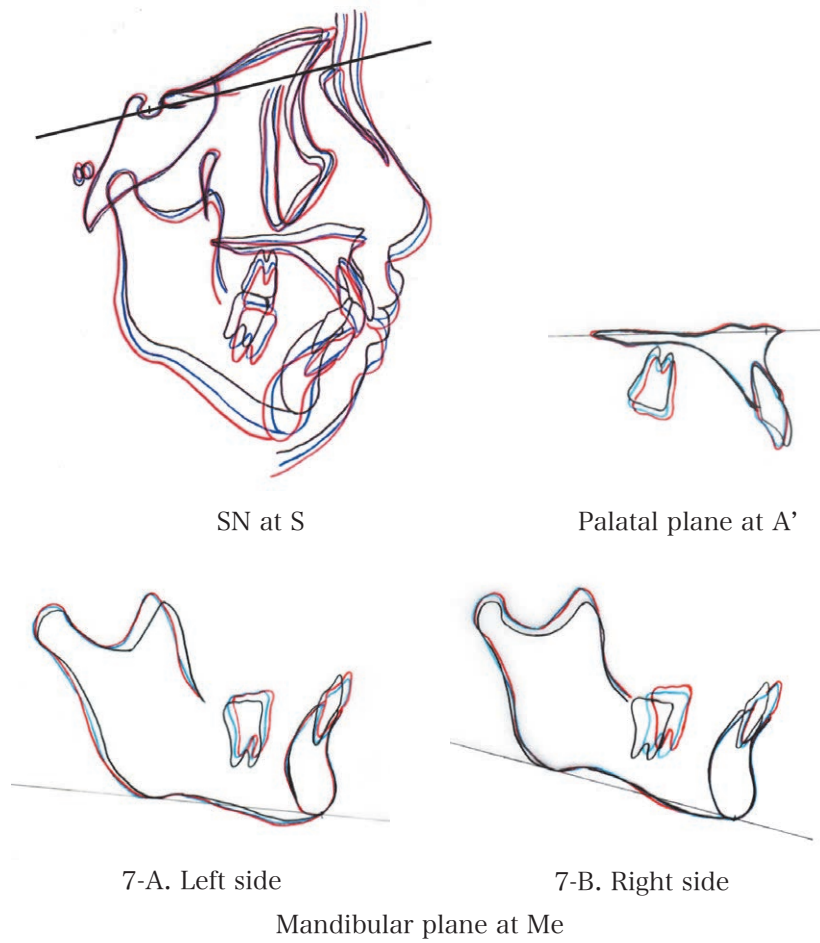


Fig. 7 Lateral cephalometric superimposition
 Black line : pre-treatment, Blue line : post 1st phase treatment,
 Red line : post 2nd phase treatment
 Lower 1st molar at right side is more elongated than the other side one.

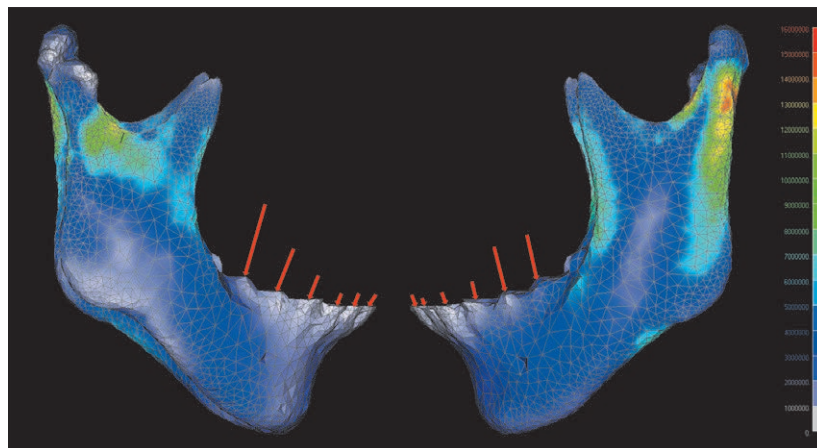


Fig. 8 FEM analysis computed with bite force and EMG activities of this patient
 FEM model constructed from cone-beam CT data of this patient taken after 1st stage treatment.
 Red arrows indicate occlusal loading. Stress distribution is quite different in ramus area.

Overjet や、前歯部の左右的な歯軸傾斜をトルクコントロールにより補正するため、マルチブラケット装置を用いた治療に期間を要した。これは治療目標を頬舌的、左右の歯軸の整直として臼歯部にルートリングに、下顎前歯部にはルートメジアルにトルクコントロールを行ったために長期化した。骨体部の頬舌的なデンタルコンペンセーションをある程度許容すれば治療期間の短縮は可能であったが、下顎枝長、および骨体長が左右で異なる本症例において、患者の顎運動や咬合力に対して適切な歯軸傾斜の範囲を明示することは困難であったため、治療目標は整直とし、側方の overjet の改善を測った。現在は保定終了後7年を経過しているが、著しい変化はみられていない (Fig. 2C, D)。

また、1期治療により左右の下顎枝で異なる成長部位が確認されたが、1期治療終了時に咬合力は455 Nから491 Nに増加し、咀嚼筋筋電図検査では、右側側頭筋の活動が増大、咬筋の活動性に大きな変化はみられなかった (Fig. 5B)。これらの検査結果と1期治療後に撮影したコーンビームCTデータを元に考察の一助として、咬合時に顎骨に発生する応力分布を解析⁶⁾した結果からは、咬合時下顎枝および骨体部に発生する応力分布にかなりの左右差が認められた (Fig. 8)。著者らの過去の報告から、応力分布の様相は主として顎骨の形状に由来⁷⁾すると考えられる。量的成長に関与する下顎骨の成長は終了したが、顎骨は咀嚼筋群と咬合力による力学的刺激をたえず受けるため、これらの左右差という局所的な力学因子が、長期的には骨密度分布やその維持、骨のリモデリングといった骨質に影響するとも推察される⁸⁻¹¹⁾。倫理的配慮により1期治療前や2期治療終了後の複数回のCT撮影が困難なため、治療により下顎骨形態に変化を生じた部位や左右差、頭蓋に対する顎関節位置の変化等を正確に把握するには不十分であったが、P-Aを用いた比較において本症例では、治療終了後に著しい非対称の増加はないことが示唆された (Fig. 3)。非対称な顎骨形態を示す本症例の側方の Overjet の変化については、今後とも注意深く観察する必要があると考える。

利益相反

本症例を報告するにあたり、患者の人権に配慮し十分なインフォームドコンセントを行い同意を得た。また本報告にあたり記載すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 高橋 豊, 横宏太郎, 大塚純正, ほか. Hemifacial microsomia 例の下顎骨の成長発育について 6歳から15歳までの頭部X線規格写真分析. 日頭顎顔会誌. 1989;5:59-68.
- 2) Westesson P-E, Tallents RH, Katzberg RW, *et al.* Radiographic assessment of asymmetry of the mandible. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1994; 15:991-999.
- 3) Moffett BC Jr. Alterations in craniofacial growth resulting from unilateral fracture of the mandibular condyle in a young rhesus monkey. *J Dent Res.* 1971;50:1486-1467.
- 4) 佐野良太, 大谷淳二, 砂川紘子, ほか. 機能的矯正装置を用いた成長期 hemifacial microsomia 症例の1治療例. 日顎変形会誌. 2011;21:195-204.
- 5) Shimazaki A, Kimura H, Inou N, *et al.* Development of a measurement system for the mechanical load of functional appliances. *J Biomech.* 2017;3:197-202.
- 6) 小関道彦, 伊能教夫, 横宏太郎. ヒト下顎骨の個体別応力解析を目的とした咀嚼筋力推定. 日本機会学会論文集 (C編). 2008;74:1857-1864.
- 7) Maki K, Inou N, Takanishi A, *et al.* Modeling of structure, quality, and function in the orthodontic patient. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:52-58.
- 8) 林 正樹, 一色泰成, 西川慶一. 顔面非対称患者の下顎骨についてのX線CT画像による形態的及び質的特徴解析. 歯科学報. 2001;101:835-848.
- 9) Frost HM. Wolff's law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod.* 1994;64:175-188.
- 10) Grunheid T, Langenbach GE, Brugman P, *et al.* The masticatory system under varying functional load. Part 2: effect of reduced masticatory load on the degree and distribution of mineralization in the rabbit mandible. *Eur J Orthod.* 2011;33:365-371.
- 11) Schonau E, Werhahn E, Schiedramier U, *et al.* Influence of muscle strength on bone strength during childhood and adolescence. *Horm Res.* 1996;45 Suppl 1:63-66.

A CASE OF SKELETAL MAXILLARY PROTRUSION AND MANDIBULAR DEFORMITY WITH FUNCTIONAL THERAPY

Mariko TAKAHASHI and Koutaro MAKI

Department of Orthodontics, Showa University School of Dentistry

Abstract — This case was a 12 years and 4 months girl who complained her teeth do not bite properly and upper teeth hide the lower teeth. Overjet was +8.5 mm, overbite was +6.0 mm. Angle Cl. II and midline of lower dental arch shifted to the right side. Lateral and postero-anterior cephalometric analysis revealed skeletal Class II with mesofacial type, right Ramus height was 5.5 mm shorter than the other side, and Menton was 4.5 mm shifted to the right side with occlusal plane inclination. Objectives of 1st phase treatment were to accelerate mandibular growth of the right side more than the other side and correct the midline by using functional appliance (FKO), and at 2nd phase treatment, to establish proper molar relation and tooth axis using a multi bracket system. By 15 months of 1st phase treatment, remarkable mandibular growth was obtained with good patient cooperation. After 31 months of 2nd phase treatment, proper occlusion was achieved. This case suggested that FKO can correct imbalanced mandibular growth and prevent actualization of mandibular deformity in adolescents.

Key words: first phase treatment, functional appliance, FKO, deformity

〔特別掲載（査読修正後受理）〕