

— 総説 —

顔面非対称と顎・咬合の偏位

齋藤 功, 渡邊直子, 八巻正樹

新潟大学大学院医歯学総合研究科
摂食環境制御学講座 歯科矯正学分野

Facial asymmetry and deviated jaw and/or occlusion

Isao Saito, Naoko Watanabe, Masaki Yamaki

Division of Orthodontics, Department of Oral Biological Science, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

平成 22 年 10 月 18 日受付 10 月 20 日受理

キーワード：顔面非対称, 偏位咬合, 非対称の分析・評価, 非対称の構造と機能, 外科的矯正治療

【緒 言】

矯正治療における口元周囲や顔面部軟組織への十分な配慮は, 20 世紀初頭において Angle paradigm から soft tissue paradigm へと変化したことによる¹⁾。実際, 矯正治療を希望する患者にとって顔貌の改善は主要な関心事である。したがって, 矯正治療を提供するにあたっては, 個々の患者にみられる軟組織の特徴と適応限界を知った上で治療計画を立案し, 患者が受容できる顔貌の調和と口腔機能の安定化を目指して歯列・顎骨形態を整えるべきである²⁾。

図 1 に, 最近 15 年間における新潟大学医歯学総合病院矯正歯科診療室新規登録患者の初診時年齢の推移を示す。初診時年齢 20 歳以上の成人患者の割合は平均 30.6% (23.5% ~ 37.4%) で, 1998 年以降は初診時年齢 30 歳以上の患者が 10% ~ 15% 近くを占めている。成人患者では, 主訴として歯列不正のみならず口元周囲の不調和をはじめとする顔貌の改善を挙げる割合が高い³⁾。図 2 は, 1990 年からの 10 年間⁴⁾ と 2000 年からの 10 年間⁵⁾ に新潟大学医歯学総合病院矯正歯科診療室に来院した顎変形症患者の治療動機の変化を示している。治療動機の一つとして顔貌に対する不満を挙げた患者の割合は, 2000 年の報告⁴⁾ と比較し, 2010 年の報告⁵⁾ では 10.3 ポイント上昇し 79.4% に達していた。したがって, 顎変形症患者では, 治療動機の一つとして顔貌の改善を挙げる割合がきわめて高くなっている。

一方, 身体の左右対称性についてみると, 一般に生物では近親交配が繰り返されることにより体の対称性が崩

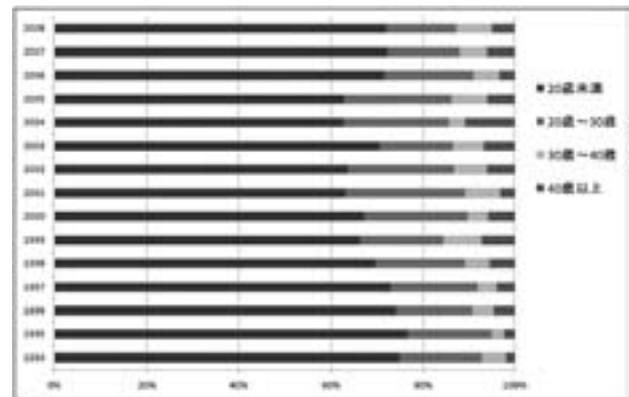


図 1：最近 15 年間における矯正歯科診療室新規登録患者の初診時年齢 (1994 - 2008)

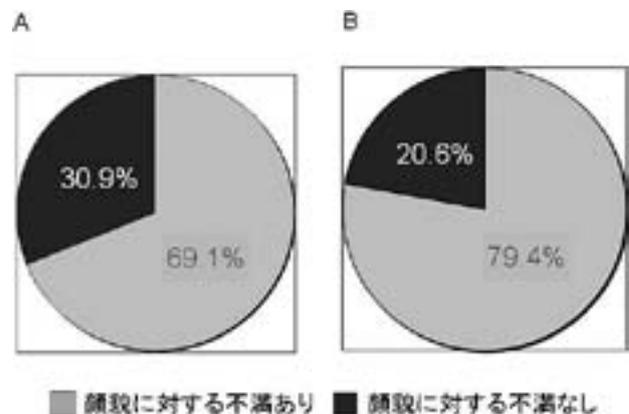


図 2：顎変形症患者の治療動機
A：1990 年～1999 年の調査 (町田ら⁴⁾ より改変引用)。
B：2000 年～2009 年の調査 (小栗ら⁵⁾ より改変引用)。

れる傾向を示し、個体数が減少してくことが分かっている⁶⁾。柳澤は、「人間がシンメトリーを好むことを古来多くの心理学者や哲学者が不思議に思ってきたが、私たちは、左右対称性を好むように遺伝的にインプットされているのかも知れない」と述べている⁶⁾。したがって、われわれ人間にとっても顔の対称性は大きな関心事であると推測できる。顔と歯列咬合の非対称はよく起こる現象であるとされるが^{7,8)}、近年、特に矯正歯科を受診する患者の中で顔面非対称あるいは顎・咬合の偏位を呈する症例を多く認めるようになった。

本稿では、顔面非対称あるいは顎・咬合の偏位について、当分野で行ってきた研究結果を一部紹介し文献的考察を交え概説する。

【顔面非対称あるいは偏位の発現率と成立要因】

1. 顔面非対称あるいは偏位の発現率

Letzer ら⁸⁾は、理想的咬合状態あるいは不正咬合を有するそれぞれ50名の正面セファログラムを資料とし、顎顔面領域の左右構造物の対称性について調べた。理想的咬合状態にある場合、平均的には前頭蓋底および下顎が有意に対称であったが、個々の対象者についてみると部分的非対称が認められたとしている。矯正治療の既往がない学童を対象としたSheats ら⁹⁾による臨床調査では、永久歯列期の12%に顔の非対称が認められた。これらの結果は、咬合の異常を認めない一般人においても顔面非対称はある程度自然に見られる現象であることを示唆している。Sheats ら⁹⁾はまた、矯正患者の初診時資料を用いた調査を行い、顔の非対称6%、前後の臼歯関係の左右差22%、顔の正中に対する上顎歯列および下顎歯列正中線のずれはそれぞれ39%、62%、上下正中線の不一致46%であったことを示した。これに対し、矯正治療の既往がない永久歯列期では、上下歯列正中線のずれ21%、臼歯関係の左右差23%⁹⁾で、矯正患者では上下歯列正中線の不一致発現頻度が高い。また、交叉咬合あるいは鉗状咬合といった側方への偏位発現率は、対象とした年齢、歯齢および調査した地域の人口により異なるが、5%~21%の範囲にあり¹⁰⁻¹²⁾、鉗状咬合よりも交叉咬合の発現率が高い¹³⁾。

一方、日本人顎変形症患者を対象とした過去の統計調査では、11%~25%に顔面非対称が認められたと報告されている^{14,15)}。当診療室が行った顎変形症患者の臨床統計調査では、骨格性II級、III級患者の約50%に偏位・開咬の少なくとも一方を認め⁴⁾、対象とした顎変形症患者の47.6%に上下歯列正中線の偏位が観察された⁵⁾。外科的矯正治療の適用となった骨格性下顎前突症患者を対象とした報告¹⁶⁾では、正面セファログラム分析で80%と高い割合で顎顔面骨格の非対称を認めたが、顔面写真

分析による軟組織の非対称は56%であった。日本顎変形症学会が最近行った顎変形症治療の実態調査¹⁷⁾でも、顎矯正手術施行症例のうち前後の異常と非対称を併発していた症例の割合は、下顎前突症で約28%、下顎後退症あるいは上顎前突症で約18%であった。このように施設間で非対称の発現頻度に差が見られるが、これはそれぞれの調査における資料、計測方法あるいは評価基準が同一ではないことに起因していると考えられる。また、顎変形症患者を対象とした海外の調査報告¹⁸⁾では、対象者全体の34%で臨床的に明らかな顔面非対称を認め、II級症例の28%、III級症例あるいはI級long face症例などでは40%が非対称を呈していた。したがって、国内外いずれにおいても顎変形症患者では顔面非対称を伴っている割合が高く、特に、骨格性III級症例では顔面非対称を高頻度で併発していることがわかる。

2. 顔面非対称あるいは偏位の成立要因

顔面非対称あるいは偏位の成立要因は、先天的要因と後天的要因に分けられる⁷⁾。先天的要因には、遺伝的要因や先天性疾患が含まれるが、頭蓋骨を用いた解剖学的形態計測により、疾患が認められなくとも咀嚼運動開始前の胎児、乳幼児においてすでに頭蓋顔面の非対称が存在し、成長により増悪する可能性のあることが指摘されている¹⁹⁾。しかしながら、成長発育に伴う側方へのずれや非対称に関わる現象は複雑で、遺伝的要因をもとに関連因子の分析が試みられているが十分に解明されていない¹³⁾。

一方、後天的要因としてはおもに二つ挙げられる。一つは、下顎骨の成長の場である下顎頭での左右不均衡な軟骨内骨化の発現である。片側性に下顎頭軟骨の骨化が低下あるいは停止することにより下顎骨に非対称な成長が生じ、結果として顔面非対称をきたす^{20,21)}。また、片側下顎頭を切除することで切除側下顎骨形態が有意に小さくなることを示した実験的研究²²⁾から、下顎頭が外傷などにより片側性に障害を受けた場合、下顎骨偏位や顔面非対称が惹起される可能性が高い。

もう一つの後天的要因としては、咬合干渉による機能性下顎偏位あるいは側方歯群から臼歯部にみられる片側性交差咬合が挙げられる²³⁾。機能性の偏位咬合が長期にわたると、下顎頭や下顎骨全体にかかる機能時の負荷に量的、質的变化が生じ、結果として機能性の偏位咬合は構造的な非対称へと変化しやすく、その傾向は成長期において強い。これは、片側下顎頭を前方に位置づけることで人為的な機能性偏位咬合を生じさせた場合、下顎頭軟骨の厚径および細胞増殖能が増加したとするFuentes ら²⁴⁾による実験的研究結果により支持される。また、Langberg ら²⁵⁾は、学童期にみられる片側性交差咬合を治療しない場合、下顎頭-下顎窩の位置関係が代償性に非

対称となり、結果として下顎の位置偏位をきたし、成人まで片側交叉咬合が維持されると考察している。さらに、Mongini ら²⁶⁾、Schmid ら²⁷⁾ は、機能性の偏位に対する適応変化と考えられた成長期にある下顎非対称症例の治療管理例を示し、顎整形的治療を行うことによって障害を受けていた下顎と顎関節に代償性の成長変化がみられ偏位が寛解したことを報告している。

以上のことから、先天的要因を有しかつ成長により増悪傾向を示す非対称症例では、最終的に外科的矯正治療の適応症となる可能性が高いことを視野に入れる必要がある。一方、機能性偏位咬合など後天的要因が主体と考えられる症例では、構造的偏位が顕在化する前の段階で積極的に対処することが望ましいと考えられる。

【顔面非対称あるいは偏位に対する分析・評価】

1. 正貌写真および正面セファログラムを用いた分析

顔面非対称あるいは顎・咬合の偏位を分析するにあたっては、通常の矯正治療と同様、臨床診査により非対称の構造的特徴を可能な限り把握することが重要である^{28,29)}。臨床所見では、正貌における正中線の評価、鼻背、鼻尖、人中、オトガイの傾斜や位置、オトガイ下方から見た対称性、臼歯部の垂直的高さの左右差による咬合平面傾斜、咬合干渉の有無、上下歯列弓の捻れなどを把握する。

正貌規格写真における正中線の設定については、過去に多くの報告がある³⁰⁻³⁵⁾。阿左見は³⁰⁾、成人 204 名を対象に、口唇閉鎖時における正貌写真を用いて生体計測を行い、鼻尖中心点、上赤唇縁中央の V 形切痕最深点および左右内眼角結合線の midpoint の 3 点を含む線を正中線と定義し有効性を検討した。これら 3 点が一致した割合は 60% で、40% にずれを認めたと、その程度は 1.2mm~1.3mm とわずかであった。渡辺³¹⁾は、正常咬合者 30 名を対象に、疾患により影響されにくいとされる鼻上点³³⁾を通り、左右イヤード上縁と左右いずれかの眼窩点を通る線 (FH 平面に相当) に対する垂線を正中線とし、モアレトポグラフィー法により過去に報告された 5 種類の正中線と比較した。その結果、渡辺が設定した正中線との一致率が 90% と最も高かった正中線は、両側内眼角点の midpoint から FH 平面に直交する線であった³⁴⁾。

前述したとおり、咬合の異常を認めない一般人でも左右構造物の大きさのわずかな違いによる“正常な非対称”が存在する²⁹⁾。したがって、正貌軟組織における絶対的な正中基準線を設定することは困難であるが、日常臨床において、対称性を評価する領域はおもに中顔面部および下顔面部であることから、内眼角線の midpoint を通り外眼角線と直交する線 (図 3 - A)、あるいは左右内眼角を結んだ線の midpoint から鼻背、鼻尖、人中、オトガイ点を

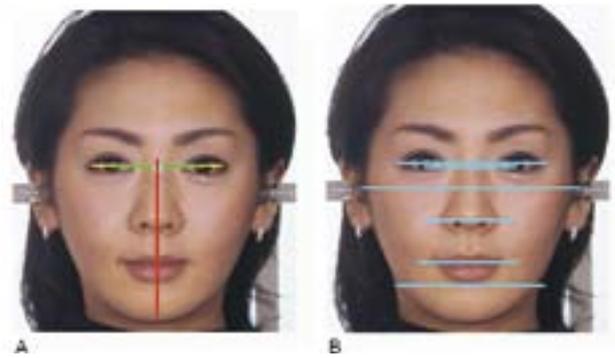


図 3：正貌における対称性評価のための正中基準線と計測線
A：正中基準線
内眼角線の midpoint を通り外眼角線と直交する線。
B：水平方向の計測線
外眼角線、内眼角線、外耳線、外鼻翼線、口角線ならびに顎角線を示す。

参考に設定した直線を正中線³⁵⁾とする場合が多い。しかし、顔面非対称症例では、左右眼裂の垂直的位置の違いを認めたり、眼裂の傾斜が顕著であったりすることも多く、基準線の設定に際しては十分な注意が必要である。また、正貌における左右非対称を評価するための水平方向の計測線としては、図 3 - B に示す 6 本の基準線が用いられる。

一方、顎顔面硬組織における非対称の把握には正面セファログラム分析³⁶⁻⁴⁰⁾が欠かせない。分析に使用する計測点、基準線は比較的判読しやすい部位を選択すべきである。図 4 に、正面セファログラムを用いた分析・評価において、われわれが通常用いている計測点と基準線を示す²⁸⁾。正中基準線は、篩骨鶏冠頸部 (CG) を通り左右における眼窩内縁と斜線との交点を結んだ線 (Lo-Lo') に直交する線としている^{28,36,39)}。正中基準線の設定にあたって ANS を通る直線を利用するとの報告⁴⁰⁾もあるが、顔面非対称を呈する症例では、中顔面の変形を伴っている場合も少なくないことから ANS の利用はあまり適切ではない。Lo (Lo') については、これに近接する Z ポイントや FM ポイントと比較し認識しやすいが⁴¹⁾、頭部の回転により位置変化を起こしやすいとの報告⁴²⁾がある。しかし、規格写真における頭部の回転は、おもに上下方向 (pitching) であることから左右差はほとんど変化せず、Lo-Lo' を正中基準線の設定に利用することは妥当と考えられる。

計測点は、鼻上顎複合体領域では上顎結節外形線と頬骨骨槽稜との交点 J (J')、ANS、上顎左右中切歯近心切縁隅角を結んだ線の midpoint (U1)、下顎領域では下顎角前切痕 AG (AG')、オトガイ外形の最下点 (Me)、下顎左右中切歯近心切縁隅角を結んだ線の midpoint (L1) 等を設定し、角度計測 (図 4 - A)、距離計測 (図 4 - B) により非対称部位の特定や非対称の程度を把握する。また、

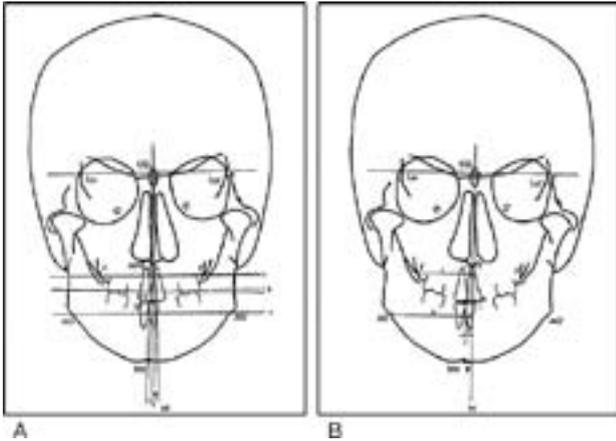


図4：正面セファログラムを用いた形態計測における計測点と基準線（小林ら²⁸⁾より引用）

A：角度計測

a) 上顎偏位度, b) 下顎偏位度, c) 上顎臼歯歯槽部平面角, d) 咬合平面角, e) 下顎下縁平面角

B：距離計測

f) 上顎偏位距離, g) 下顎偏位距離, h) 上顎前歯正中線偏位量, i) 下顎前歯正中線偏位量, j) 上下正中線のずれ, k) 下顎下縁偏位距離, l) 上顎臼歯歯槽部偏位距離

左右に設定できる J (J'), AG (AG') から正中基準線 M に垂直に投影した実測距離, および上顎非対称指数 ($|JM-JM'| / JM + JM' \times 100$), 下顎非対称指数 ($|AG-AG'| / AG + AG' \times 100$)^{28,43)} も非対称の程度を把握するために有用である。

成長期にある顔面非対称の経時的変化, あるいは治療

前後の変化の確認には正面セファログラムの重ね合わせが有効である。しかし前述したとおり, 撮影時に頭部がイヤースタッドを中心に pitching する可能性がある。そこで当分野では, 乾燥頭蓋を用いて頭位の違いが正面セファログラムの重ね合わせ, 特に, 下顎骨輪郭線の重ね合わせにどのような影響を及ぼすかについて調べた。その結果, 頭位の回転角が 0°あるいはやや下方であれば, 重ね合わせ時における顎角部付近のずれは少なく下顎骨全体でも良好な重ね合わせができることを明らかにした⁴⁴⁾。したがって, 正面セファログラム撮影時における頭位は, FH 平面と床を可及的平行にすべきであるが, やや下向きの場合には, 重ね合わせの精度が著しく低下することはないと考えられる。

2. 顔面非対称の認識と評価

顔のどの部分が非対称の認識・評価に影響するかについてはいくつかの研究がある⁴⁵⁻⁴⁹⁾。小早川ら⁴⁵⁾は, 顔面規格正貌写真を資料とし, 顎角点, 口唇交点, 鼻翼点, イヤースタッドおよび外頸部接点の4点を基準点として顔面非対称を評価し, 口角部と顎角部の左右幅径の差が重要な手がかりになることを報告している。われわれもインターネットを利用し, 非対称顔貌に対する印象調査を行った⁴⁶⁾。基準画像として完全鏡面对称の正貌写真を作製(図5-A左)し, 瞳孔線, 鼻, 口裂, オトガイ部(図5-A右)を反時計方向に3°回転させ, 1か所からのみの回転から4か所すべて回転させた9通りの非対称画像と完全鏡面对称画像の計10枚をランダムに配置後

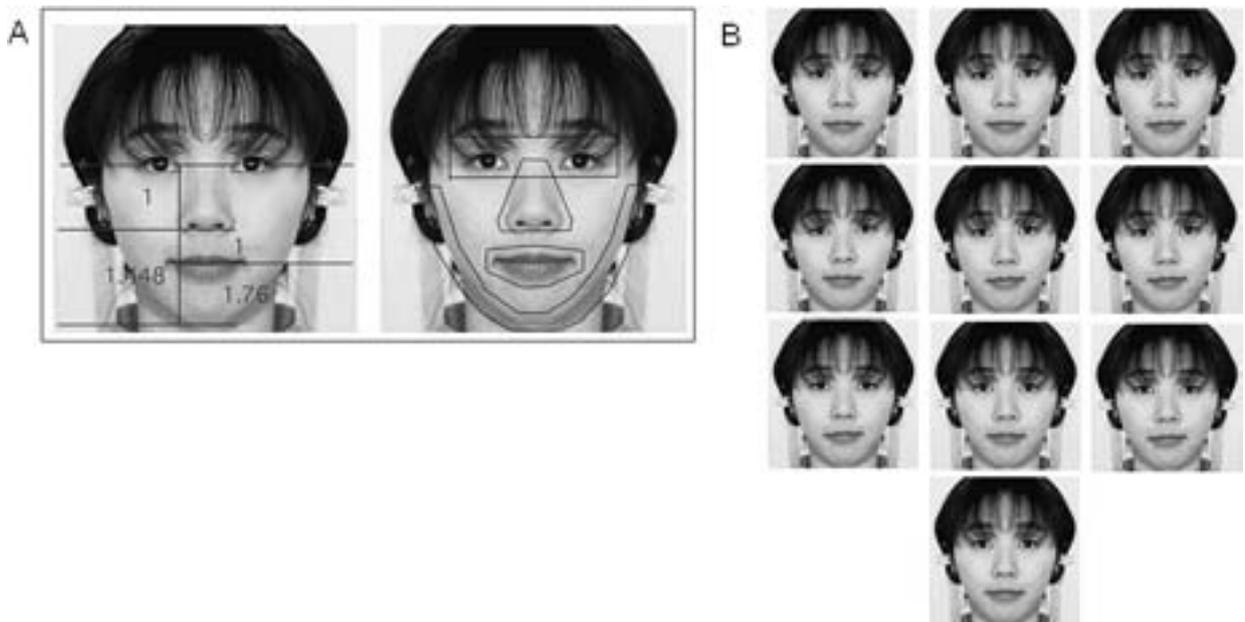


図5：インターネットを用いた非対称顔貌に対する印象調査（齋藤⁵⁾ および石井ら⁴⁶⁾より改変引用）

A：基準とした鏡面对称画像と変形部位

B：非対称画像9枚と完全鏡面对称画像1枚をランダムに配置

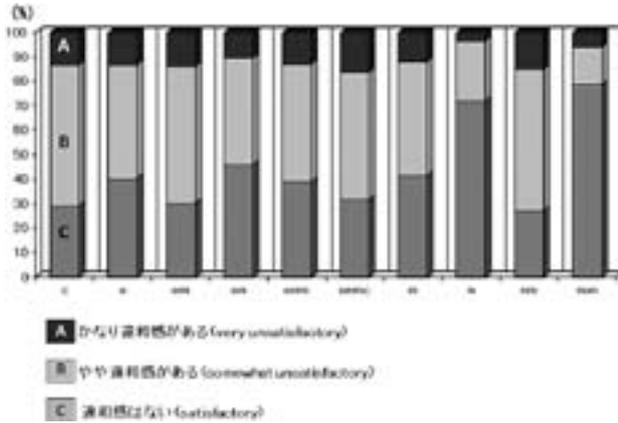


図6：非対称顔貌に対する印象調査の結果
(石井ら⁴⁶⁾より改変引用)

c：オトガイ部, e：瞳孔線, em：瞳孔線と口裂, en：瞳孔線と鼻, enm：瞳孔線, 鼻および口裂, enmc：瞳孔線, 鼻, 口裂およびオトガイ部, m：口裂, n：鼻, nm：鼻と口裂, non：完全鏡面对称

(図5-B), 3つの選択肢を設定し回答を求めた。結果を図6に示す。単独回転では, 瞳孔線(e)や鼻(n)と比較し, 口裂(m)とオトガイ部(c)で「ややまたはかなり違和感あり」を選択する割合が高く, また, 各部分の組み合わせでは, 口裂の回転を含まない非対称画像に比べ口裂の回転を含む場合に違和感ありと選択する回答者の割合が多い傾向を示した。

Leeら⁴⁷⁾は, 非対称な正貌写真をサンプルとし, 非対称の程度に対する主観的評価(軽度, 中等度, 重度)に影響する因子を調べ, 口裂の傾斜, オトガイの偏位, 下顎下縁部傾斜および顎角部左右差が有意に影響を与えることを示した。Meyer-Marcottyら⁴⁸⁾は, 一般に面と向かった状態で顔を評価する場合, 非対称が顔の正中近傍で生じていればいるほどマイナスの印象を強く与えると述べている。さらに, 口腔外科医あるいは矯正歯科医が顔のどの部分に着目し顔の非対称を評価するかについて, 主観的評価とアイトラッキング法を利用した注視点解析により検討した報告⁴⁹⁾でも, オトガイ部, 鼻部, 口唇部への注視時間が長く, 対称度の評価にオトガイ偏位度や口裂の傾斜が影響するとしている。したがって, 顔面非対称を伴う症例に対する診断, 治療にあたっては, 口裂の傾斜およびオトガイ部を中心とした下顔面領域における非対称をどの程度改善させられるかを十分検討することが, 患者満足度の向上に寄与するものと考えられる。

一方, 矯正治療を行うにあたって上下歯列正中線の位置づけに苦慮する場合がある。すなわち, 顔面の対称性に問題があり, 歯列正中線と顔面正中とを一致させることが困難な症例がある。正中のずれがどの程度で「ずれあり」と認識するか, ずれの許容範囲はどの程度かを把握しておくことは治療を提供する上での参考になる。Beyerら⁵⁰⁾は, 上顎歯列正中線を0.7mmずつずらした

8枚のスマイル写真を提示して, 矯正歯科医, 一般歯科医, 思春期矯正患者および保護者に評価させた結果, 上顎歯列正中線のずれの許容範囲は $2.2\text{mm} \pm 1.5\text{mm}$ であることを示した。Johnstonら⁵¹⁾も, 人中に対し上顎歯列正中線を左右方向に1mmずつずらした写真を提示し, 矯正歯科医と一般人に評価させた結果, 2mmのずれを認める場合56%の評価者が違和感ありと判定したと述べている。いずれの報告でも, 一般人より矯正歯科医がずれに対し敏感であった。さらにPinhoら⁵²⁾は, 上下歯列正中線のずれが0~4.0mmを呈する5枚の写真を提示し, 矯正歯科医, 補綴歯科医, 一般人を評価者としてずれの認識を調査し, 矯正歯科医は1.0mm, 補綴歯科医は3.0mmで審美的に問題ありと判定したが, 一般人では4.0mmでもずれを認識しなかったとしている。以上の結果は, 歯列正中線の偏位を伴う顔面非対称症例の治療計画立案にあたって参考となるが, 実際の臨床では, 正中偏位に対する個々の患者の認識, 感受性の違いにも十分配慮することが必要である。

【顔面非対称あるいは顎偏位症例の構造的・機能的特徴】

近年, CT画像から顎顔面構造を三次元的に構築, 把握することが可能となり, 二次的手法だけでは解析が困難であった左右構造物の非対称性, 捻れ, 歪みなど, 頭蓋顔面骨の複雑な変形を立体的に捉えられるようになった^{53,54)}。われわれは, 顔面非対称を伴う顎変形症患者15名を対象とし, volume rendering (VR)法を用いて上下顎骨の三次元的非対称性(三次元的非対称率)および頭蓋に対する上下顎骨の三次元的位置づけ(三次元的偏位率)を調べ, 偏位様相について分類を試みた⁵⁵⁾。図7A~Dに, 上下顎骨の三次元的非対称率および三次元的偏位率の計測方法を, 図8に対象症例個々における上下顎骨の三次元的非対称率および偏位率をそれぞれ示した。上顎骨については, 顕著な非対称を示したものは少なくばらつきも小さかった。下顎では, 頭蓋との位置関係よりも下顎骨自体の非対称が比較的顕著で, 症例間でのばらつきも大きい傾向を示した。これは, 顔面非対称では下顎骨の左右不均衡な成長により, 下顔面領域において非対称が顕在化してくる場合が多いとする過去の報告¹³⁾を支持した。しかし, 片側交叉咬合を呈する成人を対象としたLangbergら²⁵⁾は, 片側交叉咬合群では対照群と比較し, 下顎左右の構造的非対称よりも下顎の位置偏位あるいは歯・歯槽部の水平的非対称が有意に大きかったと述べている。これらの結果は, 研究対象あるいは個々の症例により偏位様相が様々であることを示唆している。

一方, 下顎偏位と顎関節の構造あるいは機能とは密接に関係しているとされ, われわれもこの点について検討

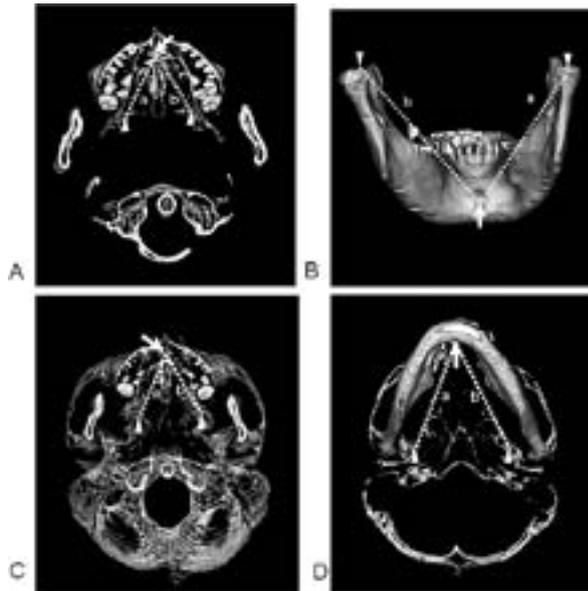


図7：顔面非対称を伴う顎変形症患者における上下顎骨の三次元的非対称率および偏位率の計測方法

(若松ら⁵⁵より引用)

A：上顎骨では、左右大口蓋孔前縁と切歯孔後縁を計測点とし三次元的非対称率を算出 $((a - b / a + b) \times 100)$ 。

B：下顎骨では、左右下顎頭上縁とオトガイ棘を計測点とし三次元的非対称率を算出 $((a - b / a + b) \times 100)$ 。

C：左右棘孔を頭蓋の基準点とし、上顎骨では切歯孔後縁を計測点として座標 (x, y, z) 値を決定し、各基準点と左右計測点との直線距離の比 $((a - b / a + b) \times 100)$ を三次元的偏位率とした。

D：下顎骨ではオトガイ棘を計測点とし、上顎骨と同様各基準点と左右計測点との直線距離の比 $((a - b / a + b) \times 100)$ を三次元的偏位率とした。

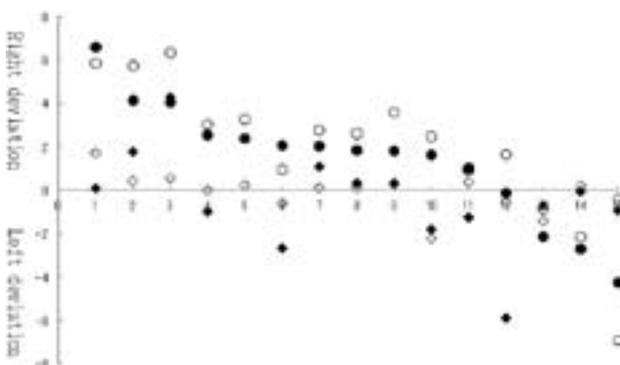


図8：各症例における上下顎骨の三次元的非対称率および偏位率 (若松ら⁵⁵より改変引用)

X軸：0～15は症例番号

Y軸：+が右方偏位，-が左方偏位

◇上顎骨三次元的非対称率，◆上顎三次元的偏位率

○下顎骨三次元的非対称率，●下顎三次元的偏位率

してきた⁵⁶⁻⁵⁸。佐藤ら⁵⁶は、下顎偏位症例では偏位側下顎頭長軸角が非偏位側と比べ小さく、偏位側下顎頭は下顎窩内で後方に位置する傾向を示すことを明らかにした。ヘリカルCTを利用し下顎窩内における下顎頭の三

次的位置、関節結節の形態と下顎偏位との関連性について調べた研究⁵⁷でも、偏位側下顎頭は下顎窩内で外側に位置し、関節結節後斜面の傾斜は非偏位側と比較して有意に急傾斜を呈することを示した。

また、下顎偏位症例における顎関節の構造的特徴は、顎運動にも影響を及ぼしている。すなわち、下顎頭の運動距離および下顎運動トレースの彎曲度は、いずれも非偏位側と比較し偏位側で大きく、下顎偏位度が大きいほど左右差が大きく⁵⁸、下顎偏位度と下顎前方運動時顎路角左右差、顎路彎曲度左右差との間で有意な相関がみられた⁵⁶。したがって、下顎偏位症例では左右顎関節の構造的非対称と顎運動の非対称とが密接に関係し、いわゆる適応変化が生じている可能性が示唆される。

顔面非対称あるいは下顎偏位症例における硬組織形態と咀嚼筋との関係についても三次元分析による報告がなされてきた⁵⁹⁻⁶³。近藤⁵⁹は、CT画像を用いて咬筋と内側翼突筋の断面積、および最大咬みしめ時における咬筋筋活動を分析した結果、咬筋と内側翼突筋断面積左右差と、下顎偏位量と咬筋筋活動量左右差の間にはいずれも正の相関が認められたとしている。Kwonら⁶⁰は、骨格性下顎前突症患者を非対称の有無によって2群に分け、CT画像により咀嚼筋体積を計測し下顎非対称との関連性を検討した。その結果、咬筋と内側翼突筋体積の左右差は下顎の構造的非対称を反映していたが、体積の左右差は非対称な発育を引き起こす原因ではなく適応の結果であると考察している。われわれも偏位を伴う骨格性下顎前突症患者を対象に、VR法により安静時における咬筋体積と偏位様相との関連性を調べた(図9～11)が、下顎骨三次元偏位率と咬筋体積左右差との相関は小さかった⁶¹(図11)。

また、成長発育とともに下顎非対称が増悪した患者では、対称な下顎運動や頸部筋活動が妨げられるとの報告⁶²や、成長期における機能性臼歯部交叉咬合では交叉咬合の改善により側頭筋体積が有意に増加したとの報告⁶³もある。顔面非対称を伴う症例における構造と機能との関わりについては解明されていないことも多く、今後さらなる検討を続けていく必要がある。

【顎・咬合の偏位あるいは顔面非対称に対する治療】

成長期にある症例では、歯・歯槽部における代償性変化により非対称が顕在化しないこともあるが、成長発育の過程で骨格性の偏位に移行していくことも少なくない^{64,65}。早期治療により、下顎の位置を整復し左右調和のとれた成長発育へと軌道修正できる症例では、永久歯列期におけるいわゆる第II期治療は比較的容易である。しかし、予測を超えて下顎の不均衡な成長が生じた場合には(図12)、たとえ矯正単独治療で改善が可能でも非

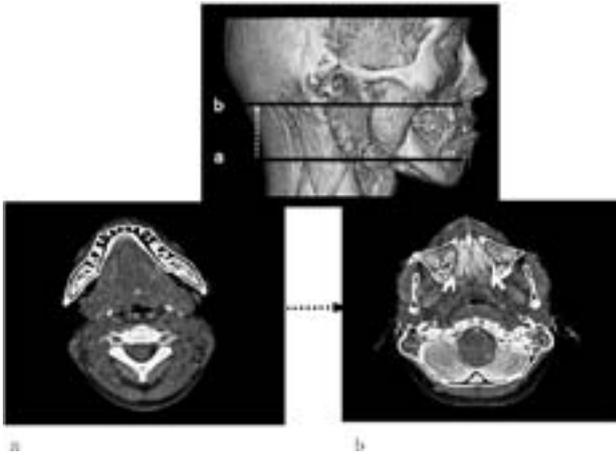


図9：三次元画像による咬筋体積の計測範囲
(若松⁶¹⁾より引用)

下方から確認し咬筋が見え始めた部位を始点、頬骨弓と最初に交わった部位を終点とした。

a：計測開始部位（始点） b：計測終了部位（終点）

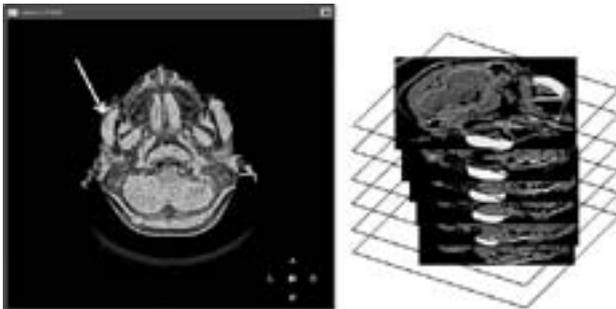


図10：咬筋の体積計測（若松⁶¹⁾より引用)

左側咬筋の断面（矢印）と2mm間隔のスライスデータを示す。得られた断面積の総和から体積を算出。

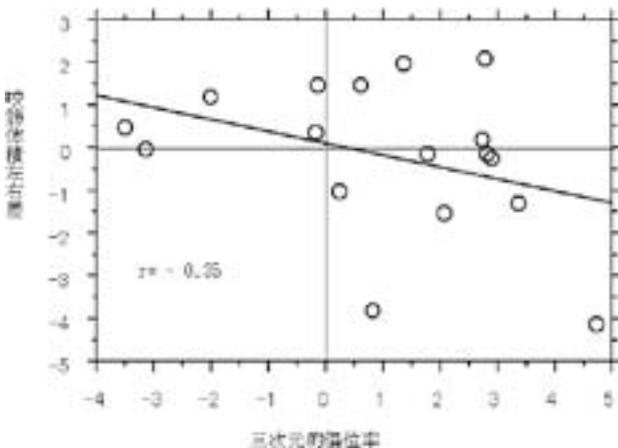


図11：下顎骨の三次元偏位率と咬筋体積左右差との相関
(若松⁶¹⁾より引用)

偏位率は右側偏位を－、左側偏位を＋。咬筋体積左右差は、(右側咬筋体積－左側咬筋体積)により算出。相関係数－0.35で有意な相関は認められなかった。

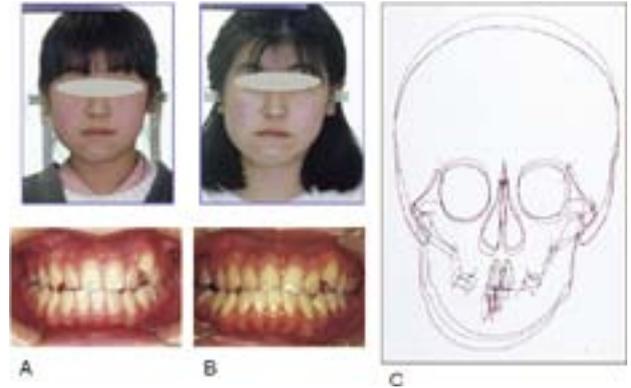


図12：成長発育に伴う顔面非対称増悪例
(小林ら¹⁰⁾より改変引用)

A：初診時（11歳4か月時）

B：経過観察後再評価時（15歳6か月時）

C：初診時および経過観察中の正面セファログラムの重ね合わせ

対称抜歯の選択、非対称顎間ゴムの使用、非対称なトルクの付与など非対称治療に対する十分な配慮が必要となる⁶⁶⁻⁶⁸⁾。顔面非対称あるいは顎・咬合の偏位を呈する患者の矯正診断では、歯・歯槽部、歯列の問題を主体とした歯性であるか、顎骨形態あるいは位置異常を主体とした骨格性であるかの鑑別が不可欠である^{68,69)}。鑑別にあたっては、いわゆる代償性の歯軸傾斜や歯槽部の変形を的確に把握しなければならない。すなわち、顎骨非対称あるいは交叉咬合存在下における臼歯部・側方歯群の頬舌的歯軸傾斜、正中偏位における上下前歯の近遠心的歯軸傾斜の把握などである。われわれは、臨床に即した歯列－歯槽部の三次元的形態評価を目的に、三次元レーザーキャナーを利用した歯列模型計測による歯列弓全体の連続的解析システムの開発を試みている⁷⁰⁾。このシステムは、日常臨床で作製する研究用模型をそのまま利用して左右歯列弓断面形態の重ね合わせができ、歯列の補償的変形を細部にわたって視覚的かつ客観的に捉えることが可能である（図13）。

一方、上下歯列正中線の偏位と臼歯関係の非対称が顕著かつ合併している場合³⁵⁾や、顎骨の構造的非対称が著しい症例では外科的矯正治療が適用される。図14、15に、外科的矯正治療を適用した顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症例の初診時および動的治療終了時の所見を示す。上顎骨と咬合平面の水平的傾斜および下顎右方偏位を伴った骨格性下顎前突症と診断し、上下両側第一小臼歯抜去による術前矯正治療後、上下顎移動術を施行した。治療後の所見（図15）では、顔面非対称が改善し側貌軟組織のバランスも良好となり、上下歯列正中線も一致して良好な咬合関係が獲得された。この症例のように、変形が下顎に留まらず上顎に及んでいる場合、上下顎移動術を適用することになる。上下顎移動術適用群

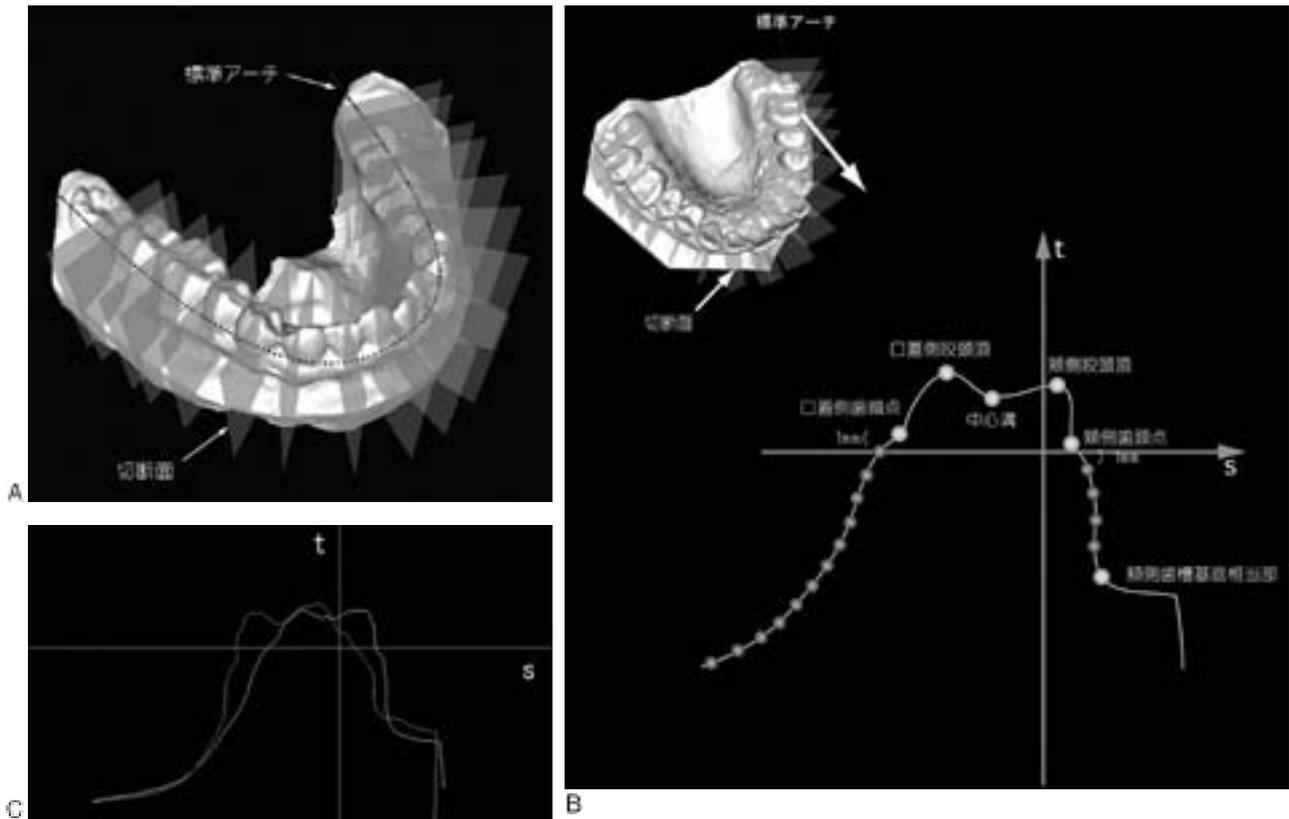


図13： 三次元レーザースキャナーを用いた歯列模型解析システム（越知ら⁷⁰⁾より引用）
 A：歯列-歯槽部任意点における断面形状の算出
 B：二次元的切断面上における咬頭頂，歯頸部，歯槽底部等の特徴点の抽出
 C：歯列-歯槽部全体の対称性を評価するための左右側切断面の重ね合わせ（第一大臼歯部）

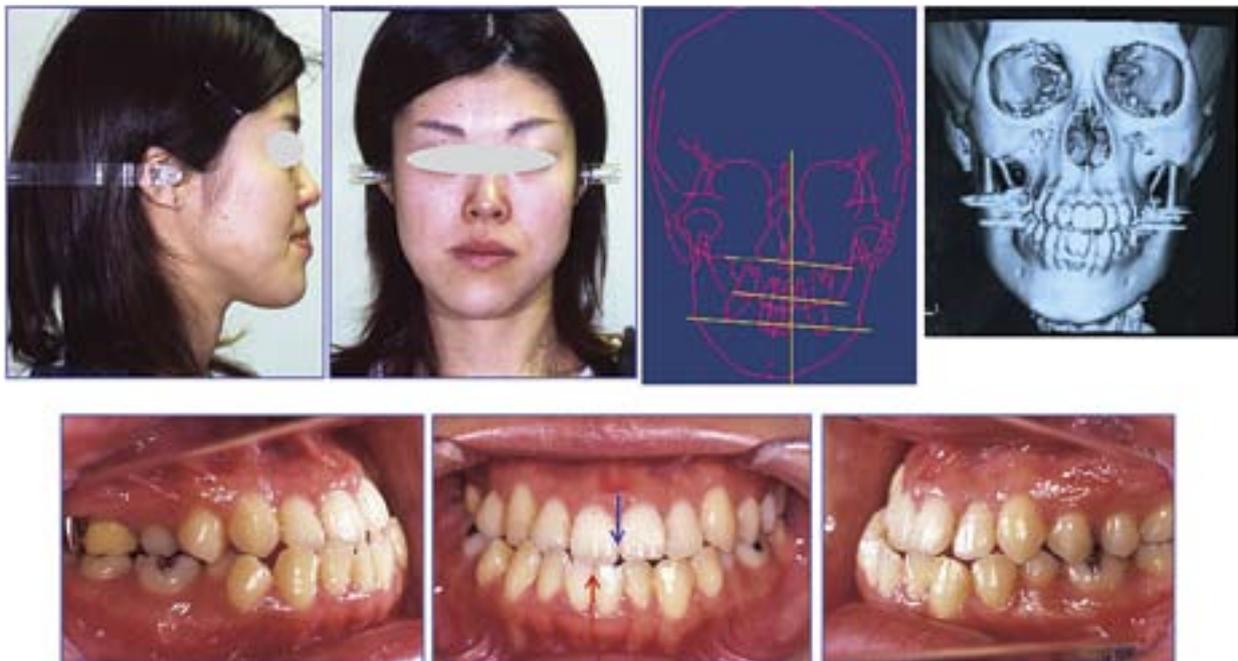


図14：外科的矯正治療を適用した顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症例（初診時）

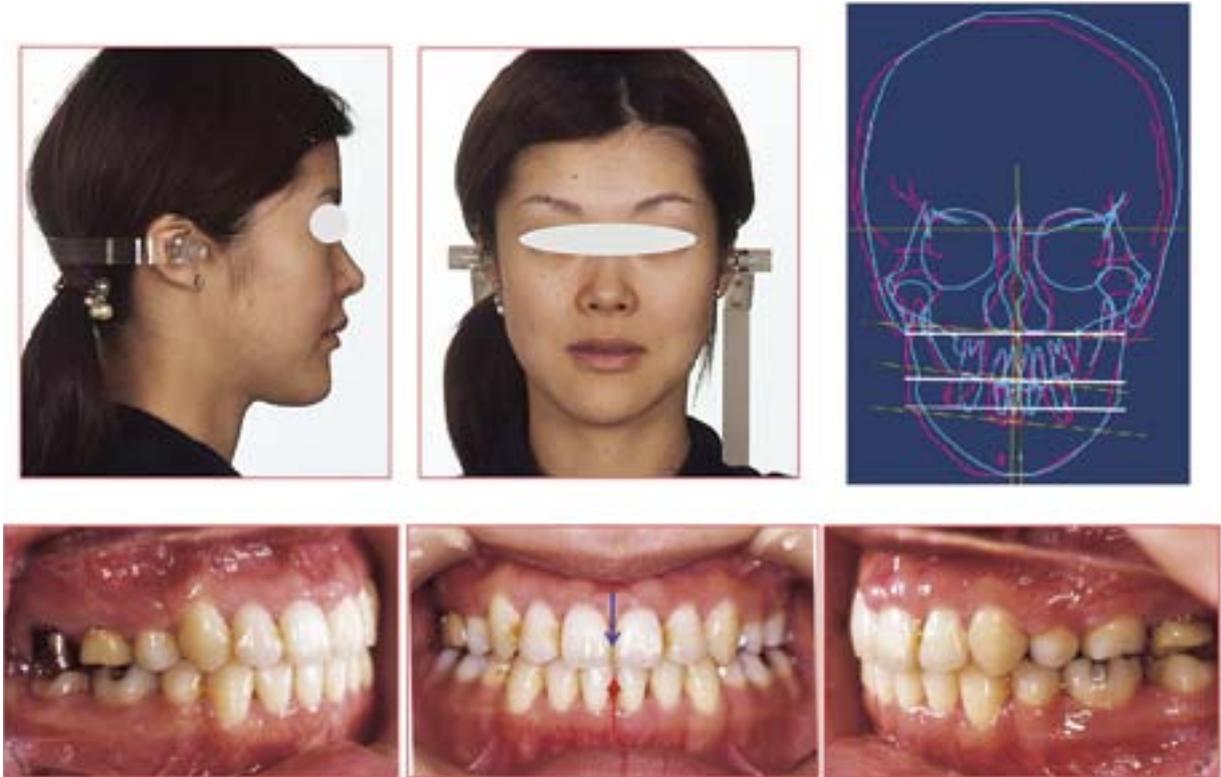


図15：外科的矯正治療を適用した顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症例（動的治療終了時）

では、下顎枝矢状分割術単独適用群と比較し、Meの偏位改善量および鼻部幅径の非対称が有意に改善する⁷¹⁾。新潟大学医歯学総合病院における最近10年間のデータでは、顎矯正手術施行総数の約50～65%に上下顎移動術が適用され⁵⁾、予後も良好である⁷²⁾。

外科的矯正治療あるいは顎矯正手術の適用にあたっては、術後の予測が欠かせない。近年では、二次元セファロメトリックプレディクションに加え、三次元分析の有用性が報告されている^{73,74)}。Troulisら⁷³⁾は、CT画像上で顎顔面の構造物を分割して手術予定位置に移動させる'cutting tool'、移動時の骨片干渉を警告する'collision tool'などのソフトウェアを独自に開発し、三次元分析の治療計画立案への応用精度を高めている。Xiaら⁷⁴⁾は、CT三次元再構築画像をもとに顎矯正手術計画を立案後、手術に伴う軟組織変化を三次元カラーテキストチャーマッピング法により色づけされた顔モデルを作成する、新しい術前三次元予測法を報告している。われわれも、顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症を対象に、CT三次元再構築画像を用いて顎矯正手術施行後の硬組織に対する軟組織変化（軟組織追従率）について検討した⁷⁵⁾。図16 - A, Bに垂直方向、水平方向における計測軸の設定と計測方法を示す。測定は、偏位側頬部・オトガイ部、非偏位側頬部・オトガイ部の4領域について行い（図16 - C）、各領域における術前軟組織の厚径分析と軟組

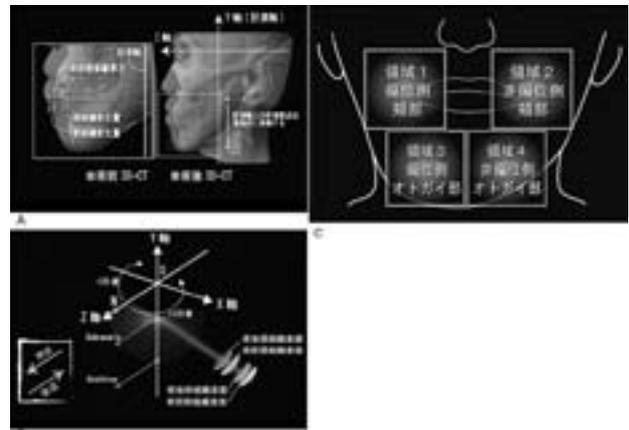


図16：顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術後の三次元的変化の分析法(山崎ら⁷⁵⁾より改変引用)

- A：計測軸の設定と計測方法（垂直的）
 B：計測軸の設定と計測方法（水平的）
 C：計測領域

織追従率を算出した。表で示すように、本研究で行った三次元分析は左右差の検出能に優れ、顔面非対称患者の軟組織追従率を広範囲かつ客観的に扱えられる可能性を示した。

一方、エックス線被爆のない非接触型三次元形状計測装置を用いて、2種類の顔面軟組織形状（口唇閉鎖時お

表：計測領域別回帰係数（硬組織に対する軟組織追従率）（山崎ら⁷⁵⁾より改変引用）

領域	術前軟組織平均厚さ mm	変化方向	回帰係数	決定係数 R ²
1 偏位側 頬部	21.88 ± 4.19 *	突出	0.37*	0.560
	15.19 ± 3.82 *	後退	0.678*	0.879
2 非偏位側 頬部	19.10 ± 3.88 *	突出	0.372*	0.639
	17.56 ± 3.39 *	後退	0.426*	0.749
3 偏位側 オトガイ部	—	突出	—	—
	9.83 ± 2.15 *	後退	0.873*	0.957
4 非偏位側 オトガイ部	10.64 ± 2.66 *	突出	0.856*	0.687
	10.75 ± 2.67 *	後退	0.738*	0.895

軟組織変化量
硬組織変化量 = 回帰係数（追従率）

* : p < 0.01
決定係数 R² = 適合度

よび前歯部露出時）三次元データと日常臨床で採取する歯列模型，あるいは三次元デジタル歯列模型データを利用し，顎矯正手術後の軟組織変化を予測しようとの試みがなされている^{76,77)}。統合精度はいずれも臨床的に十分であり，今後様々な症例に適用し検討を進めることで，軟組織形態の三次元的予測や術前後の比較検討への応用が十分期待できる。

【おわりに】

現代における矯正治療の主たる目標が，個性正常咬合の確立のみならず硬組織と軟組織との調和にあることは言を俟たない。患者が持つ正貌，側貌および歯列の美的調和にかかわる心理社会的問題の克服が矯正治療の主要な目的の一つである。

本稿では，顔面非対称あるいは顎・咬合の偏位に焦点を当て，非対称の発現，評価と認識，顎偏位の構造的・機能的特徴，非対称に対する治療など種々の観点から文献的考察を交え論じた。検査機器，分析ソフトウェアの向上により，硬組織あるいは軟組織に対する分析・評価法は二次元から三次元へと急速な進歩を遂げている。われわれ臨床医は，従来の基本的臨床診査，検査，分析に熟知するとともに，新しい成果を積極的に取り入れながら，より質の高い治療結果を提供し，患者満足度を高められるよう努めていくことが必要である。

【謝 辞】

稿を終えるにあたり，外科的矯正治療の適応症において顎矯正手術を担当いただき，また，研究にも協力いただいている組織再建口腔外科学分野（主任：齊藤 力教授）および顎顔面口腔外科学分野（主任：高木律男教授）所属の先生方に深謝いたします。さらに，顔面非対称に係わる一連の研究遂行にあたって協力いただいた顎顔面

放射線学分野（主任：林 孝文教授）の先生方，歯科矯正学分野の現教室員ならびに所属していた先生方に感謝の意を表します。

【文 献】

- 1) Proffit WR: Malocclusion and dentofacial deformity in contemporary society. In: Contemporary Orthodontics, ed. Proffit WR, Fields HW Jr and Sarver DM, 4th ed, p 3-23, Mosby, St. Louis, 2007.
- 2) Ackerman JL, Proffit WR and Sarver DM: The merging soft tissue paradigm in orthodontic diagnosis and treatment planning. Clin Orthod Res, 2: 49-52, 1999.
- 3) 齋藤 功：バランスのとれた顔立ちとは？－矯正歯科医の立場から－. 甲北信越矯歯誌, 15: 13-19, 2007.
- 4) 町田直樹, 齋藤 功, 寺田員人, 川原のぞみ, 原田史子, 松久淳子, 宮城尚史, 山岸美紀子, 森田修一, 花田晃治：新潟大学歯学部附属病院矯正科に来院した過去10年間の顎変形症患者に関する臨床統計的調査. 甲北信越矯歯誌, 8: 31-34, 2000.
- 5) 小栗由充, 長沼一男, 原田史子, 渡辺 厚, 八巻正樹, 齋藤 力, 高木律男, 齋藤 功：新潟大学歯学部総合病院矯正歯科診療室における過去10年間の外科的矯正治療適用症例の動向. 日顎変形誌, 20: 297-304, 2010.
- 6) 柳澤桂子：左右を決める遺伝子. 177-193頁, 講談社, 東京, 1997.
- 7) Bishara SE, Burkey PS and Kharouf JG: Dental and facial asymmetries: a review. Angle Orthod 64: 89-98, 1994.

- 8) Letzer GM and Kronman JH: A postero-anterior cephalometric evaluation of craniofacial asymmetry. *Angle Orthod*, 37: 205-211, 1967.
- 9) Sheats RD, McGorray SP, Musmar Q, Wheeler TT and King G: Prevalence of orthodontics asymmetries. *Semin Orthod*, 4: 138-145, 1998.
- 10) Melsen B, Stensgard K and Pedersen J: Sucking habits and their influence on swallowing pattern and prevalence of malocclusion. *Eur J Orthod*, 1: 271-280, 1979.
- 11) Larsson E: The effect of dummy-sucking on the occlusion: a review. *Eur J Orthod*, 8: 127-130, 1986.
- 12) Kürol J, Berglund L: Longitudinal study and cost-benefit analysis of the effect of early treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. *Eur J Orthod*, 14: 173-179, 1992.
- 13) Pirttiniemi P: Association of mandibular and facial asymmetries – a review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 106: 191-200, 1994.
- 14) 南 克浩, 菅原利夫, 森 悦日, 宮島貴博, 山田朋弘, 京本博行, 清水英孝, 作田正義: 外科的顎矯正の臨床統計的観察. *日本口腔科学会雑誌*, 46: 165-170, 1997.
- 15) 柚木大和, 中嶋正博, 林 秀一, 窪 寛二, 大西祐一, 野坂泰弘, 角熊雅彦, 森田章介, 覚道健治, 橋本 登, 川本達雄: 大阪歯科大学口腔外科学第2講座における11年間の顎矯正手術の臨床統計的観察. *日顎変形誌*, 9: 51-56, 1999.
- 16) Haraguchi S, Takada K and Yasuda Y: Facial asymmetry in subjects with skeletal Class III deformity. *Angle Orthod*, 72: 28-35, 2002.
- 17) 小林正治, 齊藤 力, 井上農夫男, 大畑 昇, 川村 仁, 後藤滋巳, 後藤昌昭, 白土雄司, 須佐美隆史, 丹根一夫, 橋本賢二, 森山啓司, 天笠光雄, 氷室利彦, 外木守雄: 本邦における顎変形症治療の実態調査. *日顎変形誌*, 18: 237-250, 2008.
- 18) Severt TR and Proffit WR: The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 12: 171-6, 1997.
- 19) Rossi M, Ribeiro E and Smith R: Craniofacial asymmetry in development: An anatomical study. *Angle Orthod*, 73: 381-385, 2003.
- 20) Sarnat BG: Developmental facial abnormalities and the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc*, 79: 108-117, 1969.
- 21) Erickson GE and Waite DE: Mandibular asymmetry. *J Am Dent Assoc*, 89: 1369-1373, 1974.
- 22) Spyropoulos MN and Tsolakis AI: Altered mandibular function and prevention of skeletal asymmetries after unilateral condylectomy in rats. *Eur J Orthod*, 19: 211-218, 1997.
- 23) Mongini F and Schmid W: Craniomandibular asymmetries. In: *Craniomandibular and TMJ orthopedics. Stomatognathic dysfunction*, ed. Mongini F and Schmid W, p47-66, Quintessence Pub Co, Chicago, 1989.
- 24) Fuentes MA, Opperman LA, Buschang P, Bellinger LL, Carlson DS and Hinton RJ: Lateral functional shift of the mandible: Part I. Effects on condylar cartilage thickness and proliferation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 123: 153-159, 2003.
- 25) Langberg BJ, Arai K and Miner M: Transverse skeletal and dental asymmetry in adults with unilateral lingual posterior cross bite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 127: 6-16, 2005.
- 26) Mongini F and Schmid W: Treatment of mandibular asymmetries during growth: A longitudinal study., 9: 51-67, 1987.
- 27) Schmid W, Mongini F and Felisio A: A computer-based assessment of structural and displacement asymmetries of the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 100: 19-34, 1991.
- 28) 小林元夫, 齊藤 功, 石井一裕, 竹山雅規, 森田修一, 花田晃治: 思春期に顎偏位が増悪した反対咬合の長期観察例. *日矯歯誌*, 55: 234-245, 1996.
- 29) Proffit WR, Sarver DM and Ackerman JL: Orthodontic diagnosis: The development of a problem list. In: *Contemporary Orthodontics*, ed. Proffit WR, Fields HW Jr and Sarver DM, 4th ed, p 167-233, Mosby, St. Louis, 2007.
- 30) 阿左見和夫: 顔面規格写真による前面からみた日本人顔面の解剖学的研究 その1 閉口時の顔面. *歯科学報*, 78: 835-878, 1978.
- 31) 渡辺一民: 顔の対称性に関する研究 – いわゆる正中線の設定に関する検討 – . *日大歯学*, 53: 1037-1047, 1979.
- 32) 鈴木克美: Down 症候群児の顔貌, 顔面規格写真法による分析. *小児歯誌*, 16: 303-311, 1978.
- 33) Beorkowitz S and Cussi J: Biostereometric analysis of surgically corrected abnormal faces. *Am J Orthod* 72: 526-538, 1977.

- 34) 腰原 好：顔面ならびに顎における形態と機能との相関性に関する研究. 歯科学報, 68: 329-355, 1968.
- 35) Arnett GW and Bergman RT: Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning - part II. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 103: 395-411, 1993.
- 36) Sassouni V.: Orthodontics in dental practice. 1st ed., p. 325-355, Mosby, St. Louis, 1971.
- 37) Ricketts RM: Cephalometric analysis and synthesis. Angle Orthod, 31: 141-156, 1961.
- 38) 近藤悦子：日本人成人男女についての頭部 X 線規格正貌写真による検討. 日矯歯誌, 31: 117-136, 1972.
- 39) 本橋康助, 亀田 晃, 近藤悦子：日本人成人男女についての頭部 X 線規格写真法による検討. 日矯歯誌, 31: 117-136, 1972.
- 40) 青島 攻：外科矯正治療を必要とする交叉咬合者の正貌頭部 X 線規格写真による顔の対称性の検討. 日矯歯誌 49: 256-262, 1990.
- 41) 宮下邦彦：頭部 X 線規格写真法の基礎. 244-293 頁, クインテッセンス出版, 東京, 1999.
- 42) 木村和男, 菅原準二, 三谷英夫：ヒト乾燥頭蓋骨の正面頭部 X 線規格写真像について 第二報 頭部の上下回転に伴う X 線像の変化. 東北大歯誌 8: 51-61, 1989.
- 43) 原口由美子, 名方俊介, 渡邊美恵子, 小宮千恵子：顔面非対称が増悪した 1 症例の咀嚼筋機能分析. 日矯歯誌, 53: 183-191, 1994.
- 44) 福井忠雄, 森田修一, 花田晃治：正面頭部 X 線規格写真における下顎骨輪郭線の新しい重ね合わせに関する研究. 日矯歯誌, 55: 364-371, 1996.
- 45) 小早川元博, 中村広一, 尾口仁志, 石井宏昭, 近藤寿郎, 松浦正朗, 瀬戸院一：顔面写真における顔面非対称性評価の手がかりについて. 顎変形会誌, 5: 113-114, 1986.
- 46) 石井一裕, 八巻正樹, 齊藤 功, 花田晃治：W.W.W 上で行った横顔の好み, および非対称顔貌に対する印象調査について. 「臨床家のための矯正 Year Book '98, 伊藤学而, 花田晃治 (編), 203-210 頁, クインテッセンス出版, 東京, 1998.
- 47) Lee MS, Chung DH, Lee JW and Cha KS: Assessing soft-tissue characteristics of facial asymmetry with photographs. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 138: 23-31, 2010.
- 48) Meyer-Marcotty P, Alpers GW, Gerdes ABM and Stellzig-Eisenhauer A: Impact of facial asymmetry in visual perception: A 3-dimensional data analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 137: 168.e1-168.e8, 2010.
- 49) 加藤祐介, 小林正治, 長谷部大地, 加納浩之, 齊藤 力：顔面非対称の主観的評価と注視点解析による検討 - アイトラッキング法による分析 -. 日顎変形誌, 19: 184-192, 2009.
- 50) Beyer JW and Lindauer SJ: Evaluation of dental midline position. Semin Orthod, 4: 146-152, 1998.
- 51) Johnston CD, Burden DJ and Stevenson MR: The influence of dental to facial midline discrepancies on dental attractiveness ratings. Eur J Orthod, 21: 517-522, 1999.
- 52) Pinho S, Ciriaco C, Faber J and Lenza MA: Impact of dental asymmetries on the perception of smile esthetics. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 132: 748-753, 2007.
- 53) 寺田員人, 齊藤 功, 花田晃治：パーソナルコンピュータを用いた外科的矯正治療のためのシミュレーションについて. 日矯歯誌, 49: 331-340, 1990.
- 54) Cavalcanti MG, Haller JW and Vannier MW: Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. J Oral Maxillofac Surg, 57: 690-694, 1999.
- 55) 若松孝典, 八巻正樹, 花田晃治, 林 孝文, 齋藤 功：顔面非対称を伴う下顎前突症患者における顎骨非対称の三次元評価. 日顎変形誌, 17: 29-36, 2007.
- 56) 佐藤勇資, 福井忠雄, 原 省司, 山田一尋, 森田修一, 花田晃治：下顎偏位度と下顎頭の形態・位置ならびに下顎頭運動の関連性について. 日顎誌, 5: 58-68, 1993.
- 57) Yahata M, Yamada K, Hayashi T and Saito I: Unilateral condylar bone deformity and slope of articular eminence related to mandibular asymmetry. J Craniomandib Pract, 27: 261-267, 2009.
- 58) 福井忠雄, 佐藤勇資, 山田一尋, 森田修一, 花田晃治：下顎偏位量と下顎前方運動時の左右顎頭の運動経路との関係について. 日矯歯誌, 51: 203-209, 1992.
- 59) 近藤裕敏：顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症における咀嚼筋の形態と機能に関する研究 - X 線 CT を利用して -. 歯学, 78: 1261-1270, 1991.
- 60) Kwon TG, Lee KH, Park HS, Ryoo HM, Kim HJ and Lee SH: Relationship between the masticatory muscles and mandibular skeleton in mandibular prognathism with and without

- asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg*, 65: 1538-1543, 2007.
- 61) 若松孝典, 花田晃治, 林 孝文, 齋藤 功: Volume rendering法を用いた変位を伴う顎変形症患者における咬筋の体積計測. *Niigata Dent J*, 36: 25-30, 2006.
- 62) Dong Y, Wang XM, Wang MQ and Widmalm SE: Asymmetric muscle function in patients with developmental mandibular asymmetry. *J Oral Rehabil*, 35: 27-36, 2008.
- 63) Castelo PM, Gavião MB, Pereira LJ and Bonjardim LR: Evaluation of changes in muscle thickness, bite force and facial asymmetry during early treatment of functional posterior crossbite. *J Clin Pediatr Dent*, 34: 369-374, 2010.
- 64) 八巻正樹, 齋藤 功, 関 康弘: 偏位咬合に対する一期治療 混合歯列期からのポイント. 矯正家のための矯正 Year Book '98 伊藤学而, 花田晃治 (編), 124-131 頁, クインテッセンス出版, 東京, 1998.
- 65) Hanson PR and Melugin B: Surgical /orthodontic treatment of mandibular asymmetries. *Semin Orthod*, 15: 268-278, 2009.
- 66) Nanda R and Margolis MJ: Treatment strategies for midline discrepancies. *Semin Orthod* 2: 84-89, 1996.
- 67) 齋藤 功: 偏位咬合に対するⅡ期治療 混合歯列期からの矯正ポイント. 矯正家のための矯正 Year Book '98 伊藤学而, 花田晃治 (編), 132-141 頁, クインテッセンス出版, 東京, 1998.
- 68) Burstone CJ: Diagnosis and treatment planning of patients with asymmetries. *Semin Orthod* 4: 153-164, 1998.
- 69) Legan HL: Surgical correction of patients with asymmetries. *Semin Orthod*, 4: 189-198, 1998.
- 70) 越知佳奈子, 山添清文, 森田修一, 齋藤 功: 歯列模型の三次元解析システムの開発. *Niigata Dent J*, 38: 23-24, 2008.
- 71) 竹村 史, 森田修一, 八巻正樹, 齋藤 力, 高木律男, 齋藤 功: 偏位を伴う骨格性下顎前突症患者における外科的矯正治療後の正貌軟組織変化. *日顎変形誌*, 17: 238-246, 2007.
- 72) Al-Gunaid T, Yamada K, Takagi R, Saito C and Saito I: Postoperative stability of bimaxillary surgery in Class III patients with mandibular protrusion and mandibular deviation; a frontal cephalometric study. *J Oral Maxillofac Surg*, 37: 992-998, 2008.
- 73) Troulis MJ, Everett P, Seldin EB, Kikinis R and Kaban LB: Development of a three-dimensional treatment planning system based on computed tomographic data. *Int J Oral Maxillofacial Surg*, 31: 349-357, 2002.
- 74) Xia J, Samman N, Yeung RW, Wang D, Shen SG, Ip HH and Tideman H: Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation. 3D soft tissue planning and prediction. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 29: 250-258, 2000.
- 75) 山崎幸一, 寺田員人, 中村順一, 中川公貴, 川原のぞみ, 松原大樹, 森田修一, 齋藤 力, 高木律男, 林 孝文, 齋藤 功: 顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症患者における顎矯正手術後の硬組織変化に対する軟組織変化の三次元分析. *日顎変形誌*, 15: 87-94, 2005.
- 76) 小原彰浩, 寺田員人, 松原大樹, 越知佳奈子, 齋藤 力, 齋藤 功: 顔面軟組織形状と歯列模型の三次元データ統合制度の検討. *日顎変形誌*, 19: 193-198, 2009.
- 77) Rangel FA, Maal TJJ, Berge SJ, van Vlijmen OJC, Plooi, Schutyser F and Kuijpers-Jagtman AM: Integration of digital dental casts in 3-dimensional facial photographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134: 820-826, 2008.