原著論文

健常者および顎機能障害者における習慣性咬合位から
咬頭嵌合位への下顎変位の比較

朴 康鉆 佐藤 正樹 川添 堯彬

Comparison of Mandibular Displacement from Habitual Occlusal Position
to Intercuspal Position in Normal Adults and Volunteers with
Temporomandibular Disorders

Park Gang-Suk, Sato Masaki and Kawazoe Takayoshi

歯科補綴学的意義

最近の顎機能障害に対する治療の到達目標は、医学的な完治から、症状の軽減と咬合の管理へと比重が移ってきている。本研究では、健常者と顎機能障害者の習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位を三次元的に解析することにより、その変位量および変位方向の違いを明らかにしている。これらのデータは、顎機能障害に対する正確な咬合診断、あるいは治療方針の決定を行ううえで重要な意義があると考えられる。

抄 録

目的：本研究の目的は、健常者および顎機能障害者の習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位を三次元的に解析し、その変位量および変位方向の違いを明らかにすることである。

方法：被検者として、健常有歯顎者6名と顎関節部の雑音を有する顎機能障害者6名を選択した。Light clenchingと30% MVC (Maximum voluntary clenching)の咬合力を発揮させて採得した、2種類のシリコンバイトを試料として、非接触形状計測を行った。頭部X線CTから、頭蓋顔面骨の三次元構築データを抽出し、その解剖学的標点から、基準座標を設定した。テフロン球をマーカーとして三次元構築データの位置合わせを行った後に、上下顎歯列咬合面の位置合わせにより、習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位を算出した。下顎変位を表現するパラメータとして、下顎咬合平面を決定する三角形の重心の変位量および変位方向をMOD (Movement of dentition)、左右側下顎頭最上点の変位量および変位方向をMOC (Movement of condyle)とした。

結果：健常者に比べて顎機能障害者では、MOD、MOCともに下顎変位量が有意に大きかった。また変位方向については、すべての顎機能障害者において、下顎歯列部では上方に、下顎頭部では後方に変位する傾向が認められた。

結論：習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位が、顎関節雑音の発症に関連している可能性が示された。

和文キーワード

咬頭嵌合位、咬合検査、シリコンバイト、顎関節雑音

大阪歯科大学有歯補綴咬合学講座 (指導：川添堯彬教授)

Department of Fixed Prosthodontics and Occlusion, Osaka Dental University (Director : Prof. Kawazoe Takayoshi)

受付：2002年8月19日/受理：2002年11月25日

Received on August 19, 2002/Accepted on November 25, 2002

I. 緒 言

咬頭嵌合位の位置が適切であること、咬頭嵌合位に安定した咬合接触が存在することが、顎口腔機能を円滑に営むうえで、重要な要件であるといわれている^{1,2)}。

健常者では、習慣性咬合位あるいは筋肉位と咬頭嵌合位がほぼ一致すると考えられている^{3,4)}。また顎機能障害者では、習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位量が、健常者に比べて大きいという報告がある^{5,6)}。すなわち、咬みしめに伴って下顎が変位する不安定な状態が長期にわたって継続したため、種々の顎機能障害を発症したものと考察されている。しかし、咬頭嵌合に伴う下顎変位を三次元的に解析した報告は少なく、その変位量、変位方向と顎機能障害との関連については不明な点も多い。

われわれはこれまでに、シリコンバイトを直接非接触形状計測し、コンピュータ上で解析する三次元咬合検査法を開発してきた^{7,8)}。今回、この三次元咬合検査法を用いて、健常者および顎機能障害者の習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位を三次元的に解析し、その変位量および変位方向の違いを明らかにすることを目的として本研究を行った。

II. 研究方法

1. 被検者

被検者として、顎口腔系に自覚的、他覚的に異常を認めない健常有歯顎者 6 名（男性 4 名、女性 2 名、平均年齢 23.7 ± 2.7 歳、以下、健常者とする）と、本学学生のうち顎関節部の雑音を有し、治療が必要と診断された顎機能障害者 6 名（男性 4 名、女性 2 名、平均年齢 24.2 ± 1.7 歳）を選択した。本研究の趣旨を各被検者に十分に説明したうえで、参加への同意を得た。

2. 咬合採得

スタディーモデルから製作した咬合採得用のレジンフレームと、咬合採得材（エクザバイト、ジーシー、東京）を用いて、2 種類のシリコンバイトを採得した。被検者の左側咬筋中央部から銀皿表面電極によって導出した筋放電の RMS (Root mean square) 整

流波をオシロスコープ上に表示し、術者のモニタリングおよび被検者のビジュアルフィードバックに利用した。フランクフルト平面が床と平行になる頭位で、座位にて咬合採得を行った。被検者に無理なく自然に閉口して、最初にいずれかの歯が接触した位置を保持するよう指示し、習慣性咬合位のシリコンバイトを採得した。その際、歯の接触から咬合採得材が硬化するまでの間、最大随意咬みしめ (Maximum voluntary clenching, 以下、MVC とする) 時の筋電位を 100% としたときの 5% MVC を一度も越えないことを、術者が確認した (以下、Light clenching とする)。また、被検者のビジュアルフィードバックにより 30% MVC の咬合力を発揮させ、咬頭嵌合位の咬合状態を印記したシリコンバイトを採得した。習慣性咬合位および咬頭嵌合位の再現性の確認は、咬合検査材 (バイトチェッカー、ジーシー) を用いてシリコンブラックを 2 回以上採得し、シリコンバイトの咬合接触像と比較することにより行った。

習慣性咬合位のシリコンバイトを採得したレジンフレームの左右側犬歯相当部と口蓋部に、直径 9.525 mm のテフロン製ベアリング球 (以下、テフロン球とする) を計 3 個取り付け付けた。

3. シリコンバイトの形状計測

非接触三次元形状計測装置 (SURFLACER VMS-250 R, UNISN, 大阪) を用いて、シリコンバイトの形状計測を行った。シリコンバイトの下顎咬合平面と計測用アルミフレームの水平枠が可及的に平行になるように調整し、シリコンバイトを計測用アルミフレームに固定した。シリコンバイトに表面処理材 (タセトカラーチェック, 日本油脂, 東京) を塗布し、レーザーの試料内部への拡散および透過を防いだ。ピッチ間隔 0.12 mm でレーザースリット光により測定物直動走査を行い、回転軸により試料を 180° 回転させ、上下顎歯列咬合面の形状計測を行った。計測データを X, Y, Z テキストデータに変換し、CAD コンピュータに転送した。

4. CT 撮影およびデータ変換

被検者に習慣性咬合位のシリコンバイトを口腔内で軽く咬みしめさせた状態で、X 線 CT 撮影装置 (Hi-Speed Advantage, GE 横河メディカル, 東京)

図 1 Marker-registration of 3-D data

マーカーレジストレーションによる三次元構築データの位置合わせ

にて、頭部X線CTを撮影した。撮影条件はスライス厚1mm、スライス間隔1mm、管電圧120kV、管電流150mA、Matrix 512×512、FOV (Field of view) 16cmとし、ヘリカルスキャンから咬合平面にほぼ平行なAxial像を再構成した。

医療画像解析ソフトウェア (Dr.View/PRO, 旭化成情報システム, 東京) の三次元自動関心領域抽出機能 (3D Auto ROI) を用いて、CTデータからCT値331で頭蓋顔面骨とテフロン球の外形を抽出した。さらに、フィルターを用いてROI (Region of interest) の表面位置座標をX, Y, Zテキストデータに変換し、CADコンピュータに転送した。

5. 三次元構築データの解析

CADコンピュータとして、パーソナルコンピュータ (Digital PC 5510 6300, 日本DEC, 東京) および点群処理ソフトウェア (SURFACER, Imageware, USA) を用い、以下の解析を行った。

1) 基準座標の設定および三次元構築データの位置合わせ

CTデータから抽出した頭蓋顔面骨の三次元構築データを用いて、左右側外耳道上縁に2点の後方基準点を設定した。前方基準点を設定するために、左右側眼窩下縁と左右側眼窩内側縁に解剖学的標点を置いた。頭蓋の正中矢状面を決定するために、眼窩内側縁を結んだ線分の中点を通り、後方基準点を結んだ直線

に垂直な平面を作成し、平面と眼窩下縁を結んだ直線との交点を前方基準点とした。後方基準点を結んだ直線をY軸、前方基準点を通りY軸に垂直な直線をX軸、X軸とY軸の交点を通り2軸に垂直な直線をZ軸とし、頭蓋に対して前方をX軸の正方向、左方をY軸の正方向、上方をZ軸の正方向とする、頭蓋顔面系の基準座標を右手座標系にて設定した。

シリコンバイトの三次元構築データおよびCTデータから抽出した頭蓋顔面骨の三次元構築データを同一座標系で評価するために、位置合わせを行った (図1)。テフロン球をマーカーとして、それぞれの計測データにフィットさせた対応する3組のNURBS (Non-uniform rational B-spline) 球について、中心間の二乗平均距離が最小となる位置を最適化によって求め、CADコンピュータ上でマーカーレジストレーション⁹⁾を行った。

2) 習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位の推定

習慣性咬合位と咬頭嵌合位のシリコンバイトの三次元構築データから、上下顎歯列咬合面の一部を利用するマーカーレスレジストレーションの1手法であるサーフェスフィット⁹⁾の手法を用いて、習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位を推定した (図2)。抽出した表面形状に対して、データ間の相対距離を最小にする変換行列を最適化によって求め、まず、上顎歯列咬合面の位置合わせを行った。その後、下顎歯列咬

図 2 Estimation of mandibular displacement using markerless-registration
マーカーレスレジストレーションによる下顎変位の推定

図 3 Parameters of mandibular displacement
下顎変位を表現するパラメータ

合面の位置合わせを行うことにより，習慣性咬合位から咬頭嵌合位への 6 自由度の変換行列を求めた．この変換行列を下顎全体に適用することにより，下顎変位を推定した．

図 3 に下顎変位を表現するパラメータを示す．下顎咬合平面を決定する下顎左右側第二大臼歯遠心頬側咬頭頂と，下顎左右側中切歯近心切端隅角の中点を結んだ三角形の重心を，下顎歯列の代表点として，先に求めた変換行列から下顎歯列の変位量と変位方向を算出した (Movement of dentition, 以下, MOD とする)．同様に，左右側下顎頭最上点の変位量と変位方向を算出した (Movement of condyle, 以下, MOC

とする)．

下顎変位量の比較には，Mann-Whitney U 検定を用いた．

III. 結 果

1. 健常者および顎機能障害者の下顎変位量 (図 4)

MOD, MOC とともに健常者に比べて顎機能障害者で有意に大きい傾向を示した．また健常者では，MOD が 0.13 ± 0.08 mm, MOC が 0.32 ± 0.21 mm, 顎機能障害患者では，MOD が 1.32 ± 1.46 mm,

図 4 Mandibular displacement from habitual occlusal position to intercuspal position in normal adults and volunteers with temporomandibular joint noise

健常者および顎関節雑音を有する顎機能障害者における習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位量

図 5 Mandibular displacement in three directions in normal adults and volunteers with temporomandibular joint noise

健常者および顎関節雑音を有する顎機能障害者における方向別の下顎変位量

MOC が 1.40 ± 1.20 mm であった。

2. 健常者および顎機能障害者における方向別の下顎変位量 (図 5)

MOD について、顎機能障害者では健常者に比べて前後的、左右的および上下的に広く分布し、上下的に

はすべての顎機能障害者において、上方に変位する傾向を示した。

MOC について、顎機能障害者では健常者に比べて前後的、左右的および上下的に広く分布し、前後的にはすべての顎機能障害者において、後方に変位する傾向を示した。

IV. 考 察

1. 実験方法について

1) 三次元咬合検査法

下顎変位を計測したこれまでの研究では、切歯点部のマグネットの動きをセンサアレイによって導出する方法⁶⁾、上下顎歯列の唇頬側面あるいは咬合面にシーネおよび顔弓を固定し、顔弓間の相対的位置関係から下顎変位を計測する方法^{5,10,11)}などが用いられてきた。マグネットを用いる方法では、1点のみの計測であるため、下顎全体の三次元的な変位をとらえることができない。またシーネを用いる方法では、歯列に固定したシーネにより、生理的な咬合関係が阻害される。

本法では、レジンフレームとシリコン製の咬合採得材を用いて、より生理的に採得したシリコンバイトを計測試料とし、およそ $\pm 20 \mu\text{m}$ の精度で直接非接触形状計測を行うことにより、口腔内の上下顎歯列咬合状態の再現を試みた。しかし、生体は粘弾性体であるため、Light clenching と 30% MVC の上下顎咬合面は完全に一致することではなく、歯の変位や顎骨の変形により $100 \mu\text{m}$ 前後の変形が生じることが報告されている^{12,13)}。本法では、上下顎歯列咬合面を平均的に位置合わせすることのできる、マーカーレスレジストレーションの1つであるサーフェスフィットの手法を用いることにより、それらの変形を越える下顎変位については、その変位量、変位方向を検出できると考えられる。

2) 咬合採得

筋肉位 (Muscular position) は、咀嚼筋群が協調活動した状態で、下顎安静位から閉口することによって得られる咬合位であると解されている¹⁴⁾。臨床的に、顎機能障害者にオクルーザルスプリントを装着させて咀嚼筋群のリラクゼーションを図ると、咬合位が変化する場合がある。本研究では、オクルーザルスプリント装着前の顎機能障害者に対し、無理なく自然に閉口し、最初にいずれかの歯が接触した下顎位を保持するよう指示し、習慣性咬合位 (Habitual occlusal position) において咬合採得を行った。また、歯の接触から咬合採得材が硬化するまでの間、5% MVC を一度も越えない Light clenching の状態であることを、術者がモニタリングにより確認した。

咬頭嵌合位 (Intercuspal position) は、上下顎歯列が最も多くの部位で接触嵌合した状態の下顎位であると定義されている¹⁵⁾。咬みしめ強度を増加させると咬合接触面積が増加するため、咬頭嵌合位とは 100% MVC の咬合力発揮時の咬合位ということになるが、咬合採得材の硬化時間中 100% MVC で一定の咬合力を発揮させることはできない。シリコンブラックの咬合接触面積が、軽度咬みしめに比べて、中等度咬みしめと最大咬みしめでは差が小さく、また 30% MVC で接触面積の再現性が最も高いという報告¹⁶⁾から、本研究では 30% MVC の咬合力を発揮させて採得した下顎位を咬頭嵌合位とした。

習慣性咬合位および咬頭嵌合位のいずれの咬合採得においても、筋電位のモニタリングあるいはビジュアルフィードバックを行うこと、またシリコンブラックの咬合接触像と比較してその再現性を確認することにより、客観的な咬合採得を行うことができたと考えられる。

2. 結果について

MOD, MOC とともに、健常者に比べて顎機能障害者で下顎変位量が有意に大きい傾向を示した。これは、健常者では習慣性咬合位と咬頭嵌合位がほぼ一致しているのに対し、顎機能障害者では習慣性咬合位と咬頭嵌合位とが一致していない者が多いためであると考えられる。

健常者では MOD が $0.13 \pm 0.08 \text{ mm}$ であり、MKG (Mandibular kinesiograph) を用いて切歯点の変位量を調べた報告⁶⁾の $0.17 \pm 0.10 \text{ mm}$ とほぼ同程度の移動距離であった。また、MOC は $0.32 \pm 0.21 \text{ mm}$ であり、X線写真から顎頭変位を計測した報告¹⁷⁾の $0.3 \pm 0.2 \text{ mm}$ とほぼ同程度の変位量であった。顎機能障害者では MOD が $1.32 \pm 1.46 \text{ mm}$ であり、MKG を用いた報告⁶⁾の $0.81 \pm 0.53 \text{ mm}$ より大きな変位量を示した。今回選択した顎機能障害者のうち 3 名は、習慣性咬合位が切端咬合位付近に存在し、咬みしめ強度の増加に伴って下顎全体が後退し、咬頭嵌合位にいたる様相を呈した。このため、下顎変位量はほかの 3 名に比べて大きく、平均的に下顎変位量が大きくなったと考えられる。

MKG を用いた報告⁶⁾では、切歯点は多くが後上方に変位したと報告されている。今回すべての顎機能障

害者の MOD は、上方に変位する傾向を示したが、前後的には一定の傾向は認められなかった。咬頭嵌合に伴って上下顎歯間距離は減少するが、早期接触の違いにより前後的には一定の傾向を示さなかったものと考えられる。

今回すべての顎機能障害者の MOC は、後方に変位する傾向を示したが、側方的および上下的には一定の傾向は認められなかった。関節窩に対する顎頭の相対的位置関係を X 線写真を用いて調べた研究¹⁸⁾では、健常者では中央に位置するものが多く、顎機能障害者では両側性に後方に位置するものが多かったという報告がある。咬頭嵌合に伴う下顎頭部の後方変位が、顎関節部の雑音の発症に関与したものと考察された。

V. 結 論

習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位を三次元咬合検査法を用いて計測した結果、

1. 健常者に比べて顎機能障害者では、下顎変位量が有意に大きかった。

2. 変位方向については、すべての顎機能障害者において、下顎歯列部では上方に、下顎頭部では後方に変位する傾向が認められた。

以上のことから、習慣性咬合位から咬頭嵌合位への下顎変位が、顎関節雑音の発症に関連している可能性が示された。

稿を終えるにあたり、本研究に種々ご教示を賜った大阪歯科大学有歯補綴咬合学講座 田中昌博助教授、ご協力くださった被検者の皆様、教室員各位ならびに大学院生一同に感謝いたします。

本研究の一部は、平成 13 年度文部科学省科学研究費補助金(課題番号:13470423)で行われた。

本研究は、大阪歯科大学中央歯学研究所(咀嚼機能研究施設)を利用して行った。

文 献

- 1) 川添堯彬, 田中昌博, 土佐淳一ほか. 画像解析による咬合診査—咬頭嵌合位付近の咬合接触と add 画像—. 歯科ジャーナル 28: 567-572, 1988.
- 2) 中野雅徳. 咬合接触関係. 藍 稔, 飯塚哲夫, 下里常弘ほか編, 口腔診断学 354-364, 東京:デンタルダイアモンド社, 1992.

- 3) 古屋良一. 咬合採得. 長谷川成男, 坂東永一編, 臨床咬合学事典 318-322, 東京:医歯薬出版, 1997.
- 4) 藍 稔. 顎機能異常と咬合 50-54, 東京:医歯薬出版, 1999.
- 5) 高島史男. 顎関節症患者の咬頭嵌合位に関する研究. 補綴誌 26: 532-547, 1982.
- 6) 柳田昌宏. 咬頭嵌合位の安定性と下顎変位. 補綴誌 38: 198-210, 1994.
- 7) 佐藤正樹, 鳥井克典, 岡崎全宏ほか. 頭蓋顔面系を基準とした咬合状態の定量化. 顎機能誌 6: 55-65, 1999.
- 8) 佐藤正樹. 健常者の咬頭嵌合位における咬合接触状態の三次元解析—上顎臼歯について—. 補綴誌 44: 265-273, 2000.
- 9) 木原朝彦, 田中裕子. マルチモダリティ画像と患者のマーカーレス・レジストレーション. BME 11: 63-71, 1997.
- 10) 竹内久裕, 藤村哲也, 坂東永一. 咬合力による顎口腔系の変形が顎運動解析に及ぼす影響. 補綴誌 34: 1150-1161, 1990.
- 11) Kuroiwa A, Kozawa T, Igarashi Y. Preliminary report on the jaw tacking system with six degree of freedom (MMJI-E, jaw tracking system). 松本歯学 22: 161-166, 1996.
- 12) 益田高行, 三浦宏之, 加藤 均. 咬合力による上顎臼歯部歯周組織の歪みの三次元的測定. 補綴誌 40: 154-159, 1996.
- 13) 岡田大蔵, 三浦宏之, 長谷川成男. 上下顎臼歯の機能状態に関する研究—歯の三次元変位—. 補綴誌 42: 279-286, 1998.
- 14) 近藤宏治. 筋肉位. 長谷川成男, 坂東永一編, 臨床咬合学事典 289, 東京:医歯薬出版, 1997.
- 15) 古屋良一. 咬頭嵌合位. 長谷川成男, 坂東永一編, 臨床咬合学事典 308-310, 東京:医歯薬出版, 1997.
- 16) 村田洋一. 臼歯単独補綴歯冠の高さの調整が歯列咬合接触に及ぼす影響 1. シリコン・ブラック法における咬みしめ強度. 補綴誌 32: 601-609, 1988.
- 17) 菅沼岳史. 咬頭嵌合位における咬みしめ時の顎頭変位. 補綴誌 37: 98-106, 1993.
- 18) 住田修巳, 尾崎裕司, 古谷昌昭ほか. 顎口腔系機能異常における顎関節に関する X 線的研究 第 2 報 顎頭位について. 補綴誌 28: 465-472, 1984.

著者連絡先: 佐藤 正樹

〒540-0008 大阪府大阪市中央区大手前
1-5-17

TEL : 06-6910-1518

FAX : 06-6910-1046

E-mail : satoh-m@cc.osaka-dent.ac.jp

Comparison of Mandibular Displacement from Habitual Occlusal Position to Intercuspal Position in Normal Adults and Volunteers with Temporomandibular Disorders

Park Gang-Suk, Sato Masaki and Kawazoe Takayoshi

Department of Fixed Prosthodontics and Occlusion, Osaka Dental University
(Director : Prof. Kawazoe Takayoshi)

J Jpn Prosthodont Soc 47 : 117-124, 2003

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to clarify the differences in amount and direction of mandibular displacement from habitual occlusal position to intercuspal position, between normal adults and volunteers with temporomandibular joint (TMJ) noise.

Methods : Six normal adults, and six volunteers with TMJ noise, participated in this study. Two silicone occlusal registrations were taken for each subject with different occlusal forces : light clenching, and 30% maximum voluntary clenching (MVC). The silicone occlusal registration was digitized by a non-contact three-dimensional form measuring device. The cranio-facial bones were reconstructed from CT data, and the frame of reference on the cranio-facial system was established using anatomical landmarks. The marker-registration of 3 D-data, the silicone occlusal registration and cranio-facial bones, were made by teflon balls. The mandibular displacement was estimated by the relationship of the maxillary and mandibular occlusal surfaces. The parameters of mandibular displacement, movement of dentition (MOD), and movement of condyle (MOC), were selected.

Results : The mandibular displacement in the volunteers with TMJ noise was larger than that in the normal adults. The direction of MOD was superior, and the direction of MOC was posterior, in all of the volunteers with TMJ noise.

Conclusions : These results suggested that the mandibular displacement from habitual occlusal position to intercuspal position was associated with noise in the joint.

Key words

intercuspal position, occlusal examination, silicone occlusal registration, temporomandibular joint noise