反対咬合者の下顎の前方偏位が咀嚼筋活動に及ぼす影響について

Electromyographic study on masticatory muscle activity of functional class III malocclusion

○篠田充巨、松野 功、今井 徹、中村進治

○Mitsunao Shinoda, Isao Matsuno, Tohru Imai, Shinji Nakamura

北海道大学歯学部歯科矯正学講座

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Hokkaido University

1. はじめに

矯正治療を受ける患者の中で最も多い反対咬合では、咬頭嵌合位に至る下顎の運動路上に上下顎前歯部の早期接触が有り、その誘導により下顎が機能的に前方へ偏位する症例が多く認められる。しかし、この下顎の前方偏位が咀嚼筋活動にどのような影響を及ぼしているのかについては明かにされていない。

そこで本実験は、これを明らかにするために、反対咬合者と正常咬合者における下顎位を前後的に変化させることによって、咬筋全体の筋活動に及ぼす影響を調べた。さらに、下顎が機能的に前方偏位する反対咬合者の矯正治療による下顎位の変化が、咬筋筋活動に及ぼす影響についても調べた。

2. 方法

本研究では反対咬合者を2つに分け、切端咬合可能な者を機能性反対咬合者群とし、切端咬合不可能な者を骨格性反対咬合者群とした。被験者の内訳は、機能性反対咬合者群 8名（男子 2名、女子 6名、平均年齢 9才 5ヶ月）、骨格性反対咬合者群 3名（男子 2名、女子 1名、平均年齢 7才 11ヶ月）であった。また、対照として小児正常咬合者群男子 3名（平均年齢 9才 1ヶ月）と、成人正常咬合者群男子 3名（平均年齢 27才 4ヶ月）を用いた。

本実験において設定した下顎位は、以下の5つとした。咬頭嵌合位：ICP、およびゴシック

図1 スプリント装着時の4つの下顎位

ク・アーチの前方滑走路上のアベックス、ならびにアベックスから2mm、4mm、6mm前方の4つの位置で作製したスプリント装着時の下顎位であり、それぞれSPA、SP2、SP4、SP6とした（図1）。下顎位を規定し安定した上下歯列の咬合接触関係を得るために、スプリントは即時重合レジンで作製し、臼歯部では咬合面全体を覆い、犬歯を含めた前歯部は唇舌面の歯冠側約1/5までとした。また、上下的な厚さはゴシック・アーチの描記板と描記針により規定される範囲で最小とし第一大臼歯部で3～5mmとした。

被験筋は左右咬筋とし、設定した5つの下顎位について、頻度毎分約30回で持続時間約2秒の最大かみしめを6回ずつ行なわせ、筋電図を記録した。この際、ベースメーカーとしてLEDの点滅を用いた。

筋電図記録時期は、機能性反対咬合者群では、ステージIとして治療開始前、ステージII

図2 電極板の貼付位置とチャンネル番号の関係

図3 筋電図分析システムのブロックダイアグラム

としてSPAのスプリントをステージⅠ以後7～14日装着後、さらにステージⅢとして被蓋改善後の、合計3ステージとした。骨格性反対咬合者群は、ステージⅠ、Ⅱの合計2ステージで記録し、小児正常咬合者群と成人正常咬合者群はそれぞれステージⅠに相当する時期のみ記録した。

電極は、直径4mmの銀-塩化銀表面電極（日栄計測社製）を用い、縦に15mm間隔で4個、横に15mm間隔で3個、合計12個を格子状に配列し

図4 各チャンネルの平均振幅値の算出法

て、縦1列4個を隣り合った双極で3チャンネルずつ誘導して、左右咬筋全域の筋電図¹⁾をそれぞれ9チャンネルで記録した。電極板の貼付位置は、触診により確認した咬筋後縁と下顎骨下縁をそれぞれ、電極板後縁と下縁に一致させた（図2）。チャンネル番号は、左右咬筋の上前方部から下後方部までをそれぞれ、1～9チャンネルとした。なお、不感電極は前額部に設定した。

図3に、筋電図分析システムのブロックダイアグラムを示す。左右9チャンネルずつ同時に、合計18チャンネルで導出された筋電図波形は、高入力インピーダンスの差動型増幅器（時定数：0.15msec 原田電子工業社製）で1000倍に増幅し、データレコーダ（TEAC社製XR-710）に9.5cm/secのテープスピードで収録した。収録した筋電図波形を、低域遮断周波数15Hz、高域遮断周波数1KHz、減衰特性-48dB/Octのバンドパスフィルター（エヌエフ回路設計ブロック社製FV-625A）に通した後、マイクロコンピュータ（BUG社製Staff）を用いて、サンプリング周波数2KHz、精度12bitで量子化し演算処理を行ない、結果をグラフィックディスプレイ等に出力した。また、筋電図の記録は全てシールドルーム内で行なった。

図4に各チャンネルにおける筋活動量を表わすために設定した、平均振幅値の算出法を示す。左右それぞれ9チャンネルの筋電図波形の時間軸を合やす基準点として、データレコーダの19チャンネルに記録したトリガー信号を用いた。チャンネルごとに筋電図データを時系列関数Xで表わし、N個の振幅値を絶対値化して加算し、ポイント数Nで割った値を平均振幅値Mとして算出した。次に、下顎位の変化に対する筋活動量の変化の割合を、チャンネル間で同一の基準で比較するために、相対的活動量を以下

図5 成人正常咬合者3名の相対的活動量

の演算により求めた。

$$\text{相対的活動量: } R_j = \frac{M_j}{M_{SPA}} \times 100$$

(j = ICP, SPA, SP2, SP4, SP6)

相対的活動量 R_j は、チャンネルごとに各下顎位の平均振幅値 M_j を、SPA の平均振幅値 M_{SPA} で割り 100 を掛けた値として求めた。

3. 結果

3.1 正常咬合者

図5に、成人正常咬合者群3名における相対的活動量の平均値と標準誤差を示す。左右ともにほとんどのチャンネルにおいてSPAで最も筋活動量が大きく、次にICPで大きく、SP2、SP4、SP6では、SPAに対して有意に小さい傾向が認められた。

図6に、小児正常咬合者群3名の相対的活動量を示す。成人正常咬合者群と同様、左右ともにほとんどのチャンネルにおいてSPAで最も筋活動量が大きく、次にICPで大きく、SP2、SP4、SP6では、SPAに対して有意に小さい傾向が認められた。しかし、SPAからSP6までの筋活動量の変化は、成人正常咬合者群とは異なり徐々に減少する傾向が認められた。

に減少する傾向が認められた。

3.2 反対咬合者

図7に、骨格性反対咬合者群3名のステージIでの相対的活動量を示す。成人正常咬合者群小児正常咬合者群と同様、左右ともにほとんどのチャンネルにおいてSPAで最も大きな筋活動量を示す傾向が認められた。しかし、SPAからSP6までの筋活動量の変化は、小児正常咬合者群と類似し徐々に減少する傾向を示した。

図8に骨格性反対咬合者群3名のステージIIでの相対的活動量を示す。ステージIと同じくSPAで最も筋活動量が大きく、SPAからSP6までの筋活動量の変化では、両ステージで明確な差異は認められなかった。

図9に、機能性反対咬合者群8名のステージIでの相対的活動量を示す。SPAからSP6までの下顎位の中で、左右ともに全チャンネルにおいてSP2が最も大きな筋活動量を示し、SP2の前後で筋活動量が徐々に減少する傾向が認められ、先の3群とは明らかに異なっていた。

図10に、機能性反対咬合者群8名のステージIIでの相対的筋活動量を示す。ステージIとは異なり、SPAが最も筋活動量が大きくなっているという変化が認められた。SPAからSP6まで

の筋活動量の変化量は小さいが徐々に減少する傾向が認められ、小児正常咬合者群に類似していた。

図11に、機能性反対咬合者群 8名のステージIIIでの相対的活動量を示す。SPAで最も筋活動

量が大きく、SP2, SP4, SP6では、筋活動量が全てのチャンネルで有意に小さくなる傾向が認められた。この変化の傾向は先に示した小児正常咬合者群に非常に類似していた。

図8 骨格性反対咬合者3名のステージIIでの相対的活動量

図9 機能性反対咬合者8名のステージIでの相対的活動量

4. 考察

4.1 正常咬合者

一般に、成人において下顎位が前方に変化すると、咬みしめ時における咀嚼筋活動量が減少

するといわれている^{2,3)}。本実験でも、下顎が前方位をとるに従い咬筋筋活動量は減少した。しかし、成人正常咬合者群のSPAからSP6までの筋活動量の変化はSP2で急激に減少するのに対して、小児正常咬合者群では徐々に減少する

という違いが認められた。これより、小児正常咬合者群に比べて成人正常咬合者群では、咬筋筋活動を最大に発揮するための下顎位の許容範囲が狭いことが推察された。

4.2 反対咬合者

骨格性反対咬合者群では、ステージI、II間で下顎位の変化に対する筋活動性に明確な差異はなく、SPA からSP6 への変化の傾向は小児正常咬合者群に類似していた。これは、骨格性反対咬合者群の年令が小児正常咬合者群に類似し

図12 機能性反対咬合者：DのステージⅢでの相対的活動量

図13 機能性反対咬合者：DのステージⅢから30日後での相対的活動量

ていることに加えて、骨格性反対咬合者群は反対咬合ではあるが、咬頭嵌合位の偏位がないためと考えられた。

機能性反対咬合者群のステージⅠでは、SPAからSP6までの下顎位の中でSP2で最も筋活動量大きいという特徴的な傾向を示しており、

先の3群とは明らかに異なっていた。ここで、スプリント作製時に咬合器上に装着した上下歯列石膏模型の所見から、機能性反対咬合者群の咬頭嵌合位の水平的位置はSP2の近傍あるいは、これよりも前方にあることが認められた。一方、先の3群における咬頭嵌合位の水平的位置は、SPAの近傍にあることが認められた。これより、機能性反対咬合者群と先の3群との咬筋筋活動性の違いは、咬頭嵌合位の偏位による影響が大きいと考えられた。

機能性反対咬合者群のステージⅠからステージⅢまでの筋活動量の変化では、スプリント装着時の最大筋活動量を示す下顎位が、ステージⅠからステージⅢにかけて、SP2からSPAへと移って来ることが認められた。これは、ステージⅡにおいてはSPAでのスプリントを装着することにより、さらにステージⅢでは被蓋改善により、下顎の機能的前方偏位が除去されて、咬頭嵌合位が本来安定すべき下顎位、すなわちSPAに近づくためと推察された。また、ステージⅡでは治療開始前においても、スプリントにより機能的前方偏位を除去し、咬頭嵌合位が本来安定すべきと考えられる下顎位を新たに与えた場合、咬筋は最低7日間でこの新たに与えた下顎位に、ある程度適応できる可能性を示唆していると考えられた。

4.3 リクルートメントと発火頻度

全ての被験者群の全チャンネルにおいて、最小の筋活動量を示す下顎位でも、最大筋活動量の60パーセント以上の筋活動量を示すことが認められた。一般に、ヒトの筋肉の中で母指外転筋など比較的小さな筋では、最大筋活動量の50パーセントまでにリクルートメントが生じ、50パーセントから100パーセントまでの筋活動量は、発火頻度の増加に依存することが知られている⁴⁾。そして、ヒトの咬筋においても、これが当てはまる可能性のあることがGoldbergら⁵⁾によって報告されている。これらのことから、本実験結果では全ての下顎位でリクルートメントが完了していると推察され、各下顎位間での筋活動量の違いは発火頻度の違いによるものと考えられた。さらに、下顎位の変化に対する筋活動量の変化の傾向は、各被験者群の左右全チャンネルが一定の傾向で変化したことから、一般に、下顎位の変化に対して咬筋の全ての部位

で、同じ割合で発火頻度に変化することが推察された。

本実験における相対的活動量の結果は、各被験者群について平均値を表示したが、被験者ごとに見ると下顎位の変化に対する筋活動量の変化の傾向が、チャンネル間で一定の傾向を示さないものが機能性反対咬合者群8名のなかに2名存在した。図12に、このうちの1名(被験者D)におけるステージⅢの結果を示す。これら2名では、ステージⅠからⅢまでを通して、下顎位の変化に対する筋活動量の変化が、チャンネル間で一定の傾向を示さなかった。そのためステージⅢからさらに30日以上経過した後に、再度筋電図を記録した結果を図13に示す。この時点では、チャンネル間で一定の傾向を示し小児正常咬合者群に類似してくることが認められた。

下顎位の変化に対する筋活動量の変化の傾向が、各チャンネルで一定の傾向を示さない症例が、機能性反対咬合者群にのみ2名認められたことから、咬頭嵌合位が偏位している症例のなかには、下顎位の変化に対して咬筋の全ての部位で同じ割合で発火頻度に変化しない場合があることが推察された。また、顎関節症を引き起こす大きな原因の一つとして、咬頭嵌合位の偏位が指摘されている^{6,7)}ことから、顎関節症の発生機序に発火頻度の変化が何らかの関係をもっているものと考えられる。したがって本筋電図分析システムを用いて、咬頭嵌合位の偏位のある不正咬合症例における顎口腔系の機能障害を、臨床的に診査できる可能性が示唆された。

5. まとめ

1) 正常咬合者でも成人と小児では咬筋筋活動性に差があり、小児に比べて成人では筋活動を最大に発揮するための下顎位の許容範囲が狭いことが推察された。

2) 骨格性反対咬合者群では、咬頭嵌合位の偏位がないため、下顎位の変化に対する筋活動性は、小児正常咬合者群に類似することが認められた。

3) 機能性反対咬合者群の治療開始前では、下顎位の変化に対する筋活動性は小児正常咬合者

群とは異なる傾向が認められた。しかし、咬頭嵌合位の偏位を改善することにより、小児正常咬合者群に類似した傾向を示すことが認められた。

4)機能性反対咬合者群 8名のなかの 2名では、ステージⅠからⅢまでを通して下顎位の変化に対する筋活動量の変化が、チャンネル間で一定の傾向を示さなかった。しかし、ステージⅢからさらに30日以上経過した後に再度筋電図を記録した結果、チャンネル間で一定の傾向を示し小児正常咬合者群に類似してくることが認められた。

文献

- 1) 松野 功, 他: 20ch筋電図分析システムによる咬筋筋活動の研究, 医用電子と生体工学, 27, 121-126, (1989)
- 2) Møller, E.: The chewing apparatus, Acta Physiol. Scand., 69, Suppl. 280, 1-229, (1966)
- 3) 河野正司, 他: 咀嚼筋活動を指標とした咬合位の推定, 補綴誌, 26, 1271-1286, (1982)
- 4) Basmajian, J. V. and DeLuca, C. J.: Muscle Alive, (1985), Baltimore, WILLIAMS & WILKINS.
- 5) Goldberg, L. J. and Derfler, B.: Relationship among recruitment order, spike amplitude, and twitch tension of single motor units in human masseter muscle, J. Neurophysiol., 40, 879-890, (1977)
- 6) Okeson, J. P.: Fundamentals of Occlusion and Temporomandibular Disorders, (1985), St. Louis, Mosby.
- 7) Ramfjord, S. and Ash, M. M.: OCCLUSION (1983), Philadelphia, Saunders.