

# 小臼歯抜歯をともなう矯正治療が顎口腔機能に およぼす影響について

——横断的資料による検討——

マンスル ナシル, 香川 国和, 山内 和夫

## The Influence of Orthodontic Treatment with and without Extraction upon Stomatognathic Functions

——A Cross Sectional Study——

Mansjur Nasir, Kunikazu Kagawa and Kazuo Yamauchi

(平成5年3月31日受付)

### 緒 言

矯正歯科治療, とくに叢生歯列弓の治療に際しては, 歯と顎骨の大きさの不調和を解消するために, 永久歯の抜歯が行われることは周知の事実である。矯正歯科治療では患者の歯列, 咬合および顔貌の形態的改善と顎口腔系の機能改善ないし向上が要求されているにもかかわらず, 永久歯の抜歯の決定は, 主として歯列や顔貌の形態的改善が優先されて行われることが多く, 抜歯により機能低下が生ずる恐れは意識的に見逃す傾向がある。

一方, 従来より良好な歯列・咬合を有する者と異常な歯列・咬合を有する者とを比較して, 前者が後者より機能的に勝ることを記した研究<sup>1-13)</sup>や, 矯正歯科治療によって咀嚼能力の向上がみられたという報告<sup>12-19)</sup>などがあり, 例えば Yarkstas<sup>2)</sup>は歯牙の喪失に従って歯牙接触面積 (Occlusal Contact) は減少してゆくことを, Lambrecht<sup>4)</sup>は咬合接触面積が小さい程, 咀嚼能力 (Masticatory performance) が減少すると述べている。また Luke<sup>9)</sup>は, 臼歯部の咬合が十分でない場合には, 咀嚼効率 (Chewing efficiency) が低下することを示している。一方, Ramjford<sup>8)</sup>は不正咬合者の筋活動は正常咬合者よりも低く, その筋放電の協調性 (Coordination) も非同期的であることを報告しており, 中島<sup>15)</sup>はⅡ級2類 (アングル分類) の不正咬合

を有する患者の矯正歯科治療後の咀嚼運動とそのリズムが治療前のそれよりも改善したと報告している。

もし左右上下の第一小臼歯を4歯抜歯して, 矯正治療を行うことなく放置すれば, 歯列と咬合にとって形態的にも機能的にも好ましくない結果を来すということは, 一般に考えられているところである。ところがこのような抜歯が咀嚼系の機能に及ぼす影響や永久歯抜歯後の矯正歯科治療が咀嚼系の機能にどのような変化をもたらすかについては, 未だにほとんど明らかにされていない。

本研究は, 抜歯を伴う矯正歯科治療をおこなった患者と, 非抜歯のそれによる患者について治療前から治療後にいたる咀嚼系の機能と, 歯列・咬合の形態に生ずる変化を数種の検査法を用いて横断的に調査し, 咀嚼系の機能と形態に及ぼす矯正歯科治療の影響を検討したものである。

### 研究対象ならびに方法

#### I. 研究対象

広島大学歯学部附属病院矯正科において矯正歯科治療を受けた患者の内から, 下記の条件全てを満たすことで選択した患者81名を用いた。

選択条件:

- 1) 矯正歯科治療開始前に, 第二大臼歯の咬合が営まれている女性患者
- 2) 第三大臼歯を除く全ての歯牙が存在し, 矯正学的診断において骨格性の異常がなく, 主として叢生歯列弓のみの矯正歯科治療でよいと判断された

広島大学歯学部歯科矯正学講座 (主任: 山内和夫教授) 本論文の要旨は, 平成4年10月の第51回日本矯正歯科学会大会において発表した。

表1 研究資料

群	グループ	例数	平均年齢
開始群	抜歯グループ (A)	24	17y 7m ± 4y 3m
	非抜歯グループ (B)	10	16y 2m ± 5y 7m
終了群	抜歯グループ (C)	25	17y 0m ± 2y 1m
	非抜歯グループ (D)	22	16y 2m ± 1y 9m

もの

3) 矯正歯科治療上必要とされた永久歯の抜歯が、上下顎左右の小白歯各1歯ずつの合計4歯であったもの

4) 顎口腔系に、顎関節症などの異常を認めない者以上の条件により選ばれた患者81名については、矯正歯科治療前に後述の各種研究資料を採得した34名(以下開始群とする)と動的治療を完了後に同資料を採得した47名(以下終了群とする)とに分け、各群をさらに抜歯を伴う治療を受けたグループ(以下抜歯グループとする)と非抜歯による治療を受けたグループ(以下非抜歯グループとする)とに分けた(表1)。なお、治療前群の患者と治療後群の患者とは同一個人ではない。

表1にみられるように、開始群の平均年齢は抜歯グループが17歳7カ月、非抜歯グループが16歳2カ月、終了群の平均年齢は抜歯グループが17歳0カ月、非抜歯グループが16歳2カ月であった。また終了群の平均保定期間は、抜歯グループが1年7カ月、非抜歯グループが2年5カ月であった

表1に示した4グループ間の各種研究資料について、得られた測定値を治療前後および両グループ間で比較した。

## II. 研究資料の採得法および測定法

本研究の対象とした患者について採得した記録は、以下の4項目である。

- 1) 歯列弓の叢生度 (Irregularity Index)
- 2) 咬合接触点数 (Occlusal Contact)
- 3) 咀嚼能率 (Chewing Efficiency)
- 4) 筋電図による左右閉口筋(側頭筋前腹および咬筋)の咬みしめ開始時の協調度 (Coordination)

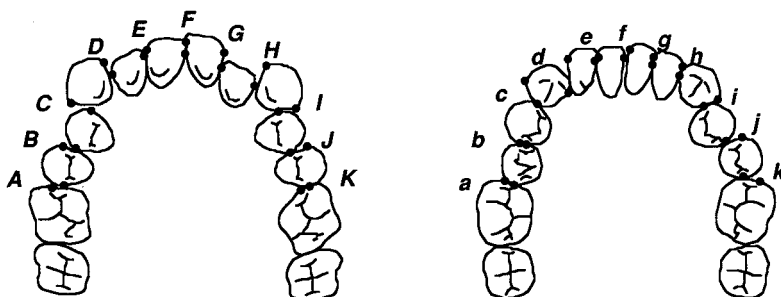
以下に各記録の採得およびその記録の算定法を示す。

### 1. 歯列弓の叢生度 (Irregularity Index)

この測定には Little<sup>20)</sup>、Jones<sup>21)</sup> によって報告された方法である仮想隣接点間の三次元的距離計測方法を一部改良し、全歯牙に適応する方法でおこなった。すなわち患者の顎態模型をで図1に示すように、各歯牙の歯冠の解剖学的形態から仮想隣接点間距離(A-Kおよびa-k)を集計したもの(Overall Value)を叢生度とした。

### 2. 咬合接触点数 (Occlusal Contact)

測定には VISHAY 社のフォトクルージュンシステムを用いた(図2)。まず患者に Memory Wafer を口腔内に保持させ、中心咬合位で最大化咬みしめを指示した。ついで Analyzer を用いて Memory Wafer に印記された接触状態を読み取り、同時に先の歯列石膏模型



$$\text{Overall Value} = A+B+C+D+E+F+G+H+I+J+K \\ +a+b+c+d+e+f+g+h+i+j+k$$

図1 叢生度 (Irregularity Index) の計測および集計法

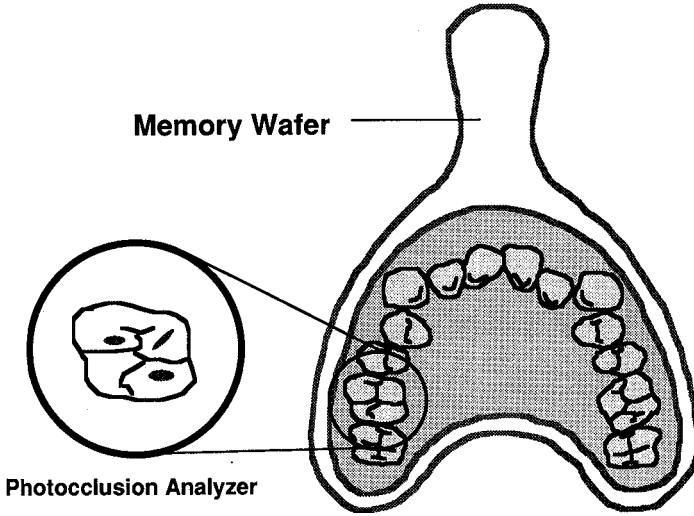
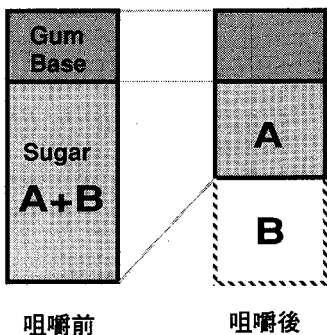


図2 咬合接触点数 (Occlusal Contact) の計測法

でその位置を確認しながら、歯牙毎の接触点数を測定した。なお、本研究では上顎の左側第一大臼歯から右側第一大臼歯にいたる各歯牙の接触点数を合計したものを、咬合接触点数値とした。

3. 咀嚼能率 (Chewing Efficiency)

咀嚼能率の測定には、チューインガム法を用いた。これは患者にチューインガム (ロッテ社製 Juicy & Fresh) を1秒間に1回のリズムで100回咀嚼させたものを、羽田<sup>22-24)</sup>の方法に従って、乾燥後電子天秤で計量し、溶出した糖量 (重量) を測定し、図3に示す方法で算出した。



$$\text{咀嚼能率 (\%)} = \frac{\text{溶出糖量 (B)}}{\text{総糖量 (A+B)}} \times 100$$

図3 咀嚼能率 (Chewing Efficiency) の測定方法

4. 筋電図による左右閉口筋 (側頭筋前腹および咬筋) の咬みしめ開始時の協調度 (Coordination) の測定 (図4, 5)

左右の側頭筋前腹および咬筋の筋電図から左右同名筋の協調度を算定した。すなわち通法に従い、シールドルーム内で患者の左右の側頭筋前腹および咬筋に直径5mmの双極表面電極 (日本光電社製) を20mm間隔で貼付し、中心咬合位での咬みしめを2回おこなわせた。その際の筋電波形を生体アンプ (日本光電社製 A-B 622M) で増幅後、データレコーダー (ソニー社製 NFR-39158) に記録した。ついでA/Dコンバータ (エルメック社製 EC-2390) でデジタル化し、それをマイクロコンピュータ (NEC社製 PC-9801 VM2) で分析した。各閉口筋の咬みしめ時の筋電波形の開始点の抽出にあたっては、柄ら<sup>25)</sup>の報告した自動認識プログラムを改良して用いた。この筋電波形採得時には、十分な休憩をはさんで2度行い、2度の測定で得られた開始時間のズレのうち小さい方の値を、左右同名筋の開始時間のズレ (A, B) として協調度 (Coordination) の値とした (図5)。

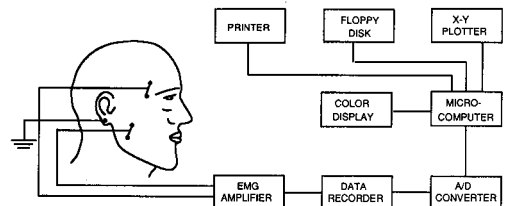


図4 筋電図波形採取および分析のプロックダイアグラム

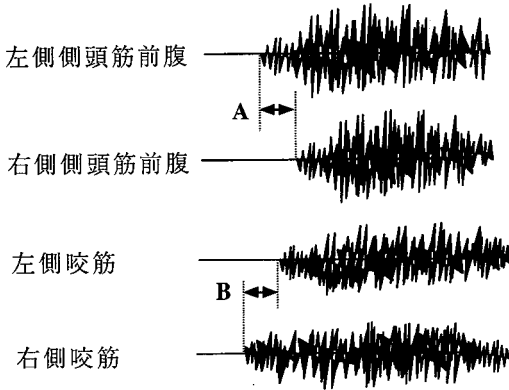


図5 左右咬筋，側頭筋の協調性 (Coordination) の解析法

結果

I. 叢生度 (Irregularity index)

選択した被験者の叢生度の値とそのグラフを表2および図6に示す。終了群の治療開始時点 (T0) での顎態模型から算出した抜歯および非抜歯 (C', D') グループの値と，開始群の値 (A, B) とを比較すると，抜歯・非抜歯両グループともほぼ同じ値を示した。これは終了群の治療開始時点での叢生度は開始群のそれとほぼ同じであることを意味し，このそれぞれの抜歯および非抜歯グループは本来同じ程度の不正をもつ患者群であると考えられる。

一方，終了群の治療開始時点 (C', D') と終了時点 (C, D) を比較すれば，両グループとも大幅な変化が生じているが，この変化のほとんどすべては矯正治療によるものと考えても差し支えないと思われる。また抜歯・非抜歯両グループを比較すれば，選択基準からここに示す叢生度以外の根本的な違いはないと考えられる。また終了群の抜歯・非抜歯グループ間に有意差がみられたが，その差の絶対値自身は小さいものであった。

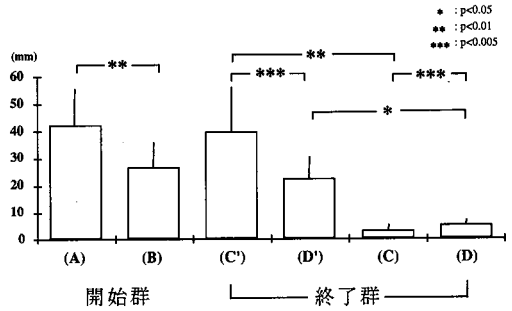


図6 横断的資料による叢生度 (Irregularity Index) C', D' グループはそれぞれ C, D グループ (終了群) の矯正治療開始時点の叢生度を示す。

II. 咬合接触点数 (Occlusal Contact)

(表3, 図7)

抜歯グループおよび非抜歯グループの治療前後の比較では，両グループともに接触点数値が増加しており，有意差はなかったものの矯正治療による改善の傾向が認められた。とくに抜歯グループの改善が大きかった。

抜歯グループと非抜歯グループの比較では，開始群 (A, B) ではやや非抜歯グループ (B) が大きな値を示していたが，終了群 (C, D) ではほとんど同じ値を示した。

III. 咀嚼能率 (Chewing Efficiency)

(表4, 図8)

抜歯グループの治療前後2群 (A, C) 間の比較では，有意差は認めなかったが，改善の傾向が認められた。しかし非抜歯グループ (B, D) の比較ではほとんど変化が認められなかった。

抜歯グループと非抜歯グループの比較では，開始群 (A, B) ではやや非抜歯グループ (B) が大きな値を示していたが，終了群 (C, D) では有意差はないものの抜歯グループ (C) が大きな値を示した。

表2 叢生度 (Irregularity Index) 結果

群	グループ	治療開始時 (T0 stage)	治療終了時 (TR stage)
開始群	抜歯グループ	(A) 42.1 ± 13.6	————
	非抜歯グループ	(B) 26.8 ± 9.2	————
終了群	抜歯グループ	(C') 39.7 ± 16.3	(C) 3.2 ± 1.9
	非抜歯グループ	(D') 22.3 ± 8.0	(D) 5.1 ± 3.1

(mm)

表3 咬合接触点数結果 (Occlusal Contact)

群	グループ	対咬接触点数
開始群	抜歯グループ (A)	18.8±8.2
	非抜歯グループ (B)	20.6±6.7
終了群	抜歯グループ (C)	21.9±7.2
	非抜歯グループ (D)	22.2±6.2

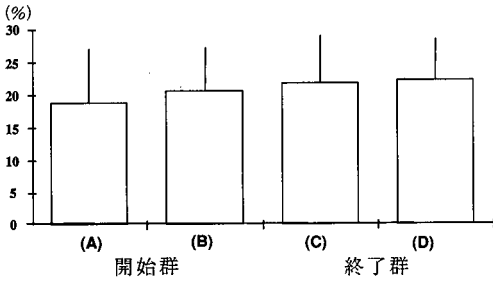


図7 咬合接触点数 (Occlusal Contact)

表4 咀嚼能率結果 (Chewing Efficiency)

群	グループ	咀嚼能率 (%)
開始群	抜歯グループ (A)	56.6±8.8
	非抜歯グループ (B)	57.6±5.3
終了群	抜歯グループ (C)	59.3±4.9
	非抜歯グループ (D)	57.1±6.2

IV. 閉口筋の協調度 (Coordination)

(表5, 図9)

抜歯グループの治療前後の比較 (A, C) では、側頭筋前腹および咬筋ともに協調性にやや改善傾向が伺えるが、非抜歯グループ (B, D) では両筋に逆にわずかな

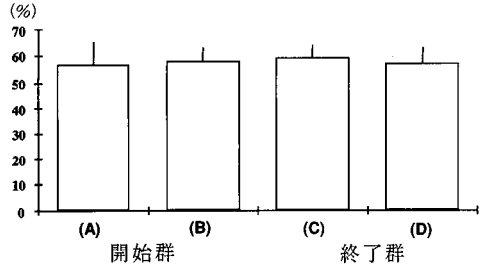


図8 横断的資料における咀嚼能率 (Chewing Efficiency)

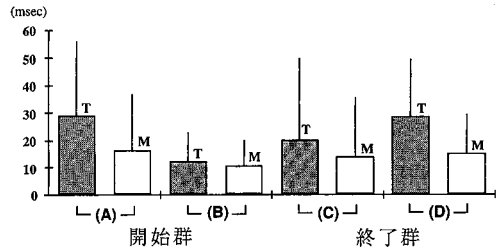


図9 左右閉口筋の協調性 (Coordination)

(T: 側頭筋前腹, M: 咬筋)

な増加傾向を示した。

開始群 (A, B) の比較では、両筋とも非抜歯グループ (B) が良好な値を示したが、終了群 (C, D) の比較では、逆に両筋とも抜歯グループがやや協調性において好ましい値を示した。

考 察

I. 研究対象について

本研究では、成長発育に伴う顎口腔機能の変化および男女間の差を排除するために、第二大臼歯の咬合が達成されている女子を選んだ。又、不正咬合の種類による顎口腔機能の差を極力避けるために、叢生歯列弓

表5 筋電図分析による左右閉口筋の協調性 (Coordination)

群	グループ	閉口筋	左右開始点のズレ (msec)
開始群	抜歯グループ (A)	側頭筋 (T)	29.0±26.9
		咬筋 (M)	16.1±20.7
	非抜歯グループ (B)	側頭筋 (T)	12.1±10.7
		咬筋 (M)	10.4±9.6
終了群	抜歯グループ (C)	側頭筋 (T)	20.0±29.6
		咬筋 (M)	13.9±21.4
	非抜歯グループ (D)	側頭筋 (T)	28.3±20.8
		咬筋 (M)	14.9±14.2

のみが矯正歯科治療の対象となった上下顎の骨格性異常の認められない患者を研究対象とした。さらに矯正治療上の必要性から永久歯の抜歯を要したものについては、抜歯条件を揃えるために、1/4 顎づつの小臼歯一歯、合計四歯が抜歯されたものを選んだ。

また、開始群と終了群の選択では、それらを比較するときに年齢推移による顎口腔機能の変化をできるだけ排除するために、両群の資料採得時の年齢を可及的に近いものから選択した。

## Ⅱ. 叢生度 (Irregularity Index) について

### 1. 測定法について

本研究では、叢生度の測定にあたり、Little<sup>20)</sup>の報告した方法に準じ、上下顎第一大臼歯間のすべての仮想接触点間距離を合計した値を用いた。Jones ら<sup>21)</sup>は同様の集計値を各部位 (前歯部、臼歯部単独および前歯部と臼歯部の総和) に分けて検討しているが、特に臼歯部のみの値が他の機能測定値と大きく関係しているという報告がない。さらに、本研究では臼歯部の叢生度と第一大臼歯間の全歯牙の総和値に正の相関を得たため、今回は全歯部の値のみを使用した。

### 2. 結果について

矯正治療により叢生度が減少することは当然の事実であり、今回の結果もそのことを裏付けるものであった。

治療後群の抜歯および非抜歯グループ間で有意差がみられたことは、おそらく非抜歯治療における叢生解消を目的としたスペース確保のための歯列の前方および側方拡大などが、多少後戻りしたことによるものと考えられる。Little<sup>25)</sup>は特に犬歯間幅径の狭小化 (= 拡大後の後戻り) が大きな因子であると報告している。しかし逆に、Panquette<sup>26)</sup>は長期間に亘る後戻り量を抜歯および非抜歯症例について検討し、下顎前歯に 3.5 mm 以上の後戻りがみられる確率は、抜歯および非抜歯症例でそれぞれ 57% および 73% と報告しているものの、後戻りの原因は抜歯または非抜歯の選択によるものではなく、矯正治療終了後の下顎成長によるものだと述べている。

## Ⅲ. 咬合接触点数 (Occlusal Contact) について

### 1. 測定法について

従来より多くの研究者が上下顎の接触面積、接触歯数および接触点数を因子として不正咬合の治療との関連を説明しようとしてきた<sup>2,4,28-30)</sup>。今回使用した Photoclusion System は最近に開発されたものであり、他の方法と比較して簡便性、精度および安定性の良好なことが報告<sup>30)</sup>されている。したがって本研究でも

この方法を採用した。

### 2. 結果について

本研究では、抜歯および非抜歯グループとも終了群において良好な値が得られ、これは矯正治療による効果であると思われる。しかし、Gazit ら<sup>28)</sup>、Razdolsky ら<sup>29)</sup> および Haydar ら<sup>19)</sup> は叢生を含む各種の不正咬合患者で、動的矯正治療終了直後から保定期間の間に咬合接触点数が増加することを報告し、矯正治療直後の咬合はまだ十分に安定していないことを示唆していることから、矯正治療のどの時点でこれらの効果が得られたかについては今後検討する必要がある。

また対咬接触面積はとくに咀嚼能率 (Chewing Efficiency) と関連するという報告があるが<sup>4,9)</sup>、今回の結果でも、咬合接触点数において同様な傾向がみられた。

## Ⅳ. 咀嚼能率 (Chewing Efficiency) について

### 1. 測定法について

今回咀嚼能率の測定には羽田ら<sup>22)</sup>の報告した方法を一部改良した方法を採用した。羽田はチューインガム法の簡便性と測定精度の高いこと<sup>22-25)</sup>、また延原<sup>31)</sup>もガム法によるデータの安定性を報告している。

また Omar<sup>32)</sup> は咀嚼能率を種々の形態的計測項目から重回帰分析を用いて咀嚼能率を説明しようとしたが、この機能的因子は形態的特徴のみでは説明できなかったと報告している。このことは咀嚼能率が顎運動や筋活動などの形態的特徴以外の機能的要因と関連することを示唆するものである。

### 2. 結果について

Manly<sup>33)</sup> は歯牙の欠損による咀嚼能率に対する影響を検討し、特に大白歯の与える影響が大きかったことを述べている。これは抜歯のみで矯正治療を行わないとすれば大きな影響があることを示すものである。したがって便宜抜歯後の矯正治療の重要性が改めて示唆される。本研究では、抜歯グループの治療終了群で値の増加が認められた。これは広瀬ら<sup>13)</sup>の横断的資料による研究で、咀嚼能率が矯正治療の進行に伴い徐々に増加したことと一致するが、本研究の非抜歯グループではその傾向はみられなかった。また動的治療終了直後より保定後の方が良好な値を示すを報告<sup>18,19,28,29)</sup>があることは、今後のこれらの症例の追跡調査の必要性を示すものであろう。

また咀嚼能率は咬合機能面積と関連するという報告<sup>4,9)</sup>がみられるが、今回の研究結果からもそのような傾向が伺えた。

## V. 閉口筋の協調性 (Coordination) について

### 1. 方法および分析法について

本研究では、左右閉口筋の協調性をあらわすものとして歯牙接触位からの最大咬みしめ時の際の筋電図波形を分析し、左右閉口筋の放電開始点の時間的ズレの絶対値を採用した。通常、筋電図波形において協調性はガム等の自由咀嚼時のズレを採用している<sup>12)</sup>。この場合筋放電は、下顎の顎運動の初期、すなわち歯牙同志が接触するかなり前から起こる。そのため、本研究の目的である不正咬合と筋放電の関係が明確にできにくく、顎運動に影響を及ぼすほどのかなりの程度の咬合不正の場合にしか出現されないのではないかと思われる。そこで本研究では、軽く咬合接触した状態から最大咬みしめを行なわせた。これは、咬合不正の状態を筋電波形に比較的反映しやすいのではないかと仮定したことによる。

筋電波形の開始点の自動抽出は、分析者の意図を排除し、データの再現性を高めるために重要である。今回の自動抽出プログラムの分析は、柄ら<sup>25)</sup>の報告を参考に、データのサンプリング時間を1 msec から500  $\mu$ sec に変更し、最大咬みしめ時に応用したこと以外は閾値 (50  $\mu$ V)、カットする周波数 (Lowcut 1 Hz, Highcut 10 KHz) とも同じである。

### 2. 筋電図分析結果について

本研究では、有意差は認められないものの、抜歯グループでは矯正治療後の左右閉口筋の咬みしめ時の方が協調性に優れていた。これは矯正治療による効果と考えられるが、非抜歯グループではその傾向は認められなかった。Kawamura ら<sup>3)</sup>、Ramfjord ら<sup>8)</sup> および旭爪<sup>11)</sup> は不正咬合患者において閉口筋の協調性が悪く咀嚼リズムが乱れるという報告をしていることから、本研究の抜歯グループのように治療前の叢生度が高い咬合異常患者は、矯正治療により歯列を再構成することによって正常な閉口筋の機能が回復でき、その結果として筋の協調性が改善されたものと考ええる。これは中島ら<sup>14)</sup>が、反対咬合を改善した場合に咀嚼リズムが改善したとする報告からも同様に考えられる。一方、非抜歯グループではほとんど治療後の改善がみられなかったことは、非抜歯グループの患者はもともと叢生度すなわち咬合の異常が小さく、そのため、本来、このズレが抜歯グループより小さく、治療による影響が少なかったのではないかと思われる。従って矯正治療による改善があっても、極めて小さいのではないかと推察される。

今回の閉口筋の筋放電の開始点のズレは、抜歯、非抜歯両グループとも側頭筋前腹の方が咬筋のずれより大きかった。この理由については不明であるが、本筋

電図は、咬みしめ開始時の下顎位の状態から出発してほとんど顎の変位を修飾する必要のない状態での記録であるため、咬みしめ力の主体をなす咬筋が主に機能したことによるものかもしれない。

## 結 論

叢生歯列を主訴とし、広島大学歯学部附属病院矯正科に来院し、矯正治療を受けた永久歯咬合期の青年女子81名について、歯列、咬合の形態的計測と顎口腔の機能的検索をおこなった。患者は、1/4 顎につき1歯、合計4歯を撤去したグループと非抜歯グループに分け、それら両者間および治療前と治療後の変化を検討した。その結果は以下のとおりであった。

1. 開始群と終了群との比較では抜歯グループ、非抜歯グループ共に、叢生度 (Irregularity Index)、咀嚼能率 (Chewing Efficiency) および咬合接触点数 (Occlusal Contact) の項目で、終了群において良好な値を認めた。また筋電図による左右閉口筋の協調性 (Coordination) の分析では、抜歯グループで開始群と比較して終了群に好ましい値がみられた。

2. 抜歯および非抜歯グループ間の比較では、治療開始時点に差の認められた測定・分析項目もあったが、治療終了時点では機能的検討項目には差が認められなかった。

以上より、矯正歯科治療により形態的改善のみならず、顎口腔機能にも良好な結果が得られることがわかった。また小臼歯抜歯4本を伴うような症例でも、その後の適切な矯正歯科治療により顎口腔機能に悪影響をおよぼす可能性はほとんどないことが示唆された。

## 文 献

- 1) 石原寿郎：篩分法による咀嚼能力の研究。口病誌 22, 207-255, 1950.
- 2) Yurkstas, A. and Manly, R.S.: Measurement of occlusal contact area effective in mastication. *Am. J. Orthod.* 35, 185-195, 1949.
- 3) Kawamura, Y., Kishi, K., Nobuhara, M. and Fujimoto, J.: Studies on masticatory function. (1) An electromyographic analysis of the chewing patterns of normal occlusion and malocclusion. *Med. J. Osaka Univ.* 8, 229-240, 1957.
- 4) Lambrecht, J.R.: The influences of occlusal contact area on chewing performance. *J. Pros. dent.* 15, 444-450, 1965.
- 5) Ahlgren, J.: Mechanism of mastication. *Acta Odontol. Scand.* 24, 39-109, 1966.
- 6) Sassouni, V. and Forrest, E.J.: Orthodontics in dental practice, Saint Louis, The C.V. Mosby Co., 121-145, 1971.
- 7) Nakasima, A. and Takahama, Y.: Functional as-

- essment of abnormal occlusion. *J. Jap. Orthodont.* **38**, 360-371, 1979.
- 8) Ramjford, S.P. and Ash, M.M.: Occlusion. ed. 3, W.D. Saunders Co., Philadelphia, 71-127, 1983.
  - 9) Luke, D.A. and Lucas, P.W.: Chewing efficiency in relation to occlusal and other variations in the natural human dentition. *Br. Dent. J.* **159**, 401-406, 1985.
  - 10) 広瀬寿秀, 伊藤学而: チューインガム法で測定した咀嚼能力と咬合および顔面形態との関連. *日矯歯誌* **47**, 746-756, 1988.
  - 11) 旭爪伸二: 正常咬合者と叢生者の咀嚼筋活動差に関する研究. —Hellman の咬合發育段階に基づいて—. *小児歯誌* **26**, 535-555, 1988.
  - 12) 蔡 吉陽: 片側性唇顎口蓋裂者の咀嚼時における咀嚼筋筋電図に関する研究. *廣大歯誌* **20**, 287-308, 1988.
  - 13) 広瀬寿秀, 中山二博, 相星順子, 伊藤学而: 不正咬合者の咀嚼能力と矯正治療による変化. *日矯歯誌* **51**, 302-307, 1992.
  - 14) 中島昭彦, 玉利和彦, 早瀬利雄: 咀嚼機能の研究. —II. 反対咬合について—. *日矯歯誌* **34**, 55-75, 1975.
  - 15) 中島昭彦: 矯正治療による咀嚼機能の変化. —II 級 2 類の 1 治経例の背景—. *日矯歯誌* **40**, 22-31, 1981.
  - 16) 戸栗和慶, 向坂康彦, 山崎 努, 花田晃治, 山鹿卓郎, 石岡 靖, 木竜 徹: 下顎前突者の被蓋改善前後における咀嚼筋筋電図波形についての研究. *日矯歯誌* **41**, 244-259, 1982.
  - 17) Alexander, T.A., Gibbs, C.H. and Thompson, W.J.: Investigation of chewing patterns in deep-bite malocclusions before and after orthodontic treatment. *Am. J. Orthod.* **85**, 21-27, 1984.
  - 18) Durbin, D.S. and Sadowsky, C.: Changes in tooth contacts following orthodontic treatment. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **90**, 375-382, 1986.
  - 19) Hayder, B., Cığer, S. and Saatçı, P.: Occlusal contact change after the active phase of orthodontic treatment. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **102**, 22-28, 1992.
  - 20) Little, R.M.: The irregularity index: A Quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am. J. Orthod.* **68**, 554-563, 1975.
  - 21) Jones, M.L.: The Barry Project—A further assessment of occlusal treatment change in a consecutive sample: Crowding and arch dimensions. *British J. Orthodont.* **17**, 269-285, 1990.
  - 22) 羽田 勝, 田部孝治, 柄 博治, 山内和夫, 宗岡洋二郎, 菅野義信: チューインガムによる咀嚼能力の測定. —測定用資料としてのチューインガムの基本的性質—. *廣大歯誌* **9**, 232-235, 1977.
  - 23) 羽田 勝, 田部孝治, 柄 博治, 山内和夫, 宗岡洋二郎, 菅野義信: チューインガムによる咀嚼能力の測定. —石原の簡易測定法との比較—. *廣大歯誌* **9**, 259-264, 1977.
  - 24) 羽田 勝: チューインガムによる咀嚼能力の測定. —測定方法の統計学的分析—. *廣大歯誌* **9**, 252-258, 1977.
  - 25) 柄 博治, 蔡 吉陽, 大野正司, 鶴田仁史, 山内和夫: パーソナルコンピュータと A・D コンバータを利用した咀嚼筋(咬筋, 側頭筋)の筋電図自動分析. —咀嚼時の burst の開始点, 終了点の自動探索—. *廣大歯誌* **17**, 204-213, 1985.
  - 26) Little, R.M. and Riedel, R.A.: Postretention evaluation of stability and relapse—Mandibular arches with generalized spacing. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **95**, 37-41, 1989.
  - 27) Panquette, D.E., Beattie, J.R. and Johnston, Jr. L.E.: A long-term comparison of nonextraction and premolar extraction edgewise therapy in "borderline" Class II patients. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **102**, 1-14, 1992.
  - 28) Gazit, E., Fitzig, S. and Lieberman, A.: Reproducibility of occlusal marking techniques. *J. Prosthet. Dent.* **55**, 505-509, 1986.
  - 29) Razdolsky, Y., Sadowsky, C. and BeGole, E.A.: Occlusal contacts following orthodontic treatment: a follow-up study. *Angle Orthod.* **59**, 181-185, 1989.
  - 30) Athanasiou, A.E., Melsen, B. and Kimmel, P.: Occlusal tooth contacts in natural normal adult dentition in centric occlusion studied by photocclusion technique. *Scand. J. Dent. Res.* **97**, 439-445, 1989.
  - 31) 延原通夫: 不正咬合者の咀嚼機能に関する研究. *阪大歯誌* **3**, 63-78, 1958.
  - 32) Omar, S.M., McEwen, J.D. and Ogston, S.A.: A test for occlusal function. *British J. Orthod.* **14**, 85-90, 1987.
  - 33) Manly, R.S. and Braley L.C.: Masticatory performance and efficiency. *J. D. Res.* **29**, 448-462, 1950.