顎変形症患者における顎矯正手術前後の筋機能の変化の検討

長 濱 加 奈 山 片 重 徳 中 嶋 正 博*
橋 本 登 覚 道 健 治* 川 本 達 雄

Changes of Masticatory Muscle Activity in Patients with Jaw Deformities Before and After Orthognathic Surgery

KANA NAGAHAMA, SHIGENORI YAMAGATA, MASAHIRO NAKAJIMA*,
NOBORU HASHIMOTO, KENJI KAKUDO* and TATSUO KAWAMOTO

Abstract

The purpose of this study was to investigate adaptation of the masticatory muscles to the altered jaw relationship that had been brought by orthognathic surgery in patients with jaw deformities.

The subjects were 5 patients with jaw deformities, and the control group was 19 people with normal occlusion. The masseter and the anterior temporal muscle activities at the maximum clenching were measured at the initial examination, 6 months, and 1 year after operation by electromyography. The activ-

ity index of relating masseter muscle to temporal muscle was calculated.

The results were as follows :

1. The activity index increased 1 year after orthognathic surgery. This result showed that the masseter muscles had been getting work more active than temporal muscles like the control group.

2. The patterns of the increase in the activity index of jaw deformity cases varied individually.

Key words : Jaw deformities (顎変形症), activity index (活動性指数), masticatory muscles (咀嚼筋)

[Received Mar. 22, 2002]

緒 言

顎変形症患者の形態的、機能的改善に関する報告は数多くなされている¹⁻¹⁷⁾。中でも、顎矯正手術後の筋機能の回復に関しては、咬筋、側頭筋の筋活動電位量を経過を追って報告しているものが多い¹⁸⁻²⁰⁾。

しかし、三谷²¹⁾によると、顎機能は顎口腔系の単独活動の総和としてなされるものではなく、筋群全体の学習的な協調によって行われるものとしている。したがって咀嚼筋活動は相対的な評価をすることが必要であると考えられる。咬筋と側頭筋の相対的活動を示す指数として活動性指数 (activity index)²²⁾がある。

山片²³⁾らは顎顔面形態と咀嚼筋活動の間には相関関係があり、また、骨格性下顎前突症患者の活動性指数は健常咬合者に比べて有意に低いと述べている。また、骨格性下顎前突症者の顎顔面は健常咬合者とは形態的に異なっている

ため、顎顔面形態と咀嚼筋活動の調和がとれず、咀嚼筋活動に不均衡が起これと推察している。

そこで今回、われわれは顎変形症患者の顎矯正手術による形態改善に対して、咀嚼筋活動がどのように推移し、調和していくかを明らかにする目的で、初診時、顎矯正手術後6カ月、顎矯正手術後1年における咬筋、側頭筋の筋活動電位を採取し、山片²³⁾らと同様に、活動性指数を用いて健常咬合者と比較した。

研究方法

1. 被験者

被験者として、大阪歯科大学附属病院矯正歯科にて顎変形症と診断され、外科的矯正治療を行った女性5名(初診時年齢17.0~33.6歳、平均年齢24.8歳)を顎変形症患者群とした。健常咬合者群は本学学生と職員のうちで、以下の条件を満たす19名(男性14名、女性5名、年齢21.6~

大阪歯科大学歯科矯正学講座(主任:川本達雄教授)

*大阪歯科大学口腔外科学第二講座(主任:覚道健治教授)

Department of Orthodontics, Osaka Dental University (Director: Prof. Tatsuo KAWAMOTO)

*Department of Oral and Maxillofacial & Surgery (Director: Prof. Kenji KAKUDO)

27.8 歳, 平均年齢 24.1 歳)である。

- 1) 顎口腔系に自覚的および他覚的な機能異常がない。
- 2) 矯正治療の既往が無い。
- 3) 上下顎第一大臼歯の近遠心的関係が Angle I 級である。
- 4) 第三大臼歯以外に欠如歯が無く, 叢生が認められない。
- 5) overbite 2~3 mm, overjet 1~2 mm である。
- 6) アンレー以上の広範囲な補綴処置が施されていない。
- 7) 下顎骨側方偏位度²⁴⁾が 2° 以下である。

2. 顎顔面形態の計測

顎顔面形態の測定は各被験者の側面頭部 X 線規格写真をトレースした後, 顎顔面頭蓋各部に計測基準点および計測基準平面を設定し, 角度および距離計測を行った。

1) 計測基準点

- S: トルコ鞍の中心点
- N: 前頭鼻骨縫合部の最前点
- Or: 眼窩骨縁最下点
- A: 上顎歯槽基底の前方限界
- B: 下顎歯槽基底の前方限界
- Pog: 下顎オトガイ隆起上の最突出点
- Me: 下顎 symphysis の最下点
- Gn: 顔面平面 (N-Pog) と下顎下縁平面のなす角の二等分線が下顎骨縁と交わる点
- Ar: 下顎枝後縁と側頭骨下縁との交点

2) 計測平面

- FH 平面: Po と Or を結ぶ平面
- SN 平面: S と N を結ぶ平面
- 咬合平面 (Occlusal plane; OP): 上下顎第一大臼歯咬頭嵌合の中央点と上下顎中切歯の切縁の中点を結ぶ直線

3) 角度および距離計測項目

- SNA: 頭蓋に対する上顎骨の前後的位置
- SNB: 頭蓋に対する下顎骨の前後的位置
- ANB: 上下顎の前後的关系
- Pog to NB: N から B にひいた直線と Pog との距離
- FMA (Frankfort mandibular plane angle): FH 平面に対する下顎下縁平面の傾斜
- SN-OP: SN 平面に対する咬合平面の傾斜角
- Yaxis: 下顎骨の前下方への発育度を示し, S と Gn を結ぶ線が FH 平面となす角度
- gonial angle (下顎角): 下顎枝後縁と下顎下縁平面のなす角度
- U1-SN: SN 平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角度
- interincisal angle: 上下顎中切歯歯軸のなす角度

3. 筋活動の測定

1) 活動電位の導出

筋活動電位の測定はマイオトロニクス社製 K6-I ダイアグノスティックシステムを用い, 表面電極を両側の咬筋中腹および側頭筋前腹に貼付, 記録した。筋活動電位の記録に際して, 頭位はヘッドレストを使用せず, フランクフルト平面が床と平行になるようにし, リラックスさせた状態で上体が垂直になる座位に規定した。咬筋中腹の貼付位置は, 目尻から下顎角への線上と咬合平面が交わるところで筋走行に平行とした。側頭筋前腹の貼付位置は側頭筋前縁を確認した後, 筋繊維の長軸と平行とした。両者とも, 被験者に軽く噛み締めさせた状態で, 筋の収縮を触診にて確認し, アルコール綿で清拭した後, 貼付した。

筋活動電位は被験者に咬頭嵌合位での最大咬みしめを 3 秒間行わせ, 左右両筋同時に記録し, 1 秒あたりの平均活動電位 (MicV/sec) を算出した。同様に 3 回繰り返し, 3 回の平均値を各被験者の代表活動電位とした。なお, 全ての表面電極の貼付および筋活動電位の測定は, 熟練した術者が一人で行い, 可及的に同条件となる様にした。

2) 活動性指数の算出

活動性指数 (%) = [(左右咬筋の代表活動電位の総和 - 左右側頭筋の代表活動電位の総和) / (左右咬筋および左右側頭筋の代表活動電位の総和)] × 100

上式から算出されるこの指数は, 咬筋と側頭筋前部の相対的活動を -100 から +100 までの数値として表す。咬筋のみが活動した場合は +100 を示し, 咬筋と側頭筋の筋活動電位が等しい時の指数は 0 となる。また, 側頭筋のみが活動した場合は -100 を示す²⁵⁾。

顎変形症患者においては, 初診時, 顎矯正手術後 6 カ月, 顎矯正手術後 1 年の活動性指数を算出した。

なお, 統計学的検定には Mann-Whitney U test を用いた。

結 果

1. 健常咬合者群

健常咬合者群の活動性指数の平均は 27.06 ± 13.94 であった。平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値を Table 1 に示す。

2. 顎変形症患者群

顎変形症患者群の初診時, 顎矯正手術後 6 カ月, 顎矯正手術後 1 年の活動性指数を Table 2, Fig. 1 に示す。

以下に顎変形症患者群の形態的特徴, 手術法, 筋活動測定の結果を個別に示す。

1) 症例 A

症例 A は下顎が左側に 3.5mm 偏位し, 上下ともに劣成長で開咬を伴う顎変形症患者である。上顎に Le Fort I

Table 1 Activity Index (%) of muscles temporalis and masseter in the control group

Mean	SD	Max.	Min.
27.06	13.94	40.99	13.12

Table 2 Activity Index (%) of muscles temporalis and masseter in the five patients

Patient	initial	Post Ope. 6 months	Post Ope. 1 year
A	-59.39	-29.25	19.58
B	5.46	16.45	34.6
C	-35.04	18.24	51.23
D	-9.3	29.89	31.55
E	1.38	-1.79	61.22

Fig. 1 Changes of the activity index

型骨切り術，下顎に下顎枝矢状分割術を施行した。第三大臼歯以外の抜歯は行っていない。Table 3, Fig. 2 に顎顔面形態の計測値および側面頭部 X 線規格写真の重ね合わせ像を示す。

活動性指数は健常咬合者群と比較して，初診時で 5SD，顎矯正手術後 6 カ月で 3SD を越えて小さい負の値を示していたが，顎矯正手術後 1 年では正の値に変化し，1SD 内を示した (Table 2)。

2) 症例 B

症例 B は上顎の劣成長と下顎の右側 3.5mm の偏位を伴う顎変形症患者であり，下顎枝矢状分割術を施行した。第三大臼歯以外の抜歯は行っていない。Table 4, Fig. 3 に顎顔面形態の計測値および側面頭部 X 線規格写真の重ね合わせ像を示す。

活動性指数は健常咬合者群と比較して，初診時で 1SD を越えて小さく，顎矯正手術後 6 カ月で 1SD 内を示した。顎矯正手術後 1 年では，健常咬合者群の平均を上回った (Table 2)。

3) 症例 C

症例 C は上顎の劣成長を伴う顎変形症患者であり，下顎枝矢状分割術を施行した。上顎第一小臼歯および上下左

右第三大臼歯の抜歯を行った。Table 5, Fig. 4 に顎顔面形態の計測値および側面頭部 X 線規格写真の重ね合わせ像を示す。

活動性指数は健常咬合者群と比較して，初診時で 3SD を越えて小さいが，顎矯正手術後 6 カ月で 1SD 内を示し，顎矯正手術後 1 年では 1SD を越えて大きくなった (Table 2)。

4) 症例 D

症例 D は下顎の過成長と左側へ 6.5mm の偏位を伴う顎変形症患者であり，下顎枝矢状分割術を施行した。第三大臼歯以外の抜歯は行っていない。Table 6, Fig. 5 に顎顔面形態の計測値および側面頭部 X 線規格写真の重ね合わせ像を示す。

活動性指数は健常咬合者群と比較して，初診時で 1SD を越えて小さいが，顎矯正手術後 6 カ月で 1SD 内を示し，その後顎矯正手術後 1 年にかけて上昇するものの変化は小さかった (Table 2)。

5) 症例 E

症例 E は下顎の過成長と右側へ 8.5mm の偏位を伴う顎変形症患者であり，下顎枝矢状分割術を施行した。第三大臼歯以外の抜歯は行っていない。Table 7, Fig. 6 に顎顔

Table 3 Patient A: Cephalometric analysis

	initial	Post Ope. 6 months	Post Ope. 1 year
SNA (°)	72.4	73.2	73.4
SNB (°)	72.3	71.7	71.5
ANB (°)	0.1	1.5	1.9
FMA (°)	36.5	35.2	35.9
Y-axis to SN (°)	79.9	80.2	80.3
OP to SN (°)	32.2	29.3	28.2
Gonial Angle (°)	127.4	123.6	124.5
U1 to L1 (°)	129.1	125.6	125.9
U1 to SN (°)	95.7	97.6	98.6
Pog to NB (mm)	0.9	-0.2	-0.2

Table 4 Patient B: Cephalometric analysis

	initial	Post Ope. 6 months	Post Ope. 1 year
SNA (°)	73.4	74.3	74.2
SNB (°)	76.6	75.7	75.7
ANB (°)	-3.2	-1.3	-1.5
FMA (°)	32.2	32.9	32.8
Y-axis to SN (°)	72.3	72.5	72.2
OP to SN (°)	23.1	21.5	22.5
Gonial Angle (°)	130.3	133.9	134.6
U1 to L1 (°)	110.6	111.5	114.5
U1 to SN (°)	113.4	111.7	110.2
Pog to NB (mm)	1	1.4	1.7

Fig. 2 Patient A: Superimposition of cephalometric tracings.

Fig. 3 Patient B: Superimposition of cephalometric tracings.

面形態の計測値および側面頭部 X 線規格写真の重ね合わせ像を示す。

活動性指数は健常咬合者群と比較して、初診時で 1SD を越えて小さいが、正の値を示した。顎矯正手術後 6 カ月では、さらに小さくなったが、顎矯正手術後 1 年では大きく上昇し、1SD を越えて大きくなった (Table 2)。

6) 活動性指数の結果

5 症例の初診時における活動性指数は、健常咬合者群より 1SD を越えて小さい値を示し、顎矯正手術後 6 カ月では 5 症例中 4 症例に活動性指数の上昇が認められた。しか

し、初診時から顎矯正手術後 6 カ月の活動性指数に有意な差は認められなかった。しかし、顎矯正手術後 1 年では全症例に活動性指数の上昇が認められた。初診時と顎矯正手術後 1 年では $p < 0.01$ で、顎矯正手術後 6 カ月と 1 年では $p < 0.05$ でそれぞれ有意な差が認められた。

また、顎矯正手術後 6 カ月では 5 症例中 3 症例の、1 年後では全症例の活動性指数が正の値を示した。

活動性指数の変化の仕方に着目すると、顎矯正手術後 6 カ月で、症例 B, C, D の活動性指数は健常咬合者群の 1SD 内であるが、症例 A, E の活動性指数は負の値を示し、そ

Table 5 Patient C: Cephalometric analysis

	initial	Post Ope. 6 months	Post Ope. 1 year
SNA (°)	77.1	75.9	76.8
SNB (°)	84.1	78.3	79.5
ANB (°)	-7	-2.4	-2.7
FMA (°)	31.1	34.9	35.1
Y-axis to SN (°)	67.2	72.2	71.1
OP to SN (°)	16.4	16.3	19.1
Gonial Angle (°)	134.8	128	129
U1 to L1 (°)	111.2	121	120.8
U1 to SN (°)	124.1	112.6	112.5
Pog to NB (mm)	1.1	2.5	2.2

Table 6 Patient D: Cephalometric analysis

	initial	Post Ope. 6 months	Post Ope. 1 year
SNA (°)	82.9	83.4	83
SNB (°)	87.3	84.1	83.5
ANB (°)	-4.4	-0.7	-0.5
FMA (°)	16.5	23.2	23
Y-axis to SN (°)	61.5	64.2	64.3
OP to SN (°)	10.9	12.6	12.1
Gonial Angle (°)	124	128.3	127.1
U1 to L1 (°)	132.4	118.7	120.1
U1 to SN (°)	118.7	118	120.1
Pog to NB (mm)	1.7	2.5	2.5

Fig. 4 Patient C: Superimposition of cephalometric tracings.

Fig. 5 Patient D: Superimposition of cephalometric tracings.

の後、顎矯正手術後1年では、症例A, B, Dの活動性指数は健常咬合者群の1SD内となり、症例C, Eの活動性指数は健常咬合者群の1SDより大きな値を示した。

考 察

1. 診査方法について

顎矯正手術後の下顎骨の位置は、術後6カ月から1年で前後的に安定すると言われている²⁵⁻²⁷⁾が、後藤ら²⁸⁾は術後6カ月から1年の間にも後戻りが生じる事を報告している。後戻りと称される術後の顎骨の位置変化は、顎矯正手術による顎骨の移動で生じた新しい顎態に、筋や軟組織などが

生理的に再適応する過程で生じると考えられる。川元ら^{29,30)}は、この過程での咀嚼筋群の適応の遅れが後戻りの要因の一つであると述べている。

今回われわれは、顎変形症患者における顎矯正手術後の咀嚼筋群の推移を調べるために、咬筋と側頭筋の相対的な活動に着目し、その変化を、初診時から顎矯正手術後1年にわたって調査した。なお、測定時期に関しては、顎矯正手術直後は顎間固定時期や開口距離に個人差があり、同時期、同条件での測定が困難なため、顎矯正手術後6カ月、および1年とした。また、筋活動電位には、意識や習慣、そして左右差によって影響を受ける測定因子³¹⁻³³⁾(貼付位

Table 7 Patient E: Cephalometric analysis

	initial	Post Ope. 6 months	Post Ope. 1 year
SNA (°)	84.7	85	85.3
SNB (°)	88.4	83.4	83.5
ANB (°)	-3.7	1.6	1.7
FMA (°)	30.5	35.5	34.9
Y-axis to SN (°)	64.6	68.6	68.4
OP to SN (°)	10.5	14.8	10.4
Gonial Angle (°)	131.4	130.7	129.4
U1 to L1 (°)	131.5	129.5	129.1
U1 to SN (°)	107.3	109.9	112.3
Pog to NB (mm)	-0.3	1.4	2

Fig. 6 Patient E: Superimposition of cephalometric tracings.

置、頭位、緊張状態、姿勢、疼痛の症状など）が関与する可能性がある。さらに、顎関節の形態、筋の断面積ならびに走行方向など、さまざまな因子が測定に影響することが考えられる。しかし、Naeije, M.³⁴⁾ら、Visser, A.²²⁾らは、筋電位の大きさを指数化することにより、これらの影響を減少できるという。

このような理由から本研究では、咬筋、側頭筋の相対的活動を示す活動性指数 (activity index)²²⁾を用い、初診時、顎矯正手術後6カ月、顎矯正手術後1年の顎変形症患者と健康咬合者との比較を行った。

2. 被験者について

今回の比較において、顎変形症患者群は女性のみ5名、

健康咬合者群は男性優位の19名となった。両群とも無作為な抽出であるため、本学病院を受診し、顎矯正手術を希望する患者に女性が多いこと、また本学学生および職員には男性が多いことが反映した結果である。しかし、本来は条件を整えるべきであるが、現在までに健康咬合者の最大咬みしめ時の正常範囲に関する報告はなく、本研究は活動性指数を用いた相対的な筋活動の比較であるため、今回の対照群として男性が含まれる健康咬合者群を使用した。

3. 結果について

今回、初診時における活動性指数が、顎変形症患者全員において小さかったことは、山片²³⁾らの結果と一致し、顎変形症患者の咬筋の活動は、相対的に弱いことが分かった。

山鹿³⁵⁾によれば、成人正常者は咬筋の方が側頭筋よりも筋活動量が多い咬筋優勢型であると述べている。また、咬筋はbiting muscleと言われ、咬合接触点が増加することにより筋活動電位も上昇する³⁶⁾。

今回、顎矯正手術後1年において全員の活動性指数が上昇し、咬筋優勢型となったことは、顎矯正手術により形態的に健康咬合者に近づき、安定した咬合状態がえられたことで、咬筋および側頭筋の協調が行われ、機能的にも健康咬合者に近づいた結果と考えられる。また、高田³⁷⁾らの見解と同様に、顎矯正手術による形態改善に対して、筋機能の適応には1年の期間が必要であると考えられる。また、初診時と顎矯正手術後1年、および顎矯正手術後6カ月と1年の間にそれぞれ有意な差が出たことは、顎矯正手術後6カ月から1年が、咬筋および側頭筋の協調には非常に重要な期間であることを示唆している。

顎矯正手術後の活動性指数の変化の仕方が様々であったという結果は、症例が統一していなかったことが原因の一つと考えられる。そこで今後、統一した症例により経過を観察する必要があると思われる。

今回の研究において、活動性指数は個々の症例が独自の変化をしながら、顎矯正手術後1年では、咬筋および側頭筋の協調が行われたという結果を得た。前述のように、後戻りの時期に関しては様々な報告²⁵⁻²⁸⁾があるが、顎矯正手術後に行われる術後矯正治療では、さらに緊密な咬合関係を作ること、顎矯正手術による形態変化を安定させることが目標となる。また、術後矯正だけではなく、咬筋の活動を優位にするような筋機能面からのアプローチが必要であると考えられる。

その方法としては、早期接触をなくし、咬合接触状態を調整することなどが挙げられる。また、咬筋の筋機能を賦活化させる方法として、萬代³⁸⁾らはガム咀嚼訓練を提唱している。これらのことより、とくに顎矯正手術後6カ月から1年にかけて、活動性指数の変化の方向を積極的に調整

することで、後戻りの要因の一つである咀嚼筋の不調和を解消し、形態変化に対して筋機能を早期に適応させることができるのではないかと考えられる。

ま と め

今回われわれは5名の顎変形症患者の初診時、顎矯正手術後6カ月、顎矯正手術後1年の筋機能の変化を健常咬合者群と比較検討した。咀嚼筋のバランスを示す活動性指数は、様々なパターンで上昇し、顎矯正手術後1年では全症例が咬筋優勢型となり健常咬合者群に近づいた。

文 献

- 小坂 肇：下顎前突症患者における手術前後における筋電図学的研究，歯科学報，73：715-748，1973.
- 高橋善男：下顎枝矢状分割法を適用した骨格型下顎前突症の筋電図学的研究，日口外誌，31：2101-2112，1985.
- Ahlgren, J.: Mechanism of mastication, Acta Odontol Scand, 24, Suppl 44: 5-109, 1966.
- 梅沢富雄：咀嚼に関与する筋の筋電図学的研究，日大歯学，50：676-697，1976.
- 吉村 弘：骨格性下顎前突症患者の咀嚼運動に関する筋電図学的研究，歯科医学，45：337-356，1982.
- 中嶋昭彦，他：咀嚼機能の研究Ⅱ．反対咬合について，日矯歯誌，34：66-75，1975.
- Lowe, A.A., et al.: Associations between anterior temporal, masseter, and orbicularis oris-muscle activity and craniofacial morphology in children, Am J Orthod 86: 319-330, 1984.
- 岩見優子，他：下顎枝矢状分割術を受けた下顎前突患者における顎顔面形態の長期変化と咬合の安定性，日顎変形誌，6：21-31，1996.
- 代元已弥，他：骨格性下顎前突症に対する下顎枝垂直骨切り術（IVRO）適用後の下顎骨および咬合に関する術後安定性，日顎変形誌，7：120-128，1997.
- 曾矢猛美，他：下顎枝矢状分割法を適用した skeletal class Ⅲの術後の安定性の検討，日矯歯誌，42：288-296，1983.
- 栗原三郎，他：顎変形症の治療後の顎態変化，口病誌，51：26-35，1984.
- 水野博恵，他：下顎枝矢状分割術を施行した骨格性下顎前突症患者における顎態の長期的変化に関する研究，日矯歯誌，49：497-510，1990.
- 野畑貴夫，他：下顎枝矢状分割術後長期経過観察を行った13症例についての矯正学的検討，日矯歯誌，45：260-273，1986.
- 山田建二郎，他：下顎枝矢状分割法を施した骨格性下顎前突者の手術後短期間における下顎骨の位置変化，日矯歯誌，45：667-673，1986.
- 曾矢猛美：下顎枝矢状分割法を適用した骨格型下顎前突症の硬・軟両組織の形態変化に関する研究—図形処理システムを利用した平均顎顔面頭蓋図形（CDS）による評価，日矯歯誌，45：1-27，1986.
- 遠藤康子，他：女子骨格型下顎前突者に対する外科的矯正治療効果についての心理学的評価，日口外誌，30：1814-1823，1984.
- 道脇幸博，他：下顎前突症に対する外科的矯正治療後の後戻りに関する研究—骨格性の後戻りに関する術前・術後矯正治療の役割一，日顎変形誌，8：162-163，1989.
- 榊 敏男，他：下顎前突症患者の術前、術後における機能的観察，日口診誌，4：66-75，1991.
- 榊 敏男，他：保定終了後長期経過した下顎前突症患者の機能的観察，日顎変形誌，1：36-43，1991.
- 野口信宏，他：下顎枝矢状分割術前後における最大開口距離，咬筋活動性，顎関節雑音の評価，日顎変形誌，8：222-228，1998.
- 三谷英夫：歯科矯正学から生理的咬合を考える，歯科医展望別冊 生理的咬合へのアプローチ，医歯薬出版，東京，1992，183-206頁.
- Visser, A., McCarroll, R.S., et al.: Masticatory muscle activity in different jaw relations during sub-maximal clenching efforts, J Dent Res, 71: 372-379, 1992.
- 山片重徳：骨格性下顎前突症者の顎顔面形態と咀嚼筋活動に関する研究，日顎変形誌，7：10-17，1997.
- 小山真規，他：下顎骨の側方偏位を伴う骨格性下顎前突症患者の咀嚼経路に関する研究，近東矯歯誌，31：87-95，1996.
- 阿部正樹，他：obwegeser-Dal Pont 法を施行した9症例とその術後評価，日口外誌，26：1528-1541，1980.
- 稲本 浩：下顎枝矢状分割法術後の長期経過，日口外誌，34：1949-1956，1988.
- 水野博恵，他：下顎枝矢状分割術を施行した骨格性下顎前突症患者における顎態の長期変化に関する研究，日矯歯誌，49：497-510，1990.
- 後藤昌昭，他：後戻りの著しかった開咬症の2例，日顎変形誌，7：244-245，1988.
- 川元龍夫，他：開咬を伴う骨格性下顎前突症の術後の顎態変化について，日顎変形誌，5：53-63，1995.
- 川元龍夫，他：開咬ならびに下顎非対称を伴う骨格性下顎前突症7症例の術後の顎態変化，日顎変形誌，8：203-212，1998.
- 藤田直輝：咀嚼筋緊張に関する筋電図的研究，補綴誌，17：259-274，1974.
- 三塚顕弘：頭位の変化が咀嚼筋に与える影響に関する筋電図学的研究，歯学，65：200-229，1977.
- 石岡 靖，他：顎口腔機能分析の基礎とその応用，デンタルダイヤモンド社，東京，1991，166-175頁.
- Naeije, M., McCarroll, R.S., et al.: Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the intercuspal position, J Oral Rehabil, 16: 63-70, 1989.
- 山鹿卓郎：咀嚼筋筋電図分析による顎口腔系機能異常診断とその臨床応用に関する研究，補綴誌，27：50-73，1983.
- 高柳英司，他：咀嚼筋 Asymmetry Index と各咬合要因との関係，顎機能誌，2：135-139，1996.

- 37) 高田保之, 他: 上・下顎同時移植術を行った顔面非対称症例—咬合の安定と筋機能の回復—, 日顎変形誌, 6: 163-166, 1987.
- 38) 萬代弘毅, 他: 顎変形症患者に対する外科的矯正治療後のガム咀嚼訓練効果の筋電図学的評価, 日咀嚼誌, 7: 34-40, 1997.