

下顎区域切除時に側頭筋牽引力除去のための 筋突起端切除法の臨床効果に関する研究

東 森 秀 年

A Study for Clinical Effect of the Coronoidectomy Excluding the Traction Force of Temporal Muscle during Segmental Mandibular Resection

Hidetoshi Tohmori

(平成16年2月3日受付)

緒 言

悪性腫瘍や広範な良性腫瘍時の、下顎区域切除時の非下顎再建時には、下顎枝の上部残存骨片は側頭筋の牽引力によって上内方に転位・挙上され、下顔面に強い変形を引き起こす。また、下顎全体は患側方向に偏位して、上顎歯列との咬合関係が失われることが多く、このため審美性や機能性に障害をきたす¹⁻³⁾。即時あるいは二次的下顎再建を行い、審美性や機能性の回復を行った場合でも、移植腸骨片の吸収など、検討すべき問題⁴⁻⁷⁾がある。この下顎枝の上部残存骨片の偏位を可及的に防止し、移植腸骨片の吸収率を抑制し生着率を高めるため、石川は側頭筋牽引力の除去法を考案した^{8,9)}(Fig. 1, 2)。初期には、筋突起から側頭筋を剥離して牽引力を除去していたが、現在では、術時間を短縮させ、かつ術式を容易にするため、筋突起の部分切除・摘出することにより側頭筋の牽引力を除去するように工夫している。本研究では、その各種病態の改善に対する臨床的有用性を検討すべく、これまで当科で行ってきた下顎区域切除例において、側頭筋の牽引力除去法を行った68症例をX線映像学的に分析し、このうち、追跡可能であった症例の詳細を臨床的に検

討した。検討項目としては、下顎区域切除後再建しない例で、残存下顎枝の上内方へ巻き上がりによって生じる下顎の偏位角度の変化を検討し、次いで腸骨による下顎再建後の移植骨片の吸収率もあわせて検索した。さらに、本法の併用により手術した患者の顎運動状態を知るべく、筋電図学的評価を行い、3次元的にビデオ運動解析システムを応用して顎運動時の側方偏位様相と偏位量を健常者のものと比較検討した。

被験対象と研究法

これまで、当科で行ってきた下顎区域切除例において、側頭筋牽引力の除去を行った68例を被験対象とし、X線学的に分析し、さらにこのうち追跡可能であった症例に詳細な臨床的検討を加えた。なお、本法を施行する時には、全例共にインフォームドコンセントを得て、文書による承諾を得ている。

1. 側頭筋牽引力除去法を用いた症例のX線学的検討 (非除去例との比較)

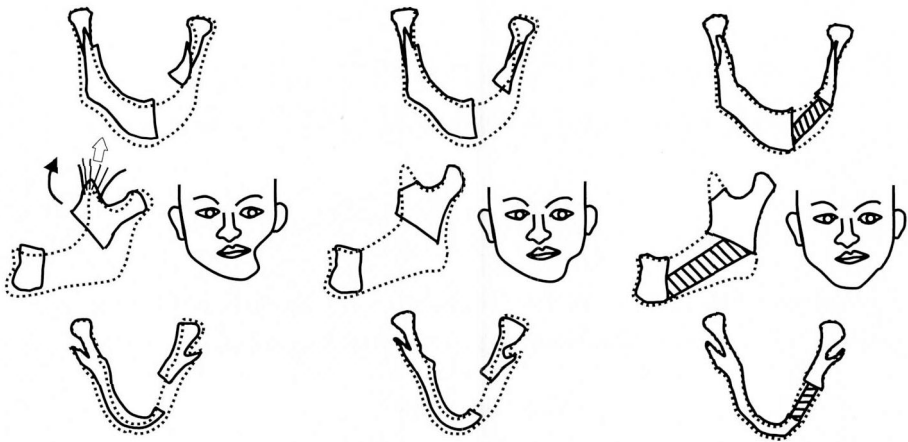
(1) 下顎枝の巻き上がりの経時的変化

下顎区域切除後、非再建例では現象的に、残存下顎枝は、上内方へ巻き上がり、下顔面に変形の生じることが判明している。本研究では、この結果、生じる下顎枝下方や後縁に生じる偏位角度を、パノラマX線写真を用いて経時的に調べ、F検定とt検定で統計学的に検討した(Fig. 3)。

i) 予備実験：パノラマX線写真上での偏位測定値は、下顎の位置による違いや、時間経過によって変動の生じることが判明しているため、予備実験として顎関節に異常のない、他の疾患5例を任意に抽出し、1年10か月から12年4か月の経過期間中に撮影した像で

広島大学大学院医歯薬学総合研究科展開医学専攻顎口腔頭部医学講座(口腔外科学第二)(主任:石川武憲教授)本論文の要旨の一部は、以下の学会で発表した。

- 第55回 日本口腔科学会総会2001年4月, 盛岡市
- 第85回 広島大学歯学会例会2001年12月, 広島市
- 第56回 日本口腔科学会総会2002年5月, 大阪府
- 第16回 日本顎関節学会総会2003年7月, 鹿児島市
- 第48回 日本口腔外科学会総会2003年10月, 富山市



(A) Stronger deformity of the lower face and ramus dislocation

(B) Keeping the facial deformity and the ramus dislocation at a minimum

(C) Making immediate and/or late reconstruction succeed more easily

Fig. 1 Schema of segmental resection

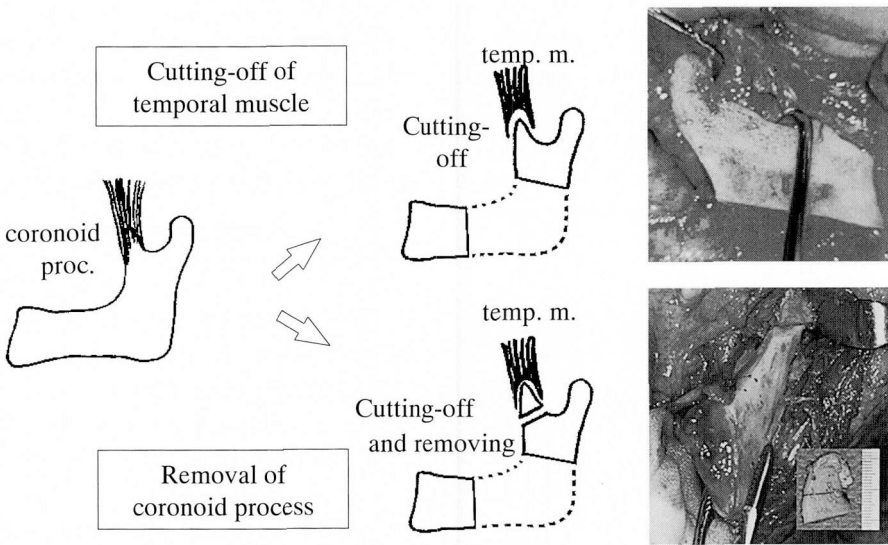


Fig. 2 Operation method

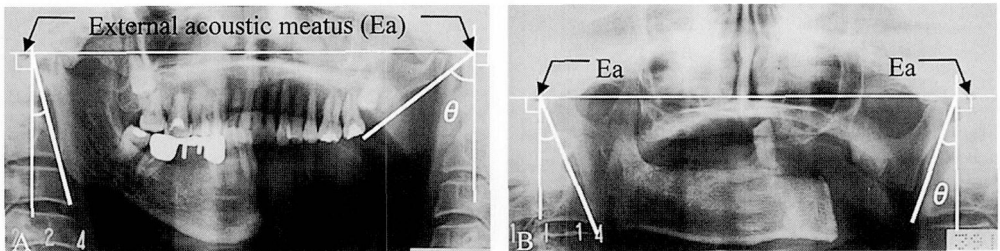


Fig. 3 Examination of the ramus changes
 A: Panoramic radiography after usual segmental resection
 B: Panoramic radiography after using this technique

検討した。パノラマX線像をイメージスキャナー (EPSON GT-9500) によってパーソナルコンピューターに取り込み、画像処理ソフト (Adobe Photoshop)

で両側外耳道 (Ea) を基準として水平回転させ、色調補正をした (Fig. 4)。両側下顎枝後縁の傾斜角度を「ラインツール」により計測し、再現性の評価を行った

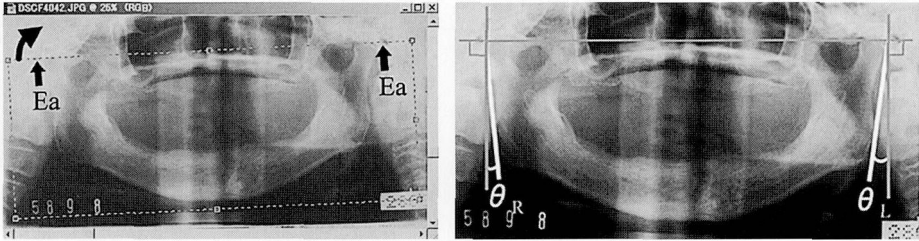


Fig. 4 Preliminary examination

A: Scanning panoramic radiograph and correction of the figure

B: Measurement of θ

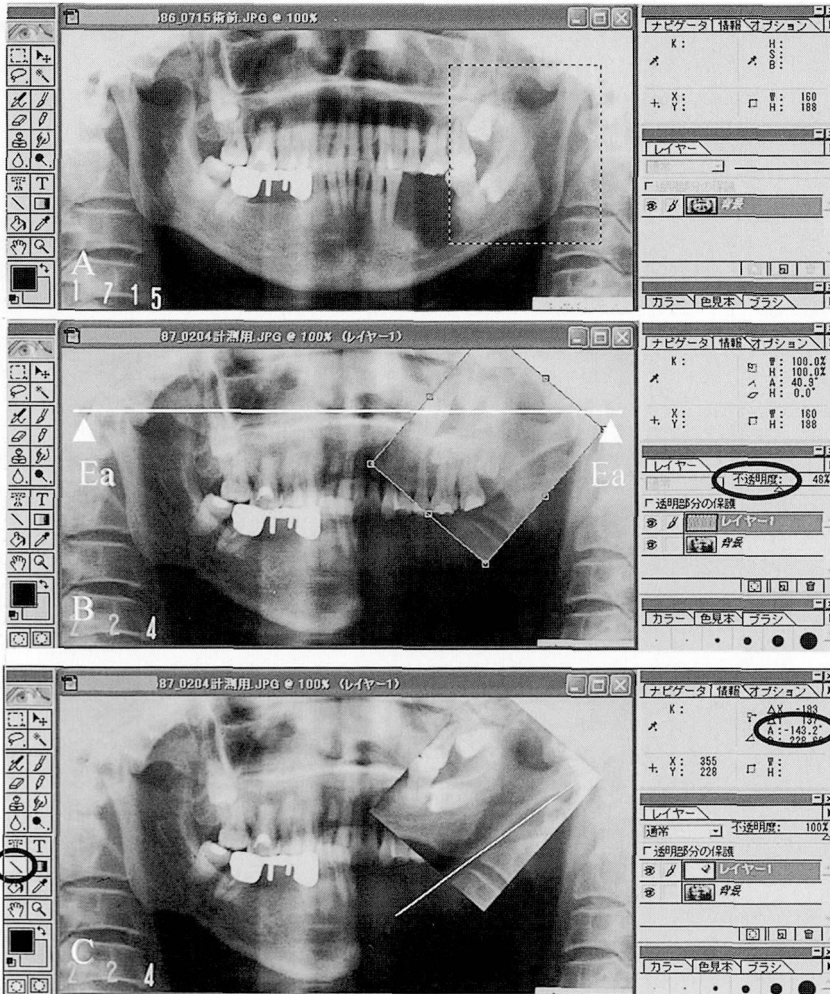


Fig. 5 Measuring method by Photoshop

A: Copy of preoperative ramus of the mandible

B: Paste, transparency and rotation

C: Opacity and measuring of retromandibular ramus angle

(Fig. 5C)。

ii) 本実験：予備実験により、計測値には変動が少ないため、両側下顎枝の作る角度は、ほぼ一定であると考え、以後の検索を行った。検索対象は、区域切除後に側頭筋の牽引力を除去し、即時下顎再建を行わずに、術後1年以上経過をみた11例で、側頭筋未処理の5例と比較した。下顎区域切除時には、多くの症例で下顎角も含めて摘除しているため、術前の下顎枝をコピーし (Fig. 5A), 検索対象のパノラマX線残存下顎枝上に、不透明度を50%程度に調整し、伸縮・回転させ、重ね合わせた (Fig. 5B)。不透明度を100%に戻し、下顎枝後縁を明瞭化させた後、ラインツールによって下顎枝後縁の形成する角度 θ を計測した (Fig. 5C)。

(2) 移植腸骨片の安定度

下顎区域切除後に欠損部を再建する例には、自家腸骨の移植を行うことが多いが、その生着や安定度を検討すべく、移植骨片の吸収度を経時的に計測した。パノラマX線像では、移植骨片の境界線が不鮮明化しやすいためトレーシングペーパーに描記し、100 dpiの解像度で、イメージスキャナー (EPSON GT-9500) によってパーソナルコンピューター (Power Macintosh G3) に取り込んだ。画像の補正後に、NIH-imageによって面積 S を計測し、経時的比較を行った。なお、パノラマX線像では、撮影時の拡大率に違いの生じる

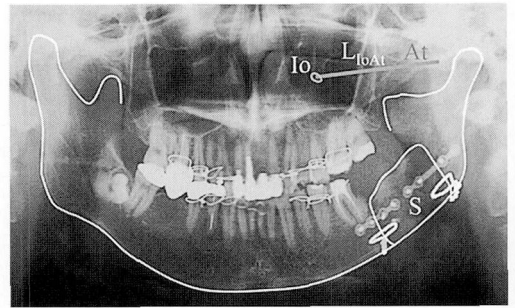


Fig. 6 Measurement absorption rate of transplanted iliac bone

Io: infraorbital foramen
At: articular tubercle
S: transplanted iliac bone

可能性があるため、移植骨の面積 S を眼窩下孔 Io と関節結節 At との距離 L_{IoAt} で除して、補正した (Fig. 6)。

i) 予備実験：実験1.(1)と同様にパノラマX線写真上での測定値は、位置決めの違いによる変動が予想される。ヒト乾燥骨標本の下顎骨体部に移植骨片を想定してワイヤー線を用いて取り囲み、オトガイ部を中心に左右 5° 、上下 10° へ回転させて撮影し、NIH-imageによって面積 S と距離 L_{IoAt} を計測し、再現性の評価を行った (Fig. 7)。

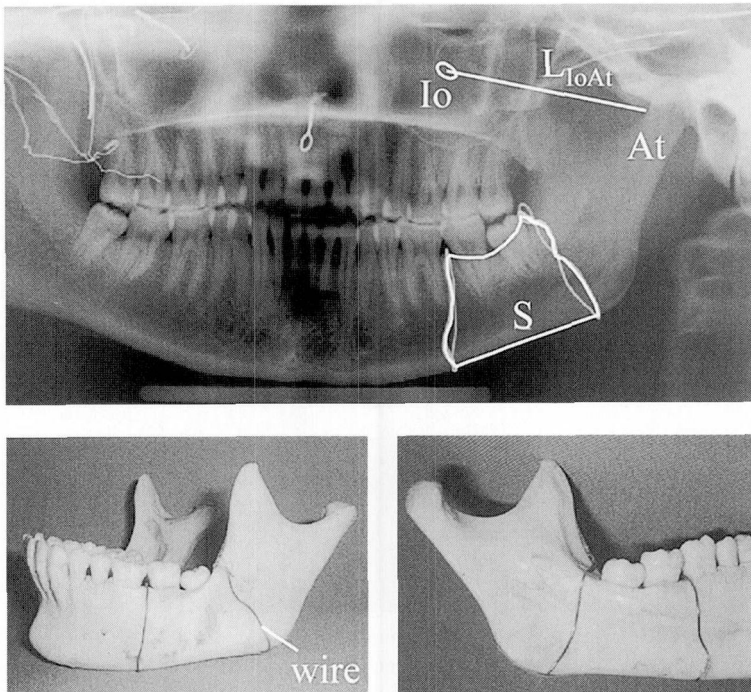


Fig. 7 Preliminary examination

ii) 本実験：区域切除時に側頭筋牽引力除去を行った後、即時あるいは二次再建を行い、再建後1年以上パノラマX線で経過の追えた16例を検索対象とし、側頭筋の未処理群、11例のものと比較した。

2. 側頭筋牽引力除去症例の顎運動評価（健常者との比較）

本法を施行した患者の顎運動状態を、筋電図学的および3次元的に評価し、健常者のものと比較した。表面電極を筋線維走行に沿って側頭筋の筋腹中央に貼布し、顎運動時の活動筋電位を双極誘導した。また前方と側方には、2台のビデオカメラを設置し、毎秒60フ

レームの速度で撮影し、パーソナルコンピュータに取り込み、解析した (Fig. 8)。本システムは、Microsoft Windows xp professional により作動し、EMG と顎運動が連動しているため、その相関を一目で知ることが可能である (Fig. 9)。最大閉開口を5秒間隔で2回行った後、5秒間の最大かみしめ時の顎運動状態を3次元的に解析し表示した。左上の4つの小ウィンドウは計測ポイントを上面、正面、側面および斜め上方から見たところである。左下のグラフは開口量と左右の耳珠前方部のマーカーからオトガイ部までの距離を表示し、右はEMGを示している。

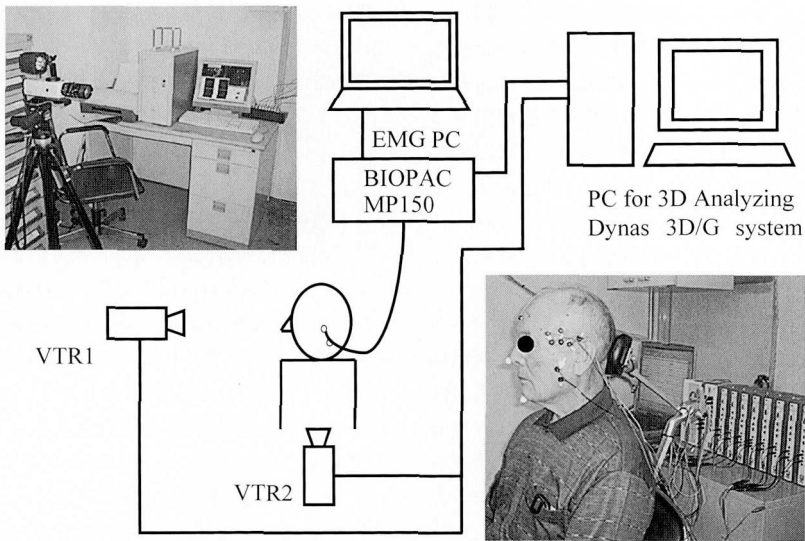


Fig. 8 EMG and 3D Analyzing System

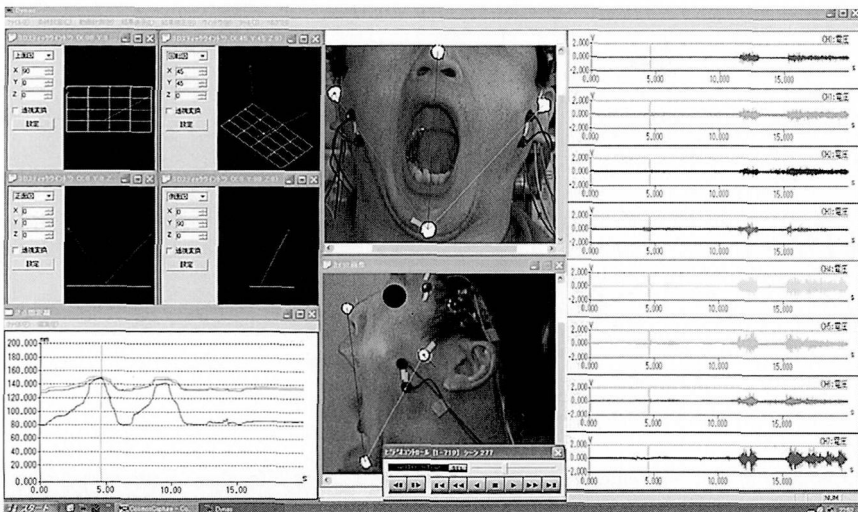


Fig. 9 Recording of EMG and simultaneous mandibular movement

(1) 筋電図学的検索

i) 筋電図の記録方法

被験者の上半身が垂直になるよう椅子に座らせ、フランクフルト平面が水平になるよう安頭台で後頭部を軽く支えた姿勢で検索した。側頭筋の切離後の状態を知るため、側頭筋の前部筋束を TA、中部筋束を TM、後部筋束を TP とし、また咬筋を M と表示した (Fig. 10)。電極貼布部位は、通法に従い触診によって各筋の位置を確認し、各筋束の上下的および前後の中央部とし、不閃電極を前額部に設置した。各電極貼布部位は、アルコールによる十分な清拭を行うことによって、皮膚表面のインピーダンスを可及的に小さくし、側頭筋の中部筋束など、毛髪のある部位では、電極貼布部位を剃毛した。直径 6 mm の銀塩化銀表面電極 (SEB115, 日本 GE マルケットメディカルシステムズ) を筋線維走行に沿って筋腹中央に電極間距離を 20 mm として貼布し、双極誘導を行った。導出した筋電情報は BIOPAC Systems 社製の筋電図ユニット MP150・UIM100C・EMG100C で AD 変換し、筋電図取り込み・解析ソフト AcqKnowledge ver. 3.7.3 で DELL 社のパーソナルコンピューター INSPIRON 500 m に取り込み解析した (Fig. 8)。

ii) 検索対象と筋電図の解析方法

検索対象は、本法の施行患者の中から、下顎区域切除後の非再建例、即時と二次再建例、および健常者例の各 5 例 3 群の計 15 例とした。サンプリング周波数 5000 Hz で取り込んだ活動電位を、5 秒間の最大随意

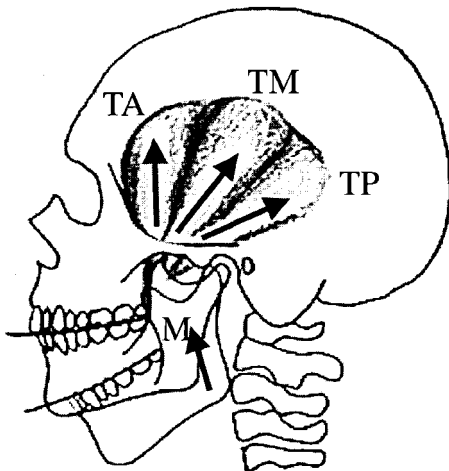


Fig. 10 Measuring points of EMG

TA: Anterior part
 TM: Middle part
 TP: Posterior part
 M: Masseter muscle

} Temporal muscle

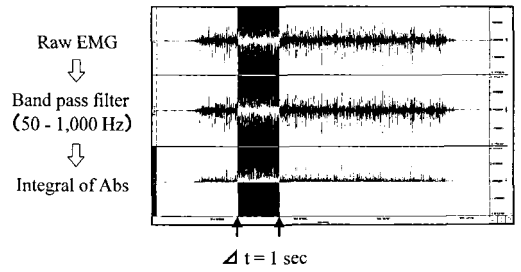


Fig. 11 Integral of EMG

収縮中の安定した 1 秒間について 50 から 1,000 Hz の Band pass filter で処理し、この全波整流した絶対値 Abs の電位を積分処理した (Fig. 11)。活動電位には個体差があり、健側の咬筋を、また健常例では、咬み癖のある咬筋値 M を 1 とし、筋電図活動指数 EAI (Electromyography Activity Index) を求めた。

$$EAI = \frac{\text{each EMG}}{M \text{ EMG of normal (dominant) side}}$$

(2) 3D イメージによる検索

下顎区域切除後の顎運動への影響を調べるために EMG 撮影と同時に、前方と側方に 2 台のビデオカメラ Victor 社製 COLOR VIDEO CAMERA TK-C1381 を設置し、毎秒 60 フレームの速度で EPSON 社のパーソナルコンピューター Endeavor (CPU: Pentium4 1.70 GHz) で撮影し、運動解析プログラム Dynas 3D/G を用いて顎運動時の側方偏位を 3 次元的に解析した (Fig. 8)。測定ポイントは、両側耳珠より前下方 1 cm の部位、鼻尖とオトガイ部正中とし、同部の皮膚に径 1 cm の光反射マーカーを貼布して計測した。

i) 予備実験

本システムによる顎運動評価の応用例の報告はないため、測定精度をまず調べた。閉口時と開口時を想定したフレームを一边が 121 mm および 75 mm の分子模型用キットを用いて作製し (Fig. 12)、身長 150 cm から 170 cm まで 5 cm ごとに、5 段階の背の高さを想定してそれぞれ測定した。①は鼻尖、②はオトガイ部、③、④は耳珠前下方 1 cm の計測点に相当する部位である。なお、③は左方からの側方撮影時には映らないため、④で近似させた。また、被写体を撮影する前に右のようなキャリブレーションフレーム (Fig. 13) により、前もって実空間座標の座標点 (コントロールポイント) を撮影し、実際の運動量を解析した。

ii) 本実験

検索対象は、筋電図と同様に側頭筋牽引力除去法を施行した患者の中から、下顎区域切除後の非再建例、即時と二次再建例、および健常者例の各 5 例 3 群の計 15 例とした。左右の耳珠前下方 1 cm のポイントからオ

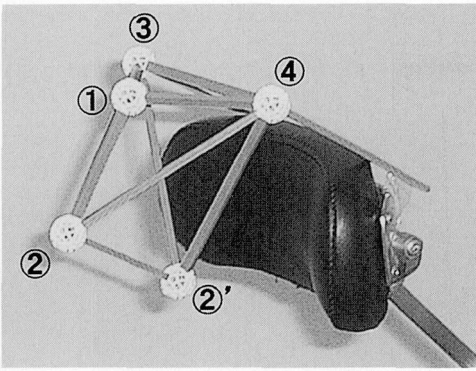


Fig. 12 Preliminary examination

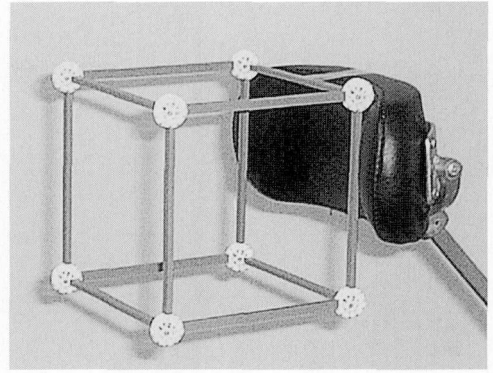


Fig. 13 Calibration frame

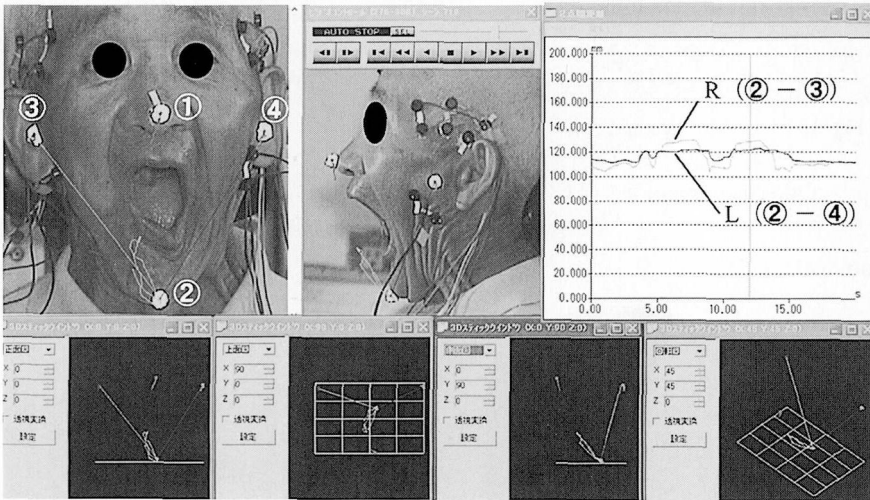


Fig. 14 Examination points during jaw movement

トガイ正中部までの直線距離の変化を同部の皮膚に径1 cmの光反射マーカを貼布，撮影し Dynas 3D/Gで，マーカの移動軌跡と二点間距離を算出した (Fig. 14)。右上のグラフは，閉口時には顎の偏位は少ないものの，顎運動時と最大開口時には下顎が健側に牽引されて顎偏位が拡大することを示している。②-③間の距離をR，②-④間の距離をLとし，その差を和で割った値を偏位率とし，閉口時 D_C ，開口時 D_O ，また開閉口時の変化率 ΔD_{CO} を求めた。

$$D_C: \text{Deviation}_C(\%) = |(R_C - L_C) / (R_C + L_C)| \times 100$$

$$D_O: \text{Deviation}_O(\%) = |(R_O - L_O) / (R_O + L_O)| \times 100$$

$$\Delta D_{CO}: \Delta \text{Deviation}_{CO}(\%) = |(R_O - L_O) / (R_O + L_O) - (R_C - L_C) / (R_C + L_C)| \times 100$$

D: 下顎の側方偏位率 (%)

R: 右耳珠前下方—オトガイ間距離

L: 左耳珠前下方—オトガイ間距離

C: 閉口時

O: 開口時

結 果

当科で行った下顎区域切除術で，側頭筋牽引力の除去を行った68症例を分析したが，性別では男38例，女30例で，やや男性例が多かった。年代別では60歳代が28例 (41.2%) と最も多く，60歳以上が44例 (64.7%) で多数を占めていた (Fig. 15)。疾患別では，下顎や口底の扁平上皮癌が50例と最も多く，肉腫3例 (4.4%)，その他4例を併せると悪性例は57例 (83.8%) であった。一方，良性疾患は11例 (16.2%) で，このうちエナメル上皮腫が7例 (10.3%) であった (Fig. 16)。

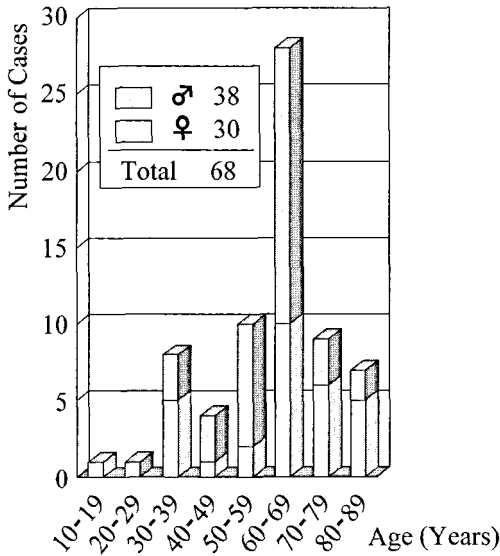


Fig. 15 Cases by Age and Sex

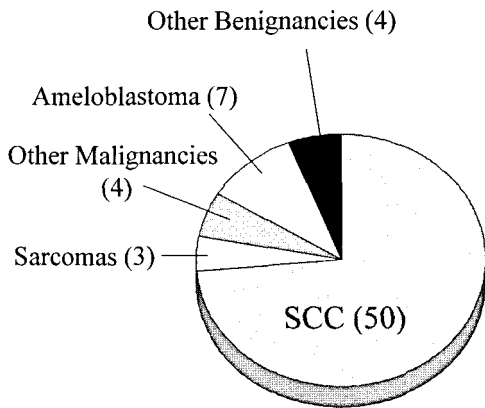


Fig. 16 Histological classification

1. 側頭筋牽引力除去法を用いた症例のX線学的検討 (非除去例との比較)

(1) 下顎枝の巻き上がりの経時的変化

予備実験の結果は、最小誤差 0.1°, 最大誤差 2.2°, 平均誤差 1.1° で、計測値に変動は少なかった (Table 1, 2)。このため、両側下顎枝の角度差は、ほぼ一定であると考え、本実験を行った。

術後には、残存下顎枝の上内方への巻き上がりは増強してくが、術後約1年でほぼ安定するため、1年後の偏位角度で比較検討した。側頭筋牽引力を除去しなかった群5例の残存下顎枝の巻き上がり角度は、平均 24.4° であったが、側頭筋牽引力の除去法を応用した11例の巻き上がり角度は平均 10.8° と抑制されて少なくなっており、F検定とt検定で有意差がみられた (Fig. 17)。

Table 1 Gradient of retromandibular line

Time lapse	n = 5		
	$\theta_L - \theta_R$	$\theta_L' - \theta_R'$	$ \Delta\theta $
1y10m	0.1	-0.2	0.3
2y11m	1.8	4.0	2.2
3y 0m	3.8	2.9	0.9
4y 1m	0.3	2.1	1.8
12y 4m	0.2	0.3	0.1

Assume: $\theta_L - \theta_R = \text{const. } (^\circ)$

Table 2 Measurement error

Mean time	4y10m
Min. error	0.1
Max. error	2.2
Mean error	1.1
S.D.	0.9

(°)

(2) 移植腸骨片の安定度

予備実験による腸骨移植を想定した部位面積の、頭部位置付けの違いをみると、最小誤差は0.3%, 最大誤差は2.8%で、平均誤差は2.0%と低値を示した (Table 3, 4)。

術後、移植骨片には骨吸収が始まるが、12か月ではほぼ安定するため、12か月時点の吸収率で検討することにした。なお、側頭筋未処理群では、接合部の破綻や創の開放等による、経過不良例が11例中3例 (27.3%) あったが、側頭筋牽引力除去群では16例中2例 (12.5%) と少なかった。それらを除外した未処理例の8例における平均腸骨吸収率は、21.4%であったのに対し、本法施行群の14例では有意差はなかったが、その平均は16.0%と、吸収率が減少する傾向を示した (Fig. 18)。

2. 側頭筋牽引力除去例の顎運動時の評価 (健常者との比較)

(1) 筋電図学的検索

検索対象15例の筋電図 (Fig. 19) の筋電図活動指数 EAI を各群で平均し、比較検討した。区域切除後の非再建例での咬筋 EMG は、咬筋の切除によって筋電位は減少していたが、側頭筋の後部筋束の筋電位は増強していた。再建例と健常者例では、切離側の側頭筋筋電位や咬み癖側の咬筋筋電位が増加していた (Fig. 20)。

(2) 3D イメージによる検索

予備実験における本測定システムの精度は全て約

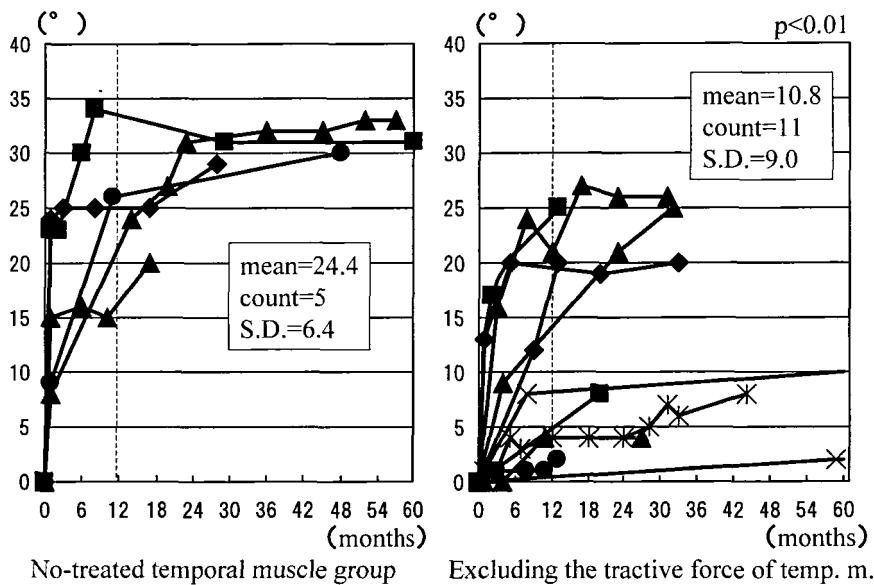


Fig. 17 Deflected angular deviation of the mandibular ramus

Table 3 Analysis of S and L_{IoAt}

Position	S	L_{IoAt}	S / L_{IoAt}
Control	1.000	1.000	1.000
Right 5°	1.261	1.289	0.978
Left 5°	0.942	0.945	0.997
Up 10°	1.029	1.056	0.975
Down 10°	1.075	1.046	1.028

(ratio)

Table 4 Measurement error

Min. error	0.3
Max. error	2.8
Mean error	2.0
S.D.	1.1

(%)

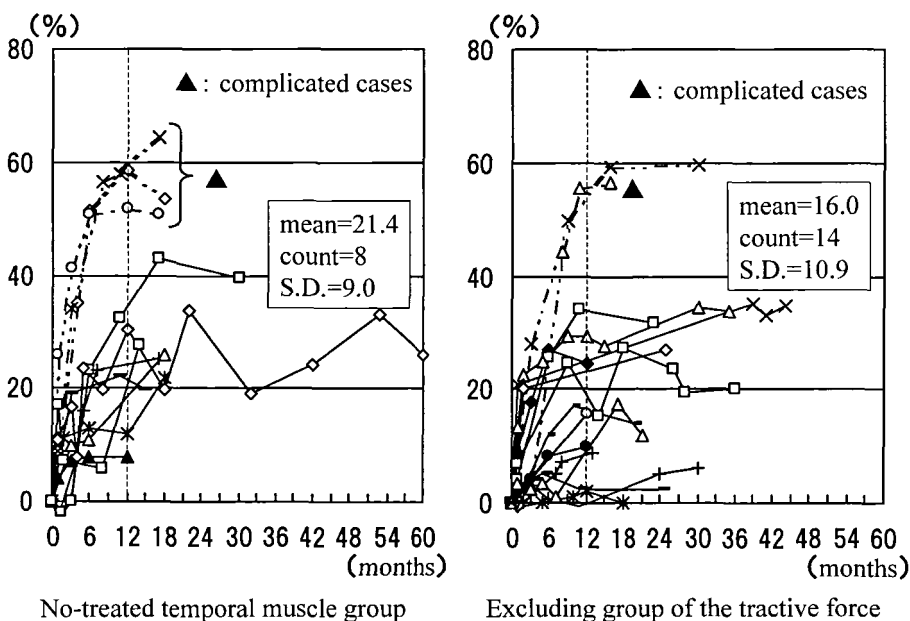
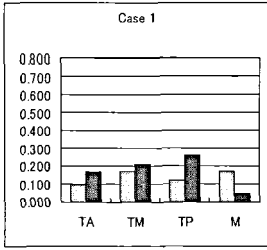
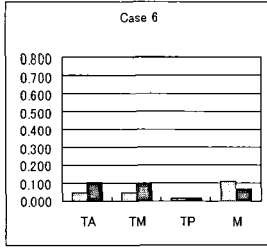


Fig. 18 Absorption rate of transplanted iliac bone

Mandibular resected case
(no-reconstruction) n=5



Mandibular resected case
(reconstruction) n=5



Control (normal) n=5

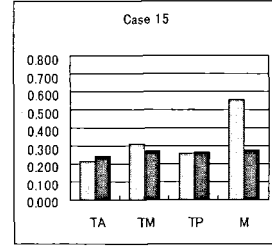
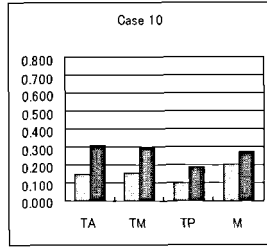
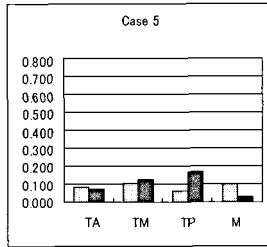
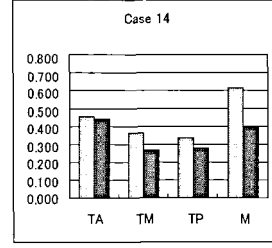
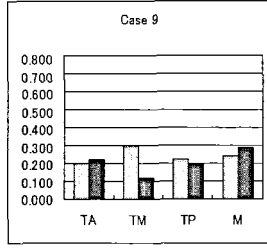
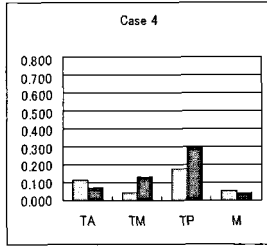
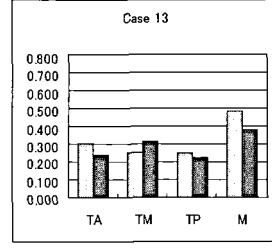
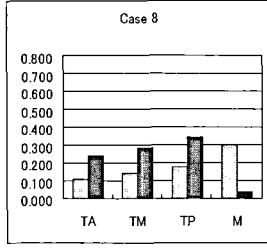
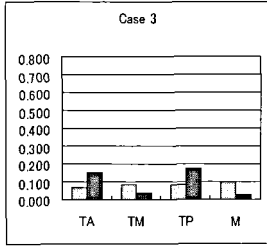
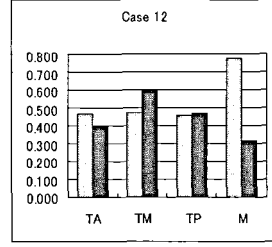
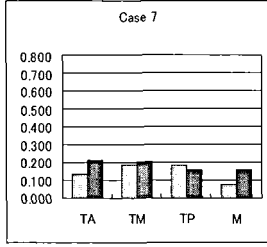
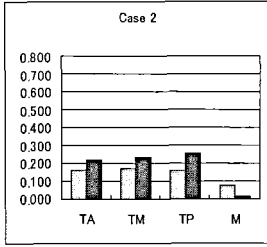
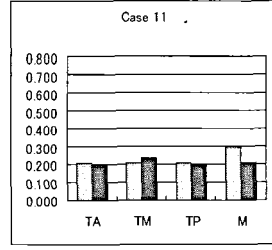
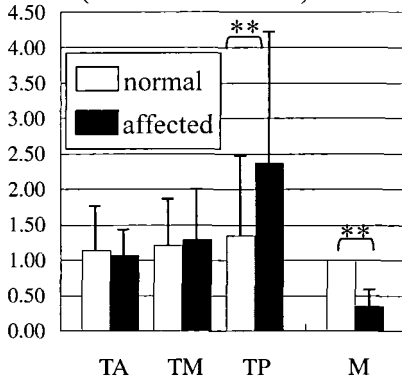
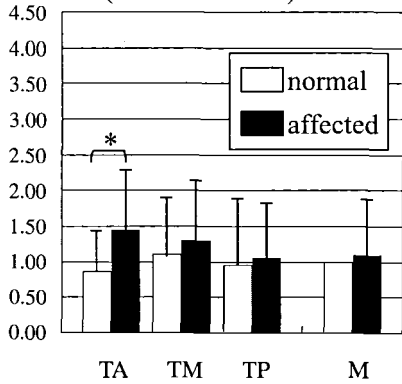


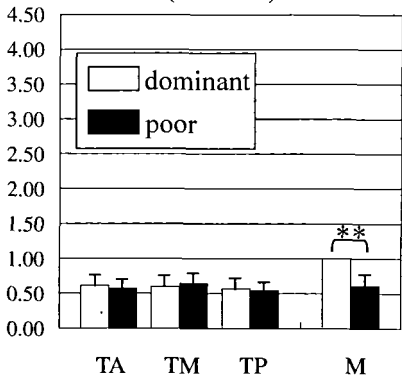
Fig. 19 EMG integrated during 1 second of maximum voluntary contraction (mV · sec)

1%内に収まり、測定誤差は少なかった (Table 5)。下顎骨区域切除後に側頭筋牽引力除去法を応用した非再建群、再建群、健常者群の3群について、各偏位量のデータ (Fig. 21) を集計すると、非再建群での下

顎の側方偏位率が大きく、健常者群では小さかった (Fig. 22)。これらを開口位ごとに平均すると、閉口時には、本法を施行すると非再建群であっても顎偏位率は健常者群より大きくなったが、有意差はなかった。

Mandibular resected case
(no-reconstruction) n=5Mandibular resected case
(reconstruction) n=5

Control (normal) n=5



* : p<0.05 ** : p<0.01

Fig. 20 Average of EMG Activity Index (EAI)

一方、最大開口時には非再建群は下顎が大きく偏位したが、再建群では、健常者群のものと有意差はなかった。開閉口時の偏位率の差も、ほぼ同様の結果であった (Fig. 23)。

Table 5 Measurement error

n = 5

point distance	①-②	①-②'	②-②'	③-④
	75	107	75	121
min. error	0.3	0.1	0	0.2
max. error	1.1	1.4	1.2	1.3
mean error (%)	1.01	0.65	1.04	0.79
S.D.	0.42	0.59	0.49	0.43

(mm)

考 察

下顎の良性や悪性腫瘍、また各種の大嚢胞性疾患に対する下顎区域切除後には、残存下顎枝の上部骨片は側頭筋の牽引力により上内方に転位・回転され、多くの例では下顔面に強い変形をきたし、審美面、機能面に悪影響を与える (Fig. 1)。この観点から、石川は、側頭筋切離法を考案し、その臨床的有用性などについて報告してきた^{8,9)}。本手法を症例に応用したのは、1980年頃からで、1990年頃には、本格的に施行に入り、この間に、男38例、女30例、計68例に側頭筋牽引力除去を行ったが、全て患者に説明のうえ文書による同意を得たものである。年代別では60歳代が28例 (41.2%)と最も多く70、80歳代を併せると44例 (64.7%)となり、そのほとんどは悪性疾患であった。一方、40歳未満の例は10例 (14.7%)で、全て良性疾患であった。

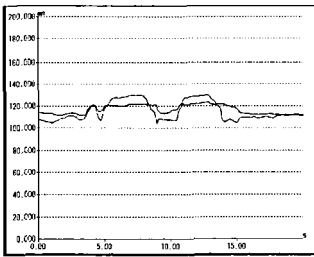
また Fig. 1 (C) に示す様に種々の医用材料による下顎再建時には、側頭筋の上方への牽引力が減少して、このため骨片への荷重負担が軽減し、移植骨組織も安定してくるため、生着しやすくなると考える。

初期には、筋突起から側頭筋を完全に剥離して側頭筋の牽引力を除去していたが、現在では、術時間を短縮させ、かつ術式を容易にするため、筋突起の部分切除と摘出により側頭筋の牽引力を除去するように工夫している (Fig. 2)。

1. 側頭筋牽引力除去例の X線学的検討 (非除去例との比較)

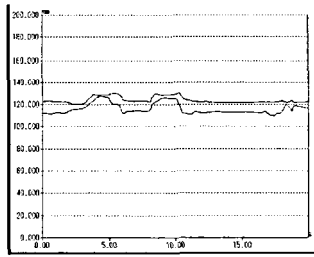
パノラマ X線写真を用いた顎骨の骨形態計測学的評価法は、一般的で、かつ簡便であり、古くから用いられてきた¹⁰⁻¹²⁾ が、横方向の歪の影響や、測定部位の再現性に不良な点も指摘されている。Benson ら¹³⁾ は、骨量評価のため下顎下縁からオトガイ孔部での距離と下顎骨下縁皮質骨厚の比率を定義し再現性の高いことを報告した。田口ら¹⁴⁾ も垂直方向のその値を検討し、撮影時の位置付けや、撮影者の違いによる変動が少な

Mandibular resected case
(no-reconstruction)



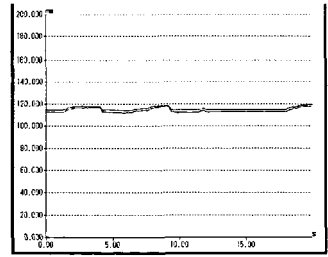
Case 1

Mandibular resected case
(reconstruction)

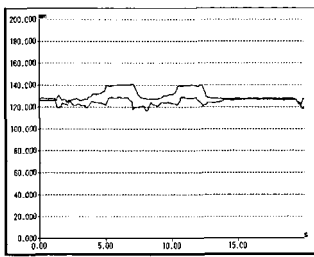


Case 6

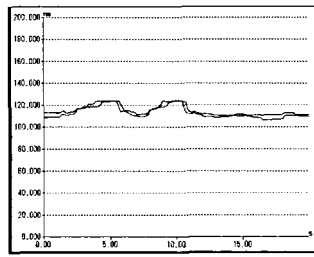
Control (normal)



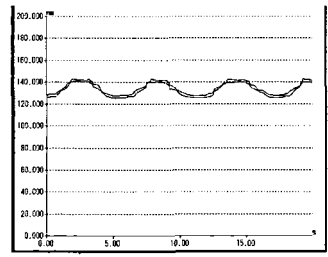
Case 11



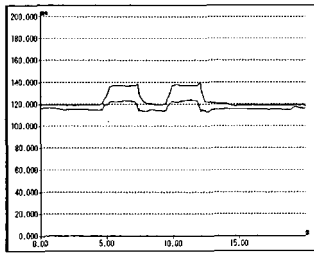
Case 2



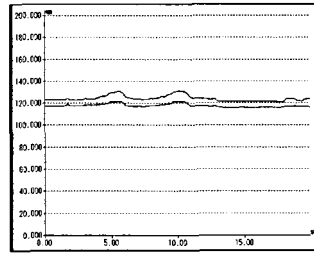
Case 7



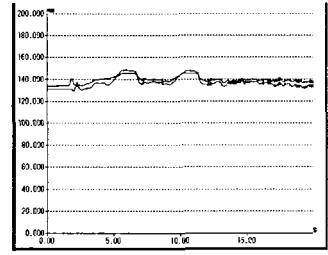
Case 12



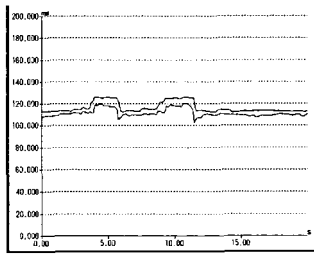
Case 3



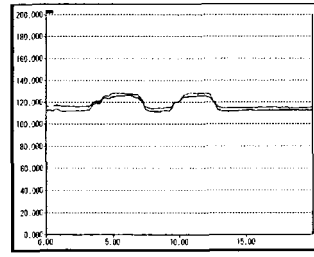
Case 8



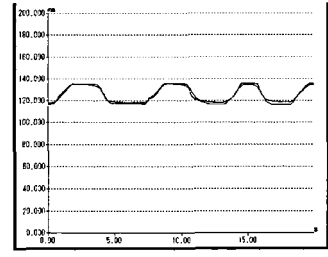
Case 13



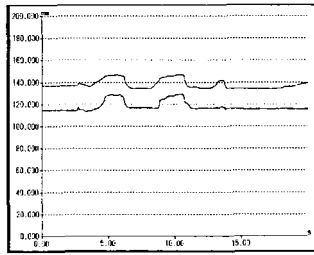
Case 4



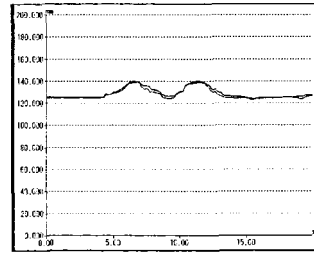
Case 9



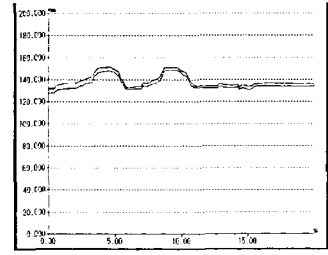
Case 14



Case 5



Case 10



Case 15

Fig. 21 Mandibular deviation during mouth opening

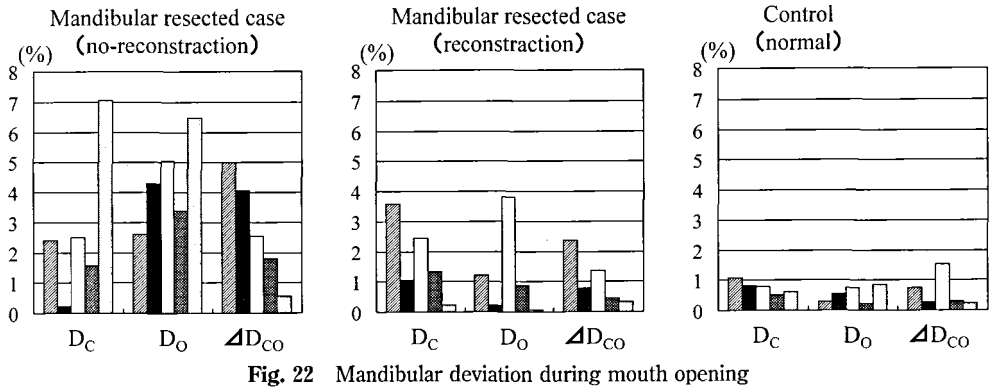


Fig. 22 Mandibular deviation during mouth opening

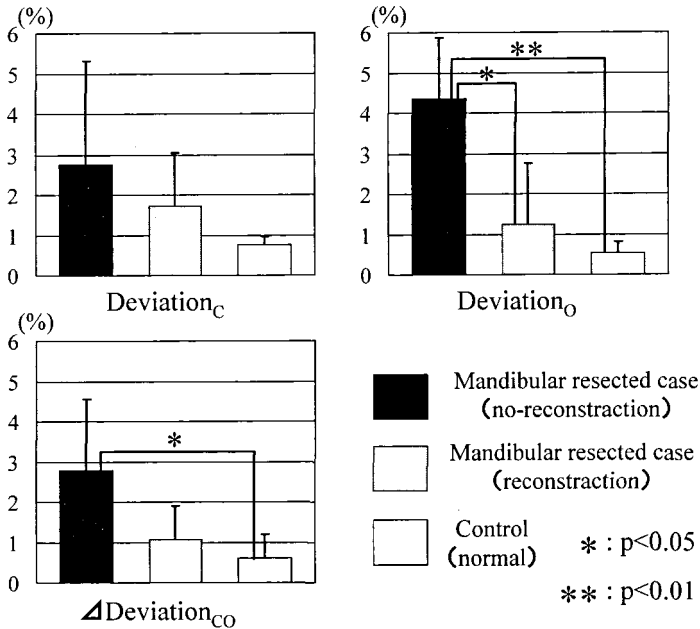


Fig. 23 Average of Mandibular deviation during mouth opening

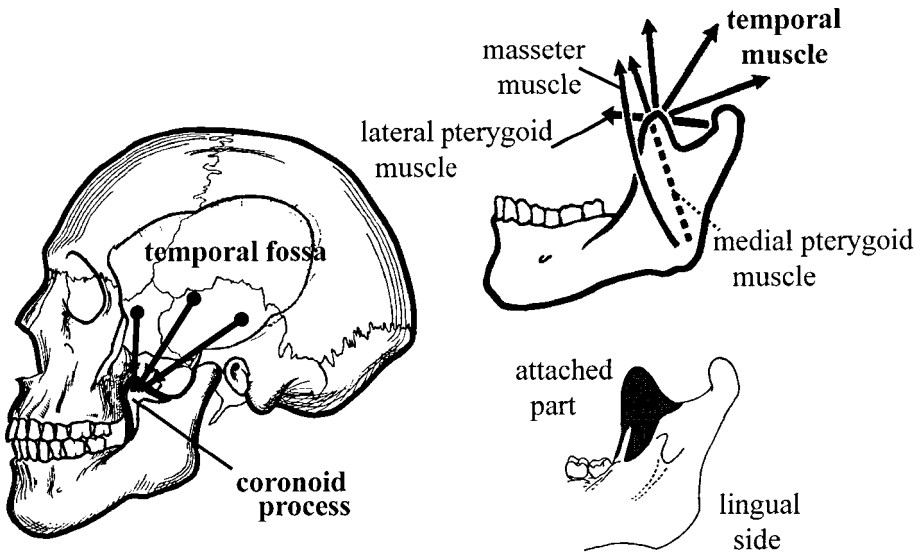
かったとしている。また、Xie ら¹⁵⁾もパノラマX線写真を用いて上下顎骨の垂直的高さの定量的評価を行うなど、垂直方向の再現性は高いと思われる。今回は、両側外耳道を水平基準として、両側下顎枝後縁の角度偏位と、下顎臼歯部相当骨体部付近の面積の変化を検討するため、まずその再現性に関する予備実験を行った。

(1) 残存下顎枝の巻き上がり挙上に関する経時的変化顎関節に異常がない、他の疾患5例を任意に抽出し、1年10か月から12年4か月の経過で撮影像を検討すると、予備実験での両側下顎枝後縁の角度差は、最小誤差0.1°、最大誤差2.2°、平均誤差1.1°と計測値に大きな変動はなかった (Table 1, 2)。このため、両側下顎枝の角度差は、ほぼ一定であると考え本実験を

行った。

残存下顎枝の巻き上がりは、術後から増強していくが、術後約1年でほぼ安定するため、1年後の偏位角度を比較検討した。側頭筋牽引力を除去しなかった群5例の残存下顎枝の巻き上がり角度は、平均24.4°であった。一方、側頭筋牽引力除去法を応用した11例の巻き上がり角度は平均10.8°と小さく抑制され、F検定とt検定での検討で統計学的有意差がみられた (Fig. 17)。

咀嚼筋には、咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋の四種類があり、これらは下顎枝の内外面で伸縮性を示す筋肉群であり、咀嚼運動に関与している。このうち側頭窩より起始する側頭筋は、筋突起に停止し、下顎骨を挙上して咬合に働くが、側頭筋の後部筋束は、



(R. Kopsch Lehrbuch u. Atlas
der Anatomie des Menschen)

(上條雍彦 口腔解剖学2)

Fig. 24 Schematic illustration of temporal muscle

水平方向へ働き、下顎骨を後方へ牽引する。停止部は下顎枝上縁前端の、筋突起に広く付着する腱となり、筋突起前面では、二脚に分岐し、内、外斜線に沿って下行している¹⁶⁾ (Fig. 24)。下顎区域切除のみを行った症例では、上部残存骨片は、Fig. 1 (A)のごとく側頭筋牽引力により、上方へ巻き上がり・挙上作用を受け、外側翼突筋や皮膚の内方への作用も働き、多くの例で、下顔面に強い変形をきたす。Fig. 1 (B)は、側頭筋の切離と筋突起切除後の状態である。一方、側頭筋牽引力を消失や減少させることによって、残存下顎骨片は、術後でも術前の位置に保定され、下顔面の変形は極めて少なくなり、審美障害が軽減する。なお、側頭筋牽引力除去を行った例でも、比較的巻き上がり角度の大きいものもあったが、これらは筋突起後方にまで広く付着する側頭筋後部筋束の完全切離が困難で不完全であった例や咬筋その他の残存周囲軟組織による影響と考えている。

(2) 移植腸骨片の安定度

パノラマX線像では、垂直方向の再現性は比較的高い¹³⁻¹⁵⁾が、撮影時の位置付けの違いにより水平方向の拡大率に違いの出る可能性もあるため、予備実験として頭部固定位を変更しながら移植骨の面積Sを眼窩下孔Ioと関節結節Atとの距離 L_{IoAt} で除した値を検討した。移植骨片を仮想した下顎骨体部をワイヤーで取り囲み表示し、左右5°、上下10°の変位をさせて撮影すると、最小誤差は0.3%、最大誤差は2.8%で、平均誤

差は2.0%と低値であった (Table 3, 4)。これは、水平方向への位置付けによっては水平的拡大率に差が出現するが、同側の距離 L_{IoAt} も、同様に変形するためと考える。

移植腸骨片の吸収も移植後、直ちに始まるが、12か月ではほぼ安定するため、12か月時点の吸収率で検討した。なお、側頭筋未処理群では、接合部の不十分さや創の哆開等によって、治癒不良例が11例中3例 (27.3%)に生じ、一方側頭筋処理群での経過不良例は16例中2例 (12.5%)と少なかった。これらを除外した例で、腸骨の吸収率を検討すると、未処理例8例の平均は、21.4%であったのに対し、本法施行群の14例では平均は16.0%と、吸収率が減少する傾向にあった (Fig. 18)。これらに有意差はなかったものの、本法の施行により治癒率の向上や、移植骨片の吸収抑制の可能性があると考えている。これは、側頭筋の上方への牽引力が減少することにより、骨片への荷重負担が軽減し、移植骨組織も安定するため、再建医用材料が、生着しやすくなると考えられた。

2. 側頭筋牽引力除去例の顎運動の評価 (健常者との比較)

(1) 筋電図学的検索

側頭筋は、筋突起に付着し、下顎骨の挙上や咬合に働き、また後部筋束は、水平方向へ働き、下顎骨を後方へ牽引する。これらのそれぞれについて詳細に検討

された報告はなく、下顎区域切除後の非再建例、即時や術後の再建例、非手術例の各5例3群について、側頭筋の前部、中部、および後部筋束と咬筋の活動筋電位を解析することにした。筋電図を記録する際、針電極は運動単位の活動電位の観察に適するが、被験者に電極刺入時に苦痛を与えやすい。一方、表面電極は主として皮膚表面の干渉波を導出し、筋活動状態の定性的、定量的分析に使用される¹⁷⁾が、今回は筋活動の量的比較が主目的であるため、被験者に苦痛を与えずに、比較的容易に使用できる本電極を使用した。各電極貼布部位は、アルコールによる十分な清拭を行うことによって、皮膚表面のインピーダンスを可及的に小さくするようにし¹⁸⁾、電極の位置の差による記録電位の変動¹⁹⁾を小さくするため、電極を貼る位置を一定にした。また、被験者の上半身が垂直になるよう椅子に座らせ、フランクフルト平面が水平になるよう後頭部を安頭台で軽く支え、頭位の変化が筋電図波形の時間的要素に影響²⁰⁾を及ぼさないようにした。

各咀嚼筋の活動電位には個人差があり、その絶対値ではなく、筋肉間の比の値が問題である^{21,22)}ため検索対象15例の筋電図 (Fig. 19) の筋電図活動指数 EAI を各群で平均して、比較検討すると区域切除後の非再建例での咬筋 EMG は、咬筋の切除により筋電位は減少していたが、側頭筋の後部筋束の筋電位は増強していた。これは、手術手技の関係から側頭筋前部と中部筋束のみの切離となり、後部筋束の切離が不完全で同筋束が残存する可能性や、あるいは岡部ら²¹⁾の報告しているような代償性増強による結果が考えられる。再建例でも側頭筋は、切離側の筋電位が増大していた。健常者例では、中原ら²³⁾や永井ら²⁴⁾も報告しているように、咬み癖側の咬筋筋電位が増加していた (Fig. 20)。

(2) 3D イメージによる検索

本例に3次元計測システム Dynas 3D/G による顎運動解析への応用を検討した。顎運動の3次元解析は1962年の Beck ら²⁵⁾に始まった。従来の顎運動測定装置には、エンコーダ^{26,27)}、ポテンションメータ²⁸⁾など接触型センサを用いたものと、磁気センサ^{29,30)}、超音波センサ³¹⁾、光センサ³²⁻³⁵⁾など非接触式センサを用いたものがあり、本システムは後者にあたる。磁気を用いた装置では、計測にあたって磁場の影響を受けなくするためにシールドルームを必要とし、LEDを用いた装置では、感受性を高めるために暗室を必要とするが、本システムでは特別な環境を必要としない利点がある。一定の時間間隔で連続的に取り込まれた画像から、追跡したいターゲット (計測ポイント) を指定して、対象物の運動量を解析するプログラムである。

3次元の撮影を行うため2台のカメラを設置 (Fig. 8) し、被写体の動作を撮影する前にキャリブレーションフレーム (Fig. 13) を用いて、あらかじめ実空間座標の座標点 (コントロールポイント) を撮影しておき、各ポイントの相対位置を算出するシステムであるので頭部の固定も不要で、被験者はかなり生理的に自然な状態で顎運動をできるものと考えている。また、座標分解能は640×480、計測ポイント数は、1画像あたり最大4096点で位置、速度、加速度、変位量、距離、角度、身体重心等が解析できるため応用範囲も広い。筋電図と同期取り込みも可能で、顎運動と同時に筋活動を解析できる特徴がある (Fig. 8, 9)。

本システムを利用した顎運動解析の報告はないため、予備実験として本システムの測定精度を検討した (Table 5)。閉口時と開口時を想定したフレームを分子模型キットにより作製し (Fig. 12)、身長150 cm から170 cm まで5 cm ごとに、5段階の背の高さを想定し、それぞれ測定した。このそれぞれにおける、平均測定誤差は、ほぼ1 mm、1%以内で測定精度は高いものであった。右耳珠前方のポイントが左側方撮影時に映らないので、左側のポイントで近似させたため、現在歯科界で多用されているナンヘキサグラフ (JM-1000, 小野測器) の静的な座標計測精度 $\pm 150 \mu\text{m}$ ^{33,36)} やトライメット (東京歯材社) の下顎前歯部における測定誤差 0.19 mm^{37,38)} には劣るが、オトガイ部の側方偏位を検討するには十分な力を発揮した。

筋電図と同様に、下顎区域切除時に本法を応用した非再建群、再建群、健常者群の各5例3群について、各偏位率を検索し、これら各群の平均をとると、閉口時では、本法を施行すると非再建の群であっても、顎偏位は健常者より大きくなったが、有意差はなかった (Fig. 23)。一方、最大開口時には下顎は大きく変位したが、再建群では、健常者と有意差はなかった。これは、非再建群は片側のみの顎関節による支持のためであると考えられた。閉閉口時の偏位の差も、ほぼ同様の結果であった。このように、下顎の側方偏位は再建により改善する可能性が推定されるため、下顎再建術を容易にする筋突起切除術は有用である。

下顎区域切除時に本法の併用に加えて、石川による下歯槽神経保存法³⁹⁻⁴²⁾ (石川法) を行うことによって本質的な下顎再建が完成することになる (Fig. 25)。病変の前方部で切断後、神経血管束を下顎孔より中枢側へ、また、残りの下顎管内の神経血管束をオトガイ孔より末梢側へ引き抜き端々縫合した後、即時下顎再建をする。神経縫合した神経束を頬部軟組織中に埋入するが、本手技によって、知覚が改善する。

以上のことから、本法の適用により、下顎区域切除

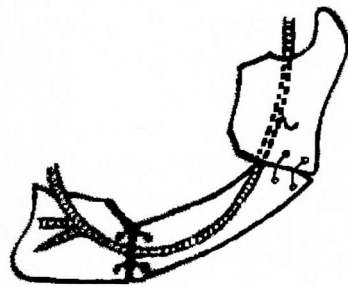
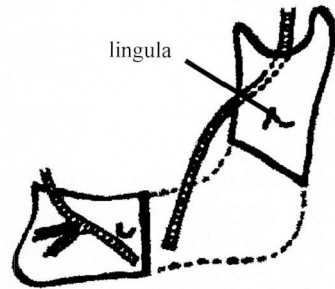
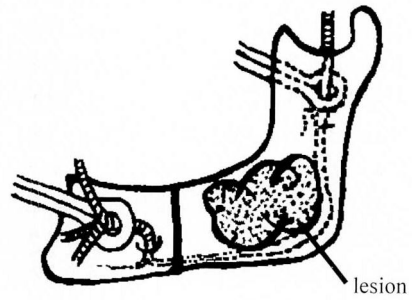
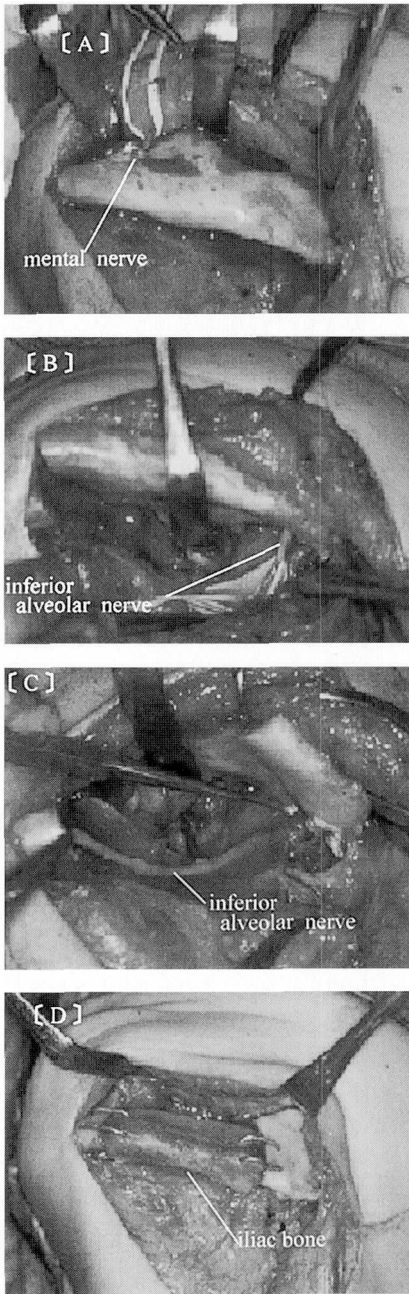


Fig. 25 Conserving method of the inferior alveolar nerve

後には、非再建例であっても残存下顎枝は、術前の位置に保定されやすく、下顔面の変形は少なくなり、審美障害も軽減されることが確認された。本手技は容易で、かつ術後に異常な自覚症状や機能異常も生じない。下顎再建に用いられる医用材料は、側頭筋の上方への牽引力が減少し、移植骨片への荷重負担が軽減され、生着しやすくなると考えられた。また即時再建をせず、

経過観察のみを行う場合や、一定期間後に再建を行う場合においても、下顎区域切除例の下顔面変形は最小限に食い止められ、機能的再建術式も容易になることから、本法の有用性は高いと判断できた。

総 括

1. 側頭筋の牽引力除去法を併用することにより、

下顎区域切除後の残存下顎枝は、非再建例でも、術前の位置に保定されやすく、下顔面の変形は少なく、審美障害も軽減する。

2. 即時再建をせず、一定期間経過後に再建する場合でも、区域切除部の顔面変形は最小限にくいとめられ、機能的再建術式が容易になる。

3. 側頭筋は、下顎再建時に再建医用材料を上内方へ牽引し、材料への荷重負担を生じるが、牽引力を除去すると、移植材料も安定し、生着し易くなることを示唆している。

4. 本法を施行した患者を筋電図学的に検討すると、切離側の側頭筋の後部筋束の活動電位は増強していた。これは、側頭筋が筋突起基部まで広く強固に付着しているため、術時に後部筋束を完全に切離できていない可能性もあるが、この状態でも上記の目的は、十分に達せられていた。

5. 本法の応用患者では、閉口時には顎偏位に有意差はみられなかった。最大開口時には下顎再建例や健常者と比べ顎偏位には有意差はみられるが、下顎再建により改善する可能性があった。

6. 初期には、筋突起から側頭筋を剥離していたが、現在では、術時間を短縮させ、かつ術式を容易にするため、筋突起端切除法を行っている。

謝 辞

稿を終えるにあたり、研究の遂行に終始懇切なご指導とご校閲を賜った広島大学大学院医歯薬学総合研究科 顎口腔頸部医科学講座（口腔外科学第二）石川武憲教授に深甚なる謝意を表します。

また、貴重なるご助言、ご校閲を賜った本研究科 病態探究医科学講座（口腔生理学）柴 芳樹教授と本研究科 病態情報医科学講座（歯科放射線学）谷本啓二教授に深謝いたします。

さらに本研究の遂行および論文の作製にあたり、ご指導、ご助言を賜りました本学 顎口腔頸部医科学講座（口腔外科学第二）の諸先生方に感謝いたします。

最後に、私を支えてくれた家族に心から感謝します。

文 献

- 1) 大塚明子, 草間幹夫, 高野淳志: 口腔癌手術後の口腔機能に関する検討. 耳鼻と臨床 40, 632-639, 1994.
- 2) 武部 純: 下顎骨区域切除・非再建例に対する補綴治療. 補綴誌 46, 750-751, 2002.
- 3) 上田直克: 下顎骨区域切除後にインプラント義歯を用いて補綴した症例. 補綴誌 47, 583-584, 2003.
- 4) 工藤啓吾, 藤岡幸雄: 下顎骨移植の臨床的研究. その1 28症例の予後について. 日口外誌 21, 180-187, 1975.
- 5) Krüger, E.: Reconstruction of bone and soft tissue in extensive facial defects. *J Oral Maxillofac Surg.* 40, 714-720, 1982.
- 6) Krüger, E, Krumholz, K.: Results of bone grafting after rigid fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 42, 491-496, 1984.
- 7) 堀内克啓, 俵本真光, 桐田忠昭, 上林豊彦, 稲田育久, 杉村正仁: 骨移植による下顎骨再建に関する臨床統計的研究. 口科誌 44, 459-466, 1995.
- 8) Ishikawa, T., Yamamoto, M., Tsujino, T., Harada, T., Tanaka, K, Sugiyama, M.: New Surgical Idea Excluding the Tractive Force of Temporalis Muscle after Continuity Mandibulectomy. *Proceedings of Recent Advances in Gastroenterological Carcinogenesis I*, 1091-1094, 1996.
- 9) Ishikawa, T., Yamamoto, M., Tsujino, T., Harada, T., Sugiyama, M.: Usefulness of Excluding the Traction Force of Temporalis Muscle for Various Surgeries of the Mandible, *Proceedings of Oral Oncology V*, 146-149, 1997.
- 10) Bras, J., van Ooij, C.P., Abraham-Inpijn, L., Kusen, G., J., Wilmink, J.M.: Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex; a diagnostic tool in metabolic bone loss. Part 1. Normal state. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 53, 541-545, 1982.
- 11) 松浦正朗, 瀬戸暁一, 高田典彦, 吉野壮一郎, 佐藤淳一, 近藤寿郎, 萩原洋行, 岡田とし江: 自家遊離腸骨移植による下顎再建とその術後経過について. 日口外誌 34, 1366-1381, 1988.
- 12) Mohajery, M., Brooks, S.L.: Oral radiographs in the detection of early signs of osteoporosis. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 73, 112-117, 1992.
- 13) Benson, B.W., Prihoda, T.J., Glass, B.J.: Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 71, 349-356, 1991.
- 14) 田口 明, 谷本啓二, 末井良和, 山田信一, 大塚昌彦, 隅田博臣, 山根由美子, 砂屋敷忠, 和田卓郎: パノラマX線写真における顎骨骨量の指標とその評価. 歯放 33, 309-316, 1993.
- 15) Xie, Q., Wolf, J., Ainamo, A.: Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects. *Acta. Odontol. Scand.* 55, 155-161, 1997.
- 16) 上條雍彦: 図説 口腔解剖学 2 筋学 第1版. アナトーム社, 東京, 252-262, 1966.
- 17) 荻島秀男: リハビリテーション・クリニック No. 3 リハビリテーションにおける筋電図. 医歯薬出版, 東京, 97-124, 1975.
- 18) 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. 広大歯誌 20, 287-308, 1988.
- 19) 岡根秀昭, 津島隆司, 三善陸朗, 長沢 亨: 電極の位置と極間抵抗が咬筋筋電図に及ぼす影響について. 補綴誌 23, 164-167, 1979.
- 20) 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.
- 21) 岡部良博, 藍 稔: 咬合支持部位の違いが咬みしめ時の咬筋, 側頭筋導出部位筋電図に及ぼす影響について. 日顎誌 7, 365-376, 1995.
- 22) 細井栄二, 匠原悦男, 川上哲司, 都築正史, 森本佳成, 高山賢一, 杉村正仁: 咬合力と積分筋電位の実測値を用い静力学的平衡式により試みた顎関節負荷算出法. 日顎誌 12, 32-41, 2000.
- 23) 中原 敏, 本田栄子, 大曲統司明, 中村修一, 井上 功: 両側咬筋の放電活動の差異について. 九州歯会誌 24, 400-407, 1971.
- 24) 永井 格, 堤田良二, 小浜源郁: 各種顎運動及び顎状態時の咀嚼筋の筋電図学的検討. 札幌医誌 57, 51-58, 1988.
- 25) Beck, H.O., Morrison, W.E.: A method for reproduction of movements of the mandible. *J Prosth Dent* 12, 873-887, 1962.
- 26) Gibbs, C.H.: The case gnathic replicator for the investigation of mandibular movements, Engineering Design Center Report, EDC4-66-14, Case Western Reserve University, Cleveland OH: 1966.
- 27) 藤村哲也, 坂東永一: デジタル方式顎運動測定器の開発. 補綴誌 35, 830-842, 1991.
- 28) Knap, F.J., Richardson, B.L., et al.: Study of mandibular motion in six degrees of freedom. *J Dent Res* 49, 289-292, 1970.
- 29) Lewin, A.: Device for the measurement of the location, the position and/ or the change of location or of position of a rigid body in space. U.S. Patent 4 303, 077, 1981.
- 30) 金沢興燮: 小児期の滑走運動の特性に関する研究. 日大歯学 72, 581-588, 1998.
- 31) Proebster, L. und Benzing, U.: Vergleich der Computerunterstuetzten Registriersysteme MT1602 und Compugnath. *Dt Zahnratzl Z 45 Sondernummer*, 54-58, 1990.
- 32) 林 豊彦, 多和田孝雄, 他: 歯牙接触滑走運動時の3次元測定システム. 補綴誌 25, 641-648, 1981.
- 33) 常盤 肇, 桑原洋介: 顎機能の臨床的診査. 補綴誌 42, 902-912, 1998.
- 34) 井上吉登, 楊 静, 檜山雄彦, 熊坂純雄, 進士久明, 内村 登: LED を利用した3次元6自由度顎運動計測装置の測定精度について. 日顎誌 13, 325-333, 2001.
- 35) 三好克美: 顎運動の3次元表現を応用した小児に適した顎運動解析装置の開発. 小児歯誌 40, 441-453, 2002.
- 36) 長谷川成男, 栗山 實: ナソヘキサグラフ. 補綴臨床 別冊, 239-244, 1996.
- 37) Toyohiko, H., Masahiko, K., et al: A high-resolution line sensor-based photostereometric system for measuring jaw movements in 6 degrees of freedom. *Frontiers Med. Biol. Engng* 6, 171-186, 1994.
- 38) 野沢健司, 米津博文, 重松知寛: 顎関節クローズド・ロック患者の3次元顎運動解析に関する研究. 日口外誌 44, 140-152, 1998.
- 39) 石川武憲, 伊達岡陽一, 大沢曜子, 下里常弘, 森沢宣生, 渡辺義明, 田中昭裕, 吉岡 濟: 下顎切除時における下歯槽神経保存法とその臨床評価. 日口外誌 23, 919-920, 1977.
- 40) 石川武憲: 下顎連続離断術時の下歯槽神経血管束の新保存術式. 広大歯誌 12, 354-355, 1980.
- 41) Ishikawa, T., Nomura, M. Nagahata, H., Tani, N., Yasui, R., and Shimosato, T.: A new method of conserving the inferior alveolar nerve during resection of the mandible, *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 24, 107-113, 1986.
- 42) 井上伸吾, 石川武憲, 伊藤良明, 島末 洋, 宮内美和, 東森秀年, 太田耕司, 杉山 勝, 蜂須賀永三: 下顎切除時の下歯槽神経引き抜き法(石川法)の応用と適応症の拡大. 広大歯誌 35, 118-124, 2003.