

# 顎関節内障患者における咀嚼運動時の咀嚼筋活動について

奈良県立医科大学口腔外科学教室

大河内 則昌 , 川上 哲司 , 杉村 正仁

岡山大学大学院医歯学総合研究科顎顔面口腔矯正学分野

宮脇 正一

## MASTICATORY MUSCLE ACTIVITY DURING MASTICATION IN PATIENTS WITH INTERNAL DERANGEMENT OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT

NORIMASA OHKOCHI, TETSUJI KAWAKAMI and MASAHITO SUGIMURA

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Nara Medical University*

SHOICHI MIYAWAKI

*Department of Orthodontics, Okayama University Graduate School*

Received August 17, 2001

*Abstract* : It has been reported that the absolute muscle activity of working-side masseter muscle and non-working temporal muscle is significantly lower than that of healthy subjects during mastication in patients with internal derangement of the temporomandibular joints. Also, it has been observed that the raw muscle activity of lateral pterygoid muscles is lower. Although it seems obvious that use of normalized muscle activity is more appropriate than raw muscle activity, there have been few reports of determination of normalized muscle activity in such patients. The purpose of the present study was to investigate the normalized muscle activity of masticatory muscles during mastication in patients with internal derangement of the temporomandibular joint.

The subjects were 11 adults with unilateral internal derangement of the temporomandibular joint (patient group) and 11 adults with normal occlusion without temporomandibular disorders, matched by age and sex with the patient group (control group). Each subject unilaterally masticated standardized hard gummy jelly (patient group, affected side; control group, right side). We recorded movements of the mandibular central incisor point at a sampling frequency of 89.4 Hz, and recorded muscle activities of the anterior temporal, masseter, anterior digastric and inferior lateral pterygoid muscles at a sampling frequency of 2.56 kHz, using a six-degrees-of-freedom jaw-tracking and EMG recording system. Each subject performed 5 maximum opening and closing movements, in order to determine normalized muscle activities. Also, occlusal forces and occlusal contact areas at maximum clenching in centric occlusion were determined. Each measured parameter was tested for differences in mean between the groups.

During affected-side mastication in the patient group, the normalized muscle activities of the non-working side temporal muscles, the working-side masseter muscles and the

working-side lateral pterygoid muscles showed significantly lower values than those of the control group. There was no significant difference in contact area between the groups, but the maximum occlusal force in the patient group was significantly lower than that of the control group. These results suggest that the activity of masticatory muscles was adjusted so that excessive load was not applied to the temporomandibular joints during mastication in patients with internal derangement of the temporomandibular joint.

**Key words** : lateral pterygoid muscle, internal derangement, temporomandibular joint, mastication, muscle activity

## 緒 言

これまで、顎関節症患者の大部分を占める顎関節内障患者の咀嚼運動時において、下顎頭の運動制限が認められることが報告されており<sup>1,2)</sup>、これらの結果が診断に応用されてきている<sup>3,4)</sup>。また、咀嚼筋活動に関しては、咀嚼側咬筋と非咀嚼側側頭筋の絶対筋活動量は健常者のそれらと比べて有意に低いことが報告されている<sup>5)</sup>。さらに、外側翼突筋に関しては、その絶対筋活動量が健常者のそれらと比べて、低いとする報告<sup>6,7)</sup>と高いとする報告<sup>8,9,10,11,12,13)</sup>があり、統一された見解は、まだ得られていない。しかし、外側翼突筋は、関節円板や下顎頭に直接附着していることから、顎関節内障との間に関連性があることが推察されているが、他の咀嚼筋と異なり深部に存在するため筋活動の記録が困難であった。さらに、筋電図の採得に関しては、これまで針電極を用いた記録が一般的であったため<sup>14)</sup>、一部のNMU (neuromuscular unit; 神経筋単位)しか記録できず、筋全体の活動を記録できたとはいい難かった。また、この針電極は表面電極とは異なり、侵襲をともなうため、それが筋活動に影響しているとも考えられた。このような欠点を克服するため、最近、口腔内表面電極によって非侵襲的に、また生理的にヒトの外側翼突筋の筋活動を記録する方法が考案された<sup>15)</sup>。この方法は、非侵襲的に外側翼突筋の筋活動が記録でき、さらに筋全体の活動も記録できるという利点がある。しかし、この口腔内表面電極は、外れやすいという欠点もあり、咀嚼運動時の筋活動を記録するためには、何らかの工夫が必要であった。また、これまで顎関節内障患者の咀嚼運動時において、針電極を用いて外側翼突筋が、そして、表面電極を用いて咬筋や側頭筋の絶対筋活動量が調べられているが、この絶対筋活動量は、皮膚電極間抵抗などの種々の要因によって値が変化するため、これらの影響を極力排除した

正規化筋活動量を用いるのが望ましいと一般的に考えられている。

そこでわれわれは、咀嚼運動時にも外れることの少ない外側翼突筋の表面筋電図記録装置を考案し、顎関節内障患者の咬筋、側頭筋、顎二腹筋前腹ならびに外側翼突筋の表面筋電活動量の記録をおこない、さらに正規化をして、顎関節内障患者の咀嚼筋活動の特徴について検討したので報告する。

## 対象および方法

### 1. 被験者

被験者として、奈良県立医科大学口腔外科において顎関節内障と診断された患者のうち、20歳以上30歳未満の患者11例(24.9 ± 0.7歳; 男性6例, 女性5例)をTMD群とし、年齢、性別、咬合状態、顎顔面形態がほぼ一致しており、臨床的に顎機能異常に関して自覚的症状も他覚的症状も全く認められないもの11名(24.4 ± 0.8歳; 男性6名, 女性5名)を対照群として用いた。すべての患者において、正常な水平被蓋と垂直被蓋を有し、交叉咬合を程する歯を認めなかった。また、ヘルシンキ宣言にしたがい、本研究の目的と計画のすべてを説明し全被験者の同意を得た(Table 1)。

### 2. 咀嚼周期および咀嚼筋活動の記録

咀嚼周期を記録するために、ヘッドフレーム、フェイスボウ、赤外線発光ダイオードlight-emitting diodes

Table 1. Summary of subject

	TMD group	Control group
Age	24.9 ± 0.7	24.4 ± 0.8
Number	11 (6males, 5females)	11 (6males, 5females)
TMJ ID*	Unilateral	None

\*: Internal derangement of the TMJ

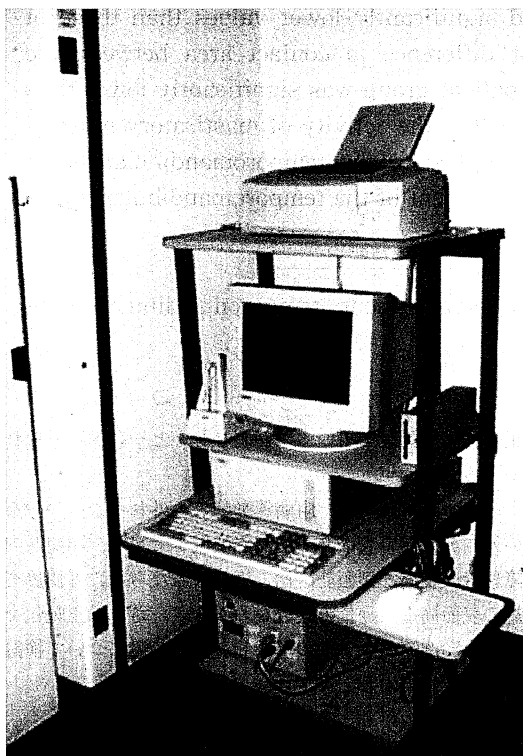


Fig. 1. Gnathohexagraph System™

(LEDs), 視覚カメラおよびパーソナルコンピュータで構成される3次元6自由度顎運動測定解析システム(ナソヘキサグラフシステム Ver. 1.31, 小野測器, 神奈川)を用いた(Fig. 1). 3つのLEDを有するヘッドフレームは、被験者の頭部に装着し、フェイスボウは、クラッチを用いて下顎に装着した。クラッチは、上顎前歯との接触を避け、可能な限り下唇の運動を妨げないように屈曲され、下顎前歯唇面にシアノアクリレート接着剤(アロニアルファ™)にて装着された。本システムを用いて、下顎中切歯点の運動を記録し、咀嚼周期を求めた。サンプリング密度は、89.4 Hzであった(Fig. 2).

側頭筋前腹、咬筋浅層部ならびに顎二腹筋前腹の筋電図の導出方法については、皮膚電極間抵抗を減少させるために、これら被検筋の皮膚表面の角質層を、皮膚前処理剤(スキンプュア™, 日本光電, 東京)とアルコールを用いて可及的に除去した。そして、電極の直径12mm, 電極間距離20mmに固定したBeckman型の小型生体電極(Blue sensor N-00-S, GE Market, 東京)を筋肉の走向に平行に貼付して双極誘導でおこなった。不関電極(Blue sensor N-00-S, GE Market, 東京)は、被検者の右手首に設置した。

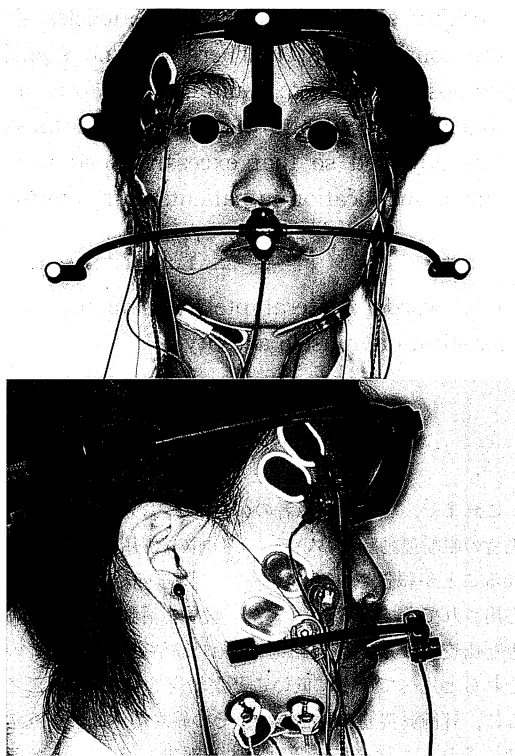


Fig. 2. Facebow, head frame and electrodes

Table 2. Cycle time during mastication in the control group subjects (n=11) with and without intra oral surface electrodes

With electrodes		Without electrodes		Probability
Mean	S.D.	Mean	S.D.	
0.90	0.06	0.89	0.08	0.75

外側翼突筋の筋電図の導出方法については、檜山らの報告<sup>15)</sup>にしたがって、直径5mmの小型銀皿電極(ユニークメディカル社, 東京)を上顎結節後方部の歯肉頬移行部に設置できるように、あらかじめ各被験者の口腔模型を採得し、これを用いて電極を固定させるための咬合面を覆わない装置を作り、これを歯にシアノアクリレート接着剤を用いて装着した(Fig. 3)。予備実験の結果、本電極装着により咀嚼運動がほとんど阻害されないことが確認された(Table 2)。

### 3. 咀嚼筋活動の解析

各被験者にリラックスした姿勢で自然頭位をとらせた状態で座らせ、5gのハードグミゼリーを、TMD群は患側で、対照群は右側臼歯部で5gのハードグミゼリーを咀嚼させ、はじめの5ストロークの記録をおこなった。ま

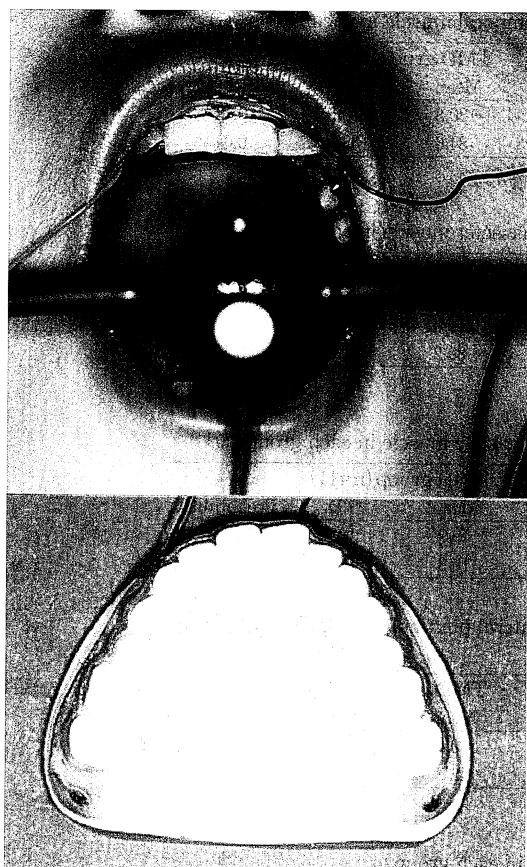


Fig. 3. Intra oral surface electrodes for lateral pterygoid muscles

た、最大開閉口運動をおこなわせ、5ストロークの筋活動の記録をおこなった。サンプリング密度は、2.56 KHzであった。これらの計測機器は、全て電磁シールドされていた。

各電極から導出された筋電信号は、MT 32 と MT34 の増幅器(GE Marcket, 東京)で、増幅された後、顎運動筋電図測定解析システムに送られた。増幅器の特性は、入力インピーダンス 10M $\Omega$ 、雑音 5MVpp 以下、周波数応答 0.1Hz-200Hz(-3dB)である。ゲインは 1mV/division 固定とした、個人内において、咀嚼時における咀嚼筋の表面筋電図は、恒常性があると報告<sup>15)</sup>されている。

これらの筋電図データについて、Visual Basic (Microsoft, USA)により構築された顎運動筋電図解析システムを用いて、全波整流と平滑化処理をおこない、積分値を求めた<sup>16)</sup>。さらに、最大開閉口運動時の筋活動量による正規化をおこなった。具体的には、閉口筋に関しては、最大開閉口運動における閉口時の筋活動量を用

いて正規化をおこない、開口筋に関しては、その開口時の筋活動量を用いて正規化をおこなった。

最後に、咬合圧測定感圧フィルムと咬合力測定システム(オクルーザー FPD703TM, 富士写真フィルム株, 東京)を用いて、中心咬合位での最大噛みしめをおこなわせ、咬合力と咬合接触面積の記録をおこなった。

### 3. 統計解析方法

まずはじめに、全てのデータあるいは差のデータに関して、正規性の仮定がおけるかどうかの検定をおこなった。そして、正規性の仮定が棄却されなかった場合、パラメトリックテストをおこない、棄却された場合にはノンパラメトリックテストを用いた。

有意水準  $\alpha$  は、0.05 に設定し、probability が 0.05 以上の場合を有意でないと判断した。データ表示に関して、正規性の仮定が棄却されなかった場合には、平均と標準偏差を表示し、正規性の仮定が棄却された場合には、中央値、最小値および最大値を表示した。

対照群と TMD 群あるいは患者各小群との比較に関して、独立 2 群の差の検定をおこなう場合、正規性の仮定が、棄却されず両群の分散が等しいと仮定できる場合 Student t test を、また、不等分散である場合には、Welch t test をそれぞれ用いた。一方、正規性の仮定が棄却された場合は、Mann-Whitney test を用いた。

## 結 果

### 1) 咀嚼運動時の咀嚼筋活動について

患者群の患側咀嚼時において、非咀嚼側側頭筋(84.6%)、咀嚼側咬筋(116.6%)および咀嚼側外側翼突筋(30.4%)の正規化筋活動量は、対照群(側頭筋 134.7%、咬筋 188.8%、外側翼突筋 44.7%)よりも有意に低い値を示した。なお、顎二腹筋に関しては両群間において有意の差を認めなかった(Table 3, 4, 5, 6)。

### 2) 咬合力と咬合接触面積について

咬合接触面積においては、対照群 28.9 mm<sup>2</sup>、患者群 26.3mm<sup>2</sup>と両群間に有意の差を認めなかったが、患者群の最大咬合力(550.5 N)は、対照群(721.7 N)と比べて有意に低い値を示した(Table 7)。

## 考 察

### 1. 方法論について

円滑な下顎運動を営む上で、上頭と下頭の 2 つの筋頭を持つ外側翼突筋は、関節円板や下顎頭の動きに関与するきわめて重要な筋と考えられている<sup>17)</sup>。また、顎関節症における上頭、下頭の下顎運動における機能的役割を明らかにすることは、重要なことである。

Table 3. Normalized muscle activity of temporal muscle in each group (%)

Side	Control group (n=11)		TMD group (n=11)		Probability
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Chewing-side	184.2	95.1	120.8	80.5	0.11
Non-chewing-side	134.2	65.6	84.6	33.3	0.04

Table 4. Normalized muscle activity of masseter muscle in each group (%)

Side	Control group (n=11)		TMD group (n=11)		Probability
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Chewing-side	188.8	83.1	116.6	52.8	0.02
Non-chewing-side	126.3	70.4	89.2	34.3	0.13

Table 5. Normalized muscle activity of digastric muscle in each group (%)

Side	Control group (n=11)		TMD group (n=11)		Probability
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Chewing-side	21.1	17.6	19.9	12.8	0.86
Non-chewing-side	24.6	16.8	19.3	10.8	0.39

Table 6. Normalized muscle activity of lateral pterygoid muscle in each group (%)

Side	Control group (n=11)		TMD group (n=11)		Probability
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Chewing-side	44.7	17.3	30.4	13.6	0.04
Non-chewing-side	50.3	27.2	42.2	24.5	0.47

Table 7. Occlusal force and contact area in each group

Measurements	Control group (n=11)		TMD group (n=11)		Probability
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Occlusal force (N)	721.7	163.3	550.5	184.5	0.03
Contact area (mm <sup>2</sup> )	28.9	19.1	26.2	20.1	0.76

口腔内表面電極の貼付部位は、上顎結節後方部歯肉頬移行部とした(Fig. 3)。藍ら<sup>19)</sup>によればこの部位の圧迫により外側翼突筋の触診が可能であるとしている。一方、この部位の圧迫により外側翼突筋下頭を触診することは、不可能であるとする報告<sup>19)</sup>もある。しかし、触診が可能であるか否かに関わらず筋電図記録法を用いれば電極周囲の筋活動を捉えることができる。すなわち、口腔内表面電極に比較的近接している外側翼突筋下頭の筋活動を記録することは可能であることは、檜山ら<sup>19)</sup>によって確認されている。さらに檜山らによると、電極接着部を十分に乾燥させ、シアノアクリレート接着剤を用いて小型表面電極を固定すれば脱落および実験中の位置の変化等は、ほとんど認められず、比較的強固に固定することが可能であると報告している。しかし、用いられた被験動

作には、咀嚼運動は含まれていなかった。われわれの予備実験によると、咀嚼中にしばしば電極が脱落したので今回用いた記録装置を考案するにいたった(Fig. 3参照)。被験者に対して、この装置が咀嚼運動の障害となっているかどうかを調べるための予備実験をおこなった結果、咀嚼周期に有意差は認められなかった(Table 2)。

外側翼突筋は、筋電図学的研究において口腔内から外側翼突筋に針電極を刺入することで、この筋が開口時、下顎の前方滑走運動時、および対側側方滑走運動時に活動すると Moyers<sup>20)</sup>や河村<sup>21)</sup>らによって報告されている。しかし、噛みしめ時および同側側方滑走運動時に活動するとする三浦<sup>22)</sup>の報告もあり、さらに Carlsoo<sup>23)</sup>は、これらに相反するいずれの機能も有すると報告するなど意見の一致を見ていない。神山<sup>24)</sup>は、本筋を上頭と下頭に

分けてそれぞれの筋活動を別々に導出した。上頭と下頭の役割については、同一の役割を果たしているとする Lehr and Owens<sup>25)</sup>の報告もあるが、上頭は噛みしめ時および同側側方滑走運動時に活動し、下頭は開口時、対側側方滑走運動時および前方滑走運動時に活動するとする<sup>26, 27, 28, 29)</sup>報告もある。近年では、顎運動と筋電図を同時に記録を行った研究が、日比野<sup>17)</sup>、高橋<sup>30)</sup>、上田<sup>31)</sup>、日比野、他<sup>32)</sup>、平場、他<sup>33)</sup>および吉田<sup>34)</sup>らによっておこなわれてきており同様の報告をしている。そこで、顎関節内障患者において新たに考案した口腔内表面筋電図記録装置を用いて開口時に活動する外側翼突筋下頭の筋活動を記録し、さらに側頭筋、咬筋ならびに顎二腹筋の筋活動の記録をおこなった。

本研究で記録した外側翼突筋下頭の筋活動に関して、咀嚼運動の開口時には、閉口筋の活動と同期してわずかな筋活動が記録され、開口時には開口相に同期して著明な筋活動が認められた(Fig. 4)。この結果より、開口時において口腔内表面筋電図記録装置は、外側翼突筋下頭の活動を記録していることが示唆されたため、外側翼突筋下頭の筋活動を評価するにあたり開口相の筋活動データを用いた。

咀嚼筋活動の解析方法については、筋電図の採得には、これまで針電極を用いた記録が一般的でこの方法は、一部のNMUしか記録できず筋全体の活動を記録したとはいえず、さらに表面電極とは異なり侵襲をともなうためそれが筋活動に影響していると考えられた。この欠点を克服するために口腔内表面筋電図記録装置を使用した。針電極を用いた場合、絶対筋活動量が調べられるが、この絶対筋活動量は、採得したNMUや種々の条件などにより値が変化するため筋活動の解析には、問題が多いと考えられた。

したがって本研究では、正規化を行い正規化筋活動量を用いて患者の咀嚼筋活動の特徴を明らかにしようと考えた。閉口筋に関しては、最大噛みしめ時の筋活動量によって正規化するのが一般的であるが、本研究では開口筋活動量も正規化する必要があったため、咀嚼運動時の周期を調べた後、メトロノームを用いて可及的にその周期にあわせて最大開閉運動をおこなわせ、その時の筋活動量を基準値として用いた。

## 2. 結果について

閉口筋については、1998年にSato<sup>9)</sup>らによって報告された結果と同様に患者群の患側咀嚼時における非咀嚼側側頭筋および咀嚼側咬筋の正規化筋活動量は、対照群よりも低い値を示した。閉口筋については患者群の患側咀嚼時において咀嚼側外側翼突筋の正規化筋活動量は、対

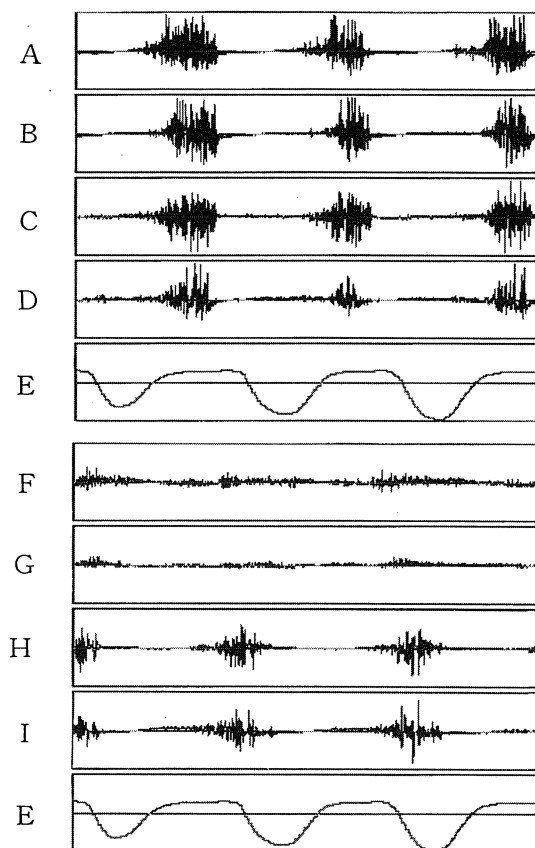


Fig. 4. Example of raw masticatory muscle activity and vertical displacement of lower central incisor point

- A : Temporal muscle on the chewing side
- B : Temporal muscle on the non-chewing side
- C : Masseter muscle on the chewing side
- D : Masseter muscle on the non-chewing side
- E : Vertical displacement of lower central incisor point
- F : Digastric muscle on the chewing side
- G : Digastric muscle on the non-chewing side
- H : Lateral pterygoid muscle on the chewing side
- I : Lateral pterygoid muscle on the non-chewing side

照群よりも有意に低い値を示した。これについても吉田<sup>35)</sup>らも同様の報告をしている。本研究の結果から外側翼突筋の機能低下が顎関節内障の原因であるのか、病態の進行にともなう結果であるのかについては判断できないが、顎関節内症患者は、咀嚼運動時において下顎頭の動きが悪く<sup>1, 2)</sup>それは、外側翼突筋の筋活動量が低下した結果であると推察された。

以上の結果から、われわれの考案した本装置による外

側翼突筋の筋電図検査を含む咀嚼筋筋電図検査は、顎関節内障の診断ならびに治療効果や予後の判定に有効であると考えられた。

## 結 論

1. 顎関節内障患者の咀嚼運動時における咀嚼筋活動の特徴を調べるために、新たに考案した口腔内表面筋電図測定装置を用いて咀嚼筋活動を記録し、正規化筋活動量を求め正常者と比較した。
2. 顎関節内障患者は咀嚼運動時に顎関節に過大な負荷がかからないように咀嚼筋活動量を調節していると考えられた。
3. 咀嚼時における外側翼突筋の筋活動量の低下は、顎関節内障患者の下顎頭の運動量の低下に何らかの関わりがあると考えられた。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、ご懇篤なるご指導とご高閲を賜りました奈良県立医科大学口腔外科学講座杉村正仁教授に深甚なる謝辞を捧げるとともに、ご高閲、ご助言を賜りました奈良県立医科大学整形外科科学講座高倉義典教授ならびに耳鼻咽喉科学講座細井裕司教授に深謝申し上げます。また、本研究に御協力いただきました口腔外科学教室諸兄に感謝します、なお本論文の要旨の一部は第14回日本顎関節学会総会(2001年7月26日、神戸)において発表した。

## 文 献

- 1) Gsellman, B., Schmid-Schwab, M., Piehlslinger, E. and Slavicek, R. : Lengths of condylar pathways measured with computerized axiography (CADIAX) and occlusal index in patients and volunteers. *J. Oral Rehabil.* **25** : 146-152, 1998.
- 2) Miyawaki, S., Tanimoto, T., Inoue, M., Sugawara, Y., Fujiki, and T., Takano-yamamoto, T. : Condylar motion in patients with reducing anterior disc displacement. *J. Dent. Res.* **80** : 1430-1435, 2001.
- 3) 大概榮人, 川上哲司, 杉村正仁, 宮脇正一 : 顎関節症患者における下顎開閉口および前後運動に関する臨床的研究—下顎中切歯および下顎運動経路の検討—. *奈医誌.* **51** : 321-331, 2000.
- 4) Miyawaki, S., Ohkochi, N., Kawakami, T. and Sugimura, M. : Effect of food size on the movement of the mandibular first molars and condyles during deliberate unilateral mastication in humans. *J. Dent. Res.* **79** : 1525-1531, 2000.
- 5) Sato, S., ohta, M., Goto, S., Kawamura, H. and Motegi, K. : Electromyography during chewing movement in patients with anterior disc displacement of the temporomandibular joint. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **27** : 274-277, 1998.
- 6) Meyenberg, K., Kubik, S and andpalla, S. : Relationship of the muscles of mastication to the articular disc of the temporomandibular joint. *Helvetica Odontologica Acta.* **30** : 1-20, 1986.
- 7) Carpentier, P., Yung, J. P. and Bonnet, R. M. : Insertion of the lateral pterygoid muscle : An anatomic study of the human temporomandibular joint. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **46** : 477-482, 1988.
- 8) Juniper, R. P. : Temporomandibular joint dysfunction : A theory based upon electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle. *Brit. J. Oral Maxillofac. Surg.* **22** : 1-8, 1984.
- 9) Klett, R. : Zur Biomechanik des Kiefergelenkknackens, I . Diskusfunktion bei exzentrischem Bruxismus, *Deutsch Zahnarztl Z.* **40** : 206-210, 1985.
- 10) Klett, R. : Zur Biomechanik des Kiefergelenkknackens, II .Diskusverlagerung durch muskulare Diskoordination. *Deutsch Zahnarztl Z.* **41** : 308-312, 1986.
- 11) Klett, R. : Zur Biomechanik des Kiefergelenkknackens, III .Atiologie der exzentrischen und zentrischen Diskusluxation. *Deutsch Zahnarztl Z.* **41** : 308-312, 1986.
- 12) Liu, Z. J., Mang, H. Y. and Pu, W. Y. : A comparaative electromyographic study of the lateral pterygoid muscle and arthrography in patients with temporomandibular joint disturbance syndrome sounds. *J. prosthet. Dent.* **62** : 229-233, 1989.
- 13) Wilkinson, T. M. : The relationship between the disc and lateral pterygoid muscle in the human temporomandibular joint. *J. Prosthet. Dent.* **60** :

- 715-724, 1988.
- 14) 吉田和也, 福田順直, 高橋礼太郎, 西浦一憲, 井上宏: ヒト外側翼突筋上頭への筋電図電極刺入法. 補綴誌. **36**: 88-93, 1992.
  - 15) 檜山成寿, 石渡靖夫, 黒田敬之: 口腔内表面電極によるヒト外側翼突筋下頭筋活動の記録. 日矯歯誌. **53**: 683-695, 1994.
  - 16) Miyawaki, S., Ohkochi, N., Kawakami, T. and Sugimura, M.: Changes in masticatory muscle activity according to food size in experimental human mastication. J. Oral Rehabil. **28**: 1-7, 2001.
  - 17) 日比野和人: 外側翼突筋上頭の基本特性ならびに開口量・咬合力との関係. 補綴誌. **34**: 545-558, 1990.
  - 18) 藍稔: 顎機能異常—咬合からのアプローチ, 医歯薬出版, 205-213, 1985.
  - 19) Friedman, M. H. and Weisberg, J.: Pitfalls of muscle palpation in TMJ diagnosis. J. Prosthet. Dent. **48**: 331, 1982.
  - 20) Moyers, R. E.: An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement. Am. J. Orthod. **36**: 481-515, 1950.
  - 21) 河村洋二郎: 歯科領域における筋電図の応用. 歯界展望 **37**: 225-230, 259-264, 1954.
  - 22) 三浦不二夫: 筋電図法による咀嚼筋の活動様式に関する研究(特に咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋について). 口病誌. **23**: 291-321, 1956.
  - 23) Carlsoo, S.: An electromyographic study of the activity, and an anatomic analysis of the mechanics of the lateral pterygoid muscle. Acta Anatomica. **26**: 339-351, 1956.
  - 24) 神山光男: 外側翼突筋の活動様式に関する研究. 口病誌. **25**: 576-595, 1958.
  - 25) Lehr, R. P. and Owens, S. E.: An electromyographic study of the human lateral pterygoid muscles. Anat. Rec. **196**: 441-448, 1980.
  - 26) Mahan, P. E., Wilkinson, T. M., Gibbs, C. H. and Maudelri, A.: Superior and inferior bellies of the lateral pterygoid muscle EMG activity at basic jaw positions. J. Prosthet. Dent. **50**: 710-718, 1983.
  - 27) Gibbs, C. H., Mahan, P. E., Wilkinson, T. M. and Mauderli, A.: EMG activity of the superior belly of the lateral pterygoid muscle in relation to other jaw muscles. J. Prosthet. Dent. **51**: 691-702, 1984.
  - 28) Juniper, R. P.: Temporomandibular joint dysfunction: A theory based upon electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle. Brit. J. Oral Maxillofac. Surg. **22**: 1-8, 1984.
  - 29) Widmalm, S. E., Lillie, J. H. and Ash, M. M.: Anatomical and electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle. J. Oral Rehabil. **14**: 429-446, 1987.
  - 30) 高橋一也: 開口運動における外側翼突筋下頭・顎二腹筋前腹の筋電図学的研究. 補綴誌. **34**: 559-572, 1990.
  - 31) 上田龍太郎: 外側翼突筋下頭の活動様式. 補綴誌. **36**: 94-107, 1992.
  - 32) 日比野和人, 平場勝成, 平沼謙二: ヒト外側翼突筋上頭・下頭の機能的相違について—1. 各種基本運動時の活動様式ならびに解剖学的考察—1. 補綴誌. **36**: 314-327, 1992.
  - 33) 平場勝成, 日比野和人, 平沼謙二: ヒト外側翼突筋上頭・下頭の機能的相違について—2. 関節頭運動要素と筋活動量—1. 補綴誌. **36**: 328-339, 1992.
  - 34) 吉田和也: 課題運動からみた咀嚼時の外側翼突筋上頭の筋電図学的研究. 補綴誌. **36**: 34-35, 1992.
  - 35) 吉田和也, 井上 宏: 顎関節内障患者の咀嚼時における外側翼突筋に関する筋電図学的研究. 補綴誌. **36**: 1261-1272, 1992.