

原 著

咀嚼筋機能の順応に関する実験的研究

三 浦 廣 行 村 田 賢 司 大 沢 俊 明
金 野 吉 晃 亀 谷 哲 也 石 川 富 士 郎

岩手医科大学歯学部歯学科矯正学講座

(主任 : 石川富士郎教授)

〔受付 : 1987年 6月16日〕

抄録 : 骨格系の変化に伴う筋機能の順応過程を解明するため, 成犬の顎間距離を増加させ, その後の機能変化を筋電図学的に捉えた。

顎間距離増加後に筋電図上で見られる変化としては, 咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋とも筋の異常緊張を示すと思われる burst が認められた。この burst の現われる頻度は, 顎間距離増加直後が最も多かった。burst の持続時間は, 顎間距離増加後短縮した。Power spectrum 分析では, 顎間距離増加後にピークの低周波帯への移行がみられた。等尺性筋収縮時の reset count は, 顎間距離増加後に増した。これらの変化は, 5 mm 増加の例に比べて10mm 増加の例で変化量が大きく, 5 mm の例で3日, 10 mm の例で4日で処置前の状態に戻っていた。

以上の結果から, 顎運動に関与する反射系での順応は, 比較的早く進行するものと考えられた。

Key word : masticatory muscle, adaptation of muscle function, EMG.

はじめに

矯正治療によって変化した顎関係や咬合状態を維持するためには, 口腔周囲の神経筋系の順応と同時に, 咀嚼に関わる各筋群の協調的な運動の獲得が必要となる。

特に, 複数の咀嚼筋群が相互に関連性を保ちながら活動する顎運動では, 末梢の受容器および中枢からの情報がこれら筋群の制御を行い運動様式に影響を与えていると考えられる。換言するならば, 口腔内外の環境変化に伴って筋の

活動様式に影響の現われることが考えられる。

このような観点から, 本研究では咬合の変化を顎間距離の変化として求め, それに伴う筋活動の順応過程を筋電図学的に解析を試みた。

研究方法

咀嚼筋機能の変化は, 筋電図学的解析によった。実験対象にはオスの成犬同腹2頭(1歳1カ月)を用いた。顎間距離の増加は, 上顎のP4およびM1の部位で咬合干渉を起こさせ, 前歯部5 mm, および10mmの開咬位とした

An experimental study on adaptation of masticatory muscle function.

Hiroyuki MIURA, Kenji MURATA, Toshiaki OSAWA, Yoshiaki KIKINNO, Tetsuya KAMEGAI, Fujiro ISHIKAWA.

(Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 12 : 233-240, 1987



Fig.1 Lingual appliance using for bite raising.

(Fig. 1)。筋電図の採録は、閉口筋については咬筋と側頭筋から、また開口筋では顎二腹筋から同時に記録した。筋電図の誘導は、直径4 mmの銀塩化銀表面電極を用い、電極は、咬筋と側頭筋の筋腹中央部、ならびに顎二腹筋の前腹正中線上にそれぞれ一個ずつおき、電極下の皮膚抵抗が10k Ω 以下になるように貼付した。筋電図は、各筋の電極と後頸部においた不閉電極との間の電位差を差動増幅器（日本光電製RB-2）で増幅しデータレコーダー（日本光電製RMG-5104）に収録して分析した。筋電図の採得は、顎間距離増加前、増加後1日、2日、3日、4日、7日、14日、28日後に行った。

筋活動の解析は、次のような下顎の状態について行った。

- 1) 無負荷安静時における自発運動の筋電図。
- 2) 200~300gの負荷を咬合平面と垂直の方向にかけ等尺性筋収縮を起させたときの筋電図、である。

1) については、筋電図 burst の頻度、持続時間、ならびに放電開始時間差に関して、電磁オシログラフ（日本光電製 type-2925 : ガルバ応答周波数最大 2.5kHz）上で計測した。Burst の頻度は無負荷安静時10秒間の筋電図上でみられた burst の数を数え、burst の持続時間は5回の burst について計測し平均値を求めた。Burst の放電開始時間差に関しては、5回の burst について、咬筋と側頭筋それぞれの放電開始の時間差を計測し平均値を求めた。

さらに、FFT アナライザー（日立電子製 VC-2400）を用い解析周波数の上限を1 kHz、分解能5 Hz に設定し power spectrum 分析を行っ

た。分析は5回の burst を加算しそのピークを示す周波数を求めた。

一方、2) の牽引負荷による等尺性筋収縮時の筋電図の解析には、多用途積分ユニット（日本光電製 EI-600G）を用い、5秒間の筋放電面積（波の振幅 \times 波長 \times 個数に比例した量）を指標とした。実際には筋電図波形を全波整流したのについて筋放電面積を測定した。放電面積の測定には自動 reset 方式を用いた。Reset level は記録系の時定数を0.03sec とし、200 μ V の矩形波校正電圧を10回入力した時に1回 reset するように設定し、5秒間の reset count（個数）による放電面積を用いた。

結 果

実験動物の体重は、顎間距離増加後わずかに減少するが、実験期間を通して大きな変動は認められなかった（Table 1）。

顎間距離増加後、実験条件1) の筋電図上でみられる変化は、咬筋、側頭筋、顎二腹筋とも安静時の electric silence な期間が短く、筋の異常興奮を示すと思われる筋電図 burst の増加が認められた。出現頻度は顎間距離増加5 mm の例に比べて10mm の例で多くみられた。5 mm の例は3日目、10mm の例では4日目増加前の状態に戻っており、その後は増加前と変わらない安静状態が続いていた（Table 2, Fig. 2）。

Burst の持続時間に関しては、顎間距離増加後に短縮する傾向がみられ、その変化は10mm の例で著しい。その後は暫時回復する傾向を示し、burst 頻度の場合と同様に5 mm の例は3

Table 1 Changes of body weight during experimental period (kg).

Days	before bite raising			after bite raising				
	1	2	3	4	7	14	28	
A	10.0	9.5	9.5	10.0	9.5	9.5	9.0	9.5
B	10.5	10.0	9.5	9.5	9.0	8.5	8.5	9.0

A : Bite raised 5mm B : Bite raised 10mm

Table 2 Frequency of bursts at mandibular resting position.

Days	before bite raising			after bite raising				
	1	2	3	4	7	14	28	
A	M	1	4	2	1	1	1	1
	T	1	4	2	1	1	1	1
	D	1	4	2	1	1	1	1
B	M	1	6	3	2	1	1	1
	T	1	6	3	2	1	1	1
	D	1	6	3	2	1	1	1

A : Bite raised 5mm B : Bite raised 10mm
 M : masseter T : temporalis D : digastricus

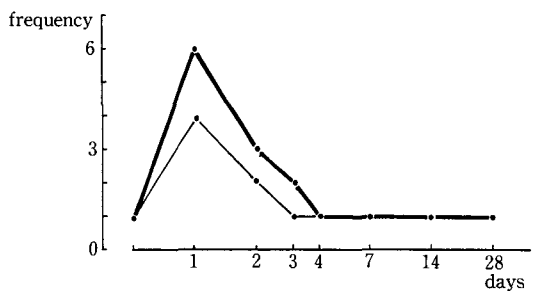


Fig. 2 Frequency of bursts at mandibular resting position (masseter).

日目, 10mm の例では 4 日目で増加前の状態に戻る経過を示していた (Table 3, Fig. 3)。

Burst の放電開始時間差は側頭筋が咬筋より先行するが, この傾向は, 顎間距離を変化させても殆ど変わらなかった (Table 4, Fig. 4)。

Power spectrum 分析では, ピークの低周波帯への移行がおきるが, 5 mm の例は 3 日, 10 mm の例では 4 日で増加前の状態に戻っていた。この power spectrum 分析においても 10mm

増加例の変化量が大きかった。その変化はとくに, 開口筋である顎二腹筋で著しかった (Table 5, Fig. 5)。

実験条件 2) の等尺性筋収縮時における reset count は, 顎間距離増加後に増し, 一定の筋収縮力を発生するのに必要な spike 放電の頻度が増加していることを示していた。この増加の傾向は 5 mm より 10mm の例で大きく, 5 mm の例で 3 日, 10mm の例では 4 日で増加前の状態に戻っていた。また, 開口筋である顎二腹筋のほうが, 閉口筋に比べて増加が著しい傾向が認められた (Table 6, Fig. 6)。

考 察

顎間距離を増加することで, 咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋のいずれにおいても, 筋電図上で安静時の electric silence な期間が短く, 筋の異常興奮を示すと思われる burst が認められた。これは, 顎間距離の増加という下顎位の変化に伴っ

Table 3 Duration of bursts at mandibular resting position (msec).

		before bite raising			after bite raising				
Days			1	2	3	4	7	14	28
A	M mean	288.4	175.2	190.5	293.1	290.6	283.3	292.7	285.4
		S.D.	20.8	20.3	20.8	17.4	18.8	29.4	19.8
	T mean	304.6	204.3	210.7	297.4	303.8	292.4	310.3	299.3
		S.D.	17.4	20.6	21.6	19.2	22.2	28.4	16.6
	D mean	278.8	183.6	204.8	280.3	281.5	274.7	293.8	277.1
		S.D.	27.0	22.8	21.8	22.2	21.4	24.6	18.8
B	M mean	301.3	128.6	178.4	212.9	310.1	298.5	303.8	310.3
		S.D.	17.6	20.6	28.1	20.8	18.6	21.2	22.4
	T mean	324.5	166.1	199.3	248.6	332.2	319.3	319.1	329.3
		S.D.	18.2	21.3	20.3	17.4	20.2	22.6	20.8
	D mean	300.9	132.5	170.7	208.9	315.4	301.4	299.3	308.6
		S.D.	28.2	23.5	27.5	20.6	22.6	26.0	30.1

A : Bite raised 5mm B : Bite raised 10mm
 M : masseter T : temporalis D : digastricus

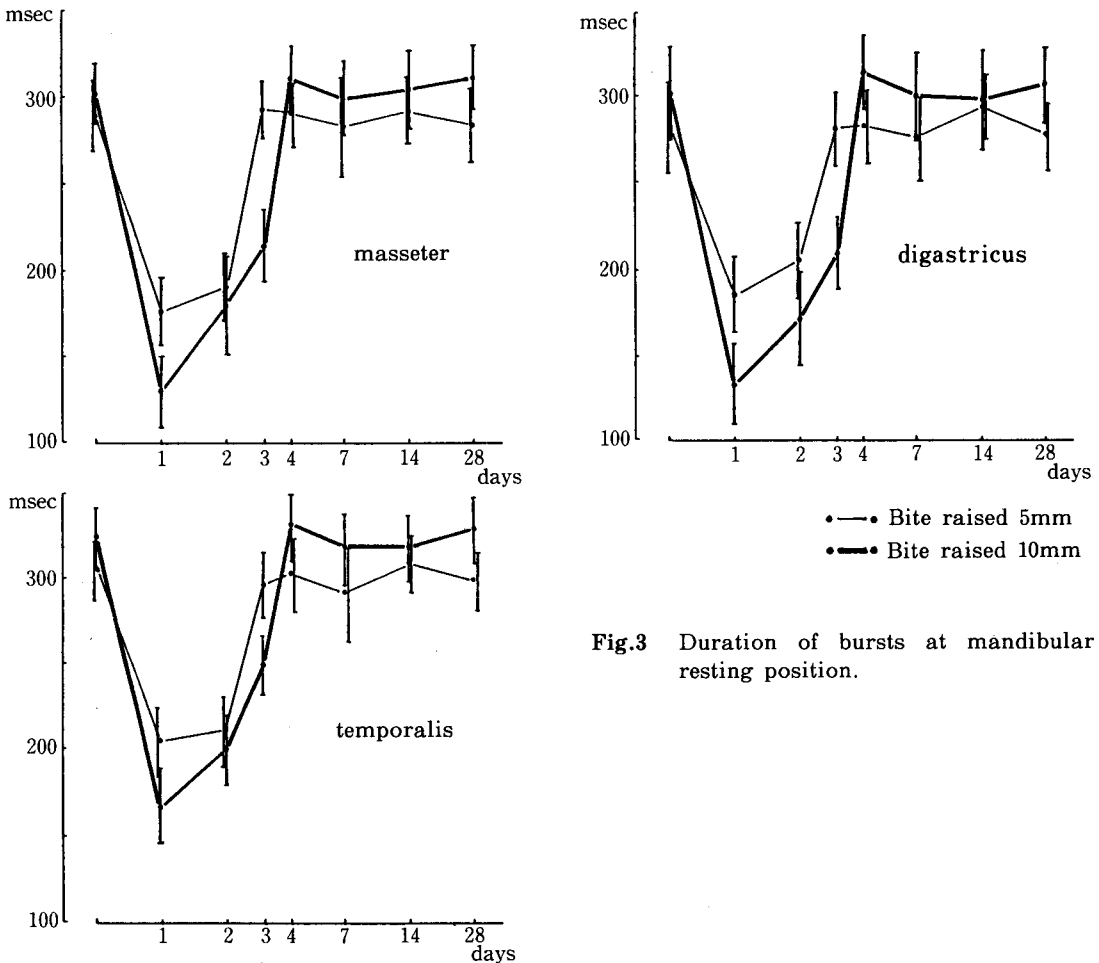


Fig.3 Duration of bursts at mandibular resting position.

Table 4 Time lag of onset between temporalis and masseter at mandibular resting position (msec).

		before bite raising			after bite raising				
Days		1	2	3	4	7	14	28	
A	mean	17.3	17.6	17.9	17.1	17.8	17.4	18.2	17.6
	S.D.	2.3	2.8	1.9	2.3	2.1	2.6	2.0	2.4
B	mean	15.9	16.3	15.1	15.5	16.4	16.8	15.8	16.1
	S.D.	1.8	2.4	2.1	2.3	2.0	1.9	2.3	2.1

A : Bite raised 5mm B : Bite raised 10mm

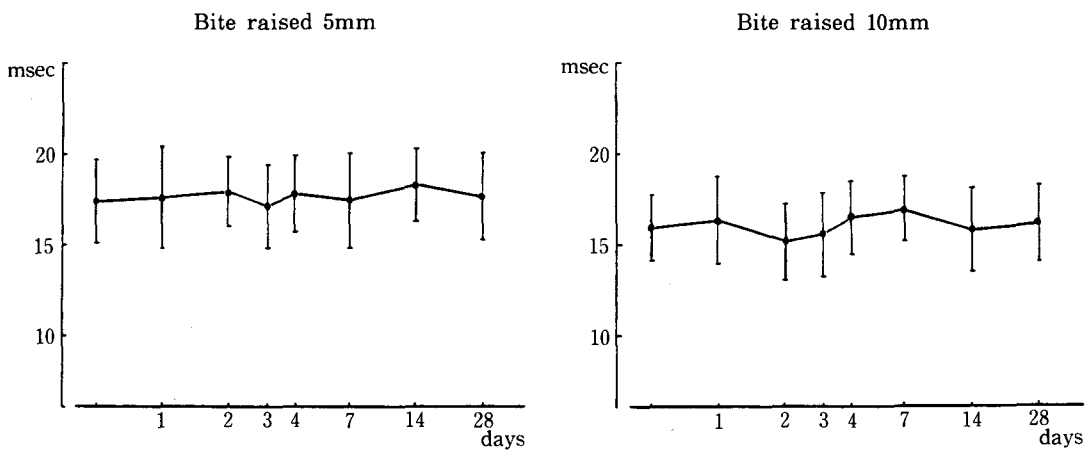


Fig.4 Time lag of onset between temporalis and masseter at mandibular resting position.

Table 5 Peak value of frequency of power spectrum (Hz).

		before bite raising			after bite raising				
Days		1	2	3	4	7	14	28	
A	M	110	100	100	110	105	110	110	105
	T	130	110	120	130	125	130	130	130
	D	140	115	125	140	140	135	140	140
B	M	120	90	95	100	115	110	115	115
	T	135	105	125	125	135	130	135	130
	D	145	100	110	125	145	140	145	145

A : Bite raised 5mm B : Bite raised 10mm
 M : masseter T : temporalis D : digastricus

て、本来の安静位が障害され、筋は姿勢の制御のため、一時的に緊張状態を示すようになった結果と考えられる。このことは次の2点で説明される。その第1点は、power spectrumのピー

クが低周波帯へと移行することである。第2点は、等尺性筋収縮時に spike 放電の頻度が増加しても筋収縮力の増加が認められないことである。これらのことは、筋活動に参加するNMU

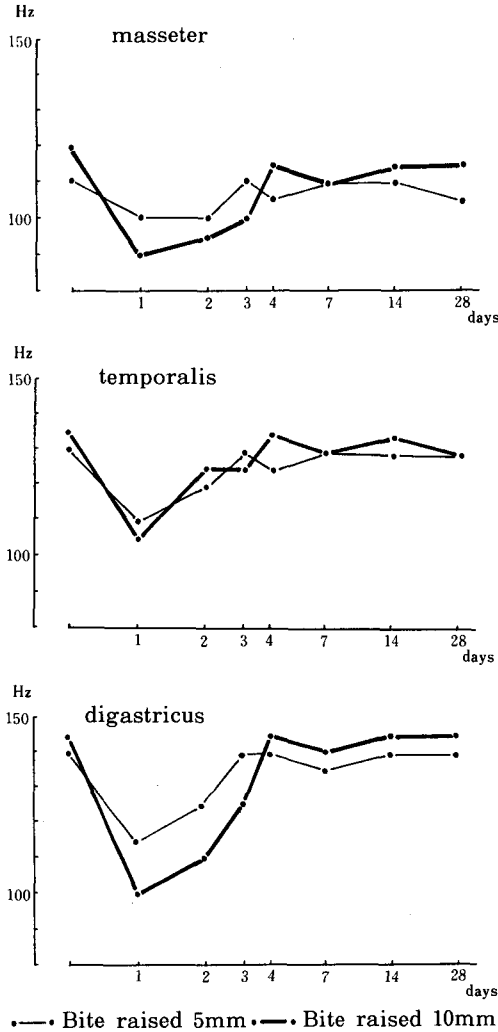


Fig.5 Peak value of frequency of power spectrum.

の同期が減少したためと解釈される。Pallaら¹⁾は、ヒト咀嚼筋の疲労はEMG上ではpower spectrumのピークの低周波帯への移行として見られることを報告している。本実験によって得られた同様の所見は、咬合位の変化が一定期間継続したことによって生じられたとみられる咀嚼筋群の一時的な疲労現象として捉えることができよう。

また、一般に、顎下腹筋は tonic muscle としての性格が強く、持続的な興奮に耐え得る性質を有している。しかし、顎間距離増加後、咬筋や側頭筋と同様、一時異常な興奮を示してお

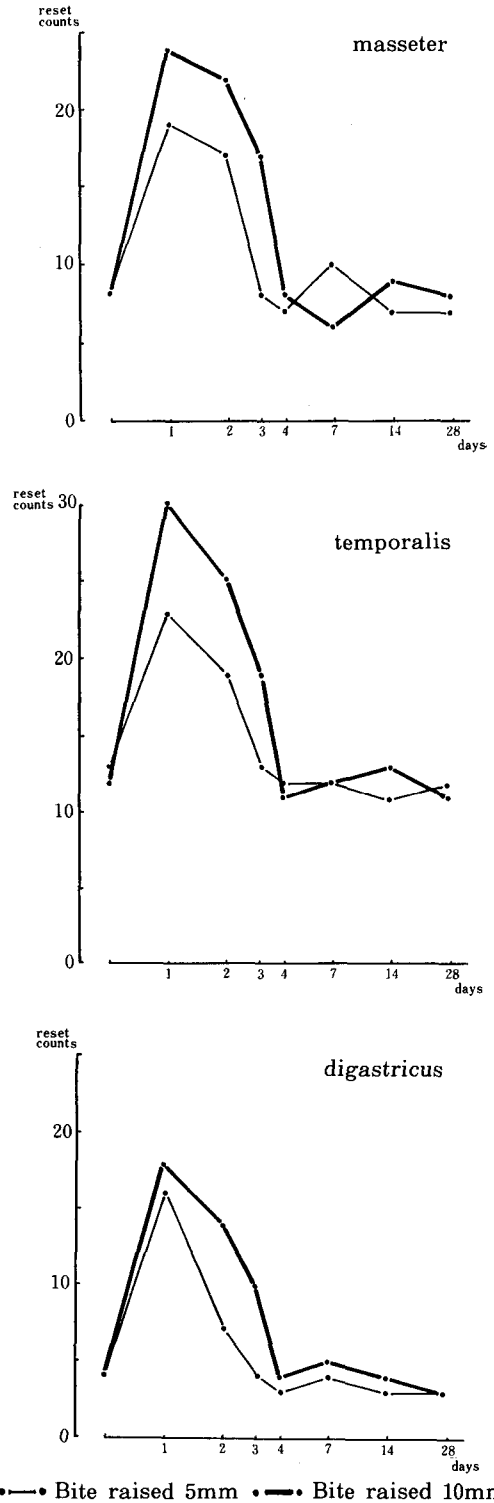


Fig.6 Reset count of integrated EMG at isometric contraction.

Table 6 Reset count of integrated EMG at isometric contraction.

		before bite raising			after bite raising				
Days		1	2	3	4	7	14	28	
A	M	8	19	17	8	7	10	7	7
	T	13	23	19	13	12	12	11	12
	D	4	14	7	4	3	4	3	3
B	M	8	24	22	17	8	6	9	8
	T	12	30	25	19	11	12	13	11
	D	4	18	14	10	4	5	4	3

A : Bite raised 5mm B : Bite raised 10mm
 M : masseter T : temporalis D : digastricus

り、これは power spectrum のピークの低周波帯への移行として捉えることができた。このことは次のように考えられる。すなわち、顎間距離増加装置によって、下顎は新たな安静位を強制されるが、これは、下顎の位置を一定に維持するため、閉口筋より開口筋に大きく負担のかかる状態と考えられる。その結果、顎二腹筋の興奮が高まったものと推察される。

以上述べてきたような筋電図にみられる筋群の著しい興奮を示す現象は顎間距離を増加させた後3~4日の間に消失していた。このような短期間に生じる興奮状態の消退についての知見はあまり知られてはいない。しかし、神経筋系の機能を制御する反射系の面から考えると、この現象は、刺激に対する興奮性が急速に平衡状態に達したため生じたこととも考えられる。その順応の速度は、開咬度5mmと10mmの差からみると、咬合の変化量が大きいものに順応期間が延長し現われると考えられる。

一方、実験的に咬合挙上を行った花岡²⁾、北村ら³⁾は組織学的研究から、筋組織が回復するには3カ月から6カ月が必要であると報告している。また、臨床的にも、下顎骨後退手術にみられる咀嚼筋群の調和のとれた動作の獲得にはさらに長期間(6~12カ月)を必要とすること等⁴⁾から、反射系に限ってみるとその順応はかなり早い時期に獲得されるものと考えられる。

この順応の時間差については、今後、誘発筋

電図法、筋の機能量、あるいは組織学的な面からなお検討してゆく必要がある。

結 論

本実験では、5mm、10mmの2種類の顎間距離増加後の筋電図上に現れる変化として、

a) 筋電図 burst の頻度、b) 筋電図 burst の持続時間、c) 筋電図の power spectrum 分析、d) 等尺性筋収縮時の積分筋電図、等の4項目について調べた。

その結果各々の項目について、顎間距離増加後、3~4日間という短期間で筋機能は処置前の状態に回復し、神経筋系の順応は比較的短期間で獲得されることがわかった。

また、5mmの例に比較して10mmの例では筋機能の変化量が大きいことから、順応速度は、変化量に対応し、変化量が大きくなると順応は遅くなるものと考えられた。

本研究は、昭和59、60年度科学研究費補助金一般研究C(課題番号59570872)を受けて行ったものである。

Abstract : The purpose of this study is to clarify the adaptation mechanism of the muscle function when the bite raised 5 and 10mm.

Changes in the muscle function of the masseter, temporal and digastric muscle of an adult dog was examined by electromyogram (EMG). EMG was recorded using simultaneous surface electrodes, at intervals of 1, 2, 3, 4, 7, 14 and 28 days. Analysis of an EMG was used to determine the duration and frequency of bursts, power spectrum and integrated EMG.

Muscle spasms occurring due to raising the bite were observed when the mandibular was in a resting position. However, when the bite was raised 5mm, the spasms decreased within 3 days. A similar phenomena was observed within 4 days when the bite was raised 10mm.

These EMGs showed an increased frequency and a shortened duration of the spasms. The peak value of the power spectrum shifted to the low band, and muscle excitation increased at the isometric contraction when the mandibular was pulled down against the biting force.

From the view point of these findings, it is suggested that the adaptation of both the mandibular reflex and the myoneural system takes place in a comparatively short time.

文 献

- 1) Palla, S. and Ash, M. M. Jr. : Power spectral analysis of the surface electromyogram of human jaw muscles during fatigue. *Archs Oral Biol.* 26 : 547-553, 1981.
- 2) 花岡 宏 : 咬合挙上時の閉口筋の順応性についての実験的研究, 九州歯会誌, 25 : 71-85, 1971.
- 3) 永山純一郎 : 顎間距離増大後の咬筋の順応性に関する電子顕微鏡的研究, 九州歯会誌, 34 : 336-354, 1980.
- 4) 三浦廣行, 大沢俊明, 亀谷哲也, 石川富士郎 : 外科処置を行った反対咬合症例の筋活動の順応性に関する研究, 日矯歯誌, 41 : 778-779, 1982.