実験的早期接触付与による咀嚼筋 EMG の経時的変化

恒松 克己

Short-term Changes of EMG of the Masticatory Muscles due to Wearing an Experimental Prematurity

Katsumi Tsunematsu

緒 言

咀嚼運動系はフィードバック環を介して末梢からの情報によって調整¹⁻⁹⁾され、歯根周囲にある機械的受容器は外来刺激の量や方向の変化に対して特異な反応を示す^{2,9-11)}ことが実験的に明らかにされている。したがって、もし早期接触が存在すると、健全な咀嚼運動系の機能は歪められ、その度合は早期接触の量や種類によって異なると考えられる。

一方、早期接触および咬合干渉は咬合性外傷¹²⁻¹⁶⁾や咬合病¹⁷⁻²²⁾を誘起する局所因子の一つと考えられ、臨床的にその為害性が重要視されている。小川²³⁾は軽く咬みしめた時、被検者がかろうじてその存在を認知しうる厚さ 45~75 μm の咬合干渉装置を付与した。彼は干渉付与後の tapping 運動時の咀嚼筋 EMG burst の時間的要素の経時的変化を解析し、干渉付与後、干渉側側頭筋後部の EMG burst の silent period (歯牙接触時点に近い)より前の部分すなわち DPSP が延長したと報告した。さらに、関根²⁴⁾は咬合接触時に下顎を側方へ誘導する要素の強い H 型早期接触および上下の偏位要素の強い V 型早期接触をそれぞれ 5 名の被検者の片側下顎臼歯に付与した。彼は、早期接触付与後の DPSP の延長は両被検者群に共通して認められる現象であるが、burst の歯牙接触より後の部分、すなわち DOSP の短縮は H 型群のみにみられた特異な反応であったと報告し、これは 1 種の生体防御反応であろうと示唆した。しかし彼らの実験^{23,24)}では主に tapping 運動時の EMG burst の時間

的要素を分析の対象としたため、機能運動時に歯牙に加わる力の大きさを類推することは出来なかった。また、もし DOSP の短縮が防御反応であるとするれば、EMG burst の当該部の積分値も H 型早期接触付与後、減少しているのではないかということも咀嚼系の反応を知るのに興味ある問題である。

本実験は、このような観点から早期接触付与前後の咀嚼筋 EMG の変化を、主にその積分値をパラメータとして解析し、併せて関根論文²⁴⁾を補遺することを目的として計画したものである。

実験方法

被検者、付与した早期接触の種類および実験期日は、関根が行った方法²⁴⁾と同一である。

すなわち、被検者の条件としてつぎの 2 つの条件を設けた。第 1 に歯牙の欠損や大きな修復物がなく、自覚的に健全と思われる咀嚼機能を営んでいること、第 2 に咬合時の臼歯部歯牙接触が Fig. 1 左上段に示したように、上下歯牙の正常な嵌合状態を有するか (以後関根にならって、これを V 型被検者と呼ぶ)、あるいは全歯列弓のうち、1 側の下顎臼歯 1 ないし 2 歯が舌側傾斜し、Fig. 1 右上段に示したように、当該歯の頰側咬頭頰側斜面と対合歯の舌側咬頭舌側斜面とが咬合接触している (以後 H 型被検者と呼ぶ) かのいずれかであることである。

これらの被検者に当該歯をとりまく環状の維持部をもつ Co-Cr 製の早期接触装置 (Fig. 1-bottom) をセメント装着した。その結果、装置装着後、閉口時に V 型被検者では、下顎位は主に垂直的に規制され、一方、H 型被検者では下顎を水平的に誘導する要素が強いと考えられる。なお、装置の重さは平均 0.73 gm (0.53~0.84 gm) で、干渉部の厚さは関根の報告²⁴⁾によると、強く咬みし

大阪歯科大学歯科補綴学第 3 講座 (主任: 三谷春保教授)
The Third Department of Prosthodontics, Osaka Dental
University (Director: Prof. Haruyasu Mitani)
昭和 58 年 4 月 15 日受付

Fig. 1 Occlusal relationships of two types of subject before (top) and after (lower) wearing vertical (left) or horizontal (right) prematurity causing a ring made of Co-Cr alloy (shadowed). V-type subjects have normal intercusp relation, while in H-type subjects their one- or two-lower (pre-) molar on the one side inclines lingually

めた時、被検者が装置の存在を明らかに認知しうる程度で平均 114 μm であった。また、V型およびH型群の被検者数、年齢は Table 1 に示すとおりで、いずれも MPD 症候群などの病歴はなかった。

実験期日は control として装置装着直前、および同直後、2 日後、1 週間および 2 週間後の計 5 回である。各実験日ごとに Tapping 運動および軟くなったガムの咀嚼をさせ、当該負荷運動時の両側咬筋浅部中央 (Mm) と側頭筋後部 (Tp) の表面 EMG を従来から教室で行っている方法で記録、再生した。

分析の対象とした 4 被検筋の EMG パラメータは、tapping 時の burst 積分電位を silent period で前後に 2 分した APSP, AOSP およびガム咀嚼時の burst の積分値と持続時間の平均値とその変動 (CV) である (Fig. 2)。

Table 1 Subject's presentation

	No. of subjects	Age in years	History of MPD
V-group	5	24 - 33	—
H-group	5	23 - 33	—

Fig. 2 Parameters measured in EMG recordings. APSP : activity preceding silent period, AOSP : activity outlasting silent period and Inte. EMG : integrated EMG

なお、各パラメータは小川²³⁾および関根²⁴⁾の報告にもとづいて、データの主要変動因子として、被検者群 (A)、被検筋 (M) および実験期日 (T) を設定し、下記のモデルを用いて統計的に解析した。

$$Y = \mu + A(i) + e_1 + M'(j) + \dots + e_2 + T(k) \dots \dots + e_3$$

ただし Y : mean
 μ : general level
 A : groups ($i = 1 \sim 2$)
 M : muscles ($j = 1 \sim 4$)
 T : sessions ($k = 1 \sim 5$)

実験結果

1. tapping 運動時の EMG

1) APSP

V型およびH型早期接触付与が APSP におよぼす影響を分析し、その結果を Table 2 に示した。

Table 2 から APSP は被検筋によって (factor M, $P < 0.025$), また APSP の経時的消長は被検者群 (付与した早期接触の種類) によって (factor $A \times T$, $P < 0.001$) 異なることが分かった。そこで、これらの両因子の効果を Table 3 および Fig. 3 に要約した。

まず各被検筋の APSP をみると、早期接触付与側および対側の Tp と Mm の APSP の平均値はそれぞれ 6.06 μVsec , 5.37 μVsec , 4.27 μVsec および 4.50 μVsec で、APSP については Mm より Tp の方が優勢で、特に早期接触付与側 Tp 当該値は両側 Mm より有意に大きかった。しかし早期接触付与側と対側同名筋間に有意差は

Table 2 Results of the analysis of variance (ANOVAR) for APSP. SV : source of variation, SS : sum of squares, df : degrees of freedom, MS : mean of square, F : variance ratio (F values), P : probability of the null hypothesis (P values), ρ : effects of the factors on the variations in per cent and e' : pooled error

$(\mu Vsec)$						
SV	SS	df	MS	F'	P'	$\rho(\%)$
Groups(A)	95.31	1	95.31	1.1021	<0.40	5.58
error ₁ (e_1)	691.87	8	86.48	28.0703	<0.001	40.41
Muscles(M)	101.86	3	33.95	4.5790	<0.025	5.61
A $\times$ M	(16.26)	(3)	(5.42)			
e_2	(183.94)	(24)	(7.66)			
e_2'	200.21	27	7.41	2.4068	<0.01	7.08
Sessions(T)	18.22	4	4.55	1.4784	<0.02	0.35
A $\times$ T	75.03	4	18.75	6.0886	<0.001	3.79
M $\times$ T	(19.13)	(12)	(1.59)			
A $\times$ M $\times$ T	(22.36)	(12)	(1.86)			
e_3	(426.81)	(128)	(3.33)			
e_3'	468.31	152	3.08			37.18
total	1650.83	199				100.00

Fig. 3 APSP. Significant factors in Table 2 are illustrated. C, 0, 2, 7 and 14 on the abscissa : before (control), immediately after (0), 2, 7, and 14 days after wearing premature contact. Vertical bars show 95% confidence interval

認められなかった (Table 3-bottom, Fig. 3-left).

つぎに両群 APSP の経時的消長 (factor A $\times$ T) に検討を加えた (Table 3-top, Fig. 3-right).

H 型群の APSP は装置装着直後平均 5.27 $\mu Vsec$ で同直前の control 値 4.98 $\mu Vsec$ との間に有意差は認められなかった。しかし、装置装着 2 日後の当該値は 7.37

Table 3 Means and confidence limits at 95% level of APSP. Session I to V : before and immediately after, 2, 7, and 14 days after wearing premature contact (p.c.). P.C. and Cont. sides : p.c. wearing and contralateral sides. Tp and Mm : the posterior portion of the temporal and masseter muscles

$(\mu Vsec)$						
Sessions(T)	I	II	III	IV	V	mean
Groups(A)						
V	4.36	4.46	3.66	4.77	4.54	4.36
H	4.98	5.27	7.37	5.07	5.99	5.74
mean	4.67	4.86	5.51	4.92	5.26	5.05

Muscles(M)	P.C. side	Cont. side
	Tp Mm	Mm Tp
	6.06 4.27	4.50 5.37

confidence limits at 95% $\overline{A_i T_k} : \pm 0.73$ $\overline{T_k} : \pm 0.54$
 $\overline{M_j} : \pm 0.78$

$\mu Vsec$ と有意に増大, 同 7 日後に減少したものの同 14 日後には 5.99 $\mu Vsec$ と再び増加して control 値より有意に大きな値となり, 同群では装置装着後 14 日後でもなおその影響が残っていることがうかがえた。

Table 4 ANOVAR for coefficient of variation (CV) of APSP

SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	1007	1	1007	2.8119	<0.30	2.83
error ₁ (e ₁)	2865	8	359	2.8853	<0.01	6.00
Muscles(M)	865	3	289	2.3207	<0.10	1.57
A × M	866	3	289	2.3252	<0.10	1.58
e ₂	(4367)	(24)	(182)			
Sessions(T)	1522	4	381	3.0642	<0.025	3.28
A × M	2188	4	547	4.4057	<0.01	5.42
M × T	(571)	(12)	(48)			
A × M × T	(736)	(12)	(62)			
e ₃	(16172)	(128)	(127)			
e ₃ '	21843	176	125			79.32
total	31153	199				100.00

Table 5 Means and confidence limits at 95% level CV of APSP

Groups(A)	Sessions(T)					
	I	II	III	IV	V	mean
V	24.05	28.13	38.23	25.02	29.57	29.00
H	22.44	30.94	21.40	22.72	25.06	24.51
mean	23.24	29.53	29.81	23.87	27.31	26.75

confidence limits at 95% $A_i T_k: \pm 4.68$ $T_k: \pm 3.48$

Fig. 4 CV of APSP. Significant factor in Table 4 is illustrated

一方、V型群では装置装着2日後 APSP がやや減少する傾向がみられたものの、全実験期日を通じて有意な変化は認められなかった。これらのことから両群の APSP は対照的な経時的消長を示し、各群の特徴は装置装着2日後に特に顕著であることが明らかとなった (Fig. 3-

right).

APSP の変動 (CV) をパラメータにした場合 (Table 4), 早期接触の付与はその経時的消長に有意な影響を与え (factor T, $P < 0.025$), さらにその様相は付与した早期接触の種類によって異なる (factor $A \times T$, $P < 0.01$) ことが分かった。

Table 5 に APSP の CV 値とその信頼限界を実験期日ごとに示し、Fig. 4 に両群の経時的消長を図解した。APSP の CV 値は早期接触付与直後に増大する傾向が認められた。この傾向は特に H 型群に顕著で、装置装着直前 (control) 22.44% であった当該値は同直後には 30.94% と control 値より有意に大きい値となった (Table 5)。

装置装着2日後には、V型群では同直後よりさらに高い値 (38.23%) を示したのに対し、H型群では逆に減少 (21.40%) して装置装着直前の control レベルに還元し、CV 値の経時的消長は付与した早期接触の種類によって異なることが明らかとなった (Fig. 4)。

なお、装置装着7日後にはV型群の当該値も、control

Table 6 ANOVAR for AOSP

(μ Vsec)						
SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	(106.33)	(1)	(106.33)			
error ₁ (e ₁)	(3876.52)	(8)	(484.56)			
e ₁ '	3982.85	9	442.54	26.0127	<0.001	50.34
Muscles(M)	60.50	3	20.16	1.1853	<0.40	0.12
A $\times$ M	(28.86)	(3)	(9.62)			
e ₂	(533.02)	(24)	(22.21)			
Sessions(T)	78.93	4	19.73	1.1599	<0.40	0.14
A $\times$ T	439.20	4	109.80	6.4541	<0.001	4.87
M $\times$ T	(74.35)	(12)	(6.19)			
A $\times$ M $\times$ T	(39.67)	(12)	(3.30)			
e ₃	(2369.30)	(128)	(18.51)			
e ₃ '	3045.22	179	17.01			44.53
total	7606.72	199				100.00

Table 7 Means and confidence limits at 95% level of AOSP

(μVsec)							
Groups(A)	Sessions(T)	I	II	III	IV	V	mean
V		8.88	7.29	7.72	10.16	11.51	9.11
H		10.46	7.92	8.32	5.72	5.84	7.65
mean		9.67	7.60	8.02	7.94	8.67	8.38

confidence limits at 95% $A_iT_k: \pm 1.28$

レベルに減少，以後同 14 日後の両群の CV 値にも有意な変動は認められなかった (Table 5, Fig. 4).

2) AOSP

AOSP に関する変動源のうち，誤差因子以外で有効な効果をもつ因子は A $\times$ T 交互作用のみであった (Table 6, $P < 0.001$).

そこで，Table 7 および Fig. 5 に各群の AOSP の経時的変化を要約した。H 型群 AOSP は装置装着直前 10.46 μ Vsec であったが，同直後には 7.92 μ Vsec と有意に減少，同 7 日後および 14 日後にはさらに小さい値 (約 6 μ Vsec) となった (Table 7)。一方，V 型群の AOSP は装置装着直後 (7.29 μ Vsec) には H 型群と同様やや減少がみられたものの，control 値 (8.88 μ Vsec) との間に有意な差はなかった。しかし，装置装着 2 日後 V 型群の AOSP は H 型群とは逆に漸増し，同 7 日後 (10.16 μ Vsec) には同直後および同 2 日後の当該値より，同 14 日後 (11.51 μ Vsec) にはさらに control 値より有意に

Fig. 5 AOSP. Significant factor in Table 6 is illustrated

大きい値となり (Table 7)，両群の AOSP は装置装着 7 日後きわめて対照的な経時的変化を示すことが明らかとなった (Fig. 5)。

AOSP の変動 (CV) をパラメータとした場合 (Table

Table 8 ANOVAR for CV of AOSP

(%)						
SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	(2)	(1)	(2)			
error ₁ (e ₁)	(5353)	(8)	(670)			
e ₁ '	5355	9	595	7.3344	<0.001	19.38
Muscles(M)	1690	3	564	4.2655	<0.01	6.05
A × M	(101)	(3)	(34)			
e ₂	(3464)	(24)	(145)			
e ₂ '	3564	27	132	1.6271	<0.05	5.75
Sessions(T)	598	4	150	1.8411	<0.20	1.14
A × T	(198)	(4)	(50)			
M × T	(546)	(12)	(46)			
A × M × T	(519)	(12)	(44)			
e ₃	(11394)	(128)	(90)			
e ₃ '	12655	156	82			67.68
total	23859	199				100.00

Table 9 Means and confidence limits at 95% level of CV of AOSP

Muscles(M)	%				mean
	P.C. side Tp	Mm	Cont. side Mm	Tp	
	26.12	31.88	32.45	26.64	29.27

confidence limits at 95% $\bar{M}_j: \pm 3.33$

8), 有意な変動因子は被検筋 (factor M, $P < 0.01$) のみで, 当該パラメータの早期接触付与前後における経時的変化の様相を示す 3 次誤差 (e₃) に関連した変動源のうち最も大きい変動をもつ因子でもその寄与率 ρ は 1.14 % (factor T, $P < 0.20$) にすぎなかった. なお, Mm および Tp の AOSP の CV 値はそれぞれ約 32% および 26% で, Mm の当該値は Tp に比べて有意に大きいことが分かった (Table 9).

2. ガム咀嚼時の EMG

1) burst の duration

早期接触付与側および対側 (非付与側) で任意にガムを咀嚼させたときの EMG burst の duration を分析して, Tables 10, 11 に要約した.

その結果, 早期接触付与前後の burst duration は咀嚼側に関係なく経時的に有意な変化を示し (factor T, $P < 0.025$), しかも V 型群と H 型群とでは経時的変化の

Fig. 6 Duration of EMG burst in the p.c. side chewing of a chewing gum. Significant factor in Table 10 is illustrated

様相が異なる (factor A × T, $P < 0.001$, Tables 10, 11) ことが, また対側で咀嚼したときには被検筋間にも差がある (factor M, $P < 0.001$, Table 11) ことが分かった. そこで, これらの有意な因子の平均値とその 95% 信頼限界を Tables 12, 13 に示し, 早期接触付与側で咀嚼した時の被検者群-実験期日間の交互作用 (factor A × T) の効果を Fig. 6 に図解した.

早期接触付与側でガムを咀嚼したとき, 装置装着直前 (control) の burst duration は V 型および H 型群ともに近似し, 平均 383 msec であった.

Table 10 ANOVAR for duration of EMG burst in the p.c. side chewing of a chewing gum

(1/5 msec)

SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	3952	1	3952	1.3727	<0.40	7.03
error ₁ (e ₁)	23030	8	2879	33.1494	<0.001	40.62
Muscles(M)	1484	3	495	1.9162	<0.30	2.22
A×M	955	3	319	1.2330	<0.20	1.26
e ₂	6194	24	259	2.9716	<0.025	7.47
Sessions(T)	1415	4	354	4.0736	<0.025	1.94
A×T	4748	4	1187	13.6664	<0.001	8.00
M×T	(577)	(12)	(49)			
A×M×T	(379)	(12)	(32)			
e ₃	(12245)	(128)	(96)			
e ₃ '	13200	152	87			31.46
total	54974	199				100.00

Table 11 ANOVAR for duration of EMG burst in the contralateral side chewing of a chewing gum

(1/5 msec)

SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	7045	1	7045	1.4813	<0.40	9.19
error ₁ (e ₁)	38046	8	4756	40.7803	<0.001	49.26
Muscles(M)	3997	3	1333	11.4244	<0.001	4.84
A×M	471	3	157	1.3453	<0.30	0.16
e ₂	(4431)	(24)	(185)			
Sessions(T)	2247	4	562	4.8154	<0.025	2.36
A×T	3008	4	752	6.4471	<0.001	3.37
M×T	(465)	(12)	(39)			
A×M×T	(414)	(12)	(35)			
e ₃	(15217)	(128)	(119)			
e ₃ '	20526	176	117			30.82
total	75337	199				100.00

Table 12 Means and confidence limits at 95% level of burst duration in the p.c. side chewing

(msec)

Groups(A)	Sessions(T)	I	II	III	IV	V	mean
V		382.00	384.25	423.25	412.75	375.75	395.60
H		384.25	397.25	304.75	338.25	331.25	351.15
mean		383.12	390.75	364.00	375.50	353.50	373.37

confidence limits at 95% $\overline{A_i T_k} : \pm 19.96$ $\overline{T_k} : \pm 14.56$

Table 13 Means and confidence limits at 95% level of burst duration in the contralateral side chewing

		(msec)					
Groups(A)	Sessions(T)	I	II	III	IV	V	mean
V		385.00	411.25	426.50	410.25	386.25	403.85
H		377.75	391.25	311.25	331.00	315.25	345.30
mean		381.37	401.25	368.87	370.62	350.75	374.57

Muscles(M)	P.C. side		Cont. side	
	Tp	Mm	Mm	Tp
	343.00	372.00	379.10	405.80

confidence limits at 95% $\overline{A/T_k} : \pm 22.64$ $\overline{T_k} : \pm 16.87$ $\overline{M_j} : \pm 15.09$

Fig. 7 Duration of EMG burst in the contralateral side chewing of a chewing gum. Significant factors in Table 11 are illustrated

装置装着直後には当該値はやや延長する傾向があるものの(平均 390 msec), control との間には有意な差は認められなかった (Table 12).

しかし, 装置装着 2 日後の当該値の変化の様相は被検者群によって明らかに異なることが観察された (Table 12, Fig. 6). すなわち, V 型群では装置装着 2 日および同 7 日後の当該値は control 値に比べ有意に延長してそれぞれ 423 msec および 412 msec であったが, 同 14 日後には 375 msec と control レベルまで短縮した. 一方, H 型群では, V 型群とは逆に, 装置装着 2 日後の当該値は 304 msec で control 値に比べて有意に短縮, 装置装着 7 日および 14 日後やや延長したものの(それぞれ 338 msec および 331 msec) control 値よりも短く, 装置装着 2 日後の両群の当該値間に有意な差があることが明らかとなった (Fig. 6).

なお, 対側で咀嚼したときには, 両群の burst dura-

tion の経時的消長 (Table 13-top, Fig. 7-right) は前述した早期接触付与側で咀嚼したときに観察したパターン (Fig. 6) にきわめて類似していた. また, 作業側 Tp (405 msec) の duration は両側 Mm (379~372 msec) を含めた他の被検筋の当該値より有意に長く, 非作業側 Tp の duration (343 msec) は他の 3 被検筋の当該値より有意に短いことも分かった (Table 13-bottom, Fig. 7-left).

2) burst の積分値

早期接触付与側および対側でガムを咀嚼したときの burst 積分値を分析した. その結果 burst 積分値に有意な影響を及ぼす変動因子は咀嚼側に関係なく, 被検筋 (factor M, $P < 0.025$, Tables 14, 15) および被検者群-実験期間の交互作用 (factor $A \times T$, $P < 0.001$, Tables 14, 15) のみであった. そこで Tables 16, 17 および Figs. 8, 9 にこれら有意な変動因子の平均値と 95% 信

Table 14 ANOVAR for burst activity in the p.c. side chewing of a chewing gum
(μVsec)

SV	SS	df	MS	F'	P'	$\rho(\%)$
Groups(A)	(11.05)	(1)	(11.05)			
error ₁ (e ₁)	(8267.80)	(8)	(1033.47)			
e ₁ '	8278.85	9	919.87	32.0974	<0.001	44.68
Muscles(M)	1313.08	3	437.69	3.8116	<0.025	6.83
A×M	386.06	3	128.69	1.1206	<0.40	1.67
e ₂	2755.94	24	114.83	4.0068	<0.001	11.52
Sessions(T)	(117.68)	(4)	(29.42)			
A×T	746.05	4	186.51	6.5080	<0.001	3.51
M×T	(185.91)	(12)	(15.49)			
A×M×T	(184.50)	(12)	(15.37)			
e ₃	(3982.66)	(128)	(31.11)			
e ₃ '	4470.76	156	28.65			31.79
total	17950.77	199				100.00

Table 15 ANOVAR for burst activity in the contralateral side chewing of a chewing gum
(μVsec)

SV	SS	df	MS	F'	P'	$\rho(\%)$
Groups(A)	(13.11)	(1)	(13.11)			
error ₁ (e ₁)	(10190.26)	(8)	(1273.78)			
e ₁ '	10203.38	9	1133.71	34.9008	<0.001	52.00
Muscles(M)	945.18	3	315.06	4.4606	<0.025	4.44
A×M	(86.05)	(3)	(28.68)			
e ₂	(1821.01)	(24)	(75.87)			
e ₂ '	1907.06	27	70.63	2.1743	<0.025	5.40
Sessions(T)	193.99	4	48.49	1.4930	<0.30	0.33
A×T	870.78	4	217.69	6.7016	<0.001	3.88
M×T	(190.54)	(12)	(15.87)			
A×M×T	(226.73)	(12)	(18.89)			
e ₃	(4520.25)	(128)	(35.31)			
e ₃ '	4937.53	152	32.48			33.95
total	19057.94	199				100.00

頼限界を要約した。

Figs. 8 および 9 から、V 型および H 型群の burst 積分値の経時的消長は前述した AOSP の経時的消長のパターン (Fig. 5) にきわめて類似し、その基本的な様相は咀嚼側を変えてもほとんど変化しないことが分かった。

すなわち、H 型群では control 時 (装置装着直前) 約

20 μVsec であった burst 積分値は装置装着後から同 2 日後まで漸減し、同時期における当該値は、早期接触付与側咀嚼時 16.50 μVsec 、対側咀嚼時 14.81 μVsec で control 値より有意に小さく (Tables 16, 17, Figs. 8, 9), 以後装置装着 14 日後までほとんど変化しなかった。

一方、V 型群の burst 積分値は、装置装着 2 日から同 7 日後にかけて、逆に漸増した。その結果、同群の装置

Table 16 Means and confidence limits at 95% level of burst activity in the p.c. side chewing
(μVsec)

Groups(A)	Sessions(T)	I	II	III	IV	V	mean
V		18.36	17.10	18.10	20.68	20.36	18.92
H		20.42	19.45	16.50	15.29	16.60	17.65
mean		19.39	18.27	17.30	17.98	18.48	18.28
Muscles(M)		P.C. side Tp Mm		Cont. side Mm Tp			
		18.09 22.49		15.79 16.76			

confidence limits at 95% $\overline{A/T}_k: \pm 1.67$ $\overline{M}_j: \pm 3.12$ **Table 17** Means and confidence limits at 95% level of burst activity in the contralateral side chewing
(μVsec)

Groups(A)	Sessions(T)	I	II	III	IV	V	mean
V		18.32	15.79	19.60	22.50	21.84	19.61
H		20.69	18.54	14.81	15.66	15.91	17.12
mean		19.50	17.16	17.20	19.08	18.87	18.36
Muscles(M)		P.C. side Tp Mm		Cont. side Mm Tp			
		15.53 17.54		21.51 18.89			

confidence limits at 95% $\overline{A/T}_k: \pm 1.78$ $\overline{M}_j: \pm 2.43$ **Fig. 8** Burst activity in the p.c. side chewing of a chewing gum.
Significant factors in Table 14 are illustrated

Fig. 9 Burst activity in the contralateral side chewing of a chewing gum. Significant factors in Table 15 are illustrated

Table 18 ANOVAR for CV of burst activity in the p.c. side chewing of a chewing gum

(%)						
SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	375.73	1	375.73	2.0037	<0.20	4.15
error ₁ (e ₁)	1500.14	8	187.51	6.6643	<0.001	15.24
Muscles(M)	349.39	3	116.46	4.1391	<0.001	3.16
A×M	324.83	3	108.28	3.8482	<0.025	2.87
e ₂	(916.18)	(24)	(38.17)			
Sessions(T)	596.42	4	149.10	5.2991	<0.001	5.78
A×T	265.96	4	66.49	2.3631	<0.10	1.83
M×T	(202.90)	(12)	(16.90)			
A×M×T	(238.15)	(12)	(19.84)			
e ₃	(3594.94)	(128)	(28.08)			
e ₃ '	4952.18	176	28.13			66.97
total	8364.68	199				100.00

装着 7 日以後の EMG 積分値は早期接触付与側で咀嚼したとき (Table 16, Fig. 8) には装置装着直後の、また、対側で咀嚼したとき (Table 17, Fig. 9) には control および装置装着直後の当該値よりそれぞれ有意に大きい値となった。なお、いずれの側で咀嚼しても作業側 Mm の burst 積分値は約 22 μ Vsec で対側 Mm および Tp の当該値より有意に大きな値が得られた (Tables 16, 17 Figs. 8, 9)。

3) burst 積分値の変動 (CV)
burst 積分電位の各ストローク毎の変動 (CV) に検討

を加えた。CV に有意な影響をおよぼす変動因子は、早期接触付与側で咀嚼したとき (Table 18) には被検者群-被検筋間の交互作用 (factor A×M, $P<0.025$) および主因子の被検筋 (factor M, $P<0.001$) および実験期日 (factor T, $P<0.001$) のみで、対側で咀嚼したとき (Table 19) には主因子である被検者群 (factor A, $P<0.01$) および実験期日 (factor T, $P<0.001$) のみであった。

早期接触付与側で咀嚼したとき、CV-coordination pattern は V 型群では平衡側 Mm の CV 値 (20.59%)

Table 19 ANOVAR for CV of burst activity in the contralateral side chewing of a chewing gum

(%)

SV	SS	df	MS	F'	P'	ρ (%)
Groups(A)	1509.58	1	1509.58	12.8448	<0.01	14.15
error ₁ (e ₁)	940.19	8	117.52	4.1154	<0.001	6.80
Muscles(M)	519.07	3	173.02	2.5016	<0.10	4.14
A×M	(42.82)	(3)	(14.27)			
e ₂	(1824.61)	(24)	(76.02)			
e ₂ '	1867.44	27	69.16	2.4219	<0.001	10.48
Sessions(T)	1141.91	4	285.47	9.9967	<0.001	9.82
A×T	(113.33)	(4)	(28.33)			
M×T	370.43	12	30.87	1.0809	<0.20	0.26
A×M×T	(216.80)	(12)	(18.06)			
e ₃	(3782.07)	(128)	(29.54)			
e ₃ '	4112.20	144	28.55			54.35
total	10460.85	199				100.00

Table 20 Means and confidence limits at 95% level of CV of burst activity in the p.c. side chewing

(%)

Sessions (T)	I	II	III	IV	V	mean
	17.23	18.91	16.34	14.34	14.45	16.25

Groups(A)	Muscles(M)	P.C. side		Cont. side		mean
		Tp	Mm	Mm	Tp	
V		16.21	15.87	20.59	17.82	17.62
H		17.49	12.38	14.81	14.85	14.88
mean		16.85	14.12	17.70	16.33	16.25

confidence limits at 95% $\bar{T}_k: \pm 1.65$ $A_i M_j: \pm 1.95$

が他の被検筋より有意に大きい平衡側 Mm 優勢型, H 型群では作業側 Tp 優勢型であった (Table 20-bottom, Fig. 10). 一方, CV 値の経時的変化をみると control 時 17.23% であった CV 値は装置装着直後にはほとんど変化しなかったが, 装置装着 2 日以後同 7 日後まで漸次減少した. その結果, 同 7 日 (14.34%) および 14 日 (14.45%) 後の burst 積分電位の変動 (CV) は装置装着直後の当該値 (18.91%) より有意に小さく, 同時期には装置装着直後に比べてより安定した咀嚼活動を営んでいたことがうかがえた (Table 20-top, Fig. 11).

このような CV 値の経時的消長は対側咀嚼時にさらに明瞭な形となって現れた. すなわち, 対側咀嚼時には装

置装着直後の burst 積分値の CV 値は 20.30% で control 値 (14.02%) より有意に大きかった. 同 2 日後には 16.79% で control 値より大きい値を示したものの, 同直後の当該値と比べると有意に低く, 以後経時的にさらに漸減し, 装置装着 7 日および 14 日後には control レベルにまで低下した (Table 21-top, Fig. 12-right).

なお, V 型群の CV 値は 18.86% で H 型群の当該値 (13.37%) より有意に大きかった (Table 21-bottom, Fig. 12-left)

Fig. 10 CV-coordination pattern of burst activity in the p.c. side chewing, which is significant (factor $A \times M$) in Table 18

Fig. 11 Changes with time in CV of burst activity in the p.c. side chewing, which is significant (factor T) in Table 18

考 察

1. 実験方法

本研究の主目的には、機能時に歯牙に加わる力が早期接触付与によってどのように変化するかを類推し、またその変化の様相が早期接触の種類によって異なるか否かを筋電図学的に解析することである。

機能時に歯牙に負荷される外力を検出する最も直接的な方法は、Anderson ら²⁵⁾が行ったように、当該歯牙の変位やこれに伴う物理的諸現象の検出が可能な pickup を使用することである。しかし、このような方法は咬合力のような統合された運動出力の検索には適していても、

Table 21 Means and confidence limits at 95% level of CV of burst activity in the contralateral side chewing

(%)						
Sessions (T)	I	II	III	IV	V	mean
	14.02	20.30	16.79	15.82	13.63	16.11
Groups(A)	V	H				
	18.86	13.37				
confidence limits at 95% $\overline{T}_k : \pm 1.16$ $\overline{A}_j : \pm 2.49$

Fig. 12 CV of burst activity in the contralateral side chewing. Significant factors in Table 19 are illustrated

統合運動出力の発生源である個々の筋の活動やその協働様式の変化の解析には不向きである。

一方、EMG 積分値と当該筋の仕事量との間には一定の関係が存在することが知られている。

Lippold²⁶⁾ は電極が筋腹または腱上に正しく位置付けられておれば、等尺性条件下では EMG 積分値と筋張力との間には正の直線的比例関係 (相関係数 $+0.93 \sim 0.99$) が存在することを随意運動時のヒトの四肢筋で観察し、三浦²⁷⁾、Garret ら²⁸⁾、Ahlgren²⁹⁾、加藤³⁰⁾ もヒトの咬筋、側頭筋で比例関係を観察している。

等張力性条件下では EMG 積分値と張力の間は何ら一定の関係がないとする報告もあるが (Inman ら³¹⁾)、条件設定をさらに厳密にして筋長の変化の割合 (速度) を一定に保ったときには EMG 積分値と筋に負荷した荷重量との間に、また力 (荷重) を一定にコントロールしたときには EMG 積分値と収縮の速度との間に存在する比

例関係はやはり直線的であることも Bigland ら³²⁾多くの先人³³⁻³⁵⁾によって確認されている。

しかし、このような筋運動量と EMG 積分値との直線的比例関係の存在は健康な筋に関する知見であり、疲労した筋ではこの比例関係は成立しない^{30,36)}。本実験では早期接触付与後どの被検者も“不快感”、“異和感”および“咬合過高”を訴えたが、その程度が著しく強い者は被検者群から除外した(関根²⁴⁾)。また筋の疲労や痛みをはっきりと訴えた被検者もいなかった。

一般に咬合力発現の主働筋は咬筋および内側翼突筋で、側頭筋後部は主として下顎の水平的な位置付け、あるいは位置保持に関与すると考えられている³⁷⁾。しかし、咬合力を強めると側頭筋の EMG 振幅も大きくなること^{29,30)}、および本実験で積分電位分析時の変動因子のうち、被検筋(M)に関連した交互作用(A×M, M×T および A×M×T)に有意性が認められなかったこと(Tables 2, 6, 14, 15)から閉口時に歯牙に負荷される力の大きさを本実験データを用いて類推することは十分可能であると考えられる。

2. 実験結果について

1) APSP

健康な被検者が下顎の tapping 運動をしたとき、上下歯牙の咬合接触から約 13 msec の潜伏で閉口筋 EMG 上に silent period (SP) が発現する^{38,39)}。

本実験で行った空口時の tapping 運動では、上下歯牙が接触するまで閉口筋はその長さを短縮させるのみで筋の張力に変化を与えるような外力が下顎に作用した可能性はほとんどない。また、実験に用いた早期接触装置の平均重量はわずか 0.73 gm ときわめて軽微で、付与した装置の重量が閉口筋の張力に著明な変化を誘起したとも考えられない。これらのことから本実験で記録した各被検筋の APSP は等張力性収縮時における当該筋の仕事量に相当し、おおむね Bigland ら³²⁾のいう力(荷重)を一定に保ったときの仕事量、すなわち筋短縮の速度の関数を表していると考えてよいと思われる。

APSP に関して、本実験では V 型および H 型群ともに control と装置装着直後の当該値との間に注目すべき差は認められなかった。また、H 型群では装置装着 2 日以後(同 7 日後を除く)の当該値は同直前のコントロール値より有意に大きく、一方 V 型群では全実験期日を通じて著明な変化は認められなかった(Table 3, Fig. 3-right)。関根²⁴⁾は同一実験条件下で記録した APSP に対応する burst の時間的要素 DPSP は H 型および V 型群

ともにほぼ類似した経日的変化を示し、いずれの群でも装置装着直後に DPSP が有意に延長したが、同 2 日以後は control レベルにまで復元したと報告している。本実験結果と上述した関根の報告を参考にして求めた APSP の平均電位 (APSP (μ Vsec)/DPSP) からみると、装置装着直後の両群の当該値は control 値より低かったことになる。同様に、H 型群では装置装着 2 日以後(同 7 日後を除く)の平均電位は control 値より高かったことも容易に推定しうる。したがって、tapping 運動時の閉口相の運動速度は装置装着直後には H 型および V 型群ともに control 時より減少し、装置装着 2 日以後は V 型群ではほぼ control レベルにまで復元したのに対し、H 型群では逆に閉口速度が増大し、結果として同群では装置装着 2 日以後 tapping 時に当該歯に負荷されるインパクトは少なくとも control 時より大きかったと推察される。

なお、Tp の APSP は Mm の当該値より有意に大きかった(Tables 2, 3, Fig. 3-left)。APSP が閉口相のうち、下顎の位置付けに関与する部分の burst 積分値に相当することから、この結果は Tp が下顎の位置決めに重要な役割を果しているという先人の報告³⁷⁾とよく一致すると考えられる。

APSP の変動 (CV) は H 型群では装置装着直後、V 型群では同 2 日後いずれも control 値より増大し、その後 control レベルに復元したが、装置装着による影響は V 型群の方が強く、かつ長期間持続した(Tables 4, 5, Fig. 4)。関根²⁴⁾は装置装着後“高すぎる”“咀嚼困難”および“不快感”などはいずれも H 型群より V 型群の方が強く、なかでも、“高すぎる”および“咀嚼困難”に関する訴えは V 型群の方が長期間持続したと報告している。APSP の変動の大小は tapping 時における下顎の位置付けの難易度あるいは与えられた環境の中で最適な咬合接触位置を習得する学習過程を示しているとも考えられ²³⁾この観点から本実験結果と関根の感覚的影響に関する報告²⁴⁾との一致はきわめて興味深い。

2) AOSP およびガム咀嚼時の EMG 積分値

AOSP は tapping 運動時の EMG burst のうち歯牙接触時点以後の電位の積分値に相当する。したがって、AOSP の成分の大部分は等尺性収縮下における筋活動量を現していると考えられ、Lippold らの報告²⁶⁻³⁰⁾を準用すれば筋の張力すなわち咬合力と比例する。

本実験では H 型群の AOSP は装置装着により有意に低下した。一方、V 型群では装置装着直後やや減少傾向をみたものの、同 2 日以後、H 型群とは逆に漸増した

(Tables 6, 7, Fig. 5). 試みに関根の成績²⁴⁾を参考に、両群の AOSP の平均電位を装置装着直前から同 14 日後まで順に概算すると、H 型群では 55 μ V, 52 μ V, 47 μ V, 36 μ V, 44 μ V, V 型群では 41 μ V, 34 μ V, 38 μ V, 45 μ V, 50 μ V となり、平均電位からみても上述した EMG 積分値の結果とほぼ一致する経時的推移が得られる。AOSP の項で前述したように、H 型群では tapping 時に歯牙に負荷されるインパクトは早期接触付与によって増大したと推察される。これらのことから、H 型群で観察された装置装着以後の AOSP の減少は刺激 (インパクト) の増大に対する触・圧受容器を介した⁴⁰⁾一種の生体防御反応であると考えるのが最も理解しやすい。

ガム咀嚼時の EMG 積分値 (Figs. 8, 9) および duration を参考にして求めた平均電位の経時変化の主要な特徴は、咀嚼側を変えてもほとんど影響をうけず、その基本的パターンは tapping 時の AOSP の変化 (Fig. 5) に酷似していた。Anderson ら²⁵⁾は 0.5 mm の厚さをもつ V 型と推定される圧測定装置付きの早期接触を付与し、パン咀嚼時に当該歯に加わる咀嚼圧 (正常時の 0.75~2 倍) が同条件下で計算した理論予測値 (正常値の 6 倍) よりはるかに低かったことから、咀嚼系には力の制御機構が存在すること、および潜在的に歯周組織に強い破壊力をもつといわれる水平力が負荷されたときにも同様な機構が働くであろうことを示唆した。Anderson らのいう力の制御機構²⁵⁾は明らかに一種の生体防御機構であり、彼らの知見と本実験で得た H 型群の分析結果とはよく一致しているといえる。

しかし、V 型群の AOSP およびガム咀嚼時の EMG 積分値に関しては、早期接触付与直後に当該値がやや減少する傾向がうかがえるものの (Tables 7, 16, 17, Figs. 5, 8, 9), Anderson らの知見²⁵⁾を統計的に追証することはできなかった (いずれも $P > 0.05$)。おそらく、その主要な原因の 1 つとして本実験で用いた早期接触装置の厚さ (平均 114 μ m) が彼らの装置の約 1/5 であったことを指摘しようと思われる。

3. 早期接触の種類とその EMG 的評価

APSP, AOSP およびガム咀嚼時の burst の duration および積分値の分析結果から (Figs. 3~10, 12), 早期接触付与後の咀嚼筋 EMG の経時変化の様相は付与した早期接触の種類に依存していることが明らかとなった。歯牙に側方圧を負荷した場合には、長軸に一致する垂直圧を負荷した場合に比べて圧認知^{10, 11, 41~43)}が低く、刺激される機械的受容器の数も多い⁴⁴⁾ことから、早期接触

装置付与によって誘起される咀嚼筋の EMG 的变化は、V 型群と対比して H 型群により顕著に現れたと考えられる。

従来から、咬合干渉の影響が特定の筋により強く現れ^{9, 23, 45~47)}、その影響をみるには筋活動の規則性を指標にする方法が有効である^{17, 23)}という報告は多い。また、Porritt⁴⁷⁾は上顎の大白歯あるいは小臼歯に咬合干渉を付与した実験を行い、どの歯牙に咬合干渉があるかということよりも、歯牙のどの部位に干渉があるかということの方が筋の収縮パターンの決定により大きい意味をもつであろうと、干渉の種類を明確化することの重要性を示唆した。本実験では burst 積分値の変動の分析結果から、早期接触付与側でガムを咀嚼したときの 4 被検筋の CV-coordination pattern は付与した早期接触の種類によって明らかに異なり、V 型群では平衡側 Mm 優勢型、H 型群では作業側 Tp 優勢型であった ($P < 0.025$, Table 18, Fig. 10)。この結果は、下顎の運動を調節する主働筋は早期接触の種類によって異なることを示唆しており、咬合診断学の立場からも、きわめて興味深い知見といえる。なお、早期接触装置の構造の違い (Fig. 1) から、V 型早期接触は平衡側咬合干渉となる頻度が高いが、H 型群では対側ガム咀嚼時に装置と対合歯との咬合接触はほとんど起こりえない。このことと対側咀嚼時の burst CV 値が H 型群より V 型群の方が大きかったこと (Fig. 12-left) とは無関係ではないと考えられる。

早期接触装置装着 2 日以後 H 型群の AOSP は control 値より減少したが、同群の AOSP および V 型群の AOSP および burst 積分値は逆に増大した (Figs. 3, 5, 8, 9)。これらの結果は早期接触に対する咀嚼運動系の反応はきわめて多様で、負荷条件によって生体防御機構が十分に機能しない可能性があることを示唆している。APSP, AOSP および burst 積分値増大の原因を明らかにすることはできないが、H 型群では閉口時に、まず装置と対合歯との間で瞬間的な滑走が起こり、ついで下顎がやや側方に偏位した偏心咬合位に到達するはずである。あるいはその瞬間的な接触、滑走を避けようとしてつつ咬合位に達するという運動経路も考えられる。いずれにしても、このような状況下で通常考えられることは、tapping および咀嚼時に歯牙に加わる負荷 (筋活動量) の減弱であるのに、事実はそうでなかった。したがって、H 型群の APSP 増大の原因として、歯根周囲の圧受容器を介する positive feedback 効果 (Lund and Lamarre⁴⁸⁾) とは別に、本実験条件下では、通常の“衝撃感”をうるために burst onset の早まり²⁴⁾のみでなく、筋収縮の

程度を強めて速度を増す必要があったという可能性も指摘しうるのであろう。V型群の AOSP および burst 積分値の増大も、同様に“tapping 感”および“咀嚼感”の増強という観点から説明できなくはないし、また positive feedback 効果も当然考えられる。

歯牙に対する過重な負荷、特に歯牙を回転^{49,50)}、挺出⁵⁰⁾または、揺り動かす力(jiggling force)¹²⁾を生じる可能性のある側方力の為害性は力学的⁴⁹⁻⁵¹⁾にも組織学的^{12,14)}にも広く認識されている。本研究の結果は、“咬合過高感”および“咀嚼困難感”など早期接触に対する異和感が装置装着2日後にはすでに著しく軽減しているのに²⁴⁾、EMG 的には2日以後にも明らかに早期接触の影響が残って、筋活動量を増大させる傾向があることを示した。このことは早期接触の為害性を力学的および組織学的観点のみならず、力の制御機構の見地²⁵⁾からも認識する必要があることを示唆していると思われる。

要 約

咬合接触時に下顎を垂直的に規制する要素の強いV型、および下顎を側方へ誘導する要素の強いH型早期接触装置をそれぞれ5名の被検者に装着した。これら早期接触が咀嚼運動系におよぼす影響を主に EMG 積分値をパラメータにして分析し、以下の結果をえた。

1. Tapping 時の EMG burst の積分値 (silent period より前半部 APSP および後半部 AOSP) について

1) H型群の APSP は装置装着2日以後増大し、AOSP は同直後から減少した。一方、V型群の APSP は全実験期日を通じて有意な変化は認められなかったが、AOSP は装置装着2日以後増大する傾向が認められた。

2) APSP の変動 (CV) は装置装着後増大した。しかし、H型群では装置装着2日後V型群では同7日後には control レベルに復元した。

2. ガム咀嚼時の EMG burst について

1) burst の duration について、早期接触付与側で咀嚼したときH型群では装置装着2日以後 control 値より短縮、V型群では同2日および7日後延長した。なお、同様な結果は対側咀嚼時にも認められた。

2) burst 積分値の経時的变化は上述した AOSP の変化に酷似していた。

3) 早期接触付与側で咀嚼したときの EMG 積分値の CV-coordination pattern は、H型群では作業側 Tp 優

勢型、V型群では平衡側 Mm 優勢型であった。対側咀嚼時の CV 値はH型群よりV型群の方が大きかった。

3. 以上の結果から、早期接触に対する咀嚼運動系の反応は早期接触の種類によって異なることが明らかとなった。また、早期接触の為害性を force regulating mechanism の見地から推論することが出来た。

稿を終るにあたり、終始ご指導をたまわり、また本論文のご校閲をいただいた、三谷春保教授に深甚の謝意を表します。

また、本研究にご指導とご援助をいただいた藤井弘之助教授ならびにデータの記録時に多大のご協力をいただいた教室の非常勤講師歯学博士関根紀彦氏に厚くお礼申し上げます。

さらに、本研究になにかとご協力いただいた教職員各位にお礼申し上げます。

Summary

Abstract: The influences of vertical (V-type) and horizontal (H-type) prematurities with approximately 115 μm in thickness on the jaw closing muscles were electromyographically evaluated. EMGs were obtained of the posterior portion of the temporal and masseter muscles bilaterally during successive jaw tapping and chewing gum chewing. Recordings were made on just before, immediately after, and 2, 7 and 14 days after wearing the experimental prematurity.

After wearing the prematurity, increased APSP and decreased AOSP with the day were observed in the H-group, while little fluctuant APSP and immediately decreased and then gradually increased AOSP were recognized in the V-group.

Coefficient of variation (CV) of APSP proved higher after wearing the prematurity, although it reduced to the control level at 2 days and 7 days after wearing the prematurity in the H- and V-groups respectively.

Regarding duration and integrated EMG activity, smaller values in the H-group and larger ones in the V-group were found after wearing the prematurity.

CV-coordination of burst activity obtained in the prematurity-wearing side chewing showed balancing-Mm predominant pattern in the V-group, and working-Tp predominant pattern in the H-group.

From above mentioned results, it became clear that the responses of the masticatory motor system to the prematurities differed with the type of given premature contact. Furthermore, an injuriousness of the prematurity has been

inferred from the view point of a force regulating mechanism of the masticatory motor system.

文 献

- 1) Thilander, B. : Innervation of the Temporo-Mandibular Joint Capsule in Man, Trans. Royal Sch. Dent., Umeå, 7 : 9~67, 1961.
- 2) Jerge, C.R. : The Neurologic Mechanism Underlying Cyclic Jaw Movements, J. prosth. Dent., 14 : 667~681, 1964.
- 3) 西山 享 : 歯牙感覚の三叉神経知覚核投射, 日本生理誌, 26 : 543~557, 1964.
- 4) Tolman, D.E., Winkelman, R.K. and Gibilisco, J.A. : Nerve Endings in Gingival Tissues, J. dent. Res., 44 : 657~663, 1965.
- 5) Kawamura, Y., Majima, T. and Kato, I. : Physiological Role of Deep Mechanoreceptor in Temporo-Mandibular Joint Capsule, J. Osaka dent. Univ., 7 : 63~76, 1967.
- 6) Thexton, A.J. : Some Aspects of Neurophysiology of Dental Interest. 1 Theories of Oral Function, J. Dent., 2 : 49~54, 1973.
- 7) Yu, S.-K.J., Schmitt, A. and Sessle, B.J. : Inhibitory Effects on Jaw Muscle Activity of Innocuous and Noxious Stimulation of Facial and Intraoral Sites in Man, Arch. oral Biol., 18 : 861~870, 1973.
- 8) Clark, R.K.F. and Wyke, B.D. : Contribution of Temporomandibular Articular Mechanoreceptors to the Control of Mandibular Posture : An Experimental Study, J. Dent., 2 : 259~272, 1975.
- 9) Klopogge, M.J.G.M. : Reflex Control of the Jaw Muscles by Stimuli from Receptors in the Periodontal Membrane, J. oral Rehabil., 2 : 259~272, 1975.
- 10) 坂田三弥 : 歯牙における触・圧覚発現の末梢機構, 日本歯科評論, 301 : 1285~1293, 1967.
- 11) 山田 守 : 口腔感覚の特性, 日本生理誌, 34 : 799~812, 1972.
- 12) Wentz, F.M., Jarabak, J. and Orban, B. : Experimental Occlusal Trauma Imitating Cuspal Interferences, J. Periodont., 29 : 117~127, 1958.
- 13) Noble, W.H. and Martin, L.P. : Tooth Mobility Changes in Response to Occlusal Interferences, J. prosth. Dent., 30 : 412~417, 1973.
- 14) Lindhe, J. and Ericsson, I. : The Influence of Trauma from Occlusion on Reduced but Healthy Periodontal Tissues in Dog, J. clin. Periodontol., 3 : 110~122, 1976.
- 15) 田中伐平 : 咬頭嵌合位における補綴物の高さが顎口腔系に及ぼす影響, 補綴誌, 19 : 664~692, 1976.
- 16) Ramfjord, S.P. and Ash, M.M.Jr. : Significance of Occlusion in the Etiology and Treatment of Early, Moderate and Advanced Periodontitis, J. Periodontol., 52 : 511~517, 1981.
- 17) Ramfjord, S.P. : Dysfunctional Temporomandibular Joint and Muscle Pain, J. prosth. Dent., 11 : 353~374, 1961.
- 18) Franks, A.S.T. : Masticatory Muscle Hyper-Activity and Temporomandibular Joint Dysfunction, J. prosth. Dent., 15 : 1122~1131, 1965.
- 19) Krough-Poulsen, W.G. and Olsson, A. : Management of the Occlusion of the Teeth : In Schwartz, L. and Chayes, C.M., eds., Facial Pain and Mandibular Dysfunction, 236~279, W.B. Sanders, Philadelphia, 1968.
- 20) Gerber, A. : Kiefergelenk und Zahnokklusion, Dtsch. zahnärztl. Z., 26 : 119~141, 1971.
- 21) 小林義典, 伊能 暁, 岡野元昭 : 顎関節症患者の補綴学的治験例, 歯学, 61 : 458~469, 1973.
- 22) 三谷春保 : 咬合性顎関節症の筋への影響, 日歯評論, 392 : 48~55, 1975.
- 23) 小川晴彦 : 実験的咬合干渉が咀嚼筋筋電図の時間的要素におよぼす影響, 歯科医学, 39 : 421~440, 1976.
- 24) 関根紀彦 : 実験的早期接触が咀嚼筋 EMG burst におよぼす影響, 歯科医学, 42 : 364~380, 1979.
- 25) Anderson, D.J. and Picton, D.C.A. : Masticatory Stresses in Normal and Modified Occlusion, J. dent. Res., 37 : 312~317, 1958.
- 26) Lippold, O.C.J. : The Relation between Integrated Action Potentials in a Human Muscle and its Isometric Tension. J. Physiol., 117 : 492~499, 1952.
- 27) 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 : 291~320, 1950.
- 28) Garrett, F.A., Angelone, L. and Allen, W.I. : The Effect of Bite Opening, Bite Pressure and Malocclusion on the Electrical Response of the Masseter Muscles, Amer. J. Orthodont., 50 : 435~444, 1964.
- 29) Ahlgren, J. : Mechanism of Mastication, Acta odont. Scand., Suppl. 44 : 1~109, 1966.
- 30) 加藤 博 : 咬合力の発現様式に関する筋電図学的研究, 歯科医学, 38 : 65~95, 1975.
- 31) Inman, V.T., Ralston, H.J., Saunders, J.B. de C.M. et al. : Relation of Human Electromyogram to

- Muscular Tension, Electroenceph. clin. Neurophysiol., 4 : 189~194, 1952.
- 32) Bigland, B. and Lippold, O.C.J. : The Relation between Force, Velocity and Integrated Electrical Activity in Human Muscles, J. Physiol., 123 : 214~224, 1954.
- 33) Wilkie, D.R. : The Relation between Force and Velocity in Human Muscle, J. Physiol., 110, 249~280, 1949.
- 34) Close, J.R., Nickel, E.D. and Todd, F.N. : Motor-Unit Action-Potential. Counts Their Significance in Isometric and Isotonic Contractions, J. Bone Jt Surg., 42-A : 1207~1222, 1960.
- 35) Ralston, H.H. : Uses and Limitations of Electromyography in the Quantitative Study of Skeletal Muscle Function, Amer. J. Orthodont., 47 : 521~530, 1961.
- 36) 真島英信 : 骨格筋の一般生理, 三木威勇治, 時実利彦編 : 筋電図入門 (第3版), 20, 南山堂, 東京, 1967.
- 37) Perry, H.T. and Harris, S.C. : Role of the Neuromuscular System in Functional Activity of the Mandible, J. Amer. dent. Ass., 48 : 665~673, 1954.
- 38) Griffin, C.J. and Munro, R.R. : Electromyography of the Jaw-Closing Muscles in the Open-Close-Clench Cycle in Man, Arch. oral Biol., 14 : 141~149, 1969.
- 39) 大伏義臣 : 歯根周囲の感覚が咬筋 EMG の silent period におよぼす影響について, 歯科医学, 40 : 743~762, 1977.
- 40) 宗形芳英 : 機能的役割の異なる二種の開口反射機構に関する研究, 歯基礎誌, 23 : 534~547, 1981.
- 41) Adler, P. : Sensibility of Teeth to Loads Applied in Different Directions, J. dent. Res., 26 : 279~289, 1947.
- 42) 河村洋二郎 : 口腔感覚の生理 (2) 歯の感覚機構の生理, 歯界展望, 21 : 1069~1074, 1964.
- 43) Sessle, B.J. and Schmitt, A. : Effects of Controlled Tooth Stimulation on Jaw Muscle Activity in Man, Arch. oral Biol., 17 : 1597~1607, 1972.
- 44) 村田美雄 : 歯根膜における圧受容器の求心性衝撃について, 米子医誌, 11 : 200~210, 1960.
- 45) Fuchs, V.P. and Weidlich, V. : Experimentelle Untersuchungen Über die Beeinflussung der nächtlichen Kaumuskelaktivität durch Okklusionsstörungen, Dtsch. zahnärztl. Z., 28 : 1064~1072, 1973.
- 46) 垂水 修 : 実験的咬合干渉が睡眠中の咀嚼筋活動に及ぼす影響, 歯科医学, 41 : 191~210, 1978.
- 47) Porritt, J.E. : An Electromyographic Study Involving Occlusal Interferences, Amer. J. Orthodont., 41 : 57~58, 1960.
- 48) Lund, J.P. and Lamarre, Y. : The Importance of Positive Feedback from Periodontal Pressoreceptors during Voluntary Isometric Contraction of Jaw Closing Muscles in Man, J. biol. Buccale, 1 : 345~351, 1973.
- 49) 後藤建機 : 歯牙の生理的動揺に関する実験的研究, 歯科学報, 71 : 1415~1444, 1971.
- 50) 杉村忠敬 : 咬合力に対する歯および下顎骨の力学的反応機構に関する実験的研究, 補綴誌, 23 : 512~536, 1979.
- 51) Muhlemann, H.R. : Tooth Mobility (III) The Mechanism of Tooth Mobility, J. Periodont., 25 : 128~137, 1954.