原 著 論 文

内側翼突筋に関する筋電図学的検討

第2報 咬合支持部位の相違が閉口筋に及ぼす影響

岡部 良博 藍 稔 屋嘉 智彦 西山 暁 佐藤 雅之

EMG Activity of the Human Medial Pterygoid Muscle in Relation to the Other Jaw Muscles

Part 2 : Effect of Changing Occlusal Bite Positions on the Correlation between the Medial Pterygoid Muscle and the Other Closing Muscle Activity

Yoshihiro Okabe, Minoru Ai, Tomohiko Yaka, Akira Nishiyama and Masayuki Sato

Abstract : This study was conducted to investigate the muscle activity of the medial pterygoid, the superficial masseter and the anterior temporal muscles when two bite forces (49 N and 147 N) were exerted on different teeth. The subjects were instructed to perform isometric muscle contractions on either the right or left first premolar or second molar. Simultaneously, the EMG activity of the muscles was registered using subcutaneous needle electrodes.

The results were as follows :

1. The change of the bite-point location affected the EMG activity of all the muscles. Although the occlusal bite force was altered from 49 N to 147 N, various patterns in each muscle activity at each bite location were almost consistent.
2. The largest activity was observed in the medial pterygoid and masseter muscles on the contralateral first premolar, while that of the temporal muscles was on the ipsilateral first premolar. Clenching on one first premolar compared with the other first premolar resulted in a significant increase in the activity of the working-side temporal muscle.
3. The bite-point location being changed from right second molar to various other teeth, at a 49 N bite force the right medial pterygoid muscle had a significant correlation between the right or left masseter and right temporal muscles. At a 147 N bite force the medial pterygoid muscle significantly correlated to ipsilateral masseter muscle.

Key words : the medial pterygoid muscle, isometric muscle contraction, subcutaneous needle electrodes, occlusal bite force, bite-point location

I. 緒 言

咬合接触が変化すると咀嚼筋の活動や協調性が影響を受

けることは知られている。このことについて咬筋や側頭筋では追究^{1,2)}されてきているが、それらと同じ閉口筋である内側翼突筋ではあまり検討³⁾されておらず、不明の点が多い。内側翼突筋は、咬筋や側頭筋と同様に顎機能のうえで重要な役割を担っている。そこで、本研究では内側翼突筋を中心に咬筋および側頭筋に対する咬合接触部位の変化の影響を、筋電図を用いて検討することにした。

東京医科歯科大学歯学部補綴学第一講座（主任：藍 稔教授）
The First Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University (Chief : Prof. Minoru Ai)
平成 11 年 1 月 29 日受付

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、顎口腔系に異常が認められない個性正常咬合を有する成人男子 8 名 (25~29 歳, 平均年齢 26.4 歳) である。

2. 被験筋および使用電極

被験筋は右側の内側翼突筋と左右側の側頭筋と咬筋である。内側翼突筋には、すでに報告した双極針電極を刺入方向指示装置⁴⁾を用いて右側下顎角部から約 10 mm の深さに刺入した。咬筋では浅部中央に、側頭筋では前部に皮下針電極⁵⁾を電極間距離 10 mm, 深さ 4 mm で双極にして刺入した (図 1)。

3. 実験条件

咬合力計を内蔵したバイトブロックを左右の第一小臼歯および第二大臼歯の各部 (咬合支持部) で咬ませた。このとき被験者にはモニタ上に表示される 49 N と 147 N の咬合力をビジュアルフィードバックさせながら 3 秒間発揮させ、これを 5 回行わせたときの筋活動を記録した。なお、同一被験者の開口量は、習慣性開閉口路上で咬合力計受圧部を第二大臼歯部で安定して保持させるのに必要な最小限の量とした。これにより決定された開口量を開口量規定装置で確認しながら各咬合支持部でのバイトブロックの厚みを規定した (図 2-a, b)。このようにして各部での咬合時に筋の等尺性収縮が同程度になるようにしたが、開口量は

図 1 Insertion of needle electrodes to subjective muscles
被験筋への電極の刺入

各被験者で異なり、上下切歯切端間の開口距離は約 13~15 mm となった。

4. 筋活動の定量化と分析

各筋活動電位は生体アンプ (125 A 日本電気三栄社製) で時定数 0.03, 感度 0.2 で増幅後、データレコーダ (PC 116 型ソニー社製) に収録し、波形分析ソフト Macclab (バイオリサーチセンター社製) を用いて積分処理を行った (図 3)。このとき、各咬合力の安定したところから筋活動記録を任意に 3 区間, 5 回分で計 15 区間を抽出し、1 秒間あたりの積分値に換算した。各被験筋については以下のようなデータの基準化を行った。咬合支持部が右側第二大臼歯で得られた 15 のデータ積分値のうちの最大値に対して残りのデータを百分率で表してその平均値を求め、これを第二大臼歯部における筋活動値とした。他の咬合支持部については、この第二大臼歯部の値を用いて個々の 15 個の積分値データを百分率で求め、その平均をそれぞれの筋活動値とした。

まず、咬合支持部の位置変化による筋の活動状況を調べるために、咬合支持部と筋活動値について分散分析 (one-

図 2

- a : Schema of bite-point locations
Regulator of an opening distance of the mouth
Bite force transducer
- b : Intraoral view of experiments
- a : 咬合支持部の略図
開口量規定装置
咬合力計
- b : 口腔内写真

図3 Raw electromyographic signals during biting at a 147 N force on the left first premolar
 RAT, LAT: right, left anterior temporal muscles
 RMM, LMM: right, left superficial masseter muscles
 RMpt: right medial pterygoid muscle
 BT: occlusal bite force
 左側第一小臼歯部咬合時の筋電図原波形
 RAT, LAT: 右側, 左側側頭筋前部
 RMM, LMM: 右側, 左側咬筋浅部
 RMpt: 右側内側翼突筋
 BT: 咬合力

way ANOVA) を行った。

次いで、咬合支持部が変化したときの、内側翼突筋と咬筋あるいは側頭筋との筋活動関係の変化を知るために、4カ所の咬合支持部のうち任意に選択した2カ所の支持部位の間で筋活動値の比を求め、これを咬合支持部が変化したときの筋活動の変化量とした。そしてこの変化量(比)を用いて、内側翼突筋と咬筋、内側翼突筋と側頭筋の相関(Pearson's correlation coefficient)を求めた。得られた相関係数は有意性を判定するためにFisherの z 変換を行った。

III. 実験結果

1. 各咬合支持部における内側翼突筋、咬筋および側頭筋の筋活動について

左右の第一小臼歯、第二大臼歯の各4部位で咬合力49 Nあるいは147 Nを発揮させたときの内側翼突筋、咬筋および側頭筋の筋活動値の分散分析の結果を図4に示す。

各筋ともに咬合支持部が変化するると筋活動は異なった。咬合力が変化しても右側内側翼突筋、左右側の咬筋と側頭

筋の咬合支持部に対する筋活動変化のパターンは類似していた。

1) 右側内側翼突筋の筋活動量

49 N時の各咬合支持部での活動には有意差は認められなかった。147 N時では反対側である左側第一小臼歯が最大の活動を示し、同側の右側第二大臼歯が最小の活動を示した($p < 0.05$)。

2) 左右側咬筋の筋活動量

左右の咬筋は、49 Nと147 N時ともに反対側となる第一小臼歯で最大の活動を示し、同側の第二大臼歯で最小の活動を示した($p < 0.05$)。

3) 左右側側頭筋の筋活動量

左右の側頭筋は、49 Nと147 N時ともに同側となる第一小臼歯で最大の活動を示し、反対側の第二大臼歯で最小の活動を示した($p < 0.05$)。また、左右同名歯の咬合支持部と比較すると、49 N時では小臼歯間で、147 N時には小臼歯間と大臼歯間で活動変化に有意差が認められ、咬合支持側の側頭筋の活動が大きくなった($p < 0.05$)。

2. 咬合支持部の位置変化における内側翼突筋、咬筋および側頭筋の筋活動の関係

各咬合力時の内側翼突筋と咬筋、側頭筋の筋活動の相関関係を、内側翼突筋と同側となる右側第二大臼歯と他の咬合支持部との位置変化(図5-a)と反対側となる左側第二大臼歯と左右の第一小臼歯との位置変化(図5-b)に分けて整理した(表1)。

1) 右側内側翼突筋と左右側咬筋の相関

表1-aに示した咬合支持部の位置変化について、咬合力49 Nでは、右側内側翼突筋は、右側咬筋と正の相関を示し、左右の第二大臼歯間で有意差を認めた($p < 0.05$)。左側咬筋とは右側第二大臼歯と右あるいは左側の第一小臼歯間で正の相関を示し、右側第二大臼歯と右側第一小臼歯間で有意差を認めた($p < 0.05$)。また、咬合力147 Nでは右側咬筋と有意な正の相関が認められた($p < 0.05$)。

一方、表1-bに示した咬合支持部の位置変化について、咬合力49 Nで右側内側翼突筋は右側咬筋と正の相関を示し、左側第二大臼歯と右側第一小臼歯間で有意差を認めた($p < 0.05$)。咬合力147 Nでは、右側咬筋と正の相関を示し左側第二大臼歯と右側第一小臼歯、左右の第一小臼歯間で有意差を認めた($p < 0.05$)。左側咬筋とは負の相関となった。

2) 右側内側翼突筋と左右側側頭筋の相関

表1-aに示した咬合支持部の位置変化について、咬合力49 Nと147 Nでは右側内側翼突筋は左右側の側頭筋と正あるいは負の相関を示した。

一方、表1-bに示した咬合支持部の位置変化については、咬合力49 Nでは、右側内側翼突筋は左側の第二大臼歯と第一小臼歯間で右側側頭筋と有意な正の相関が認めら

図 4 EMG activity in the medial pterygoid, superficial masseter and anterior temporal muscles when two bite forces (49 N and 147 N) were exerted at different teeth

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

各咬合支持部位における内側翼突筋, 咬筋および側頭筋の筋活動

図 5 Classification of two bite-point locations
咬合支持部位の変化の分類

れた ($p < 0.05$). 咬合力 147 N では左側第二大臼歯と右側第一小臼歯間で左側側頭筋と有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$).

IV. 考 察

1. 研究方法について

1) 被験筋および使用電極について

咬合力発揮には閉口筋群が大きな役割を果たすため, 内側翼突筋, 咬筋と側頭筋を被験筋とした. 特に内側翼突筋の咬合支持部の位置変化による活動変化については明らかにされていない. 内側翼突筋については, 筋電図学的には Moyers⁶⁾ が針電極を用いた定性的な筋電図記録からその働きを指摘し, Vitti ら⁷⁾ は中心咬合位までの閉口時に咬筋と内側翼突筋の活動は大部分の被験者で大きくなり, 中心咬合位ではこの 2 者のほかに側頭筋も大きな活動を示すことを報告した. また, Carlsöö⁸⁾, Møller⁹⁾, Gibbs ら¹⁰⁾ によって前方咬合位や後方咬合位における咬筋との協調活動が報告されている. 内側翼突筋は解剖学的¹¹⁾には下顎角

表 1 Coefficients of correlation (r) between the activity of the right medial pterygoid and that of the masseter and temporal muscles when bite-point locations were variously changed at each bite force
r*: *p<0.05; **p<0.01

各咬合力での咬合支持部変化時の内側翼突筋と咬筋および側頭筋の相関係数

		RMm		LMm		RAT		LAT	
		49 N	147 N	49 N	147 N	49 N	147 N	49 N	147 N
a	7] ⇔ 4]	0.597	0.722*	0.782*	0.255	0.585	-0.444	-0.479	-0.137
	7] ⇔ 4]	0.557	0.746*	0.543	-0.143	0.678	-0.352	-0.451	0.185
	7] ⇔ 7]	0.802*	0.829*	-0.352	0.026	-0.476	-0.141	0.042	0.292
		RMm		LMm		RAT		LAT	
		49 N	147 N	49 N	147 N	49 N	147 N	49 N	147 N
b	7] ⇔ 4]	0.176	0.509	0.693	-0.4	0.848*	-0.166	0.08	0.021
	7] ⇔ 4]	0.716*	0.706*	0.016	-0.286	-0.03	0.077	-0.027	0.797*
	4] ⇔ 4]	0.639	0.840**	-0.147	-0.374	-0.209	-0.569	-0.349	0.241

*p<0.05, **p<0.01

部から下顎下縁で腱を介して咬筋とは下顎骨体の内側に位置していることや、生化学的や形態学的な筋の構成線維¹²⁾が咬筋と類似しているため、咬筋と同様な活動が推測される。

内側翼突筋の活動電位の導出には双極針電極を下顎角部から口外法で刺入したが、前報で記載した刺入方向指示装置を用いて規定された部位に刺入した。咬筋浅部中央と側頭筋前部の選択理由は、岡部ら¹³⁾の咬合支持部の変化における筋電図学的研究で筋活動が大きく導出された部であるためである。そして、これらには一般に使用される表面電極よりも限局された導出範囲から電位を導出することが可能で、毛髪などの影響を受けにくい皮下針電極を用いた。

2) 実験条件について

咬合力と筋活動の関係は開口量の程度により変化する¹⁴⁾。そこで、本研究では左右の第一小臼歯と第二大臼歯で咬ませたときの等尺性筋活動を正確に測定記録するために開口量規定装置で切歯部の開口量を規定し、さらに筋に一定の張力を発揮させるためにバイトブロック間に咬合力計を介在させた。このとき、随意収縮では両側の筋を同等に活動させたり、片側の筋を優位に活動させても咬合力を発揮することが可能であるため、バイトブロックに内蔵した咬合力計の受圧部上で咬合力を発揮するように条件づけを行った。

一方、バイトブロック上で咬合力を発揮させるときに、Blanksma ら¹⁵⁾はそのベクトルの向きが同一の筋の活動状況に影響を及ぼすこと、また MacDonald ら^{16,17)}は咬合支持部の数や咬合させる方向によって筋活動とその協調関係が異なってくることを報告している。そのため咬合力が被験歯の部位で咬合平面と垂直に働くようバイトブロックを製作し、咬合時には開口量規定装置の切歯部の指導釘が支

持点とならぬようにその固定ネジを緩めた。しかし、本実験で用いたバイトブロックは、結果的に上下切歯切端間で開口量が13~15 mm となった。顎口腔系の筋活動を知るためには、咬合高径を変化させないほうが好ましい。咬合力、筋活動と開口量の3者の関係について Manns ら¹⁸⁾は、咬合力を一定にしたときの開口量と筋活動積分値の関係および筋活動を一定にしたときの開口量と咬合力の関係から、筋活動積分値と咬合力にとって至適な筋長 (optimal length) は開口量15~20 mm であるとしている。このことからすると、本実験のバイトブロックによる開口量13~15 mm は通常の筋活動状態を大きく変化させることにはならないと考えられた。

2. 結果について

1) 各咬合支持部における内側翼突筋、咬筋および側頭筋の筋活動について

内側翼突筋、咬筋と側頭筋の筋活動は咬合支持部の変化によって影響を受けた。しかし、咬合力が49 N から147 N へ変化しても各咬合支持部における各筋の筋活動の変化パターンは類似していた (図4)。咬合力と咀嚼筋活動に直線的関係が存在すること¹⁹⁾、また、ある咬合支持部で咬合力の大きさが同じでも咬合力の方向が異なると筋活動量が著しく変化すること^{15,20)}からすると、49 N と147 N での変化パターンの類似は、各咬合支持部で咬合力方向が意図した咬合平面と垂直的な方向に作用していたと推察される。

筋活動の変化を、左右側について咬合支持部を第一小臼歯と第二大臼歯の前後で比較すると、右側内側翼突筋と左右の咬筋と側頭筋は第一小臼歯で活動が大きくなり、右内側翼突筋は右側咬筋の筋活動変化パターンと類似した。

VanEijden²⁰⁾ は上下歯列をシーネで固定し、上下間で片側の犬歯部、第二小臼歯部、第二大臼歯部で咬合力の方向を規定できる咬合圧計を介在させ、250 N の咬合力を種々な方向へ発揮させたときの左右の咬筋、側頭筋前部と後部について筋活動を記録している。この報告とは今回の実験は第二小臼歯部と第一小臼歯部とで咬合支持の部位が異なるものの、咬合支持部の前後の違いによる咬合側の咬筋および側頭筋の筋活動の変化傾向は著者らの結果と一致し、新たに内側翼突筋についても同様な活動変化の存在が確認された。また、前後的に咬合支持部を変化させたとき、これと反対側となる内側翼突筋や咬筋においても第一小臼歯が第二大臼歯よりも大きくなる活動変化が確認されたが、側頭筋ではこの傾向が認められなかった。

さらに、筋活動の変化を左右の第一小臼歯あるいは第二大臼歯と比較すると、内側翼突筋と咬筋については咬合支持部が同側あるいは反対側になるときに活動変化に有意性は認められなかったが、側頭筋前部については咬合支持部と同側となるときに活動が有意に増加した。

一般に第二大臼歯部と第一小臼歯部での咬みしめでは、前者のほうが後者よりも咬合力が大きい。これは矢状面での桿作用 (3 級の桿) すなわちモーメントアームの増減²¹⁾ によるモーメントの相違として説明されることが多い。これからすると、咬合支持部を変化させて同じモーメント (咬合力) を得るには、咬合支持部が前方に移動するにつれ多くの筋活動が必要とされることになる。今回の結果から、前後 (矢状面) な咬合支持部の変化では内側翼突筋、咬筋や咬合側の側頭筋にその傾向が認められた。しかし、左右的 (前頭面) な咬合支持部の変化では、側頭筋とは異なり、内側翼突筋と咬筋は咬合側と非咬合側での筋活動に明確な差が認められず、1 カ所の力点で解釈される桿作用のみでは説明ができない。筋の層構成、形態、附着位置²²⁾ やその容積 (断面積)²³⁾ などの違いを考慮すると、咬合力発揮に内側翼突筋や咬筋は側頭筋と較べて咬合支持部の左右的变化の影響を受けにくいと考えられた。

一方、側頭筋では咬合側となる側頭筋前部が大きな活動を示した。閉口筋の活動パターンは咬合力の大きさではなくその方向で決定される^{24,25)} といわれる。VanEijden²⁰⁾ は側頭筋前部は、咬筋や側頭筋後部と比較して、咬合力方向の変化による筋活動の変動が少なく、咬合力が外側方に作用するときは咬合側側頭筋、逆に正中方向に向かうと非咬合側側頭筋 (咬合力方向に位置する側頭筋) の活動が大きくなるという側頭筋の咬合力方向に対する指向性を指摘したが、垂直的な咬合力方向では左右の側頭筋の筋活動はほぼ同程度であったと報告している。しかし、本研究における左右的な咬合支持部の変化に対する左右の側頭筋の活動変化を比較すると、必ずしも両側側頭筋の活動が同程度であるとは考えにくい。これについては、VanEijden の上下顎歯列をシーネで固定しその上で咬合させたことと、著

者らの上下の 1 歯対 1 歯の関係で咬合させたことの相違による歯根膜への感覚入力の変化の影響が考えられる。咬合力の全歯への分散化と局所集中化では歯根膜感覚に変化が生じ、左右的な筋活動バランスに影響を与えるのかもしれない。いずれにしても、咬合力方向を規定した場合には、側頭筋は、内側翼突筋や咬筋よりも咬合支持部の左右的位置変化に対する活動指向性が強いことが示唆された。

2) 咬合支持部の位置変化による内側翼突筋、咬筋および側頭筋の筋活動の関係について

Osborn ら²⁶⁾ はヒトの頭蓋の計測に基づく 26 の筋の要素を含む下顎の三次元シミュレーションモデルの矢状面において、切歯、第一小臼歯および第三大臼歯でのクレンチング時の咬合力の増加と閉口筋および開口筋の張力の程度と発生関係について報告している。これによると、咬筋前縁は咬合支持部にかかわらず咬合力発生時から張力発生が生じるのに対して、内側翼突筋の張力は犬歯より先に小臼歯において低い咬合力で発生し、側頭筋垂直部では内側翼突筋と逆の傾向となっている。また、Naeige ら²⁷⁾ が咬筋と側頭筋に関するクレンチング (咬合力の大きさ) の程度の変化による両筋の活動の優位性については、弱いクレンチングでは側頭筋、クレンチングの程度が増加すると咬筋の活動が優位になることを Activity Index を用いて示している。このように、咬合力の大きさや咬合支持部位が変化すると内側翼突筋、咬筋あるいは側頭筋の活動優位性や張力発生関係に変化が生じることは、今回の実験における EMG 値の活動比にも影響を与えることを示唆するものである。そこで、咬合支持部位の変化やこのときの咬合力の違いによる内側翼突筋と他の閉口筋との活動関係を調べるために、各咬合力について 2 カ所での支持部位の筋活動値の比を用いて、各筋間の相関を求めた。得られた係数は正か負の値となったが、負の値はその筋が内側翼突筋と協調していないことを示すものではない。なぜなら、2 カ所での咬合支持部の筋活動は増減するが、咬合力を発揮するために筋は活動しているからである。そこで、内側翼突筋に対する咬筋や側頭筋の相関係数が正で有意差を認めた筋 (筋活動の変化の大きさが類似する筋) を内側翼突筋との共働筋と考えると、咬合支持部位の位置変化における内側翼突筋と咬筋、側頭筋の関係は咬合力 49 N では、内側翼突筋は右あるいは左側咬筋や右側側頭筋と共働した。咬合力 147 N では内側翼突筋はこれと同側の支持部と他の支持部との位置変化で右側咬筋と共働し、左側咬筋や側頭筋とはほとんど共働しなかった。

以上のことから、内側翼突筋は、咬合力が弱いときには咬合支持部の変化に呼応して咬筋や側頭筋と巧みに共働することで下顎を機能させていることが窺え、咬筋や側頭筋の一部とともに power muscle といわれるが control muscle としての働きも兼ね備えていると考えられる。そして、咬合力が大きくなると咬合支持部の位置変化の影響を

受けず、同側の咬筋と共働し power muscle として機能することが明らかとなった。

V. 結 論

咬合支持部の相違が内側翼突筋、咬筋および側頭筋に及ぼす筋電図学的影響を調べるため、咬合平面に垂直的に咬合力 (49 N と 147 N) が作用するようにして、左右の第一小臼歯と第二大臼歯部で等尺性収縮を行わせた。さらに、咬合支持部の変化による3筋の活動関係について筋活動の比から相関を求め検討を行った。

1. 右側内側翼突筋と左右側の咬筋、側頭筋の筋活動は咬合支持部の変化により影響を受けたが、咬合力が変化しても各咬合支持部における各筋の筋活動パターンは類似した。

2. 内側翼突筋と咬筋は咬合支持部が反対側の第一小臼歯で最大の活動を示し、同側の第二大臼歯で最小の活動を示した。側頭筋は同側の第一小臼歯で最大の活動を示し、反対側の第二大臼歯で最小の活動を示した。

3. 内側翼突筋と咬筋は左右同名歯の咬合支持部の違いで活動の変化に有意差が認められなかった。側頭筋は特に左右側の小臼歯での咬合支持部の違いにより有意な活動変化が認められた。

4. 右側内側翼突筋は咬合力 49 N では、咬合支持部の位置変化で右あるいは左側咬筋や右側側頭筋と共働した。咬合力 147 N では、同側の第二大臼歯からの位置変化で右側咬筋と共働し、左側咬筋や側頭筋とはほとんど共働しなかった。

本論文の一部は第96回日本補綴歯科学会学術大会 (平成8年11月2日、札幌) において発表した。なお、本研究の一部は平成8年度文部省科学研究費補助金 (課題番号 No. 08672227) によった。

文 献

- MacDougall JDB. An electromyographic study of the temporalis and masseter muscles. *J Anat* 87 : 37-45, 1953.
- Wood WW, Tobias DL. EMG response to alteration of tooth contacts on occlusal splints during maximal clenching. *J Prosthet Dent* 51 : 394-396, 1984.
- Wood WW. A review of masticatory muscle function. *J Prosthet Dent* 57 : 222-232, 1987.
- 岡部良博, 榎澤宗司, 藍 稔ほか. 内側翼突筋に関する筋電図学的検討 第1報 試作双極電極と刺入方向指示装置. *補綴誌* 40 : 933-939, 1996.
- 岡部良博, 鯉淵秀明, 藍 稔ほか. 皮下針電極の試作. *口病誌* 58 : 598-602, 1991.
- Moyers RE. An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement. *Am J Orthod* 36 : 481-515, 1950.
- Vitti M, Basmajian JV. Integrated actions of masticatory muscles : Simultaneous EMG from eight intramuscular electrodes. *Anat Rec* 187 : 173-189, 1977.
- Carlsöö S. Nervous coordination and mechanical function of the mandibular elevators—An electromyographic study of the activity, and an anatomic analysis of the mechanics of the muscles. *Acta Odontol Scand* 10(Suppl 11) : 80-113, 1952.
- Møller E. The chewing apparatus. *Acta Physiol Scand* 69 : 1-229, 1966.
- Gibbs CH, Mahan PE, Wilkinson TM et al. EMG activity of the superior belly of the lateral pterygoid muscle in relation to other jaw muscles. *J Prosthet Dent* 51 : 691-702, 1984.
- Friedman MH. Pterygoid muscle function in excursive jaw movements : A clinical report. *J Prosthet Dent* 73 : 329-332, 1995.
- Eriksson PO, Thornell LE. Histochemical and morphological muscle-fiber characteristics of the human masseter, the medial pterygoid and the temporal muscles. *Arch Oral Biol* 28 : 781-795, 1983.
- 岡部良博, 藍 稔. 咬合支持部位の違いが咬みしめ時の咬筋、側頭筋導出部位に及ぼす影響について. *日顎誌* 7 : 365-376, 1995.
- Storey A. Physiology of a changing vertical dimension. *J Prosthet Dent* 12 : 912-921, 1972.
- Blanksma NG, VanEijden TMGJ, Weijs WA. Electromyographic heterogeneity in the human masseter muscle. *J Dent Res* 71 : 47-52, 1992.
- MacDonald JWC, Hannam AG. Relationship between occlusal contacts and jaw-closing muscle activity during tooth clenching : Part I. *J Prosthet Dent* 52 : 718-729, 1984.
- MacDonald JWC, Hannam AG. Relationship between occlusal contacts and jaw-closing muscle activity during tooth clenching : Part II. *J Prosthet Dent* 52 : 862-867, 1984.
- Manns A, Miralles R, Palazzi C. EMG, bite force and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension. *J Prosthet Dent* 42 : 647-682, 1979.
- 磯 和博. 支持点の位置が咬合力、咀嚼筋活動に及ぼす影響に関する研究. *口病誌* 49 : 168-190, 1982.
- VanEijden TMGJ. Jaw muscle activity in relation to the direction and point of application of bite force. *J Dent Res* 69 : 901-905, 1990.
- Mansour RM, Reynik RJ. In vivo occlusal forces and movement : I. Forces measured in terminal hinge position and associated moments. *J Dent Res* 54 : 114-120, 1975.
- 沢田 隆. ヒト咀嚼筋の解剖学的研究. *神戸大学医学部紀要* 35 : 39-67, 1976.
- Hannam AG, Wood WW. Relationships between the size and spatial morphology of human masseter and medial pterygoid muscles, the craniofacial skeleton, and jaw biomechanics. *Am J Phys Anthropol* 80 : 429-445, 1989.
- VanEijden TMGJ, Koolstra JH, Brugman P et al. A feedback method to determine the three-dimensional bite-forces capa-

- bilities of the human masticatory system. J Dent Res 67 : 450-454, 1988.
- 25) Mao J, Osborn JW. Direction of a bite force determines the pattern of activity in jaw-closing muscles. J Dent Res 73 : 1112-1120, 1994.
- 26) Osborn JW, Baragar FA. Predicted pattern of human muscle activity during clenching derived from a computer assisted model : Symmetric vertical bite forces. J Biomech 18 : 599-612, 1985.
- 27) Naeige M, McCarroll S, Weijs WA. Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. J Oral Rehabil 16 : 63-70, 1989.

著者連絡先：岡部 良博

〒113-8549 東京都文京区湯島 1-5-45

TEL・FAX 03-5803-5517