原著論文

臼歯咬合支持点の追加が咬合力及び咀嚼筋活動に与える影響

田中泰弘, 篠ヶ谷龍哉*

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科口腔機能再構築学系摂食機能回復学講座摂食機能評価学分野

*東京医科歯科大学歯学部付属病院回復系診療科

〔受付：平成14年8月30日〕

Effect of the additional stops in posterior teeth on the bite force and masticatory muscle activity

Yasuhiro Tanaka, Tatsuya Shinogaya*

Complete Denture Prosthodontics, Department of Masticatory Function Rehabilitation, Division of Oral Health Sciences, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University

**Clinics for Oral and Maxillofacial Rehabilitation, University Hospital, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University*

〔Received: August 30, 2002.〕

Key Word: occlusal load center, muscle activity, occlusal support, evaluation of prosthodontic treatment

Abstract: The purpose of this study was to make a standard of occlusal load center (OLC) from a standpoint of muscle activity when it was used for the evaluation of occlusal support in prosthodontic treatment. The experimental occlusal contact was set by using lower splint which was divided into 9 pieces of anterior block, right and left premolar and molar blocks. The bite force and EMG of right and left masseter and temporalis muscles were recorded from 8 normal subjects with complete dentition during maximal clenching. The occlusal stops were gradually increased by exchanging the premolar and molar pieces of splint so as to keep the shortened dental arch concept. The relations of the location of OLC, bite force and EMG among 15 kinds of occlusal conditions were investigated. Conclusions were as follows,

1. The location of OLC was significantly different among 15 kinds of occlusal conditions, and the difference of occlusal condition was clearly distinguished by the OLC. Thus OLC was supposed to be a useful parameter for the evaluation of occlusal contact.
2. The bite force and integrated EMG were gradually increased with the increase of occlusal stops. In the comparison with the occlusal condition of full splint, the bite force of the other occlusal conditions had significant difference except for the occlusal condition without a unilateral second molar piece. The integrated EMG in the occlusal condition with the pieces of second premolar bilaterally had no significant difference. These findings suggested that muscle activity was more affected by the distribution than by the number of occlusal stops.
3. The standard area of OLC for the evaluation of occlusal support in prosthodontic treatment was elliptic in shape. Its antero-posterior center was almost the same as the center of the second premolar and its right-left center was almost the same as Palatine Raphe. The range of ellipse distributed antero-posteriorly from the mesial contact

point of first premolar to the distal contact point of first molar, and transversely between the center of lateral incisor.

抄録 本研究の目的は、補綴処置における咬合支持の評価を行う際に基準となる咬合力の重心位置を筋活動の観点から検討することであった。下顎スプリント上で実験的咬合接触を付与し、そのスプリントを前歯部ブロックと左右の各小臼歯及び大臼歯ブロックの9ピースに分割した。8名の健常有歯顎者より最大咬みしめ時の咬合力と両側の咬筋及び側頭筋前部より筋電図の記録を採取した。小臼歯及び大臼歯ブロックを着脱することにより、遊離端欠損状態を維持しながら咬合支持点を徐々に増加させ、15種類の咬合状態における咬合力重心の位置、咬合力、筋活動の関係を調査し、以下のような結論を得た。

1. 全ての咬合状態間で、咬合力重心の位置は統計的に有意差を示し、咬合力重心によって咬合状態の違いが明確に識別できた。よって、咬合力重心は咬合支持の評価に有効な指標であった。
2. 咬合力および筋活動は咬合支持点の増加に伴って徐々に増加した。全てのスプリント片を装着した咬合状態と比較すると、咬合力では有意差が存在しなかったのは片側の第二大臼歯片が装着されていない時のみであったのに対し、筋活動では両側の第二小臼歯まで咬合接触が存在すると有意差が存在しなかった。このことから、筋活動は支持点の数よりも分布に影響された。
3. 補綴処置における咬合支持の評価基準となる咬合力重心位置の範囲は楕円形であった。その中心は、前後的にはほぼ第二小臼歯の中央、左右的にはほぼ口蓋正中縫線にあった。その楕円の範囲は前後的には第一小臼歯の近心接触点から第一大臼歯の遠心接触点まで、左右的な幅は側切歯の中央までとなった。

I. 緒 言

臼歯欠損あるいは臼歯の崩壊によりいくつかの口腔機能は障害を受けるが、これは、主に上顎に対する下顎の生体力学的平衡状態が悪くなり、咬合の安定性いわゆる咬合支持が障害を受けることに起因していると考えられる。咬合支持の調査には咬合力計測が用いられるが、従来の歪ゲージを応用した咬合力計測¹⁻⁴⁾では歯列の特定点での計測しかできず、歯列全体が歯科治療の対象となる補綴処置の評価方法としては困難が生じていた。しかし、感圧シートの開発により、歯列全体での咬合力計測が可能となり、歯列上に分布した咬合圧の平衡がとれる点として咬合力重心が明示されるようになった。つまり、咬合力の大きさだけでなく平衡状態も調査できるようになり、補綴処置⁵⁻⁸⁾や顎機能異常症の診断⁹⁾に応用されてきている。また、健常有歯顎者が最大咬みしめを行った際の重心位置が歯列の中でどのような位置に相当しているかを分析したところ、重心位置のばらつきは少なく、咬合力重心は咬合の平衡状態を調査するのに信頼性の高い指標であることがわかった^{10, 11)}。しかし、咬合力重心の位置を補綴処置の客観的評価に応用するには、咬合状態とそれに対応した咬合力重心の位置の関係を明確にし、歯列回復処置における咬合状態の評価基準を作成する必要がある。一般的に、咬合接触点の数と閉口筋の活動との間には比例関係がある¹²⁻¹⁴⁾ため、筋活動を指

標とした咬合支持の評価は行われてきた¹⁵⁻¹⁷⁾。補綴臨床における臼歯回復処置により咬合支持は改善され、この現象は感圧シートを用いた咬合力計測から咬合力重心の後方移動という結果で表される。咬合力計測により生体力学的観点からの評価を行うことができるが、生理学的観点からの評価を行うことはできない。そこで、咬合力重心の位置に対し生理学的意味付けを行うことにより咬合力重心の位置を応用した補綴処置の評価基準を作成できると考え、咬合支持点の追加に伴う咬合力重心の位置と咬みしめ時の筋活動との関連性を調査した。本研究の目的は、咬合力重心を補綴処置における咬合支持の評価に応用する際に、筋活動の観点から評価の基準となる重心位置を検討することである。

II. 研究方法

1. 被験者

本実験における被験者は、自他共に顎口腔系に異常を認めない男性健常有歯顎者8名(23~43歳、平均29.4±5.8歳)とした。

2. 実験用スプリント

被験者それぞれに対して以下に示す方法を用いて、実験的咬合接触を付与した下顎のアクリルレジン製スプリントを製作した。上下顎の模型を咬頭嵌合位で咬合器にスプリットキャストを用いて装着した後、上顎模型上の

図1 スプリントを用いた実験的咬合接触

Fig. 1 Experimental occlusion using occlusal resin splint

各歯について、仮想咬合接触点として各咬頭の中心隆線中央部および辺縁隆線中央部をマークした。これにより前歯で2点、小臼歯で4点、大臼歯で6点の計52点の実験的咬合接触がマークされた(図1-A)。このマーキングを下顎スプリントのワックスパターン上に印記し、後で切断し易いように上顎臼歯歯冠隣接面に相当する部位に厚さ0.05mmのNi-Cr合金の金属箔(三金工業社製 ニューサンプラチナレスト鋳)をワックス内に挿入した(図1-B)。加熱重合レジンを用いて通法に従い埋没、填入、重合を行い、下顎模型を咬合器に再装着し、ハネル社製 occlusion foil を用いて上顎歯列模型上にマーキングした部位に咬合接触点を得られるように咬合調整した。割り出し、形態修正後、金属箔を挿入した部位でスプリントを切断し、左右上顎第二大臼歯、第一大臼歯、第二小臼歯、第一小臼歯および前歯と咬合接触を有する9つのピースに分割した(図1-C)。スプリントの各ピ

ースを口腔内で試適し、安定していることを確認した後、再度 occlusion foil を用いて咬合調整を行い、咬合器上で予め設定した仮想咬合接触点と同じ部位の咬合接触が得られるようにした(図1-D)。各被験者における咬合挙上量は切歯点部で2~3mmであった。

3. 咬合力と筋活動の測定方法

下顎前歯部に装着された前歯部スプリントをベースとして、切断された臼歯部スプリントの各片を着脱することにより、左側を主な咬合支持側として遊離端欠損状態を保ちながら咬合支持点が増加していくように、表1に示した順序で15種類の咬合状態を設定した。被験者は頭部をヘッドレストに固定した状態でデンタルチェアに座り、下顎が最も安定する顎位で軽く咬合し、その後約2秒間の最大咬みしめを行うよう指示された。各咬合状態において空口状態での最大咬みしめを3回行わせた後、厚さ約0.1mmの感圧シートであるデンタルプレスケ

表 1 15種類の咬合状態とその順序
Table 1 15 kinds of occlusion and its order

順序	咬合状態	ID.	接触点数
1	321 123	3-3	12
2	321 1234	3-4	16
3	4321 1234	4-4	20
4	321 12345	3-5	20
5	4321 12345	4-5	24
6	54321 12345	5-5	28
7	321 123456	3-6	26
8	4321 123456	4-6	30
9	54321 123456	5-6	34
10	654321 123456	6-6	40
11	321 1234567	3-7	32
12	4321 1234567	4-7	36
13	54321 1234567	5-7	40
14	654321 1234567	6-7	46
15	7654321 1234567	7-7	52

ール (50HR, 富士フイルム社製) を介在させた最大咬みしめを 3 回行わせた。よって, 被験者が 1 回の実験で行う咬みしめは合計 90 回である。咬みしめと咬みしめの間は最低でも 1 分間, 咬合状態を変化させたときには慣れてもらうため最低 2 分間の間隔をおいた。実験の半分が終了した時点で被験者に 10 分以上の休憩を与えた。

咬みしめ時の筋活動は両側の咬筋及び側頭筋前部から表面双極電極を用いて活動電位を導出し, 時定数 0.003 秒, High Cut 1 kHz の設定で生体アンプ (NEC 三栄社製 1253A) を介して増幅した後, データレコーダー (TEAC 社製 XR-5000) で記録し, シグナルプロセッサ (NEC 三栄社製 7T18) にて処理を行った。サンプリングタイムは 1 ms とした。各筋とも活動が安定した 0.5 秒間の積分値を求めた。

4. 分析方法

1) 前後及び左右の重心位置

咬合力重心に関する分析方法の詳細は, すでに報告した¹⁰⁾ 通りである。専用の分析装置 (Occluzer FPD-705, 富士フイルム社製) を用いて各咬合接触点の咬合力とその分布状態から求めた咬合力重心の位置が得られる。その重心位置が実際の歯列上でどのような位置にあるかを求めるため, Occluzer から得られた咬合接触点及びその重心位置の画像データをパーソナルコンピュータ上で上顎模型の規格写真上に重ね合わせた。重ね合わせた画像上で口蓋正中縫線を基準線として座標を設定した (図 2)。左側第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を通り口蓋正中縫

A-P: 前後 R-L: 左右 OLC: 咬合力重心位置
図 2 口蓋正中縫線を基準線とした座標の設定
Fig. 2 Establishment of the coordinates parallel to palatine raphe as standard line

線と平行な線を Y 軸, 左右中切歯の接触点を通り口蓋正中縫線と直行する線を X 軸とした。左右第二大臼歯の遠心頬側咬頭頂を歯列の最後方基準点として, 原点から各座標軸への直線距離を 100% とし, この 2 次元座標内における咬合力重心の前後及び左右の座標を求めた。各咬合状態で 3 回の測定 of 平均を代表値とし, 被験者 8 名の平均値を求めた。咬合状態の違いによる重心位置の比較は一元配置分散分析 (一般線型モデル) を行った後, Tukey test を用いて各咬合状態間における比較検定を行った (有意水準 5%)。

2) 総咬合力

Occluzer によって解析された歯列全体の咬合力を総咬合力とし, 重心位置と同様に 3 回の平均値を算出した。咬合状態の違いによる比較は一元配置分散分析 (一般線型モデル) を行った後, Dunnett test にてスプリントを全て装着した状態 (7-7) と有意差が存在する咬合状態を分析した (有意水準 5%)。

3) 筋活動

プレスケールを介在させない状態の咬みしめより得られた 4 筋の積分値を合計して総筋活動量を求め, 重心位置と同様に 3 回の平均値を算出し, 咬合状態の違いによる比較は総咬合力と同様に行った。

図3 各咬合状態における咬合力重心の位置

Fig. 3 Location of occlusal force center in each occlusal condition

Ⅲ. 結 果

1. 重心位置

プレスケールより求めた各咬合状態における咬合力重心の位置を図3に示した。平均値で見ると咬合力重心の位置は前後的には約15%から75%、左右的には約25%から50%まで変化した。その位置を歯列と比較すると、前後的には側切歯と犬歯の接触点から第一大臼歯の中央よりやや遠心、左右的には側切歯と犬歯の接触点から正中の範囲内にあった。前後的位置は咬合接触点数の増加に伴ってほぼ直線的に増加した。一方、左右的位置は左右対称的な咬合状態で50%付近にあり、右側臼歯の支持が存在しない状態で小さな値を示し、スプリント片を追加して行くと50%に近づくというように増加減少を繰り返した。重心位置は咬合状態による影響を受けており、分散分析により有意差が存在した。その後 Tukey test により個々の咬合状態間で比較した結果を表2に示した。咬合力重心が近い位置にある咬合状態間でも前後的に比較した場合か左右的に比較した場合のいずれかでは重心位置に有意差が存在し、重心位置によって全ての咬合状態が明確に識別できた。

2. 咬合力と筋活動

各咬合状態における総咬合力と総筋活動量を図4に示す。総咬合力は咬合力重心の前後的位置と同様に咬合接

触点数の増加に伴ってほぼ直線的に増加した。総筋活動量は咬合接触点数が同じかあるいは少ない状態でも、咬合接触点の分布が左右的に対称性のある状態の方が大きい値を示した。総咬合力、総筋活動量とも咬合状態に影響を受けており、双方とも分散分析で有意差が存在した。その後 Dunnett test により7-7との比較を行ったところ、咬合力については有意差がなかったのは6-7のみであったのに対して筋活動では4-4を除くと両側臼歯部で咬合接触が存在すれば有意差を示さなかった。

3. 重心位置と咬合力、筋活動との関係

全ての被験者における各咬合状態での重心位置をプロットしたものを図5に示す。点線で囲った小さい方の領域は7-7と比較して総咬合力で有意差が存在しない重心位置の範囲であり、前後的には第一大臼歯の近心側四分の一から第一大臼歯と第二大臼歯の接触点まで、左右的な幅は中切歯の約半分までの範囲であった。点線で囲った大きい方の領域は7-7と比較して総筋活動量で有意差が存在しない重心位置の範囲であり、前後的には第二小臼歯の中央、左右的には口蓋正中縫線を中心とした楕円形であった。その楕円は前後的には第一小臼歯の近心接触点から第一大臼歯の遠心接触点まで、左右的な幅は側切歯の中央までの範囲であった。

表2 Tukey test による各咬合力状態間の検定結果
Table 2 Result of tukey test among all occlusal conditions

	3-3	3-4	4-4	3-5	4-5	5-5	3-6	4-6	5-6	6-6	3-7	4-7	5-7	6-7	7-7
3-3		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3-4	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4-4		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3-5	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4-5	*		*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
5-5		*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
3-6	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*
4-6	*		*		*	*	*			*	*	*	*	*	*
5-6	*		*	*		*	*	*		*			*	*	*
6-6		*		*	*		*	*	*		*			*	*
3-7	*	*	*	*	*	*		*	*	*				*	*
4-7	*	*	*		*	*	*		*	*	*			*	*
5-7	*		*		*	*	*			*	*	*		*	*
6-7		*		*			*	*	*		*	*	*		*
7-7		*		*	*		*	*	*		*	*	*		

* : 有意差あり (p<0.05)

斜線より右上は重心位置を前後的に比較した時の有意差を示し, 斜線より左下は左右的に比較した時の有意差を示す

図4 各咬合状態における筋活動と咬合力
Fig. 4 Muscle activity and bite force in each occlusal condition

IV. 考 察

1. 研究方法について

プレスケールを用いた研究^{10, 11)}によると, 1枚のプレスケールを3回 Occluzer で分析した場合, 総咬合力,

前後的重心位置, 左右的重心位置のCV値(標準偏差/平均値)はそれぞれ2.58, 0.68, 0.93%であり, 1人の被験者にプレスケールを3枚咬ませた場合, それぞれのCV値は5.29, 1.86, 2.27%であった. また, 健常有歯顎者23人の総咬合力, 前後的重心位置, 左右的重心位置の

図5 各咬合状態における活動比率

Fig. 5 Relative activity in each occlusal condition

- 7-7と比較して筋活動，咬合力とも有意差あり
- ◐ 7-7と比較して咬合力のみ有意差あり
- 7-7と比較して有意差なし

図6 咬合力重心の分布

Fig. 6 Distribution of occlusal force center

平均及び標準偏差は 1310 ± 417 N, $74.8 \pm 5.67\%$, $50.4 \pm 4.91\%$ であった。これらの結果から重心位置の信頼性は高く、補綴処置に対する評価を行う際に指標として用いることが出来ると考えられた。

本研究ではスプリント上で前歯部に2点，小臼歯部に4点，大臼歯部に6点の合計52点の実験的咬合接触を付与した。これはプレスケールを用いた咬合力計測では咬合接触面積が測定結果に大きな影響を及ぼすため，厳密に咬合接触点を規定する必要があった。以前の研究¹⁵⁻¹⁷⁾のように，歯列の中で咬合接触が存在する部位の違いと筋活動との関連性を調査するのであれば厳密に規定する必要はないと思われる。部位によって咬合接触点数を変えたのは，固有咬合面の面積，歯根膜面積，歯軸の方向等から判断して妥当と考えられた。また，左側を主な咬合支持側として遊離端欠損状態を保ちながら咬合支持点が増加していくように15種類の咬合状態を設定したのは，遊離端欠損に対する補綴処置が臨床的に比較的難しいとされていることと咬合支持という観点から評価を行うためであった。

咬合挙上量が切歯点部で2～3 mmとなったのは，大臼歯部のスプリント片に最大咬みしめに耐えうる強度をもたせるため1 mmの厚さに設定したためであった。

本研究の1回の実験で各被験者が行う咬みしめは90回で，各咬みしめは2秒程度なので合計180秒間咬みしめを行ったことになる。過去に行われた咀嚼筋の疲労に関

する研究¹⁸⁾によると、連続した最大咬みしめでは30秒間で疲労したとされている。しかし、咬みしめと咬みしめの間は最低でも1分間の間隔をおき、実験の半分が終了した時点で10分以上の休憩を与えており、疲労の影響は少ないと考えられた。

2. 研究結果について

7-7の重心位置は前後的に $75.2 \pm 3.45\%$ 、左右的に $51.63 \pm 2.55\%$ と過去のデータ¹¹⁾と比較しても安定していた。これは、測定を行う前に厳密に咬合調整を行ったことにより、重心位置のばらつきが少なくなったことに起因していると考えられた。重心位置、総咬合力、総筋活動量はいずれも咬合状態によって影響を受けていた。全ての咬合状態間で咬合力重心の位置は統計的に有意差を示し、重心位置によって全ての咬合状態が明確に識別できた。それに対して総咬合力と総筋活動量は分散分析で咬合状態によって有意に変化するという結果が得られたが、全ての咬合状態を識別するということは不可能であった。このことから咬合力重心の位置は補綴処置における咬合支持の評価という点で非常に有効な指標であると考えられた。

総咬合力と総筋活動量を比較すると、7-7を基準としたDunnett testでは咬合力と筋活動で有意差が存在する咬合状態は大きく異なっていた。従来より、閉口筋の等尺性収縮時において筋活動量と咬合力との間には直線的比例関係があると報告されている。本研究では咬筋と側頭筋前部からの筋出力しか記録していないが、筋活動と咬合力との関係は咬合状態によって大きな影響を受けることが本結果から示唆された。咬合状態と咬みしめ時の筋活動との関係に関しては、両側の大臼歯で咬合接触があれば全ての歯で咬合接触が存在する状態と有意な変化はないことをWoodら¹⁵⁾、Mannら¹⁷⁾が報告しており、本研究でもほぼ同じ結果が観察された。本研究結果における咬合状態と筋活動量との関係からは、片側の臼歯部全てに咬合接触が存在する場合でも、反対側の臼歯部に咬合接触がないと7-7と比較して筋活動は有意に変化した。逆に両側の臼歯部に咬合接触が存在すると4-4を除いて有意差は存在しなかった。このことは、咬みしめ時の筋活動は咬合接触点の数より分布に影響されたということを示唆した。遊離端義歯の予後調査からは、片側性臼歯欠損症例では両側性臼歯欠損症例より成功率が低いことが示され¹⁹⁾、残存歯による咬合接触点の分布が義歯の予後にも大きな影響を及ぼしていることは注目すべきである。咬みしめ時の筋活動の減少が下顎の安定性、すなわち咬合支持の悪化と関連性があると仮定すれば、残存歯による咬合支持の程度が補綴処置の予後に影響を

与えているとも考えられる。また、逆に異なる咬合状態でも、咬みしめ時の筋活動に差がない場合は、咬合の安定性は同程度であり、補綴処置についても同じ程度の予後が期待できることが考えられる。そこで、咬合力重心の位置に注目すると、筋活動において7-7と有意差が存在しない咬合状態における重心位置は、7-7と同程度の筋出力が得られるポテンシャルを持った重心位置ということが出来る。よって、図5に示す大きい方の楕円の範囲は補綴処置を行う際のターゲットゾーンと考えることが出来る。

Babaら²⁰⁾の報告によると、50%の咬みしめを行った時の下顎の位置は、片側のみに咬合接触が存在する場合は反対側が大きく上方に動き、両側の第一小臼歯で咬合接触はあるが大臼歯の支持が存在しない場合は後方が大きく上方に動いたのに対して、両側の第二大臼歯に咬合接触が存在する場合は上方への動きが見られなかった。本研究において筋活動で4-5、5-5では存在しなかった有意差が4-4で存在した。ケルバーは著書の中で咬合時の静力学的中心点として第二小臼歯と第一大臼歯の接触点を指し、この点を咀嚼中心と称している²¹⁾。本研究では、スプリントは上顎臼歯に合わせて分割されているため、正常咬合を有する本研究の被験者では4-5、5-5の咬合状態において、下顎の第二小臼歯と第一大臼歯の接触点部の咬合接触点は回復されていた。このことから、第二小臼歯部の咬合接触点の存在が咬合の安定性すなわち咬合支持に重要な役割を果たすことが示唆された。

V. 結 論

補綴処置の評価基準となる咬合力重心の位置を筋活動の観点から検討することを目的として、分割したスプリントを着脱して15種類の咬合状態を設定することにより、臼歯部における咬合支持点の追加が咬合力及び筋活動に及ぼす影響を調査した結果、以下のような結論を得た。

1. 全ての咬合状態間で、咬合力重心の位置は統計的に有意差を示し、咬合力重心によって咬合状態の違いが明確に識別できた。よって、咬合力重心は咬合支持の評価に有効な指標であった。
2. 咬合力および筋活動は咬合支持点の増加に伴って徐々に増加した。全てのスプリント片を装着した咬合状態と比較すると、咬合力では有意差が存在しなかったのは片側の第二大臼歯片が装着されていない時のみであったのに対し、筋活動では両側の第二小臼歯まで

咬合接触が存在すると有意差が存在しなかった。このことから、筋活動は支持点の数よりも分布に影響された。

- 3) 補綴処置における咬合支持の評価基準となる咬合力重心位置の範囲は楕円形であった。その中心は、前後的にはほぼ第二小臼歯の中央、左右的にはほぼ口蓋正中縫線にあった。その楕円の範囲は前後的には第一小臼歯の近心接触点から第一大臼歯の遠心接触点まで、左右的な幅は側切歯の中央までとなった。

文 献

- 1) Helkimo, E., Carlsson, G. E., Helkimo, M.: Bite force and state of dentition, *Acta Odontol Scand*, 35 : 297-303, 1977.
- 2) Laurell, L. and Lundgren, D.: Distribution of occlusal forces along unilateral posterior two-unit cantilever segments in cross-arch fixed partial dentures, *J Prosthet Dent*, 60 : 106-112, 1988.
- 3) Carlson, B.R., Carlsson, G. E., Helkimo, E., et al.: Masticatory function in patients with extensive fixed cantilever prostheses, *J Prosthet Dent*, 68 : 918-923, 1992.
- 4) Carlsson, G. E. and Lindquist, L. W.: Ten-year longitudinal study of masticatory function in edentulous patients treated with fixed complete dentures on osseointegrated implants, *Int J Prosthodont*, 7 : 448-453, 1994.
- 5) 袖山亜紀：短縮歯列の補綴処置効果における咬合力の重心移動，口病誌，63：599-619，1996。
- 6) 塩田真，重岡祐一，入谷治：インプラント適用に伴う片側臼歯欠損症例の咬合力配分の変化，口病誌，65：297-301，1998。
- 7) 戸田聡：片側性遊離端欠損の咬合再構成とその臨床生理学的，経時的評価，口病誌，66：170-188，1999。
- 8) Kumagai, H., Suzuki, T., Hamada, T., et al.: Occlusal force distribution on the dental arch during various levels of clenching, *J Oral Rehabil*, 26 : 932-935, 1999.
- 9) Kurita, H., Ikeda, K., Kurashina, K.: Evaluation of the effect of a stabilization splint on occlusal force in patients with masticatory muscle disorders, *J Oral Rehabil*, 27 : 79-82, 2000.
- 10) Shinogaya, T. and Matsumoto, M.: Evaluation of prosthodontic treatment by occlusal force distribution: a methodological study, *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 6 : 121-125, 1998.
- 11) Shinogaya, T., Sodeyama, A., Matsumoto, M.: Bite force and occlusal load distribution in normal complete dentitions of young adults, *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 7 : 65-70, 1999.
- 12) Devlin, H. and Wastell, D. G.: Bite force and masseter muscle electromyographic activity during onset of an isometric clench in man, *Arch Oral Biol*, 30 : 213-215, 1985.
- 13) Möller, E. and Bakke, M.: Occlusal harmony and disharmony: frauds in clinical dentistry, *Int Dent J*, 38 : 7-18, 1988.
- 14) Bakke, M., Michler L., Möller, E.: Occlusal control of mandibular elevator muscles, *Scand J Dent Res*, 100 : 284-291, 1992.
- 15) Wood, W. W. and Tobias, D. L.: EMG response to alteration of tooth contacts on occlusal splints during maximal clenching., *J Prosthet Dent*, 51 : 394-396, 1984.
- 16) MacDonald, J. W., Hannam, A. G.: Relationship between occlusal contacts and jaw-closing muscle activity during tooth clenching: Part I, *J Prosthet Dent*, 52 : 718-728, 1984.
- 17) Manns, A., Miralles, R., Valdivia, J., et al.: Influence of variation in anteroposterior occlusal contacts on electromyographic activity, *J Prosthet Dent*, 61 : 617-623, 1989.
- 18) Christensen, L. V.: Jaw muscle fatigue and pains induced by experimental tooth clenching: a review, *J Oral Rehabil*, 8 : 27-36, 1981.
- 19) 松元誠：遊離端義歯 咬合構成の臨床，4-11，医歯薬出版，東京，1980。
- 20) Baba, K., Akishige, S., Yaka, T., et al.: Influence of alteration of occlusal relationship on activity of jaw closing muscles and mandibular movement during submaximal clenching, *J Oral Rehabil*, 27 : 793-801, 2000.
- 21) Körber, K. (田端恒雄，河野正司，福島俊士)：Zahnärztliche Prothetik (ケルバーの補綴学 第一巻，140-141, 1982)，1975。