Japanese Orthodontic Society

原　著

最大咬合力の大きさとその歯列内分布に関する研究

曽山敬子　小椋幹記　坂口勝義*　伊藤学而*
鹿児島大学医学部・歯学部附属病院矯正歯科
*鹿児島大学大学院医歯学総合研究科健康科学専攻発生発達成育学講座顎顔面育成学分野

SOYAMA Keiko, OGURA Mikinori, SAKAGUCHI Katsuyoshi, ITO Gakuji**
Department of Orthodontics, Kagoshima University Medical and Dental Hospital
*Department of Orthodontics, Field of Developmental Medicine, Health Research Course, Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences

キーワード：最大咬合力，歯列内分布，咬合接触面積，非対称性指数，咬合の機能評価

抄録：最大咬合力の大小によって，その歯列内各部での分布の様相や，左右臼歯部の分布の対称性が異なるという仮説を立てた．これを検証するため，歯学部男子学生80名から選出した最大咬合力の大きい者25名(H群)と小さい者25名(L群)とで最大咬合力と咬合接触面積の歯列内分布を比較し，以下の結論を得た．

1．歯列内各部における最大咬合力と咬合接触面積の分布は，大臼歯部と小臼歯部でH群がL群より有意に大きかった．

2．左右臼歯部の最大咬合力と咬合接触面積の非対称性指数は，大臼歯部でも小臼歯部でもH群がL群より有意に小さかった．

以上から，最大咬合力の大きい者では，大臼歯部と小臼歯部に分布する最大咬合力と咬合接触面積が大きく，その左右対称性も高いことが示された．

(Orthod Waves-Jpn Ed 63(1)：23～28, 2004)

Study on the level of maximum biting force and its distribution to the dental arch

Abstract：It was hypothesized that the distribution of maximum biting force (MBF) to the molar, the premolar and the anterior segments, and the symmetry of the MBF between right and left sides on the molar segments was influenced by the level of MBF. These hypotheses were tested between the high and the low MBF groups (H and L groups), which were composed of 25 male dental students each.

1．Distributions of MBF and the occlusal contact area (OCA) in the molar and the premolar segments were significantly higher in H group than in L group.

2．Asymmetry indices (AI) of MBF and OCA in the molar and the premolar segments were significantly lower in H group.

It was concluded that distribution of MBF and OCA in the molar and premolar segments were higher and more-balanced in subjects with higher MBF.

(Orthod Waves-Jpn Ed 63(1)：23～28, 2004)

緒　言

矯正治療は咬合の形態と機能の改善を目的とするが[1,2]，咬合の機能の評価は矯正臨床に十分取り入れられているとはいえない．咬合の機能の評価法には，食品の粉砕能力試験[3,4]，食品の混合能力試験[5,6]，顎運動検査[7,8]，咀嚼筋筋電図検査[8,9]，咬合力試験[10,11]などがある．このうち咬合力試験は，上下歯列の咬合接触部の面積と接触圧から咬合力を算出するので理解しやすく，臨床応用しやすい[12~14]という利点がある．

最大咬合力は，最大噛みしめ時に上下歯列の咬合接触部に発現する咬合力で，主として歯根膜受容器と閉口筋筋紡錘によって制御される[15]．これまでの研究か

NII-Electronic Library Service

Japanese Orthodontic Society

ら，最大咬合力は咬合接触面積と正の相関があり[10,11,16]，叢生，交叉咬合，開咬などの不正咬合者や[17,18]，long face の者[19]，顎変形症患者[20]では正常咬合者に比べて小さいとされている．

健常な有歯顎者では，大臼歯部で最大咬合力の 8 割を負担し[11,16]，しかも左右でほぼ等しい最大咬合力を負担している[21]．しかし，片側咀嚼習癖者では主咀嚼側の大臼歯部の最大咬合力は反対側より大きく[10]，顎機能障害者では最大咬合力が小さいだけでなく大臼歯部で負担する最大咬合力の分布は左右で異なっているという[22]．

そこで，最大咬合力の大小によってその歯列内各部での分布の様相や，左右臼歯部の分布の対称性が異なるという仮説を立て，これを検証することとした．

対象と方法

I．対　象

対象は，鹿児島大学歯学部において，平成 11～13 年度までの 3 年間に歯科矯正学の基礎実習を受けた男子学生 130 名のうち，実習後に本研究の目的と方法を説明し，基礎実習で採得した咬合力測定結果と咬合模型を本研究で使用することに同意した者で，重度の骨格型不正や顎関節症症状，開閉口路異常，付着歯肉に及ぶ歯周炎がなく，第二大臼歯までに歯数異常がないことを条件に選択した 80 名である．調査時の年齢は 22～36 歳，平均 28.4 歳であった．

なお，本研究の計画は，事前に鹿児島大学歯学部教育研究倫理委員会に提出し承認を得た．

II．方　法

1．最大咬合力の測定と解析

基礎実習における学生 130 名の最大咬合力の測定は，一人の教官が行った．学生に椅座位で自然頭位をとらせ，咬合力感圧フィルム（Dental Prescale 50-H type R，富士写真フイルム(株)，東京，以下感圧フィルム）を 3 秒間，最大の力で噛みしめさせた．この作業を，各学生にそれぞれ 1 分間の休憩を挟んで 3 回行った．

感圧フィルムは 24 時間保冷して発色を安定させ，咬合力測定装置(Occluzer FPD-703，富士写真フイルム(株)，東京，以下 Occluzer)で読み取った．そしてサーマルフィルムに打ち出して咬合模型と照合し（図 1），咬合接触以外のアーチファクトを消去して実習に供した．

対象として選択した 80 名の咬合力測定結果を再び Occluzer の画面に表示し，咬合接触部位を歯列全体，左右別の大臼歯部と小臼歯部，ならびに前歯部の各部ごとに確定し，それら歯列内各部の最大咬合力と咬合接触面積を解析した．各学生の 3 回の測定値から，それぞれの平均を求めて個人の値とした．

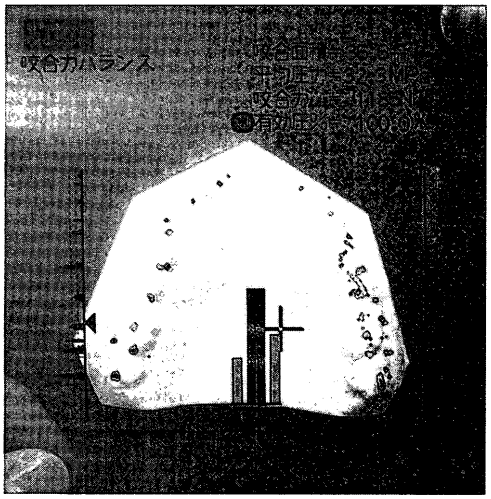

図 1　サーマルフィルムと咬合模型との照合

対象 80 名の 3 回の咬合力測定値から最大咬合力の変動係数を求めると，平均 4.14%，標準偏差 1.87%であった．この値は Shinogaya ら[16]の平均 5.29%，標準偏差 3.03%より小さかった．

2．最大咬合力の大小とその歯列内分布の比較

最大咬合力の大きい群と小さい群とでその歯列内各部における分布を比較するため，対象 80 名から最大咬合力の大きい上位 25 名（H 群）と小さい下位 25 名（L 群）を選別した．

両群で歯列全体ならびに歯列内各部における最大咬合力の平均と標準偏差を求め，両群で以下の比較を行った．

1）大臼歯部，小臼歯部，前歯部における最大咬合力の分布の比較

大臼歯部と小臼歯部で左右を合わせて計算し，歯列全体に対する歯列内各部の配分率も算出した．

2）大臼歯部と小臼歯部における最大咬合力の左右対称性の比較

非対称性指数(Asymmetry Index，AI)を計算した．

なお，最大咬合力と咬合接触面積との相関[10,11]を確認するため，咬合接触面積についても比較した．統計処理には統計解析ソフトウェア SPSS 10.0 J（SPSS ジャパン，東京)を用い，両群の差の有意性を t-test で検定した．

結　　果

対象 80 名の最大咬合力は 387.8～1870.0 N であった．そのうち，H 群 25 名の最大咬合力は 1164.1～1870.0 N，L 群 25 名では 387.8～794.3 N であり，H 群の最小値と L 群の最大値の間には 369.8 N の開き

NII-Electronic Library Service

Japanese Orthodontic Society

表 1　最大咬合力と咬合接触面積の分布の比較

	最大咬合力（N）		配分率（%）		咬合接触面積（mm²）		配分率（%）
H 群							
歯列全体	1504.5±207.9	***	100.0± 0.0		54.5±9.9	***	100.0± 0.0
大臼歯部	1104.2±225.4	***	73.3±11.1		36.3±8.4	***	66.7±11.2
小臼歯部	314.6±107.2	***	21.0± 7.3	*	15.0±4.9	***	27.7± 7.9
前歯部	85.7± 71.1		5.8± 4.9		3.1±3.0		5.6± 4.8
L 群							
歯列全体	653.4±109.5		100.0± 0.0		25.6±5.3		100.0± 0.0
大臼歯部	451.8±136.5		67.9±15.0		16.7±6.0		63.6±16.0
小臼歯部	134.8± 57.0		21.4±11.7		6.7±3.1		27.8±14.6
前歯部	66.8± 54.8		10.6± 8.3		2.2±1.8		8.6± 6.6

配分率（%）＝歯列内各部の最大咬合力（咬合接触面積）/歯列全体の最大咬合力（咬合接触面積）×100
平均±標準偏差を示す　*：$p<0.05$，***：$p<0.001$

があった．

I．大臼歯部，小臼歯部，前歯部における最大咬合力と咬合接触面積の分布の比較

歯列全体の最大咬合力は，H 群では平均 1504.5 N で，L 群の平均 653.4 N より有意に大きかった（表 1）．大臼歯部と小臼歯部でも H 群の平均は L 群の平均より有意に大きかったが，前歯部では両群の平均に有意差がなかった．ただし，両群の大臼歯部と小臼歯部の配分率はそれぞれ約 70%と約 20%で群間に有意差がなかったが，前歯部では H 群の平均は 5.8%で L 群の平均 10.6%より有意に小さかった．

歯列全体の咬合接触面積は，H 群では平均 54.5 mm²で，L 群の平均 25.6 mm²より有意に大きかった．大臼歯部と小臼歯部でも H 群の平均は L 群の平均より有意に大きかったが，前歯部では両群の平均に有意差がなかった．ただし，両群の歯列内各部の配分率には群間で有意差がなかった．

II．大臼歯部と小臼歯部における最大咬合力と咬合接触面積の左右対称性の比較

最大咬合力の AI は，H 群の大臼歯部では L 群の大臼歯部より有意に小さく，左右対称性が高かったが，小臼歯部では両群に有意差がなかった（表 2）．また，咬合接触面積の AI は，H 群の大臼歯部と小臼歯部では L 群の大臼歯部と小臼歯部より有意に小さく，ともに左右対称性が高かった．

なお，最大咬合力の AI も咬合接触面積の AI も，両群とも大臼歯部では小臼歯部に比べて有意に小さかった．

表 2　最大咬合力と咬合接触面積の AI の比較

	最大咬合力の AI		咬合接触面積の AI	
H 群				
大臼歯部	0.16±0.12	*	0.18±0.13	*
小臼歯部	0.38±0.27	*	0.50±0.27	**
L 群				
大臼歯部	0.28±0.25	*	0.35±0.25	*
小臼歯部	0.54±0.32		0.67±0.31	

非対称性指数（AI）＝｜左側－右側｜/（左側＋右側）
平均±標準偏差を示す　*：$p<0.05$，**：$p<0.01$

考　察

I．本研究の位置付けについて

咬合の機能に関する研究には，正常咬合者と各種不正咬合者[17,18]，正常咬合者と顎変形症患者[20]を比較したものが多い．瀧川ら[20]は，顎変形症患者の咬合力と咬合接触面積は正常咬合者より低く，その前歯部と臼歯部の分布も低いと述べている．Yamada ら[22]は，顎機能障害者では機能障害のない者に比べて最大咬合力が歯列全体でも大臼歯部でも小さく，しかも左右の大臼歯部で大きさが異なるとしている．これらの報告は，顎変形症患者や顎機能障害者では，最大咬合力の大きさが異なるだけでなく，その歯列内各部の分布にも特徴のあることを示している．

咬合力の歯列内分布は，補綴装置の設計においても重要な判断項目である[23]が，最大咬合力の歯列内分布は顎機能の正常性ないしは障害性と関連している可能性がある．そこで本研究では，咬合力の大きさとその歯列内各部の分布との関連に着目した．このような視点で行われた研究の報告はこれまでにみられない．

NII-Electronic Library Service

Japanese Orthodontic Society

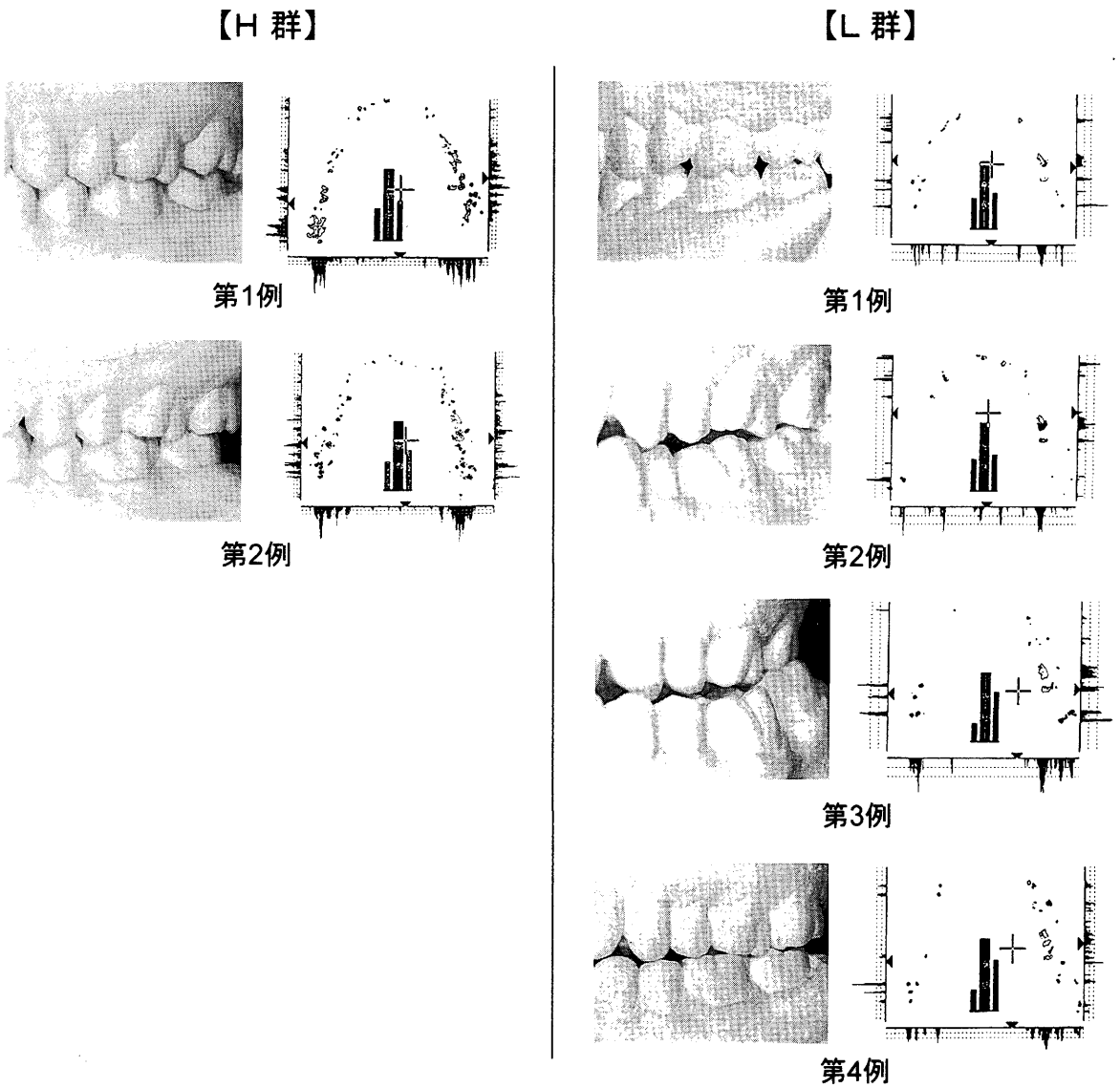

図 2 両群の代表例における臼歯部の咬合状態とサーマルフィルム

II. 最大咬合力の大きさとその歯列内各部における分布について

最大咬合力の歯列内各部の配分率について，Shinogaya ら[16]は成人の正常咬合者では大臼歯部78.4%，小臼歯部13.7%，前歯部7.9%と報告し，Kumagai ら[11]も顎関節症症状や歯数異常のない成人では大臼歯部，小臼歯部，前歯部でそれぞれ76.7，14.0，9.1%と報告している．本研究でも，最大咬合力の大臼歯部と小臼歯部の配分率は両群とも約70%と約20%で(表1)，彼らの報告と同じであった．本研究の対象は，重度の骨格型不正や顎関節症症状，開閉口路異常，付着歯肉に及ぶ歯周炎がなく，第二大臼歯までに歯数異常がない者であったためと考えられる．

Yamada ら[22]は，顎機能障害者の最大咬合力とその大臼歯部での分布は顎機能障害のない者より小さく，しかもその大臼歯部の分布は左右非対称であったと述べている．本研究では，最大咬合力の大臼歯部の分布はH群で1104.2 Nであったが，L群では451.8 Nで有意に小さく，小臼歯部でもH群の314.6 Nに対してL群では134.8 Nと有意に小さかった(表1)．このH群とL群の大臼歯部と小臼歯部に見られた最大咬合力の分布は，彼らの報告における顎機能障害のない者とある者の対比に似ている．このことから，最大咬合力の大きいものでは，顎機能障害の有無にかかわらず，その大臼歯部と小臼歯部の分布も大きいと考えられる．なお，最大咬合力の前歯部の配分率はL群で有意に大きかったが，分布には両群で有意差がなかったことから，特に意味はないと考えられた．

咬合接触面積も，最大咬合力と同じく，大臼歯部と小臼歯部ではH群がL群より有意に大きかったが，

NII-Electronic Library Service

Japanese Orthodontic Society

前歯部では両群に有意差がなかった.

以上から，最大咬合力が大きいとその大臼歯部と小臼歯部における分布も大きいが，前歯部における分布にはこの違いがなく，咬合接触面積でも同様であった．したがって，最大咬合力の大きさは，大臼歯部と小臼歯部の咬合力分布や咬合接触面積の大きさと関連しているが，前歯部の咬合力分布や咬合接触面積の大きさとは関連のないことが示された.

図2に，両群の代表例における臼歯部の咬合状態とサーマルフィルムを示す．H群の第1例は臼歯部Ⅰ級，第2例は臼歯部Ⅲ級であるが，ともに臼歯部の咬合状態は緊密で咬合接触面積も大きい．一方，L群の第1例は臼歯部Ⅱ級，第2例は臼歯部Ⅲ級，第3例は臼歯部Ⅰ級，第4例は臼歯部Ⅲ級で第1例以外は上顎臼歯に対して下顎臼歯が軽度の頬側転位を示し，しかも上下顎臼歯間に隙間があり咬合接触面積も小さい．このことは，最大咬合力の大きさには，臼歯部の咬合状態の緊密さと同部における咬合接触面積の大きさが関与することを示唆している.

Ⅲ．最大咬合力の大きさとその左右臼歯部での対称性について

最大咬合力は，正常咬合者の臼歯部では左右均等で[21]，有歯顎者の小臼歯部の咬合接触点は前歯部や大臼歯部に比べて対称性が低い[14]と報告されている．一方，顎機能障害者では，左右の筋機能が非対称のものが多く[24]，最大咬合力の大臼歯部の分布は小さく左右非対称で[22]，左右の咬合接触点の数に左右差がある[25]ことが報告されている.

本研究の場合，最大咬合力のAIは大臼歯部ではH群がL群より有意に小さく左右対称性も高かったが，小臼歯部では両群に有意差がなかった（表2）．また，咬合接触面積のAIは大臼歯部と小臼歯部ではH群がL群より有意に小さく，ともに左右対称性が高かった．なお，最大咬合力のAIも咬合接触面積のAIも，両群とも大臼歯部では小臼歯部に比べて有意に小さかった．つまり最大咬合力が大きいと，大臼歯部の最大咬合力と咬合接触面積の左右対称性が高いが，小臼歯部では咬合接触面積だけ左右対称性が高いことを示している.

Yamadaら[22]は，顎機能障害のある矯正患者23名の最大咬合力は顎機能障害のない矯正患者22名に比べて有意に小さいだけでなく，大臼歯部の最大咬合力のAIは0.12で対照群の0.09に対して有意差はないが大きい値であったという．彼らの報告は，最大咬合力の小さいものでは大臼歯部の最大咬合力の非対称性が大きいことを示唆していて，本研究の結果と同じ方向を示している.

これらのことから，大きい咬合力を発揮できる者ほど左右の大臼歯部の咬合接触のバランスも，噛みしめる力のバランスもよいことが示された.

本論文の要旨は第47回西日本歯科矯正学会大会（2002年2月，熊本）において発表した.

文　献

1) 高橋新次郎：高橋・新編歯科矯正学，京都，1960，永末書店，12-13.
2) 榎　恵：歯科矯正学，東京，1974，医歯薬出版，7-8.
3) Manly, R. S. and Braley, L. C.：Masticatory performance and efficiency, J Dent Res 29：448-462, 1950.
4) 石原寿郎：篩分法による咀嚼能率の研究，口病誌 22：207-255，1955.
5) 小沢　至，橋本　譲：チューインガムによる咀嚼混合能力の測定について，補綴誌 3：52-55, 1959.
6) 広瀬寿秀，中山二博，相星順子，伊藤学而：不正咬合者の咀嚼能力と矯正治療による変化，日矯歯誌 51：302-307，1992.
7) 志賀　博，小林義典：咀嚼運動の分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究，補綴誌 34：1112-1126，1990.
8) 笠原茂樹，関戸達哉，大塚純正，他：上下小臼歯抜歯症例における咀嚼機能の変化，Orthod Waves 58：97-104，1999.
9) Miyamoto, K., Ishizuka, Y. and Tanne, K.：Changes in masseter muscle activity during orthodontic treatment evaluated by a 24-hour EMG system, Angle Orthod 66：223-228, 1996.
10) Hidaka, O., Iwasaki, M., Saito, M. and Morimoto, T.：Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal contact area, and average bite pressure, J Dent Res 78：1336-1344, 1999.
11) 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.
12) 久保寺篤：咬合力および咬合接触面積と顎顔面形態との関係について，日大歯学 69：98-103, 1995.
13) Suzuki, T., Kumagai, H., Watanabe, T., *et al.*：Evaluation of complete denture occlusal contact using pressure-sensitive sheets, Int J Prosthodont 10：386-391, 1997.
14) 石井智浩，成田紀之，松本敏彦：健常有歯顎者における最大噛みしめ時の咬合接触様相に関する検討，日大口腔科学 24：237-242，1998.

NII-Electronic Library Service

Japanese Orthodontic Society

15) Morimoto, T., Inoue, T. and Masuda, I.：Sensory component facilitating jaw closing muscle activities in the rabbit, Exp Brain Res 76：424-440, 1989.
16) Shinogaya, T., Sodeyama, A. and Matsumoto, M.：Bite force and occlusal load distribution in normal complete dentitions of young adults. Eur J Prosthodont Restor Dent 7：65-70, 1999.
17) 遠藤泰昭，安江一紀，千賀勝弘，他：Dental Prescale を用いた中高生の咬合調査，第1報　個性正常咬合者の特徴，顎咬合誌 16：167-172，1995.
18) 遠藤泰昭，安江一紀，千賀勝弘，他：Dental Prescale を用いた中高生の咬合調査，第2報　個性正常咬合者と不正咬合者の比較検討，顎咬合誌 17：43-47，1996.
19) Proffit, W. R., Fields, H. W. and Nixon, W. L.：Occlusal forces in normal- and long-face adults, J Dent Res, 62：566-571, 1983.
20) 瀧川富之，岩上恵子，中田智子，他：咬合力に関する研究―正常咬合者および顎変形症患者の咬合力と咬合接触面積との比較―，日大歯学 72：105-112，1998.
21) 服部佳功，佐藤智昭，渡辺　誠：噛みしめ時の歯列における咬合力分布，顎機能誌 2：111-117，1996.
22) Yamada, K., Hanada, K., Sultana, M. H., *et al.*：The relationship between frontal facial morphology and occlusal force in orthodontic patients with temporomandibular disorder, J Oral Rehabil 27：413-421, 2000.
23) Rosenstiel, S. F., Land, M. F. and Fujimoto, J.：Contemporary fixed prosthodontics, 3rd ed., St. Louis, 2001, Mosby Inc., 157-160.
24) Nielsen, I. L., McNeill, C., Danzig, W. *et al.*：Adaptation of craniofacial muscles in subjects with craniomandibular disorders, Am J Orthod Dentofacial Orthop 97：20-34, 1990.
25) Ciancaglini, R., Gherlone, E. F., Redaelli, S. and Radaelli, G.：The distribution of occlusal contacts in the intercuspal position and temporomandibular disorder, J Oral Rehabil 29：1082-1090, 2002.

指　導：伊藤学而 教授　　2003年8月9日受付
2003年9月19日受理

連絡先：曽山敬子
鹿児島大学医学部・歯学部附属病院矯正歯科
〒890-8544　鹿児島市桜ケ丘八丁目35-1

NII-Electronic Library Service