原著論文

側方咬合位の咬合接触状態が咀嚼運動経路のパターンに及ぼす影響

庄内康晴, 志賀 博, 小林義典

日本歯科大学歯学部歯科補綴学第1講座

〔受付：平成15年6月20日〕

The effect of occlusal contacts during lateral excursion on masticatory path pattern

Yasuharu Shonai, Hiroshi Shiga, and Yoshinori Kobayashi

The Nippon Dental University, School of Dentistry at Tokyo, Department of Partial and Complete Denture

〔Received: June 20, 2003.〕

Key Word: incisal point, masticatory movement path, occlusal contact, lateral excursion

Abstract: The purpose of this experiment was to clarify the effect of the occlusal contact condition of the lateral excursion on the masticatory path patterns. For the 60 healthy subjects, the masticatory movement and the occlusal contact of moving laterally for 1 mm (L1), 2 mm (L2) and 3 mm (L3) were recorded respectively. After classifying the masticatory path patterns of chewing chewing gum, the occlusal contact condition of the lateral excursion were related quantitatively with the masticatory path patterns and the following results were obtained.

1. The frequency of the path patterns from pattern I to VIII were 40.8%, 10.8%, 28.3%, 5%, 4.2%, 4.2%, 5%, and 1.7%, respectively (pattern I: opened towards the working side and closed in a convex manner, II: similar to pattern I but closed in a concave manner, III: opened first towards non-working side then towards working side and closed in a convex manner, IV: similar to pattern III but closed in a concave manner, V: opening and closing paths were convex, VI: a reverse pattern of the regular pattern, VII: opening and closing paths crossed each other, VIII: opening and closing paths were a straight line). Since pattern VIII had only 1.7%, it was discarded from the following comparisons.

2. For all pattern groups (I-VII) at both working and non-working sides, the number of tooth contact at each lateral position decreased significantly as the excursion moved laterally from L1-L3.

3. The appearance rate of the number of tooth contact: For the working side of L1, group I and II had fewer tooth distribution. For the balancing side of L1, all groups had occluding contacts. For the working side of L2, groups I, II, VI, and VII had fewer tooth distribution. For the balancing side of L2, only group I showed no tooth contact. For the working side of L3, all groups showed fewer tooth distribution. For the balancing side of L3 all groups had a tendency to disappear. Significant differences were found for 4 pairs at L1, for 16 pairs at L2, and for 12 pairs at L3.

4. It was concluded that the occlusal contact condition at the lateral excursion changed according to the distance from centric occlusion. Also the difference in the masticatory path pattern was most evident at 2 mm lateral excursion. And this difference in the occluding condition of the lateral excursion was related to the difference in the masticatory path pattern.

抄録 側方咬合位の咬合接触状態が咀嚼運動経路のパターンに及ぼす影響を明らかにする目的で、健常者60名の咀嚼運動と中心咬合位から側方へ1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) 滑走させた側方咬合位の咬合接触状態を記録し、チューインガム咀嚼時の運動経路のパターンを分類後、咬合接触状態について、側方咬合位間と咀嚼運動経路のパターン間で定量的に比較し、以下の結論を得た。

1. パターンの発現率は、作業側に向かってスムーズに開口後、convex を呈して閉口するパターン I が40.8%で最も高く、非作業側に向かって開口後作業側へ向かい、その後 convex を呈して閉口するパターン III が28.3%、パターン I と同様な概形であるが、concave を呈して閉口するパターン II が10.8%、パターン III と同様な概形であるが、concave を呈して閉口するパターン IV と開閉口路が交叉するパターン VII が5.0%、開閉口路が convex を呈するパターン V と通常とは逆のパターンを呈するパターン VI が4.2%、開閉口路が線状を呈するパターン VIII が1.7%の順であった。なお、パターン VIII は、1.7%にとどまったので、以下の群間の比較から除外した。
2. 各側方咬合位における咬合接触歯数は、パターン I ~ VII 群 (I ~ VII 群) のいずれも、作業側、平衡側ともに、L1, L2, L3の順に側方咬合位が側方へ滑走するに従って、有意に減少した。
3. 咬合接触歯数の発現率は、L1の作業側では、I と II 群が少ない歯数に分布する傾向を示したが、L1の平衡側では、いずれの群も、咬合接触が存在する傾向を示した。L2の作業側では、I, II, VI, VII 群が少ない歯数に分布したが、L2の平衡側では、I 群のみが咬合接触のない傾向を示した。L3の作業側では、いずれの群も少ない歯数に分布したが、L3の平衡側では、いずれの群も咬合接触がなくなる傾向を示した。また、2パターン間の比較では、L1が4組、L2が16組、L3が12組にそれぞれ有意差が認められた。
4. 以上のことから、側方咬合位の咬合接触状態は、中心咬合位から側方へ滑走させた距離の差異によって変化し、また咀嚼運動経路のパターンの差異は、2 mm 滑走させた側方咬合位で明確であり、この側方咬合位の咬合接触状態の差異が咀嚼運動経路のパターンの差異に関連していることが示唆された。

キーワード 下顎切歯点、咀嚼運動経路、咬合接触、側方咬合位

I. 緒 言

健常者の咀嚼運動は、個々のサイクルが規則的で安定しており¹⁻³⁾、その下顎切歯点の運動経路は、各人固有のパターンを呈するものの^{4,5)}、いくつかのパターンがあり^{1,6)}、パターンの詳細な分析では、8種類に分類できることが明らかにされている⁷⁾。また、これらのパターンは、基本的には、食品の性状に影響されない⁸⁾が、咀嚼運動の安定性との間には密接な関係があり、パターン間には、機能的な差異のあること⁹⁾が明らかにされている。このパターン間の機能的な差異は、歯根膜を圧迫する大きさや方向によって、フィードバックされる反射の大きさや反射の現れる筋の種類が異なる¹⁰⁾ことから、咬合接触状態が何らかの形で関与するためではないかと推察されている¹¹⁾。咀嚼運動経路 (以後、運動経路と略す) と咬合接触状態との関係に関する臨床的観察では、典型的な犬歯誘導咬合と典型的なグループファンクション咬合とでは、異なるパターンを呈する¹²⁾こと、平衡側に咬合接触があると、特徴的なパターンを呈

する¹³⁻¹⁶⁾こと、実験的咬合干渉付与後では種々なパターンが発現する¹⁷⁾ことなど、部分的ながら両者間の関係が報告されている。これらのことから、パターン間の機能的な差異は、咬合接触状態の違いによって生じる可能性が十分考えられる。しかしながら、咬合接触状態を評価するための咬合位、特に側方咬合位は、咬合接触状態が下顎の側方への移動距離によって変化するにもかかわらず、研究によってまちまちであり¹⁸⁻²⁷⁾、そのために、運動経路のパターンと咬合接触状態との関係は、極めて曖昧にされているのが現状である。

そこで、本研究は、側方咬合位の咬合接触状態が咀嚼運動経路のパターンに及ぼす影響を明らかにする目的で、健常者の咀嚼運動における下顎切歯点の運動経路のパターンを分類後、下顎切歯点を中心咬合位から側方へそれぞれ1 mm, 2 mm, 3 mm 滑走させた側方咬合位の咬合接触状態について、運動経路のパターン間で比較した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、20歳代の日本歯科大学歯学部（歯学）の学生と職員の中から、全身と咀嚼系に臨床的な異常、また咀嚼系に機能障害の徴候や症状の既往が認められず、歯冠全体の補綴修復処置が1歯以内でかつ咬合面の一部の保存修復処置歯が2歯以内の有歯顎者60名（男性38名、女性22名、平均年齢26.2歳）を健常者として選択した。被験食品は、ファイザー・コンシューマー・インク社製のチューインガム1枚を記録前に約1分間咀嚼させ、軟化したものを用いた。

2. 記録方法

咀嚼運動と咬合接触状態は、被験者をフランクフルト平面が水平となるように、頭部を固定せずにリラックスさせた状態で歯科用治療椅子に坐らせて記録した。咀嚼運動は、はじめに右側、次いで左側の順で、間隔を約1分間として、片側ごとに20秒間行わせたチューインガム咀嚼時の下顎切歯点の運動について、マイオトロニクス社製 Mandibular Kinesiograph K-6I 型を用いて、TEAC 社製データレコーダー（XR-5000）に記録した。また、咬合接触状態は、下顎切歯点を中心咬合位から側方へそれぞれ1 mm, 2 mm, 3 mm 滑走させた各側方咬合位（以後、L1, L2, L3と略す）における作業側と平衡側について、厚さ12.7 μm のアルタス社製オクルーザルレジストレーションストリップスを上下顎歯間に置き、各側方咬合位で1歯毎に引き抜き試験で調べた。なお、各側方咬合位は、下顎を中心咬合位から側方へそれぞれ1 mm, 2 mm, 3 mm 滑走させた位置を確認するための線を上下顎中切歯唇面上に印記し、上下顎歯を軽く接触させ、中心咬合位をとらせた後、印記した線の下顎切歯点と一致するように下顎を側方滑走させて設定した。

3. 分析方法

分析は、はじめに全被験者の左右側の合計120側における咀嚼開始後の第5から第14までの10サイクルについて、咀嚼運動自動分析システム²⁸⁾を用いて、運動経路の重ね合わせと平均経路の表示を行い、下顎切歯点の運動経路のパターンを秋山ら⁷⁾の方法（図1）に従って下記の8種類に分類後、各パターンの発現率を調べた。次いで、各パターン群毎にL1, L2, L3における作業側と平衡側の咬合接触歯数を求め、その分布をFriedman検定により側方咬合位間で比較した。さらに、各パターン群毎にL1, L2, L3における作業側と平衡側の咬合接触歯数の発現率を求め、その分布をMann-Whitney検定により各2パターン群間で比較した。

図1 運動経路のパターンの分類基準

CO：中心咬合位，R：右側，L：左側

Fig.1 The classifying criteria for each path pattern

CO : centric occlusion, R : right side, L : left side

パターン I：中心咬合位から作業側に向かってスムーズに開口し、その後中心咬合位へ閉口するが、中心咬合位付近の閉口路がconvexを呈するもの。パターン II：Iと同様な経路を有するが、中心咬合位付近の閉口路がconcaveを呈するもの。パターン III：中心咬合位から非作業側に向かって開口後作業側へ向かい、その後中心咬合位へ閉口するが、中心咬合位付近の閉口路がconvexを呈するもの。パターン IV：IIIと同様な経路を有するが、中心咬合位付近の閉口路がconcaveを呈するもの。パターン V：中心咬合位から作業側へconvexを呈して開口し、その後開口路に準じて閉口するもの。パターン VI：開口路の方が閉口路よりも作業側にあり、通常とは逆のもの。パターン VII：開閉口路が交叉するもの。パターン VIII：開閉口路が線状であるもの。

III. 結 果

1. 各パターンの発現率

各パターンが発現率は、図2に示す。

各パターンが発現率は、パターン I が40.8%で最も高く、以下パターン III が28.3%、パターン II が10.8%、パターン IV と VII がそれぞれ5.0%、パターン V と VI がそれぞれ4.2%、パターン VIII が1.7%の順であった。なお、パターン VIII は、1.7%にとどまったので、以下のパターン群間の比較から除外した。

図2 各パターンの発現率

Fig.2 The frequency of each masticatory path pattern

図3 各側方咬合位における咬合接触歯数の平均

Fig.3 The average number of occlusal contact tooth at each lateral excursion

表1 咬合接触歯数の分布における側方咬合位間の検定結果 (χ^2 値)

Table 1 The results of Friedman test on each chewing pattern

(concerning the distribution of number of tooth contact at each lateral occlusal position)(χ^2 value)

	I 群	II 群	III 群	IV 群	V 群	VI 群	VII 群
作業側	60.20**	16.19**	42.99**	8.00*	6.00*	9.50**	7.60*
平衡側	66.06**	18.67**	46.26**	8.38*	6.62*	8.00*	8.00*

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

2. 各側方咬合位における咬合接触歯数

各側方咬合位における咬合接触歯数は、図3に示す。

各側方咬合位における咬合接触歯数は、いずれのパターン群（以後、パターンI～VII群は、I～VII群と略

す）も、作業側、平衡側ともに、L1, L2, L3の順に側方咬合位が側方へ滑走するに従って、減少する傾向を示し、側方咬合位間に有意差が認められた（表1）。

表2 L1における咬合接触歯数の発現率

Table 2 The appearance rate of the number of occlusal contact tooth at the L1 position (%)

	作業側							平衡側			
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3 (歯数)
I	—	25	33	22	14	6	—	31	43	24	2
II	—	15	39	31	15	—	—	—	46	46	8
III	—	3	12	29	41	12	3	3	53	23	21
IV	—	—	17	50	33	—	—	—	50	33	17
V	—	—	20	40	40	—	—	20	40	40	—
VI	—	—	20	80	—	—	—	—	40	60	—
VII	—	—	50	33	—	17	—	—	67	33	—

I～VII：パターン I～VII群，—：0%

表3 L1における2群間の咬合接触歯数の発現率の検定結果 (Z値)

Table 3 The results of Mann-Whitney test on the appearance rate of tooth contact between two chewing patterns at L1 (Z value)

	W	B		W	B
I—II	0.224	2.490*	III—IV	0.999	0.187
I—III	4.011**	3.060**	III—V	0.797	0.846
I—IV	1.630	1.784	III—VI	1.855	0.184
I—V	1.524	0.636	III—VII	1.656	0.672
I—VI	0.972	1.734	IV—V	0.098	0.786
I—VII	0.769	1.129	IV—VI	0.957	0.000
II—III	2.989**	0.195	IV—VII	0.933	0.730
II—IV	1.517	0.048	V—VI	0.949	0.808
II—V	1.442	0.922	V—VII	0.864	0.205
II—VI	0.843	0.055	VI—VII	0.512	0.843
II—VII	0.510	0.893			

W：作業側，B：平衡側，I～VII：パターン I～VII群，*：p<0.05，**：p<0.01

表4 L2における咬合接触歯数の発現率

Table 4 The appearance rate of the number of occlusal contact tooth at the L2 position (%)

	作業側							平衡側			
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3 (歯数)
I	—	55	41	4	—	—	—	98	2	—	—
II	—	38	38	24	—	—	—	—	77	23	—
III	—	3	20	50	24	3	—	15	65	15	5
IV	—	—	33	67	—	—	—	—	67	33	—
V	—	—	20	40	40	—	—	40	60	—	—
VI	—	60	40	—	—	—	—	—	40	60	—
VII	—	17	66	17	—	—	—	17	83	—	—

I～VII：パターン I～VII群，—：0%

表5 L2における2群間の咬合接触歯数の発現率の検定結果 (Z値)

Table 5 The results of Mann-Whitney test on the appearance rate of tooth contact between two chewing patterns at L2 (Z value)

	W	B		W	B
I—II	1.511	7.444**	III—IV	1.118	0.938
I—III	6.745**	7.616**	III—V	0.476	1.574
I—IV	3.555**	6.768**	III—VI	3.307**	1.714
I—V	3.584**	4.670*	III—VII	2.705**	0.891
I—VI	0.274	6.648**	IV—V	1.211	1.915
I—VII	1.904	5.974**	IV—VI	2.515*	0.843
II—III	3.673**	0.794	IV—VII	1.782	1.687
II—IV	2.052	0.459	V—VI	2.479*	2.154
II—V	2.464*	2.192	V—VII	2.133*	0.825
II—VI	1.068	1.446	VI—VII	1.535	2.141
II—VII	0.474	1.727			

W：作業側，B：平衡側，I～VII：パターン I～VII群，*：p<0.05，**：p<0.01

3. L1における咬合接触歯数の発現率

L1における咬合接触歯数の発現率と各2群間の咬合接触歯数の発現率の検定結果は、表2と3に示す。

作業側における咬合接触歯数の発現率は、I群とII群では、接触歯数1と2が過半数を占め、少ない歯数に分布する傾向を示したが、III群、IV群、V群、VI群では、接触歯数3以上が80%以上を占め、I群やII群よりも多い歯数に分布する傾向を示した。また、各2群間の比較では、I群とIII群との間、II群とIII群との間にそれぞれ有意差が認められた。

一方、平衡側における咬合接触歯数の発現率は、いずれの群も、1歯以上が過半数を占め、咬合接触が存在する傾向を示した。また、各2群間の比較では、I群と

II群、III群との間にそれぞれ有意差が認められた。

4. L2における咬合接触歯数の発現率

L2における咬合接触歯数の発現率と各2群間の咬合接触歯数の発現率の検定結果は、表4と5に示す。

作業側における咬合接触歯数の発現率は、I群、II群、VI群、VII群では、接触歯数1と2が70%以上を占め、少ない歯数に分布したが、III群、IV群、V群では、接触歯数3以上が60%以上を占め、I群、II群、VI群、VII群よりも多い歯数に分布した。また、各2群間の比較では、I群とIII群、IV群、V群との間、II群とIII群、V群との間、III群とVI群、VII群との間、IV群とVI群との間、V群とVI群、VII群との間にそれぞれ有意差が認められた。

表6 L3における咬合接触歯数の発現率
Table 6 The appearance rate of the number of
occlusal contact tooth at the L3 position

	作業側							平衡側			
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3 (歯数)
I	—	76	24	—	—	—	—	100	—	—	—
II	—	61	31	8	—	—	—	62	38	—	—
III	—	18	47	29	6	—	—	62	32	6	—
IV	—	17	50	33	—	—	—	50	33	17	—
V	—	—	60	40	—	—	—	80	20	—	—
VI	20	40	—	—	—	—	—	20	80	—	—
VII	—	67	33	—	—	—	—	67	33	—	—

I～VII: パターン I～VII群, —: 0%

表7 L3における2群間の咬合接触歯数の発現率の
検定結果 (Z 値)

Table 7 The results of Mann-Whitney test on the appearance
rate of tooth contact between two chewing patterns
at L3 (Z value)

	W	B		W	B
I—II	1.127	4.491**	III—IV	0.122	0.678
I—III	5.662**	4.676**	III—V	0.501	0.824
I—IV	3.298**	5.042*	III—VI	2.288*	1.514
I—V	3.847**	3.130	III—VII	2.506*	0.312
I—VI	0.019	6.446**	IV—V	0.512	1.070
I—VII	0.465	4.079	IV—VI	1.745	0.512
II—III	2.884**	0.126	IV—VII	1.903	0.730
II—IV	1.912	0.705	V—VI	2.132	1.800
II—V	2.404*	0.723	V—VII	2.364*	0.471
II—VI	0.498	1.534	VI—VII	0.205	1.476
II—VII	0.310	0.210			

W: 作業側, B: 平衡側, I～VII: パターン I～VII群, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

一方、平衡側における咬合接触歯数の発現率は、I群では、接触歯数0が98%を占め、咬合接触がほとんどない傾向を示したが、他の群では、接触歯数1以上が過半数を越え、咬合接触が存在する傾向を示した。また、各2群間の比較では、I群と他のすべての群との間にそれぞれ有意差が認められた。

5. L3における咬合接触歯数の発現率

L3における咬合接触歯数の発現率と各2群間の咬合接触歯数の発現率の検定結果は、表6と7に示す。

作業側における咬合接触歯数の発現率は、いずれの群も接触歯数1と2が60%以上を占め、少ない歯数に分布し、特にI群、II群、VI群、VII群では、接触歯数1以下が過半数を占め、少ない歯数への分布が顕著であった。

また、各2群間の比較では、I群とIII群、IV群、V群との間、II群とIII群、V群との間、III群とVI群、VII群との間、V群とVII群との間にそれぞれ有意差が認められた。

一方、平衡側における咬合接触歯数の発現率は、いずれの群も咬合接触がなくなる傾向を示し、特にI群では、すべての被験者の咬合接触が認められなかった。また、各2群間の比較では、I群とII群、III群、IV群、VI群との間にそれぞれ有意差が認められた。

これらの咬合接触歯数の発現率における各2群間の有意差は、L1では、4組、L2では、16組、L3では、12組でそれぞれ認められ、L2で最も顕著であった。

IV. 考 察

咀嚼時の運動経路のパターンの分類に際しての評価区間は、個々のサイクル^{14, 29, 30)}と複数のサイクル^{1, 6)}とが報告されているが、健常者の個々のサイクルは、10サイクル中の同一パターンの発現が5～10サイクルにも上り³¹⁾、時として異常なパターンも発現し³²⁾、個々のサイクルが近似するものの、変動を伴う¹⁾ので、複数のサイクルにすべきものと考えられる。また、運動経路のパターンそのものの認識は、経路の重ね合わせ表示による概形の観察に委ねられている^{1, 6)}が、この手法では、主観に左右されやすいことから、客観性の向上が望まれてきたところである。これらの問題に対応すべく、本研究では、経路の重ね合わせ表示に加え、咀嚼運動自動分析システム²⁸⁾を用いて、平均経路を求め、これを併せて表示し、定量的に評価した。この平均経路は、開口量の変動しても、常に経路の水平的かつ垂直的な中間点を通り、代表経路として評価できることが確認されている²⁸⁾ので、本研究で示した運動経路のパターン分類とパターンそのものの認識は、十分妥当性があるものと考えられる。

咬合接触状態の評価法として、試験紙を用いた引き抜き試験^{14, 18, 21, 26, 33-35)}、T-Scan システム³⁶⁾、デンタルプレススケールによる口内法³⁷⁾、ワックスや印象材を用いた口外法^{20, 22, 23, 38)}などが報告されており、これらのうち、簡便な試験紙を用いた引き抜き試験が最も多く応用されている^{14, 18, 21, 26, 33-35)}が、この試験紙としての種々な厚みや材質の咬合紙やストリップスは、薄くて破損しにくいことが必要条件とされる。13種類の試験紙の物性を調べた Halperin ら³⁹⁾は、3種類の試験紙のみに有用性が認められたと報告している。本研究では、この3種類の試験紙の1つであり、厚さが12.7 μm で最も薄いために、多くの研究で用いられている^{14, 26, 33-35)}アルタス社製

オクルーザルレジストレーションストリップスを用い、引き抜き試験により咬合接触状態を評価した。なお、引き抜き試験時の咬合接触の強度は、結果に大きな影響を及ぼすと考えられるので、本研究では、上下顎歯を軽く接触させて中心咬合位をとらせた後、同程度の接触力で側方滑走をさせ、設定した側方咬合位を軽く保持させた状態で引き抜き試験を行った。

咬合接触状態を評価する際の側方咬合位は、下顎切歯点を中心咬合位から側方へ2 mm 滑走させた位置²⁰⁾、側方へ3 mm 滑走させた位置²⁷⁾、側方へ3 mm までの間の複数の位置^{22, 23, 26)}、側方へ5 mm までの間の複数の位置²⁵⁾、上下顎犬歯尖頭が対合する尖頭位までの中間の位置²⁴⁾、上下顎犬歯尖頭が対合する尖頭位までの間の複数の位置²¹⁾、上下顎第1大臼歯の頬側咬頭がほぼ対合する位置¹⁸⁾、20 mm 前方かつ側方3 mm までの間の複数の位置¹⁹⁾など、種々報告されている。一方、咀嚼運動と側方滑走運動との相関性は、中心咬合位から2～3 mm の範囲内であり^{40, 41)}、多数例における咀嚼時の下顎切歯点の運動経路と側方限界滑走運動経路とが一致する範囲を分析した加藤ら⁴²⁾によれば、2.0 mm 以上が全体の24%にとどまり、平均が1.0～1.5 mm であったという。また、下顎切歯点の中心咬合位から犬歯尖頭位までの距離は、約3 mm と報告されている^{43, 44)}。したがって、咀嚼時の運動経路のパターンと咬合接触状態との関係の評価に際しての側方咬合位の条件は、下顎切歯点を中心咬合位から約3 mm まで側方滑走させた範囲と考えてよいだろう。これを考慮に入れ、本研究では、下顎切歯点を中心咬合位から側方へそれぞれ1 mm, 2 mm, 3 mm 滑走させた各側方咬合位を評価の対象にした。

軟性食品咀嚼時の運動経路の概形を観察し、定性的に7～8種類に分類したAhlgren¹⁾、PröschelとHofmann⁶⁾らは、幅の狭い涙滴状のパターンが最も多かったと報告している。このパターンは、中心咬合位から作業側に向かってスムーズに開口し、その後中心咬合位へ閉口して中心咬合位付近の閉口路が直線あるいはconvexを呈するパターンIに相当し、発現率が最も高く、44.0%～48.1%の値が報告されている^{7, 9, 45)}。本研究の結果でも、パターンIの発現率が最も高く、40.8%を示し、上記の報告値にほぼ一致したので、健常者の軟性食品咀嚼時の運動経路は、パターンIが最も多いと考えてよいだろう。これに次いで高い発現率は、中心咬合位から非作業側に向かって、開口後作業側へ向かい、その後中心咬合位へ閉口するが、中心咬合位付近の閉口路がconvexを呈するパターンIIIであり、またパターンIとパターンIIIとを合わせると、67.0%～71.8%を占め、この2種類の

パターンが健常者の代表的なパターンであることが明らかにされている^{7-9, 45)}。本研究の結果では、パターンIIIの発現率は、28.3%でパターンIに次いで高く、パターンIとパターンIIIとを合わせると、69.1%を占め、報告されている値に近似した。この代表的な2種類のパターンの高い発現率は、各種食品咀嚼時でも、ほぼ同様であり、71.8%～78.8%を占めることが明らかにされている⁸⁾。したがって、パターンIとパターンIIIは、健常者の代表的なパターンと断定してよいものと考えられる。

これらの代表的な2種類以外のパターンの発現率は、パターンIIが9.0%～11.0%、パターンIVが4.5%～5.5%、パターンVが5.1%～6.0%、パターンVIが3.5%～4.5%、パターンVIIが3.0%～4.0%、パターンVIIIが1.9%～3.0%の値が報告されており^{7, 9, 45)}、それぞれの報告値が近似している。本研究の結果でも、パターンIIが10.8%、パターンIVが5.0%、パターンVが4.2%、パターンVIが4.2%、パターンVIIが5.0%、パターンVIIIが1.7%の各発現率を示し、報告値にほぼ一致したので、これらの発現率が健常者における基準値と考えてよいだろう。

側方咬合位における作業側の咬合接触歯数について、下顎切歯点を中心咬合位から側方へ1 mm と2 mm 滑走させた側方咬合位と犬歯尖頭位で評価したYaffeとEhrlich²¹⁾、同様に側方へ1.5 mm と3 mm 滑走させた側方咬合位で評価したKorioth²²⁾は、側方咬合位毎に異なり、下顎が側方へ滑走するに従って、減少する傾向が認められたと報告している。このような変化は、作業側のみならず、平衡側でも同様な傾向にあることがIngervallら²³⁾によって確認されている。本研究の結果では、同様に、側方咬合位における作業側と平衡側の咬合接触歯数は、下顎切歯点の側方移動距離によって異なり、また下顎が側方へ滑走するに従って、減少する傾向が認められ、運動経路のパターンの違いに関係なく、作業側、平衡側ともに、側方咬合位間にそれぞれ高度な有意差が認められた。これらのことは、咬合型（様式）が側方咬合位の側方移動距離によって変化することを如実に示しており、下顎切歯点を中心咬合位から側方へ移動させるに従って、犬歯誘導咬合の発現頻度が順次増加するのに対し、グループファンクション咬合の発現頻度が順次減少したというYaffeとEhrlich²¹⁾の報告を十分支持できるものと考えられる。また、既述の犬歯誘導咬合やグループファンクション咬合などの咬合型の発現頻度が研究によってまちまちである^{41, 46, 47)}ことも、十分説明できるだろう。したがって、側方咬合位の咬合接触状態の評価に際しては、複数の側方咬合位について分析するか、あるいは分析のための適切な側方咬合位を設定すべきものと考

えられる。この問題に配慮し、本研究では、下顎切歯点を中心咬合位から側方へ1 mm単位で滑走させた側方咬合位における作業側と平衡側の咬合接触歯数の発現頻度について、運動経路のパターンが異なる群間で比較したところ、群間で異なること、またその差異は、L2, すなわち下顎切歯点を中心咬合位から側方へ2 mm滑走させた側方咬合位で明瞭であった。このL2における咬合接触歯数の発現率は、16組の2群間にそれぞれ有意差が認められたが、I群と他の群との組合せが最も多く、9組を占めた。さらに、このI群の咬合接触歯数の発現率は、作業側では、1歯と2歯が96%を占めたが、平衡側では、0歯、すなわち咬合接触なしが98%を占めた。この結果から、I群は、下顎切歯点を側方へ2 mm滑走させた側方咬合位で、作業側に1～2歯の接触誘導があり、平衡側に咬合接触がない咬合型として定義づけることができるだろう。これに対し、II群、VI群、VII群の咬合接触歯数の発現率は、作業側では、1歯と2歯がそれぞれ76%, 100%, 83%を占め、I群とはほぼ一致したが、平衡側では、1歯以上がそれぞれ100%, 100%, 83%に上り、I群とは明らかに異なった。したがって、II群、VI群、VII群は、作業側に1～2歯の接触誘導があり、平衡側にも咬合接触がある咬合型として定義づけることができるだろう。他方、III群、IV群、V群の咬合接触歯数の発現率は、作業側では、3歯以上がそれぞれ77%, 67%, 80%で多く、I群、II群、VI群、VII群とは明らかに異なり、平衡側でも、1歯以上がそれぞれ85%, 100%, 60%を占め、I群とは明らかに異なった。したがって、III群、IV群、V群は、作業側に3歯以上の複数歯の接触誘導があり、平衡側に咬合接触がある咬合型として定義づけることができるだろう。

本研究の結果では、I群と他の群との間における咬合接触状態の最も明確な相違は、平衡側の咬合接触の有無であることが確認できたが、平衡側に咬合接触がある場合には、主にパターンVとパターンVI、あるいは閉口路がconcaveを呈するパターンが発現すると報告されている¹³⁻¹⁵⁾。また、実験的咬合干渉付与前後におけるパターンの観察¹⁷⁾では、付与前に70～80%を占めたパターンIが、実験的咬合干渉付与後に減少し、それとともにパターンII, III, IV, VIIが逆に増加したことが明らかにされている。このようなことは、臨床的にも観察されており、平衡側の咬合接触を除去すると、リバースパターンが消失するという⁴⁸⁾。なお、閉口路がconcaveを呈するパターンは、本研究のパターンIIとパターンIV、またリバースパターンは、本研究のパターンVIに相当する。これらのことに本研究の結果を併せて考えると、平衡側

の咬合接触は、パターンI以外の種々なパターンを発現させるといえる。この平衡側の咬合接触によるパターンI以外の種々なパターンの発現は、中心咬合位付近の開閉口路上で早期接触する可能性が高くなるために、それを避けるように開閉口路を変化させることによるものではないかと推察されている^{13, 17)}。また、運動経路の安定性を8種類のパターン間で定量的に比較した横山ら⁹⁾の研究では、パターンIは、最も安定しているが、それ以外のパターンは、いずれもパターンIよりも有意に不安定であることが明らかにされている。したがって、中心咬合位から側方へ2 mm滑走させた側方咬合位における咬合接触を避けるために、開閉口路を変化させようとしてパターンを変化させるものの、むしろそのパターンを獲得できないことによるものと考えられる。

本研究の結果と上記の横山ら⁹⁾の研究が明示しているように、平衡側の咬合接触は、咀嚼運動機能に影響を及ぼすと考えられる。これは、近年TMD(いわゆる顎関節症)に関連して平衡側の咬合接触が顎関節を保護する役割を果たしているか否かという論争^{49, 50)}に対し、機能的な面から1つの解答を提示しており、健常者に比較したTMD患者の平衡側の後方部の咬合接触歯率が有意に高い⁵¹⁾ことを加味すると、健常者の咬合の基準は、中心咬合位から側方へ2 mm滑走させた側方咬合位では、平衡側の咬合接触を避けなければならないといえる。

L1における咬合接触状態は、作業側では、I群とII群が他の群よりも少ない歯数に分布する傾向を示したものの、I群とIII群、II群とIII群の組合せ以外に有意差が認められず、平衡側でも、いずれの群も咬合接触がある傾向を示し、I群とII群、III群の組合せ以外に有意差が認められず、下顎切歯点が中心咬合位から側方へわずか1 mm滑走させた側方咬合位では、作業側と同時に平衡側でも咬合接触があることを示した。これは、咬合接触状態が、中心咬合位付近では、咀嚼により食物を切断、粉碎し、最終的な中心咬合位へ到達するために、必要な咬合力を加えるので、作業側と平衡側とのバランスを求められることによるものと推察される。

L3における咬合接触状態は、作業側では、いずれの群も少ない歯数に分布する傾向を示し、特にI群、II群、VI群、VII群が顕著であった。一方、平衡側では、いずれの群も咬合接触がなくなる傾向を示し、特にI群のすべての被験者で咬合接触がなく、L3, すなわち下顎切歯点を中心咬合位から側方へ3 mm滑走させた側方咬合位では、作業側の少数歯が接触するのみで、平衡側の咬合接触がなくなる傾向を示した。これは、側方へ3 mm

滑走させた側方咬合位が運動経路に関与しなくなることを意味するとともに、犬歯尖頭位や下顎切歯点を中心咬合位から側方へ3 mm 滑走させた側方咬合位は、運動経路のパターンを適切に反映していないという Yaffe と Ehrlich²¹⁾ の見解を十分支持できるものと考えられる。したがって、下顎切歯点を中心咬合位から側方へ3 mm 滑走させた側方咬合位における咬合接触状態の評価は、咬合型や咀嚼時の運動経路のパターンの識別にとって重要な意義がないものと考えられる。

V. 結 論

側方咬合位の咬合接触状態が咀嚼運動経路のパターンに及ぼす影響を明らかにする目的で、健康者60名における、チューインガム咀嚼時の下顎切歯点の運動経路と下顎切歯点を中心咬合位から側方へそれぞれ1 mm, 2 mm, 3 mm 滑走させた側方咬合位の咬合接触状態を記録し、咬合接触状態を側方咬合位間と咀嚼運動経路のパターン間で定量的に比較した。その結果、側方咬合位の咬合接触状態は、下顎切歯点を中心咬合位から側方へ滑走させた距離の差異によって変化し、また咀嚼運動経路のパターンの差異は、2 mm 滑走させた側方咬合位で明確であり、この側方咬合位の咬合接触状態の差異が咀嚼運動経路のパターンの差異に関連し、咀嚼運動機能に影響を及ぼしていることが示唆された。

稿を終るに臨み、ご協力いただいた日本歯科大学歯学部歯科補綴学第1講座の荒川一郎、横山正起両助手、ならびに雲野美香大学院生に感謝します。

なお、本論文の要旨は、日本顎口腔機能学会第29回学術大会（2002年12月）において発表した。

VI. 文 献

- 1) Ahlgren, J.: Mechanism of mastication, A quantitative cinematographic and electromyographic study of masticatory movements in children, with special reference to occlusion of the teeth, *Acta Odontol Scand*, 24 (Suppl 44) : 1-109, 1966.
- 2) Jemt, T., and Hedegård, B.: Reproducibility of chewing rhythm and of mandibular displacements during chewing, *J Oral Rehabil*, 9 : 531-537, 1982.
- 3) 長谷川成男：ヒトの咀嚼運動，東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編，咀嚼の話し，163-207，日本歯科評論社，東京，1983.
- 4) Hildebrand, Y.: Studies in mandibular kinematics, *Dent Cosmos*, 78 : 449-458, 1936.
- 5) Lord, F.P., and Hanover, N.H.: Movements of the jaw and how they are effected, *Int J Orthod Oral Surg*, 23 : 557-571, 1937.
- 6) Pröschel, P., and Hofmann, M.: Frontal chewing patterns of the incisor point and their dependence on resistance of food and type of occlusion, *J Prosthet Dent*, 59 : 617-624, 1988.
- 7) 秋山仁志，志賀 博，小林義典：咀嚼運動の機能的分析，正常者における前頭面でみた切歯点の経路のパターン，補綴誌，35 : 609-621，1991.
- 8) 芳賀景嗣，志賀 博，小林義典：咀嚼運動の機能的分析，正常者における各種食品咀嚼時の経路のパターン，補綴誌，35 : 907-918，1991.
- 9) 横山正起，志賀 博，小林義典：咀嚼運動の機能的分析，下顎切歯点の運動経路のパターンと運動の安定性との関係，補綴誌，42 : 790-802，1998.
- 10) 森本俊文：下顎位と下顎運動の調節機構（その2），下顎中枢神経系と顎反射，歯界展望，57 : 207-213，1981.
- 11) 中島邦久，志賀 博，小林義典：咀嚼運動経路のパターンの違いからみた各種食品咀嚼時の咀嚼筋活動，補綴誌，37 : 1246-1258，1993.
- 12) 小林義典：機能運動と咬合，石岡 靖，小林義典，長谷川成男ほか編，顎口腔機能分析の基礎とその応用，ME 機器をいかに臨床に活かすか，98-107，デントアルダイヤモンド社，東京，1991.
- 13) 相馬季世子，山田真一，日野絵里ほか：非作業側咬合干渉が咀嚼運動に及ぼす影響に関する研究，日顎誌，1 : 291-300，1989.
- 14) 中島久仁子，松尾浩一，沖本公繪ほか：非作業側コンタクトが咀嚼運動に及ぼす影響について，日顎誌，5 : 392-403，1993.
- 15) 小此木富美子，志賀 博，小林義典：咀嚼運動経路における中心咬合位付近の閉口路の違いからみた側方咬合位の接触状態，咀嚼誌，11 : 47-54，2001.
- 16) 上田奈穂子，志賀 博，小林義典：咀嚼運動経路の代表的な2種類のパターン間で比較した側方咬合位の咬合接触状態，補綴誌，45 : 690-699，2001.
- 17) 伊藤陽介，志賀 博，児玉秀夫ほか：実験的咬合干渉が咀嚼運動に及ぼす影響，第6報 前頭面における干渉付与前後の咀嚼パターンの変化，顎機能，7 : 165-170，1989.
- 18) 藍 稔，中野雅徳：顎口腔系の形態，機能に関する

- 臨床的調査, 第2報 咬合について, 補綴誌, 19: 385-390, 1975.
- 19) 藤井哲則: 正常有歯顎者における咬頭嵌合位とその付近の側方咬合位での咬合様式, 九州歯会誌, 37: 250-264, 1983.
- 20) 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎: 咀嚼運動に関する臨床的研究, 咬合様式との関連について, 補綴誌, 30: 806-816, 1986.
- 21) Yaffe, A., and Ehrlich, J.: The functional range of tooth contact in lateral gliding movements, *J Prosthet Dent*, 57: 730-733, 1987.
- 22) Koriath, T.W.P.: Analysis of working-side occlusal contacts, *Int J Prosthodont*, 3: 349-355, 1990.
- 23) Ingervall, B., Hähner, R., and Kessi, S.: Pattern of tooth contacts in eccentric mandibular positions in young adults, *J Prosthet Dent*, 66: 169-176, 1991.
- 24) 丸山 健: 下顎偏心位での咬合接触状態と切歯路, 顎路, 咀嚼筋活動について, 補綴誌, 35: 817-829, 1991.
- 25) 西 克師, 林 豊彦, 石岡 靖: 下顎運動の加齢による変化に関する研究, 第2報 側方滑走運動の解析, 補綴誌, 36: 434-442, 1992.
- 26) 小川隆広, 古谷野潔, 荻本多津生ほか: 側方偏心位における咬合接触状態, 咬頭嵌合位付近の接触様相, 顎機能誌, 4: 1-7, 1997.
- 27) Kahn, J., Tallents, R.H., Katyberg, R.W. et al.: Prevalence of dental occlusal variables and intraarticular temporomandibular disorders: Molar relationship, lateral guidance, and nonworking side contacts, *J Prosthet Dent*, 82: 410-415, 1999.
- 28) 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.
- 29) Gibbs, C.H., Messerman, T., Reswick, J.B. et al.: Functional movements of the mandible, *J Prosthet Dent*, 26: 604-620, 1971.
- 30) 桑原俊也: 咀嚼運動と顎関節異常の関連性に関する臨床的研究, 阪大歯学誌, 34: 64-105, 1989.
- 31) 住吉圭太, 小川隆広, 古谷野潔ほか: 前頭面・矢状面における切歯点と両側大白歯点の咀嚼運動パターン, 補綴誌, 41: 210-215, 1997.
- 32) 尾崎佳孝: 顎関節症にみられる顎運動異常に関する研究, 歯科学報, 83: 937-980, 1983.
- 33) 水井雅則, 鍋島史一, 平山雅一ほか: T-Scan システムからみた正常有歯顎者の側方滑走運動時における咬合接触, 補綴誌, 35: 715-722, 1991.
- 34) 家入美香, 沖本公繪, 中村美穂子ほか: 20歳代における歯のガイドと顎口腔機能異常との関連性について, 補綴誌, 36: 1241-1251, 1992.
- 35) 西田圭一, 古谷野潔, 水野幹生ほか: 習慣性側方滑走運動の安定性に関する研究, 補綴誌, 36: 621-628, 1992.
- 36) 川添堯彬, 田中昌博, 鍋島史一ほか: 咬合接触診査装置, T-Scan システム, 補綴臨床, 23: 502-510, 1990.
- 37) 渡辺 誠, 服部佳助: Dental prescale 50を用いた咬合診断とその臨床応用, 主に咬合力の強さを指標とした咬合診査法について, 歯界展望, 84: 109-126, 1994.
- 38) Agerberg, G., and Sandström, R.: Frequency of occlusal interferences: A clinical study in teenagers and young adults, *J Prosthet Dent*, 59: 212-217, 1988.
- 39) Halperin, G.C., Halperin, A.R., and Norling, B.K.: Thickness, strength, and plastic deformation of occlusal registration strips, *J Prosthet Dent*, 48: 575-578, 1982.
- 40) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164-200, 1962.
- 41) Beyron, H.: Occlusal relations and mastication in Australian aborigines, *Acta Odontol Scand*, 22: 597-678, 1964.
- 42) 加藤佳奈子, 松崎大助, 中野 環ほか: 咀嚼運動経路と側方限界運動経路の一致性について, 補綴誌, 42: 369-373, 1998.
- 43) Ingervall, B.: Tooth contacts on the functional and non-functional side in children and young adults, *Arch Oral Biol*, 17: 191-200, 1972.
- 44) 小川隆広, 古谷野潔, 築山能大ほか: 側方滑走運動時の平衡側臼歯部離開に関する運動論的, 形態学的解析, 補綴誌, 39: 989-994, 1995.
- 45) 三橋博之, 志賀 博, 小林義典: 側頭下顎障害患者における咀嚼運動経路のパターンと安定性, 咀嚼誌, 11: 55-63, 2001.
- 46) Scaife, R.R., and Holt, J.E.: Natural occurrence of cuspid guidance, *J Prosthet Dent*, 22: 225-229, 1969.
- 47) Goldstein, G.R.: The relationship of canine-protected occlusion to a periodontal index, *J Prosthet Dent*, 41: 277-283, 1979.
- 48) 西川啓介: 顎運動と咀嚼筋活動に及ぼす咬合接触の影響, 補綴誌, 33: 822-835, 1989.
- 49) Minagi, S., Watanabe, H., Sato, T. et al.: The relationship

- between balancing-side occlusal contact patterns and temporomandibular joint sounds in humans: Proposition of the concept of balancing-side protection, J Craniomandib Disord, 4 : 251-256, 1990.
- 50) Christensen, L.V., Donegan, S.J., and McKay, D.C.: Mediotrusive tooth guidance and temporomandibular joint sounds in non-patients and patients, J Oral Rehabil, 23 : 686-698, 1996.
- 51) 石川 忠, 佐藤哲郎, 小林義典: 咀嚼系機能障害患者の咬合に関する臨床的研究, 第3報, 補綴誌, 28 : 123-124, 1984.