原 著

側方咬合位の接触要素と筋活動との関連性に関する研究

第1報, 側方咬合位の接触要素について

篠ヶ谷 龍 哉 馬 場 一 美* 秋 重 智 司*

崎 間 徹 松 元 誠

東京医科歯科大学大学院歯学研究科生体機能制御歯科学専攻顎顔面機能統合評価学講座 (主任: 松元 誠教授)

*東京医科歯科大学歯学部歯科補綴学第1講座 (主任: 藍 稔教授)

(1995年3月30日 受付)

Study on Relationship between Anterior Components of Lateral Occlusion and Muscle Activity Part 1. Anterior Components of Lateral Occlusion

Tatsuya Shinogaya, Kazuyoshi Baba*, Satoshi Akishige*, Tooru Sakima and Makoto Matsumoto

Department of Maxillo-facial Rehabilitation, Division of Life Science of Maxillo-facial Systems,
Graduate School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director : Prof. Makoto Matsumoto)

*The First Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director : Prof. Minoru Ai)

a) Angle of frontal and horizontal inclination b) position c) numbers and d) area of the contact points at several lateral occlusions which have different distances from the intercuspal position (ICP) were examined on 12 normal subjects to suggest the normal form of lateral occlusion. Each lateral contact point was different due to the LED jaw tracing device with which the angle was measured, and the position, numbers and the area were measured using black silicon methods.

The results were as follows :

1. On the angle of frontal inclination, 70% of the subjects showed 25-45 degrees, and especially at the canine's edge to the edge lateral position (EDGE position), C. P. group and G. F. group had significantly different frontal angles. The angle of horizontal inclination had a negative correlation to the frontal inclination, 70% of the subjects showed 20-35 degrees for this angle.

2. The angle of frontal and horizontal inclination was not affected by the balancing contacts.

3. At a 2 mm lateral position from the ICP, the correlation between the angle of frontal inclination with the numbers and area of lateral occlusal contact was more negative than that at another lateral position.

I. 緒 言

咀嚼運動は、個人および食性によってそのパターンは異なるが、リズムカルに形成された周期性の運動であることが特徴的である¹⁾。機能制御システムにおいて中枢に対しての末梢を考える場合、咬合接触は末梢入力による反射を通じて咀嚼運動のリズム形成と密接な関係があるため、咀嚼機能を評価していくうえで咬合接触状態を考慮していく必要性が生じる。円滑な咀嚼運動は、咬頭嵌合位に近い部分では側方滑走運動をするものが数多くみられ、そのためこれまでに側方滑走運動路と咀嚼運動に関する研究報告は数多くなされている²⁻⁵⁾。運動時の筋活動との関連性に関しても、側方位での咬合接触状態を変化させた時の滑走運動⁶⁾や咀嚼運動⁷⁾に関する報告がなされている。本論文では、側方咬合位の接触要素として、1)前頭面および水平面投影角、2)側方咬合位での咬合接触部位、3)側方咬合位での咬合接触点数および4)側方咬合位での咬合接触面積の4項目を指標とし、かみしめ時の筋活動との関連性を調べることにより、側方位における正常像を把握し、咬合再構成時の一助となることを目的としている。第1報においては、側方咬合位の接触要素についての計測結果を報告する。

II. 研究方法

1. 被験者

本実験の調査、対象となった被験者は顎口腔系に異常を認めない正常有歯顎者12名(すべて男性、平均年齢28歳)である。表1には、上下顎犬歯の尖頭が一致する左右側方位の咬合接触部位と咬頭嵌合位からの水平変位量とを表す。

2. 実験方法

1) 咬頭嵌合位と各側方位における下顎の同定
サホンビジットレーナー(東京歯材社)を用いて切歯点前方10mmに設けた測定点について下顎の左右側方滑走運動を記録し、側方滑走運動路上で咬頭嵌合位(IP)より水平変位量が約1mmの左右側方位(1mm側方位:R1, L1)、約2mmの

左右側方位(2mm側方位:R2, L2)、および上下顎犬歯の尖頭と尖頭が一致する左右側方位(EDGE側方位:RE, LE)の3種の異なる側方位で下顎を同定した(図1)。EDGE側方位の水平変位量が2mm前後あるいは2mm以下の場合(Sub. No.3の左右側方位, Sub. No.4の右側方位, Sub. No.5の左側方位, Sub. No.11の左右側方位, Sub. No.12の左側方位)には計測対象となる側方位は1mm側方位とEDGE側方位の2種類とした。

被験者を歯科用治療椅子にかけさせ、FH平面が床とほぼ水平となるように頭位を調節した。サホンビジットレーナーは、そのヘッドバンドがFH平面とほぼ平行になるように各被験者に装着され、前頭面投影用のアームと受光部をヘッドバンドに固定し、タッピング時の開閉運動路がモニターの垂直軸とほぼ平行になっているのを確認した後、左右側方滑走運動路を3回ずつ記録した。前頭面での記録後、アームを水平面投影用に変更し、前方運動路がモニターの垂直軸とほぼ平行になるように受光部を調節後、同様に左右側方滑走運動路を記録した。両投影とも毎回、IP, R1, L1, R2, L2, RE, LEでサホンビジットレーナーのアームをセットし各顎位への下顎の同定を行った。サホンビジットレーナーからの信号はデジタルレコーダー(東京歯材社製 CMT-2)に記録した。

2) 咬頭嵌合位と各側方位での咬合接触状態の記録

水平面投影上で同定された咬頭嵌合位および各側方位での咬合接触状態をブラックシリコーン(ジーシー社製 バイトチェッカー)を用いて記録した。

咬頭嵌合位と各側方位に下顎が位置した時にアラームが鳴るため各被験者は同定された各顎位を聴覚的に認識できるようになっている。さらに被験者にはサホンビジットレーナーのモニターをみせながら同定された各顎位に閉口できるようになるまで数回練習した後、ブラックシリコーンを盛ったバイトトレーを口腔内に挿入し、各顎位へと閉口させ、サホンビジットレーナーのアラームが鳴る

表1 被験者の左右側方位の咬合接触部位と咬頭嵌合位からの水平変位量

被験者	年齢	右 側 方 位		左 側 方 位	
		咬合接触部位	変位量	咬合接触部位	変位量
Sub. No. 1	33	$\frac{3}{3}$	5.74 mm	$\frac{3}{3}$	5.39 mm
Sub. No. 2	26	$\frac{3}{3}$	3.28 mm	$\frac{3}{3}$	4.10 mm
Sub. No. 3	25	$\frac{7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 1}{7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 1}$	1.53 mm	$\frac{2\ 3\ 4\ 7}{2\ 3\ 4\ 7}$	1.77 mm
Sub. No. 4	28	$\frac{7\ 6\ 5\ 3}{7\ 6\ 5\ 3}$	1.88 mm	$\frac{3\ 4\ 6\ 7}{3\ 4\ 6\ 7}$	3.28 mm
Sub. No. 5	27	$\frac{4\ 3}{4\ 3}$	2.46 mm	$\frac{7}{7} \mid \frac{3\ 7}{3\ 7}$	1.88 mm
Sub. No. 6	28	$\frac{4\ 3}{4\ 3} \mid \frac{7}{7}$	3.40 mm	$\frac{3\ 4}{3\ 4}$	3.29 mm
Sub. No. 7	30	$\frac{6\ 5\ 4\ 3}{6\ 5\ 4\ 3}$	3.16 mm	$\frac{3\ 4\ 6}{3\ 4\ 6}$	2.70 mm
Sub. No. 8	32	$\frac{5\ 4\ 3}{5\ 4\ 3} \mid \frac{6\ 7}{6\ 7}$	2.34 mm	$\frac{7}{7} \mid \frac{2\ 3\ 4\ 5}{2\ 3\ 4\ 5}$	2.81 mm
Sub. No. 9	28	$\frac{3}{3}$	2.93 mm	$\frac{3}{3}$	3.16 mm
Sub. No.10	28	$\frac{3}{3}$	3.51 mm	$\frac{3}{3}$	3.40 mm
Sub. No.11	23	$\frac{7\ 6\ 4\ 3\ 2\ 1}{7\ 6\ 4\ 3\ 2\ 1} \mid \frac{7}{7}$	2.11 mm	$\frac{3\ 4\ 6}{3\ 4\ 6}$	1.99 mm
Sub. No.12	30	$\frac{4\ 3\ 2\ 1}{4\ 3\ 2\ 1}$	3.29 mm	$\frac{7}{7} \mid \frac{3\ 4}{3\ 4}$	2.12 mm

ことを確認し、ブラックシリコンが硬化するまでの間約1分間下顎を保持させた。

ブラックシリコンの採得に際しては基準平面として咬合平面をブラックシリコン上に可及的に示すためにバイトトレイ(ヤマウラ社製 前歯用 K 型バイトトレイ)を修整し、そのフレーム上に

透明なシート(サランラップ)をはさみ、その上にメーカー指示に従い練和されたブラックシリコンを盛り上げ口腔内に挿入した。接触状態の記録中はサホンビジットレーナーのモニター上で下顎の前後方向への偏位がないことを確認した。

図1 各顎位の同定

3. 測定結果の分析

1) 側方滑走運動路上の各側方位の傾斜角 (図2)

デジタルレコーダーより X-Y プロッター (渡辺測器社製) 上に再生された前頭面と水平面での左右側方滑走運動路上には、アラームをセットした咬頭嵌合位と各側方位がポイントされている。同時に印刷表示された各アラームポイントの XY 座標の値より咬頭嵌合位と各側方位を結んだ線が水平軸となす角度を算出し、3 回分の平均値を各側方位の投影角の代表値とした。

2) 各顎位での歯の接触状態

咬頭嵌合位および各側方位で採得されたブラックシリコンの分析には画像解析装置 (浜松ホトニクス社製 PLAM SYSTEM C 2235) を用いた。接触を規定するためのブラックシリコンの資料片は、ガラス練板上に敷かれたサランラップ上にメーカー指示に従い練和されたブラックシリコンを盛り上げ、そこに直径 30 mm の鉄球をおいて作成した (図3)。幾何学的計算により、ブラックシリコンの厚さが 30 μ m の時にその円の面積は 2.823 mm² になるため、この資料片を画像解析装置にかけ、モニター上に現れる円の面積が

START	X = -01.52mm	Y = +07.73mm
STOP	X = -01.64mm	Y = +07.85mm
P1	X = -01.52mm	Y = +07.73mm
P2	X = -01.64mm	Y = +07.85mm
ALARM 1	X = -01.76mm	Y = +07.73mm
2	X = -02.70mm	Y = +07.38mm
3	X = -03.52mm	Y = +07.03mm
4	X = -04.22mm	Y = +06.91mm
5	X = -00.23mm	Y = +07.27mm
6	X = +00.70mm	Y = +06.91mm
7	X = +01.29mm	Y = +06.68mm

START	X = -01.88mm	Y = +07.62mm
STOP	X = -00.12mm	Y = +05.98mm
P1	X = -01.88mm	Y = +07.62mm
P2	X = -00.12mm	Y = +05.98mm
ALARM 1	X = -01.76mm	Y = +07.73mm
2	X = -03.16mm	Y = +06.56mm
3	X = -03.98mm	Y = +05.74mm
4	X = -05.04mm	Y = +05.04mm
5	X = -00.59mm	Y = +06.33mm
6	X = +00.47mm	Y = +05.63mm
7	X = +01.29mm	Y = +05.04mm

図2 各側方位の投影角の算出

2.82 mm²になるように光線透過率を調整し、厚さ 30 μ m 未満のブラックシリコンで光線を透過するように初期設定した。初期設定後、各顎位より採得されたブラックシリコンを画像解析装置にかけモニター上に表示された領域を接触とみなし、以下の定義に従い咬合接触点数、咬合接触面積、咬合接触部位を記録した。接触とみなされた領域をその大きさや形状に関係なく 1 点としてその領域の数をカウントし、咬合接触点数とした。

図3 ブラックシリコンの資料片

また、接触とみなされた領域の面積を咬合接触面積とし、モニター上に表れた接触状態とブラックシリコンを直接比較しながら咬合接触している歯を決定し咬合接触部位とした。

3) 統計処理

得られた標本に対して、標本の母分散が等しい場合は student's t-test, 母分散が異なる場合は welch's t-test により、各標本の平均値の差の検定を行った (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)。

III. 研究結果

1. 各側方位の投影角 (表2)

今回の被験者の各側方位での前頭面投影角は、R1で約14~57度、R2で約17~52度、REで約15~46度、L1で約25~57度、L2で約17~57度、LEで約15~50度の値を示し、投影角の値の分散は各側方位間で大きな差はみられなかった。水平面投影角については、R1で約19~45度、R2で約22~46度、REで約18~42度、L1で約17~49度、L2で約18~42度、LEで約19~47度の値を示し、前頭面同様、投影角の値の分散は各側方位間で大きな差はみられなかった。前頭面投影角の値は約35度前後の幅を示しているのに対

図4 前頭面および水平面投影角の度数分布

表 2 各側方位の前頭面および水平面投影角 (単位: 度)

a. 前頭面投影						
被験者 No.	R 1	R 2	RE	L 1	L 2	LE
01	39.60	40.04	38.13	38.71	39.33	36.19
02	50.82	51.99	46.03	56.54	57.33	48.10
03	36.82		33.40	38.00		31.78
04	40.41		33.37	35.84	35.34	35.14
05	45.36	43.46	41.43	54.26		49.86
06	35.11	36.42	32.75	34.84	37.63	30.79
07	13.75	16.51	14.55	24.58	17.43	14.53
08	26.08	30.45	28.68	28.92	29.01	27.49
09	41.57	41.49	35.76	46.31	50.79	46.07
10	39.89	41.87	39.36	47.11	43.28	41.41
11	26.57		28.11	37.13		33.75
12	37.71	34.46	27.41	35.02		30.89
b. 水平面投影						
被験者 No.	R 1	R 2	RE	L 1	L 2	LE
01	31.03	29.37	29.83	36.71	32.98	29.49
02	44.85	45.64	42.04	43.19	42.24	37.54
03	35.32		31.19	32.11		28.62
04	23.11		23.57	29.33	25.31	26.57
05	41.53	35.13	36.49	49.11		47.38
06	19.32	24.98	21.43	34.07	30.16	31.5
07	29.1	27.68	24.98	22.36	21.24	20.49
08	24.11	29.22	30.42	23.91	18.6	19.2
09	29.33	30.16	29.82	36.67	34.45	30.67
10	20.42	21.69	18.43	16.73	18.43	19
11	21.89		25.42	26.57		25.28
12	30.33	28.11	26.4	21.89		21.24

して、水平面では値の幅が約 26 度前後であり、前頭面に比べて約 10 度程度狭い範囲内でその値はばらついている。

側方位を左右側で区別せず、作業側でデータをまとめ、投影角の度数分布を各側方位ごとにまとめた (図 4)。前頭面投影 (図 4 a) では各側方位とも 25~45 度の範囲内に投影角の値は集中しており (1 mm: 16 例 (67%), 2 mm: 12 例 (71%), EDGE: 18 例 (75%)), さらにその範囲を 25~35 度と 35~45 度に分けて各側方位ごとに比較する

と、1 mm (1), 2 mm 側方位 (2) では 35~45 度グループが全体の半数近くを占めているのに対し EDGE 側方位 (3) では約 30% に下がり、25~35 度グループが全体の半数近くを占めている。また、1, 2 mm 側方位では投影角が 50 度を越えるケースが 3 例ずつみられるが、EDGE 側方位では 50 度を越えるケースはみられず、EDGE 側方位での分布状態は 1, 2 mm 側方位に比べてその値がやや小さくなっている。図 4 b は、各側方位間の前頭面投影角の差の度数分布を表している。2 mm-1

mm 間の差(1)は 0～2 度グループを中心に分布しているが、EDGE-1 mm 間の差(3)はその分布の中心が負の方向にずれ、-6～-4 度グループを中心に分布している。また、EDGE-2 mm 間の差(2)は全被験者とも負の値を示している。これらより、側方滑走運動路の前頭面投影は、咬頭嵌合位より 2 mm 以内ではほぼ直線的な経路を示すものの、2 mm を越えて EDGE 側方位に近づくにつれその運動経路の傾斜は緩くなり、全体的には下方に凸状の経路を示す傾向があるものと思われる。

水平面投影 (図 4 c) に関しては、1 mm 側方位(1)では分布のピークは 20～25 度グループにみられるが、25～45 度の間でも一様に分布している。2 mm (2), EDGE (3)側方位では 25～30 度グループを中心に分布し、20～35 度の範囲に投影角の値は集中している。(2 mm: 12 例(71%), EDGE: 17 例(71%)) 各側方位とも投影角の値はほぼ同じような分布状態を呈し、前頭面で観察されたような側方位間での差はみられなかった。各側方位間の水平面投影角の差 (図 4 d) については、2 mm-1 mm 間(1), EDGE-2 mm 間(2)は、-4～2 度の範囲にその値は集中しており、その結果として EDGE-1 mm 間(3)では -6～0 度の範囲に値が集中している。これらより、側方滑走運動路の水平面投影は、ほぼ直線的な経路を示すか、あるいは咬頭嵌合位からの水平変位量が大きくなるにつれわずかではあるが、その運動経路の傾斜は緩くなり後方に凸状の経路を示す傾向があるものと思

われる。

各側方位を作業側ごとにデータをまとめ、前頭面投影角と水平面投影角の間の相関を求めたところ(図 5), 各側方位とも 0.6 前後の正の相関を示し、側方位間での違いはみられず、前頭面投影での滑走運動路の傾斜が急になると水平面投影ではその運動路は後方に傾斜し、いわゆるゴシックアーチの半角は狭くなる傾向がみられた。

2. 各側方位の接触状態

側方位における接触部位を簡略化するために、前歯での接触を A, 犬歯での接触を C, 小白歯での接触を P, 大臼歯での接触を M として表すと本研究における被験者の作業側の接触部位は、C, CP, CAP, CM, CAM, CPM, CAPM の 7 種類、平衡側の接触部位は接触なし(-), M, PM の 3 種類に限られた。

側方での作業側の接触部位について犬歯(C), 小白歯(P), 大臼歯(M)の発現頻度を調べると(表 3 a), 犬歯(C)は全被験者ともすべての側方位で接触がみられ、小白歯(P)の接触がみられたのは 1 mm 側方位(R 1 作業側と L 1 作業側)で 20/24 例(83%), 2 mm 側方位(R 2 作業側と L 2 作業側)で 11/17 例(65%), EDGE 側方位(RE 作業側と LE 作業側)で 15/24 例(63%)であった。また、大臼歯(M)は 1 mm 側方位で 20/24 例(83%), 2 mm 側方位で 6/17 例(35%), EDGE 側方位で 9/24 例(38%)であった。各側方位ごとについて比較すると 1 mm 側方位では小白歯, 大臼歯ともかなり高い頻度で接触がみられるが、2 mm 側方位

図 5 各側方位での前頭面投影角と水平面投影角の相関

表 3 IP と各側方位の咬合接触部位 (a) 接触点数 (b) 接触面積 (C)

a. 各顎位の咬合接触部位

Sub. No.	IP	R1 作業側	R1 平衡側	R2 作業側	R2 平衡側	RE 作業側	RE 平衡側	L1 作業側	L1 平衡側	L2 作業側	L2 平衡側	LE 作業側	LE 平衡側
001	7-1 13-7	CP	-	CP	-	C	-	CPM	-	CPM	-	C	-
002	7-3 13-7	CP	M	CP	M	C	-	CP	M	C	M	C	-
003	7-2 3-7	CAPM	PM	-	-	CAPM	-	CAPM	PM	-	-	CAPM	-
004	7-31 1-7	CAM	PM	-	-	CPM	-	CAPM	-	CM	-	CPM	-
005	7-532 2-7	CP	M	CP	-	CP	-	CPM	M	-	-	CM	M
006	7-2 3-7	CPM	PM	CP	M	CP	M	CPM	PM	CP	M	CP	-
007	7-3 3-7	CPM	PM	CPM	-	CPM	-	CPM	-	CPM	-	CPM	-
008	7+7	CAPM	PM	CPM	M	CP	M	CAPM	M	CPM	M	CAP	M
009	7+7	CM	-	C	-	C	-	CM	M	C	-	C	-
010	7-3 3-7	CM	M	C	M	C	-	CPM	PM	C	-	C	-
011	7+7	CAPM	M	-	-	CAPM	M	CAPM	M	-	-	CPM	-
012	7-3 3-7	CPM	M	CAP	M	CAP	-	CPM	M	-	-	CP	M

b. 各顎位の総接触点数

Sub. No.	IP	R1 作業側	R1 平衡側	R2 作業側	R2 平衡側	RE 作業側	RE 平衡側	L1 作業側	L1 平衡側	L2 作業側	L2 平衡側	LE 作業側	LE 平衡側
001	26	2		2		1		6		7		1	
002	23	3	3	2	1	1		5	1	1	1	1	
003	22	8	3			7		12	5			6	
004	29	8	7			7		14		5		5	1 mm 側方位
005	26	3	1	5		4		6	1			2	2
006	23	4	2	2	1	2	1	5	3		3	3	
007	22	10	4	6		5		9		6		5	
008	32	9	3	7	3	4	2	9	3	5	1	5	1
009	27	3		1		1		3	1	1		3	
010	24	3	2	1	1	1		9	8	1		1	
011	22	7	5			7	1	10	3			5	
012	12	5	1	4	1	4		3	1			2	1
平均	24.00	5.42	3.10	3.33	1.40	3.67	1.33	7.58	2.89	3.63	1.00	3.25	1.33
標準偏差	4.90	2.81	1.85	2.24	0.89	2.46	0.58	3.48	2.37	2.45	0.00	1.86	0.58

c. 各顎位の総接触面積 (単位: mm²)

Sub. No.	IP	R1 作業側	R1 平衡側	R2 作業側	R2 平衡側	RE 作業側	RE 平衡側	L1 作業側	L1 平衡側	L2 作業側	L2 平衡側	LE 作業側	LE 平衡側
001	42.92	2.10		2.29		1.26		9.30		5.35		2.28	
002	41.03	3.86	0.76	2.14	0.68	0.42		2.83	0.66	0.53	0.36	0.52	
003	42.75	13.53	2.05			14.79		11.24	3.78			9.16	
004	48.67	11.94	10.48			9.96		13.10		7.74		8.19	
005	52.21	2.27	1.37	2.91		5.03		5.99	0.25			4.22	0.54
006	45.50	2.01	1.25	1.98	1.27	1.53	1.71	6.98	9.32	2.33	1.20	3.82	
007	38.50	14.90	5.60	10.00		11.10		7.70		6.20		5.10	
008	49.60	5.50	2.00	3.60	1.70	2.34	1.50	7.40	5.60	4.80	3.80	3.50	3.20
009	42.90	3.92		2.10		1.10		3.80	1.40	1.00		0.40	
010	36.61	3.03	2.78	1.34	0.46	1.59		10.18	11.47	1.60		1.03	
011	39.21	11.19	6.97			9.80	4.94	11.72	4.29			6.53	
012	36.80	6.94	1.87	4.87	0.60	4.45		5.19	1.05			2.94	0.73
平均	43.06	6.77	3.51	3.47	0.94	5.28	2.72	7.95	4.20	3.69	1.79	3.97	1.49
標準偏差	5.09	4.81	3.16	2.66	0.52	4.87	1.93	3.23	3.99	2.68	1.79	2.86	1.48

と EDGE 側方位での発現頻度は 1 mm 側方位に比べると減少し、特に大臼歯の接触は 1 mm 側方位の半数以下になった。また、2 mm 側方位と EDGE 側方位での小臼歯と大臼歯の接触はほぼ同じ頻度で現れている。

以上のように咬頭嵌合位からの水平変位量が大きくなるにつれ後方歯群の接触が減少し、この傾向は各側方位の作業側の総接触点数にも現れており、2 mm, EDGE 側方位での総接触点数の平均値は 1 mm 側方位の約 1/2 であった (表 3 b)。総接

触面積にも同様の傾向がみられるものの、EDGE側方位での作業側の総接触面積は1mm側方位よりは小さな値を示しているが、2mm側方位よりはやや大きな値を示した(表3c)。側方位での平衡側の接触部位を各側方位ごとに比較すると、1mm側方位では19/24例(79%)で咬合接触がみられ、そのうち8例では小臼歯での接触があった。2mm側方位では8/17例(47%)、EDGE側方位では6/24例(25%)で平衡側接触がみられ、いずれも大白歯のみに限られていた(表3a)。すなわち、咬頭嵌合位からの水平変位量が大きくなるにつれて、平衡側接触の発現頻度は徐々に減少していった。

この傾向は各側方位の平衡側の総接触点数と総接触面積にも表れており、1mm側方位の総接触点数と総接触面積の平均値は、2mm、EDGE側方位に比べて大きな値を示している。2mm側方位とEDGE側方位を比較すると総接触点数の平均値は約1.3でほぼ同じ値を示しているが、総接触面積の平均値はEDGE側方位のほうがやや大きな値を示した(2mm: 1.26 mm², EDGE: 2.11 mm²) (表3b, c)。

側方位の作業側における接触部位を犬歯のみが接触している場合(C群)、小臼歯の接触を含んでいる場合(P群: CP, CAP)、大白歯の接触を含む場合(M群: CM, CAM, CPM, CAPM)の3群に分類し、各群の作業側の総接触点数と総接触面積の平均値と標準偏差を算出すると(図6)、総接触点数、総接触面積の両者ともC群とP群については側方位間で差はみられず各側方位ともC:Pはほぼ1:3の割合を示している。M群については、側方位間で差があり、総接触点数では1mm側方位と2mm、EDGE側方位との間に有意な差(*)がみられ、C:Mは1mm側方位で約1:8であるのに対し、2mm、EDGE側方位では約1:6であった。また、総接触面積に関しては、1mm、EDGE側方位と2mm側方位との間に有意な差(**)がみられ、C:Mは1mm、EDGE側方位では約1:9であるのに対し、2mm側方位では約1:6であった。表3b, cからは、作業側の

a. 総接触点数

b. 総接触面積

図6 接触部位と総接触点数(a), 総接触面積(b)の関係

図7 接触部位と前頭面投影角との関係

総接触点数については1mm側方位がその他の側方位より大きな値を示し、総接触面積については2mm側方位がその他の側方位より小さな値を示し、側方位間で差があったが、この差はM群にみられた側方位間の差に起因するものと思われる。

3. 投影角と接触状態との関係

1) 投影角と接触部位

側方位の作業側での接触部位をC, P, M群の3群に分けた際の各群と前頭面投影角との関係を図7に示す。側方位ごとに観察すると、1mm側方位(R1作業側とL1作業側)ではP群とM群の間には有意な差(*)があった。1mm側方位のP群の前頭面投影角の信頼区間(95%)は 48.08 ± 7.27 度であり、M群の前頭面投影角の信頼区間(95%)は 34.40 ± 4.56 度で、40度付近の前頭面投影角が1mm側方位でのP群とM群の境界となっている。2mm側方位(R2作業側とL2作業側)ではC, P群間に差はなかったが、C群とM群との間(**), P群とM群との間(*)に有意な差があった。2mm側方位におけるC, P群の前頭面投影角の信頼区間(95%)は 43.52 ± 4.19 度であり、M群は 26.55 ± 8.41 度で37度前後の投影角が2mm側方位でのC, P群とM群との境界となっている。EDGE側方位ではP, M群間に差はみられなかったが、C群とP, M群との間に有意な差(1%)があった。EDGE側方位(RE作業側

とLE作業側)におけるC群の前頭面投影角の信頼区間(95%)は 41.38 ± 3.33 度で、P, M群は 29.60 ± 3.58 度で35度前後の投影角がEDGE側方位でのC群とP, M群との境界となっている。また、各群ごとに観察すると、C群とM群では側方位間での差はなかったが、P群では1, 2mm側方位とEDGE側方位との間に有意な差(*)があり、その平均値だけで比較するとEDGE側方位のP群は2mm側方位のP群より約10度投影角は小さかった。

各群と水平面投影角との関係を各側方位ごとに観察していくと(図8), 1mm側方位ではP群とM群との間で有意な差(*)があり、P群の水平面投影角の信頼区間(95%)は 40.15 ± 6.10 度で、M群の水平面投影角の信頼区間(95%)は 28.30 ± 3.96 度であった。2mm側方位とEDGE側方位についてはC, P, M群の間で差はみられず、各群の水平面投影角の信頼区間(95%)を算出するとC群は 29.51 ± 4.17 度、P群は 29.23 ± 4.24 度、M群は 25.83 ± 2.28 度でありC, P, Mの3群の信頼区間は 28.19 ± 2.14 度であった。また、各群ごとに観察するとC群とM群では側方位間での差はなかったが、P群では1mm側方位と2mm, EDGE側方位との間で有意差(*)があり、その平均値は1mm側方位で約10度大きな投影角を示し、前頭面と同じ傾向がみられた。

平衡側接触がある場合(BC(+))とない場合

図8 接触部位と水平面投影角との関係

図9 平衡側接触(BC)。有(+)/無(-)での前頭面、水平面投影角

図 10 総接点数。総接触面積と投影角との相関

(BC(-))とで前頭面および水平面投影角の大きさを各側方位ごとに比較すると(図9), 1, 2 mm, EDGEの3側方位ともBC(+)とBC(-)の

投影角の平均値に有意な差はなかった。BC(+)について観察すると, 前頭面, 水平面ともEDGE側方位での投影角の平均値は有意な差はないものの

表 4 総接触点数, 総接触面積と各投影角との相関係数値

		前頭面投影角	水平面投影角
1 mm 側方位	総接触点数	-0.4245	-0.2527
	総接触面積	-0.4631	-0.2128
2 mm 側方位	総接触点数	-0.6922	-0.1662
	総接触面積	-0.7958	-0.3001
EDGE 側方位	総接触点数	-0.5402	-0.2215
	総接触面積	-0.467	-0.1055

1, 2 mm 側方位よりもやや小さな値を示した。

2) 総接触点数と投影角

表 4, 図 10 a に作業側の総接触点数と前頭面, 水平面投影角との相関を各側方位ごとに表した。総接触点数と前頭面投影角に関しては, 2 mm 側方位で最も高い負の相関を示し, 1 mm 側方位の相関係数値とは $p < 0.05$, EDGE 側方位の相関係数値とは $p < 0.10$ で有意な差があった。総接触点数と水平面投影角に関しては, 各側方位ともその相関係数値は低く, 側方位間での差はなかった。

3) 総接触面積と投影角

表 4, 図 10 b に作業側の総接触面積と前頭面, 水平面投影角との相関を各側方位ごとに表した。総接触点数と同様に, 2 mm 側方位で最も高い負の相関を示し, 1 mm, EDGE 側方位とは有意な差 (*) があった。水平面投影角に関しては各側方位とも相関係数値は低く, 総接触点数と同様, 側方位間での差はなかった。

IV. 考 察

1. 研究方法について

本実験では, 下顎位の同定と同定された各側方位の投影角の算出にサホンビトレナーを用いた。近年顎運動の計測装置に関しては精度が高く多次元に及ぶ分析が可能なものが考案されている⁸⁻¹⁰⁾が, 本実験では下顎を位置の異なる側方位に同定する必要があるため測定に際しては, 位置の違いを識別可能な高い精度と同定された各側方位を再現可能な機能が要求されると考えサホンビトレナーを使用した。サホンビトレナー

ナーの最小読み取り精度はほぼ $250 \mu\text{m}$ であり, 各側方位とも $\pm 250 \mu\text{m}$ の誤差が生じるが EDGE 側方位の咬頭嵌合位からの水平変位量が 2 mm 前後の被験者については 2 mm 側方位を削除しているため, 本実験での各側方位はすべて異なる位置であるものと思われる。各側方位の投影角の信頼性に関しては, 川口¹¹⁾の報告にあるように LED (発光素子) と PSD (受光素子) の位置関係を変化させた時の投影角に与える影響は 2 度以内であり, EDGE 側方位での下顎の開口量は 10 mm 以内であることを考慮すれば本実験の計測結果に与える影響はほとんどないものと思われる。

2. 各側方位の投影角について

本実験で調査対象とした被験者の側方位における前頭面投影角の値は約 14~57 度の範囲内であり, 被験者間での差は大きいものの左右側を合わせて各側方位ごとの平均を算出すると 1 mm 側方位が 37.96 ± 9.69 度 ($n=24$), 2 mm 側方位が 38.05 ± 10.81 度 ($n=17$), EDGE 側方位が 34.37 ± 8.93 度 ($n=24$) であり, 従来の報告^{2,12,13)}とはほぼ同じ値を示した。滑走運動経路について, 藍²⁾, 川口¹⁴⁾, 山口¹⁵⁾は咬頭嵌合位から側方に向かって徐々にその傾斜角度は緩くなり, 3 mm 前後あるいは上下顎犬歯の尖頭が一致する直前付近からさらにその傾斜度は緩くなると報告している。各側方位での前頭面投影角の度数分布状態と前頭面投影角の側方位間の差の度数分布状態からも同様の結果が表れており, EDGE 側方位での前頭面投影角は 1, 2 mm 側方位に比べてやや小さな値を示した。

水平面投影に関しては、角度の値の範囲は約 26 度で前頭面に比べ被験者間の差は小さかった。各側方位ごとの平均を算出すると 1 mm 側方位が 30.12 ± 8.69 度 ($n=24$)、2 mm 側方位が 29.14 ± 7.52 度 ($n=17$)、EDGE 側方位が 28.21 ± 7.29 度 ($n=24$) であった。今回、基準平面を FH 平面としたがカンペル氏平面を基準にしている報告¹²⁾もあり、その値と比較すると約 15 度程度運動路の傾斜は急になったが、この違いは投影方向の差に起因するものと思われる。しかし、前頭面投影角と水平面投影角との相関係数値は、1 mm 側方で 0.58、2 mm 側方位で 0.63、EDGE 側方位で 0.60 の値を示し近藤ら¹⁶⁾の 0.33、森¹²⁾の 0.74 の中間の値を示し、その回帰直線の傾きは 1、2 mm、EDGE 側方位でそれぞれ 0.52、0.43、0.48 で森¹²⁾とほぼ同じ値を示し、基準平面の違いが両投影角の関係に影響を与えてはいないものと思われる。

3. 側方位の接触状態について

藍、中野¹⁷⁾は側方位における作業側の咬合接触状態のうち、犬歯のみの接触は 14.6% であったと報告している。そのため、本実験での被験者の抽出にあたっては基本統計量の算出のために EDGE 側方位で犬歯のみの接触している正常有歯顎者を可及的に選択した。それでも、1 mm 側方位では、作業側で犬歯の咬合接触が 80% の割合で観察され、犬歯のみの咬合接触は 1 例もなかった。一方、2 mm、EDGE 側方位では作業側で犬歯のみの接触していたのはそれぞれ 6/17 例 (35%) と 8/24 例 (33%) で比較的多い割合となった。

接触点数と接触面積に関しては、ブラックシリコン法により口腔内より採取したブラックシリ

コンの厚さが 30 μm 未満を接触とみなして計測した。作業側の総接触点数は 2 mm、EDGE 側方位で平均すると約 3.5 点程度であり、総接触面積は約 4.0 mm^2 程度で、計測方法や咬合接触面間距離の違いにより従来の報告^{18~20)}よりも小さい値を示した。そこで、各側方位の作業側の総接触面積を咬頭嵌合位での作業側に相応する片側の総接触面積で除してその百分率を求めたところ 1 mm 側方位で $34.8 \pm 19.9\%$ 、2 mm 側方位で $16.8 \pm 12.9\%$ 、EDGE 側方位で $21.6 \pm 18.9\%$ となり稲川の報告¹⁹⁾とほぼ同じ値を示した (表 5)。

側方位の作業側での接触部位を C、P、M 群に分類し各群の総接触点数と総接触面積を各側方位ごとに比較すると、C、P 群では側方位間での差がなかったものの M 群では側方位間に有意差が生じ、総接触点数については 1 mm 側方位が他の 2 側方位に比べ大きな値を示し、2 mm と EDGE 側方位では差がなかった。また、総接触面積については 2 mm 側方位が他の 2 側方位に比べて小さな値を示し、1 mm と EDGE 側方位に差はなかった。M 群にみられた上記の側方位間の差をさらに検討するために接触点 1 点あたりの接触面積を各側方位ごとに算出した (表 6 a)。EDGE 側方位と 1、2 mm 側方位との間には有意差 (*) があり、EDGE 側方位での前頭面投影角も 1、2 mm 側方位に比べて小さな値を示していることから、EDGE 側方位での差は facets の存在が大きく影響を及ぼしているものと思われる。また、平衡側での接触点 1 点あたりの接触面積についても、EDGE 側方位では 1、2 mm 側方位に比べて大きな値を示している (表 6 b)。作業側、平衡側とも

表 5 各側方位の作業側と平衡側の総接触面積の百分率

各側方位	1 mm 側方位			2 mm 側方位			EDGE 側方位		
	作業側	平衡側	作業側+平衡側	作業側	平衡側	作業側+平衡側	作業側	平衡側	作業側+平衡側
平均	34.83%	18.28%	24.65%	16.79%	5.48%	9.69%	21.63%	9.62%	12.02%
標準偏差	19.93%	16.95%	15.94%	12.85%	4.33%	6.51%	18.91%	8.48%	10.32%
分散	3.97%	2.87%	2.54%	1.65%	0.19%	0.42%	3.57%	0.72%	1.06%
データ数	24	19	24	17	8	17	24	6	24

表 6 接触点 1 点あたりの接触面積

a. M 群の 1 点あたりの接触面積 (単位: mm ²)			
	1mm 側方位	2mm 側方位	EDGE 側方位
平 均	1.22	1.08	1.58
標 準 偏 差	0.35	0.45	0.40
信頼区間(95%)	0.18	0.36	0.28
デ ー タ 数	15	6	8
b. 平衡側の 1 点あたりの接触面積 (単位: mm ²)			
	1mm 側方位	2mm 側方位	EDGE 側方位
平 均	1.22	1.12	1.93
標 準 偏 差	0.67	1.13	1.81
信頼区間(95%)	0.30	0.79	1.45
デ ー タ 数	19	8	6

EDGE 側方位での接触点 1 点あたりの接触面積は 1, 2 mm 側方位に比べて大きな値を示し、たとえばブラキシズムのような非機能的運動によって大きな力が歯に加わった場合、歯に加わる力のベクトルの方向とその大きな接触面積を考慮すれば、歯周組織に与える為害性の影響は、側方位に関しては EDGE 側方位において特に大きいものと思われる。

4. 側方位の投影角と接触状態について

有歯顎者の側方咬合位での作業側の歯の接触状態については Cuspid Protection (C. P) や Group Function (G. F) といった分類がなされていたが、その具体的な誘導の度合いについてはあまり報告がなされていなかった⁶⁾。本結果より、各側方位とも小白歯、大臼歯部の咬合接触が加わるにつれその前頭面投影角は徐々に緩くなっていったが、1, 2 mm 側方位では大臼歯部の接触がある場合 (M 群) で前頭面投影角は有意(*)に小さな値を示した。一方、EDGE 側方位では C. P と G. F との間で有意差(**)があり、両者は 35 度付近で一線を画することができた。今回の被験者の前頭面投影角の値は、各側方位とも 25~45 度の間を示したものが 7 割強を占めており、誘導の度合いを絞るならば、この範囲が正常有歯顎者における前頭面投

影角と思われ、さらに EDGE 側方位での投影角が 35~45 度の際にはその接触状態は C. P であり、25~35 度では G. F であった。

水平面投影角に関しては、1 mm 側方位で接触部位の違いによる投影角の差が観察されたが、2 mm, EDGE 側方位では接触部位の違いによる差は観察されず、水平面投影角の値は 25~30 度の範囲を示したものが 7 割強を占め、その 95% 信頼区間は約 28 ± 2 度とかなり限局された値を示した。水平面投影角は、従来より Gothic Arch の名称で補綴学の分野においては診断や咬合再構成時における重要な指標として扱われてきた。本研究では前頭面投影角に比較し水平面投影角はかなり限局された値を示し、また接触部位による差もみられず、総接触点数、面積との相関も $-0.1 \sim -0.3$ と低く、これらのことより下顎の側方運動時における前後の変位量の規定に際しての一助となりうる指標と思われる。

本研究においては前頭面、水平面ともに平衡側接触の有無と投影角との間には差がみられなかった。平衡側接触に関しては、これを咬頭干涉として捉え否定的見解を唱えるもの^{21,22)}と作業側と同時に接触するものに関しては是認するもの²³⁾とに分かれているが、本研究からは平衡側接触の是非までを投影角の値から判断することはできないが、正常な顎口腔機能を営む本被験者にみられた平衡側接触は側方滑走運動路に影響を及ぼしてはいないと考えられる。

図 11 各側方位の総接触点数と総接触面積との相関

作業側の総接触点数、総接触面積と前頭面投影角との相関係数値は側方位間で有意差を生じ、両者とも2 mm側方位でその他の側方位に比較し高い負の相関を示した。この差を検討するために作業側の総接触点数と総接触面積との関係を各側方位ごとに調査した(図11)。1, 2 mm, EDGE側方位の相関係数値はそれぞれ0.81, 0.77, 0.87と3者とも高い正の相関を示したが、その回帰直線の傾きはそれぞれ1.01, 0.88, 1.61とEDGE側方位で大きな値を示した。これは、総接触点数1点あたりの接触面積がEDGE側方位で大きかったのと同様の傾向であり、EDGE側方位においては投影角と接触点数との相関係数値が投影角と接触面積よりもやや大きかったのはこのためであろう。また、EDGE側方位での総接触点数、総接触面積と前頭面投影角との相関を詳しく観察すると(図10 a, b 下段)、接触点数と接触面積が比較的大きなグループがいて、その散布状態は2つのグループに分かれているのが観察される。その結果、投影角との関連性が低くなってしまったものと考えられる。接触点数と接触面積との相関において、1 mm側方位と2 mm側方位はその回帰直線の傾きはほぼ同じであったが、値の散布状態は大きく異なり、1 mm側方位では接触点数、面積ともに大きな値を占めているものが多くみられる。そのため、投影角との関連性が低くなっている様子が図10 a, b (上段)より伺える。本研究での3種類の側方位に関しては、2 mm側方位での接触状態が前頭面投影角の大小を最も反映している側方位であり、各個人に個有の前頭面投影角を再現するために側方位での咬合接触状態の記録を行うに際しては2 mm側方位が適しているのではないかと考えられる。

V. 結 論

生体にとって適切な側方位の状態を把握する目的で、正常有歯顎者12名について、1)前頭面および水平面投影角、2)接触部位、3)接触点数、4)接触面積を咬頭嵌合位からの水平変位量が異なる側方位(1, 2 mm, EDGE)で計測し、各項

目間の相関を算出した結果、以下の結論を得た。

1. 被験者のうち7割近くが前頭面投影は25~45度、水平面投影は20~35度の範囲内の投影角を示し、前頭面投影角と水平面投影角との間には正の相関がみられた。

2. 咬頭嵌合位からの水平変位量が大きくなるにつれて、作業側、平衡側とも大臼歯部が接触する割合は減少していったが、側方位において大臼歯部の接触がみられる場合のみ、接触点1点あたりの接触面積において側方位間での違いが生じ、作業側、平衡側とも、咬頭嵌合位からの水平変位量が最も大きなEDGE側方位で1点あたりの接触面積は有意に大きな値を示した。

3. 水平面投影角は側方位間、接触部位間で差がみられず投影角の信頼区間は 28 ± 2 度であった。前頭面投影角は接触部位間で有意な差が生じ、EDGE側方で犬歯誘導咬合とGroup Functioned咬合は35度付近の投影角度で一線を画することができた。

4. 前頭面、水平面とも平衡側接触の有無と投影角との間には差がみられなかった。

5. 側方位での咬合接触状態と前頭面投影角との相関は2 mm側方位でその他の側方位よりも有意に大きな負の相関を示した。

文 献

- 1) 中村嘉男：咀嚼の話、259-295、東京、日本歯科評論社、1983。
- 2) 藍 稔：切歯点部における咀嚼運動の解析。補綴誌 6：164-200、1962。
- 3) 大石司郎：アーム型運動分解器とコンデンサー法による下顎運動の研究 第2報 側方滑走運動ならびに咀嚼運動の水平面投影に関する考察。補綴誌 7：196-205、1963。
- 4) Jankelson, B., et al.: The physiology of the stomatognathic system. J Am Dent Assoc. 46：375-386、1953。
- 5) Kurth, L. E.: Mandibular movements in mastication. J Am Dent Assoc. 29：1769-1790、1942。
- 6) 曾根田兼司：上顎犬歯舌面の傾斜角度の違いが咀嚼筋活動に及ぼす影響。口病誌 56：162-181、1989。
- 7) 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。

- 8) 藤村哲也, 坂東永一: デジタル方式顎運動測定器の開発. 補綴誌 35: 830-842, 1991.
- 9) 林 豊彦, 石岡 靖, 他: 下顎運動の 3 次元測定システムの開発. 信学技報, MBE 82-32: 55-62, 1982.
- 10) 古谷野 潔: 後方運動時の下顎の 3 次元動態. 補綴誌 31: 805-818, 1987.
- 11) 川口武美: 咬合平面に関する形態学的解析ならびに機能的な関連性についての検討. 口病誌 54: 68-90, 1987.
- 12) 森 隆司: 咀嚼運動経路の研究—空口側方滑走運動路および食品の影響—. 補綴誌 26: 274-297, 1982.
- 13) 水野 亨: 咀嚼時の歯牙滑走運動に関する研究 第 1 報 咀嚼様空口運動時の歯牙滑走運動と側方滑走運動の比較. 補綴誌 33: 43-56, 1989.
- 14) 川口豊造: 電氣的測定装置による習慣的閉口運動および嚥下運動時の歯牙接触位に関する研究. 補綴誌 12: 398-423, 1968.
- 15) 山口順康: 有歯顎の前額断に於ける側方滑走運動路に関する研究. 歯科学報 73: 333-353, 1973.
- 16) 近藤 恒, 中野雅徳, 坂東永一, 他: 咬合接触状態と切歯路ならびに顎機能について. 補綴誌 32: 249-250, 1988.
- 17) 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.
- 18) 落合通雄: 各種咬合位における自然歯列及び各歯の対合接触状態に関する研究. 日大歯学 38: 448-495, 1964.
- 19) 稲川英央: 天然歯列における上下顎咬合面間の接触状態に関する研究. 歯科学報 70: 69-92, 1970.
- 20) 齋藤 彰: 側方滑走運動中の上下顎大白歯間の咬合関係に関する研究. 補綴誌 35: 1256-1266, 1991.
- 21) Schyuler, C. H.: Factors contributing to traumatic occlusion. J Prosthet Dent. 11: 708-715, 1961.
- 22) Glickmann, I.: Clinical Periodontology (4th ed.). Philadelphia, London, Toronto, 1972, W. B. Saunders Co., 852-889.
- 23) 長谷川成男: 咬合学序説 機能的咬合面形態を求めて. 東京, 1983, 医歯薬出版, 231-234.