原 著 論 文

噛みしめ強さの違いによる歯の変位と咬合接触

—咬頭嵌合位—

岡田 大蔵

Teeth Displacements and Occlusal Contacts depending on Clenching Force

—Intercuspal Position—

Daizo Okada

Abstract : During clenching at the intercuspal position, the direction and the amount of teeth displacement are different even between occluding upper and lower teeth of one subject. Therefore, there is a possibility of change in the occlusal contact relation depending on the clenching force. In this investigation, teeth displacements were measured with the Displacement Transducer type M-3 and interocclusion at the intercuspal position was recorded.

The conclusions were as follows :

1. Using black silicone, agar and silicone impression materials, real occlusal contacts can be recorded in addition to close occlusal areas.
2. The clenching force is related to the amount rather than the direction of teeth displacements.
3. The more different the direction and the amount of displacements between upper and lower teeth are, the greater the change of the occlusal contact relation becomes.
4. The occlusal contact relation is changed depending on the clenching force, which is the buccal parts of the occlusal surface becomes closer, and real occlusal contacts increase.
5. Since the number of actual contact is few in dental arches in light clenching at the intercuspal position, the mandibular position is unstable. Thus the mandibular position in heavy clenching with more contacts should be a reference.

Key words : tooth displacement, interocclusal record, actual contact, light clenching, heavy clenching

I. 緒 言

歯冠補綴物の咬合面形態は歯周組織をはじめとする顎口腔系と調和していなければならない。そこで、歯冠補綴物の咬合面形態と歯周組織との機能的な関係を明らかにするために、歯周組織の機能状況の1つの指標である歯の変位

に関する研究^{1)~6)}が行われてきた。その結果、歯は咬頭嵌合位での咬合力の作用時に上下顎間で異なる変位様相を示すことが明らかになり⁶⁾、噛みしめ強さによって歯の咬頭嵌合位での咬合接触関係に変化の生ずる可能性が考えられるようになった。また、歯冠補綴物の咬合接触関係のありようが歯の変位に影響を及ぼすことも報告されている⁷⁾ので、天然歯での咬合接触関係を詳細に把握しておくことが必要になってきた。

著者は、このような考えに基づいて、基本的な咬合位である咬頭嵌合位における噛みしめ強さの変化に伴う歯の変位と歯の咬合接触関係に検討を加えることとした。

東京医科歯科大学歯学部歯科補綴学第二講座（主任：長谷川成男教授）

Department of Prosthodontics II, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Chief: Prof. Shigeo Hasegawa)

平成10年7月28日受付

II. 研究方法

1. 被験者および被験歯

被験者は顎口腔系に異常を認めず、また特に問題となるような修復物のない成年男子 5 名 (年齢 24~30 歳) であるが、被験者の 1 名 (被験者 C) は咬耗が強く、Broca の分類で 2 度である。

歯の変位の測定では上顎左側第二小臼歯、第一大臼歯および下顎左側第一大臼歯を被験歯とし、測定点は各歯の頬側面中央部の 1 点とした。なお、いずれの被験者にも変位の測定に影響を及ぼすような前歯部の咬合接触は認められなかった。

咬合接触の記録では下顎左側第一大臼歯を被験歯とした。また、この被験歯は被験者 A~D では 1 歯対 2 歯の、被験者 E では 1 歯対 1 歯の対合関係となっていた。

2. 歯の変位の測定

歯の変位経路の測定には前歯部を固定源とする三次元微小変位計 M-3 型⁵⁾を用いた (図 1)。これは口腔内定位装置、ヘッド部、アンプ部からなり、ヘッド部先端にある測定子だけを被験歯の頬側面中央部に固定する接触型の測定装置である。本変位計は、頬舌側、近遠心、歯軸の 3 方向について相互干渉がなく、いずれの方向の変位に対しても $\pm 200 \mu\text{m}$ の範囲内において $\pm 2\%$ の精度で感度方向の変位に対してだけ、リニアな出力を示す。

3. 咬頭嵌合位での咬合接触記録

咬頭嵌合位での咬合接触の記録にはブラックシリコーン (Bite-Checker, ジーシー) を用いた。

まず、即時重合レジンにて作製したレジンプロックを被験歯の頬側面および舌側面に接着して、その表面に標点として直径 0.8 mm の鋼球を頬側に 2 個、舌側に 1 個、計 3

個を設置した。この際、3 つの標点でつくる平面が可及的に咬合平面と平行になるようにした (図 2)。次いで、適量のブラックシリコーンを歯および標点上に盛り、被験者に咬頭嵌合位で咬合させる。硬化後の開口時には、この標点を埋め込んだレジンプロックがアンダーカットとなつて、ブラックシリコーンが下顎歯列の咬合面から浮き上がるのを防止する。開口後、ブラックシリコーンが咬合面から浮き上がっていないことを確認して、上顎臼歯の咬合面が印記されている部分に口腔内で寒天印象材を一層流し込み、さらにその上に直ちに縮合型シリコーン印象材のインジェクションタイプを注入した (図 3)。同時に、あらかじめ模型上で作製しておいたレジン製の平面基底板 (図 4) を上顎歯列に嵌合して下顎歯列上のシリコーン印象材と接するまで閉口させた。平面基底板は咬合平面を表す 3 標点に対する基準平面となるものであって、咬合を切歯部で約 15 mm 挙上する構造となっていることからこの操作によって咬合接触記録を損なうことはない。シリコーン印象材の硬化後、ブラックシリコーンによる咬合接触記録は平面基底板とともに口腔外へ取り出して、保存した。試料

図 2 Reference points for analyzing interocclusal records
咬合接触関係解析用の標点

図 1 Measurement of tooth displacement with Displacement Transducer Type M-3
三次元微小変位計 M-3 型による歯の変位の測定

図 3 A cross section of interocclusal records
咬合接触記録の断面図

の基底部すなわち平面基底板の陰型ともいべき平面は解析時、被験歯に設置した標点を常に同一方向から測定し、その精度を高めるためのものである。

また、咬合接触記録の除去後には標点とともに被験歯の印象をシリコン印象材で採得し、超硬石膏を注入して、被験歯の模型を作製した。

4. 測定項目

1) 歯の変位

咬頭嵌合位における軽度噛みしめ時と強度噛みしめ時の歯の変位を測定した(図5)。

2) 咬頭嵌合位での咬合接触

咬頭嵌合位における軽度噛みしめ時と強度噛みしめ時に咬合接触の記録を採得した。

1), 2) 項の測定時には咬合力をモニターするために咬筋中央部の筋活動電位を、表面電極を用いて電極間距離

図4 Reference plate
平面基底板

15 mm にて双極誘導して、記録した(図5)。変位計および筋電計のアンプ部(BIOTOP 6 R 12, 日本電気三栄)からの出力はすべてレクチグラフ(OMNICORDER 8 M 15, 日本電気三栄)上でモニタリングすると同時にデータレコーダー(PC 208 Ax, SONY)に収録して、解析を行った。

5. データ処理方法

1) 歯の変位

変位計からの出力はサンプリングタイム 2.5 msec でシグナルプロセッサ(シグナルプロセッサ 7 T 17, 日本電気三栄)に取り込み、水平面、前頭面、矢状面への投影変位経路として表示して、解析を行った。なお、噛みしめ直前の、歯に負荷がかかっていない 250 msec 間の平均電位をもって変位の原点とした。変位量は水平面、前頭面、矢状面の各平面において変位の原点と投影変位経路上の各点との距離をすべて求め、そのなかで最大のものを変位量とした。変位方向は三浦³⁾、加藤²⁾の方法に準じて水平面および前頭面への投影角で表した(図6, 7)。

2) 咬合接触に関する測定

咬合接触として判定する部位はブラックシリコンの穿孔した所だけとした。咬合接触部は記録採得の約 2 時間後にミクロン深さ高さ顕微鏡 KY-60 (日商精密工学社製)で三次元測定した。この 2 時間はブラックシリコン保護のために流し込んだ寒天印象材が乾燥によって僅かに収縮し、穿孔部位との間に小さな段差を生じて、穿孔部位がより明確になるために必要な時間である。この穿孔部周囲の三次元座標を約 20 μm おきに計測し、これらの座標値から咬合接触部位の重心座標を算出した。咬合接触面積はこの重心座標と周囲座標 2 個の計 3 点からなる三角形の面積

図5 Tooth displacement depending on the clenching force (Sub D, upper left first molar)
噛みしめ強さと歯の変位(被験者D, 上顎左側第一大臼歯)

図 6 Goniometry of tooth displacement
(Horizontal place)
変位方向の計測法 (水平面)

の和として算出した。

この際、3 標点の座標も計測して、軽度および強度噛みしめ時の 2 つの咬合接触記録の重ね合わせの基準とした。また、咬合接触記録と模型との重ね合わせも 3 標点を基準に行った。すなわち、3 標点が可及的に水平面と平行になるように模型を撮影してパーソナルコンピュータに取り込み、これに咬合記録の穿孔部周囲の座標値を重ね合わせて、咬合接触部の咬合平面投影像とした。

III. 結 果

1. 歯の三次元変位

咬頭嵌合位における噛みしめ時の上顎左側第二小臼歯、第一大臼歯および下顎左側第一大臼歯の測定点での三次元変位経路を測定して、以下の結果を得た (図 8, 表 1)。なお、図中の赤は軽度噛みしめ時の変位経路で、青は強度噛みしめ時の変位経路である。

1) 上顎左側第二小臼歯

咬頭嵌合位での軽度および強度噛みしめ時の変位方向は被験者 A では遠心口蓋側方向へ、被験者 B, D では遠心口蓋側歯根方向へ、そして被験者 C, E では口蓋側歯根方向へ向かっていた。変位量は被験者 B で大きく、被験者 A, C, D では小さかった。

軽度噛みしめ時と強度噛みしめ時の歯の変位を比較すると、強度噛みしめ時のほうが軽度噛みしめ時より被験者 A では口蓋側方向への変位量が増加していて、被験者 B では近心口蓋側方向へ、被験者 C, D, E では口蓋側歯根方向へ大きく変位していた。また、変位量の差は被験者 D, E では大きく、被験者 A, B, C では比較的小さかった。

2) 上顎左側第一大臼歯

咬頭嵌合位での軽度および強度噛みしめ時の変位方向は被験者 B, C, D, E では遠心口蓋側歯根方向へ向かって

図 7 Goniometry of tooth displacement
(Frontal place)
変位方向の計測法 (前頭面)

いた。被験者 A だけは、軽度噛みしめ時には口蓋側歯根方向へ、強度噛みしめ時には近心口蓋側歯根方向へと向かう異なる変位方向を示した。変位量は被験者 C の軽度および強度噛みしめ時と被験者 E の軽度噛みしめ時に小さかった。

軽度および強度噛みしめ時の歯の変位を比較すると、強度噛みしめ時のほうが軽度噛みしめ時よりも被験者 A では近心口蓋側方向への、被験者 B では主に口蓋側方向への、被験者 C では歯根方向への、被験者 D では遠心口蓋側歯根方向への、被験者 E では口蓋側歯根方向への変位量が増加していた。また、変位量の差は被験者 D, E では大きく、被験者 A, B, C では小さかった。

3) 下顎左側第一大臼歯

咬頭嵌合位での軽度および強度噛みしめ時の変位方向は被験者 A では、軽度噛みしめ時には近心舌側方向へ、そして強度噛みしめ時には遠心舌側方向へ向かっていた。被験者 B, C, D では、強度噛みしめ時にわずかに遠心方向へ向かうが、概ね舌側歯冠方向への変位を示した。また、被験者 E ではわずかに近心方向への向かうが、全体的には舌側歯冠方向への変位を示した。変位量は被験者 A, C, D の軽度噛みしめ時に小さかった。

軽度および強度噛みしめ時の歯の変位を比較すると、強度噛みしめ時に被験者 A, B, E では遠心舌側歯冠方向への、被験者 C では舌側歯冠方向への、そして被験者 D では遠心舌側方向への変位量が増加していた。また、軽度および強度噛みしめ時の変位量の差は上顎臼歯とは異なり、どの被験者もほぼ同程度であった。

2. 咬頭嵌合位での咬合接触

各被験者の下顎左側第一大臼歯の軽度および強度噛みしめ時の咬合接触部と咬合面形態とを咬合平面へ投影して重ね合わせた像が図 9~13 で、図中の黒い領域が咬合接触部である。軽度噛みしめ時の咬合接触部はきわめて小さいので矢印を添えて示した。また、図中の黒線で囲まれた白い

図 8 Projected displacement paths of teeth
歯の変位経路

表 1 Direction and amount of teeth displacements at the intercuspal position during light and heavy clenching
咬頭嵌合位における噛みしめ時の歯の変位方向および変位量

		軽度噛みしめ時						強度噛みしめ時					
		変位方向		変位量				変位方向		変位量			
		水平面	前頭面	水平面	前頭面	矢状面	3次元距離	水平面	前頭面	水平面	前頭面	矢状面	3次元距離
被験者 A	$\overline{5}$	210	149	25	26	15	27	189	172	35	35	17	35
	$\overline{6}$	185	120	28	55	47	55	165	124	49	55	46	55
	$\overline{7}$	164	190	16	15	9	16	190	170	74	74	18	75
被験者 B	$\overline{5}$	219	132	75	85	80	97	195	140	90	111	76	113
	$\overline{6}$	235	99	33	91	93	94	199	112	44	96	89	96
	$\overline{7}$	178	163	46	47	12	47	192	153	89	95	43	97
被験者 C	$\overline{5}$	199	156	21	21	12	22	189	147	29	33	24	34
	$\overline{6}$	193	151	15	16	12	16	208	116	20	26	22	27
	$\overline{7}$	201	158	20	19	11	20	187	158	52	54	18	54
被験者 D	$\overline{5}$	213	148	16	22	20	24	202	138	36	45	34	47
	$\overline{6}$	200	107	20	55	53	55	217	109	44	103	100	105
	$\overline{7}$	201	185	22	20	18	22	199	175	54	50	20	54
被験者 E	$\overline{5}$	188	120	17	29	24	29	184	123	40	69	57	69
	$\overline{6}$	188	125	12	19	15	19	193	123	40	71	60	71
	$\overline{7}$	176	173	41	41	8	41	180	168	99	100	20	100

(単位：変位方向は度，変位量は μm)

図 9 Occlusal contacts at the intercuspal position (Sub. A)
咬頭嵌合位での咬合接触状態 (被験者 A)

図 12 Occlusal contacts at the intercuspal position (Sub. D)
咬頭嵌合位での咬合接触状態 (被験者 D)

図 10 Occlusal contacts at the intercuspal position (Sub. B)
咬頭嵌合位での咬合接触状態 (被験者 B)

図 13 Occlusal contacts at the intercuspal position (Sub. E)
咬頭嵌合位での咬合接触状態 (被験者 E)

図 11 Occlusal contacts at the intercuspal position (Sub. C)
咬頭嵌合位での咬合接触状態 (被験者 C)

領域は透過光を利用して求めた約 30 μm の咬合近接域である。

1) 被験者 A について

軽度噛みしめ時には遠心辺縁隆線部にわずかに 1 点だけの咬合接触が認められたが、強度噛みしめ時にはこの部位の咬合接触が広くなるとともに、近心頬側咬頭頂、遠心頬側咬頭頂、同内斜面、遠心頬側咬頭外斜面にも咬合接触が認められた。

2) 被験者 B について

軽度噛みしめ時には遠心頬側咬頭外斜面にわずかに 1 点の咬合接触が認められた。強度噛みしめ時にはこの咬合接触部位の大きさはほとんど変化しなかったが、近心辺縁隆

線部、近心頬側咬頭頂、遠心咬頭内斜面に加えて遠心舌側咬頭内斜面にも咬合接触が認められた。

3) 被験者 C について

軽度噛みしめ時には遠心辺縁隆線部にわずかに 1 点だけの咬合接触が存在していたが、強度噛みしめ時にはこの咬合接触部が非常に大きくなり、さらに近心頬側咬頭頂にも小さな咬合接触が認められた。

4) 被験者 D について

軽度噛みしめ時には近心辺縁隆線部に咬合接触が 1 点存在していたが、強度噛みしめ時にはこの咬合接触部が大きくなり、加えて遠心頬側咬頭頂、遠心咬頭内斜面、遠心辺縁隆線部にも咬合接触が認められた。

5) 被験者 E について

軽度噛みしめ時に咬合接触は認められなかったが、強度噛みしめ時には近心頬側咬頭頂、遠心頬側咬頭外斜面に 3 点、遠心辺縁隆線部に 2 点の咬合接触が認められた。

3. 軽度および強度噛みしめ時の咬合接触面積

軽度噛みしめ時および強度噛みしめ時の各咬合接触部の面積を、下顎左側第一大臼歯について合計した結果が表 2 である。このときの筋活動量は、最大噛みしめ時の筋活動量 (maximum voluntary contraction: 以下 MVC) を 100% としたときの相対的筋活動量で表すと、軽度噛みしめ時が 3~10% MVC であり、強度噛みしめ時が 33~52%

表 2 Muscle activities during interocclusal record taking and occlusal contact area at the intercuspal position (Lower left first molar)
咬頭嵌合位における咬合接触記録の採得時の筋活動量と咬合接触面積 (下顎第一大臼歯)

	軽度噛みしめ時		強度噛みしめ時	
	筋活動量 (MVC)	咬合接触面積 (mm ²)	筋活動量 (MVC)	咬合接触面積 (mm ²)
被験者 A	10%	0.055	52%	1.123
被験者 B	3%	0.014	42%	0.606
被験者 C	5%	0.003	33%	2.321
被験者 D	5%	0.002	48%	0.740
被験者 E	6%	—	44%	0.422

MVC であった。

咬合接触面積は、軽度噛みしめ時には 0.002 mm² ~ 0.055 mm² であり、強度噛みしめ時には 0.422 mm² ~ 2.321 mm² であった。いずれの被験者においても咬合接触面積は強度噛みしめ時に増加を示したが、ことに被験者 A, C でこの傾向は著しかった。

IV. 考 察

天然歯、歯冠補綴物の咬合面形態は歯周組織と調和していなければならない。こうした観点から歯周組織の機能状態に関する研究は荷重時^{8,9)}あるいは機能時^{2,3,10-12)}の歯の変位を測定することによって行われてきた。

加藤²⁾、三浦³⁾らは歯の変位の二次元測定から、咬合力の大きさあるいは咬合接触点の位置が歯の変位様相に影響を及ぼすことを明らかにし、岡田ら⁶⁾は三次元測定の結果からこれらのことを確認している。また、三浦ら¹³⁾、益田ら¹⁴⁾は、咬合接触をもたない支台歯の変位を歯列全体に加わる咬合力の作用下で測定して、その結果が健康歯の咬合機能時の生理的な変位経路と類似していることから、歯冠補綴物にはこの変位経路を乱さないような咬合接触関係を与える必要があるとしている。

一方、咬合接触については、咬頭嵌合位での咬合接触関係が形態的にも、機能的にも咬合の基本となるものと考えられているが、最近では顎口腔系が円滑な機能を営むための 5 要件¹⁵⁾の 1 つとしても数えられ、その重要性が具体的に示されるようになってきている。咬頭嵌合位での咬合接触関係については正常咬合の定義などとも関連して Hellman¹⁶⁾、Friel¹⁷⁾以来、中尾¹⁸⁾らなど多数の研究がみられるが、咬合力を考慮にいれて検討した報告は見当たらない。

咀嚼を初めとする顎口腔機能は、いうまでもなく咬合力を発生して行われている。したがって、咬合接触関係に関しても咬合力の作用下での実相を詳細に把握しておく必要がある。そしてまた、顎運動の基準となる顎位、咬頭嵌合位も咬合力の影響を認識した上で決定して行かなければならない。

そこで、著者は咬合力の作用下における咬頭嵌合位での

歯の変位と咬合接触関係の変化について、その詳細を明らかにすることにした。

1. 研究方法

本研究の目的は咬頭嵌合位における噛みしめ強さに伴う歯の変位と咬合接触の関係を明らかにすることで、噛みしめ強さに伴う歯の変位と咬合接触部に関する測定を行った。

1) 歯の変位の測定

歯の変位の測定にはマグネセンサをトランスデューサとする接触型の三次元微小変位計 M-3 型⁹⁾を用いた (図 1)。本変位計は、前歯部歯列に固定した口腔内定位装置を介して、口腔外に設置されているので、本研究のように前歯部に強い咬合接触がない被験者であれば、温度、湿度などを含めて口腔内環境の影響を受けることはない。また、接触型に伴う変位計の測定圧は精密ユニバーサル機構部にピボットを応用するなどして、0.4 g 以下と小さくできたので、被験歯の変位経路に与える影響は少ないものと考えられる。

変位計の測定精度は頬舌側、近遠心、歯軸の 3 方向ともに相互干渉を含めて ±200 μm の範囲内で ±2% 以下であるので、本変位計は歯の三次元変位経路の測定に十分な精度をもつものと考えられる。

2) 咬合接触の測定

咬合接触部の記録には、咬合紙¹⁹⁾、Wax²⁰⁾、印象材^{18,21)}、感圧紙²²⁾などが使われてきたが、それらのほとんどは真の咬合接触ではなく、咬合近接域を記録している。本研究では咬合力と歯の変位、咬合力と咬合接触の関係の解明を目的としているので、真の咬合接触を記録する必要がある。

咬合接触の記録には現在最も一般的であるブラックシリコンを用いた。ブラックシリコンは寸法精度、流れがよく、また表面再現性が優れているので、穿孔部として表される真の咬合接触、光の透過部として表現される咬合近接域の双方を正確に記録できる。しかし、ブラックシリコン単独では口腔内からの撤去時に希薄部の破損の恐れがあるので、咬合記録の採得直後に口腔内で記録に寒天印象材を流し込んだ。この寒天印象材からは次第に水分が蒸

発して、寒天印象材自体が収縮するので、後の咬合接触部の測定が容易になる。また、ブラックシリコンには撤去後に変形の危険も考えられるので、寒天印象材を流し込んだその上に縮合型シリコン印象材を注入して変形に備えた。さらに、咬合接触記録に平面基板を装着したのは、被験歯に設置した標点の陰型を常に同一方向から測定することによって、ミクロン深さ高さ顕微鏡での読み取り精度を上げるためである。以上のことから、記録された咬合接触部の位置、面積に関する測定精度は、咬合力の強弱によって生じるそれらの差を論ずるに十分なものと考えられる。

2. 咬頭嵌合位における歯の三次元変位

咬頭嵌合位での噛みしめ時に上顎左側第二小臼歯および第一大臼歯は口蓋側歯根方向あるいは口蓋側方向に、咬合力によって異なるが16~113 μm の変位量を示した(表1, 図8)。また、下顎左側第一大臼歯は舌側あるいは舌側歯冠方向に16~100 μm の変位量を示した(表1, 図8)。これらの歯の変位は従前の二次元測定¹⁻³⁾、三次元測定^{5,6)}による変位方向と同様な傾向を示し、咬頭嵌合位における軽度および強度の噛みしめが通常の状態で行われていたことを示している。なお、被験者Cのいずれの歯の変位量も他の被験者での歯の変位量と比べて小さかったが、このことが咬耗と関連しているかいないかは不明である。

咬頭嵌合位での軽度噛みしめ時と強度噛みしめ時で、各被験歯はほぼ同様の変位経路を経過して、強度噛みしめ時には変位経路を延長するという様相を示した(図8)。この軽度と強度噛みしめ時に変位経路で最も大きな差を示したのは、被験者Bの上顎左側第二小臼歯の近遠心方向であったが、わずか18 μm にすぎなかった。

上下顎の被験歯はいずれも軽度噛みしめから強度噛みしめへの変化で変位量の増加を示したが、その増加量は、上下顎の歯の変位方向の違いに加えて、変位方向は同一被験者の上下顎の歯でも異なっていて、咬頭嵌合位での咬合接触関係が咬合力によって変化することを示唆していた。換言すれば、上下顎の歯の変位経路の測定は同時測定ではないが、軽度、強度という形で咬合力を取り入れることによって変位にある種の時間的経過を表示することが可能となり、咬合力による咬頭嵌合位での咬合接触関係の推移が明らかになってきたといえよう。

3. 咬頭嵌合位における咬合接触

各被験歯の真の咬合接触部はいずれも約30 μm の咬合近接域内にあったことから、ブラックシリコンの穿孔部は咬合記録の撤去時の破損によるものではなく、真の咬合接触と考えることができる。

軽度噛みしめ時の下顎左側第一大臼歯での真の咬合接触部は、被験者Eを除く各被験者で1点ずつであった(図

9~13)。軽度噛みしめ時、すなわち3~10% MVCによる咬合で各被験者はわずかに1点でしか咬合接触を示さなかったが、これは隣在歯の咬合接触状態から考えて早期接触ではなく、咬頭嵌合位での軽く咬合した咬合接触状態を表すものである。ここで被験者Eの下顎左側第一大臼歯は咬合接触を示さなかったが(図13)、隣在歯の咬合接触状態から顎位は咬頭嵌合位にあったと考えることができる。下顎第一大臼歯が咬頭嵌合位で咬合接触を示さない例はときとしてみられ²³⁾、被験者Eの被験歯もそうした1例と考えられる。また、被験者Eの下顎左側第一大臼歯およびこの歯と1歯対1歯の対合関係を示す上顎左側第一大臼歯は軽度噛みしめ時に変位を示しているが(図8)、これは変位と咬合接触の記録が同時測定でないためとも考えられるが、隣在歯の咬合による歯槽骨の歪みの影響^{13,14)}を受けているものとも考えられる。

強度噛みしめ時に真の咬合接触部は1カ所から2~6カ所に増加するとともに咬合接触面積も増加して(表2)、軽度噛みしめ時とは明らかに異なる咬合接触関係を示した(図9~13)。軽度噛みしめ時には近遠心辺縁隆線部に真の咬合接触が多くみられたが、強度噛みしめ時にはそれに加えて近遠心頬側咬頭、遠心咬頭、すなわち機能咬頭のいずれかに咬合接触がみられるようになった。また、30 μm 以下の咬合近接域は各被験歯のすべての機能咬頭にみられ、しかも強度噛みしめ時にその面積は増加した。これらのことから、咬頭嵌合位での咬合接触に関して各機能咬頭は重要な意義をもつものと考えられる。一方、舌側咬頭については、軽度噛みしめ時に真の咬合接触を示した被験歯はなく、強度噛みしめ時にも被験者Bの被験歯、1歯だけが咬合接触を示し、さらに30 μm 以下の咬合近接域でさえ少なかったことから、舌側咬頭が咬頭嵌合位での咬合接触に強く関係しているとはいいがたい。

4. 咬頭嵌合位における歯の変位と咬合接触

咬頭嵌合位における噛みしめ強度によって歯は変位し、咬合接触関係が変化することが明らかになった。

上下顎の各被験歯は、噛みしめ強度の変化に伴う変位量および変位方向を異にするので、咬頭嵌合位における上下顎臼歯間の相対的位置関係、ひいては咬合接触関係は咬合力によって変化するものと考えられる。すなわち、上顎左側第二小臼歯、第一大臼歯は噛みしめ強度に応じて歯根方向へ沈み込みながら口蓋側へ傾斜し、下顎左側第一大臼歯は舌側方向へ回転するように変位して、上顎第一大臼歯の舌側咬頭内斜面と下顎第一大臼歯の頬側咬頭内斜面との咬合接触が、上顎第一大臼歯の中心溝に下顎第一大臼歯の頬側咬頭が嵌合するような咬合接触に変化するものと考えられる(図14)。本研究での歯の変位の測定は被験歯の頬側面中央部の1点についてだけ行ったもので、前述のように歯冠全体としての変位を論ずることはできない。そこで、

1 歯対 1 歯の対合関係を示す被験者 E についてだけであるが、上下顎左側第一大臼歯頬側面に設定した標点間距離の噛みしめ時の変化を IP-checker M 2-L 型²⁴⁻²⁶⁾を用いて測定した。その結果は標点間垂直距離が軽度噛みしめ時に約 40 μm 、強度噛みしめ時に約 100 μm 減少して上下顎の歯の頬側面が近づくことを示し (図 15)、噛みしめ時には上下顎の歯が全体として前述のように変位している (図 14) と結論づけることを可能にした。

さらに、被験者 E の下顎左側第二小臼歯から第二大臼歯までの 3 歯について咬合近接域の噛みしめ強度による変化を同時測定して、検討を加えた。すなわち、軽度、中等度、強度噛みしめ時にブラックシリコンで咬合接触記録を採得し、透過光による像をパーソナルコンピュータに取り込んで画像解析ソフト (Win Roof, 三谷商事) で処理し、咬合近接域を 55, 38, 25, 12 μm 以下の 4 段階に分けて図示した (図 16)。ここでも結果は、噛みしめ強度が増加すると、各臼歯の咬合接触は頬側寄りで緊密になり、先に示した第一大臼歯での噛みしめ強度と咬合接触との関係が臼歯部全体に適用できることを示唆した。

軽度噛みしめ時

強度噛みしめ時

図 14 Change of interocclusal relation during light and heavy clenching (Schema)
軽度噛みしめ時と強度噛みしめ時の咬合関係の変化 (シエマ)

図 16 Change of close occlusal contact areas in lower left posterior teeth depending on clenching force (Sub. E)
下顎左側臼歯部の咬合近接域の噛みしめ強度による変化 (被験者 E)

図 15 Changes in distance between upper and lower reference points depending on the clenching force (Sub. E)
上下顎第一大臼歯間の距離の噛みしめ強度による変化 (被験者 E)

歯全体として、上顎臼歯は口蓋側歯根方向へ沈み込むように、下顎臼歯は舌側方向へ倒れ込むように変位すると考えられていることから²⁾、上下顎臼歯それぞれの軽度、強度噛みしめ時の頬舌方向の変位量の差が大きく影響を及ぼすものと考えられる。

噛みしめ強度による咬合接触関係の変化の程度は被験者 E の被験歯、下顎左側第一大臼歯で最も大きく、被験者 D、A の被験歯がこれにつぎ、被験者 B の被験歯ではわずかで、被験者 C の被験歯ではほとんど変化しなかった (図 9~13)。なお、被験歯は被験者 A~D では 1 歯対 2 歯の、被験者 E では 1 歯対 1 歯の対合関係となっていて、その影響は咬合接触関係の変化にも現れている。

被験者 E の下顎左側第一大臼歯の咬合接触関係は噛みしめ強度によって大きく変化をするが、これは、上下顎第一大臼歯の変位量自体、そして噛みしめ強度による変位量の上下顎間差が大きく、加えて 1 歯対 1 歯で対合する上顎第一大臼歯の変位方向に垂直成分が多く、下顎第一大臼歯の変位方向に水平成分が多いことに基づいているのであろう。被験者 D および A の下顎第一大臼歯の咬合接触関係は噛みしめ強度によって、ことに遠心寄りで大きな変化を示しているが、これは遠心寄りに対合する上顎第一大臼歯の変位方向に垂直成分が多く、下顎第一大臼歯の変位方向に水平成分が多いことに起因すると考えられる。

一方、被験者 B の下顎第一大臼歯の咬合接触関係は噛みしめ強度を高めたことによって近心寄りにだけわずかな変化を示した。上顎第二小臼歯、第一大臼歯そして下顎第一大臼歯のいずれも大きな変位を示し、加えて噛みしめ強度による変位量の差も大きい。噛みしめ状態が強度になってからの変位方向が上下顎の歯で類似していることから、咬合接触関係にあまり大きな変化が現れなかったものと考えられる。被験者 C の下顎第一大臼歯は、咬合接触面積は増加したが、咬合接触部位の増加はわずか 1 点にすぎず、咬合接触関係は全体としては噛みしめ強度の違いによってほとんど変化を示さなかった。これは、上顎第二小臼歯、第一大臼歯そして下顎第一大臼歯のいずれも変位量がきわめて小さかったためであろう。

以上、咬頭嵌合位での咬合接触関係には咬合力が関与していて、ことに噛みしめ強度による上下顎間での歯の変位量、変位方向の差異が咬合接触状態を決定づける大きな要因となっている。

5. 基準位としての咬頭嵌合位

咬頭嵌合位は形態的にも機能的にも最も重要な顎位であり、加えて安定した顎位でもあることから顎口腔系の基準位となっている。

しかし、基準位としての咬頭嵌合位が一般的には咬合力に関して規定されたことはない。わずかに上下顎間距離を μm 単位で測定できる IP-checker の適用に関連して、坂

東ら²⁴⁾の上下的な変動が最も少ない軽く噛んだ状態を咬頭嵌合位の基準位と定めた報告がみられるだけである。

すでに述べたように、噛みしめによる咬合力の変化によって咬頭嵌合位の状態では歯は変位し、咬合接触関係を変える。したがって、基準位としての咬頭嵌合位には咬合力を考慮に入れる必要がある。軽度の噛みしめ時には咬合接触点も少なく、その顎位は三次元的には不安定とも思え、また被験者 E のように咬合の鍵ともいえる下顎第一大臼歯に咬合接触が存在しない被験例 (図 13) もときとしてあつて²³⁾、さらに加えて咬合機能は咬合力が作用して初めて行われることから、強度噛みしめ時の咬頭嵌合位が咬合の基準位となるべきものと考えられる。

V. 結 論

咬頭嵌合位での噛みしめ強さの変化に伴う歯の変位と咬合接触の関係を明らかにするために、歯の変位の測定と咬合接触状態の解析を行って、以下の結論を得た。

1. ブラックシリコン、寒天印象材、シリコン印象材を使用する方法によって咬合近接域に加えて真の咬合接触を記録することができた。
2. 咬頭嵌合位での噛みしめに伴う歯の変位は、変位量、変位方向ともに同一被験者の対合する上下顎の歯でも異なっていた。そして、噛みしめ強さは変位方向より変位量と強く関係していた。
3. 上下顎臼歯の噛みしめ強度に伴う歯の変位量、変位方向、ことに頬舌方向での変位量の差異が大きいと、咬頭嵌合位における咬合接触関係の変化も大きくなる傾向が認められた。
4. 噛みしめ強度の増加に伴って咬合接触関係に変化が生じ、咬合関係は頬側寄りで緊密になり、真の咬合接触部も増加した。
5. 軽度噛みしめ時の咬頭嵌合位は咬合接触点数が少なく、その顎位も三次元的には不安定となることが考えられるので、咬合接触点数が多い強度噛みしめ時の咬頭嵌合位を顎口腔系としての基準位と考えるべきであろう。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました長谷川成男教授、三浦宏之博士に深淵なる謝意を表します。また本研究にご協力下さった被験者ならびに歯科補綴学第二講座の皆様にお礼を申し上げます。

本論文の一部は、第 98 回日本補綴歯科学会学術大会 (1997 年 10 月 17 日、新潟市) において発表した。また、本研究の一部は平成 7 年度科学研究費補助金 (課題番号: 07457468)、および平成 8 年度科学研究費補助金 (課題番号: 0886772226) で行われた。

文 献

- 1) 加藤 均. 歯周組織の機能状態に関する研究 第1報 2次元微小変位計. 補綴誌 25: 733-745, 1981.
- 2) 加藤 均. 歯周組織の機能状態に関する研究 第2報 臼歯の機能時の変位と安静時の脈動. 補綴誌 26: 133-147, 1982.
- 3) 三浦宏之. 機能下にある歯牙の水平面内における変位に関する研究. 補綴誌 29: 735-754, 1985.
- 4) 古木 譲. 連結固定が歯牙の変位様相に及ぼす影響. 補綴誌 37: 26-40, 1993.
- 5) 三浦宏之, 長谷川成男, 加藤 均ほか. 歯牙の変位経路の三次元測定法について. 顎機能誌 2: 1-10, 1995.
- 6) 岡田大蔵, 三浦宏之, 長谷川成男. 上下顎臼歯の機能状態に関する研究—歯の三次元変位—. 補綴誌 42: 279-286, 1998.
- 7) 長谷川成男. 咬合学序説 2-50, 医歯薬出版: 東京, 1988.
- 8) Mühlemann HR. Periodontometry. A method for measuring tooth mobility. Oral Surg 4: 1220-1233, 1951.
- 9) 石橋真澄. 歯牙の動揺に関する実験的研究 (第1報) 荷重と動揺の関係について. 口病誌 20: 187-191, 1953.
- 10) Schöhl H. Die Messung der Zahnbeweglichkeit unter funktioneller Belastung. Dtsch Zahnärztl Z 15: 1185-1192, 1960.
- 11) Behrend DA. Pattern of tooth displacement in simulated chewing cycle in man. Arch Oral Biol 23: 1089-1093, 1981.
- 12) 五十嵐順正, 藍 稔, 斉藤良一. 非接触微小変位センサーによる歯の動態観察 第2報 種々の動態観察例. 補綴誌 25: 295-303, 1981.
- 13) 三浦宏之, 古木 譲, 長谷川成男ほか. 咬合力による歯周組織の歪み—上顎臼歯部について—. 補綴誌 37: 1305-1311, 1993.
- 14) 益田高行, 三浦宏之, 加藤 均ほか. 咬合力による上顎臼歯部歯周組織の歪みの三次元的測定. 補綴誌 40: 154-159, 1966.
- 15) 中野雅徳. 咬合接触関係. 藍 稔ほか編, 口腔診断学 354-364, 東京: デンタルダイヤモンド社, 1992.
- 16) Hellman M. Variation in occlusion. Dental Cosmos 63: 608-619, 1927.
- 17) Friel S. Occlusion, observations on its development from infancy to old age. Int. J. Orthod Surg Radiog 13: 322-343, 1927.
- 18) 中尾勝彦. 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究 (咬頭嵌合位). 補綴誌 14: 1-21, 1970.
- 19) Berry DC, Singh BP. Daily variation in occlusal contacts. J Prosthet Dent 50: 386-391, 1983.
- 20) Yurkstas A, Manly RS. Measurement of occlusal contact area effective in mastication. Am J Orthod 35: 185-195, 1949.
- 21) 土佐淳一, 田中昌博, 村田洋一ほか. 咬合接触像のビジュアル化. 補綴誌 31: 1553-1557, 1987.
- 22) 服部佳功, 奥川博司, 渡辺 誠. Dental Prescaleを用いた歯列における咬合力の測定. 補綴誌 38: 835-841, 1994.
- 23) 石原弘文, 岡田大蔵, 三浦宏之ほか. クラウンの咬合接触状態に関する研究—咬頭嵌合位—. 補綴誌 42・99 回特別号: 140, 1998.
- 24) 坂東永一, 田中伐平, 長谷川成男. 半導体ストレン・ゲージを用いた咬頭嵌合位測定装置. 補綴誌 18: 329-336, 1975.
- 25) 田中伐平. 咬頭嵌合位における補綴物の高さが顎口腔系に及ぼす影響. 補綴誌 19: 666-692, 1976.
- 26) 松下和夫. 歯冠補綴物の咬合面精度に関する研究—全部铸造冠の製作過程が咬合の高さに及ぼす影響—. 補綴誌 26: 250-266, 1982.