

# 原 著

## 咬合圧測定システムを用いた咬合接触面積の評価法について

内山 恵代    丸山 陽市    小林 和 英

長崎大学歯学部歯科矯正学講座

*Noriyo UCHIYAMA, Youichi MARUYAMA and Kazuhide KOBAYASHI*

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Nagasaki University

キーワード：デンタルプレスケール, オクルーザー, ブラックシリコーン, 咬合接触面積

咬合圧測定システム(デンタルプレスケールシステム)で測定された咬合接触面積において良好な再現性や信頼性を得るために, 咬合接触面積の評価法について検討した。

正常咬合を有する成人 10 名に, 感圧シート(デンタルプレスケール 30H R タイプ)を咬頭嵌合位で最大噛みしめの状態で噛ませて, これを各被験者に繰り返し 15 回行わせた。オクルーザーを用いてシートの測定を行い, 下限圧力値を 3, 5, 7, 9, 11, 13 MPa とする各圧力範囲での咬合接触面積を測定した。同被験者に, ブラックシリコーンを感圧シートと同様に咬頭嵌合位で 1 回噛ませて, シリコーン・ブラック法に従ってシリコーンの厚みが 30, 20, 10 $\mu$ m の各厚み以下での咬合接触面積を測定した。

結果は以下の通りであった。

1. デンタルプレスケールシステムで測定された咬合接触面積において, 圧力値が 7MPa 以上の圧力範囲での咬合接触面積は 7MPa 未満の圧力範囲より再現性が良好であった。

2. デンタルプレスケールシステムで測定された咬合接触面積において, 圧力値が 7MPa 以上の圧力範囲での咬合接触面積はシリコーン・ブラック法による咬合接触面積に近い値を示した。

以上のことから, デンタルプレスケールシステムを用いて得られた咬合接触面積を評価する場合には, 圧力値が 7MPa 以上の圧力範囲での咬合接触面積を測定することによって再現性が良好になり信頼性が得られるものと考えられた。

(日矯歯誌 56(2) : 92~99, 1997)

### An evaluating method of occlusal contact areas using measuring system for biting pressure

The purpose of this study was to investigate an evaluating method of occlusal contact areas using measuring system for biting pressure (Dental Prescale System) in order to obtain high reproducibility and reliability. Ten subjects with normal occlusion were instructed to bite Dental Prescale (30H R-type) fifteen times and black silicone once in the intercuspal position at the maximum clenching force. Occlusal contact areas at each range of the pressure : above 3, 5, 7, 9, 11 and 13MPa, were measured by Dental Prescale System, and occlusal contact areas at each range of the thickness : below 30, 20 and 10  $\mu$ m, were measured by the silicone-black method.

The results were as follows :

1. Occlusal contact areas at the pressure ranges of 7MPa or more would be measured with higher reproducibility than at the lower pressure ranges in Dental Prescale System.

2. Occlusal contact areas measured with Dental Prescale System at the pressure ranges of 7MPa or more were similar to the results obtained with the silicone-black method.

In conclusion, it is considered that occlusal contact areas at the pressure ranges of 7MPa or more have high reproducibility and reliability in Dental Prescale System.

(J. Jpn. Orthod. Soc, 56(2) : 92~99, 1997)

## 緒 言

矯正歯科治療および外科的矯正歯科治療において、咬合接触面積を測定することは、顎口腔系機能を診査する方法の1つとして重要である。咬合接触面積の測定方法には、シリコン・ブラック法<sup>1)</sup>、add 画像法<sup>2-4)</sup>ならびに感圧シートを用いた方法<sup>5-8)</sup>などがある。これらの方法を臨床で使用する場合には、操作の簡便性が必要であり、得られる測定値の再現性や信頼性が重要となる。

従来より、感圧シートは操作の簡便性が注目されており、シートの厚みなど種々の改良が行われてきた結果、近年デンタルプレススケールシステム<sup>9)</sup>として開発された。このシステムは、咬頭嵌合位に可及的に近い状態における咬合圧および咬合接触面積を測定する方法として、臨床上その実用性が期待されている。一方、本シートは面と面の接触による圧力分布を測定する目的で開発されたために、上下顎の歯の咬合時に、咬頭の斜面に沿った滑走や発色領域周辺での発色剤のにじみなどによって咬合接触面積の再現性や信頼性が影響をうけると考えられる。しかし、デンタルプレススケールシステムで測定された咬合接触面積をどのように評価すれば良好な再現性や信頼性が得られるかについては十分に検討されていない。

そこで本研究では、咬合時の滑走や発色領域周辺での発色剤のにじみなどによって発色した可能性が高い低圧力値での発色が咬合接触面積のばらつきに影響を与えるかどうかを検討するために、感圧シートの測定可能圧力範囲(3~13MPa)のうち下限圧力値を6段階に設定して、各圧力範囲での咬合接触面積の再現性について検討した。さらに、得られた咬合接触面積を、シリコン・ブラック法<sup>1)</sup>による咬合接触面積と比較して、デンタルプレススケールシステムによる咬合接触面積の信頼性について検討を加えた。

## 材料ならびに方法

### I. 被験者

被験者は、長崎大学歯学部学生および職員から選択した10名(男性6名、女性4名)で、年齢は23歳から26歳であり、いずれも矯正治療未経験者である。

被験者の選択においては、顎口腔系機能に異常を認めず、健康な歯周組織ならびに個性正常咬合を有し、欠損歯およびう歯を認めず、補綴処置の認められないものとした。また、第三大臼歯が存在する場合には第二大臼歯までを測定対象とした。

### II. 資料採得

被験者に感圧シート(デンタルプレススケール 30H R タイプ、富士写真フィルム(株)、東京)<sup>9,11,12)</sup>を咬頭嵌

合位で、被験者の感覚にゆだねた最大噛みしめの状態で5秒間噛ませた。被験者には、事前に実験の目的を理解させた上で、メトロノームを使用して毎回ほぼ同速度で噛む練習を行わせた。各被験者について、毎回ほぼ同速度の噛みしめを15回繰り返して行わせて、15枚ずつの資料を得た。この場合、噛みしめは被験者の疲労を考慮して適度の休憩を間に入れて行った。次に、同被験者に対して、通法に従って練和したブラックシリコン(バイトチェッカー、ジーシー(株)、東京)を下顎歯列上に盛り上げた後、咬頭嵌合位で、被験者の感覚にゆだねた最大噛みしめを1回行わせた。資料採得時の被験者の姿勢は、いずれも歯科用治療椅子に座らせた状態で眼耳平面と床面が可及的に平行になるように設定した。

### III. デンタルプレススケールシステムを用いた咬合接触面積の測定

発色濃度が安定するまで資料採得したシートを30分間冷暗所に保管した後、オクルーザー(FUJIFILM DENTAL OCCLUSION PRESSUREGRAPH FPD-703、富士写真フィルム(株)、東京)を用いて咬合接触面積を測定した。感圧シートによる咬合接触面積の測定部位は、肉眼的にシリコンが薄く透けた部位とシートの圧力値が3MPa以上の発色部位とを対比して、感圧シートの発色部位の中からシリコンには認められない誤発色の部位を除いた部位とした。なお、今回用いたシートの測定可能圧力範囲(3~13MPa)のうち、下限圧力値を6段階に設定して、次に示す各圧力範囲での咬合接触面積を測定した。

- P<sub>3</sub>: 3MPa を含むそれ以上の圧力範囲
- P<sub>5</sub>: 5MPa を含むそれ以上の圧力範囲
- P<sub>7</sub>: 7MPa を含むそれ以上の圧力範囲
- P<sub>9</sub>: 9MPa を含むそれ以上の圧力範囲
- P<sub>11</sub>: 11MPa を含むそれ以上の圧力範囲
- P<sub>13</sub>: 13MPa を含むそれ以上の圧力範囲

### IV. ブラックシリコンのキャリブレーション

キャリブレーションの資料には、通法に従って練和したブラックシリコンを厚さ10mmのガラス練板上に塗布して、鋼球(直径10mm)を定荷重器に取り付けて1kg重で加圧したものを10個用いた。練板上に付着したブラックシリコンをシャーカステン上に置き、得られた資料の透過像をCCDカメラ(FV-5000、富士写真フィルム(株)、東京)で撮影して、パーソナルコンピュータ(Power Macintosh 7100/66<sub>AV</sub>、アップルコンピュータ(株)、東京)にグレーの256階調で入力した(図1)。画像入力ごとに、ガラス練板のみの画像において最大輝度がサチュレーションを起こさず、かつ輝度分布が毎回ほぼ同一となるようにCCDカメラの絞りを調節してバックグラウンドを補正したところ、平均輝度はレベル211~212で標準偏差

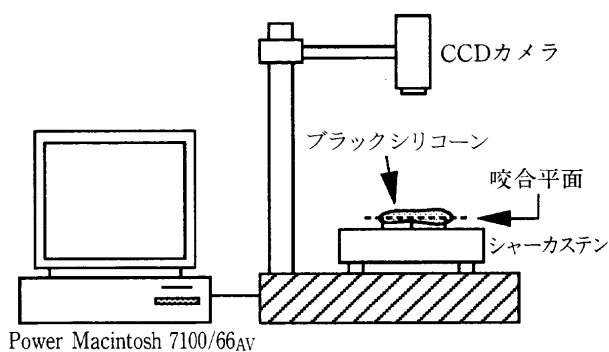


図1 シリコン・ブラック法による咬合接触面積測定システム

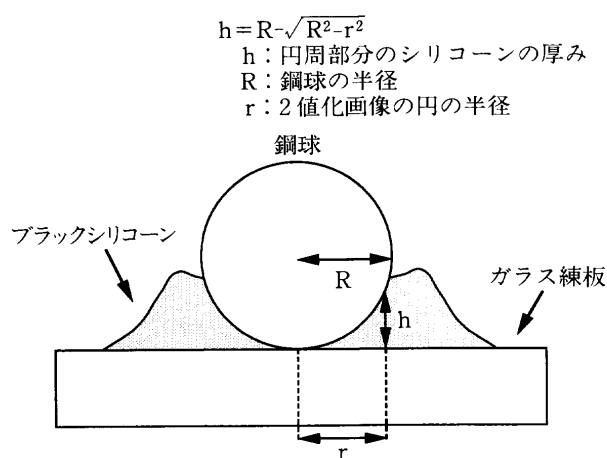


図2 中尾の公式によるシリコンの厚みの測定

は5.0~6.0となった。ブラックシリコンの画像入力はずべてこの設定条件で行った。すべての入力画像に対して、輝度がレベル40~200までの10レベルごとに2値化処理を行い、各2値化画像の円の面積(S)を測定して(サンプリングピッチ≒132 μm)、その半径(r)を求めた。さらに、図2に示すように中尾の公式<sup>13)</sup>を用いて2値化画像の円の半径(r)から円周部分のシリコンの厚み(h)を求めた。これによって、得られた円周部分のシリコンの厚みと2値化輝度との間には、図3に示す曲線が得られた。2値化輝度に対応する10資料のシリコンの厚みの再現精度は、2値化輝度が90, 120, 150の場合にそれぞれ31.4±2.4 μm, 19.6±1.1 μm, 10.8±0.7 μmとなった(図3)。厚みと輝度の間には対数回帰が得られ、シリコンの厚みが30, 20, 10 μmに対応する2値化処理のための閾値をそれぞれ90, 115, 157とした(図4)。

#### V. シリコン・ブラック法による咬合接触面積の測定

シリコン・ブラック法<sup>1)</sup>による咬合接触面積の測定は、透過光源に用いたシャープカステンと資料の咬合平面が平行でかつそれらの距離が10 mmになるよう

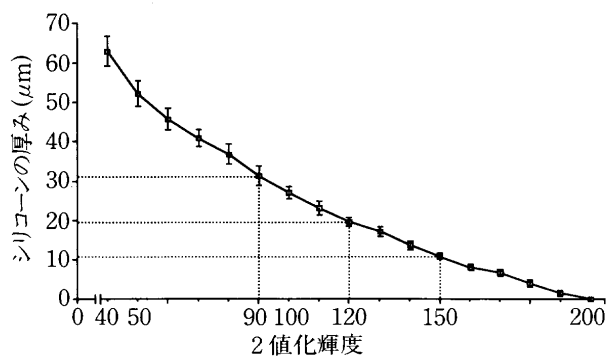


図3 各2値化輝度に対応する10資料のシリコンの厚み  
各点は平均値±標準偏差を表す。

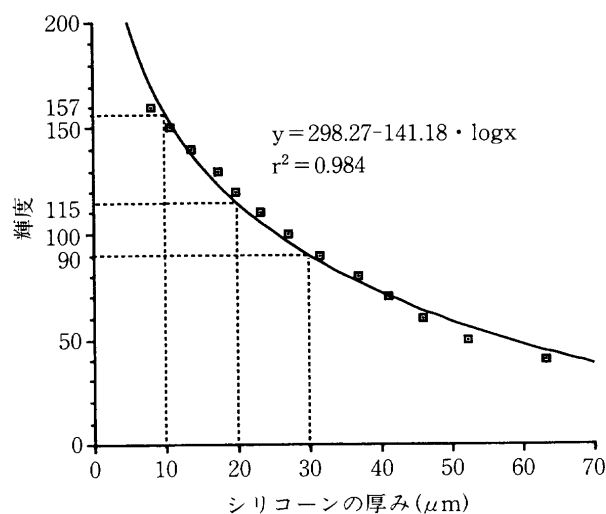


図4 シリコンの厚みと輝度の関係

に資料を設定して行った。画像入力を行う前に、ブラックシリコンのキャリブレーションと同様にバックグラウンドを補正して、得られた資料の透過像をグレーの256階調で入力した(図1)。咬合接触面積の測定は、この入力画像に2値化処理をしてから行った(図5)。本実験でのシリコン・ブラック法による咬合接触域の判定については、臨床における咬合接触診査で幅広く用いられている咬合紙の厚みを考慮して、シリコンの厚みが30 μm以下を咬合接触域と設定した。さらに、真の咬合接触に近い咬合接触域として、シリコンの厚みが20および10 μmの各厚み以下を咬合接触域とする場合についても同様に調べた。以下、それぞれのシリコンの厚みを、次に示すようにS<sub>30</sub>, S<sub>20</sub>, S<sub>10</sub>と略す。

S<sub>30</sub>: 30 μmを含むそれ以下の厚み

S<sub>20</sub>: 20 μmを含むそれ以下の厚み

S<sub>10</sub>: 10 μmを含むそれ以下の厚み

#### VI. 測定機器による面積の比較

感圧シートとブラックシリコンによる咬合接触面



図 5 シリコン・ブラック法による咬合接触部の2値化画像

咬合接触域を白色で示して、この白色部分の面積を測定した（サンプリングピッチ $\approx 132 \mu\text{m}$ ）。

積を比較する上で、測定機器による面積の差があるかを調べた。感圧シートに任意の大きさの発色領域を10個作製して、オクルーザーとCCDカメラを用いて各発色領域の面積をおのおの3回ずつ測定した。

## VII. 統計的分析

### 1. 感圧シートによる咬合接触面積の再現性

感圧シートによる  $P_3 \sim P_{13}$  での咬合接触面積の再現性を調べるために、変動係数と分散を求めた。このうち分散については、どの圧力範囲間に差があるかを調べるために、圧力範囲を要因とする Scheffe's F 検定を用いて圧力範囲による分散の差を検定した。

### 2. 感圧シートとブラックシリコンによる咬合接触面積の比較

感圧シートによる  $P_3 \sim P_{13}$  での咬合接触面積について、15回繰り返し測定での平均（以下、平均咬合接触面積と略す）を求めた。本シートのどの圧力範囲での平均咬合接触面積がシリコンの各厚みでの咬合接触面積に近似しているかを調べるために、paired t-test を用いて、 $P_3 \sim P_{13}$  での平均咬合接触面積と  $S_{30}$ ,  $S_{20}$ ,  $S_{10}$  での咬合接触面積を比較した。さらに、被験者10名における  $P_3 \sim P_{13}$  での平均咬合接触面積と  $S_{30}$ ,  $S_{20}$ ,  $S_{10}$  での咬合接触面積を散布図で示して、それぞれの相関係数と回帰式を求めた。

なお、これらの統計的分析には Super ANOVA (Super ANOVA, Abacus Concepts, Inc., CA) および StatView (StatView, Abacus Concepts, Inc., CA) を用いた。

### 3. 測定機器による面積の比較

オクルーザーとCCDカメラで測定された各発色領域の平均面積について、paired t-test を用いて比較した。

表 1 感圧シートによる咬合接触面積の変動係数

被験者	圧力範囲					
	$P_3$	$P_5$	$P_7$	$P_9$	$P_{11}$	$P_{13}$
A	0.0245	0.0234	0.0250	0.0307	0.0428	0.0721
B	0.0379	0.0374	0.0368	0.0491	0.0937	0.1609
C	0.0636	0.0610	0.0668	0.0809	0.0924	0.1471
D	0.0530	0.0533	0.0488	0.0535	0.0899	0.1880
E	0.0970	0.0950	0.0885	0.0894	0.0998	0.1436
F	0.0717	0.0699	0.0654	0.0746	0.1172	0.1813
G	0.0578	0.0538	0.0495	0.0537	0.0613	0.0991
H	0.0473	0.0412	0.0399	0.0563	0.1212	0.1120
I	0.0585	0.0569	0.0659	0.0612	0.0671	0.1449
J	0.0731	0.0676	0.0532	0.0476	0.0783	0.1179
平均	0.0584	0.0560	0.0540	0.0597	0.0864	0.1367

表 2 感圧シートによる咬合接触面積の分散

被験者	圧力範囲					
	$P_3$	$P_5$	$P_7$	$P_9$	$P_{11}$	$P_{13}$
A	2.16	1.84	1.58	1.50	1.26	1.18
B	5.63	4.68	2.73	2.15	2.21	1.13
C	3.87	3.32	2.95	2.55	1.30	1.08
D	5.13	4.71	2.86	1.87	1.78	1.07
E	9.94	8.86	5.86	3.42	1.65	0.75
F	12.82	11.22	7.56	5.97	5.36	1.63
G	4.56	3.65	2.26	1.36	0.70	0.51
H	9.32	5.96	3.42	3.02	3.43	0.49
I	4.80	4.14	3.88	1.57	0.65	0.58
J	17.36	13.13	5.45	2.26	2.35	0.94

## 結 果

### 1. 感圧シートによる咬合接触面積の再現性

感圧シートによる咬合接触面積の変動係数を表1に示す。変動係数が最小値を示した時の圧力範囲は、被験者6名が  $P_7$  であった。その他の被験者については、被験者3名 (A, C, I) が  $P_5$  であり、被験者Jは  $P_9$  であった。全被験者の変動係数の平均は、 $P_7$  で最小値を示した。

感圧シートによる咬合接触面積の分散を表2に示す。圧力範囲が  $P_3 \sim P_9$  において、全被験者の分散は圧力範囲が高くなるに従って減少した。しかし、被験者3名 (B, H, J) の分散は  $P_{11}$  の時点でやや増加して、その後再び減少した。その他の7名の分散は、 $P_{11}$  および  $P_{13}$  においても、圧力範囲が高くなるに従って減少した。また、 $P_3$  および  $P_5$  での分散は、被験者Jではそれぞれ 17.36 および 13.13 と大きくて、被験者Aではそれぞれ 2.16 および 1.84 と小さな値を示しており、被験者間に大きな差を認めた。

表 3 咬合接触面積についての圧力範囲別分散値の Scheffe's F 検定結果

圧力範囲	P <sub>5</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>13</sub>
P <sub>3</sub>	—	*	*	*	*
P <sub>5</sub>		—	*	*	*
P <sub>7</sub>			—	—	—
P <sub>9</sub>				—	—
P <sub>11</sub>					—

\* : 危険率 5% で有意差あり, — : 有意差なし

表 5 ブラックシリコンによる咬合接触面積

被験者	シリコンの厚み		
	S <sub>30</sub>	S <sub>20</sub>	S <sub>10</sub>
A	51.8	37.1	20.4
B	39.8	28.0	16.5
C	25.6	18.5	12.3
D	37.0	26.3	15.0
E	26.7	19.9	14.2
F	40.8	32.3	24.4
G	25.2	18.3	12.4
H	42.4	30.3	18.0
I	27.2	21.4	15.1
J	42.0	32.3	21.6

単位 : mm<sup>2</sup>

表 4 感圧シートによる平均咬合接触面積

被験者	圧力範囲					
	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>13</sub>
A	60.0(1.5)	57.9(1.4)	50.4(1.3)	39.9(1.2)	26.2(1.1)	15.1(1.1)
B	62.6(2.4)	57.8(2.2)	45.0(1.7)	29.8(1.5)	15.9(1.5)	6.6(1.1)
C	30.9(2.0)	29.9(1.8)	25.7(1.7)	19.7(1.6)	12.4(1.1)	7.1(1.0)
D	42.8(2.3)	40.8(2.2)	34.7(1.7)	25.6(1.4)	14.8(1.3)	5.5(1.0)
E	32.5(3.2)	31.3(3.0)	27.4(2.4)	20.7(1.9)	12.9(1.3)	6.1(0.9)
F	49.9(3.6)	47.9(3.4)	42.1(2.8)	32.8(2.4)	19.8(2.3)	7.0(1.3)
G	37.0(2.1)	35.5(1.9)	30.4(1.5)	21.7(1.2)	13.6(0.8)	7.2(0.7)
H	64.5(3.1)	59.3(2.4)	46.3(1.9)	30.8(1.7)	15.3(1.9)	6.2(0.7)
I	37.5(2.2)	35.8(2.0)	29.9(2.0)	20.5(1.3)	12.0(0.8)	5.3(0.8)
J	57.0(4.2)	53.6(3.6)	43.9(2.3)	31.5(1.5)	19.6(1.5)	8.2(1.0)

n=15, 単位 : mm<sup>2</sup>, ( ) : 標準偏差

圧力範囲を要因とする Scheffe's F 検定を用いて、どの圧力範囲間に分散の差があるかを調べた結果を表 3 に示す。P<sub>3</sub>は P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>13</sub>との間に、P<sub>5</sub>は P<sub>9</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>13</sub>との間にそれぞれ危険率 5% で有意差を認めた。P<sub>7</sub>以上の圧力範囲間には、いずれも危険率 5% で有意差を認めなかった。

## 2. 感圧シートとブラックシリコンによる咬合接触面積の比較

感圧シートによる P<sub>3</sub>~P<sub>13</sub>での平均咬合接触面積とブラックシリコンによる S<sub>30</sub>, S<sub>20</sub>, S<sub>10</sub>での咬合接触面積をそれぞれ表 4 および表 5 に示す。本シートによる P<sub>3</sub>での平均咬合接触面積はシリコンによる S<sub>30</sub>での咬合接触面積より大きな値を示した。

感圧シートによる P<sub>3</sub>~P<sub>13</sub>での平均咬合接触面積とシリコンによる S<sub>30</sub>, S<sub>20</sub>, S<sub>10</sub>での咬合接触面積を、paired t-test を用いて比較した結果を表 6 a~c に示す。本シートのどの圧力範囲での平均咬合接触面積が S<sub>30</sub>での咬合接触面積に近似しているかを調べた結果、P<sub>7</sub>での平均咬合接触面積は S<sub>30</sub>での咬合接触面積との間に危険率 5% で有意差を認めなかった (表 6

a)。同様に、P<sub>9</sub>での平均咬合接触面積は S<sub>20</sub>での咬合接触面積との間に危険率 5% で有意差を認めず (表 6 b)、P<sub>11</sub>での平均咬合接触面積は S<sub>10</sub>での咬合接触面積との間に危険率 5% で有意差を認めなかった (表 6 c)。なお、これら 2 群の分散の均一性については、Hartley 検定を用いて調べた結果、いずれも等分散であることを確認した。

被験者 10 名における P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>11</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>30</sub>, S<sub>20</sub>, S<sub>10</sub>での咬合接触面積の散布図を図 6 に示す。P<sub>7</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>30</sub>での咬合接触面積の相関係数は 0.960 となり危険率 0.01% で有意な相関関係を認めた。同様に、P<sub>9</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>20</sub>での咬合接触面積の相関係数は 0.975 となり危険率 0.01% で有意な相関関係を認め、P<sub>11</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>10</sub>での咬合接触面積の相関係数は 0.776 となり危険率 1% で有意な相関関係を認めた。さらに、これらの場合の回帰式はそれぞれ y=1.042x, y=1.030x, y=0.951x となり、いずれも傾きが 1 に近似した。

## 3. 測定機器による面積の比較

表 6 感圧シートによる平均咬合接触面積とブラックシリコンによる咬合接触面積の比較

a					b				
圧力範囲	平均値 (mm <sup>2</sup> )	自由度	t 値	p 値	圧力範囲	平均値 (mm <sup>2</sup> )	自由度	t 値	p 値
P <sub>3</sub>	11.6	9	5.702	0.0003	P <sub>3</sub>	21.0	9	8.269	<0.0001
P <sub>5</sub>	9.1	9	5.682	0.0003	P <sub>5</sub>	18.5	9	8.852	<0.0001
P <sub>7</sub>	1.7	9	2.124	0.0626	P <sub>7</sub>	11.1	9	10.177	<0.0001
P <sub>9</sub>	-8.6	9	-9.242	<0.0001	P <sub>9</sub>	0.9	9	1.810	0.1037
P <sub>11</sub>	-19.6	9	-11.037	<0.0001	P <sub>11</sub>	-10.2	9	-9.750	<0.0001
P <sub>13</sub>	-28.4	9	-11.752	<0.0001	P <sub>13</sub>	-19.0	9	-11.099	<0.0001

c				
圧力範囲	平均値 (mm <sup>2</sup> )	自由度	t 値	p 値
P <sub>3</sub>	30.5	9	9.013	<0.0001
P <sub>5</sub>	28.0	9	9.451	<0.0001
P <sub>7</sub>	20.6	9	10.183	<0.0001
P <sub>9</sub>	10.3	9	7.926	<0.0001
P <sub>11</sub>	-0.7	9	-0.817	0.4348
P <sub>13</sub>	-9.6	9	-7.689	<0.0001

a : P<sub>3</sub>~P<sub>13</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>30</sub>での咬合接触面積の比較

b : P<sub>3</sub>~P<sub>13</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>20</sub>での咬合接触面積の比較

c : P<sub>3</sub>~P<sub>13</sub>での平均咬合接触面積と S<sub>10</sub>での咬合接触面積の比較

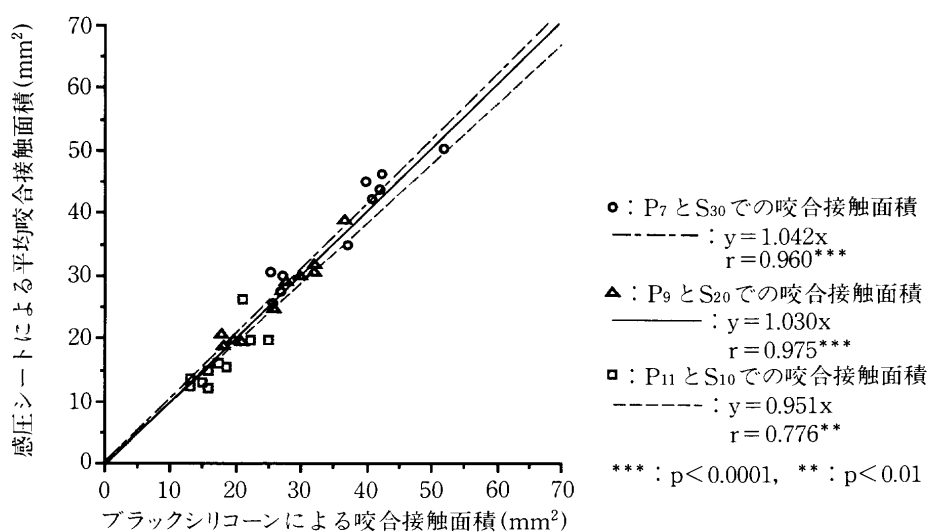


図 6 感圧シートによる平均咬合接触面積とブラックシリコンによる咬合接触面積の関係

オクルーザーと CCD カメラで測定された各発色領域の平均面積 (表 7) を, paired t-test を用いて比較した結果, 危険率 5 % で有意差を認めなかった。

## 考 察

### I. 実験方法について

感圧シートの発色濃度は温度や湿度の影響を受けるとされており<sup>14)</sup>, 福島ら<sup>15)</sup>は, 温度と湿度が発色濃度に与える影響を調べた結果, 温度の影響は比較的小さいが湿度の影響は大きいと報告した。しかし, 湿度に

ついては後にシートのラッピングによって解消された<sup>7)</sup>。鈴木ら<sup>9)</sup>は加圧時の温度および湿度を 14°C-45%, 23°C-65%, 30°C-70% の 3 条件に設定して, 温度や湿度の差による発色濃度への影響を調べた結果, 統計的に有意差を認めないと報告した。また, 本シートの発色濃度は加圧速度や加圧持続時間によって影響を受けるとされているが<sup>10,14)</sup>, 鈴木ら<sup>9)</sup>がこれらの影響を詳細に調べた結果, 加圧到達時間 1 秒と 3 秒の発色濃度に有意差を認めず, 加圧持続時間も 5 秒以内であれば有意差を認めなかった。山口ら<sup>12)</sup>は, ブラックシリコンを基準として感圧シートによる咬合接触検

表 7 測定機器による面積の比較

発色領域	オクルーザー測定面積	CCD カメラ測定面積
area 1	0.6	0.5
area 2	1.1	1.0
area 3	3.8	3.9
area 4	5.2	5.6
area 5	6.8	6.6
area 6	11.4	11.4
area 7	25.2	25.1
area 8	30.9	31.3
area 9	59.7	59.8
area 10	94.4	93.0

オクルーザーと CCD カメラで測定された各発色領域の平均面積を示す。

n=3, 単位: mm<sup>2</sup>

出率を調べた結果、咬合力が大きいほど感圧シートとブラックシリコンによる咬合接触部位の一致率が高くなり、本シートによる診査では中等度以上の咬合力を加える必要があると報告した。

本実験は当科外来診療室で行った結果、温度条件については常にほぼ一定 (23~24°C) に保たれていた。加圧速度や加圧持続時間による発色濃度への影響を防ぐために、メトロノームを使用して、毎回できるだけ同速度での噛みしめを行わせて 5 秒間保持させた。噛みしめ強さについては、比較的再現性の高い最大噛みしめを指示した。本実験結果から、圧力範囲が P<sub>3</sub>での咬合接触面積の変動係数は 0.0245~0.0970 (平均 0.0584) となり (表 1), 福田<sup>6)</sup>, 野口ら<sup>7)</sup>および緒方ら<sup>8)</sup>が報告した値に比べてほぼ同じであるかそれより低い値を示した。このことから、今回設定した条件は比較的良好な再現性を得るのに適切であったと考える。

## II. 感圧シートによる咬合接触面積について

### 1. 再現性

全被験者の変動係数の平均は P<sub>7</sub>で最小値を示して (表 1), 圧力範囲によって分散の差があるかどうかを調べたところ P<sub>3</sub>および P<sub>5</sub>などの圧力範囲において有意に大きな値を示した (表 2, 3) ことから、低圧力値での発色面積のばらつきが大きいと推測できる。

感圧シートによる咬合接触面積の変動係数について、福田<sup>6)</sup>は健康な歯周組織を有する被験者 10 名の下顎大臼歯部で平均 0.0969 であると報告した。野口ら<sup>7)</sup>のデータから変動係数を求めたところ、咬頭嵌合位が安定した成人 5 名の上顎大臼歯部で平均 0.1133 であり、緒方ら<sup>8)</sup>は咬頭嵌合位が安定した成人 3 名の下顎第一大臼歯部で平均 0.0579 であると報告した。本実験において、被験者 10 名の全咬合接触面積の変動係数は、圧力範囲が P<sub>3</sub>での咬合接触面積で平均 0.0584 (0.0245~0.0970) となり、緒方ら<sup>8)</sup>の測定値に近似した。しかし、圧力範囲が P<sub>7</sub>での咬合接触面積で

は平均 0.0540 (0.0250~0.0885) とさらに小さくなり、これは福田<sup>6)</sup>, 野口ら<sup>7)</sup>および緒方ら<sup>8)</sup>のいずれの報告より小さな値を示した。

以上から、感圧シートによる咬合接触面積の再現性は圧力範囲によって差があり、P<sub>7</sub>以上の圧力範囲での咬合接触面積は P<sub>3</sub>や P<sub>5</sub>などの圧力範囲より再現性が良好であった。

### 2. ブラックシリコンによる咬合接触面積との関係

感圧シートとブラックシリコンによる咬合接触面積を比較する上で、オクルーザーと CCD カメラで測定して得られた面積 (表 7) において危険率 5 %で有意差を認めなかったことから、本実験では測定機器による面積の差を考慮せずによいものとする。

感圧シートによる咬合接触面積を評価する場合に、比較の基準としてシリコン・ブラック法を用いたのは、この方法が咬頭嵌合位での咬合接触面積を測定できるものとして信頼性が得られているためである<sup>1,4,13)</sup>。このため、信頼できるシリコン・ブラック法が基準値を与える方法であるとの仮定のもとに、感圧シートとシリコンによる咬合接触面積を比較した。その結果、P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>11</sub>での平均咬合接触面積はそれぞれ S<sub>30</sub>, S<sub>20</sub>, S<sub>10</sub>での咬合接触面積に近似した (表 6 a~c, 図 6) ことから、感圧シートによる P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>11</sub>での咬合接触面積をブラックシリコンによる S<sub>30</sub>, S<sub>20</sub>, S<sub>10</sub>での咬合接触面積とそれぞれ同等に評価できる可能性が示唆された。

本実験結果から、感圧シートによる P<sub>3</sub>および P<sub>5</sub>などの圧力範囲での咬合接触面積のばらつきは大きくて (表 2), その他の圧力範囲との間に有意差を認めた (表 3)。さらに、感圧シートによる圧力範囲が P<sub>7</sub>以上での咬合接触面積は、シリコン・ブラック法による咬合接触面積に近似した (表 6 a~c, 図 6)。これらのことから、本シートによる P<sub>3</sub>での平均咬合接触面積 (表 4) がシリコンによる S<sub>30</sub>での咬合接触面積 (表 5) より大きな値を示したことの理由として、上下顎の歯の咬合時の滑走や発色領域周辺での発色剤のじみなどによる影響ではないかと推測する。

したがって、感圧シートによる咬合接触面積から圧力値が 7MPa 未満の発色域を削除することで、上下顎の歯の咬合時の滑走や発色領域周辺での発色剤のじみなどによる咬合接触面積のばらつきをある程度少なくできるのではないかと考える。

## III. 感圧シートの臨床応用と今後の課題

本実験では、感圧シートによる咬合接触面積の低圧力値でのばらつきに注目して、その再現性に与える影響を調べた結果、明らかに影響を及ぼしていることを認めた。そして、この低圧力値での発色領域を削除することで咬合接触面積の再現性が良好となり、シリコン・ブラック法で得られる咬合接触面積に近い値

を示した。シリコーン・ブラック法を実際の臨床で応用する場合には、操作性が困難で測定が煩雑であるなどの欠点がある。一方、感圧シートは操作性が簡便で測定が容易であり、本実験から圧力値が7MPa以上の咬合接触面積を測定することによって良好な再現性や信頼性が得られたために、本シートの臨床での実用性が高まるものと認識した。

感圧シートには測定可能圧力範囲によって30Hと50Hの2タイプがあり、30Hタイプでは測定可能な圧力範囲が低いために高圧負荷部位でのサチュレーションを生じる。このため、咬合圧や咬合力の測定には50Hタイプの使用が勧められている。しかし、感圧シートの発色濃度を圧力値に換算する場合には10%の誤差があることから<sup>14)</sup>、50Hタイプにおいては測定可能圧力範囲が5~120MPaと大きいためにその影響を受けやすい。このため、面積測定においては30Hタイプの使用が好ましい。これらのことから、感圧シートを実際の臨床で使用する場合には、その基礎的性状を十分に把握した上で目的に応じて30Hと50Hのシートを使い分けるなど正しく使用することが重要である。なお、30Hタイプにおいては資料採得時の不要な接触による誤発色が認められる可能性があるために、シリコーン印象材などを併用して誤発色の有無を調べる必要があると思われる。

以上から、感圧シートを矯正臨床で応用して、得られる咬合接触面積について矯正歯科治療および外科的矯正歯科治療前後での比較、正常咬合者と不正咬合者との比較などについて検討することが可能になる。デンタルプレスケールシステムは、術式の簡便さを併せると、近年重視されている咬合機能の評価を定量的に行える点では臨床的に有用性が高いものと考えられる。

本研究に種々のご助力をいただきました長崎大学教養部統計学講座の藤澤秀雄教授、富士写真フィルム㈱情報記録紙部の来生 博氏に篤く感謝の意を表します。また、終始ご懇切なご教示、ご指導をいただきました長崎大学歯学部歯科矯正学講座の諸先生方ならびに長崎大学歯学部歯科放射線学講座の諸先生方に心から深謝いたします。そして、本実験に際して多大なご協力下さいました被験者の方々に心から篤く感謝の意を表します。

なお、本論文の要旨は、第55回日本矯正歯科学会(1996年10月、福岡)において発表した。

## 文 献

- 1) 村田洋一：臼歯単独補綴歯冠の高さの調整が歯列咬合接触に及ぼす影響 1. シリコーン・ブラック法における咬みしめ強度, 補綴誌 32: 601-609, 1988.
- 2) 土佐淳一, 田中昌博, 村田洋一, 他：咬合接触像のビジュアル化, 補綴誌 31: 1553-1557, 1987.
- 3) 川添堯彬, 田中昌博, 土佐淳一, 村田洋一：画像解析による咬合診査一咬頭嵌合位付近の咬合接触とadd画像一, 歯科ジャーナル 28: 567-572, 1988.
- 4) 土佐淳一, 田中昌博, 村田洋一, 他：add画像における咬合接触像の再現性に関する基礎的研究, 補綴誌 37: 1259-1264, 1993.
- 5) 木下四郎, 福田光男, 田口章太, 他：プレスケールを用いた咬合接触面積および咬合圧の新しい測定法について, 日歯周誌 21: 475-484, 1979.
- 6) 福田光男：新しい咬合力測定システムについて一ニュープレスケールとその測定装置について一, 日歯周誌 23: 397-414, 1981.
- 7) 野口俊英, 福田光男, 田口章太, 木下四郎：咬合診査用オククルーザルプレスケールのラッピングについて, 日歯周誌 25: 575-581, 1983.
- 8) 緒方哲朗, 中田 稔：オククルーザルプレスケールを用いた咬合接触面測定システムの改良とその有効性について, 小児歯誌 28: 160-171, 1990.
- 9) 鈴木哲也, 渡辺竜登美, 吉富信幸, 他：感圧シートを用いた新しい咬合圧測定システムの有用性, 補綴誌 38: 966-973, 1994.
- 10) 石塚堯夫：圧力測定用シート「プレスケール」, 機械設計 22: 5-8, 1978.
- 11) 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測定, 補綴誌 38: 835-841, 1994.
- 12) 山口泰彦, 久恒泰宏, 木村朋義, 他：デンタルプレスケール®を用いた咬合接触部位の診査法に関する検討一咬頭嵌合位における咬合接触部位の検出率について一, 補綴誌 39: 1113-1120, 1995.
- 13) 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.
- 14) 成尾匡一：圧力測定用シート《プレスケール》, 共和技報 244: 1-4, 1978.
- 15) 福島俊士, 戸代原孝義, 神山範子, 他：圧力測定用シート「プレスケール」に関する基礎的研究, 補綴誌 24: 337-344, 1980.

主 任：小林 和 英 教授 1996年11月11日受付

連絡先：内 山 恵 代

長崎大学歯学部歯科矯正学講座

〒852 長崎市坂本町1-7-1