方向の異なるポストの印象精度に関する研究

——寒天—アルジネート連合印象——

割田 研司

A Study on Accuracy of Post Impression in Various Direction

— Combined Reversible/Irreversible Hydrocolloid Impression —

Kenji Warita

Abstract : The purpose of this study is to examine the impression accuracy of posts and cores using the combined reversible hydrocolloid and irreversible hydrocolloid, especially at various angles between the direction of the posts and the path of withdrawal of the impression tray. Five master models of clear acrylic resin and an impression tray of base metal were made particularly for this study. Each master model had two posts : one, in a parallel direction ; the other, at a definite angle (0° , 10° , 20° , 30° and 40°) to the path of withdrawal of the impression tray. The permanent distortions of post impressions were measured on the standardized photographs with a profile projector.

The results are as follows :

(1) The distortions increased in proportion to the degree of angle and the depth of the measuring points.

(2) Dentloid and Hydrostick showed comparatively low distortions at 10° , 20° , but the distortions at 30° , 40° were considerable. A maximum distortion (0.40 mm) was found at the end of the 40° post with Dentloid.

(3) For reversible hydrocolloid, a radial pin proved to be effective in preventing distortion of the post impression and improving the impression accuracy.

Key words : impression accuracy, posts and cores, various angles, combined reversible and irreversible hydrocolloid, standardized photograph

I. 緒 言

無髄歯の歯冠補綴を行う際には、鑄造体による支台築造や歯冠継続歯などのように、歯根にポストを形成して維持を求めなければならない場合が多い。これらのポス

トタイプの鑄造体の適合性の良否が補綴物の予後を大きく左右することはいうまでもない。

現在、ポストおよび築造窩洞の印象採得には、シリコーン・ラバー印象材、ポリサルファイド・ラバー印象材、寒天印象材などの各種弾性印象材が用いられているが、適合の良い鑄造体を得るためには、材料の理工学的

東京医科歯科大学歯学部第二歯科補綴学教室（指導：田端恒雄教授）

昭和大学歯学部第一歯科補綴学教室（指導：川和忠治教授）
The Department of Prosthodontics II, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Director :

Prof. Tsuneo Tabata)

The First Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Showa University (Director : Prof. Tadaharu Kawawa)

昭和62年4月15日受付

図 1 透明アクリル樹脂製原型と真鍮製トレイ

性質を考慮にいたうえでの正確な印象採得が必要である。

著者はポストや築造窩洞の印象採得に最も適した印象材および印象法を探る目的で、これまでにラバー系の印象材を用いてポストの印象精度について、特に、方向の異なるポストの印象精度について検討してきた。その結果、ポストの方向と印象の撤去方向とのなす角度の大きさは、ポストの印象精度に大きな影響を及ぼし、また、ラバー系印象材の中では付加型シリコーン・ラバー印象材が最も優れた印象精度を示し、縮合型シリコーン・ラバー印象材、ポリサルファイド・ラバー印象材の順で印象精度は劣っているとの結論を得ている¹⁻³⁾。

寒天印象材は古くより知られていたが、近年、寒天—アルジネート連合印象法として臨床の場に再登場し、急速に普及して、各種の印象採得に用いられるようになっていく。そして寒天—アルジネート連合印象法のポストへの適用の可能性が示唆されるに至った。そこで、今回は寒天—アルジネート連合印象法について検討し、併せてラバー系印象と比較検討を行った。

II. 研究方法

方向の異なる 2 本のポストが形成してある透明アクリル樹脂製原型を、規格したトレイを用いて寒天—アルジネート連合印象法による印象を採得し、その印象を規格撮影して写真上で計測を行う。

1. 環境条件

実験操作は室温 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ の実験室で行う。

表 1 印象採得に使用した材料

寒天印象材	
デントロイド(ブラウン 5/16) No. 010719	デントロケミカル
ハイドロスティック(レッド 5/16) No. 831104	オムニコ
アルジネート印象材	
アルジエース・パウダー (オレンジ・タイプ II ノーマルセット) Lot. No. 151-920	三金工業
補強材	
ラジアルピン 赤(ワイヤー径 0.2mm)	デントロニクス

2. 実験器具

1) 透明アクリル樹脂製原型

透明アクリル樹脂製の原型(図 1-a)は各面が互いに直角をなし、印象材の厚みを一定とするためのストッパーが左右側面の 2 カ所に付与され、2 本のポストと 3 カ所の計測基準点が上面(印象面)に設けてある。ポスト間の距離は、上顎左右中切歯を根面形成した場合の根面中心間の距離を想定し、8.5 mm とする。計測基準点(直径 1 mm、深さ 1 mm)は、ポスト間の中央と両外側にあり、基準点間の距離は 8 mm である。ポストおよび基準点は規格写真撮影時、撮影装置の光軸に対して垂直となる同一平面上に正確に形成されており、この平面は印象の撤去方向に平行である。ポストは印象の撤去方向に一致するものと、一定の角度をなすものの 2 本であり、ポスト間のなす角度は、 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° の 5 段階とする。ポストの形成には先端部直径 1.5 mm、片側テーパー 1/20 のテーパリーマー S 3 (村上製作所製)を用いる。

2) トレイ

印象採得に使用する真鍮製のトレイ(図 1-b)は、原型のストッパーにトレイの両側が接するまで圧接することにより、トレイの撤去方向および印象材の厚み(3 mm)が一定となり、同時にポスト印象の長軸を含む平面が、規格写真撮影装置の光軸に対して垂直となるように製作されている。トレイの厚さは 2 mm とし、印象材の十分な維持をはかるために、2 mm 間隔に直径 3 mm の円形の保持孔が設けてある。また、トレイの変形を防ぐために厚さ 2 mm、幅 16 mm の補強板が 2 カ所に付与されている。

3. 使用材料および印象法

印象採得に使用した材料を表 1 に示す。

1) 印象材

寒天印象材としてデントロイド（ブラウン）とハイドロスティック（レッド）の2種類を、アルジネート印象材としてアルジエース・パウダー（オレンジ・タイプII ノーマルセット）を使用する。

2) ポスト印象の補強材

ポスト印象の補強材として、ステンレス・ワイヤーにレーヨン繊維を放射状に電気植毛したラジアルピン（赤ワイヤー径 0.2 mm）を使用する。

3) 印象材の操作条件

印象材の取扱は、いずれもメーカーの指示書に従う。寒天印象材は寒天専用コンディショナー（Van R 社 アキュトロン 100）の沸騰湯中で10分間加熱後、60°C で15分間以上保存したものを使用する。アルジエース・パウダーは、 $W/P=2.24$ とし、練和時間は手練和 50 秒とする。粉液比を厳密にするために、計量には上皿電子天秤（ザルトリウス社 1212 MP）を用いる。

4) 印象法

印象法は寒天印象材とアルジネート印象材との連合印象とする。寒天印象材をシリンジにより原型のポストおよび基準点に注入し、印象面（原型上面）に一樣に盛り上げ、その上からアルジネート印象材を盛ったトレーを所定の位置まで挿入、圧接し、ただちに温度 37°C、相対湿度 100% の恒温槽に入れ硬化させる。

アルジネート印象材の練和開始より3分後に印象を撤去し、ただちに採得した印象を拡大率2倍で規格写真撮影を行う（図2）。

ポストの角度、寒天印象材の種類、ラジアルピンの有無による組合せについて、各5個ずつ合計100個の印象を行う。

4. 規格写真撮影

規格写真撮影には、マクロニッコール 120 mm, F 6.3 をつけたマルチフォト・システム（日本光学社製）⁴⁾ を使用し、プラスチック製のガイド板によって、撮影装置の載物台上で印象の位置を規定する。フィルムにはテクニカルパン・フィルム 2415, 4×5 インチ版（コダック社）を用い、現像はコピナール（富士写真フィルム社）を使用し、20°C で3分間行う。

5. 計測方法および検討項目

1) 計測方法

計測はすべて規格写真上で行う。計測には万能投影機（日本光学社製 V-16 型、最小読取値 1/1,000 mm）を使

図2 規格写真の一例（ポスト間のなす角度 30°）

用し、透過照明下、拡大率5倍で行う。読み取り値はデジタル表示され、付属プリンターに同時に記録される。3回読み取りの平均値を計測値とする。

図3は計測のための基準線および計測部位を示した模式図である。左右の基準点 P と Q を結んだ直線を X 軸、中央の基準点の左側面に接する直線を Y 軸とし、それぞれを計測基準線とする。X 軸からポストの先端部へ向かって Y 軸上に点 0 から点 7 まで 1 mm 間隔に 8 点を取り計測基準点とする。

各計測基準点から X 軸に平行に、ポストの各側面 A-A', B-B', C-C', D-D' までの距離を計測し、同時に、点 A', B' の座標も求める。以後、Y 軸の左側にあり、撤去方向と一定の角度をなしているポストをポスト (AB) とし、Y 軸の右側にあり撤去方向に平行のポストをポスト (CD) とし、記号 A-A', B-B', C-C', D-D' は Y 軸から各ポスト印象のそれぞれの側面までの距離を表すものとする。

なお、原型の寸法には5回の計測値の平均値を用いる（表2～4）。

2) 検討項目

以下の3項目について検討を行う。

(1) ポストの変形

各計測部位における印象と原型との計測値の差を求めて変化量とし、その変化量からポストの変形を検討する。

(2) ポストの幅

各計測部位における計測値 A-A', B-B' の差をポスト (AB) の幅、同様に計測値 C-C' と D-D' との差をポスト (CD) の幅とし、原型と印象との差を検討する。

(3) ポストの長さ

ポスト (AB) の長さは、直接計測が不可能のため、点 A, B, および点 A', B' の中点間の距離とし、各点の座

図 3 計測基準線および計測部位

標から計算してもとめる。ポスト (CD) については直接計測する。

III. 結 果

ポストの方向を 5 段階に規格設定した透明アクリル樹脂製原型について寒天-アルジネート連合印象法を行い、印象でのポストの形態的变化を検討し以下の結果を得た (図 4-12)。

1. ポストの変形について

デントロイドにおける A-A' の変化量をみると、0° すなわち印象撤去方向と平行なポストではポスト全長にわたり $-30 \sim -40 \mu\text{m}$ で、ほぼ一様に減少していた。印象撤去方向と 10°, 20° の角度を示すポストでは変化量がわずかに大きくなり先端部で $-100 \sim -120 \mu\text{m}$ 程度であったが、30°, 40° になると変化量は先端部に向かうに従って急激に増加し、30° の先端部で $-255 \mu\text{m}$ 、40° では、約 $-404 \mu\text{m}$ と最も大きな値を示した (図 4-1)。一方、ラジアルピンを応用した場合については、0°, 10°, 20° ではラジアルピンを応用しない場合と同様の変化量を示したが、30°, 40° では変化量が小さくなった。30° では計測部位 2 より先端部にかけてラジアルピンの効果がうかがわれ、計測部位 3 では $32 \mu\text{m}$ 、4 では $59 \mu\text{m}$ 、5 では $78 \mu\text{m}$ と変化量が小さくなった。また 40° で

は、計測部位 2 で $60 \mu\text{m}$ 、3 では $120 \mu\text{m}$ 、4 で $176 \mu\text{m}$ と変化量が小さくなり、角度が大きくなるほど補強材としてのラジアルピンの効果は顕著であった (図 4-2)。

ハイドロスティックにおいては、0° すなわち印象撤去方向と平行なポストでデントロイドより、やや大きな変化がみられたが、印象撤去方向と 10°, 20° の角度を示すポストではほぼ同様の傾向であった。30° では計測部位 2 より先端部に向かうにつれ変化量は増加傾向を示し、先端部では $-180 \mu\text{m}$ 程度であった。40° でも同様の傾向を示したが、30° より顕著であり先端部では $-253 \mu\text{m}$ であった。ハイドロスティックにおける変化傾向はデントロイドにラジアルピンを応用した場合の変化傾向に類似していた (図 4-3)。ラジアルピンを応用した場合では、10°, 20° において、わずかに変化量が小さくなったが、デントロイドの場合とは異なり、30°, 40° におけるラジアルピンの効果はほとんどみられず、むしろ全般的にわずかながら大きくなる傾向を示した (図 4-4)。

なお、B-B' については、いずれの印象材においても A-A' に比べて全般的には変化量は小さな値を示したが、変形の傾向は A-A' と同様であった (図 5)。

一方、撤去方向と平行なポスト (CD) では、C-C', D-D' とともに印象材の違いによる変化量の差は認められず、その変化量も C-C' で平均約 $-20 \mu\text{m}$ 、D-D' で平均約 $-50 \mu\text{m}$ とポスト全長にわたって、ほぼ一様に減少して

表 2 原型の各計測部位におけるポスト側面までの距離

A-A'						
point	angle	0°	10°	20°	30°	40°
0		4.486	4.734	4.984	5.234	5.503
1		4.458	4.878	5.311	5.783	6.326
2		4.433	5.037	5.641	6.344	7.212
3		4.400	5.198	5.963	6.921	8.105
4		4.376	5.369	6.297	7.510	9.028
5		4.349	5.532	6.622	8.096	
6		4.315	5.708	6.959		
7		4.286				

B-B'						
point	angle	0°	10°	20°	30°	40°
0		2.632	2.808	3.013	2.974	2.833
1		2.661	3.041	3.414	3.655	3.873
2		2.685	3.259	3.797	4.300	4.864
3		2.707	3.476	4.215	4.940	5.824
4		2.728	3.684	4.577	5.571	6.732
5		2.758	3.889	4.956	6.184	
6		2.779	4.091	5.342		
7		2.817				

C-C'						
point	angle	0°	10°	20°	30°	40°
0		3.558	3.589	3.623	3.600	3.601
1		3.615	3.617	3.653	3.649	3.631
2		3.648	3.630	3.680	3.659	3.654
3		3.682	3.650	3.710	3.678	3.674
4		3.719	3.665	3.739	3.694	3.693
5		3.751	3.679	3.762	3.699	3.712
6		3.775	3.688	3.787	3.704	3.731
7		3.815	3.706	3.829	3.717	3.761

D-D'						
point	angle	0°	10°	20°	30°	40°
0		5.450	5.465	5.472	5.525	5.460
1		5.427	5.415	5.443	5.465	5.417
2		5.415	5.381	5.423	5.428	5.389
3		5.394	5.342	5.399	5.396	5.361
4		5.375	5.303	5.374	5.353	5.329
5		5.358	5.273	5.356	5.333	5.304
6		5.357	5.249	5.327	5.311	5.270
7		5.338	5.208	5.292	5.266	5.243

単位: mm

表 3 原型の幅

ポスト (AB)						
point	angle	0°	10°	20°	30°	40°
0		1.854	1.927	1.971	2.260	2.670
1		1.796	1.837	1.897	2.128	2.453
2		1.748	1.778	1.844	2.044	2.349
3		1.693	1.722	1.748	1.981	2.281
4		1.648	1.685	1.720	1.939	2.296
5		1.591	1.644	1.666	1.912	
6		1.536	1.618	1.617		
7		1.468				

ポスト (CD)						
point	angle	0°	10°	20°	30°	40°
0		1.893	1.876	1.850	1.925	1.859
1		1.812	1.798	1.790	1.817	1.786
2		1.767	1.751	1.743	1.769	1.735
3		1.713	1.692	1.689	1.718	1.687
4		1.656	1.639	1.635	1.660	1.636
5		1.607	1.594	1.595	1.634	1.592
6		1.582	1.561	1.540	1.607	1.539
7		1.523	1.502	1.463	1.549	1.482

単位: mm

表 4 原型の長さ

post	angle	0°	10°	20°	30°	40°
AB		7.213	7.082	7.190	7.113	7.103
CD		7.221	7.169	7.184	7.288	7.196

単位: mm

いた(図 6, 7). このことは, 印象撤去方向と一定の角度を持つポスト (AB) の変形の影響は, 撤去方向に平行なポスト (CD) までは及ばないことを示している. また, デントロイド, ハイドロスティックともにラジアルピンの影響はみられなかった.

2. ポストの幅について

デントロイドにおけるポストの幅の変化量を示したのが図 8 である. ポスト (AB) の 0°, 10°, 20° では, 変化量は $-10 \sim -30 \mu\text{m}$ であり, 原型に比べてポスト全長にわたってわずかに幅が減少していたが, 30°, 40° とポストの角度が増加すると変化量も増加し, ポストの印象はより細くなる傾向を示した. さらに, 30°, 40° では基部付近の計測部位 0 で $-50 \mu\text{m}$, 計測部位 1 で $-70 \mu\text{m}$ であるのに対して, 計測部位 2 で $-100 \mu\text{m}$ と変化量が増加し, 計測部位 3, 4, 5 では $-100 \mu\text{m}$ でほぼ一定と

(1) Dentloid

(3) Hydrostick

(2) Dentloid + R

(4) Hydrostick + R

図 4 A-A' の変化量

(縦軸は計測部位, 横軸は変化量を示す. +R はラジアルピンを併用した場合を示す)

なり, 基部付近とそれ以外の部分で変化量が異なる傾向を示した。一方, ポスト (CD) では, ほとんど変化のみられない基部付近を除いて, 変化量は $-20 \sim -40 \mu\text{m}$ で

あり, ポスト全長にわたりほぼ一様に, わずかに幅が減少した。

ポストの幅については, ハイドロスティック (図 9) で

図 5 B-B' の変化量 (Dentloid)

図 7 D-D' の変化量 (Dentloid)

図 6 C-C' の変化量 (Dentloid)

もデントロイドと同様の变化傾向がみられた。また、デントロイド、ハイドロスティックともにラジアルピンの影響はみられなかった (図 10, 11)。

3. ポストの長さについて

図 12 はポストの長さの変化量を示したものである。ポスト (AB), (CD) とともに、デントロイド、ハイドロ

スティックいずれの印象材においても、全般的に $-50 \sim -100 \mu\text{m}$ 程度長さが短くなる傾向がみられたが、ポスト (AB) の 30° , 40° ではハイドロスティックを除いてわずかながら変化量が小さくなる傾向がみられた。また、ラジアルピンの使用により、両印象材ともに変化量はわずかながら小さくなる傾向がみられた。

IV. 考 察

従来よりポストや支台築造の印象採得には各種の弾性印象材が用いられている。シリコーン・ラバーやポリサルファイド・ラバーなどのラバー系印象材が多用されているなかで、理工学的諸性質⁵⁻⁸⁾や単独ポストにおける印象精度の研究⁹⁻¹¹⁾などから、シリコーン・ラバー印象材がポストやピンホルの印象採得に適していることが示唆されてきた。

著者はこれまでに単独ポストの印象精度のみならず、方向の異なるポストの印象精度についても検討を加えてきた。その中で印象の撤去方向とポストの方向がなす角度の大きさは、ポストの印象精度に大きな影響を及ぼすこと、またその影響は印象材の種類により異なることを明らかにし、ラバー系印象材の中では付加型シリコーン・ラバー印象材が最も優れていることを報告した¹⁻³⁾。

近年、寒天印象材およびアルジネート印象材の材質の改善により、簡便さや経済性などの利点から、寒天一ア

図 8 幅の変化量 (Dentloid)

ルジネート連合印象法が臨床において急速に普及し、各種の印象採得にも広範囲に用いられている。寒天—アルジネート連合印象法によるクラウンやインレーの印象採得に関しては、臨床術式とともに基礎的な研究が行われ、その印象精度や印象精度に影響を及ぼす因子などについて報告されている¹²⁻¹⁶⁾が、ポストクラウン、特に方

向の異なるポストクラウンについてはいまだ不明のままに残されている。

そこで、寒天—アルジネート連合印象法による方向の異なるポストの印象精度について検討を加えると同時に、すでに著者が報告したラバー系印象材との比較を行い、ポスト印象法についての考察を加えた。

図 11 ポスト (AB) 幅の変化量 (Hydrostick+R)

1. 研究方法について

1) 原型およびトレー

各種印象材の精度試験には、強度、表面性状、加工性などの点から主として金属原型が多く用いられているが、ポストや支台築造窩洞を想定した場合には、その原型、印象および模型の寸法を実測することが困難となる。そこで本研究では、規格写真撮影や万能投影機などの光学系計測機による計測に有利な透明アクリル樹脂製の原型を使用した。また、印象採得には印象の撤去方向が一定で、かつ規格写真撮影装置の光軸がポスト印象部の所定の部位と垂直となるよう製作した真鍮製のトレーを使用した。この透明アクリル樹脂製原型とトレーを使用することにより、原型および印象の計測が可能となり、本研究の目的であるポストの方向の影響による印象の変形状態を把握することが初めて可能となった。

2) 印象材

寒天印象材とアルジネート印象材の接合強さは印象材の組合せによりほとんど接合しないものから、ある程度の接合強さを有するものまでであるとの報告^{17,18)}があり、臨床的には 500 g/cm² 程度の接合強さがひとつの目安とされている。本実験では、これらの報告を参考にして寒天印象材のデントロイド、ハイドロスティックとアルジネート印象材のアルジュース・パウダーとの組合せを採用したが、実際に実験中に印象材間での剝離は観察されず、十分な接合強さを示していた。また、寒天印象材の引張り力および引裂力に対する強度¹⁹⁾も懸念されたが、最

も応力が集中すると考えられるポストの基部においても印象材の断裂はみられず、安定した印象が得られた。

3) 規格写真撮影

ラバー系印象材では¹⁻³⁾、原型および印象材を万能投影機上で直接計測したが、寒天-アルジネート連合印象では、離液や乾燥による印象材の経時的寸法変化による変形を防ぐために規格写真法を採用した。写真法による計測は直接計測に比較して精度が若干悪くなることが懸念されるので、まず本規格写真法の精度について検討を加えた。規格写真の精度に影響を及ぼす因子としては、撮影系の光軸と試料(印象)との位置関係、光学系および感光材料の解像力、光学系による像の歪みなどがあげられる。

(1) 撮影系の光軸と試料との位置関係

プラスチック製のガイドを用いて、光軸と試料との位置関係が常に一定となるように考慮した。

(2) 光学系および感光材料の影響

ニコン・マルチフォト・システム⁴⁾は、レンズをはじめとしてカメラ、架台、照明装置、ピント合わせのシステムなど、マクロ写真専用に設計されたものであり、高解像力など多くの優れた性能を有している。また、感光材料としては、高解像力、高コントラストを得るために、サイズ、感度、粒状性などの点を考慮して、コダック・テクニカルパンフィルム 2415、4×5 インチ版を使用した。

本実験における実際の撮影条件でのレンズの収差などによる像の歪みを検討するために、標準格子原型を同一条件で撮影し、万能投影機で計測したところ、光軸の周囲 20 mm の範囲すなわち写真の中央部においては像の歪みは、読み取り誤差より小さく無視できる程度の値であり、正確な像が得られていることが確認された。

4) 万能投影機の読み取り精度

万能投影機の最小読み取り値は 1 μm であるが、計測基準線を合わせる操作などの誤差を考慮に入れて、同一写真を繰返し計測した結果、読み取り誤差は最大 5 μm であった。

5) 印象材の膨縮による計測基準線のずれ

印象撤去から規格写真撮影までの間における印象材の膨縮による計測基準線のずれ、特に X 軸の Y 軸方向へのずれは、その値が大きき場合には原型と印象の計測部位の対応がとれないため問題となる。この膨縮変化には、主として印象材の恒温槽から室温までの熱収縮と空気中での経時的寸法変化が関与していると考えられる。寒天印象材の寸法変化に関する報告²⁰⁾や寒天印象材の主成分

(1) ポスト (AB)

(2) ポスト (CD)

図 12 長さの変化量

である水の熱膨張係数、基準点の大きさなどから、基準点 P, Q は Y 軸方向におよそ $5\mu\text{m}$ 程度収縮していると推定されるので、基準線 X 軸のずれは最大 $5\mu\text{m}$ 程度であると考えられる。したがって、基準線 X 軸のずれによる計測値への影響が最も大きくなる、印象の撤去方向と 40° の角度がもつポストにおいても、その値は $5\mu\text{m}$ 以下となる。

以上のことから今回用いた規格撮影写真法の総合的な計測精度は $\pm 5\mu\text{m}$ 程度であり、本研究の目的に対して十分に満足のいくものであった。

2. 実験結果について

1) ポストの変形について

本実験の結果から、寒天—アルジネート連合印象においては、デントロイド、ハイドロスティックいずれの場合も、A-A', B-B' が原型に比べて小さくなり、ポストの印象は Y 軸の方向すなわち内側に曲げられる変形を示し、印象の撤去方向とポストの方向の違いがポストの印象精度に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。全般的な傾向としては、角度の増加に伴い変形量は大きくなり、また、ポストの基部よりも先端部になるにつれて

大きくなった。印象撤去方向とポストの方向のなす角度が 10° 、 20° と小さい場合では、角度の影響はそれほど認められず変化量もわずかであったが、 30° 以上では角度の影響が大きく、変化量も急増し、ポスト全体としては曲線的な変形を示した。

ポスト (AB) においてデントロイドとハイドロスティックを比べると、 20° までの小さな角度では差はみられなかったが、 30° 、 40° の大きな角度ではデントロイドがハイドロスティックより大きな変化量を示し、両印象材間に明らかな差がみられた。そこで、この結果を考察するために、弾性的性質を表す指標として永久歪、圧縮歪、圧縮強度を ADA 規格試験 no. 11²¹⁾ に準じて測定したが、これらの測定項目ではいずれも両印象材の間に有意差はみられなかった。方向の異なるポストの印象精度に最も関係していると考えられる永久歪量はデントロイドが 1.0% 、ハイドロスティックが 1.2% であり、永久歪量においてはデントロイドがハイドロスティックよりも、わずかではあるがむしろ小さい値であった。この規格試験の結果からは 30° 、 40° で両印象材間に差がみられた理由については明らかにならなかったが、この原因としては規格試験での荷重方法および荷重量が、実際のポスト印象の場合とかなり異なることに関係していると思われる。また、小さい角度において差がみられなかったことと考えあわせてみると、 30° 、 40° の角度をなすポストの印象採得は規格試験の荷重条件に比べて、荷重方向、荷重量ともにより過酷な条件で行われていると思われる。

ラジアルピンの影響については、デントロイドとハイドロスティックで異なる傾向がみられた。デントロイドではラジアルピンの使用により、 30° 、 40° において特にポストの先端部になるにつれて変化量が減少して効果が著明であったのに対して、ハイドロスティックでは 10° 、 20° で効果があらわれているが、 30° 、 40° ではほとんど変わりなく、むしろ変化量が増加している。ラジアルピンを応用した場合には、印象材自体の変形に加えてラジアルピンの素材であるステンレス・ワイヤーの塑性変形も加味され、その影響、効果についての詳細な考察は難しいが、両印象材においても変化量の点からみてポストの印象精度に特に悪い影響を及ぼすことはないようである。また、歯型材注入時の補強材としての効用などと考えあわせると、ラジアルピンの応用は臨床的には有用な方法であると考えられる。

一方、印象の撤去方向に平行なポスト (CD) においては、C-C'、D-D' の変化量は、両印象材ともに各計測部

位でほぼ一定の値を示し、印象の変形はみられなかった。また、ポスト (AB) の変形による影響はみられず、補強材としてラジアルピンの影響も認められなかった。

2) ポストの幅について

ポストの幅はポスト (AB)、ポスト (CD) ともに全般的に減少し、ポストの印象は細くなる傾向がみられたが、これは印象材、特にポスト内部の寒天印象材の熱収縮の影響と考えられる。ポスト (AB) においては、デントロイドでは、いずれの角度においても計測部位 0、1、2 あたりまでは先端部へ向けて徐々に変化量が増える傾向にあったが、それより先端ではほぼ一定の変化量となる。計測部位 2 より先端部ではある程度自由な収縮をするのに対し、ポストの基部付近ではトレーおよびトレー側にある多量の印象材の影響により減少量が小さかったものと思われる。また、印象撤去方向とポストのなす角度が 20° までは幅の減少量はわずかであり、平均値で約 $-20 \sim -30 \mu\text{m}$ であるが、 30° 、 40° とポストの角度が大きくなると減少量が大きくなり $-100 \mu\text{m}$ 程度になった。この減少量の増加は 30° 、 40° でみられたポストの変形量に対応しており、ポストの変形量と幅の減少量との関連が推察される。しかし、幅については全体的に変化量が小さく、ポストの変形に比べて角度やラジアルピンの影響は顕著ではなかった。

ポスト (CD) においては、ポストの幅は全般的に減少し、基部より計測部位 2 まで減少量はわずかに大きくなり、それより先端部ではほぼ一定となり、印象材の種類による差やラジアルピンの影響はみられなかった。

3) ポストの長さについて

ポストの長さについてもポストの幅と同様に全般的に短くなる傾向がみられた。この理由としては印象撤去時に加わる力によって印象材が引き伸ばされる量よりも、印象材の熱収縮による影響が大きいたったためであると考えられる。ポスト (AB) の 0° 、 10° 、 20° およびポスト (CD) に対して、ポスト (AB) の 30° 、 40° では角度の増加に伴い変化量が小さくなり、逆に印象が長くなる傾向を示し、ポストの幅でみられたと同様に、角度の増加による印象の変形に対応した長さの変化傾向が推察された。 30° 、 40° では、印象撤去の際のポスト部印象材の変形に伴い、印象が引き伸ばされる方向に力が大きく作用したためと考えられる。長さの減少傾向はポストの全長に比べてわずかなものであり、臨床的には問題はないと思われる。

図 13 A-A' の変化量 (ラバー系印象材との比較 30°)

3. ラバー系印象材との比較

ポストの印象精度、特に形態精度に影響を及ぼす因子としては、主として印象材の弾性復元性の指標となる永久歪量が関与していると考えられる。ラバー系印象材においては、永久歪量の小さな付加型シリコン・ラバー印象材が優れたポストの印象精度を示したのに対して、永久歪量の比較的大きなポリサルファイド・ラバー印象材の印象精度は劣っており、方向の異なるポストの印象精度と印象材の永久歪量との間に関連性がみられた¹⁻³⁾。これに対して寒天印象材は ADA 規格試験による著者らの永久歪量のデータや、これまでに報告されている規格試験による永久歪量からみると、付加型シリコンラバー印象材とポリサルファイド・ラバー印象材の中間で、縮合型シリコン・ラバー印象材とほぼ同程度の値である^{5-7, 18)}。このことから寒天-アルジネート連合印象法による方向の異なるポストの印象精度においても、縮合型シリコン・ラバー印象材に匹敵する精度が期待されたが、ポスト印象の変形量は縮合型シリコン・ラバー印象材に比べてかなり大きく、ポリサルファイド・ラバー印象材に近い値であった。

図 13 は 30° のポストにおける A-A' の変化量について、寒天-アルジネート連合印象法と代表的なラバー系印象材による印象法とを比較したものである。シュールフレックス F (ポリサルファイド・ラバー印象材) はレギュラー・ボディーの単独印象法、トシコン (縮合型シ

リコン・ラバー印象材) はヘビー・ボディーとインジェクションの連合印象法、プレジデント (付加型シリコン・ラバー印象材) はパテとライト・ボディーの連合印象法である。

寒天-アルジネート連合印象法とポリサルファイド・ラバー印象材のシュールフレックス F 単独印象法の変形の様相を比較してみると、寒天-アルジネート連合印象法は計測部位 0, 1, 2 ではシュールフレックス F 単独印象よりも変化量が大きいが、先端部では同じか、やや小さい値を示しており、変形パターンに若干違いがみられる。また、基礎的な実験データでは寒天印象材自体の強度、特に引張、引裂強度はラバー系印象材に比べて小さい数値を示しているが、印象撤去方向とポストの方向がなす角度が 40° においてシュールフレックス F 単独印象でみられたようなポスト基部での印象材の断裂はみられず、大きな角度においても印象採得が可能であった点からみると、ポストの印象採得においては、寒天-アルジネート連合印象のほうがポリサルファイド・ラバー単独印象よりも優れているとも考えられる。

寒天-アルジネート連合印象による方向の異なるポストの印象精度は、規格試験での永久歪量のデータから推測されたものと異なる結果であったが、その原因としては永久歪量測定のための規格試験の条件が、寒天印象材とラバー系印象材とで異なっていることや、アクリル原型に対する印象材による離型性の違い、また、単純な圧縮歪に対する永久歪量を測定する規格試験に対して、寒天-アルジネート連合印象法によるポスト印象の精度試験では、細長い形態の印象材に曲げの要素を含んだ複雑な荷重状況であることなどがあげられる。臨床におけるポストや築造窩洞の印象採得では、印象材を取り巻く条件は複雑であり、単純化された規格試験によるデータのみから臨床における印象精度を推測し、比較することはかなり難しい点もあると思われる。

実際の臨床の場においてポスト印象の変形がどの程度まで許容できるかという問題については、ポストの適合の問題とも関連し、簡単にある一定の基準を設定することは難しい。間接法では印象採得をはじめとして模型製作、蠟型採得、鋳造などの各ステップにおいて、ポストの適合に影響を及ぼす多くの因子があり、それらが複雑に関与している。

鋳造修復物の理想的な適合状態としては、リン酸セメントの被膜厚さに関する研究²²⁾から、セメント層 30 μm 程度が望ましいとされており、花村ら^{23, 24)}はポストの保持力に関する研究において、セメント層 30 μm の適合

図 14 A-A' の変化量 (20°)

度を想定した実験を行っている。しかし、間接法で製作された継続歯のキャストベースのポスト部軸面の適合は、内山ら²⁵⁾の実験値では $34 \sim 52 \mu\text{m}$ であり、花村ら²⁶⁾の臨床例の観察では $12 \sim 177 \mu\text{m}$ であったと報告されている。また、大白歯におけるキャストコアの適合に関しても、著者らの計測結果²⁷⁾では、根管保持型のキャストコアの適合は、軸面根管口付近で $70 \sim 100 \mu\text{m}$ 、ポスト先端部付近で $30 \sim 40 \mu\text{m}$ であることから、実際の臨床におけるポストの適合度は $30 \mu\text{m}$ よりもかなり大きな値であると推測される。

本研究は印象撤去方向と 30° 、 40° をなすポストで、寒天—アルジネート連合印象法による印象が大きな変形とともに、ポストの幅が大きく減少することを示した(図 4, 9~11)。これに対して 20° 以下のポスト印象でその変化量は 30° のポストの $1/2$ 以下で、形態的にも曲線性の変形を示さず、ポスト幅の減少も $10 \sim 30 \mu\text{m}$ にとどまった。加えて 20° 以下のポストに対する寒天—アルジネート連合印象が、縮合型シリコーン・ラバー印象に匹敵する印象精度を示したこと(図 14)、寒天—アルジネート連合印象法は、印象撤去方向とポストのなす角度が 20° 程度までのときには十分使用できるものと考えられる。前歯部における各歯牙の植立方向の違いは通常 20° 以下であること、また、臼歯部においても各ポスト間のなす角度が 30° 以上になることはきわめてまれなことから、臨床でのポストに対する寒天—アルジネート連

合印象法の応用範囲は相当に広いものとなろう。

V. 結 論

2 本の方向の異なるポストをもつ透明アクリル樹脂製原型を用いて、寒天—アルジネート連合印象法による方向の異なるポストの印象精度について検討を加え、以下の結論を得た。

1. 寒天—アルジネート連合印象法において、印象の撤去方向に対するポストの角度の違いは、印象精度に大きく影響した。角度の増加に伴い印象の変形量は大きくなり、特に、 30° 以上において著しい変形がみられた。

2. 小さい角度 (20° 以内) ではデントロイドとハイドロスティックは、同程度の変化量だったが、大きい角度 (30° 、 40°) では、デントロイドの方が大きく変形した。

3. 印象撤去方向と一定の角度を持つポスト (AB) の変形の影響は、撤去方向に平行なポスト (CD) まで及ばなかった。

4. ラジアルピンの使用はポストの印象精度の向上に有効であった。

5. ポストの幅、長さは共にわずかに減少する傾向がみられた。また、ポストの変形と幅および長さの変化との関連が推察された。

6. 寒天—アルジネート連合印象法によるポストの印象精度は、ラバー系印象材を用いた印象法と比較すると、シリコーン・ラバー印象法より劣り、ポリサルファイド・ラバー印象法に近い精度であった。

7. 印象撤去方向とポストのなす角度が 20° 程度までの比較的小さい場合には、寒天—アルジネート連合印象法は、臨床的に十分使用可能であると考えられる。

本論文の要旨は、第 72 回日本補綴歯科学会学術大会 (1984 年 10 月、福岡) において発表した。

また、本研究の一部は、文部省科学研究費補助金 (課題番号 59771472) によった。

稿を終るにあたり、本論文のご指導、ご校閲をいただきました東京医科歯科大学田端恒雄教授、終始本研究にご指導、ご助言をいただきました昭和大学川和忠治教授に深甚の謝意を表します。また、ご援助をいただきました東京医科歯科大学第二歯科補綴学教室ならびに昭和大学第一歯科補綴学教室の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 割田研司, 川和忠治, 三浦俊一, 浜岡正憲, 新谷明幸, 高田和子, 三間清行, 山口明弥: 方向の異なるポストの印象精度に関する研究 第1報 シリコン・ラバー印象材, 補綴誌, 26 (4): 721~733, 1982.
- 2) 割田研司, 川和忠治, 三浦俊一, 浜岡正憲, 新谷明幸, 高田和子, 三間清行, 山口明弥: 方向の異なるポストの印象精度に関する研究 第2報 ポリサルファイド・ラバー印象材, 補綴誌, 26 (6): 1173~1185, 1982.
- 3) 割田研司, 三浦俊一, 浜岡正憲, 川和忠治: 方向の異なるポストの印象精度に関する研究—シリコン・ラバー印象材—, 昭歯誌, 3 (1): 73~78, 1983.
- 4) 塩 育, 藤野 健: マルチフォトによるマクロ写真の理論と実際, Nikon Tech J, 8: 14~26, 1974.
- 5) 吉田隆一, 岡村弘之, 仲居 明, 中村健吾: シリコンラバー印象材をテストする, DE, 20: 18~29, 1972.
- 6) 木村幸平, 柴田 理, 和田敦志, 吉田恵夫: 理工学的諸性質からみた付加重合型シリコン印象材について, 補綴誌, 23 (1): 81~85, 1979.
- 7) 野口八九重: 付加重合型ビニル・シリコン印象材をテストする, DE, 52: 10~21, 1980.
- 8) McCabe, J.F. and Storer, R.: Elastomeric Impression Materials, The Measurement of Some Properties Relevant to Clinical Practice, Brit dent, J, 149: 73~79, 1980.
- 9) 内山洋一, 友永泰弘, 徳田秀雄: シリコンおよびチオールラバー印象材の根管内ポスト印象の比較, 補綴誌, 17: 1~5, 1973.
- 10) 内山洋一, 村中裕一, 井上達也: シリコンベース印象材による根管内ポストの印象法について, 補綴誌, 17 (2): 144~147, 1973.
- 11) 青山 繁, 佐野好孝, 榎本通典, 花村典之: シリコンラバー印象材とポリサルファイドラバー印象材によるポストの印象精度について, 鶴見歯学, 6 (1): 35~40, 1980.
- 12) 大庭譲治: 積層水膠材印象間接法の精度に関する研究, 口病誌, 46 (4): 256~268, 1979.
- 13) Appleby, D.C., Pameijer, C.H. and Boffa, J.: The combined reversible hydrocolloid/irreversible hydrocolloid impression system, J Prosthet Dent, 44 (1): 27~35, 1980.
- 14) Appleby, D.C., Cohen, S.R., Racowsky, L.P. and Mingledorff, E.B.: The combined reversible hydrocolloid/irreversible hydrocolloid impression system: Clinical application, J Prosthet Dent, 46 (1): 48~58, 1981.
- 15) 大沢雅博, 高木克子, 島津和江, 細田裕康: 寒天・アルジネート連合印象法による歯型の寸法精度, 日保歯誌, 24 (1): 195~208, 1981.
- 16) 畦森雅子, 林 亮子, 松家洋子, 山本 泰, 的野良次: 寒天—アルジネート連合印象の寸法精度に影響を及ぼす因子について, 日保歯誌, 24 (2): 660~666, 1981.
- 17) 王 俊彦, 重頭直文, 林 優美, 中尾勝彦, 山田早苗: アルジネート印象材とハイドロコロイド印象材の接合強さをテストする, DE, 50: 22~30, 1980.
- 18) 鈴木 暎: 寒天とアルジネート印象材の接合強さに関する研究, 歯材器誌, 38 (1): 42~64, 1981.
- 19) 鈴木 暎, 野本 直: 各種弾性印象材の引裂強度等について, 歯材器誌, 31 (3): 221~226, 1974.
- 20) 野本 直, 鈴木 暎: 粉末寒天を利用した複製用印象材, 歯材器誌, 8: 47~57, 1962.
- 21) American Dental Association specification no. 11, for dental agar impression material.
- 22) 岩本次男: 燐酸亜鉛セメントの被膜厚さと合着力, 歯材器誌, 4: 98~106, 1959.
- 23) 花村典之: 継続歯合釘に関する研究 第1報 合釘のたわみ強さについて, 補綴誌, 8: 145~161, 1964.
- 24) 青木保之: 合釘の形態による保持力の差について, 鶴見歯学, 6 (2): 181~197, 1980.
- 25) 内山洋一, 他: ラバーベース間接法による継続歯のキャストベースの精度について, 補綴誌, 6: 71, 1962.
- 26) 花村典之, 本間盛太郎, 大杉尚之, 鹿沼晶夫: 継続歯根面板および合釘の臨床的適合度の1例, 補綴誌, 15 (1): 117~120, 1971.
- 27) 寺田浩之, 割田研司, 釜口和子, 川和忠治: シリコン咬合印象法によるキャストコアの適合精度, 補綴誌, 29 (6): 1325~1335, 1985.
- 28) 上條雅彦: 図説 口腔解剖学 第1巻 骨学 (頭蓋学), 185~187, アナトーム社, 東京, 1966.