

固形根管充填材の諸性質

五十畑正憲

The Properties of Solid Root Canal Filling Materials

Masanori ISOHATA

In endodontics, final treatment of pulpectomy and infected root canal is root canal filling. As for root canal obturating points, miscellaneous properties are required. Although JIS specifies appearance, injurious action, shape and size, fracture resistance, radio-opacity and post disinfection quality, many other properties have been left uninvestigated. In this study, water absorption, surface and internal structure, organic-inorganic component ratio, gas amount left adhering to the point after aeration and the effect of adhering gas on *Escherichia coli* cultivation were investigated on the commercially available six points. The findings were as follows.

The amount of water absorption of the individual point was proportional to the adhering amount of gas. The more porous the structure of the point was the more water absorption there was. The amount of gas left adhering to the point didn't disinfect *Escherichia coli*. This fact suggests that the obturating point could be effectively gas sterilized at 37°C and used with biological safety.

Key words : water absorption, adhering gas, structure of gutta-percha point

緒 言

歯内療法において抜髄あるいは感染根管の最終処置は根管充填である。根管充填材（以下ポイントと略記）の所要性質は種々あげられている。JIS規格においては、為害作用、形状および寸法、破折強さ、X線の不透過性、消毒後の品質に関して定められているがこれらについての詳細な報告はない。近年、オートクレーブが使用可能なポイントが開発されたが、従来の製品は熱によるポイントの変形をきたすため使用できない。また、従来のガス滅菌でも同様の理由から使用されていなかった。そのためポイントのガス滅菌後の状態の報告もない。しかし、現在は37°Cで滅菌可能な低

温ガス滅菌が開発され、従来のポイントのガス滅菌が可能となった。そこで今回、低温ガス滅菌でポイントを滅菌した後に残留するガスの生体為害性を検討する目的で、市販されている数種のポイントを用いてガスの残留に関与すると考えられる①吸水試験 ②ポイント表面と内部構造の観察 ③残留ガス測定 ④滅菌後の残留ガスの大腸菌培養への影響 ⑤成分比率の測定 をおこない、比較検討した。

材料および方法

1. 材 料

使用したポイントは、ガッタパーチャポイント系 5 種、A（ジッペラー）、B（松風）、C

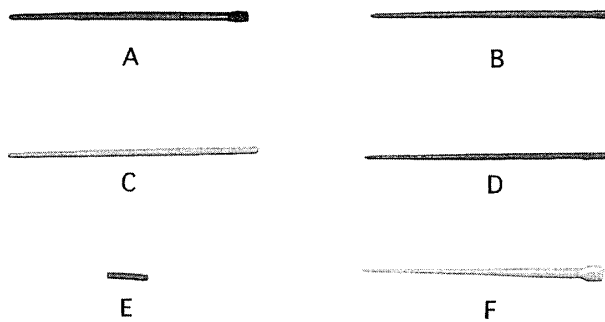


図1 使用した固形根管充填材

(MAILLEFER), D (Produits Dentaires S. A.), E (東洋化学研究所) および合成高分子系ポイント1種, F (ネオ製薬工業) の計6種類を用いた(図1)。なお便宜上ポイントの歯冠側より上部, 中部, 下部と位置区分をおこなった。

2. 方法

1) 吸水試験

吸水試験においては, 歯科用加熱重合レジン of 吸水性試験に準じておこなった。各ポイントの上部先端をメスで切断し, 円錐状(A, B, C, DおよびF)もしくは円柱状(E)の形態として試験片とした。各試験片の質量を測定した後これらの試験片を $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ったシリカゲル入りデシケータに入れて乾燥させ, 質量減が24時間に 0.2mg より少なくなるまで測定を繰り返し恒量を求めた。恒量となった試験片を $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保った生理的食塩液中に3日, 7日および14日間浸漬した後, 水中から取り出し, 表面の水分をガーゼで除去, 秤量して質量を求めた。浸漬後の質量と恒量の違いから各試験片の吸水量を算出した。なお, 試験数は各5本とした。

2) ポイント表面と内部構造の観察

構造の観察は, ポイント表面の構造と, 各ポイントをメスで横断および縦断をおこない, 走査型電子顕微鏡(T-200 日本電子)を用いて切断面, 気泡を1500倍で観察した。

3) 残留ガス測定

残留ガス測定に際し, エチレンオキサイドガスを算出するためあらかじめ検量線($y = 0.6691 \times R^2 = 0.9896$)を作成した。また, 測定はエチレンオキサイドが揮発性であるため, 標準物質と

してプロピレンオキサイドを使用しその比率により残留ガス量を算出した。残留ガス量の測定は, 99%エチレンオキサイドガスにより滅菌した各ポイントを 5g ずつ秤量し, 直ちに内部標準物質プロピレンオキサイドを含むエタノール 50ml の入った密栓可能なバイアルビンに移した。 70°C の恒温水槽で3時間緩やかに振盪した後, バイアルビン上部気相部分 0.5ml をガスシリンジで採取し, ガスクロマトグラフィー(263-50 日立製作所)を用いて測定した。なお, ガスクロマトグラフィーの設定は, カラム温度 50°C , 注入口 110°C , 検出器 110°C , 窒素流量毎分 $15\mu\text{l}$ とした。その後検量線を用いてエチレンオキサイドガスの含有量を算出し, 比較検討した。本研究では測定はピークによる方法を用いて測定した。なお, この測定はヘッドスペース法でおこなった。

4) 滅菌後の残留ガスの大腸菌培養への影響

滅菌処理後のポイントの細菌培養はまず, 各々のポイントを通法によりエチレンオキサイドガス滅菌をおこないエアレーションをしていないものと, さらにエアレーションをおこなったものに分けた。そしてそれらのポイントをあらかじめ大腸菌を塗抹した寒天培地上に定置した。定置した培地を $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保った恒温器で7日間培養をおこなった。この培養はコントロールとして培地に大腸菌を塗抹したものと, 大腸菌塗抹の中に各々のポイントを定置したものととの培養状態を観察し比較検討した。

5) 成分比率の測定

各ポイントの成分比率の測定は, 質量測定した各ポイントを焼還皿にのせさらに質量を測定した後, 500°C に加熱した電気炉に入れ1時間焼却した。その後放冷し質量を測定し, 焼却前に測定した質量との違いから無機質と有機質の割合を算出し比較検討した。

結 果

1. 吸水試験

吸水量は3日後がC, B, D, E, A, Fの順で多く認められた(表1-1, 図2)。7日後はC, B, D, A, E, Fの順で多く認められた(表1-2, 図2)。また, 14日後はC, B, D, A, E, F

表 1-1 3日後の吸水量 ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

A	$8.968 \times 10^{-5} \pm 3.532 \times 10^{-5}$
B	$3.109 \times 10^{-4} \pm 1.234 \times 10^{-4}$
C	$4.338 \times 10^{-4} \pm 1.318 \times 10^{-4}$
D	$2.062 \times 10^{-4} \pm 5.614 \times 10^{-5}$
E	$9.250 \times 10^{-5} \pm 1.715 \times 10^{-5}$
F	$3.912 \times 10^{-6} \pm 3.580 \times 10^{-6}$

表 1-2 7日後の吸水量 ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

A	$1.127 \times 10^{-4} \pm 3.496 \times 10^{-5}$
B	$3.209 \times 10^{-4} \pm 1.280 \times 10^{-4}$
C	$4.548 \times 10^{-4} \pm 1.343 \times 10^{-4}$
D	$2.223 \times 10^{-4} \pm 6.637 \times 10^{-5}$
E	$9.718 \times 10^{-5} \pm 2.631 \times 10^{-5}$
F	$3.912 \times 10^{-6} \pm 3.580 \times 10^{-6}$

表 1-3 14日後の吸水量 ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

A	$1.171 \times 10^{-4} \pm 3.680 \times 10^{-5}$
B	$3.231 \times 10^{-4} \pm 1.259 \times 10^{-4}$
C	$4.548 \times 10^{-4} \pm 1.343 \times 10^{-4}$
D	$2.267 \times 10^{-4} \pm 6.954 \times 10^{-5}$
E	$9.718 \times 10^{-5} \pm 2.631 \times 10^{-5}$
F	$3.912 \times 10^{-6} \pm 3.580 \times 10^{-6}$

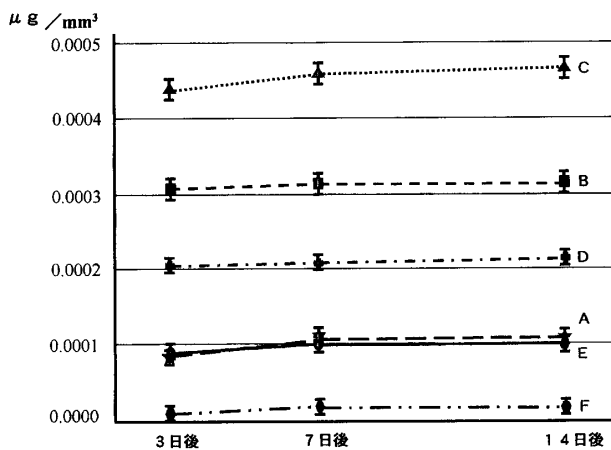


図 2 各種ポイントの吸水量

の順で7日後と同様の結果が得られた (表 1-3, 図 2)。なお, 得られた結果についてFisherの多重比較を行ったところ3日後ではAとB, C, D。BとC, D, E, F。CとD, E, F。DとE, Fに有意差が認められた (表 2-1)。

7日後ではAとB, C, D, F。BとC, E, F。CとD, E, F。DとE, Fに有意差が認められた (表 2-2)。

14日後ではAとB, C, D, F。BとC, E, F。CとD, E, F。DとE, Fに有意差が認められた (表 2-3)。

表 2-1 3日後の多重比較

	平均値の差	棄却値	p 値	
A, B	-2.212E-4	1.029E-4	.0002	S
A, C	-3.441E-4	1.029E-4	<.0001	S
A, D	-1.165E-4	1.029E-4	.0281	S
A, E	-2.819E-6	1.029E-4	.9554	
A, F	8.577E-5	1.029E-4	.0984	
B, C	-1.229E-4	1.029E-4	.0212	S
B, D	1.046E-4	1.029E-4	.0466	S
B, E	2.184E-4	1.029E-4	.0002	S
B, F	3.070E-4	1.029E-4	<.0001	S
C, D	2.276E-4	1.029E-4	.0001	S
C, E	3.413E-4	1.029E-4	<.0001	S
C, F	4.299E-4	1.029E-4	<.0001	S
D, E	1.137E-4	1.029E-4	.0318	S
D, F	2.023E-4	1.029E-4	.0005	S
E, F	8.859E-5	1.029E-4	.0884	

表 2-2 7日後の多重比較

	平均値の差	棄却値	p 値	
A, B	-2.083E-4	1.076E-4	.0005	S
A, C	-3.421E-4	1.076E-4	<.0001	S
A, D	-1.096E-4	1.076E-4	.0461	S
A, E	1.547E-5	1.076E-4	.7692	
A, F	1.087E-4	1.076E-4	.0478	S
B, C	-1.339E-4	1.076E-4	.0169	S
B, D	9.863E-5	1.076E-4	.0706	
B, E	2.237E-4	1.076E-4	.0003	S
B, F	3.170E-4	1.076E-4	<.0001	S
C, D	2.325E-4	1.076E-4	.0002	S
C, E	3.576E-4	1.076E-4	<.0001	S
C, F	4.509E-4	1.076E-4	<.0001	S
D, E	1.251E-4	1.076E-4	.0245	S
D, F	2.184E-4	1.076E-4	.0003	S
E, F	9.327E-5	1.076E-4	.0862	

表 2-3 14日後の多重比較

	平均値の差	棄却値	p 値	
A, B	-2.060E-4	1.076E-4	.0006	S
A, C	-3.377E-4	1.076E-4	<.0001	S
A, D	-1.096E-4	1.076E-4	.0462	S
A, E	1.989E-5	1.076E-4	.7062	
A, F	1.132E-4	1.076E-4	.0401	S
B, C	-1.317E-4	1.076E-4	.0186	S
B, D	9.644E-5	1.076E-4	.0767	
B, E	2.259E-4	1.076E-4	.0002	S
B, F	3.192E-4	1.076E-4	<.0001	S
C, D	2.281E-4	1.076E-4	.0002	S
C, E	3.576E-4	1.076E-4	<.0001	S
C, F	4.509E-4	1.076E-4	<.0001	S
D, E	1.295E-4	1.076E-4	.0204	S
D, F	2.228E-4	1.076E-4	.0003	S
E, F	9.327E-5	1.076E-4	.0863	

2. ポイント表面と内部構造の観察

ポイントを顕微的に観察すると内部の構造は, 全てのポイントにおいて気泡が認められた。表面ではC, D, Eは細かい粒子が観察され, さらにCは毛様状を呈していたがA, B, Fは比較的大きな粒子が認められた (図 3)。横断面ではA, C,

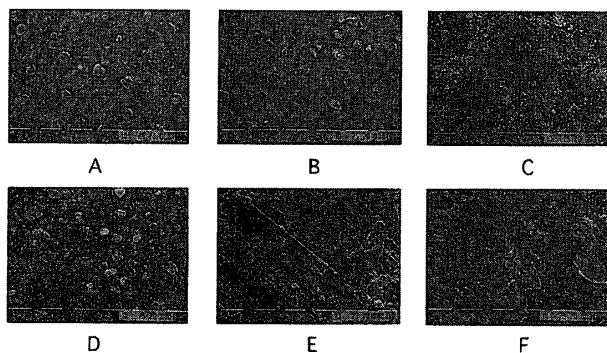


図3 各ポイントの表面

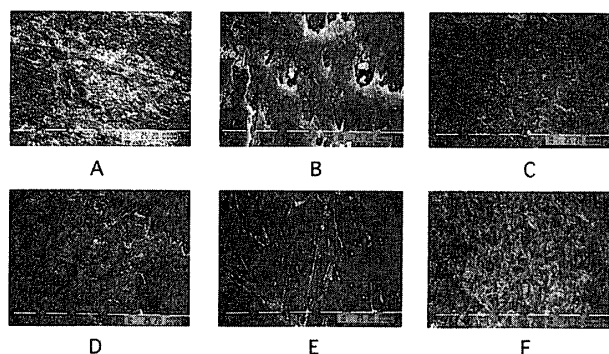


図4 各ポイントの横断面

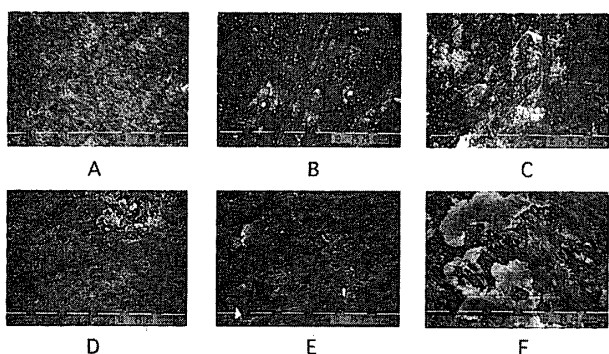


図5 各ポイントの縦断面

Fは気泡と気泡との間隔は短く、気泡の数も多く認められたがB, D, Eは気泡が存在するものの、その間隔は長く観察された(図4)。縦断面では、Fのポイントは他社と比較して大きな塊が認められ、またEでは毛様状の構造が認められた(図5)。

3. 残留ガス測定

Aのエチレンオキサイドガス出現のピークは4.91秒後(図6-1)であったが、Bのピークは4.84秒後(図6-2)、Cのピークは4.88秒後(図6-3)、Dのピークは4.91秒後(図6-4)、Eのピークは4.87秒後(図6-5)、Fのピークは

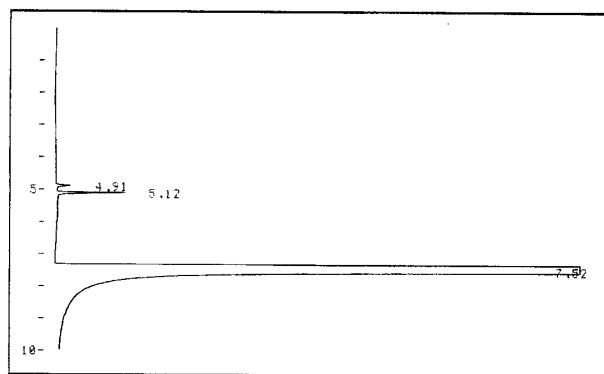


図6-1 Aのガスクロマトグラフィー

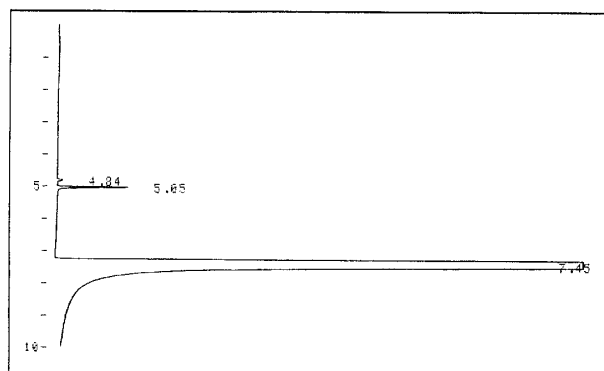


図6-2 Bのガスクロマトグラフィー

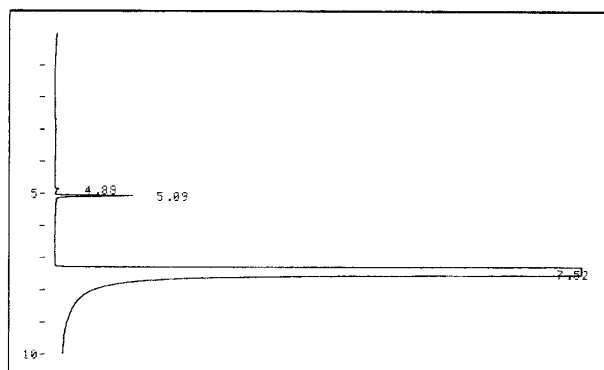


図6-3 Cのガスクロマトグラフィー

4.93秒後(図6-6)であった。

各種ポイントのエチレンオキサイドガスの吸着量は、Aが0.033mg, Bが0.114mg, Cが0.306mg, Dが0.060mg, Eが0.039mg, Fが0.041mgであった。

残留ガス量においては、C, B, D, F, E, Aの順で多く認められた(図7)。

4. 滅菌後の残留ガスの大腸菌培養への影響

滅菌後のポイントを培養器中に入れて大腸菌の培養を観察する細菌培養においては、7日間で大

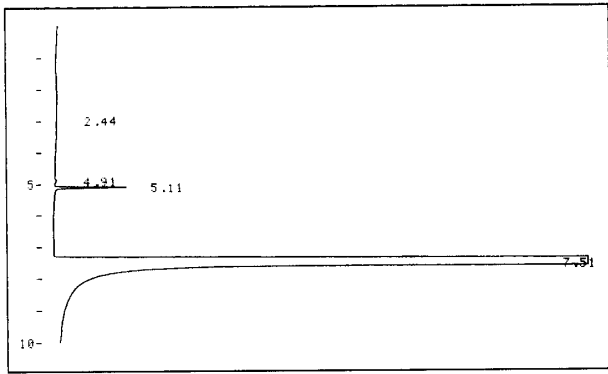


図6-4 Dのガスクロマトグラフィー

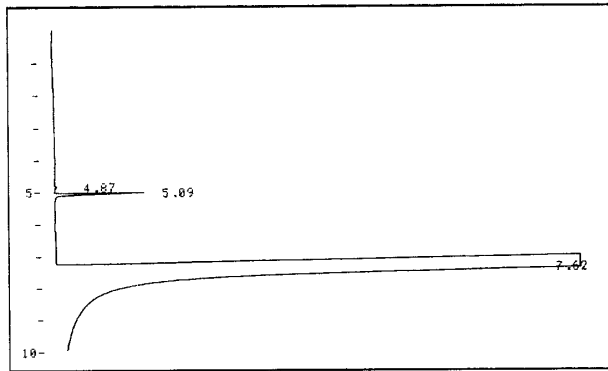


図6-5 Eのガスクロマトグラフィー

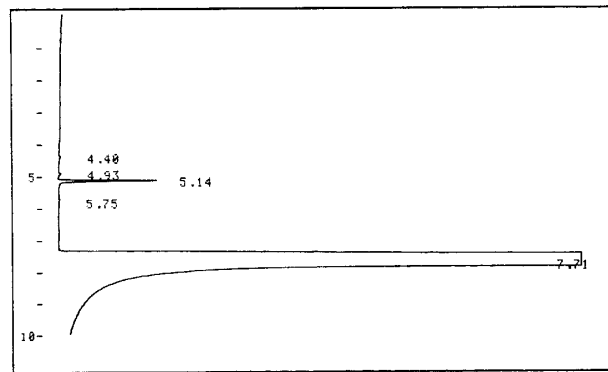


図6-6 Fのガスクロマトグラフィー

腸菌の十分な培養が確認された。コントロールでは培地に白線状に大腸菌の培養が認められた(図8-1)。エアレーションをおこなったポイントはAでは、ポイントの上部、中部、下部の全ての周囲に大腸菌の培養が確認され(図8-2)、B(図8-3)、C(図8-4)、D(図8-5)、E(図8-6)、Fでも同様にポイントの上部、中部、下部の全ての周囲に大腸菌の培養が確認された(図8-7)。しかし、エアレーションをおこなわなかったポイントは、Aでは、ポイントの上部、中部、下部の全ての周囲に大腸菌の培養の抑

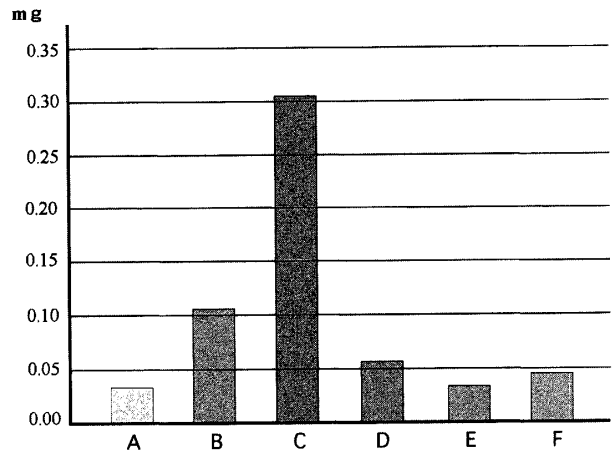


図7 各ポイントのE.O.G吸着量

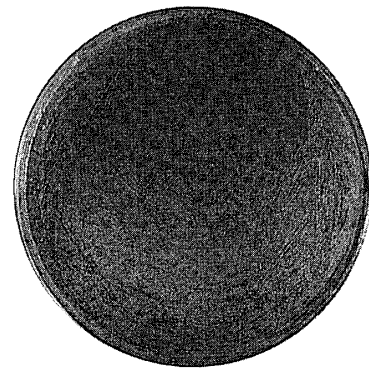


図8-1 細菌培養のコントロール

制が確認され(図8-8)、B(図8-9)、C(図8-10)、D(図8-11)、E(図8-12)、Fでも同様にポイントの上部、中部、下部の全ての周囲に大腸菌の培養の抑制が確認された(図8-13)。

5. 成分比率の測定

各ポイントの有機成分の比率はAが20.6%、Bが21.4%、Cが22.0%、Dが21.6%、Eが21.0%、Fが31.1%であった。

考 察

市販されている6種類のポイントについて、吸水試験、表面および内部構造の観察、残留ガス測定、処理後のポイントの細菌培養の結果および成分比率の測定について以下のように考察した。

1. 吸水試験

根管充填の目的¹⁾は根尖孔を完全に封鎖して根

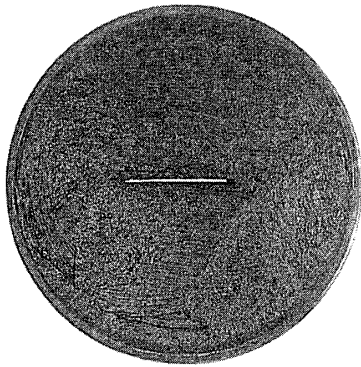


図8-2 Aにおける
細菌培養
(エアレーション後)

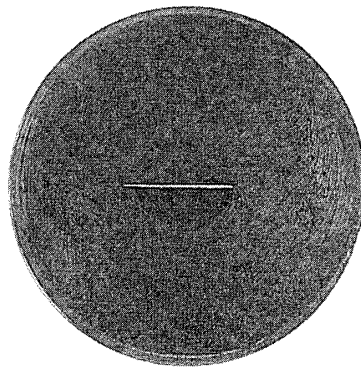


図8-3 Bにおける
細菌培養
(エアレーション後)

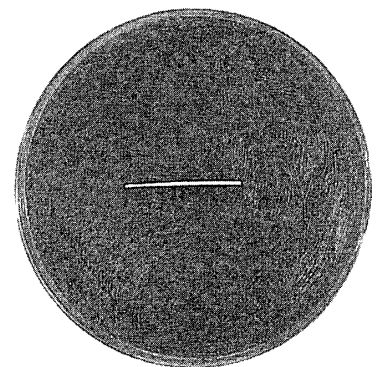


図8-4 Cにおける
細菌培養
(エアレーション後)

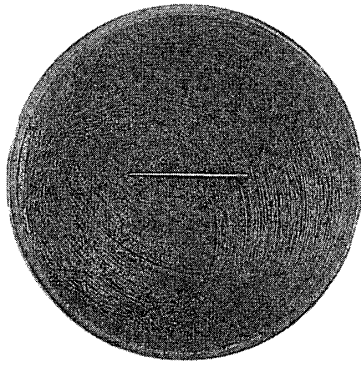


図8-5 Dにおける
細菌培養
(エアレーション後)

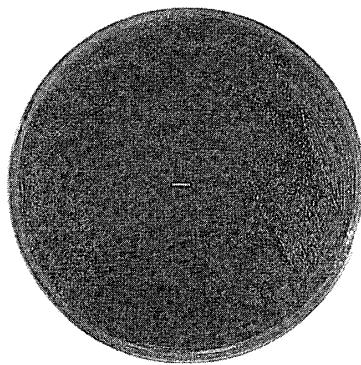


図8-6 Eにおける
細菌培養
(エアレーション後)

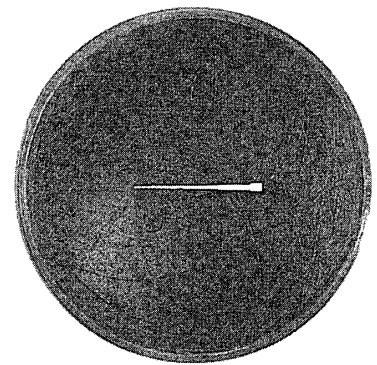


図8-7 Fにおける
細菌培養
(エアレーション後)

尖孔よりの再感染を防止することにある。根尖孔の封鎖に関しては多くの報告²⁻⁹⁾がなされているが、この封鎖性に影響を与えるものとして吸水性が考えられる。根管充填材の所要性質¹⁰⁾には多孔性でないことがあげられているが、吸水は多孔性であればあるほど大となる。しかし、JIS規格に根管充填材の吸水試験は記載されていないために、歯科用加熱重合レジン¹¹⁾の吸水試験方法¹¹⁾で吸水試験をおこなった。その結果は表1-1、表1-2および表1-3に示した通りで経日的には少しずつ吸水量が増加している。吸水に影響を与える多孔性の原因となる気泡についてはポイントの切断面による内部構造で示したように(図4, 図5)大きさが異なっているが全てに気泡が存在している。気泡が存在しているにもかかわらず吸水量が少なかったのは気泡が連続層でないことやガッ

タパーチャポイントの組成成分中にワセリンやレジンなどの疎水性成分が含有されているために水分が通過しにくいものと考えられる。また、合成高分子系のポイントはポリプロピレンとポリエチレンから成るためさらに水分が通過しにくく、散在した気泡であるため吸水量が少なかったと思われる。したがって、3日後、7日後および14日後に合成高分子系ポイントのFの吸水量が最小であったと考えられる。

2. ポイント表面と内部構造の観察

SEM像でポイントの構造を観察した結果、ポイントの切断面は各製品内ではどこの部分を切断しても同じ大きさの気泡が存在する。

表面で最も大きな気泡が存在するのはEで、小さな気泡が多量に存在するのはFである。横断面、縦断面で最も大きな気泡が存在するのはBで、小

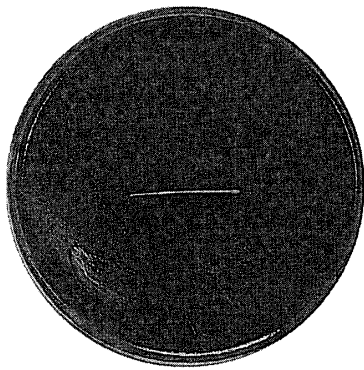


図8-8 Aにおける
細菌培養
(エアレーションなし)

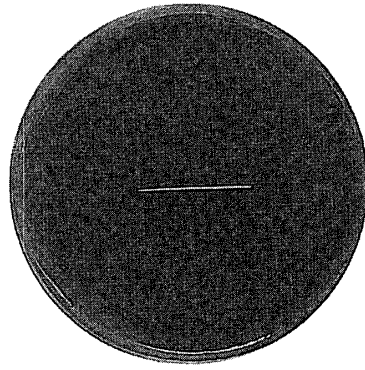


図8-9 Bにおける
細菌培養
(エアレーションなし)

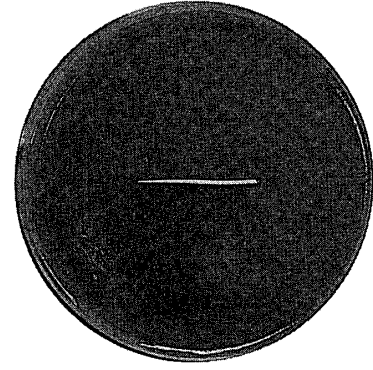


図8-10 Cにおける
細菌培養
(エアレーションなし)

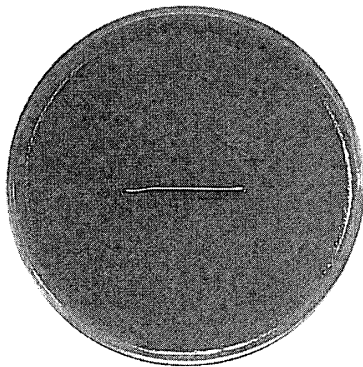


図8-11 Dにおける
細菌培養
(エアレーションなし)

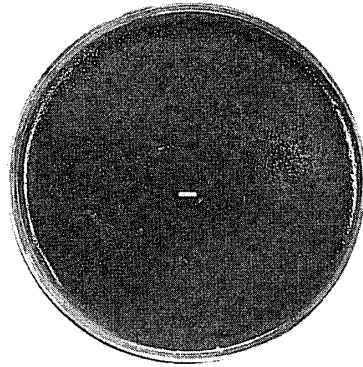


図8-12 Eにおける
細菌培養
(エアレーションなし)

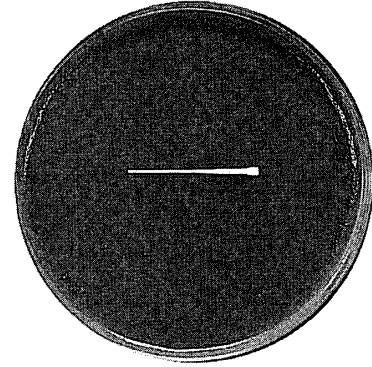


図8-13 Fにおける
細菌培養
(エアレーションなし)

さな気泡が多量に存在するのはFである。また、切断表面の粗さは、ガッタパーチャポイントにおいては各ポイント中の酸化亜鉛、ワセリン、レジンはおよび造影剤などの成分の比率などによって異なると思われる。これらのポイント中の気泡の大きさや数の差異は形成法の違いによるものと考えられ、成形が金型による圧接と思われるものは横断面も縦断面も同じような形の気泡が見られ、熟練者が手用器具で圧接したと思われるものは横断面と縦断面は異なった形の気泡が見られる。また、気泡の大きさや形が類似のものは、溶解した後、添加剤の混和時に気泡が混入して一定の大きさや形になった結果生じたように思われる。Bにおいて横断面と縦断面の気泡が異なるのは圧接方法が異なったためと思われる。

3. 残留ガス測定

JIS規格には消毒後の品質¹²⁾と記載されているが、本研究に使用した各ポイントについて消毒方法が記されているのは合成高分子系ポイントのFのみである。現在、院内感染についての予防がうたわれ、器材からの感染源¹³⁾に十分な配慮を払う必要がある。そのためにはポイントは滅菌しなければならないが、ガッタパーチャポイントは60℃のガス滅菌においてもポイントが変形するためアルコールに浸したり、ホルムアルデヒドガスなどで薬剤消毒がかるうじておこなわれ、ポイントを滅菌しているケースはほとんどないように思われる。しかしポイントを37℃ガス滅菌器で滅菌することは可能である。この際に使用するエチレンオキサイドガスは生体に為害作用があるために、エ

アレーションをおこなっているとはいえ、このガスがどの程度ポイントに吸着残留しているかが不明であるために測定をおこなった。先にも述べたように通常ガス滅菌ではガッターチャポイントが変形するために今まで残留ガスを測定した報告は見当たらなかった。ガス滅菌においては気泡の多いものに対してはガスの吸着性も良く、また、表面構造とくに表面積の大きい形状のものにはガスは残留あるいは吸着しやすいように思われる。本研究における表面構造の観察(図3)から、ポイントCは他のポイントと異なる表面構造を呈しており、平滑度が小さく、また表面には毛様状の添加物の存在が確認された。したがって表面の凹凸により表面積が大きくなり、残留ガスの吸着も大きくなったものと考えられる。さらに表面に確認された毛様状物質の存在の影響も考えられる。一方、残留ガスが最も多かったCは吸水量も多い。これも表面構造によるものと、毛様状物質の吸水性が影響したものではないかと考えられる。Fは合成高分子系ポイントのために最も残留ガスが少なくと予想していたが最小ではなかった。これはポイントA、Eと比較して表面構造と表面に存在する小気泡の違いの影響によるものと考えられる。したがっていったん吸着したものは、エアレーションをおこなっても排出が困難であったと思われる。

4. 滅菌後の残留ガスの大腸菌培養への影響

根管充填材に対する細菌培養は種々おこなわれており、L株細胞を用いてカルピタルやキャナルスなどの細胞毒性の消長を観察¹⁴⁾したものや、カルピタルを用いての細胞活性化を調べた報告¹⁵⁾、また酸化亜鉛ユージノール系の糊剤の細胞毒性を報告^{16,17)}したものは見られるがポイントを用いての滅菌処理後のポイントの細菌培養を報告したものはほとんどない。根管を永久的に無菌に保つために玉澤ら¹⁸⁾は髄腔内の無菌状態を獲得して根管に持ち込む器具、材料は全て滅菌することが望ましいと述べている。また、バリアーコントロールの立場からもポイントは滅菌する必要がある。唯一、エチレンオキサイドガスを用いて滅菌した後のポイントを切断したものは初期に多少毒性が見られたという報告¹⁹⁾があるが、これは

ポイントをバラバラに切断しているために組成中の成分、とくに酸化亜鉛が溶出しこの酸化亜鉛が強い為害作用を生じさせたと思われる。しかし、滅菌に用いるエチレンオキサイドガスが人体に為害作用を及ぼす恐れがある^{20,21)}ため、今回、一般的に消毒、滅菌の目安としてしばしば用いられている大腸菌を用いて細菌培養をおこなった。滅菌後エアレーションをおこなった全てのポイントに残留ガスが認められたにもかかわらず、コントロールと相異なく大腸菌の死滅は認められなかった。しかしながら、エアレーションをおこなわなかったポイントではポイント周囲に大腸菌の培養抑制が認められた。すなわち、エアレーション後にも全てのポイントにガスが残留してはいるものの、この程度の残留量では生体に対して安全であると思われた。

5. 成分比率の測定

各ポイントの成分比率と吸水性、残留ガス量を比較して考察すると、有機成分の多いポイントが比較的吸水量は多く、ポイントの有機成分に吸水されていることが確認された。しかしながら有機成分の多いFにほとんど吸水が認められなかったのは、素材が合成高分子で構成されているためと考えられる。また、残留ガス量ではCが他のポイントと比較して多かったにもかかわらず、有機成分は大きな差異が認められなかったのは、ガスの吸着はポイントの表面凹凸と毛様状の物質に吸着した可能性が高いと推察された。

結 論

市販されている6種類のポイントについて、吸水試験、ポイント表面と内部構造の観察、残留ガス測定、滅菌後の残留ガスの大腸菌培養への影響および成分比率の測定をおこなった結果、次の結論を得た。

各ポイントのエアレーション後に残留するガス量では大腸菌を死滅させることなく、院内感染の防止には低温ガス滅菌は有効であり生体に影響を与えないことが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤な御指導および御校閲

を賜りました奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野天野義和教授に深甚の謝意を申し上げます。また、御協力いただきました奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野の諸先生方に深く感謝いたします。

本研究の要旨は、第115回日本歯科保存学会（平成13年11月 福岡）、第117回日本歯科保存学会（平成14年11月 徳島）および第35回奥羽大学歯学会（平成15年6月 郡山）にて発表した。

文 献

- 1) 砂田今男：5 根管充填 1 根管充填の目的。歯内治療学（福地芳則，長田 保，砂田今男編）第一版；234 医歯薬出版 東京 1991.
- 2) 磯田欣二：根管形成にともなう apical seat の意義についての実験的研究。歯科医学 **38**；509-524 1975.
- 3) 吉田隆一，神原 新，関根一郎，向山嘉幸：根管充填剤の封鎖性に関する走査電子顕微鏡的研究。日歯保存誌 **22**；169-175 1979.
- 4) Amano, Y. : Study on dye penetration after root canal filling with gutta-percha point and various sealers. Bull. Josai Dent. Univ. **15** ; 551-556 1986.
- 5) Amano, Y., Yamaguchi, N., Kobayashi, K., Sato, M. *et al.* : Study on dye penetration after root canal filling. Comparison between gutta-percha point and various pastes. J. Meikai Univ. Sch. Dent. **17** ; 30-36 1988.
- 6) 佐藤 克，天野義和：ガッタパーチャポイントによる根管充填の封鎖性に関する研究—手用リーマーおよびファイルの組み合わせによる差異について—。明海歯学誌 **18**；390-410 1989.
- 7) Kouchi, T., Sato, M. and Amano, Y. : Study on the sealing after root canal filling with gutta-percha point. Observation on the replica and dye penetration. Ohu Univ Dent J **18** ; 46-55 1991.
- 8) 天野義和，橋本幸扶，冨塚敏之，李 利里ほか：各種ガッタパーチャポイントを用いた垂直加圧根管充填の封鎖性について。日歯保存誌 **37**；1893-1898 1994.
- 9) 天野義和，霜村一郎，角田良子，橋本幸扶ほか：側方加圧根管充填の緊密性に関する研究。日歯保存誌 **38**；715-721 1995.
- 10) 戸田忠夫：6 章 3 根管充填剤(材)の所要性質。歯内治療学（安田英一，戸田忠夫編）第二版；244-245 医歯薬出版 東京 1998.
- 11) 日本歯科材料工業協同組合：歯科用加熱重合レジジン。JDMA GUIDE BOOK；352-355 日本規格協会 東京 1997.
- 12) 日本歯科材料工業協同組合：歯科用根管充てん(填)ポイント。JDMA GUIDE BOOK；338 日本規格協会 東京 1997.
- 13) 加藤 熙：第4章Ⅱ滅菌および消毒法。歯学生のための歯内療法学 第二版；82-83 医歯薬出版 東京 2003.
- 14) 林 宏行，河津正文，馬場忠彦，尾本儀一ほか：各種根管充填剤の象牙質透過性およびその細胞毒性についての実験的研究。日歯保存誌 **20**；71-84 1977.
- 15) 片岡寿平：各種根充剤の組織刺激量に関する実験的研究 (*in vitro*)。歯科医学 **34**；961-976 1971.
- 16) Spangberg, L. and Langeland, K. : Biologic effects of dental materials ; 1. Toxicity of root canal filling materials on Hela cells *in vitro*. Oral Surg Oral Pathy **35** ; 402-414 1973.
- 17) Antrim, D. D. : Evaluation of the cytotoxicity of root canal sealing agents on tissue culture cells *in vitro* ; Grossman's sealer N₂(permanent), Rickert's sealer, and Cavit. J. Endod **2** ; 111-116 1976.
- 18) 玉澤かほる，堀内 博：新しい歯内療法用消毒器の試作。日歯保存誌 **23**；209-212 1980.
- 19) 西條芳和，坂井義和，坪井文隆，古瀬裕平ほか：根管充填剤の毒性に関する研究。日歯保存誌 **24**；684-690 1981.
- 20) 関根 弘ら編：歯科医学大辞典 第一版；409 医歯薬出版 東京 1989.
- 21) 戸田忠夫：第7章 歯内療法用消毒，滅菌器材 3) EOG（エチレンオキサイドガス）滅菌。エンドドンティクス21（須田英明，戸田忠夫編）；101 永末書店 東京 2003.

著者への連絡先：五十畑正憲，（〒963-8611）郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野

Reprint requests : Masanori ISOHATA, Division of Endodontics, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry.

31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan