

ONLINE ISSN 2188-0808

# 日本歯科保存学雑誌

*THE JAPANESE JOURNAL OF  
CONSERVATIVE DENTISTRY*

日歯保存誌 Jpn J Conserv Dent



特定非営利活動法人

日本歯科保存学会

<http://www.hozon.or.jp>

2021

February Vol. 64 No. 1



J-STAGE <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikahozon/-char/ja>

# この1本が、多用途ユースを よりスムーズに。

CR充填・支台築造・セメント接着・  
象牙質レジンコーティングなど多用途に対応



## 保険適用\* 象牙質レジンコーティングに適用

令和2年4月の診療報酬改定で新たに「象牙質レジンコーティング」の算定項目が設けられ、**1歯につき46点**を1回に限り算定可能です。

※保険適用には条件があります。ご確認の上、ご使用ください。

### 管理医療機器 歯科用象牙質接着材

(歯科セラミックス用接着材料) (歯科金属用接着材料) (歯科用知覚過敏抑制材料) (歯科用シーリング・コーティング材)

医療機器認証番号：228ABBZX00065000

# クリアフィル®ユニバーサルボンド Quick ER

単品

メーカー希望小売価格 13,400円

●掲載商品のメーカー希望小売価格は2020年4月現在のものです。メーカー希望小売価格には消費税等は含まれておりません。

●仕様及び外観は、製品改良のため予告無く変更することがありますので、予めご了承ください。●ご使用に際しましては添付文書を必ずお読みください。

#### 製品・各種技術に関するお問い合わせ

クラレノリタケデンタル インフォメーションダイヤル

0120-330-922

月曜～金曜 10:00～17:00

ホームページ

www.kuraraynoritake.jp

#### クラレノリタケデンタル公式アプリ



Download on the  
App Store

Google Play  
で手に入れよう

クラレノリタケデンタル

検索

推奨 OS バージョン iOS11.0 以上 / Android8.0 以上

#### 連絡先 クラレノリタケデンタル株式会社

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-1-3 (大手センタービル)  
フリーダイヤル：0120-330-922

#### 製造販売元 クラレノリタケデンタル株式会社

〒959-2653 新潟県胎内市倉敷町2-28

#### 販売元 株式会社モリタ

〒564-8650 大阪府吹田市垂水町3-33-18 TEL. (06) 6380-2525  
〒110-8513 東京都台東区上野2-11-15 TEL. (03) 3834-6161  
お客様相談センター：0800-222-8020  
http://www.dental-plaza.com

**jizai**  
—自在—

Be  
Flexible.



**MANI**®



製造販売 **マニー株式会社**

〒321-3231 栃木県宇都宮市清原工業団地8番3  
【国内営業課】 Tel:028-667-8591 / Fax:028-667-8593  
Exp.Sec./Phone:028-667-8592 Telefax:028-667-8596 URL:<http://www.mani.co.jp>

発売 **株式会社モリタ**

大阪本社 ■ 〒564-8650 大阪府吹田市垂水町3丁目33番18号 Tel:06-6380-2525  
東京本社 ■ 〒110-8513 東京都台東区上野2丁目11番15号 Tel:03-3834-6161

医療機器認証番号：301ABBZX00035000 管理医療機器 一般的名称：電動式歯科用ファイル 販売名 マニー®NiTi ファイル

# Vitapex<sup>®</sup>

## 黄色は強さ! Dr.イエロー!



イメージです。実際の製品は黄色のペーストです。

# ビタペックス<sup>®</sup>

## 水酸化カルシウム・ヨードホルム pasta

高度管理医療機器 医療機器承認番号 16300BZZ00918000

■ **ビタペックス チップセット**  
<リフィルとチップが入ったセット>  
標準価格 3,700円

■ **ビタペックス リフィル**  
<補充用シリンジのみの単品>  
標準価格 3,000円

■ **ネオブルーチップ (S)**  
<チップのみの単品>  
一般医療機器  
医療機器届出番号13B1X00154000016  
標準価格 2,000円

■ **ミニシリンジ**  
<ミニシリンジのみの単品>  
一般医療機器  
医療機器届出番号13B1X00154000003  
標準価格 5,200円

### 黄色いヨードホルムが治療をバックアップ。

30.3% 水酸化カルシウム含有のビタペックスは、根端(尖)部歯周組織の治癒に好影響を与えるだけでなく、造影剤として配合されているヨードホルムが浸出液などの組織液に接するとヨウ素を遊離し、持続的な殺菌力を発揮します。バランスのとれた成分が多層的に効力を示す、頼れる製材です。

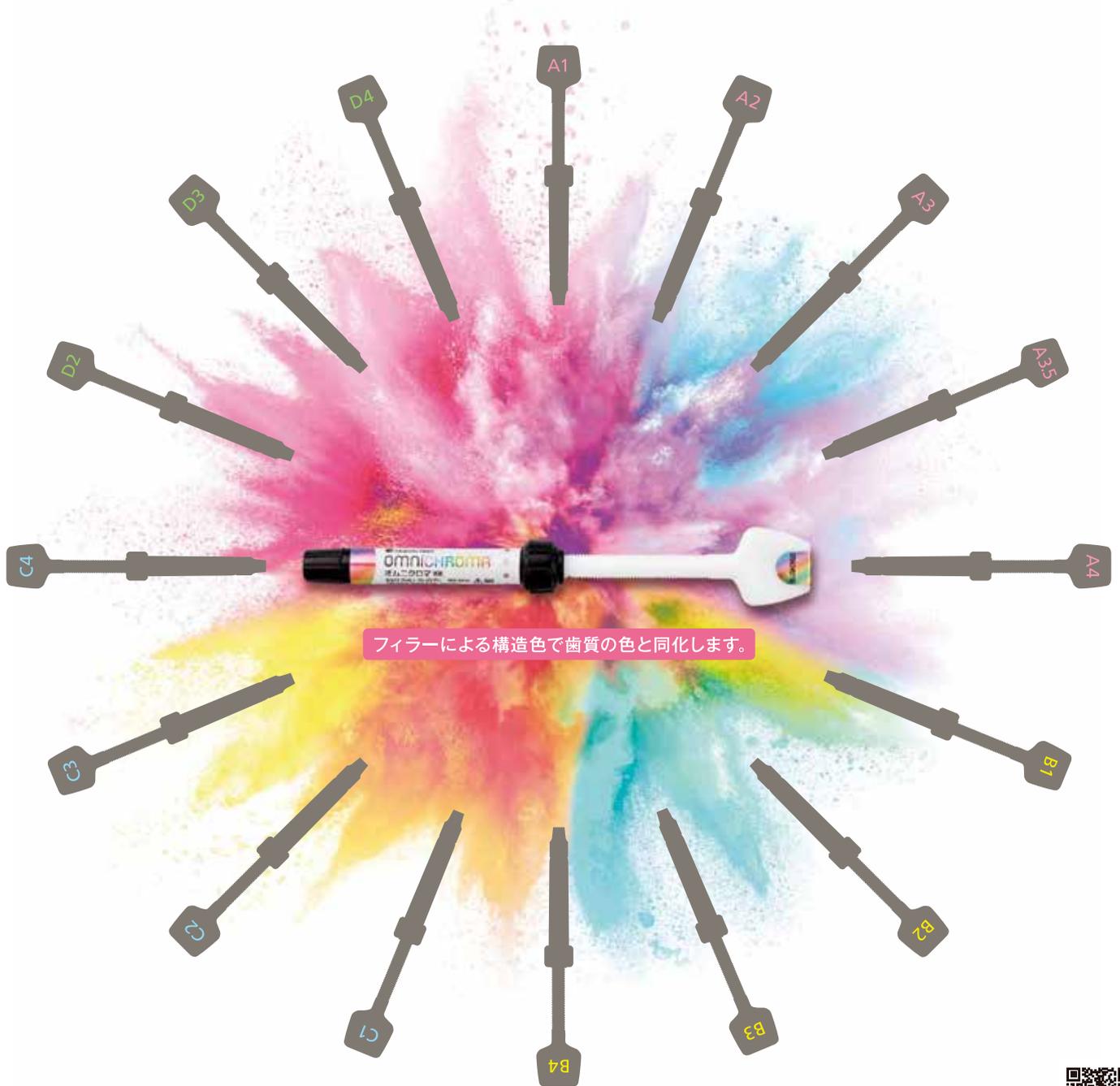
W **ダブルで働くDr.イエロー**



 **ネオ製薬工業株式会社**  
東京都渋谷区広尾3丁目1番3号

ホームページ <http://www.neo-dental.com/>  
お問い合わせ ☎ 0120-07-3768

# シェードの無い世界へ ようこそ



フィラーによる構造色で歯質の色と同化します。

オムニクロマ特設ページはこちら

<https://www.tokuyama-dental.co.jp/omnichroma/>



VITA16色が1本で。  
歯科充填用コンポジットレジン(光硬化型)

## オムニクロマ

標準医院価格 ¥3,900/1本 4g(2.2mL) 管理医療機器(認証番号)230AFBZX00049000

株式会社 トクヤマデンタル

本社 〒110-0016 東京都台東区台東1-38-9

お問い合わせ・資料請求  
インフォメーションサービス

☎0120-54-1182

受付時間

9:00~12:00/13:00~17:00(土日祝日は除く)

Webにもいろいろ情報載っています!!

トクヤマデンタル

検索

誰でも撮れる

# きれいで規格性のある 口腔内写真

動画付  
Video

高田 光彦 高橋 規子 著

この一冊で!

美しく! パーフェクトな!

口腔内写真が

誰でも撮れます!

- 「撮って見たらピントがずれていた」「口腔内写真は撮っているけれど、何か上手く撮れない」といった経験はないでしょうか。そんな人に必読の一冊。
- スマホ世代で一眼レフカメラを触ったことがない人でも撮影できるように、カメラの構え方、ファインダーの覗き方やストラップの使用法など基本的な操作を一から解説。
- 誰でも、素早く、失敗しない撮影方法を豊富な写真と動画でわかりやすく紹介。



■ A4判/144頁/カラー  
■ 定価9,900円(本体9,000円+税10%)  
ISBN978-4-263-42283-0  
注文コード:422830



## 日本歯科保存学雑誌の英文誌版発刊について

本学会機関誌「日本歯科保存学雑誌」は現在、年6号を偶数月末に発行しておりますが、2021年よりそのうちの1号を英文誌とすることとなりました。

2021年12月末日に、和文誌6号に代わり

「Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology」(略称: ODEP) 1巻1号が発行されます。

当面は和文誌にご投稿いただいた英文論文を集約する形で発行を進めてまいりますので、英文論文をご投稿の方には英文誌への掲載可否を確認させていただきます。

また英文誌へのご投稿方法等は原則として和文誌と同様でございますが、詳細は本誌1号および学会ホームページに掲載の「投稿の手引き」をご参照ください。

投稿を予定されている方々にはぜひ、英文誌への掲載をご検討いただけますようお願いいたします。

なお和文論文は5号(10月末日発行)の次は1号(2月末日発行)掲載となりますので、お含みおきくださいますようお願いいたします。

会員の皆様にはご理解・ご協力いただけますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

2021年2月

特定非営利活動法人日本歯科保存学会

編集委員会

# 日本歯科保存学雑誌

第64巻第1号

令和3年2月

## 目次

### 総説

- 新しい歯周病の分類とは.....三谷 章雄 ( 1 )  
歯科医療現場における新型コロナウイルス感染症対策のはじまり：中国、武漢からの報告  
.....牛田 圭亮, 平石 典子, 田上 順次 ( 6 )

### 誌上シンポジウム「根尖部へのアプローチ：バイオフィーム解析、バイオマテリアルと再生療法開発、 そして臨床の展開」

- シンポジウム概要.....北村 知昭 ( 17 )  
根尖性歯周炎におけるバイオフィーム細菌叢の解析.....朝日 陽子 ( 18 )  
Bioactive glass 配合バイオマテリアル開発による再生歯内療法へのアプローチ.....鷺尾 絢子 ( 22 )  
歯槽骨再生に関わる分子生物学的解析と再生療法への展開.....松崎英津子 ( 27 )  
自己血製剤を併用した歯根端切除術（第3種再生医療等技術）の多施設共同臨床研究.....八幡 祥生 ( 31 )

### ミニレビュー

- 光干渉断層計（OCT）の保存領域における応用.....島田 康史 ( 36 )

### 原著

- Study on Polymerization Contraction Stress of Bulk-fill Resin Composites  
.....IWASAKI Kazue, YASUO Kenzo, KOMASA Reiko, TAKEUCHI Osamu,  
IWATA Naohiro, YOSHIKAWA Kazushi and YAMAMOTO Kazuyo ( 39 )  
根尖狭窄部を有する樹脂製根管模型を用いたエンドモーター連動根管長測定器の  
根尖指示精度に関する研究  
.....関谷 美貴, 前田 宗宏, 西田 太郎, 五十嵐 勝 ( 50 )  
Er : YAG レーザー照射後の象牙質に対する歯面処理が接着強さに及ぼす影響  
.....堀田 正人, 村瀬 由起, 作 誠太郎, 中川 豪晴  
日下部修介, 高垣 智博, 二階堂 徹 ( 57 )  
セルフエッチング能を有するデュアルキュア型改良根管充填用シーラーの除去性評価について  
.....小林 鷹, 小倉 陽子, 宮下 葉月, 中山竣太郎  
関谷 美貴, 西田 太郎, 前田 宗宏, 五十嵐 勝 ( 66 )

### 症例報告

- 糖尿病患者における歯肉増殖を伴う慢性歯周炎に対して歯周基本治療を行った1症例  
.....菊池 毅, 三谷 章雄 ( 74 )

- 定款..... ( 82 )  
倫理規程..... ( 90 )  
投稿規程..... ( 91 )  
投稿の手引き..... ( 93 )  
認定医・専門医制度規則

## 発行

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会  
〒170-0003 東京都豊島区駒込1-43-9 (一財)口腔保健協会内

# THE JAPANESE JOURNAL OF CONSERVATIVE DENTISTRY

Vol. 64, No. 1

FEBRUARY 2021

## CONTENTS

### Reviews

- The New Classification of Periodontal and Peri-implant Diseases and Conditions  
.....MITANI Akio ( 1 )
- Establishment of Preventive Measures in Dental Practice against COVID-19 during its Outbreak :  
A Report from Wuhan, China.....USHIDA Keisuke, HIRAISHI Noriko and TAGAMI Junji ( 6 )

### Symposium in the Journal

- Overview of Symposium I.....KITAMURA Chiaki ( 17 )
- Analysis of Biofilm Microbiota Associated with Apical Periodontitis.....ASAHI Yoko ( 18 )
- Approach to Regenerative Endodontics by Bioactive Glass-based Biomaterial.....WASHIO Ayako ( 22 )
- Molecular Biological Analysis Related to Alveolar Bone Regeneration and Development  
in Regeneration Therapy.....MATSUZAKI Etsuko ( 27 )
- Application of Autologous Concentrated Growth Factors (CGF) as Class 3  
Regenerative Medicine in Endodontic Microsurgery : A Multi-center Clinical Trial  
.....YAHATA Yoshio ( 31 )

### Mini Review

- The Application of Optical Coherence Tomography (OCT) in Conservative Dentistry  
.....SHIMADA Yasushi ( 36 )

### Original Articles

- Study on Polymerization Contraction Stress of Bulk-fill Resin Composites  
.....IWASAKI Kazue, YASUO Kenzo, KOMASA Reiko, TAKEUCHI Osamu,  
IWATA Naohiro, YOSHIKAWA Kazushi and YAMAMOTO Kazuyo ( 39 )
- Study on the Reading Accuracy of an Electronic Apex Locator Connected to an Endodontic Motor  
Using Plastic Root Canal Models with Apical Constriction  
.....SEKIYA Miki, MAEDA Munehiro, NISHIDA Taro and IGARASHI Masaru ( 50 )
- Effect of Chemical Pretreatment of Er: YAG Laser Irradiated Dentin  
on Resin-lased Dentin Bond Strength  
.....HOTTA Masato, MURASE Yuki, SAKU Seitaro, NAKAGAWA Takeharu,  
KUSAKABE Shusuke, TAKAGAKI Tomohiro and NIKAIIDO Toru ( 57 )
- Evaluation of Removal of Adhesive Resin Root Canal Sealers  
.....KOBAYASHI Yoh, OGURA Yoko, MIYASHITA Hazuki, NAKAYAMA Shuntaro,  
SEKIYA Miki, NISHIDA Taro, MAEDA Munehiro and IGARASHI Masaru ( 66 )

### Case Report

- The Initial Periodontal Therapy for Chronic Periodontitis with Gingival Hyperplasia  
in a Diabetic Patient : A Case Report.....KIKUCHI Takeshi and MITANI Akio ( 74 )

Published  
by  
THE JAPANESE SOCIETY OF CONSERVATIVE DENTISTRY (JSCD)  
c/o Oral Health Association of Japan (Kōkūhoken kyōkai)  
1-43-9, Komagome, Toshima-ku, Tokyo 170-0003  
Japan

## 新しい歯周病の分類とは

三 谷 章 雄

愛知学院大学歯学部歯周病学講座

### The New Classification of Periodontal and Peri-implant Diseases and Conditions

MITANI Akio

Department of Periodontology, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

キーワード：歯周病の新分類，慢性歯周炎，侵襲性歯周炎，ステージ，グレード

#### はじめに

歯科保存領域のなかでも，自覚症状に乏しい歯周病は有病率が非常に高い疾患として認識されています。皆さんの日常臨床においても，多くの患者さんに歯周治療の必要があり，歯科衛生士を含めたチーム医療を実践されているかと思います。今回は，保存修復学・歯内治療学・歯周病学の3領域を対象にしている日本歯科保存学会の皆様“歯周病に関する情報”のアップデートの一助になればと思い，歯周病の新しい分類について整理していきたいと思います。

そもそも「歯周病の新分類」とはどういうものなのでしょう。この“新しい分類”は，2017年11月，アメリカ歯周病学会(AAP)・ヨーロッパ歯周病連盟(EFP)共催のワークショップにおいて議論され，1999年に開催された同様のワークショップ以降に発表されている歯周病学や口腔インプラント学についての研究報告(エビデンス)をよく吟味したうえで策定されました。その後，2018年6月に，AAPとEFPよりコンセンサスレポートとしてまとめられ<sup>1,2)</sup>，公表されたものが“新しい歯周病の分類”ということになります。

新型の歯周病が発見されたというわけではないのです

が，歯周治療の計画において非常に重要となる“診断”に関して，これまでの研究から得られた情報を加味して，アップデートしたということになります。

#### 「歯周病の新分類」がこれまでと違う点

何が“新しい”のかということになりますが，一つは，歯周病の分類に「インプラント周囲疾患」が新たに加わったことです<sup>3)</sup>。インプラント治療は，予知性の高い治療選択肢の一つとして確立し，急速に普及したのですが，残念ながらインプラント周囲疾患に罹患している患者も多くなってきています。歯科用インプラントは常在菌数の多い口腔内に粘膜を貫通して植立され，その後機能させるという過酷な条件下での維持・管理が必要であるため，歯周組織(インプラント周囲組織)の知識や歯周病のリスクマネジメントに精通している必要があります。歯科医師には，インプラントを植立することができるかどうかの骨幅や高さならびに骨質の診断以前に，患者の口腔衛生管理能力のスクリーニングやトレーニング(ブラッシング指導など)を行うスキルが求められます。この実践には，歯周病の専門的な知識・技量が必須となり，歯科衛生士を含めたチーム医療体系が充実している必要があります。そのような観点で，インプラント治療

歯周病分類(日本歯周病学会 2006)	歯周病新分類(AAP/EFP 2017)
<b>I. 歯肉病変</b> 1. プラーク性歯肉炎 2. 非プラーク性歯肉炎 3. 歯肉増殖	<b>歯周組織の疾患と状態</b> <b>1. 健康な歯周組織、歯肉炎と歯肉の状態</b> 1. 健康な歯周組織と歯肉 2. プラーク性歯肉炎 3. 非プラーク性歯肉疾患
<b>II. 歯周炎</b> 1. 慢性歯周炎 2. 侵襲性歯周炎 3. 遠伝疾患に伴う歯周炎	<b>2. 歯周炎</b> 1. 壊死性歯周疾患 2. 歯周炎 3. 全身疾患関連歯周炎
<b>III. 壊死性歯周疾患</b> 1. 壊死性潰瘍性歯肉炎 2. 壊死性潰瘍性歯周炎	<b>3. 歯周組織に影響を与えるその他の状態</b> 1. 歯周組織に影響を与える全身疾患や状態 2. 歯周膿瘍と歯周-歯内病変 3. 歯肉歯槽粘膜の状態と形態異常 4. 咬合性外傷 5. 歯および神経関連因子
<b>IV. 歯周組織の膿瘍</b> 1. 歯肉膿瘍 2. 歯周膿瘍	<b>インプラント周囲組織の疾患と状態</b> 1. 健康なインプラント周囲組織 2. インプラント周囲粘膜炎 3. インプラント周囲炎 4. インプラント周囲の硬組織、軟組織の欠損
<b>V. 歯周-歯内病変</b>	
<b>VI. 歯肉退縮</b>	
<b>VII. 咬合性外傷</b> 1. 一次性咬合性外傷 2. 二次性咬合性外傷	

図 1 歯周病学会の分類と新分類の比較

は歯科保存領域治療と捉えることができますし、インプラント周囲疾患もまた同領域の疾患であるといえ、歯周病の分類に「インプラント周囲粘膜炎」「インプラント周囲炎」が加わったのは当然のことといえるでしょう。

さて「歯周病の新分類」で、これまでと大きく違う、もう一つの点があります。それは、慢性歯周炎と侵襲性歯周炎という診断名が単に“歯周炎”という分類に集約されたことです(図1)。この点は、この後詳細に述べていきます。

### 慢性歯周炎、侵襲性歯周炎と新しい分類の“歯周炎”

いわゆる“慢性歯周炎”とは、歯周病原細菌に関連して生じる付着の喪失(アタッチメントロス)および歯槽骨吸収を伴う慢性炎症性疾患と定義されており<sup>4)</sup>、歯周炎の多くはこれに該当します。歯周ポケットの形成とアタッチメントロス、出血、排膿、歯槽骨吸収および歯の動揺といった症状を呈し、通常、緩慢に経過します。しかし、宿主側の組織抵抗力が低下したときには急性化することもあります。かつては成人性歯周炎と定義されていたものであり、発症時期が35歳以後であることが多い歯周疾患です。

一方、“侵襲性歯周炎”は慢性歯周炎に比べるとまれな歯周疾患で、全身的に健康であるにもかかわらず、急速な歯周組織破壊(アタッチメントロスと歯槽骨吸収)を呈し、家族内集積を認めるという特徴を有する歯周炎です<sup>4)</sup>。また、患者によっては *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* の存在比率が高く、生体防御機能、免疫応答の異常が認められるなどの二次的な特徴があります。かつては若年性歯周炎や急速進行性歯周炎と定義されて

いたものであり、細菌性プラークの付着量は少ないにもかかわらず、アンバランスに重篤な歯周組織破壊を呈していることが多く、発症時期が10歳代~30歳代と比較的若いことが特徴の歯周疾患です。日本における侵襲性歯周炎の罹患率は、難病情報センターの平成24年度報告によると0.05~0.1%とされています<sup>5)</sup>。

上記のように、この二つの歯周炎を比べてみると、明らかに違う特徴をもつ疾患であるといえます。歯周炎といえ直感的に“慢性歯周炎”を想起しますが、いわゆる歯周炎になりそうもない患者(プラークまみれではないし、若いのになぜ?と感じる)の歯周組織に明らかに進行した歯周組織破壊を認める特殊な例を“侵襲性歯周炎”として扱い、注意してケアしてきた歴史があることは、皆さんにも賛同いただけると思います。

ところが、今回取り上げる“新しい歯周病の分類”では、慢性歯周炎と侵襲性歯周炎が一つの“歯周炎”としてまとめられています。歯周炎のタイプを分けるのではなく、それに代わって歯周炎の「重症度や複雑度(=ステージ)」と「進行リスク(=グレード)」を併記する形で歯周炎の診断をしていくというものです<sup>1-3)</sup>。しかし、なぜ慢性歯周炎と侵襲性歯周炎を一つの“歯周炎”にまとめてしまったのでしょうか? 実は、2017年のワークショップにおいて「慢性歯周炎と侵襲性歯周炎の特徴はオーバーラップしているところがあり、病理学的な違いも明らかではないので、両者が異なる疾患であるという明確なエビデンスがない」ということで両者は“歯周炎”と一括りにされたのです。しかしながら、両者が一致する疾患であるという明確なエビデンスがないのも事実で、“腑に落ちない”感じも否めません。今後のエビデンスの蓄積により、考え方が修正されていく可能性もあるかもしれません。



表 2 歯周炎のグレード（日本歯周病学会ホームページ【歯周病の新分類への対応】より引用改変）



歯周炎のグレード		グレード A 遅い進行	グレード B 中程度の進行	グレード C 急速な進行	
主な基準	進行の直接証拠	骨吸収もしくは CAL の経年変化	5年以上なし	5年で2mm未満	5年で2mm以上
	進行の間接証拠	骨吸収 %/年齢	<0.25	0.25~1.0	>1.0
		症例の表現型	バイオフィーム蓄積は多いものの、組織破壊は少ない	バイオフィーム蓄積に見合った組織破壊	バイオフィームの蓄積程度以上に組織破壊；急速な進行 and/or 早期発症を示唆する臨床徴候（例：大白歯/切歯パターン、標準的な原因除去療法に反応しない）
グレードの修飾因子	リスクファクター	喫煙	非喫煙者	喫煙者 1日10本未満	喫煙者 1日10本以上
		糖尿病	血糖値正常 糖尿病の診断なし	HbA1c 7.0%未満の糖尿病患者	HbA1c 7.0%以上の糖尿病患者

ver. 20191223

CAL：クリニカルアタッチメントロス

図 3 慢性歯周炎症例<sup>10)</sup>

図 4 侵襲性歯周炎症例

に従って診断するようになるということです。たとえば、症例1では、具体的にステージ決定に関して、骨吸収の程度に加え、最大プロービング深さが6mm以上あることが、新分類の診断の根拠となります。また、グレード決定に関して、骨吸収/年齢比に加え、HbA1cが7.0%以上であることが主たる根拠です。補足ですが、初診時前まで、約20年間1日1箱程度の喫煙歴が存在し、現喫煙者であればグレード決定の根拠となっていたと考えられます。なお、日本歯周病学会では暫定的な対応として、これまでの診断名にステージとグレードを併記して用いることが決定されています。たとえば、上記の症

例1の場合「広汎型慢性歯周炎 ステージIII グレードC」ということとなります。

### 「歯周病の新分類」のその他の変更点

「歯周病の新分類」において、その他の興味深い点として、“健康な歯周組織”の定義が加えられたことが挙げられます<sup>7,8)</sup>。具体的にいうと、①純粋に健康な状態（組織破壊が全くない、アタッチメントロスがない状態）、②付着の喪失はあるが健康な状態（アタッチメントロスはあるものの歯肉の発赤やプロービング時の出血 BOP は認

めない状態), ③歯周炎治療が奏効して健康といえる状態(アタッチメントロスはあるものの, 歯周ポケットは4 mm以内で安定しており, 歯肉の発赤やBOPは認めない状態)という3つのパターンがあります。②や③は歯周炎の既往があるわけですが, ②歯周治療によりポケットが消失し, メンテナンス時の状態となっている場合や, ③歯周治療により改善したものの一部BOPを認めない4 mmの歯周ポケットがあるサポートィブペリオドンタルセラピー(SPT)時の状態も健康と明記されたこととなります。いわゆるコントロールされた歯周病の状態を健康な歯周組織と捉える考え方は, 歯周治療を行う者にとって勇気づけられると同時にリーズナブルな発想であり, これ以上の歯周組織破壊を防ぐためにこのような状態を目指すことは, 患者の生涯にわたる歯周管理において重要であると思われます。

### おわりに

診断名としては“歯周炎”と一つにまとめられたことによって「わかりやすくなった」「診断名をつけやすくなった」と感じるかもしれませんが, われわれが臨床において, 特別な配慮が必要であろうと特殊性を感じながら対応してきた, いわゆる“侵襲性歯周炎”が世界から根絶されたわけではありません。歯科保存領域の治療に携わるものとしては, このあたりのニュアンスを理解したうえで“新しい分類”を用いて歯周治療を行う必要がある, という点に注意していききたいところです。「歯周病の新分類」の詳細については, 日本臨床歯周病学会と日本歯周病学会が共同で翻訳をした訳書<sup>9)</sup>が出版されておりますのでご覧いただきたいと思います。

日本歯科保存学会2020年度春季学術大会(第152回)は, 現在も続くコロナ禍の影響で残念ながら会場に集結して開催することが叶いませんでしたが, 林美加子大会長は「グローバル社会における歯科保存」をメインテーマに掲げ, 国際化し多様化する社会において, 歯科保存が果たす役割を学際的な視点で探求することを目指してプログラムを制作されました。今回, 日本歯科保存学会初の誌上開催となりましたが, 誌上での認定研修会として本稿が少しでも会員の皆様のお役に立つようであれば幸いと存じます。最後に, このような機会を与えていただきました, 林美加子大会長ならびに五十嵐勝認定委員会委員長に感謝申し上げます。

本論文の内容に関連し, 開示すべきCOI関係にある企業などはありません。

### 文 献

- 1) American Academy of Periodontology Online Library, Journal of Periodontology, Special Issue: Proceedings of the World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. Co-edited by Kornman KS and Tonetti MS. J Periodontol 2018; 89 (Suppl 1): S1-S318. <https://aap.onlinelibrary.wiley.com/toc/19433670/2018/89/S1> (2020年8月16日アクセス)
- 2) European Federation of Periodontology, Publications & Education, New Classification of periodontal and peri-implant diseases. <https://www.efp.org/publications-education/continuing-education/new-classification/> (2020年8月16日アクセス)
- 3) Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS, Mealey BL, Papapanou PN, Sanz M, Tonetti MS. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions—Introduction and key changes from the 1999 classification. J Clin Periodontol 2018; 45 (Suppl 20): S1-S8.
- 4) 日本歯周病学会. 歯周治療の指針 2015. 医歯薬出版: 東京; 2016. 9-11.
- 5) 難病情報センター, 難病性疾患研究班情報, その他分野 早期発症型侵襲性歯周炎: 平成24年度. <https://www.nanbyou.or.jp/entry/3216> (2020年8月16日アクセス)
- 6) 日本歯周病学会, 歯周病の新分類への対応. [http://www.perio.jp/file/news/info\\_191220.pdf](http://www.perio.jp/file/news/info_191220.pdf) (2020年8月16日アクセス)
- 7) Chapple ILC, Mealey BL, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, Geisinger ML, Genco RJ, Glogauer M, Goldstein M, Griffin TJ, Holmstrup P, Johnson GK, Kapila Y, Lang NP, Meyle J, Murakami S, Plemons J, Romito GA, Shapira L, Tatakis DN, Teughels W, Trombelli L, Walter C, Wimmer G, Xenoudi P, Yoshie H. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. J Periodontol 2018; 89 (Suppl 1): S74-S84.
- 8) Chapple ILC. EFP New Classification of periodontal and peri-implant diseases. Guidance: Periodontal health and gingivitis. [https://www.efp.org/fileadmin/uploads/efp/Documents/Campaigns/New\\_Classification/Guidance\\_Notes/report-01.pdf](https://www.efp.org/fileadmin/uploads/efp/Documents/Campaigns/New_Classification/Guidance_Notes/report-01.pdf) (2020年8月16日アクセス)
- 9) Kornman KS, Tonetti MS 編, 村上伸也 監訳, 日本歯周病学会, 日本臨床歯周病学会 共訳. 歯周病およびインプラント周囲組織の疾患と状態に関する新分類—アメリカ歯周病学会(AAP)/ヨーロッパ歯周病連盟(EFP)共催2017ワールドワークショップ会議録一. クインテッセンス出版: 東京; 2020. 10-306.
- 10) 菊池 毅, 三谷章雄. 糖尿病患者における歯肉増殖を伴う慢性歯周炎に対して歯周基本治療を行った1症例. 歯周病保存誌 2021; 64: 74-81.

## 歯科医療現場における新型コロナウイルス感染症対策のはじまり： 中国，武漢からの報告

牛田 圭亮 平石 典子\* 田上 順次\*

三井記念病院 歯科・歯科口腔外科

\*東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科 医歯学系専攻 口腔機能再構築学講座 う蝕制御学分野

### 抄録

2019年12月に中国の武漢から蔓延した新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) により、世界中の歯科医師はかつてない難局に直面した。COVID-19の感染拡大初期より、歯科治療における院内感染リスクの高さが危惧されていたが、感染予防手段について当初は暗中模索であった。本稿では武漢が迎えた危機に関連する文献を展望しながら、世界で初めてCOVID-19に遭遇した歯科医師たちが困難を克服するにいたるまでの経緯を紹介する。

湖北省の省都、武漢市は人口1121万人の中国中部を代表する巨大都市である。2019年12月31日に原因不明の新型肺炎として報告されたCOVID-19は急速に感染を拡大し、翌2020年の1月23日に武漢市は史上最大規模の全市的ロックダウンに追い込まれた。これに合わせ湖北省政府が、省内での緊急性のない歯科治療の禁止を通達し、武漢市内では武漢大学歯学部附属病院のみが歯科救急患者の受け入れを許可された。武漢大学歯学部は歯学分野のランキングで世界32位、中国大陸では北京大学に次ぐ2位であり、中国を代表する歯学部の一つである。武漢大学歯学部附属病院は迅速に疫病流行下での急患受け入れ体制を構築し、電話とSNSを利用したオンライン診療も開始した。感染防御の手法が現場の経験と知識の集約によって策定され、まとまった感染予防ガイドラインとして発信された。同院にはロックダウン中に計2,025人の患者が来院し、9人の病院スタッフにsevere acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)の感染が認められた。歯科救急患者の総数は平時より著しく減少し、その半数以上を歯内療法分野の急患が占めた。このように人工的に封鎖された巨大都市の歯科救急患者が一つの病院に集められたことで、COVID-19の歯科医療への影響を分析するための貴重な疫学的データが収集された。ロックダウン解除後は、慎重かつ体系的な段階を踏んで武漢大学歯学部附属病院での一般歯科治療が再開された。

武漢大学歯学部の文献を中心に関連資料を総覧することにより、武漢の歯科医師たちが苦労を重ねながらもCOVID-19の感染拡大を安全に乗り切ったことが明らかになった。

キーワード：COVID-19, 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2), 武漢, 歯科医療, 感染予防

責任著者連絡先：牛田圭亮

〒101-8643 東京都千代田区神田和泉町1番地 三井記念病院 歯科・歯科口腔外科

TEL & FAX : 03-3862-9111, E-mail : ushida.keisuke@gmail.com

受付：2020年11月13日/受理：2020年12月28日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.6

## 緒言

2019年末に中華人民共和国(中国)湖北省武漢市で発生した新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の世界的な感染拡大により、われわれ歯科医師はかつて経験したことのない難局に直面することとなった。発生から1年近くが経過した2020年11月現在もCOVID-19の世界的なパンデミックは継続しており、冬を迎えた北半球では感染拡大を抑えるため再度のロックダウンに踏み切る国も現れた。

患者との接触、唾液や血液などによる飛沫の発生、高速ハンドピースや超音波スケーラーの使用によるエアロゾル発生などに起因する、歯科治療におけるCOVID-19の院内感染リスクの高さは感染拡大初期より指摘されてきた<sup>1,2)</sup>。現在では各国の保健衛生機関、各学会が安全な歯科治療のためのCOVID-19感染予防ガイドラインを策定しているが、最初の感染集積地となった武漢での経験を無視してこれらを考察することはできない。本稿は英語文献、中国語文献、中国国内の官報・公報などを総覧し、近代歯科医学が初めて経験した1000万人規模のロックダウンのさなか、武漢の歯科医師たちがどのようにCOVID-19の流行に対応し、どのように喫緊の歯科治療を市民に提供したかについて理解を深めることを目的とする。

## 武漢市概説

湖北省の省都、武漢市は中国大陸の中心部に位置し、古来より交通の要衝として発展した(Fig. 1)。市内では長江と漢江が合流しており、これにより漢口、武昌、漢陽と三つの鎮(地域)に分けられる。「武漢」の名称は1926年に上記の三鎮が合併された際に、それぞれの鎮の漢字を組み合わせて作られたものである(Fig. 2)。総面積は8,569 km<sup>2</sup>と兵庫県よりやや広く、1121万人の人口を有している<sup>3)</sup>。武漢市は2000年代より中国中部、長江沿岸の産業整備において中心的な役割を果たし<sup>4)</sup>、2010年代以降も国内総生産(gross domestic product, 略称: GDP)にして年10%前後の安定した経済成長を遂げた<sup>5)</sup>。2019年の1人当たり年間GDPは、145,545元(1中国元≒15.6円:2020年11月現在)であり、これは北京、上海、天津といった中国沿岸部の大都市と比肩するものである<sup>6)</sup>。1992年のプジョー・シトロエン(フランス)との合弁会社設立以降、日本を含む国内外の自動車関連企業の武漢進出が相次ぎ、自動車産業は同市の経済の牽引役となった<sup>7)</sup>。近年は小売業を中心とした第三次産業の成長も著しく<sup>3)</sup>、現在では150を超える日本企業が武漢

に進出し、COVID-19発生以前には留学生や長期出張者を含め700人以上の日本人が在住していたと推測される<sup>4,7)</sup>。

## 武漢大学歯学部

武漢は中国の教育の集積地としても知られ、80以上の高等教育機関が集中している。これらの中心的地位を占める武漢大学は1893年に設立された中国で最も古い大学の一つであり、中華人民共和国教育部が策定した「世界一流大学・一流学科建設(Double First Class University Plan)」では、北京大学・精華大学などと並んで最上級のA類に分類されている<sup>8)</sup>。武昌地区の景勝地である東湖のほとりに位置する武漢大学歯学部は、1960年に前身の湖北医科大学口腔医院として設立された<sup>9)</sup>。QS World University Rankingsによれば、同学部の評価は歯学分野で世界32位、中国大陸2位となっており<sup>10)</sup>、中国の最重要な歯学部の一つである。

中国では国家衛生健康委員会(National Health Commission of China)が策定した病院等級管理基準(The Measures of the Administration of the Hospital Grade)によって病院の等級分けがなされ、そのうち三級甲等医院(Public Tertiary Hospital, 略称:三甲医院)が最上級とされる<sup>11)</sup>。歯学分野では全国48の病院が三甲医院に分類され、武漢大学歯学部附属病院(School and Hospital of Stomatology, Wuhan University)は武漢市内唯一の歯学系三甲医院である<sup>11)</sup>。その高い医療水準と信頼性により三甲医院には中国国内の患者の大多数が集約されるため、中国の歯科治療のスタンダードを規定する存在であるとみなされている<sup>11)</sup>。

## COVID-19の発生から歯科治療禁止通達まで

2019年12月31日、武漢市衛生健康委員会(Wuhan Municipal Health Commission)は、武漢市内の漢口地区に位置する武漢華南海鮮卸売市場(Huanan Seafood Wholesale Market)を発生源とする病因不明の新型肺炎について初めて情報を公開した<sup>12)</sup>。2020年1月8日には中国疾病予防管理センター(Chinese Center for Disease Control and Prevention)により、severe acute respiratory syndrome coronavirus 2(SARS-CoV-2)が新型肺炎の原因病原体として発表された<sup>12)</sup>。中国疾病予防管理センターは2020年1月15日に緊急事態レベルを最上級のレベル1に引き上げ、続いて2020年1月20日には国家衛生健康委員会がCOVID-19をsevere acute respiratory syndrome(SARS)や鳥インフルエンザと同等の「B類感染症」に分類した<sup>13)</sup>。これにより武漢市を中心と



**Fig. 1** The location of Wuhan city in the People's Republic of China



**Fig. 2** Central area of Wuhan city

した地域の通常歯科治療が、段階的に制限されはじめることとなる。さらに2020年1月23日、旧暦の大晦日を迎える1日前、武漢市は史上最大規模の全市的ロックダウンへと突入し、これは2020年4月8日まで継続された<sup>14)</sup>。このロックダウンは2020年4月7日に日本で出された緊急事態宣言より厳格なもので、陸路・空路を含む武漢市外への交通が完全に遮断されるとともに、市内の公共交通機関はすべて停止し、生活必需品と医療物資の搬送、救急患者の輸送など許可を得た車両の通行のみが認められた<sup>15)</sup>。2020年1月24日以降、武漢大学歯学部附属病院は武漢市内で歯科救急患者を受け入れる唯一の病院となり、この状況はCOVID-19の感染拡大が落ち着く2020年3月2日まで続いた<sup>16)</sup>。さらに2020年1月27日、湖北省政府より、湖北省内での緊急性のない歯科治療の禁止が通達された<sup>17)</sup> (Table 1)。

### 武漢大学歯学部の対応

武漢市のロックダウン開始以降、市内では武漢大学歯学部附属病院のみが歯科治療を継続した<sup>16)</sup>。同院では救急歯科外来以外の診療科は閉鎖され、救急歯科外来に各分野の専門医が待機する体制がとられた<sup>14)</sup>。春節休暇明けの2020年2月3日からは電話診療に加えてオンライン診療を開始し、1,600人以上の患者がこれを利用した<sup>13)</sup>。中国の主要な social networking service (SNS) である WeChat (Tencent Technology Company, Shenzhen) 上にオンライン診療のための武漢大学歯学部附属病院公式アカウントが開設され<sup>14)</sup>、専門医による診療が無料で提供された。SNSによるオンライン診療では写真の送受信とビデオ通話が活用され、歯科救急患者の的確なスクリーニングに貢献した<sup>18)</sup>。

武漢大学歯学部附属病院では、ロックダウン期間を通

して320人のスタッフが2,025人の急患対応を行った<sup>17)</sup>。歯科救急患者の総数は平時と比べ1/5以下と著しく減少したが<sup>16)</sup>、同様の傾向はSARSが流行した2002年から2003年にかけての香港でも認められている<sup>19)</sup>。この間に同院内で9人のスタッフのSARS-CoV-2感染が確認されたが、院内クラスターは発生せず、院内での交差感染も認められなかった<sup>13)</sup>。感染経路として、9人中7人に家族間の接触歴が特定されている<sup>13)</sup>。スタッフの感染症例がすべてロックダウン初期に集中しているため、後述する感染予防ガイドラインは十分に奏功していたものと考えられる<sup>14)</sup>。

#### 1. 患者のスクリーニング

疫病流行下の歯科治療にあたり、患者の治療優先順位とスクリーニングが必須とされる<sup>13)</sup>。武漢大学歯学部附属病院では各科の歯科医師が分野ごとにオンライン診療を担当し、治療の緊急性についての判断を行った。オンライン診療によるスクリーニングで来院の必要性ありと判断され、過去14日間、発熱と呼吸器症状のない患者が来院を許可された。病院に入る前には患者と同伴者にサージカルマスクが渡され、体温の測定と手指の消毒が行われた。患者と同伴者の連絡先は記録され、後に術者や患者がSARS-CoV-2に感染または感染疑いとなった際に、すみやかに連絡できる体制が整えられた。患者が37.3度以上の発熱または咳、息切れ、咽頭痛などの急性呼吸器症状を呈していた場合は、その場でCOVID-19対応の指定病院へと紹介された<sup>13,14)</sup>。ロックダウン開始時、武漢市内では発熱外来61医院、COVID-19重点医療機関9医院が指定されていた<sup>20)</sup>。



**Table 2** The classification of personal protective equipment (PPE) at the School and Hospital of Stomatology, Wuhan University (文献<sup>14)</sup>を改変)

等級	適用される状況	PPE				
		サージカルマスク	N95 マスク	フェイスシールド/ ゴーグル	手指消毒	ゴム手袋
一般	一般外来の医療スタッフ	+	-	-	+	±
Grade 1	感染症外来の医療スタッフ	+	-	-	+	+
Grade 2	確診/疑診患者の治療区域	-	+	±	+	+
Grade 3	確診/疑診患者のエアロゾル 発生処置	-	+	+	+	+

等級	適用される状況	PPE				
		作業衣 (スクラブなど)	ディスボガウン	防護服	ディスボ キャップ	靴カバー
一般	一般外来の医療スタッフ	+	-	-	-	-
Grade 1	感染症外来の医療スタッフ	+	+	-	+	-
Grade 2	確診/疑診患者の治療区域	+	±	±	+	+
Grade 3	確診/疑診患者のエアロゾル 発生処置	+	-	+	+	+

+: necessary, -: unnecessary, ±: depends on the work environment

## 2. 治療中の感染防御

武漢大学歯学部附属病院では国家衛生健康委員会のガイドラインなどを参照して、状況と職務に応じた personal protective equipment (PPE) の等級分けを行った<sup>14)</sup> (Table 2). 歯科医師・看護師・歯科助手らは、治療に際して Grade 2 または Grade 3 に相当する PPE を装備した。また患者の大多数は COVID-19 の強い感染力について十分に理解しており、なかには N95 マスクと防護服を着用して同院を訪れた者もいた<sup>14)</sup>。すべての救急治療は個室で行われた。歯科治療中の飛沫とエアロゾルの発生による感染症拡散の危険性については以前より議論されており<sup>21)</sup>、COVID-19 についてもエアロゾル感染のリスクが懸念された<sup>13,22)</sup>。したがって術者と患者の双方を飛沫感染とエアロゾル感染から保護するために、高圧のバキュームシステムとフォーハンドテクニックが採用された。同様の理由から、ラバーダムの使用や化学機械的な腐蝕の除去が推奨され<sup>14)</sup>、高速ハンドピース・スリーウェイシリンジの使用は極力抑えられた<sup>13,14)</sup>。また治療中に生じる飛沫とエアロゾル内のウイルス量を減らすため、治療前のポビドンヨード (1%)、塩化セチルピリジニウム (0.05~0.10%) などによる含嗽が推奨された<sup>23)</sup>。患者入れ替えの際には、湖北省が制定した消毒手順により室内が消毒された<sup>13)</sup>。ほかにも、吸収性縫合糸の使用など、ここで蓄積された臨床経験の数々が次項で述べる感染予防ガイドライン作成の基礎となった。

## 3. 感染予防ガイドラインの作成と共有

武漢市のロックダウン初日となる 2020 年 1 月 23 日に、国家衛生健康委員会から「新型コロナウイルス感染症予防指針 (Pneumonia prevention and control plan for the new coronavirus infection)」の初版が発表されたが<sup>24)</sup>、2020 年 2 月 11 日には中国国内で 3,019 人の医療従事者が SARS-CoV-2 に感染していることが明らかになった<sup>25)</sup>。当局はこれを深刻な状況と受け止め、原因を精査・分析するとともに、より確実な感染予防手段の確立が急がれた。武漢市における COVID-19 感染拡大初期には、症例の 41% が院内感染によると試算する報告もあったため<sup>26)</sup>、2020 年 2 月 6 日には大幅に増補した「予防指針」の第 4 版が配布され<sup>27)</sup>、その後も精力的な改訂作業が続けられた。

歯学分野では 2020 年 2 月 14 日に、武漢大学歯学部の Li と Meng<sup>23)</sup> が「歯科における新型コロナウイルス感染症の予防と管理 (Prevention and control of novel coronavirus infection in department of stomatology)」を中華口腔医学雑誌 (Chinese Journal of Stomatology) に発表した。これは政府のガイドライン、過去の文献、武漢大学歯学部附属病院での経験などを集約したものである。同時点で感染経路が完全に解明されたわけではないとしながらも、換気の悪い密閉空間におけるエアロゾル感染の可能性についても言及され、1 日 2 回の室内の紫外線照射と換気が推奨されている<sup>23)</sup>。また、ここには、

後に世界中で共有される患者のスクリーニング、歯科治療中、治療前後の予防措置などの原型が示されている。この時期、歯科治療のための新型コロナウイルス感染症予防ガイドラインが中国の各省・各大学から相次いで発表された。中国の歯科医学界で中心的な役割を担う中華口腔医学会（Chinese Stomatological Association）の公式英文誌、Chinese Journal of Dental Research 第23巻2号（2020年6月16日出版）には、COVID-19感染予防について各分野から指針となる報告が掲載された<sup>28-31</sup>。

## 武漢大学歯学部各分野からの報告

### 1. 歯科保存分野

武漢市のロックダウン中に武漢大学歯学部附属病院が実際に治療した計2,025人の急患のうち、歯内療法分野の患者割合が最大となり、774人（67.3%）が歯髄炎または根尖性歯周炎と診断された<sup>17</sup>。歯周病分野では、急性歯周炎ならびに急性歯肉炎の患者165人（8.1%）が来院し、歯周膿瘍の患者は27人（1.3%）であった。保存修復分野の患者数は比較的少なく、う蝕による急患は64人（3.2%）にとどまった<sup>17</sup>。

Yuら<sup>16</sup>はロックダウン期間内の2020年2月22日から3月2日に武漢大学歯学部附属病院を訪れた歯内療法分野の患者を後ろ向きに精査した。計191人の急患のうち96人（50.3%）が歯内療法分野の主訴を有していた。2018年（18.0%、991人中178人）と2019年（13.5%、1,047人中141人）の同期間の同院救急歯科外来の患者内訳に比べ、歯内治療分野の患者割合は有意に増加していた<sup>16</sup>。この96人の平均年齢は42.2歳であり、人数に性差は認められず、97.9%が初診患者であった。このうち51.1%は急性不可逆性歯髄炎と診断され、急性根尖性歯周炎（16.7%）と慢性根尖嚢胞（10.4%）の診断がこれに続いた<sup>16</sup>。発熱はCOVID-19の主要な症候であるが<sup>32</sup>、37.3度以上の発熱患者は認められなかった。疫学的質問表により、COVID-19の既往歴のほか、急性呼吸器症状の有無、疑診例（臨床症状などからSARS-CoV-2感染が疑われるケース）を含むCOVID-19患者との接触歴が調査された<sup>16</sup>。これにより96人中4人に、COVID-19の既往歴と接触歴が確認された。1人にはCOVID-19の既往があったが、受診時には治癒していた。ほかの3人はCOVID-19診断確定例または疑診例との接触歴を有していた。96人中2人は初回の急患対応で治療を完結できず、2回目以降の来院を必要とした<sup>16</sup>。また来院した患者の疼痛レベルがverbal numerical rating scale (VNRS)<sup>33</sup>によって計測された。45歳以上の患者は、45歳以下の患者よりも高いVNRSスコアを示す傾向にあり、急性不可逆性歯髄炎、急性根尖性歯周炎、根尖性嚢

胞の急性症状の患者は、ほかの疾患の患者よりも有意に高いVNRSスコアを示した。疼痛について特記すべき症例として、可逆性歯髄炎と象牙質知覚過敏の診断ながら比較的高い8のVNRSスコアを示した女性患者が挙げられ、これはCOVID-19の流行が彼女の心理状態に影響を及ぼしたためと推測された<sup>16</sup>。大規模災害が歯科患者の心理に与える影響について以前より議論されており<sup>34</sup>、中国国内誌では早くからCOVID-19の流行による歯科患者への心理的侵襲について報告されている<sup>35</sup>。したがって疫病流行下では患者の心理状態への配慮も必要であると、Yuら<sup>16</sup>は訴えている。

### 2. 歯科補綴分野

歯科補綴外来では患者の大部分が10日間にわたる春節休暇明けに治療を再開する予定を組んでいた<sup>14</sup>。武漢市のロックダウン初日が2020年の春節休暇の開始時期と重なったため、歯科補綴科が対応した患者は歯科矯正科とともに比較的少数にとどまり、1月23日から4月7日までに両科で56人の急患対応を行った<sup>14,17</sup>。中国の春節休暇は旧暦に準拠しているため毎年日程が異なるが、2020年は1月24日から2月2日までが公定の休日とされていた。ロックダウン期間中、歯科補綴分野の緊急性の低い患者に対して、計126回のオンライン診療が行われた。一般歯科に分類される質問を除けば、固定性補綴物の脱離についての問い合わせが最多の46回（36.5%）であった<sup>14</sup>。歯科補綴科が実際に診察した急患のうち、頻度の高い主訴は義歯に起因する外傷と潰瘍、ならびに固定性補綴物の脱離であった<sup>14</sup>。

### 3. 口腔外科分野

ロックダウン期間中、口腔外科分野は歯内療法分野に次いで多くの患者を受け入れた<sup>17</sup>。全科で計2,025人の急患中、210人（10.4%）が智歯または埋伏歯の歯冠周囲炎と診断された。また141人（7.0%）が歯の破折と外傷、46人（2.3%）が顎顔面外傷により診察を受けた。腫瘍または顎嚢胞の患者は44人、口腔粘膜疾患の患者は42人、顎関節疾患の患者は31人であった<sup>17</sup>。外傷の患者数は平時と比べ有意に減少していた。特に交通事故による外傷は顕著に減少し、転倒による外傷がその大半を占めた。外傷発生から病院到着までの患者輸送時間が平時よりも短縮されたが、これはロックダウンに伴う厳格な交通規制の副産物であると考えられる<sup>36</sup>。

### 4. 小児歯科分野

Yangら<sup>18</sup>は小児歯科分野でのオンライン診療の活用について報告した。ここでのオンライン診療は遠隔医療の一環として行われ、緊急性の低い患者のスクリーニングに加え、保護者に対して小児の口腔疾患予防処置や日常の口腔ケアについて教育する場となった。小児歯科講座ではオンライン診療のためのスタッフ教育が施され

**Table 3** The phased plan to resume the outpatient clinic of the Department of Prosthodontics, Wuhan University (文献<sup>14)</sup>を改変)

段階	試行期	移行期	通常期
期間	第2週目まで	第3週	第4週以降
患者仕分け	全患者を高リスク群として扱う	高リスク群：COVID-19 確診例/疑診例，接触歴のある者 平均的リスク群：COVID-19 の症状なく，接触歴のない者 低リスク群：COVID-19 の症状なく，接触歴のない者 PCR による 14 日以内の陰性証明を所持	移行期と同様の患者仕分け
診察室運用	診察室 2 室のみ使用	半数の診察室を使用 平均的リスク群と低リスク群で診療エリア分け	すべての診察室を使用 平均的リスク群と低リスク群で診療エリア分け
PPE	Grade 2 (強化版)	Grade 2	Grade 2
治療制限	患者数を制限 エアロゾル発生手技の禁止	患者数を段階的に増加 低リスク群にのみエアロゾル発生手技を許可 高リスク群には Grade 3 PPE 装備で応急治療のみ	すべての予約枠を使用 低リスク群，平均的リスク群にはすべての治療を許可 高リスク群には Grade 3 PPE 装備で応急治療のみ

PPE : personal protective equipment

た<sup>18)</sup>。オンラインで対応した患者のうち，最も多い問い合わせは乳歯の晩期残存について (26.6%) であり，矯正治療について (11.2%) の質問がこれに続いた。中国では一般にカルテや画像検査結果を患者本人が保管するため，写真やビデオによる患部の視診に加え，過去の医療記録を写真で参照するためにも，SNS の利用が有効であった<sup>18)</sup>。

### 5. 歯学教育の継続

中華人民共和国教育部の通達により，歯学部学生・大学院生・研修医らは，武漢大学歯学部附属病院への入構を禁止された<sup>14)</sup>。教育の中断による影響を極力減らすため，武漢大学歯学部補綴講座では春節休暇の直後よりオンラインによる卒業教育を再開した。さらに 2020 年 2 月 17 日より，中国の歯学部学生と歯科医師のためのオンラインセミナーを開講した<sup>14)</sup>。このセミナーは歯科医学分野で人気のプログラムの一つとなり，多いものは 30,000 回以上視聴された<sup>14)</sup>。Meng ら<sup>13)</sup>は疫病の流行が医療系学生に与える心理的負担についても言及し，各歯学部での学生向け心理カウンセリング提供の必要性を訴えている。

### 武漢大学歯学部での通常歯科治療再開

ロックダウン解除後の 2020 年 4 月 20 日より，武漢大学歯学部附属病院は湖北省疾病管理センター (Centers for Disease Control in Hubei Province) の指示に従い，一般外来診療を段階的に再開した<sup>14)</sup>。同院歯科補綴外来

では平時と同等のオペレーションにいたるまで，以下の 3 つの段階が設定された。1) 試行期 (soft-opening stage) : 最初の 2 週間，2) 移行期 (transition stage) : 第 3 週，3) 通常期 (normal stage) : 第 4 週以降 (Table 3)。試行期には同外来計 46 の診察室のうち 2 室のみが使用され，エアロゾル発生を伴う治療は禁止された。移行期では半数の診察室が使用され，来院患者は COVID-19 罹患について高リスク・平均的リスク・低リスクの 3 群に分類された。低リスク群の患者にのみエアロゾルが発生する治療が許可された。通常期よりすべての診察室が開放されたが，COVID-19 罹患リスクによる患者の分類を継続し，高リスク群には応急処置のみが行われた<sup>14)</sup>。この時期から中国の健康保険制度によって SARS-CoV-2 の polymerase chain reaction (PCR) による検査が提供されるようになり，PCR 検査による「陰性証明」の提示が歯科治療の予約取得の際に要求された。武漢大学歯学部附属病院ではすべてのスタッフに，復職前のオンライン感染予防セミナーの受講と，受講後のアセスメント合格が義務づけられた。また，復職前の PCR 検査もすべてのスタッフに行われた<sup>14)</sup>。

### 考 察

武漢大学歯学部からの報告を中心に，COVID-19 の感染拡大初期における歯科医学界の対応を展望した。病因不明の肺炎として武漢に広がった COVID-19 は，当初，原因病原体，感染経路，病態などが解明されず，医療従

事者の感染も多く確認された<sup>25)</sup>。また1月半ばからは、武漢市内の検査試薬が欠乏したこともあり<sup>12)</sup>、感染拡大の実態をつかむことが非常に困難となった。ロックダウンが始まった2020年1月23日の武漢市内の患者数は495人と公式発表されたが、中国疾病予防管理センターは同日付けでの武漢市内の患者数を3,933人(95% C.I.: 3,454, 4,450)と見積もっている<sup>37)</sup>。統計学的推論に基づいた感染者数の試算は各国から発表され<sup>38-40)</sup>、この時点でのCOVID-19感染拡大に対する関心の高さが窺われる。このような疑心暗鬼ともいえる状況の下、武漢大学歯学部附属病院は、歯科医療機関として世界で初めてCOVID-19と正面から向き合うこととなった。また人工的に隔離された巨大都市の歯科患者が一か所に集積したことは、疫学的データの収集に有利に働いたと考えられる。こうした背景により、後に武漢大学歯学部から発表された文献の数々は、COVID-19の歯科医療への影響と感染拡大初期における歯科医師の行動を考察するための貴重な資料となった。

スマートフォンに代表されるコミュニケーション方法の進化により、遠隔歯科医療(Teledentistry)は特に開発途上地域における口腔公衆衛生の向上に寄与するものと期待されていた<sup>41)</sup>。現在、COVID-19のパンデミックにより、遠隔歯科医療は感染症の拡大を防ぎ、患者に適切な支援を与えるための手段として注目されている<sup>42,43)</sup>。武漢大学歯学部附属病院では春節休暇直後からSNS上のオンライン診療を開始し、これを無料で市民に開放した。中国社会では春節は最重要な年間行事であり、全国的な人の移動に伴い社会機能、経済活動の多くが停止する。この間にオンライン診療のためのインフラストラクチャーが整備されたことは、同院のすばやい意思決定の成果であると考えられる。

武漢大学歯学部附属病院ではロックダウン解除後の一般診療再開にあたり、前例がないながらも体系的な再開プランが考案された。武漢はCOVID-19の初の感染集積地であり、歯科医療活動の再開には慎重な姿勢が要求されたと考えられる。病院スタッフの復職にあたり、すべてのスタッフの感染予防知識の確認とPCR検査が行われ、同院のCOVID-19予防に対する徹底的な姿勢が示されている。現在も大規模PCR検査の妥当性について活発な議論が続いているが、2020年5月後半に武漢市で行われた1000万人規模のPCR検査には、1億ドル(U.S. dollar)を優に超える莫大な資金が投入された<sup>44)</sup>。これによって市民のCOVID-19への不安が緩和されたため、武漢大学歯学部附属病院の患者数は大規模検査後すみやかに回復した<sup>44)</sup>。武漢市内の私立クリニックも4月末より外来診療を再開したが、患者の復帰には比較的時間がかかり、筆者が顧問を務めるクリニックを含めた複数クリ

ニックへの聞き取りでは、患者数がロックダウン以前の水準に戻るまでに平均して2カ月程度を要していた。私立クリニックでの患者数の出遅れは、中国人患者の三甲医院への信頼の厚さに起因すると考えられる。多少なりとも不安が残る状況下で、小規模なクリニックよりも公立の大病院が選好された可能性が高い。特に矯正歯科治療などの緊急性が低くコストの高い治療の受診者がCOVID-19の流行によって減少しており、PCR検査による不安解消がこれらの分野の患者数回復の助けになると報告されている<sup>45)</sup>。

## 結 論

2020年1月から武漢市で行われた厳格なロックダウンは、人口1100万人超の大都市を2か月にわたり外界から孤立させた。この間、一つの歯科病院に患者が集約されたことで、図らずもCOVID-19の歯科医学への負荷を押し量るための疫学的に理想的な環境が準備された。ロックダウン期間中、武漢大学歯学部附属病院が感染を巧みにコントロールしながら困難な状況に対応したことが文献から明らかになったが、さらに精緻な調査による今後の研究成果に期待したい。

本論文に関して開示すべき利益相反はない。

## 文 献

- 1) Dave M, Seoudi N, Coulthard P. Urgent dental care for patients during the COVID-19 pandemic. *Lancet* 2020; 395: 1257.
- 2) Peng X, Xu X, Li Y, Cheng L, Zhou X, Ren B. Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. *Int J Oral Sci* 2020; 12: 9. doi: 10.1038/s41368-020-0075-9
- 3) 武汉市统计局. 2019年武汉市国民经济和社会发展统计公报. [http://tjj.wuhan.gov.cn/tjfw/tjgb/202004/t20200429\\_1191417.shtml](http://tjj.wuhan.gov.cn/tjfw/tjgb/202004/t20200429_1191417.shtml) (cited 2020.12.16)
- 4) 武漢日本商工会. 武漢市紹介. [https://wuhan-japan.smartcore.jp/wuhan\\_city](https://wuhan-japan.smartcore.jp/wuhan_city) (2020年12月16日アクセス)
- 5) 独立行政法人日本貿易振興機構(ジェトロ). 湖北省 主要マクロ経済指標. [https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/world/asia/cn/chubu/data/macro-hubei-2009-2016rev.xls](https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/cn/chubu/data/macro-hubei-2009-2016rev.xls) (2020年12月16日アクセス)
- 6) 武汉市统计局. 2019年武汉市经济总量迈上新台阶 质效提升转型加快. [http://tjj.wuhan.gov.cn/tjfw/tjfx/202004/t20200429\\_1189624.shtml](http://tjj.wuhan.gov.cn/tjfw/tjfx/202004/t20200429_1189624.shtml) (cited 2020.12.16)
- 7) 独立行政法人日本貿易振興機構(ジェトロ). 湖北省, 武漢市概況(2018年12月). [https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/world/asia/cn/chubu/pdf/overview\\_wuhan\\_201812.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/cn/chubu/pdf/overview_wuhan_201812.pdf) (2020年12月16日アクセス)

- 8) 中华人民共和国教育部, 教育部 财政部 国家发展改革  
委关于公布世界一流大学和一流学科建设高校及建设学科  
名单的通知. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe\\_843/201709/t20170921\\_314942.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_843/201709/t20170921_314942.html) (cited 2020.12.16)
- 9) 武汉大学口腔医院. 医院简介. <https://www.whuss.com/article/8251> (cited 2020.12.16)
- 10) Top Universities. Top Dentistry Schools in 2020. <https://www.topuniversities.com/university-rankings-articles/university-subject-rankings/top-dentistry-schools-2020> (cited 2020.12.16)
- 11) Yang Y, Zhou Y, Liu XQ, Tan JG. Health services provision of 48 public tertiary dental hospitals during the COVID-19 epidemic in China. *Clin Oral Invest* 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03267-8>
- 12) Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel Coronavirus-infected pneumonia. *N Engl J Med* 2020; 382: 1199-1207.
- 13) Meng L, Hua F, Bian Z. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): emerging and future challenges for dental and oral medicine. *J Dent Res* 2020; 99: 481-487.
- 14) Sa Y, Lin WS, Morton D, Huang C. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Experiences and protocols from the Department of Prosthodontics at the Wuhan University. *J Prosthet Dent* 2020; doi: 10.1016/j.prosdent.2020.06.004
- 15) 武汉市人民政府. 市新型冠状病毒肺炎疫情防控指挥部通告(第1号). [http://www.wh.gov.cn/sy/whyw/202003/t20200316\\_960171.shtml](http://www.wh.gov.cn/sy/whyw/202003/t20200316_960171.shtml) (cited 2020.12.16)
- 16) Yu JJ, Zhang T, Zhao D, Haapasalo M, Shen Y. Characteristics of endodontic emergencies during coronavirus disease 2019 outbreak in Wuhan. *J Endod* 2020; 46: 730-735.
- 17) Meng L, Ma B, Cheng Y, Bian Z. Epidemiological investigation of OHCWs with COVID-19. *J Dent Res* 2020. doi: 10.1177/0022034520962087
- 18) Yang FJ, Yu LT, Qin DC, Hua F, Song GG. Online consultation and emergency management in paediatric dentistry during the COVID-19 epidemic in Wuhan: A retrospective study. *Int J Paediatr Dent* 2020; 00: 1-7. doi: 10.1111/ipd.12722
- 19) Smales FC, Samaranyake LP. Maintaining dental education and specialist dental care during an outbreak of a new coronavirus infection. Part 1: a deadly viral epidemic begins. *Br Dent J* 2003; 195: 557-561.
- 20) 武汉市卫生健康委. 武汉市公布发热门诊医疗机构和定点救治医疗机构名单. [https://www.hubei.gov.cn/hbfb/szsm/202001/t20200120\\_2013265.shtml](https://www.hubei.gov.cn/hbfb/szsm/202001/t20200120_2013265.shtml) (cited 2020.12.16)
- 21) Harrel SK, Molinari J. Aerosols and splatter in dentistry: a brief review of the literature and infection control implications. *J Am Dent Assoc* 2004; 135: 429-437.
- 22) Ge ZY, Yang LM, Xia JJ, Fu XH, Zhang YZ. Possible aerosol transmission of COVID-19 and special precautions in dentistry. *J Zhejiang Univ Sci B* 2020; 16: 1-8.
- 23) Li ZY, Meng LY. Prevention and control of novel coronavirus infection in department of stomatology. *Chin J Stomatol* 2020; 55: 217-222. (in Chinese)
- 24) 国家卫生健康委办公厅. 关于印发医疗机构内新型冠状病毒感染预防与控制技术指南(第一版)的通知. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7659/202001/b91fdab7c304431eb082d67847d27e14.shtml> (cited 2020.12.16)
- 25) 冯红静, 周善昕, 陈伟士. 口腔科门诊应对新型冠状病毒肺炎疫情的防控策略建议. *现代实用医学* 2020; 3: 284-286.
- 26) Wang DW, Hu B, Hu C, Zhu FF, Liu X, Zhang J, Wang BB, Xiang H, Cheng ZS, Xiong Y, Zhao Y, Li YR, Wang XH, Peng ZY. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 2020; 23: 1061-1069.
- 27) 国家卫生健康委办公厅. 国家卫生健康委办公厅关于印发新型冠状病毒肺炎防控方案(第四版)的通知. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/07/content\\_5475813.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/07/content_5475813.htm) (cited 2020.12.16)
- 28) Guo X, Han Y, Liu ZJ, Li SF, Huang GD, Liu HW, Society of Oral Mucosal Diseases, Chinese Stomatological Association. Expert recommendations for prevention, treatment and care of oral ulcers and other mucosal diseases during the coronavirus outbreak. *Chin J Dent Res* 2020; 23: 95-98.
- 29) Zhang XH, Ling JQ. Stomatological Healthcare Service Branch of the Chinese Stomatological Association. Guidelines on the prevention and control of disease in dental practice during the coronavirus outbreak. *Chin J Dent Res* 2020; 23: 89-94.
- 30) Chen XC, Ding JF, Xu DH, Cai ZG, Li XE, Shi ZD, Guo CB, Zhou YS. Preventive and control measures for the coronavirus pandemic in clinical dentistry. *Chin J Dent Res* 2020; 23: 99-104.
- 31) Yue L. Ventilation in the dental clinic: an effective measure to control droplets and aerosols during the coronavirus pandemic and beyond. *Chin J Dent Res* 2020; 23: 105-107.
- 32) Huang CL, Wang YM, Li XW, Ren LL, Zhao JP, Hu Y, Zhang L, Fan GH, Xu JY, Gu XY, Cheng ZS, Yu T, Xia JA, Wei Y, Wu WJ, Xie XL, Yin W, Li H, Liu M, Xiao Y, Gao H, Guo L, Xie JG, Wang GF, Jiang RM, Gao ZC, Jin Q, Wang JW, Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020; 395: 497-506.
- 33) McCarthy PJ, McClanahan S, Hodges J, Bowles WR. Frequency of localization of the painful tooth by patients presenting for an endodontic emergency. *J Endod* 2010; 36: 801-805.

- 34) Davidson JR, McFarlane AC. The extent and impact of mental health problems after disaster. *J Clin Psychiatry* 2006; 67: 9-14.
- 35) Qu X, Zhou XD. Psychological intervention in oral patients in novel coronavirus pneumonia outbreak period. *Chin J Stomatol* 2020; 55: 235-240. (in Chinese)
- 36) Yang YT, Zhang W, Xie L, Li ZB, Li Z. Characteristic changes of traumatic dental injuries in a teaching hospital of Wuhan under transmission control measures during the COVID-19 epidemic. *Dent Traumatol* 2020; 00: 1-6. doi: 10.1111/EDT.12589
- 37) You C, Lin QS, Zhou XH. An estimation of the total numbers of cases of NCIP (2019-nCoV) —Wuhan, Hubei province, 2019-2020. *CDC Weekly* 2020; 2: 87-91.
- 38) Wu JT, Leung K, Leung GM. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. *Lancet* 2020; 395: 689-697.
- 39) Imai N, Cori A, Dorigatti I, Cori A, Donnelly C, Riley S, Ferguson NM. Estimating the potential total number of novel Coronavirus cases in Wuhan City, China. *Imperial College London* 2020; doi: 10.25561/77150
- 40) Nishiura H, Jung SM, Linton NM, Kinoshita R, Yang YC, Hayashi K, Kobayashi T, Yuan BY, Akhmetzhanov AR. The extent of transmission of novel coronavirus in Wuhan, China, 2020. *J Clin Med* 2020; 9: 330.
- 41) Kumar N, John N, Devi N, Vivek S, Ravishankar P, Somaraj V. Teledentistry: an overview. *J Clin Res Dent* 2019; 2: 1-2.
- 42) Rahman N, Nathwani S, Kandiah T. Teledentistry from a patient perspective during the coronavirus pandemic. *Br Dent J* 2020; doi: 10.1038/s41415-020-1919-6
- 43) Giudice A, Barone S, Muraca D, Averta F, Diodati F, Antonelli A, Fortunato L. Can teledentistry improve the monitoring of patients during the Covid-19 dissemination? A descriptive pilot study. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 3399. doi: 10.3390/ijerph17103399
- 44) Yu JJ, Hua F, Qin DC, Zhao D, Li ZY. Impact of citywide COVID-19 testing on people's behaviour in seeking for dental services in Wuhan. *Oral Dis* 2020; 00: 1-3. doi: 10.1111/odi.13613
- 45) Cotrin P, Peloso RM, Oliveira RC, de Oliveira RCG, Pini NIP, Valarelli FP, Freitas KMS. Impact of coronavirus pandemic in appointments and anxiety/concerns of patients regarding orthodontic treatment. *Orthod Craniofac Res* 2020; 23: 455-461.

# Establishment of Preventive Measures in Dental Practice against COVID-19 during its Outbreak: A Report from Wuhan, China

USHIDA Keisuke, HIRAISHI Noriko\* and TAGAMI Junji\*

Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Mitsui Memorial Hospital

\*Department of Cariology and Operative Dentistry, Division of Oral Health Sciences, Medical and Dental Sciences Track, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

## Abstract

The coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic started in Wuhan, China, put all dentists in a difficult situation as modern dentistry had never experienced nor expected before. Even though the higher nosocomial infectious risk of COVID-19 in dental practice was pointed out at an early stage of the epidemic, there was no reliable method of controlling infection at that time. This article reviews the literature related to the crisis in Wuhan to figure out how Chinese dentists managed the world's first epidemic of COVID-19.

Wuhan city, the capital of Hubei province of the People's Republic of China, has a population of about 11.2 million. As the School and Hospital of Stomatology of Wuhan University (WHUSHS) ranks 32nd among the world's dental schools, and second in Mainland China, WHUSHS plays a dominant role in the dentistry of this megalopolis. The outbreak of COVID-19 was made public on December 31, 2019 by the Wuhan Municipal Health Commission. On January 23, 2020, due to a rapid increase of COVID-19 cases, Wuhan plunged into a citywide lockdown, the largest quarantine in history. The government banned non-emergency dental treatment in Hubei province, and all emergency dental patients in Wuhan were directed to WHUSHS. WHUSHS immediately prepared an emergency dental treatment method tailored to the epidemic, including an online consultation system on social media for proper screening of emergency patients. Infection control methods were devised to combat the urgent problem. Their experiences and ideas were promptly compiled and used to publish accurate guidelines for COVID-19 infection control in dental practice. While a total of 2,025 emergency cases were treated at WHUSHS during the lockdown period, only nine hospital staffs were confirmed with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection. Among them, no cluster of disease nor cross infection case was identified. During that time, a greater proportion of endo related patients was found, whilst the total number of emergency patients considerably decreased. Because all emergency dental cases in quarantine were gathered at one dental hospital, their epidemiological data are valuable for analyzing the impact of COVID-19 on dentistry. To resume general dental treatment after lifting of the lockdown, a cautious and systematic procedure was prepared at WHUSHS.

Our review of publications from WHUSHS and related organizations revealed that dentists in Wuhan tactically and safely dealt with the world's first COVID-19 epidemic.

**Key words** : COVID-19, severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), Wuhan, dental practice, infection control

根尖部へのアプローチ：バイオフィルム解析，バイオマテリアルと再生療法開発，そして臨床研究の展開

## シンポジウム概要

北村 知昭

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

## Overview of Symposium 1

KITAMURA Chiaki

Division of Endodontics and Restorative Dentistry, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University

キーワード：根尖歯周組織，バイオフィルム，バイオマテリアル，生体分子，臨床研究

患者が訴える症状に対して，歯科医師は診査結果から病態・疾患を推測し，科学的根拠に基づいた治療法を選択し実践する。症状の改善傾向がみられたら一連のプロセスは正しかったと考え，反応が芳しくない場合は診断プロセスをやり直し治療法を再選択する。臨床プロセスは，仮説を立て実験方法を選択し結果を検証する研究プロセスとオーバーラップしている。

本シンポジウムの各演者が述べているように，Modern Endodontics では根管や根尖病変の三次元的形状を把握し拡大視野下で根管の状況を確認できるようになった。洗浄・貼薬法や根管充填法も進化し，Modern Endodontics を実践することで歯髄疾患および根尖歯周組織疾患の治癒率は大きく向上している。一方で，根尖部・根尖歯周組織の微細構造を完全に把握することは Modern Endodontics においても困難で，従来の成書に記載されていた根管の無菌化は現実的には難しいことも受け入れられている。このような診断・治療技術の限界・壁を突破するうえで必要な科学的根拠を獲得するため，基礎研究，トランスレーショナルリサーチおよび臨床研究における多面的アプローチが，臨床現場で Modern End-

odontics を実践しながら研究を行っている歯内療法領域の Physician Scientist たちによって行われている。

今回「根尖部へのアプローチ」というテーマの下，歯内療法領域で意欲的な研究を展開している4名のシンポジストを選出した。病態の把握，Biomaterials と Molecular Biology からの再生療法開発，そして臨床研究への展開という観点からアクティブな研究者を選出できたと考えている。朝日陽子先生にはバイオフィルム解析を通じた根尖部局所環境の制御について，鷲尾絢子先生には根尖部に用いるバイオマテリアル開発から再生療法への展開について，松崎英津子先生には根尖部の分子生物学的解析から再生療法への展開について，そして八幡祥生先生には自己血由来フィブリンゲルの歯根端切除術応用に関する臨床研究について，最新の科学的根拠に基づいた情報提供をお願いしている。

4名のシンポジストが示す研究背景とその成果に多くの研究者・臨床家が触れていただくことで，Modern Endodontics の限界を突破するための発想と展開が新たに創造され，多面的アプローチが広がることを期待したい。

根尖部へのアプローチ：バイオフィーム解析，バイオマテリアルと再生療法開発，そして臨床研究の展開

## 根尖性歯周炎におけるバイオフィーム細菌叢の解析

朝日陽子

大阪大学大学院歯学研究科 口腔分子感染制御学講座（歯科保存学教室）

### Analysis of Biofilm Microbiota Associated with Apical Periodontitis

ASAHI Yoko

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduated School of Dentistry

キーワード：根尖性歯周炎，バイオフィーム，細菌叢

#### はじめに

ヒトの口腔内には700種類以上の細菌が生息しており、歯面や粘膜表面に付着し、みずから産生した菌体外マトリックスで覆われたバイオフィームを形成している。バイオフィーム中の細菌は、菌体外マトリックスの存在や代謝活性の低下により、抗菌療法や宿主の免疫系に対して抵抗性を示し、感染症の慢性化や難治化を招く。

う蝕や歯周病をはじめ、口腔内で生じる細菌感染症のほとんどがバイオフィームに起因する感染症であると考えられている。抜去した慢性根尖性歯周炎罹患歯の根管を形態学的に観察すると、多種多様な形態をした細菌が根管系のあらゆる部位でバイオフィームを形成しており<sup>1)</sup>、根尖性歯周炎もまた、う蝕や歯周病などの口腔細菌感染症と同様に、多菌種複合バイオフィームに関連する疾患であるといえる。

根尖性歯周炎は、根管内の細菌感染により引き起こされる炎症性疾患である。う蝕・外傷あるいは歯周炎などにより細菌が感染し歯髄が壊死した根管内では宿主の免疫機構が働かず、また物理的な影響を受けにくいため、多くの細菌が感染した根管内に侵入して増殖する。さらに、これらの細菌とその代謝・分解産物が根尖孔や根管側枝の開口部を介して根尖側の歯周組織に侵入し、免疫

応答が起こることにより、歯槽骨を中心とした周囲組織が破壊され病変が形成される。

根尖孔付近に生息する細菌の構成や、これらの細菌が根尖歯周組織においてどのようにして炎症を惹起するかを明らかにすることは、根尖性歯周炎の病因論のみならず、新しい治療法や診断法を開発するうえで重要である。本稿では、根尖性歯周炎に関連するこれまでのバイオフィーム研究、特に根尖孔内外に形成されたバイオフィームについて得られた知見について紹介したい。

#### 根管内バイオフィーム細菌叢

根管系には側枝、根尖分岐やイスマスなどが存在し、形態学的に非常に複雑である。さらに再根管治療歯では、穿孔あるいはトランスポーターションやレジッジなどにより本来の解剖学的形態が医原性に失われていることがある。非外科的歯内療法において、根管内の感染源の機械的除去、あるいは根管洗浄や根管貼薬による化学的な制御が困難な場合、細菌はバイオフィームを形成し根管内に残存する。

根管内は元来、口腔から隔離された細菌が生存しない空間である。ひとたび歯髄が壊死し根管が口腔内に露出すると、根管内にはあらゆる口腔細菌が侵入しうが、栄養や嫌気的条件など根管内の環境が生育に適した細菌

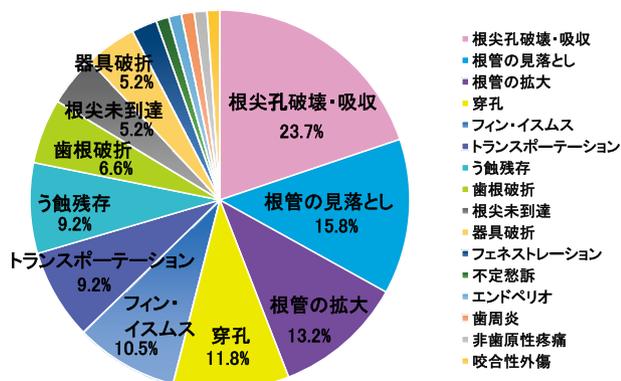
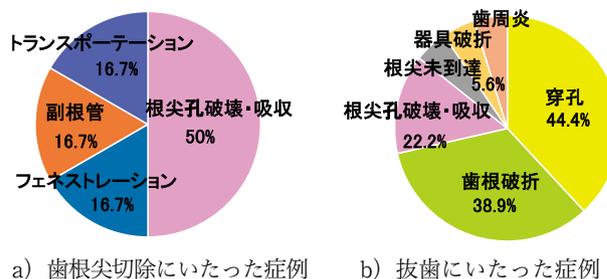


図1 根管充填にいたった症例において難治性とみなされた原因 (文献8より引用改変)

が定着すると考えられる。根尖性歯周炎の病因を明らかにするために、これまで根尖性歯周炎に関連する細菌学的研究が活発に行われてきた。そして、培養法により多種の細菌が感染根管内より分離・同定され、偏性嫌気性細菌が優勢であることが報告されてきた<sup>2)</sup>。その後、分子生物学・遺伝子工学的手法を用いた解析が多く行われ、培養法により根尖性歯周炎の原因であると考えられた培養可能な細菌種と根尖性歯周炎の関連性が裏付けられるとともに<sup>3)</sup>、培養不可能な細菌種を含む新たな細菌種が根尖性歯周炎の原因菌の候補として挙げられた<sup>4)</sup>。さらに、近年、次世代シーケンサーによる解析により細菌叢の全体像の把握がなされ、根尖性歯周炎に関連する細菌叢は今まで考えられていたものよりもはるかに多様であることが明らかにされた<sup>5)</sup>。

ところで、根管内細菌を電子顕微鏡で観察すると、歯冠側・根中央部そして根尖側の各部位において、バイオフィルムを構成している細菌の形態が異なっている。また、根尖性歯周炎罹患歯の根管内において、根尖側の細菌叢は歯冠側とは細菌構成が異なることが分子生物学・遺伝子工学的にも示されている。Rôçasらは根尖性歯周炎罹患歯の歯冠側と根尖側において28種の細菌の検出頻度を比較し、歯根側には歯冠側と比較し *Tannerella forsythia* や *Fusobacterium nucleatum* といった細菌種が高頻度で検出されることを示した<sup>6)</sup>。さらに、同一歯の根尖側と歯冠側で共通して検出された細菌種は40%ほどであり、両者の細菌構成は一部異なっていた。また、細菌叢解析を行った報告では<sup>7)</sup>、根尖側で *Porphyromonas* 属や *Bacteroides* 属などの難培養性の偏性嫌気性細菌を含むいくつかの属の割合が高いことが示されており、根尖側のほうが偏性嫌気性細菌の割合が高いことが明らかにされた。根尖孔は根管系と歯周組織が接する部位であり、根尖側の根管系で生息する細菌は根尖性歯周炎の病因に関与する可能性がある。また、根管内は部位



a) 歯根尖切除にいたった症例 b) 抜歯にいたった症例

図2 外科的処置にいたった症例において難治性とみなされた原因 (文献8より引用改変)

により環境が異なり、根尖側は歯冠側よりも嫌気的条件下でありタンパクも利用しやすい環境であるため、偏性嫌気性細菌が増殖しやすいのではないかと考えられている。

### 根尖性歯周炎の難治化の原因

われわれの研究室では、一般開業医が難治症例と診断し、大阪大学歯学部附属病院保存科へ紹介された根尖性歯周炎症例(103歯)を対象として、難治性にいたった原因について追跡調査を行った<sup>8)</sup>。76症例(約70%)は症状が改善し根管充填されたが、難治性とみなされた原因で最も多かったのは根尖孔破壊・吸収(18症例)であった。その他の原因は、根管の見落とし、根管の拡大不足、穿孔、フィン・イスマス、トランスポートーション、う蝕残存、歯根破折、根尖未到達、器具破折であった(図1)。一方、歯根尖切除術や抜歯等の外科的処置の対象となったのは穿孔や歯根破折を含む27症例であった(図2)。したがって、難治化の原因の大部分は、根管系から除去されず残存したバイオフィルムや二次感染であり、根管内における感染の制御の失敗にあったと考えられる。

根尖性歯周炎で抜歯した106症例を病理組織学的に評価した研究では、約80%の症例において根尖側の根管内にバイオフィルムを認めたという報告<sup>9)</sup>もある。根尖側の根管内における感染源の制御が根尖性歯周炎に対する制御戦略の重要な鍵となると考えられる。

### 根尖孔外バイオフィルム細菌叢

バイオフィルムに関連した根尖性歯周炎の難治化の原因として、根尖孔外バイオフィルムの存在がもう一つの可能性として考えられる。

日常の臨床において、根尖性歯周炎の原因を検討するために、根尖性歯周炎で抜去された歯の根尖付近を形態学的に観察すると、開大した根尖孔に近接した根管内か

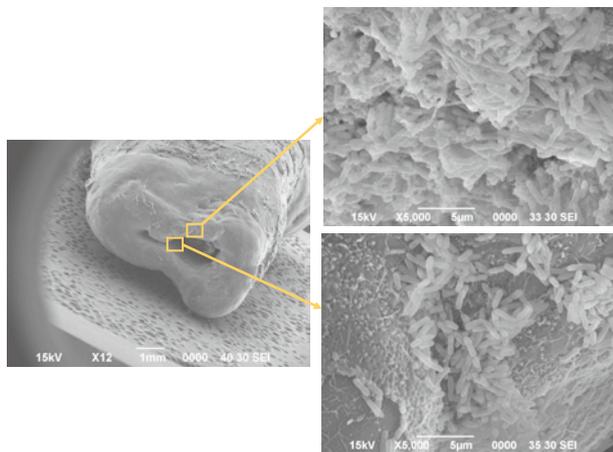


図3 根尖孔の開大を伴う根尖性歯周炎の1例  
根管から根尖孔外に連続した細菌バイオフィーム  
形成を認める。

ら根尖孔外に連続したバイオフィームが形成されているのが確認されることがある(図3)。また、根尖孔が複数ある歯の根管治療において、根尖まで器具が未到達の根管では根尖孔付近にバイオフィームが残存し、さらに根尖孔外にもバイオフィームが形成されているのが確認された。一方、根尖まで器具が到達し処置された根管においては、バイオフィームは認められなかった(図4)。

われわれの研究室では、本学歯学部附属病院保存科において通法の感染根管治療を行ったにもかかわらず、根尖性歯周炎が治癒せず難治性歯周炎と診断した症例より得られた過剰根管充填材、抜去歯、ならびに歯根尖切除術時に採取した根尖部歯片を形態学的に観察し、約80%の症例において根尖孔外バイオフィームが存在することを確認した<sup>10)</sup>。さらに、難治性根尖性歯周炎罹患歯の20症例中、14症例(70%)においてクローンライブラリー法により根尖孔外に細菌DNAが検出され、*F. nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis*, *T. forsythia*などの偏性嫌気性菌が高頻度で検出された<sup>11)</sup>。穿孔や破折、歯内歯周病変を認めず、また根管に生体の許容範囲を超えるバイオフィームを残存させる要因が明らかに存在しない場合には、根尖孔外バイオフィームが高い頻度で根尖性歯周炎の難治化に関与していることが示唆される。さらに、根尖孔外バイオフィームの存在は持続的な症状の原因となることが、臨床報告においても示されている<sup>12)</sup>。

現在、大阪大学大学院歯学研究科倫理委員会の承認(R1-E36)を得て、根尖孔内外におけるバイオフィーム細菌叢の相違を検討するために、歯根尖切除術時に採取した歯根尖より根尖孔外バイオフィームと根管に残存する細菌を採取し、細菌叢の解析を行っている。その結果、根尖孔外バイオフィームおよび根管に残存細菌にお

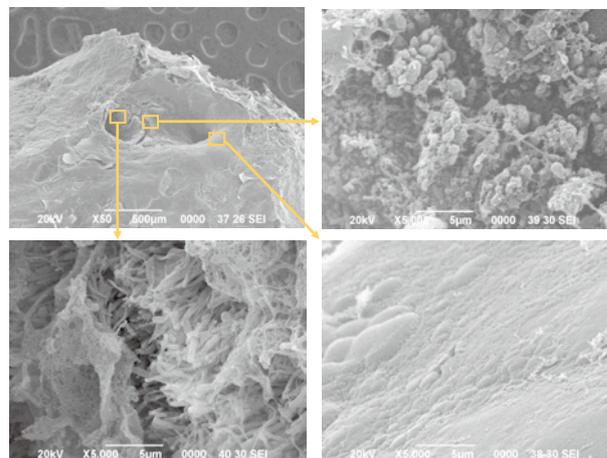


図4 複数の根尖がみられた根尖性歯周炎の1例  
根尖まで器具が未到達根管の根尖孔周囲には、根管  
内から根尖孔外に細菌バイオフィームの形成を認める  
(左側の根尖)。一方、根尖まで根管清掃が完了した根管  
内および根尖孔外には細菌バイオフィームがみられな  
い(右側の根尖)

いて、*Porphyromonas*属や*Tannerella*属の全細菌に対する相対的割合が高かった。また、根尖付近における管内残存細菌および根尖孔外バイオフィームを構成する細菌は全細菌の大部分が共通して検出され、根管系の根尖付近で優勢であった細菌が根尖孔外バイオフィームにおいても上位を占めており、根尖部の細菌叢と根尖孔外バイオフィーム細菌叢が関連することが強く示唆された(データ未発表)。これらの症例において、根尖孔内外に生息しバイオフィームを形成している細菌が根尖性歯周炎の主要原因因子であり、根尖部に形成されたバイオフィームが根尖孔外に進展し根尖性歯周炎の難治化を惹起していると考えている。

## おわりに

根尖性歯周炎の発症を阻止し、また進行した病変を治癒に導くためには、原因となる感染源の制御が不可欠である。感染源としては根管系や根尖孔外に形成されたバイオフィームや継続的に侵入する細菌である。根管に形成されたバイオフィームに対しては、根管拡大や根管洗浄によりこれを除去することが感染根管治療の基本である。直視することができず、また形態も多様な根管系における根管治療においては、コーンビームCT、歯科用マイクロスコープ、Ni-Ti製ファイルが根管治療の成功率向上に有用である。また象牙細管内に侵入した細菌に対しては、緊密な根管充填により細菌を封じ込めることで、増殖を抑制している。通法の根管治療に反応しな

い症例，根尖孔外バイオフィームの関与が疑われる場合は，現状では歯根尖切除術などの外科的歯内療法や抜歯によりバイオフィームを除去せざるをえない．現在臨床で行われている根管内外に形成されるバイオフィームに対する戦略は，感染源の物理的な除去が第一選択である．これまでの研究で，根管内外に生息し根尖性歯周炎に関与する細菌の組成の情報が得られてきているが，まだ十分とはいえない．今後，細菌叢の活動性やその機能を調べることで，病態解明や新たな治療法の開発につながる可能性があると考えられ，さらなる研究が望まれる．

本論文に関して，開示すべき利益相反状態はない．

## 文 献

- 1) 野杵由一郎. エンド難症例の現状と実態. 恵比須繁之. エンド難症例 メカニズムと臨床対応. 歯界展望別冊 : 8-19, 2009.
- 2) Goodman AD. Isolation of anaerobic bacteria from the root canal systems of necrotic teeth by the use of a transport solution. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977; 43: 766-770.
- 3) Sassone LM, Fidel R, Faveri M, Fidel S, Figueiredo L, Feres M. Microbiological evaluation of primary endodontic infections in teeth with and without sinus tract. *Int Endod J* 2008; 41: 508-515.
- 4) Siqueira JF Jr, Rôças IN. Uncultivated phylotypes and newly named species associated with primary and persistent endodontic infections. *J Clin Microbiol* 2005; 43: 3314-3319.
- 5) Hong BY, Lee TK, Lim SM, Chang SW, Park J, Han SH, Zhu Q, Safavi KE, Fouad AF, Kum KY. Microbial analysis in primary and persistent endodontic infections by using pyrosequencing. *J Endod* 2013; 39: 1136-1140.
- 6) Rôças IN, Alves FR, Santos AL, Rosado AS, Siqueira JF Jr. Apical root canal microbiota as determined by reversecapture checkerboard analysis of cryogenically ground root samples from teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2010; 36: 1617-1621.
- 7) Ozok AR, Persoon IF, Huse SM, Keijsers BJ, Wesselink PR, Crielaard W, Zaura E. Ecology of the microbiome of the infected root canal system; a comparison between apical and coronal root segments. *Int Endod J* 2012; 45: 530-541.
- 8) Yamaguchi M, Noiri Y, Itoh Y, Komichi S, Yagi K, Uemura R, Naruse H, Matsui S, Kuriki N, Hayashi M, Ebisu S. Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan. *BMC Oral Health* 2018; 18: 70.
- 9) Ricucci D, Siqueira JF. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 2010; 36: 1277-1288.
- 10) Noiri Y, Ehara A, Kawahara T, Takemura N, Ebisu S. Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. *J Endod* 2002; 28: 679-683.
- 11) Noguchi N, Noiri Y, Narimatsu M, Ebisu S. Identification and localization of extraradicular biofilm-forming bacteria associated with refractory endodontic pathogens. *Appl Environ Microbiol* 2005; 71: 8738-8743.
- 12) Ricucci D, Siqueira JF Jr, Lopes WS, Vieira AR, Rôças IN. Extraradicular infection as the cause of persistent symptoms: a case series. *J Endod* 2015; 41: 265-273.

根尖部へのアプローチ：バイオフィルム解析，バイオマテリアルと再生療法開発，そして臨床研究の展開

## Bioactive glass 配合バイオマテリアル開発による 再生歯内療法へのアプローチ

鷺尾 絢子

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

### Approach to Regenerative Endodontics by Bioactive Glass-based Biomaterial

WASHIO Ayako

Division of Endodontics and Restorative Dentistry, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University

キーワード：再生治療，足場，バイオセラミックス，バイオマテリアル，Bioactive glass

#### はじめに

日本の歯科医療は国際的に高いレベルの治療技術と歯科医用機材の開発技術があるにもかかわらず，グローバルスタンダードという点からみると常に後追いになっている。歯内療法領域においても，歯科用マイクロスコープ，コーンビームCT，Ni-Ti製ファイルを駆使するグローバルスタンダードとしてのモダン・エンドドンティクスがようやく一般開業医にも認知されるようになったが，日本における歯内療法のスタンダードと呼ぶにはほど遠く，モダン・エンドドンティクスの恩恵を受けている患者は多くない。近年，国外ではバイオセラミックス系バイオマテリアルがモダン・エンドドンティクスにおける第4の必須アイテムとなりつつある。しかしながら国内では専門医や一部の一般開業医のみが使用するにとどまっており，今後，基礎・臨床研究から得られたエビデンスをベースとしたバイオセラミックス系バイオマテリアルの国内における普及・展開が必要である。

われわれは，整形外科などで生体内にすでに応用されている生体活性型バイオセラミックスである Bioactive

glass (BG) に着目し，歯髄・根尖歯周組織の創傷治癒・再生治療用の BG 配合バイオマテリアルの開発を進めている (図1)。今回，BG 配合根管充填用シーラーに関する基礎研究成果とそれを反映する臨床成績を示すとともに，現在，材料および生体の両面からアプローチする統合研究として進めている BG 配合覆髄材・断髄材・穿孔部封鎖材・逆根管充填材，および再生歯内療法用足場について概説する。

#### バイオセラミックスについて

バイオマテリアルとは，医学・歯学分野において，生体組織に直接接触し，相互作用を意図された材料のことで，金属，セラミックス，合成高分子，生体由来材料が含まれる。現在は人工心臓，人工骨，あるいはデンタルインプラントなど，失われた身体の機能を正常に近い状態に回復させるための重要な手段として研究開発が行われている。

セラミックスは非金属無機材料の総称であり，生体組織に接して医療材料として用いられるセラミックスが「バイオセラミックス」である。金属やレジンにはない耐

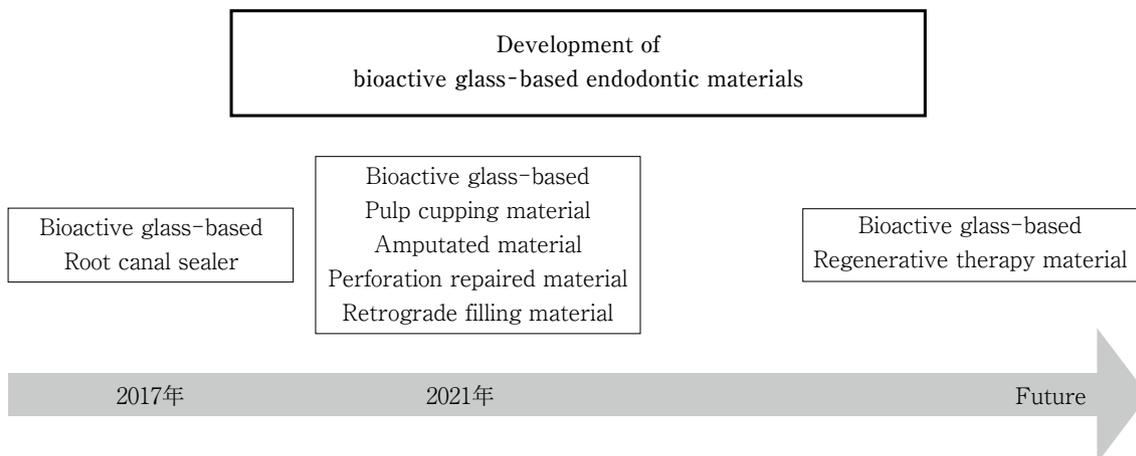


図 1 歯髄・根尖歯周組織の創傷治癒・再生治療を目的とした BG 配合マテリアルの開発年表

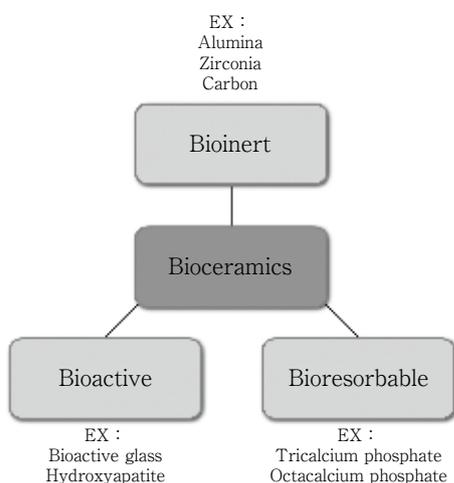


図 2 生体に対する挙動に基づいたバイオセラミックスの分類

摩耗性・耐腐食性・耐熱性・審美性に加え、生体活性・生体親和性といった「バイオ」としての優れた長所を有している。生体内で化学的に安定である「生体不活性」と生体内で吸収され組織と置換される「生体吸収性」、周囲組織と化学的に結合する「生体活性」に分類される(図2)。

### 歯内療法領域に求められる歯科材料

歯内療法領域において、Mineral Trioxide Aggregate (MTA) の登場によりバイオセラミックスの有用性が注目されている。しかしながら、MTA は工業用セメントである Portland cement と同様にケイ酸カルシウム系を主成分として、無機酸化物に石膏などが添加されたものであることから、正しくはバイオセラミックスに分類されない。一方で、生体活性バイオセラミックスと類似し

た作用機序を示し、機能面において高い生体活性・生体親和性を示すため、MTA は「生体活性系バイオセラミックス」といえる。

ProRoot MTA (デンツプライ) の基礎研究で、歯内療法用材料としての十分な物理化学的特性と高い封鎖性、良好な生体親和性や抗菌性を有することが示されている。直接覆髄、穿孔部封鎖、および逆根管充填での臨床成績も良好で、基礎研究結果と結びつけられる考察も多い<sup>1,2)</sup>。一方で、MTA 自体の操作性は良好でなく硬化時間も長いことから、組成を改変した「MTA 系セメント」と称される新製品が続々と開発されているが、組成改変により ProRoot MTA を超える特性は得られていないことも多い<sup>3,4)</sup>。

したがって、良好な操作性、十分な物理化学的特性、高い封鎖性、良好な生体親和性・生体活性、抗菌性、除去性を有する歯内療法用材料が求められる。

### Bioactive glass について

MTA の有する物理化学的特性や生体親和性は、整形外科領域を中心に使用される生体医療材料の一種である「Bioactive glass (BG)」において既知の特性である<sup>5,6)</sup>。BG は生体活性バイオセラミックスの 1 種で、二酸化ケイ素成分を 50 mol% 以下とした  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  系ガラスである。BG を体内に埋入すると表層部分から周囲の組織に造骨が促進される物質が溶出し、その表面にはハイドロキシアパタイト (HAp) 微結晶が生成・成長する。その一方で、シリカに富むゲル中では骨芽細胞の働きによりコラーゲン線維と新生骨が生成する(図3)。これらは BG が骨結合性のみならず骨伝導性を有していることを示しており、BG と骨組織は一体化することができる。さらに、BG は軟組織とも高い親和性を示すため、

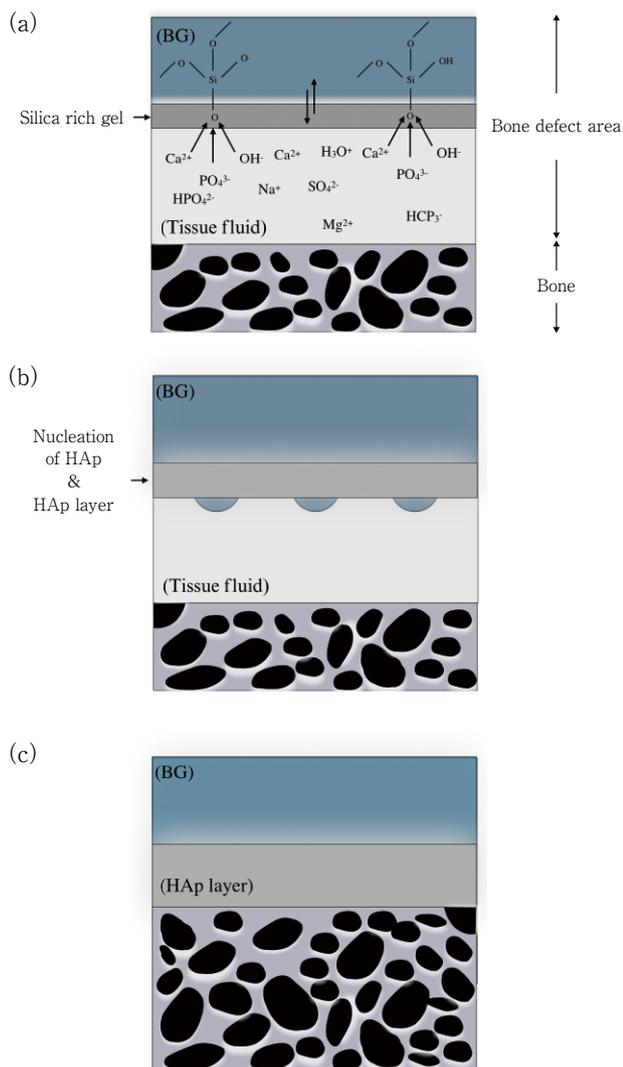


図3 BGと骨の結合メカニズム

(a) 骨欠損部に埋入したBGからのイオン溶出。(b) HAp微結晶の生成・成長。(c) HAp層と新生骨の介在による骨とBGの結合。

骨とほぼ類似した組成である象牙質やセメント質、そして軟組織である歯髄を含めた歯内療法領域での応用もおおいに期待できる。また、感水性等の製材安定性にかかわる活性が比較的低いため、製品開発が比較的容易である。

### Bioactive glass 配合歯内療法用材料の開発

以上のことを踏まえ、筆者が所属する研究グループでは、臨床応用を目的としたBG配合歯内療法用材料（直接覆髄材、断髄材、穿孔部封鎖材、根管充填シーラー、および逆根管充填材）の開発を日本歯科薬品株式会社と共同で進めている。現在、商品化にいたったのは根管充



図4

(a) ニシカキャナルシーラーBG。(b) 白色の2ペースト、ダブルシリンジ・タイプ。

填シーラー「ニシカキャナルシーラーBG (CS-BG)」である。また、直接覆髄材、断髄材、穿孔部封鎖材、および逆根管充填材として応用するBG配合粉末は2021年の商品化を目指して研究開発を進めている。

CS-BGは、歯科用根管充填シーラーの国際規格(ISO6876:2012)の要求事項を満たし、操作性の良い2ペースト、ダブルシリンジ・タイプである(図4)。CS-BGを擬似体液中に浸漬するとpH9程度で安定し、HAp様の板状結晶構造がCS-BG表面に形成される。HAp様構造は象牙細管内へ伸長し、タグ様構造を形成することによりCS-BGと象牙質は結合し根管内の封鎖性は高くなる<sup>7)</sup>。再根管治療を想定した除去性評価においても、既存のシーラーと同様に除去が可能であった<sup>8)</sup>。細胞形態や細胞生存率、遊走能にも為害性を示さないことから、CS-BGは生体親和性が高い材料である<sup>9)</sup>。臨床成績については、2017年の発売開始後の2年間でCS-BGを用いて根管充填を行った症例を対象として、根管充填時疼痛の発症に及ぼすCS-BGの影響を分析した。分析方法が異なるため他の根管シーラーを用いた根管充填直後の疼痛発症率<sup>10)</sup>と一概に比較できないが、CS-BGを用いた根管充填では術直後疼痛が誘発されにくいことを示唆する結果であった(論文投稿中)。したがって、基礎研

究による CS-BG の高い生体親和性は、臨床に反映されていると考えられる。今後、CS-BG を用いた根管充填症例の予後について検証していく予定である。

開発中の BG 配合粉末は、練和した CS-BG に配合することで粘稠性・硬化速度を術者の使用しやすい充填物に変化させることができるため、临床上、異なる操作性が要求される直接覆髄、断髄、穿孔部封鎖、および逆根管充填などの多様な処置に応用可能である。これまでの研究結果より、CS-BG と BG 配合粉末の混合物は、BG 配合粉末の比率を変化させても CS-BG の基本的性質を維持し適切な物理化学的特性を有しており、セメント芽細胞様細胞や象牙芽細胞様細胞の生存および分化を阻害せず、既存材料と比較しても生体親和性に優れている<sup>11)</sup>。

## 現在の歯内療法の限界

### 1. 再生医用材料の開発

覆髄などの歯髄保存療法によって形成される第三象牙質は、加齢の影響が重なることで、歯髄腔狭窄や歯髄への血液供給量の減少につながり歯髄の退行性変性を誘発する。疾患が進行した場合は、確実な抜髄や感染根管処置を行うことで健全な根尖歯周組織の維持と歯の保存に努めるが、根尖性歯周炎が続発することも多い<sup>12,13)</sup>。さらに歯根肉芽腫や歯根嚢胞で根尖部周囲に大きな骨欠損を伴う場合は、歯根尖搔爬術や歯根端切除術といった外科処置を行うものの骨形成が得られず、抜歯にいたることもある。現在の歯内療法は、歯科医師が感染源などの原因を除去するものの、患者の治癒力に頼って生体の創傷治癒を待つという「待機治療」の域を超えていない。このような現状を克服するために、長期的プロジェクトとして積極的に象牙質・歯髄複合体、および根尖歯周組織の再生誘導治療法の開発が必要と考えた。

### 2. Bioactive glass 配合再生医療材料の開発

細胞、足場、細胞成長因子の3つの要素が再生誘導治療において必要不可欠である。筆者が所属する研究グループは、成長因子徐放能を有するゼラチンハイドロゲル (Gel) を開発した京都大学ウイルス・再生医科学研究所生体材料学分野の田畑泰彦教授と共同研究を進めている。これまでの共同研究の成果として、塩基性線維芽細胞増殖因子 (bFGF) 徐放性 Gel 粒子をラット白歯断髄モデルに用いることにより、象牙質・歯髄複合体の局所的再生が生じることを明らかにした<sup>14,15)</sup>。しかしながら、誘導された再生象牙質は骨様構造で多孔性を示すという構造上の問題点があった。再生象牙質の構造改善を目的として、BG を Gel に加えた BG-Gel 複合スポンジ (図5) を開発<sup>16)</sup>し、現在、*in vitro* および *in vivo* における機能を検証している。BG-Gel 複合スポンジを bFGF と組み

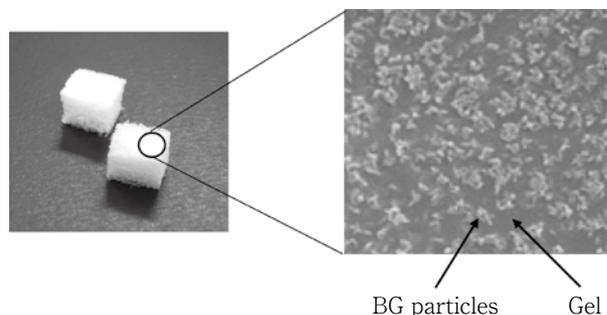


図5 BG-Gel 複合スポンジ

合わせることにより、石灰化度の高い象牙質・歯髄複合体の再生誘導が可能になるとともに、歯根嚢胞などによる大きな骨欠損範囲の根尖周囲組織の再生誘導治療にも応用できると考えている。また、歯科領域のみならず骨組織をターゲットとする医科領域でも利用可能となれば、多くの患者に汎用される次世代型治療法の開発になるといえる。

## おわりに

今後の歯科医療および再生医療技術を応用した治療法の開発では、バイオマテリアルが必須である。筆者が所属する研究グループは Bioactive glass を用いたバイオマテリアルによる歯科医療材料開発を通して、歯科医師と患者に身近な歯髄保存療法・歯内治療の発展、さらには象牙質・歯髄複合体、および根尖歯周組織の再生誘導治療法の開発を行い、歯を保存していくことに貢献したいと考えている。

## 文 献

- 1) Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. J Endod 2010; 36: 400-413.
- 2) Tay FR, Pashley DH, Rueggeberg FA, Loushine RJ, Weller RN. Calcium phosphate phase transformation produced by the interaction of the portland cement component of white mineral trioxide aggregate with a phosphate-containing fluid. J Endod 2007; 33: 1347-1351.
- 3) Borges AH, Pedro FL, Miranda CE, Semenovoff-Segundo A, Pécora JD, Cruz Filho AM. Comparative study of the physico-chemical properties of MTA-based and Portland cements. Acta Odont Latin 2010; 23: 175-181.
- 4) Sisli SN, Ozbas H. Comparative micro-computed tomographic evaluation of the sealing quality of ProRoot MTA and MTA Angelus apical plugs placed with various techniques. J Endod 2017; 43: 147-151.

- 5) Kokubo T, Takadama H. How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? *Biomaterial* 2006; 36: 2907-2915.
- 6) Lutz-Christian G, Baccaccini AR. Bioactive glass and glass-ceramic scaffolds for bone tissue engineering. *Materials* 2010; 3: 3867-3910.
- 7) 吉居慎二, 鷺尾絢子, 諸富孝彦, 北村知昭. バイオガラス配合シーラーの根管封鎖性と象牙質への影響. *日歯保存誌* 2016; 59: 463-471.
- 8) 鷺尾絢子, 吉居慎二, 諸富孝彦, 北村知昭. バイオガラス配合シーラーを用いた根管充填材の除去に関する検討. *日歯保存誌* 2017; 60: 14-21.
- 9) 鷺尾絢子, 吉居慎二, 諸富孝彦, 前田英史, 北村知昭. 歯根膜細胞と骨芽細胞様細胞の細胞遊走能・生存能に対するバイオガラス配合シーラーの影響. *日歯保存誌* 2017; 60: 96-104.
- 10) 吉居慎二, 諸富孝彦, 藤元政考, 鷺尾絢子, 宮下桂子, 北村知昭. 根管充填後の疼痛発症に2種類の根管充填用シーラーが与える影響の検討. *日歯内療誌* 2018; 39: 43-48.
- 11) 村田一将, 鷺尾絢子, 諸富孝彦, 北村知昭. 新規 Bioactive glass 配合逆根管充填材の *in vitro* における物理化学的特性と生体親和性の評価. 特定非営利活動法人 日本歯科保存学会 2020 年度春季学術大会 (第 152 回) プログラムおよび講演抄録集: 2020; P67.
- 12) 鷺尾絢子, 中川愛加, 西藤法子, 吉居慎二, 平田志津, 市丸美希, 永吉雅人, 矢野淳也, 諸富孝彦, 寺下正道, 北村知昭. 九州歯科大学附属病院保存治療科を受診した患者の初診時診査からみた歯内治療の現状. *日歯内療誌* 2011; 32: 206-211.
- 13) 鷺尾絢子, 高倉那奈, 伊藤 優, 宮原宏武, 花田可緒理, 浦田真梨子, 松山篤史, 藤元政考, 大塚麻衣, 中川-吉居愛加, 市丸-末松美希, 西藤法子, 吉居慎二, 平田-土屋志津, 永吉雅人, 西野宇信, 諸富孝彦, 北村知昭. 九州歯科大学附属病院保存治療科を受診した患者の確定時診断からみた歯内療法の実状. *日歯保存誌* 2016; 59: 343-350.
- 14) Kikuchi N, Kitamura C, Morotomi T, Inuyama Y, Ishimatsu H, Tabata Y, Nishihara T, Terashita M. Formation of dentin-like particles in dentin defects above exposed pulp by controlled release of fibroblast growth factor 2 from gelatin hydrogels. *J Endod* 2007; 33: 1198-1202.
- 15) Ishimatsu H, Kitamura C, Morotomi T, Tabata Y, Nishihara T, Chen KK, Terashita M. Formation of dentinal bridge on surface of regenerated dental pulp in dentin defects by controlled release of fibroblast growth factor-2 from gelatin hydrogels. *J Endod* 2009; 35: 858-865.
- 16) Washio A, Teshima H, Yokota K, Kitamura C, Tabata Y. Preparation of gelatin hydrogel sponges incorporating bioactive glasses capable for the controlled release of fibroblast growth factor-2. *J Biomater Sci, Polym Ed* 2019; 30: 49-63.

根尖部へのアプローチ：バイオフィルム解析，バイオマテリアルと再生療法開発，そして臨床研究の展開  
歯槽骨再生に関わる分子生物学的解析と再生療法への展開

松崎 英津子

福岡歯科大学口腔治療学講座歯科保存学分野  
福岡歯科大学口腔医学研究センター

Molecular Biological Analysis Related to Alveolar Bone Regeneration  
and Development in Regeneration Therapy

MATSUZAKI Etsuko

Section of Operative Dentistry and Endodontology, Department of Odontology, Fukuoka Dental College  
Oral Medicine Research Center, Fukuoka Dental College

キーワード：スフィンゴシン-1-リン酸，骨芽細胞分化，歯槽骨再生

### はじめに

歯根嚢胞などにより支持歯槽骨が広範に失われているケースでは，感染根管治療による根管経路の修復に加えて，感染源の除去と根尖封鎖のための外科的歯内療法が必要となる．そこで，歯槽骨の再生を目指した根尖部へのアプローチ戦略の一つとして，著者らはスフィンゴシン-1-リン酸 (S1P) シグナル伝達経路の制御による骨形成促進に着目し，分子生物学的手法を用いて，細胞レベルから個体レベルにわたり研究を進めてきた<sup>1)</sup>．

生体内に存在する S1P は，さまざまな細胞の細胞膜で産生されるリン脂質の一種である．プロスタグランジン同様，受容体を介して独自の S1P シグナル伝達経路を活性化させ，細胞の分化・増殖・遊走などの生理機能作用<sup>2-4)</sup>を示すシグナル分子として働くことから，脂質メディエーターと称されている．このうち S1PR1 受容体を介したリンパ球遊走と，リンパ組織からのリンパ球遊出制御機序に基づき，S1PR1 を標的とした薬物治療 (フィンゴリモド ; FTY720<sup>5)</sup>) が自己免疫疾患の一つである多

発性硬化症に臨床応用されている<sup>6,7)</sup>．

本稿では，S1P シグナル伝達経路を標的とした骨形成についての分子生物学的アプローチを概説するとともに，根尖部歯槽骨欠損部位への応用について紹介する．

### S1P シグナル伝達経路による骨分化促進機構

S1P が破骨細胞前駆細胞の遊走を制御し，骨吸収を抑制するという生理機能が新しく発見されたことから<sup>8)</sup>，S1P が破骨細胞・骨芽細胞分化に及ぼす影響や，それに関与する S1P 受容体についての研究が精力的に行われている．

著者らは，骨芽細胞の分化過程において，5つの S1P 受容体のうち S1PR1 および S1PR2 の発現増加を見だし，新規 S1PR1 および S1PR2 シグナル伝達経路の活性化による骨芽細胞分化促進作用とその分子基盤の一端を明らかにした．S1PR1 シグナル伝達経路の活性化は，破骨細胞抑制因子オステオプロテジェリン (OPG) 発現およびアルカリホスファターゼ (ALP) 活性の増加に関与し<sup>9)</sup>，一方でこの経路とは独立した S1PR2 シグナル伝達

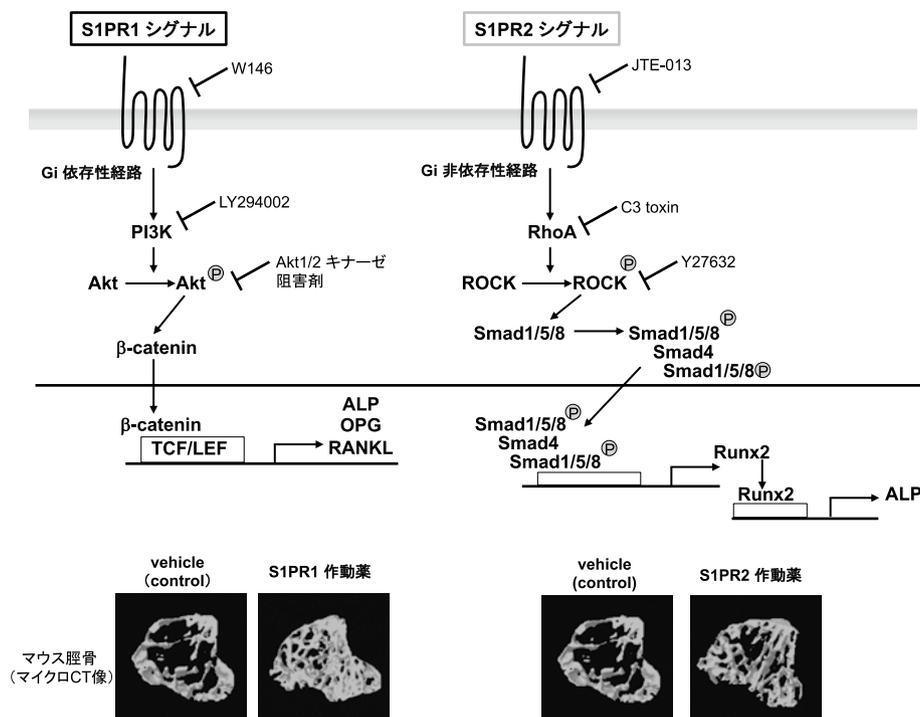


図 1 S1PR1 および S1PR2 シグナル伝達経路による骨芽細胞分化促進機構と骨形成  
 (上) 新規 S1PR1 および S1PR2 シグナル伝達経路について  
 (W146=S1PR1 阻害剤, LY294002=PI3K 阻害剤, JTE-013=S1PR2 阻害剤, C3 toxin=RhoA 阻害剤, Y27632=ROCK 阻害剤)  
 (下) S1PR1 作動薬および S1PR2 作動薬腹腔内投与後のマウス脛骨海綿骨のマイクロ CT 像  
 (文献 1, 10 を一部改変)

	S1PR1作動薬	S1PR2作動薬
ALP	↑	↑
OPN	↑	↑↑
OCL	↑	↑
BSP	↑↑	↑↑

<骨芽細胞分化マーカー>

分化段階 初期	ALP: Alkaline phosphatase (アルカリホスファターゼ)
	OPN: Osteopontin (オステオポンチン)
	OCN: Osteocalcin (オステオカルシン)
後期	BSP: Bone sialoprotein (骨シアロタンパク質)

図 2 マウス脛骨骨組織局所における骨芽細胞分化マーカー遺伝子発現に及ぼす S1PR1 作動薬および S1PR2 作動薬の影響の概要 (Matsuzaki ら: 日歯内療誌 2019: 41; 71-76 を一部改変)

経路の活性化は, Smad1/5/8 のリン酸化亢進と Runx2 の発現増加に關与する<sup>10)</sup>. 加えて, マウス脛骨海綿骨における S1PR1 作動薬および S1PR2 作動薬の投与による骨量の増加に, 上記 S1PR1 および S1PR2 シグナルの一部が關与することも報告した<sup>10)</sup>(図 1). 一方, 未分化間葉系幹細胞株においては, S1PR1 シグナルによる cAMP 蓄積阻害を介した脂肪細胞への分化抑制<sup>11)</sup>と, S1P による Wnt5a/Low-density lipoprotein receptor-related protein 5 (LRP5)/6 発現増加を介した骨芽細胞への分化促進を明らかにした<sup>12)</sup>.

また, 骨組織局所における S1PR1 作動薬および S1PR2 作動薬の骨芽細胞分化マーカー遺伝子発現への影響について, S1PR1 作動薬, S1PR2 作動薬のそれぞれを腹腔内投与した後, マウス脛骨から RNA を抽出し, 検討した. S1PR1 作動薬により, ALP, オステオカルシン (OCL), オステオポンチン (OPN), 骨シアロタンパク質 (BSP) の遺伝子発現は有意に増加あるいは増加傾向を示した. 一方, S1PR2 作動薬により, これらの遺伝子発現はいずれも有意に増加し, 特に OPN, BSP では発現が著明に増加した (図 2). また, S1PR2 阻害薬 JTE-013 投与によ

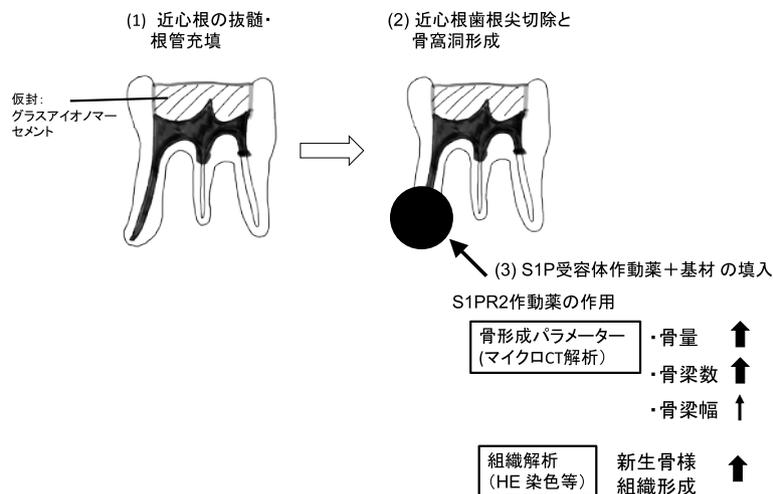


図3 ラット根尖切除・歯槽骨欠損モデルの作製とS1PR2作動薬が新生骨様組織形成に及ぼす作用について (Matsuzakiら: 日歯内療誌 2019: 41; 71-76 を一部改変)

り, ALP, OPN, BSP の発現は抑制されることを確認した。

最近では, S1PR2 シグナル制御による骨粗鬆症への応用について興味深い知見が示されている。S1P 分解酵素である S1P リアーゼ (SPL) 欠失マウスにおいては, S1P レベルが増加し, 新規 S1PR2 シグナル伝達経路の活性化により, 骨量・骨強度の増加と, 脂肪組織の減少, 破骨細胞形成阻害が認められた<sup>13)</sup>。SPL 阻害剤 LX2931 は, 関節リウマチにおける治験が開始されているが, 上述の S1P 分解阻害による S1P レベルの増加は, すべての S1P 受容体シグナル増強を引き起こすため, 副作用として免疫抑制によるリンパ球減少症が生じる可能性が指摘されている<sup>14)</sup>。そこで, S1PR2 作動薬 CYM-5520 をマウス骨粗鬆症モデルに応用すると, リンパ球減少症の所見が認められることなく, LX2931 と同等の骨量増加と骨芽細胞数の増加が認められた<sup>14)</sup>。すなわち, S1PR2 標的薬剤は, 骨粗鬆症に対する有用な治療手段となる可能性がある。

### S1P の根尖部へのアプローチ

著者らは, S1P の歯内療法領域での広範な骨欠損への応用を想定し, ラット根尖切除・歯槽骨欠損モデルを作製した。ラット下顎第一臼歯に抜髄・根管充填を施した後, 根尖切除と骨窩洞形成を行うものである (図3)。その後, 骨窩洞内に S1P 受容体作動薬と徐放作用のある基材を混和して歯槽骨欠損部に留置し, 欠損部骨組織の変化についてマイクロ CT 評価および組織解析を実施した。その結果, 術後3週のマイクロ CT 像において, S1PR2 受容体作動薬留置群では, 対照群と比較して骨

量・骨梁数が有意な増加, 骨梁幅は増加傾向を認めた (図3)。加えて, 同部の組織解析を行ったところ, S1PR2 受容体作動薬留置群では新生骨様組織の形成が多く観察された。また, これらの骨形成は骨窩洞の周囲既存骨表面のみならず, 基材周囲でも観察された。本研究モデルは, S1P 受容体作動薬を添加した実験系であるが, 破骨細胞や骨芽細胞も S1P を産生できることから<sup>15)</sup>, その作用がその場で産生された S1P によるものか否かについて, 今後検討を加える必要がある。

歯内療法領域においては, S1P による歯髓幹細胞の遊走能亢進<sup>16)</sup>, S1P/Akt/ERK シグナルによる歯髓幹細胞の特性維持が明らかとなっているが<sup>17)</sup>, これらの分化や歯髓様組織形成に関する報告はない。一方, ラット根尖性歯周炎モデルでは, 病変部に S1PR1 が発現し, その発現が破骨細胞分化因子 Receptor activator of NF- $\kappa$ B ligand (RANKL) 発現と正の相関を示すこと, 制御性 T 細胞発現とは負の相関を示すことが明らかにされた<sup>18)</sup>。加えて, この動物モデルに S1PR1 作動薬を投与すると, RANKL 発現は減少し, 骨吸収が抑制された<sup>19)</sup>ことから, S1PR1 は根尖性歯周炎における骨吸収または炎症性因子の発現に関与する可能性が示されている。

### おわりに

骨形成および骨吸収の制御に関わる因子やシグナルについて分子レベルで解析することは, 創薬の標的を同定するうえでも重要である。S1P シグナルやその受容体を標的とした薬剤による歯槽骨形成促進作用の応用は, 臨床的には歯槽骨の修復・再生により保存可能となる歯の増加が期待され, 超高齢社会のニーズに応えるものと考え

えられる。また、歯科領域にとどまらず、わが国に推計1280万人存在するといわれる骨粗鬆症に対する新規治療薬としての可能性も考えられる。今後、臨床応用されているS1P類似化合物のヒトへの投与量を参考に、持続時間、用量-反応関係、薬物動態などを検討し、臨床試験へ繋げていきたい。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) Matsuzaki E, Minakami M, Matsumoto N, Anan H. Dental regenerative therapy targeting Sphingosine-1-phosphate (S1P) signaling pathway in endodontics. *Jpn Dent Sci Rev* 2020; 56: 127-134.
- 2) Anliker B, Chun J. Lysophospholipid G protein-coupled receptors. *J Biol Chem* 2004; 279: 20555-20558.
- 3) Spiegel S, Milstien S. Sphingosine 1-phosphate, a key cell signaling molecule. *J Biol Chem* 2002; 277: 25851-25854.
- 4) Spiegel S, Milstien S. Sphingosine-1-phosphate: an enigmatic signalling lipid. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2003; 4: 397-407.
- 5) Mandala S, Hajdu R, Bergstrom J, Quackenbush E, Xie J, Milligan J, Thornton R, Shei GJ, Card D, Keohane CA, Rosenbach M, Hale J, Lynch CL, Rupprecht K, Parsons W, Rosen H. Alteration of lymphocyte trafficking by sphingosine-1-phosphate receptor agonists. *Science* 2002; 296: 346-349.
- 6) Brinkmann V, Billich A, Baumruker T, Heining P, Schmouder R, Francis G, Aradhye S, Burtin P. Fingolimod (FTY720): Discovery and development of an oral drug to treat multiple sclerosis. *Nat Rev Drug Discov* 2010; 9: 883-897.
- 7) Chi H. Sphingosine-1-phosphate and immune regulation: trafficking and beyond. *Trends Pharmacol Sci* 2011; 32: 16-24.
- 8) Ishii M, Egen JG, Klauschen F, Schellersheim MM, Saeki Y, Vacher J, Proia RL, Germain RN. Sphingosine-1-phosphate mobilizes osteoclast precursors and regulates bone homeostasis. *Nature* 2009; 458: 524-528.
- 9) Matsuzaki E, Hiratsuka S, Hamachi T, Takahashi-Yanaga F, Hashimoto Y, Higashi K, Kobayashi M, Hirofujii T, Hirata M, Maeda K. Sphingosine-1-phosphate promotes the nuclear translocation of b-catenin and thereby induces osteoprotegerin gene expression in osteoblast-like cell like cell lines. *Bone* 2013; 55: 315-324.
- 10) Higashi K, Matsuzaki E, Hashimoto Y, Takahashi-Yanaga F, Takano A, Anan H, Hirata M, Nishimura F. Sphingosine-1-phosphate/S1PR2-mediated signaling triggers Smad1/5/8 phosphorylation and thereby induces Runx2 expression in osteoblasts. *Bone* 2016; 93: 1-11.
- 11) Hashimoto Y, Matsuzaki E, Higashi K, Takahashi-Yanaga F, Takano A, Hirata M, Nishimura F. Sphingosine-1-phosphate inhibits differentiation of C3H10T1/2 cells into adipocyte. *Mol Cell Biochem* 2015; 401: 39-47.
- 12) Hashimoto Y, Kobayashi M, Matsuzaki E, Higashi K, Takahashi-Yanaga F, Takano A, Hirata M, Nishimura F. Sphingosine-1-phosphate-enhanced Wnt5a promotes osteogenic differentiation in C3H10T1/2 cells. *Cell Biol Int* 2016; 40: 1129-1136.
- 13) Weske S, Vaidya M, Reese A, von Wnuck Lipinski K, Keul P, Bayer JK, Fischer JW, Flögel U, Nelsen J, Epple M, Scatena M, Schwedhelm E, Dörr M, Völzke H, Moritz E, Hannemann A, Rauch BH, Gräler M, Heusch G, Levkau B. Targeting sphingosine-1-phosphate lyase as an anabolic therapy for bone loss. *Nat Med* 2018; 24: 667-678.
- 14) Weske S, Vaidya M, von Wnuck Lipinski K, Keul P, Manthe K, Burkhart C, Haberhauer G, Heusch G, Levkau B. Agonist-induced activation of the S1P receptor 2 constitutes a novel therapy for the treatment of osteoporosis in mice. *Bone* 2019; 125: 1-7.
- 15) Brizuela L, Martin C, Jeannot P, Ader I, Gstalder C, Andrieu G, Bocquet M, Laffosse JM, Gomez-Brouchet A, Malavaud B, Sabbadini RA, Cuvillier O. Osteoblast-derived sphingosine 1-phosphate to induce proliferation and confer resistance to therapeutics to bone metastasis-derived prostate cancer cells. *Mol Oncol* 2014; 8: 1181-1195.
- 16) Howard C, Murray PE, Namerow KN. Dental pulp stem cell migration. *J Endod* 2010; 36: 1963-1966.
- 17) Pan HY, Yang H, Shao MY, Xu J, Zhang P, Cheng R, Hu T. Sphingosine-1-phosphate mediates AKT/ERK maintenance of dental pulp stem homeostasis. *Int Endod J* 2015; 48: 460-468.
- 18) Xiao L, Zhu L, Yang S, Lei D, Xiao Y, Peng B. Different correlation of sphingosine-1-phosphate receptor 1 with receptor activator of nuclear factor kappa B ligand and regulatory T cells in rat periapical lesions. *J Endod* 2015; 41: 479-486.
- 19) Xiao L, Zhou Y, Zhu L, Yang S, Huang R, Shi W, Peng B, Xiao Y. SPHK1-S1PR1-RANKL axis regulates the interactions between macrophages and BMSCs in inflammatory bone loss. *J Bone Miner Res* 2018; 33: 1090-1104.

根尖部へのアプローチ：バイオフィルム解析，バイオマテリアルと再生療法開発，そして臨床研究の展開  
自己血製剤を併用した歯根端切除術（第3種再生医療等技術）の  
多施設共同臨床研究

八幡祥生

東北大学大学院歯学研究科 エコロジー歯学講座 歯科保存学分野

Application of Autologous Concentrated Growth Factors (CGF)  
as Class 3 Regenerative Medicine in Endodontic Microsurgery:  
A Multi-center Clinical Trial

YAHATA Yoshio

Division of Operative Dentistry, Department of Ecological Dentistry, Tohoku University Graduate School of Dentistry

キーワード：歯根端切除術，Concentrated Growth Factor (CGF)，多施設共同臨床研究，第3種再生医療等技術，再生医療

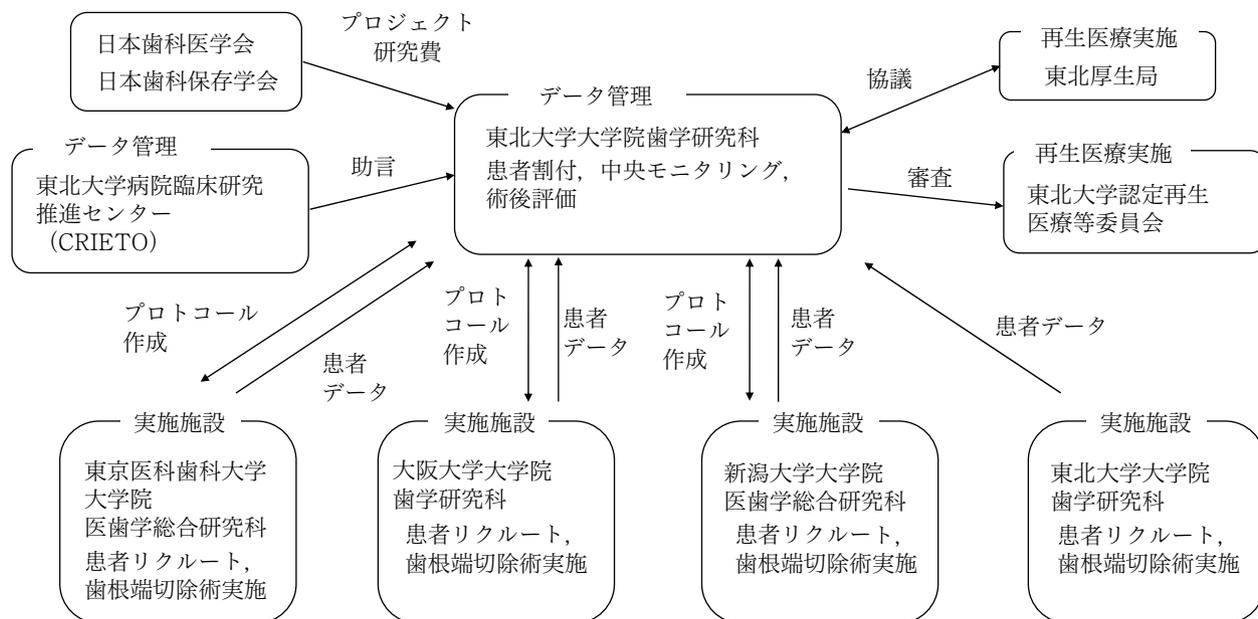
### 研究目的

根尖性歯周炎は、根管系の細菌の侵入が引き金となって生じ、その治療原則は、根管系に侵入した感染源を除去することである。現在における根管治療の標準治療は、ラバーダム防湿をはじめとした無菌的环境下で感染源の除去を行うことであり、特に初回治療においては90%以上の成功率を期待できる<sup>1)</sup>。一方で根管系の複雑さなどに起因し、根管系からすべての細菌を排除することは不可能であり、生体の治癒力が期待できる程度まで細菌を減らすことが、治療の代理エンドポイントとして考えられてきた。実際に、90%以上を期待できる初回治療に比較し、再根管治療では成功率は低下し、70%台にとどまっている<sup>2)</sup>。

平成30年社会医療診療行為別統計から、根管治療は年間約1200万件実施されており、高頻度歯科診療行為であることが窺い知れる。しかしながら、本邦で行われた横

断研究から、成人の70%以上が根尖性歯周炎を有していることが報告されており<sup>3)</sup>、通法の根管治療では治療が奏効せず、根管治療が繰り返される症例は少なくないことが推察される。歯根端切除術は、このような通法の根管治療が奏効しない症例に対し、根尖部の病変を外科的に摘出、感染経路を遮断することで治癒を図る術式である。近年では、手術用顕微鏡下で行うEndodontic microsurgeryが確立され、歯軸に直交した歯根端切除、マイクロミラーによる感染源の同定、あるいは超音波レトロチップを用いた逆根管窩洞形成など精度の高い処置を可能とし、治療の成功率は飛躍的に向上した<sup>4)</sup>。本邦においても、先進医療への適応を経て平成30年には、「歯科用3次元エックス線断層撮影装置及び手術用顕微鏡を用いた場合」の歯根端切除術として保険収載がなされ、今後、歯を保存するための治療選択肢の一つとして、広く実施されることが期待される治療法といえる。

根尖性歯周炎に対する治療アプローチは、非外科的/外科的介入にかかわらず、主に感染源の除去を目的とし



各施設患者6名 (CGF群3名, コントロール群3名), 合計24名

図1 多施設臨床共同研究の枠組み

て行われてきた。これは上述のとおり、根尖性歯周炎の主因に直接アプローチするものである。しかしながら、治療後の創傷治癒は宿主に起こるものであり、治癒にかかわる生物学的観点を無視することはできない。実際に炎症性腸疾患、心血管疾患、自己免疫疾患、内分泌疾患などの全身疾患を有する患者では、根尖性歯周炎の有病率が高く、標準治療では治療が奏効しない治療抵抗性を獲得することが示唆されており<sup>5)</sup>、治療抵抗性の根尖性歯周炎は単なる細菌刺激に起因する病態ではなく、生体の創傷治癒能力の低下を考慮しなければならない状況になってきている。さらに、すでに超高齢社会である本邦において基礎疾患を有する患者は増加の一途にあり、創傷治癒能力の低下に伴う治療抵抗性の根尖性歯周炎への対応も検討すべき状況にある。つまりこれからの歯内療法は、感染源の除去を主目的として行われてきた標準治療に加え、宿主の生物学的視点に立ち、治癒を積極的に促す治療技術開発を検討することが急務と考えられる。

これらの問題に取り組むため、骨欠損部位に直接アプローチすることができる歯根端切除術を対象に、根尖部歯周組織に存在する幹細胞をサイトカインで直接刺激し、骨を機能的に再生させる治療法の適応を検討した。実際には、すでに整形外科などで創傷治癒の促進に使用実績<sup>6)</sup>がある多血小板血漿 (Platelet Rich Plasma: PRP) を基に、フィブリンを含むことで賦形性を有する Concentrated Growth Factor (CGF) を使用した。CGF は、PRP と比較して TGF- $\beta$ 、VEGF などのサイトカインを高濃度に含有し、移植部位にサイトカインを比較的長時

間作用させることが可能なことから、歯根端切除術中に骨窩洞に適応することで、創傷治癒の促進ひいては骨再生誘導能が期待できる。

そこでわれわれは、この CGF を使用した歯根端切除術の臨床的有用性を検証するための臨床研究を立案した。この臨床研究は、平成 29 年度に日本歯科医学会プロジェクト研究に採択され<sup>7)</sup>、東北大学を主施設に、東京医科歯科大学・大阪大学および新潟大学を実施機関に、多施設共同臨床研究として行われた。本稿では、計画から実施にいたるプロセスを中心に、現在までに明らかになった結果について報告する。

## 研究方法

### 1. 第3種再生医療等および多施設共同臨床研究の実施

自己血製剤を使用する本術式は「再生医療等の安全性の確保等に関する法律」における第3種再生医療等技術に該当し、認定再生医療等委員会の審査を受けた後に再生医療等提供計画を厚生労働大臣に提出することが必要だった。再生医療等委員会での審査前に施設準備が必要であり、各実施施設において CGF を作製する場所について細胞培養加工施設として所管厚生局への届出を行った。その後、研究代表機関である東北大学の認定再生医療等委員会での中央一括審査を行い、厚生局の確認後に研究実施へと進んだ (図1)。

対象患者の設定および臨床研究へのリクルートにあた

り、施設間における共通実施プロトコルの作成や症例選択基準、臨床評価基準などのフォーマットを統一するため、web会議や日本歯科保存学会学術大会の期間中を利用して担当者の協議を重ねた。また、臨床研究の運用に関しては、モニタリング体制の構築と併せ、東北大学病院臨床研究推進センターと連携し、運用規定を策定した。

## 2. 対象患者

根尖性歯周炎および歯根嚢胞と診断され、通法の歯根端切除術のみでは完全治癒に長期間を要すると歯科医師が判断し、かつ表1に示す選択基準・除外基準に合致する症例を対象とした。症例数は、各施設ともCGF群3名、コントロール（通法の歯根端切除術）3名の合計24名と設定した。

## 3. ランダム化および割付

ランダム化および割付は、中央割付で行った。各施設からエントリー患者のイニシャルのみを東北大学のデータ管理者の下へ送付し、データ管理者はエクセルシートも使用した乱数表によるランダム化を行った後に、置換ブロック法にて各群への割付を行った。データ管理者は、歯根端切除術および評価に携わらないものが担当した。本研究では、コントロール群は術前に採血を行わないため、術者と被検者ともに盲検化は困難と判断した。

## 4. 歯根端切除術

CGF群・コントロール群ともに歯根端切除術は、手術用顕微鏡下で行うEndodontic microsurgeryを採用した。すなわち、拡大視野下で、歯根端切除、病変搔爬、切断面の観察、超音波スケーラーチップによる逆根管窩洞形成、MTA（ProRoot MTA、デンツプライシロナ）による逆根管充填、縫合を共通プロトコールとした。CGF群に割り付けられた被験者は、歯根端切除術直前に末梢血約10 mlを採取された。採取された血液は細胞培養加工施設に移送し、抗凝固剤は添加しない閉鎖系の術式にて、遠心分離（遠心条件1,600 rpm）を15分間行った（図2）。遠心分離終了後、処置室に移送した後に、CGFで構成される上層と血球成分で構成される下層を分離した。CGFは逆根管充填終了後、骨窩洞内に填入し（図3）、復位縫合を行った。

## 5. 評価項目

術後の治癒効果の判定は臨床所見（自発痛、visual analog scale（VAS）値による疼痛強度、咬合痛、打診痛、根尖部圧痛、瘻孔）、デンタルエックス線検査および歯科用コーンビームCTを用い、術後12カ月まで定期的に経過を追った。デンタルエックス線検査の評価は患者情報を秘匿化後に、日本歯科保存学会認定医の資格を有する歯科医師2名により、Rudら<sup>8)</sup>とMolvenら<sup>9)</sup>の基準に基づき、完全治癒・不完全あるいは癒痕治癒・治癒不

表1 本研究で設定した選択基準および除外基準

### 選択基準

1. 患者の主訴の解決や希望期待に対して歯根端切除術が有効な手段であると考えられる患者
2. 全身状態が良好である患者
3. 血小板数が10万/mm<sup>3</sup>以上の患者
4. 20歳から70歳の患者
5. 文書により研究参加の同意が得られること

### 除外基準

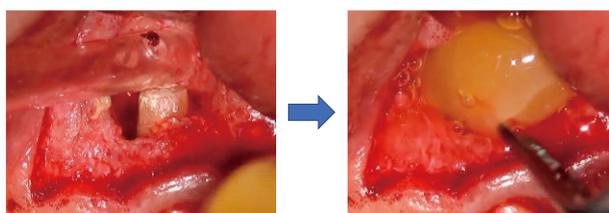
1. 悪性腫瘍を合併している、またはその既往がある患者
2. 異常な歯肉増殖が認められる、またはその既往がある患者
3. 口腔内診断で悪性腫瘍、前癌病変またはそれらが疑われる所見が認められる患者
4. 20歳未満、または70歳を超える患者
5. その他、重篤な感染症に罹患している等、本再生医療等を提供する歯科医師が不相当と判断される患者は製造を行う者への安全対策等の観点から下記の項目についての問診及び検査の実施を考慮する
  - A) B型肝炎ウイルス（HBV）
  - B) C型肝炎ウイルス（HCV）
  - C) ヒト免疫不全ウイルス（HIV）
  - D) ヒトT細胞白血病ウイルス1型（HTLV-1）
6. 患歯が下記のいずれかに該当する場合
  - A) 水平または垂直性歯根骨折を有する
  - B) 歯根端切除術では修復困難なパーフォレーションを有する
  - C) 5 mm以上の歯周ポケットを有する
  - D) 歯周ポケットと根尖病変が交通している
  - E) 歯根端切除術の既往がある
  - F) 2歯または2根以上の根尖にまたがる根尖病変を有する
  - G) スルーアンドスルー病変を有する
  - H) デンタルエックス線画像上で根尖病変の直径が5 mm未満
7. 術中に下記のいずれかが明らかとなった場合
  - A) 水平または垂直性歯根骨折
  - B) スルーアンドスルー病変
  - C) 辺縁から根尖部に及ぶ唇側皮質骨の連続喪失

確定・治癒不全の4群に分類した。歯科用コーンビームCTは術前と術後6カ月に撮影し、Safiらの基準<sup>10)</sup>を使用してデンタルエックス線検査と同じ評価者が完全治癒・限局的な治癒・治癒不全の3群に分類した。デンタルエックス線検査およびコーンビームCTにおいて、2名の評価が一致しなかった場合には協議後に合意を得た判定を採用した。



図2 CGF 作製方法<sup>7)</sup>

自己血を遠心分離 (1,600 rpm, 15分間) し、血球成分を取り除いたものをCGFとして供した。



逆根管充填終了時 CGF 填入時

図3 歯根端切除術中写真<sup>7)</sup>

逆根管充填後 (左図)、骨窩洞にCGFを填入する (右図)。

表2 割付後の性別、歯種別分布<sup>7)</sup>

		症例数 (%)		
		全体	CGF 群	コントロール群
性別	男性	8 (33.3)	3 (25)	5 (41.7)
	女性	16 (66.7)	9 (75)	7 (58.3)
歯種	前歯	15 (62.5)	9 (75)	6 (50)
	小白歯	8 (33.3)	3 (25)	5 (41.7)
	大白歯	1 (4.2)	0 (0)	1 (8.3)

性別・歯種においてのCGF群とコントロール群に有意差なし ( $p > 0.05$ ,  $\chi^2$ 検定)

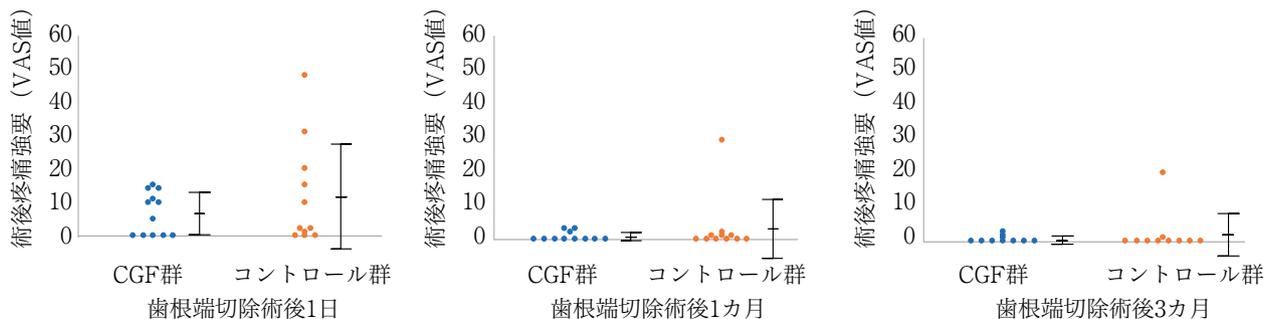


図4 歯根端切除術後の1日、1カ月時および3カ月時の疼痛強度

図中の各プロットはそれぞれの症例の値を示す (縦棒: 平均値±標準偏差)。

## 結 果

エントリー症例の性別・歯種の分布について表2に示す。性別・歯種の分布について、CGF群とコントロール群に統計学的有意差は認めなかった ( $p > 0.05$ ,  $\chi^2$ 検定)。臨床症状においては、CGF群で、統計学的有意差は認めないものの術後疼痛の強度が低く、かつ比較的早期に改善の傾向があることが観察された (図4)。デンタルエックス線検査の比較においては、術後3カ月では治癒傾向を認めた割合 (完全治癒と不完全治癒を合わせた割合) は統計学的有意差は認めなかったが、CGF群で88.9%、コントロール群で71.4%だった ( $p < 0.05$ , 図5)。術後6

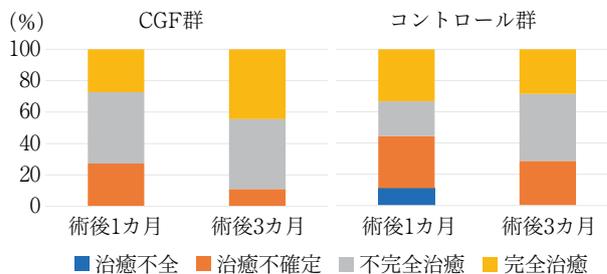


図5 歯根端切除術後1カ月および3カ月のデンタルエックス線評価

カ月以降の臨床症状、デンタルエックス線検査およびコーンビームCTによる治療効果の比較は今後進めていく予定である。

## 考 察

われわれは、これまでの細菌感染の除去を単一の治療目標とみなし、治癒は宿主に委ねる従来の歯内療法から、積極的に炎症の終結に介入する治療方法を提案することを目的に、今回の多施設共同臨床研究を行った。本研究では、比較的副作用が少ないとされる自己血由来製剤を用いたCGFによる抗炎症療法を提案したが、全身疾患、特に自己免疫疾患領域において、炎症を直接制御する治療法は抗体医薬という形で実現し臨床応用されている。従前、治癒または寛解が困難とされてきた難治性の関節リウマチなどに対する抗IL-6抗体、炎症性腸疾患に対する抗TNF- $\alpha$ 抗体などは、著しい成果を上げている<sup>11)</sup>。歯内療法分野においても本研究で用いたCGFに限らず、直接炎症を制御する治療技術を臨床導入していくことを現実として検討する時期に来ているのかもしれない。

本研究の現時点の解析では、痛みの消失や早期の病変の縮小にCGFの併用が一定の効果をもたらす可能性があると考えられる。本研究は、歯科界初の第3種再生医療等技術の多施設共同臨床研究であり、実現可能性を考慮し症例数はかなり限られた数(全24例)を設定した。今回実施した多施設共同臨床研究は、複数施設で行われるため、症例のリクルートが比較的容易になる一方で、選択基準や標準プロトコルの設定など施設間における一貫性を構築することが必須となる。さらに、症例数が限られた本研究は、今後大規模臨床研究を行う際のアウトカムに対するサンプルサイズ設定のための重要な基盤データとなることが期待される。

CGFを併用した歯根端切除術は、歯を保存する治療技術の適応の拡大を目指すものであり、口腔を介した患者のQuality of life向上に寄与することが期待される。実際に東北大学病院では、本研究成果を基に診療導入を目指し「歯根端切除術におけるConcentrated Growth Factors; CGF注入による治療」と題して東北大学認定再生医療委員会の審査を終え、現在再生医療等提供計画の提出に向けて東北厚生局との協議を行っている。近い将来、診療の選択肢の一つとして患者さんに提供できる日が来ることが現実となろう。この選択肢の提供が、超高齢社会にある本邦において、特に有病者の歯科治療の充実化、さらに、今後間違いなく実用化が進んでいく再生医療の分野において、歯科領域での再生医療等技術の普及にも貢献できると期待している。

本研究は多施設共同臨床研究として、東京医科歯科大学 興地隆史教授、川島伸之先生、大阪大学 林 美加子教授、伊藤祥作先生、新潟大学 野村由一郎教授、大倉直人先生、神奈

川歯科大学 半田慶介教授、東北大学 齋藤正寛教授の参画の下で行われた。また本研究は、平成29年度採択された日本歯科医学会プロジェクト研究として実施された。

本論文に関して、開示すべき利益相反事項はない。

## 文 献

- 1) Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16: 498-504.
- 2) Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 86-93.
- 3) Tsuneishi M, Yamamoto T, Yamanaka R, Tamaki N, Sakamoto T, Tsuji K, Watanabe T. Radiographic evaluation of periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Japanese population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100: 631-635.
- 4) Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 2010; 36: 1757-1765.
- 5) Aminoshariae A, Kulild JC, Mickel A, Fouad AF. Association between systemic diseases and endodontic outcome: a systematic review. *J Endod* 2017; 43: 514-519.
- 6) Le ADK, Enwez L, DeBaun MR, Dragoo JL. Current clinical recommendations for use of platelet-rich plasma. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2018; 11: 624-634.
- 7) 八幡祥生, 半田慶介, 大倉直人, 伊藤祥作, 川島伸之, 野村由一郎, 林 美加子, 興地隆史, 齋藤正寛. 自己血製剤(CGF)を併用した歯根端切除術の多施設共同臨床研究. *歯医学誌*, 2021, 印刷中.
- 8) Rud J, Andreasen JO, Jensen JE. A follow-up study of 1,000 cases treated by endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1972; 1: 215-228.
- 9) Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987; 16: 432-439.
- 10) Safi C, Kohli MR, Kratchman SI, Setzer FC, Karabucak B. Outcome of endodontic microsurgery using mineral trioxide aggregate or root repair material as root-end filling material: a randomized controlled trial with cone-beam computed tomographic evaluation. *J Endod* 2019; 45: 831-839.
- 11) Hausmann JS. Targeting cytokines to treat autoinflammatory diseases. *Clin Immunol* 2019; 206: 23-32.

## 光干渉断層計 (OCT) の保存領域における応用

島田 康史

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 機能再生・再建科学専攻 生体機能再生・再建学講座 歯科保存修復学分野

The Application of Optical Coherence Tomography (OCT)  
in Conservative Dentistry

SHIMADA Yasushi

Department of Operative Dentistry, Field of Study of Biofunctional Recovery and Reconstruction,  
Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

キーワード：光干渉断層計 (OCT), 歯科疾患, 診断

## はじめに

光干渉断層計 (Optical Coherence Tomography : OCT) は光を用いて断層画像を得る装置であり, 放射線を用いないので被曝リスクを伴わない<sup>1)</sup>. 国立長寿医療研究センター, 東京医科歯科大学, 昭和大学, 岡山大学において, OCT の歯科臨床への導入に向けた共同研究を行い, 特に波長掃引型 OCT (SS-OCT) の優れた画像深度と画像処理速度に注目し, 有用性を評価してきた<sup>1,2)</sup>.

OCT 画像は観察対象の光透過性の影響を強く受け, エナメル質の光透過性は高く, また象牙質もある程度の光を通すことから, 特に齲蝕や歯の亀裂, 摩耗・咬耗の診断など, 歯科保存領域において有用性が期待できる<sup>2)</sup>. また口腔内に装着された修復物が審美的な材料で光透過性があれば, 辺縁や内部の適合状態を非破壊で観察することもできる.

OCT 画像は光学顕微鏡レベルの高解像度を示し, 歯のわずかな変化も画像に表示することができる. エナメル質と象牙質の境界部には DEJ が, DEJ からエナメル質にかけてはエナメル叢やエナメル葉が, また乳歯のエナメル質には新生線が明瞭に表示される (Fig. 1)<sup>2)</sup>. 術者は

不必要な治療介入を行わないために, これらの画像を適切に理解し, 疾患による変化と区別しなければならない.

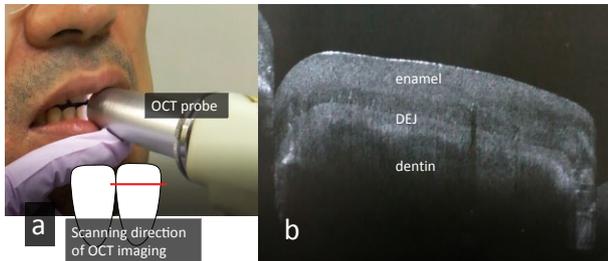
## 齲蝕の診断

OCT を用いて歯を観察すると, 歯の表層部は明るく情報量の豊富な画像が得られる (Fig. 1)<sup>2)</sup>. しかしながら, OCT の照射光は深さ方向に減衰するので, 深部では画像が暗く, ノイズとの識別が難しくなる.

齲蝕によってエナメル質が脱灰すると後方散乱光が増加し, OCT 画像では輝度が上昇して白くなる (Fig. 2)<sup>3)</sup>. また *in vitro* 条件で脱灰エナメル質に再石灰化を行うと, 白く表示された輝度の上昇部が健全歯の画像に近づく結果が得られている<sup>4,5)</sup>. したがって, OCT 画像のエナメル質脱灰に伴う輝度の上昇は, 欠損がなければ切削介入の指標とは用いずに, むしろ再石灰化治療や非侵襲的な治療を検討するべきと思われる.

齲蝕の脱灰作用が象牙質に及ぶと, OCT では輝度の上昇が象牙質にも深く侵入した画像が得られる. また, 齲蝕病巣は DEJ に沿って側方に拡大することから, OCT 画像でも DEJ の変化を観察することができる<sup>2,3)</sup>.

齲蝕の進行に伴って齲窩が形成されると, 齲窩の窩壁



**Fig. 1**

OCT imaging was performed to the lower anterior tooth horizontally (a)<sup>2)</sup>. OCT could image the whole thickness of enamel and underlining dentin (b). DEJ was clearly imaged between the enamel and dentin.

面から強い反射シグナルが得られ、不規則に拡がった齲窩の上縁を明瞭に観察することができる (Fig. 3)<sup>2,3)</sup>. これら DEJ の変化や齲窩の形成から得られる OCT 画像の特徴的な変化は、臨床現場で治療法を選択するうえで有益な情報になると思われる。

### 歯の亀裂の診断

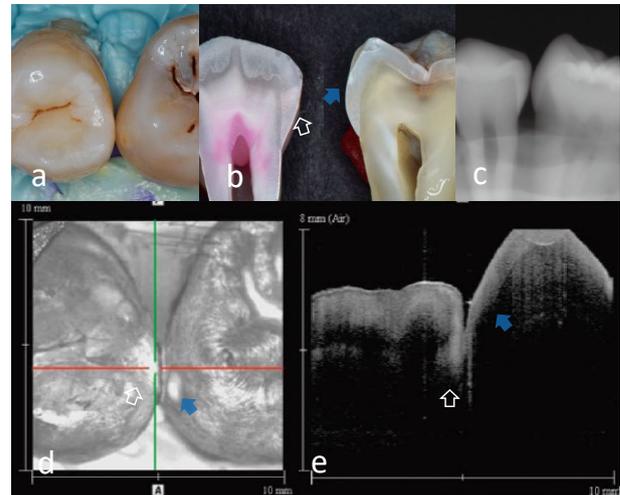
亀裂は位置と深さによってさまざまな臨床症状を示し、エナメル質表層に局限した亀裂は無症状であることが多い。しかしながら、象牙質へと侵入した亀裂では強い咬合痛や冷水痛などが出現し、破折すると歯の保存に大きな影響を及ぼすことがある。

亀裂の観察に OCT を用いると、無症状の亀裂を含め、多くの亀裂を画像表示できるが、亀裂の伸展方向や深さの情報が得られ、エナメル質内に局限した亀裂や象牙質に侵入した亀裂を区別することができる (Fig. 4)<sup>6)</sup>. OCT 画像における歯冠部亀裂の診断精度は高く、特に DEJ に到達した亀裂と象牙質に侵入した亀裂の識別は、術者間の一致率もきわめて高かった<sup>6)</sup>.

### 接着修復物の適合性の非破壊検査

コンポジットレジン は光透過性を示すことから、OCT にて窩洞の適合状態を非破壊で観察することができる。コンポジットレジンの光透過性は製品によって異なり、修復物内面を非破壊で観察できる厚みは約 2 mm と考えられる。

内面の適合が良好で窩底部のレジンと歯質が接着した界面では均一な画像が得られ、輝度の上昇はほとんどみられない。しかしながら、ギャップが形成されると OCT シグナルが反射し、白線に表示される<sup>7)</sup>. OCT 画像からギャップの長さや幅を計測した結果、ギャップの長さは正確な値が、またギャップの幅は OCT の画像解像度以下でもシグナルが得られ、検出することができた<sup>7)</sup>. す



**Fig. 2** OCT image and X-ray image of enamel demineralization for interproximal surface<sup>3)</sup>

a : Occlusal view of proximal contacts. b : Histological view of the area of interest stained by 5% acid red solution. Enamel demineralization penetrating deep into the enamel (white arrow) and enamel demineralization localized at the superficial enamel (blue arrow). c : Intraoral X-ray image. Evidence of enamel demineralization was not found. d : En face intensity image generated by 3D OCT. e : Extracted 2D image of the area along the red line in (d). Left ; The brightness at the proximal enamel was increased penetrating approximately half thickness of the enamel (white arrows). Right ; The brightness of superficial enamel was slightly increased (blue arrows).

なわち、OCT のギャップの検出は、理論的な画像解像度以下のギャップ幅に対しても有効であり、各種接着修復の辺縁封鎖性の評価において研究成果が得られている。

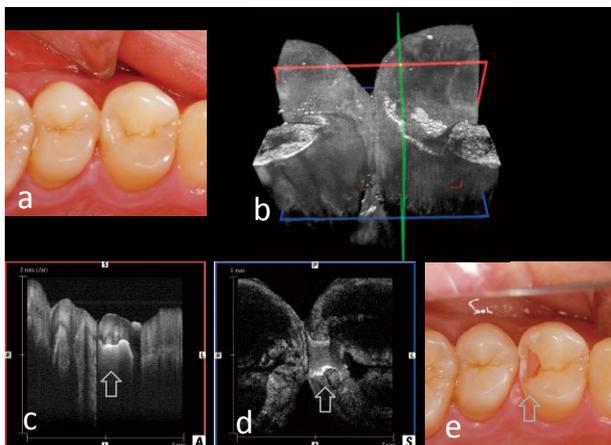
### 深い窩洞と咬耗歯における歯髓位置の確認

通常の観察条件では OCT を用いて歯髓の位置を観察することはできないが、深い窩洞や咬耗の著しい歯では近接した歯髓の位置を確認することができる。OCT を用いて残存象牙質の厚さを計測した結果、厚さが 1 mm 以下であればマイクロ CT の計測値とほぼ一致した結果が得られている<sup>8)</sup>.

また白歯咬合面の咬耗について、OCT を用いてエナメル質の摩耗状態と象牙質の露出の診断を行った結果、きわめて良好な成績を得ることができた (Fig. 5)<sup>9)</sup>.

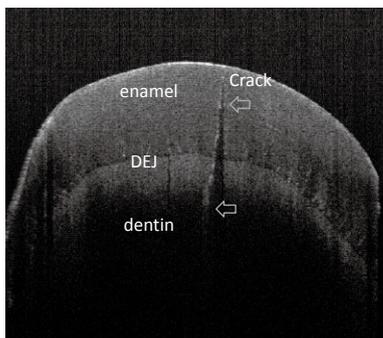
### まとめ

OCT は光を用いて断層画像を得る装置であり、齲蝕や亀裂など、歯の疾患の診断における感度と特異度が高い。保存領域においてさまざまな疾患の診断に利用でき



**Fig. 3** Clinical case of OCT image for cavitated proximal caries<sup>2)</sup>

a : Occlusal view of upper premolars before treatment. The tooth structure near the proximal contact showed chalky appearance, suspecting the presence of caries. b : 3D OCT image of proximal zone of premolars obtained from (a). c : 2D OCT image obtained from the 3D image (b) along the red line longitudinally. Distinct white line penetrating deep into the tooth structure suggests the cavitation (arrow). d : 2D OCT image obtained from 3D image (b) along the blue line horizontally. Cavitation was clearly imaged at the first premolar (right, arrow). e : Clinical results after the removal of caries (arrow).

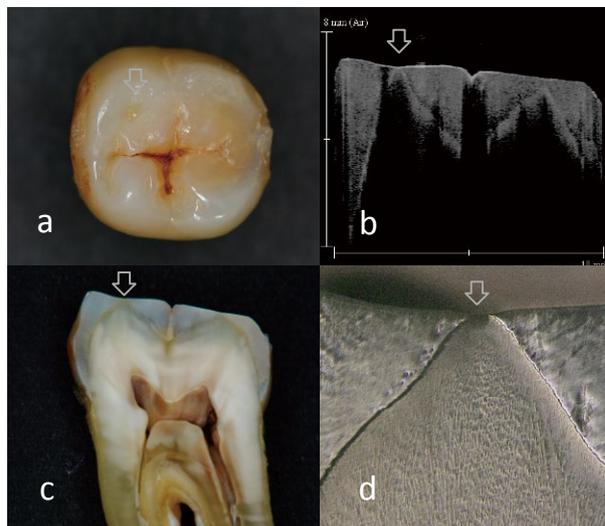


**Fig. 4** OCT image of tooth crack penetrating into dentin (arrows)<sup>6)</sup>

る可能性があり、有用性の高い画像機器と思われる。

## 文 献

- 1) 角 保徳. 光干渉断層画像診断法の歯科臨床への応用. 日歯医師会誌 2008 ; 60 : 6-18.
- 2) 島田康史, 吉山昌宏, 田上順次, 角 保徳. 光干渉断層計 (OCT) による歯の疾患と加齢的变化の診断. 日歯医師会誌 2019 ; 72 : 19-28.
- 3) Shimada Y, Burrow MF, Araki K, Zhou Y, Hosaka K, Sadr A, Yoshiyama M, Miyazaki T, Sumi Y, Tagami J. 3D imaging of proximal caries in posterior teeth using optical coherence tomography. *Sci Rep* 2020; 45: 664-



**Fig. 5** Images of occlusal tooth wear<sup>9)</sup>

a : Occlusal view. Slight dent of occlusal cusp suggesting the occlusal tooth wear. b : OCT image of (a). Occlusal enamel was lost and flattened to cause dentin exposure (arrow). Remaining enamel thickness and location of dentin exposure were clearly shown in OCT image. c : Cross-sectional view of (a). Despite the remaining enamel was extremely thin, presence of dentin exposure was not clear (arrow). d : Scanning confocal laser microscope (CLSM) image as a validation of tooth wear level. CLSM showed the dentin exposure at the occlusal cusp (arrow).

676.

- 4) Hariri I, Sadr A, Nakashima S, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Estimation of the enamel and dentin mineral content from the refractive index. *Caries Res* 2013; 47: 18-26.
- 5) Mandurah MM, Sadr A, Shimada Y, Kitasako Y, Nakashima S, Bakhsh TA, Tagami J, Sumi Y. Monitoring remineralization of enamel subsurface lesions by optical coherence tomography. *J Biomed Opt* 2013; 18: 046006.
- 6) Imai K, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Noninvasive cross-sectional visualization of enamel cracks by optical coherence tomography in vitro. *J Endod* 2012; 38: 1269-1274.
- 7) Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Non-invasive quantification of resin-dentin interfacial gaps using optical coherence tomography: validation against confocal microscopy. *Dent Mater* 2011; 27: 915-925.
- 8) Majkut P, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Validation of optical coherence tomography against micro-computed tomography for evaluation of remaining coronal dentin thickness. *J Endod* 2015; 41: 1349-1352.
- 9) Kashiwa M, Shimada Y, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Diagnosis of occlusal tooth wear using 3D imaging of optical coherence tomography ex vivo. *Sensors (Basel)* 2020; 20: 6016.

# Study on Polymerization Contraction Stress of Bulk-fill Resin Composites

IWASAKI Kazue, YASUO Kenzo, KOMASA Reiko,  
TAKEUCHI Osamu, IWATA Naohiro, YOSHIKAWA Kazushi  
and YAMAMOTO Kazuyo

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

## Abstract

**Purpose:** While incremental filling is recommended for deep cavities when a light-cured composite resin (CR) is used, because of issues such as polymerization contraction stress and irradiation depth, bulk-fill CRs, which can be filled in large cavities at once, have been developed and used in clinical application. This study examined the effects of the polymerization contraction stress of bulk-fill CRs in high C-factor cavities by conducting visual evaluation using polycrystallized glass blocks, shear bond strength tests on bovine dentin, and measurement of the residual volume after curing.

**Materials and methods:** Bulk Base Hard (BH) and Beautifil Bulk Flow (BF) were used as bulk-fill CRs, and Gracefil Flow (GF) as a conventional CR. As bonding systems, Clearfil Mega Bond2 (MB) and Clearfil Universal Bond Quick ER (ER) were used. Bioram-M was used as the polycrystallized glass block. The groups filled with each CR after bonding treatment with MB were designated as the MBH Group, MBF Group, and MGF Group, and the groups filled with each CR after bonding treatment with ER as the EBH Group, EBF Group, and EGF Group. A cylindrical cavity of 4.5 mm diameter and 4.0 mm depth in Bioram-M was formed, the cavity was repaired, and the state of gap and crack generation was classified and scored. Furthermore, a flat dentin surface on a bovine front tooth was prepared, repaired, and then the tensile-shearing strength was measured immediately after bonding.

A rubber ring jig with 4.5 mm diameter and 4.0 mm height was prepared and each CR was filled in a darkroom to prepare cylindrical samples. The specimen was soaked in acetone immediately after curing, and the unpolymerized parts of the CR were removed. The residual volume of each specimen was measured after removing the unpolymerized CR.

**Results:** As a result of visual evaluation, a significant difference in the state of gap and crack generation was observed in the MBH and MBF Groups compared to the MGF Group, and in the EBH and EBF Groups compared to the EGF Group ( $p < 0.05$ ). The MGF and EGF Groups showed gaps at the cavity floor. In addition, the bond strength of the MBF Group was significantly higher than those of the MBH and MGF Groups ( $p < 0.05$ ). The bond strengths of the EBF Group and EGF Group were significantly higher than that of the EBH Group ( $p < 0.05$ ). Although the residual volume of BH and BF were significantly larger than those of GF, there was no significant difference between BH and BF ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The results indicated that care is needed during the filling operation of bulk filling with bulk-fill CRs, as the problems caused by polymerization contraction stress are not completely eliminated in high C-factor cavities, even though it is effective for the bonding of deep cavities.

**Key words:** bulk-fill composite resin, polycrystallized glass block, polymerization contraction stress, C-factor

## Introduction

Today, light-cured composite resins (CRs) are used for repairs in various dental treatments, as the range of their clinical application has been expanded through improvements in adhesiveness to dentin and mechanical properties<sup>1,2)</sup>. However, problems such as coloring on the edges, separation or fracture of repair material, and contraction gap, which are caused by the polymerization contraction of CRs, have emerged<sup>3,4)</sup>. The contraction stress caused by polymerization contraction not only causes cracks and gaps to form on the adhesive interface and deteriorates the bond strength, but also causes some effects on the dentin<sup>5,6)</sup>. It has also been reported that the effects of polymerization contraction increase in cavities with a high value of Configuration-factor (C-factor), as proposed by Feilzer, et al.<sup>7)</sup>, namely cavities in which the bonding area is larger than the unbonded area of the repair material, and that the bond strength deteriorates as the depth of the cavity is larger even if the C-factor is low<sup>8)</sup>. To overcome the limitation in polymerization depth of light-cured CRs and minimize the polymerization contraction stress, incremental filling is recommended for large and high C-factor cavities with depths exceeding 2.0 mm<sup>9-12)</sup>. Bulk-fill CRs, which can be filled at once in large cavities with depths exceeding 2.0 mm, have been developed and used in clinical application in recent years, since a reduction in chairside treatment period and mitigation of the burden for the patient can be expected by simplifying the treatment method<sup>13-15)</sup>. However, there have been only a few reported studies on the effects of the polymerization contraction stress caused by restoration using bulk-fill CRs to deep and high C-factor cavities.

In this study, we conducted a visual evaluation using polycrystallized glass blocks which can bond with CRs, shear bond strength tests on bovine dentin, and measurement of the residual volume of CR block immediately after curing through dissolution in acetone to examine visually the effects of the polymerization contraction stress on bulk-fill CRs in deep and high C-factor cavities.

## Materials and Methods

### 1. Materials for experiments

Table 1 shows the light-cured CRs and bonding systems used in this study. For light-cured CRs, Bulk Base Hard (BH; Sun Medical Co., Ltd., Moriyama, Japan) and Beautifil Bulk Flow (BF; Shofu Inc., Kyoto, Japan) were used as bulk-fill CRs, and Gracefil Flow (GF; GC Corp., Tokyo, Japan) as a conventional CR. As bonding systems, Clearfil Mega Bond2 (MB; Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan) and Clearfil Universal Bond Quick ER (ER; Kuraray Noritake Dental Inc) were used. Bioram-M (Nippon Electric Glass Co., Ltd., Otsu, Japan) was used as the calcium phosphate-based polycrystallized glass blocks, and PenCure (J. Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan) was used as the LED light irradiation device. For classification of the specimens after bonding treatment in each experiment, the ones that were filled with each CR after bonding treatment with MB were designated as the MBH Group, MBF Group and MGF Group, and the ones that were filled with each CR after bonding treatment with ER as the EBH Group, EBF Group and EGF Group.

### 2. Experiment methods

#### 1) Visual evaluation using Bioram-M

Visual evaluation was conducted using Bioram-M according to the method of Kawamura<sup>16)</sup>. Bioram-M was polished from #60 to #600 with waterproof abrasive paper to prepare a flat surface. A cylindrical cavity of 4.5 mm diameter and 4.0 mm depth (C-value=5.0) was formed on the flat surface using diamond point #211 for FG (Shofu Inc) and diamond point #18a Class C for low-speed HP (Shofu Inc) under irrigation (Fig. 1). After conducting ultrasonic cleaning for 5 minutes, bonding was conducted using bonding system MB or ER according to the manufacturer's instructions. Each CR was filled in bulk to irradiate light with PenCure for 20 seconds to cure the CR, then the specimens were soaked in water at 37°C for 24 hours after the bonding procedure. The specimen was cut using a low-speed diamond saw (Model 650, South Bay Technology Inc., California, USA) so that it went through the center of the cavity, and the cut surface was polished from #600 to #2000 with waterproof abrasive paper. Then the state of gap and crack generation was observed with a laser scanning confocal microscope VK-X100 Series

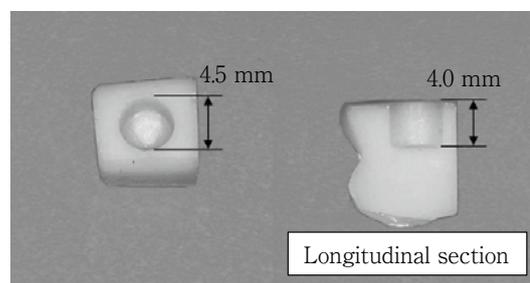
**Table 1** Materials used

	Materials	Code	Composition	Manufacturer	Lot No.
Composite resin	Bulk Base Hard (Universal)	BH	Methacrylic acid esters (Bis-MPEPP, etc.), Acrylic acid esters (urethane acrylate), Barium silica glass, Strontium silica glass, Aromatic amines, etc.	Sun Medical	VG11
	Beautifil Bulk Flow (Universal)	BF	Glass powder, Bis-GMA, UDMA, Bis-MPEPP, TEGDMA, Reaction initiators, Colorants, etc.	Shohu	022041
	Gracefil Flo (A2)	GF	Barium glass, Bis-MEPP	GC	2002171
Bonding agent	Two-step self-etch adhesive				
	Clearfil Mega Bond2	MB	Primer : 10-MDP, HEMA, Hydrophilic aliphatic dimethacrylates, DL-CQ, Water, Accelerators, Dyes Adhesive : 10-MDP, HEMA, Bis-GMA, Hydrophilic aliphatic dimethacrylates, DL-CQ, Colloidal silica, New initiators, Accelerators	Kuraray Noritake Dental	000098
	One-step self-etch adhesive				
	Cleafil Universal Bond Quick ER	ER	10-MDP, Bis-GMA, HEMA, Hydrophilic amide monomer, Colloidal silica, Ethanol, DL-CQ, Accelerators, Water, Sodium fluoride	Kuraray Noritake Dental	BCO234

(CLSM; KEYENCE Corp., Osaka, Japan). The state of gap and crack generation was classified and scored according to the method of Kawamura<sup>16)</sup> (Fig. 2). The number of specimens was set to 10 in each group, and statistical processing using the Kruskal-Wallis test and the Steel-Dwass test ( $p < 0.05$ ) was conducted.

## 2) Shear bond strength tests

As test teeth, bovine front teeth that had been frozen for storage after extraction were used by defrosting them immediately before the experiment. After preparing the flat dentin surface with a modeling trimmer, the bonding surface was prepared by polishing it up to #600 with waterproof abrasive paper. A piece of double-sided tape with a hole of 3.0 mm inner diameter was placed on the bonding surface, then a black nylon tube of 2.5 mm inner diameter and 4.0 mm height was fixed to specify the bonding area. The bonding procedure was conducted according to the manufacturer's instructions using bonding system MB or ER. Each CR was filled in bulk and cured by irradiating light with PenCure for 20 seconds. Immediately after the bonding procedure, the shear bond strength was measured using a universal testing machine AUTOGRAPH AGS-J 5 kN (SHIMADZU Co., Kyoto, Japan) at CHS=1.0 mm/min. The number of specimens was set to 10 in each group. Statistical processing was conducted using one-way analysis of variance and Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

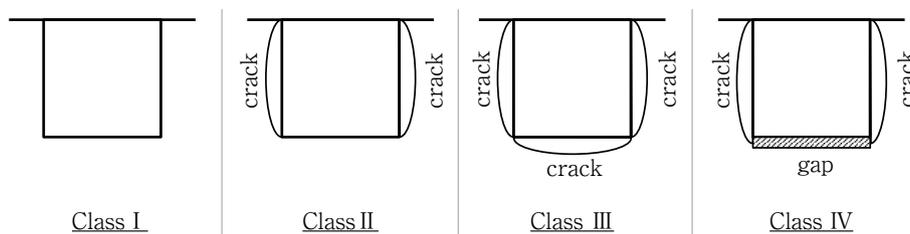
**Fig. 1** Bioram-M

A cavity of 4.5 mm diameter and 4.0 mm depth was formed in Bioram-M, which is the polycrystallized glass block. It can bond with CR via bonding systems.

This experiment was conducted after receiving approval from the Animal Care and Use Committee, Osaka Dental University (Approval No. 20-04009).

## 3) Measurement of cured volume

A rubber ring jig with 4.5 mm diameter and 4.0 mm height was prepared and each CR was filled in bulk in a darkroom. The cylindrical sample was prepared by irradiating light with PenCure for 20 seconds with the specimen pressure-welded with a slide glass. The specimen was soaked in acetone immediately after curing, and subjected to ultrasonic cleaning for 60 seconds to remove the unpolymerized parts of the CR. The residual volume of each specimen was measured after



**Fig. 2** Classification of gap and crack formation

Class I : Specimens with no cracks in the proximity of the cavity or gaps at the cavity floor. Class II : Specimens with some cracks on the side walls but no gaps or cracks at the cavity floor. Class III : Specimens with cracks on the side walls and cavity floor. Class IV : Specimens with cracks on the side walls and gaps at the cavity floor. No other states were observed.

removing the unpolymerized CR with CLSM. The number of specimens was set to 10 in each group. Statistical processing was conducted using one-way analysis of variance and Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

## Results

### 1. Visual evaluation using Bioram-M

As shown in Figure 2, the results of gap and crack generation state were classified as described below.

Class I: Specimens with no cracks in the proximity of the cavity or gaps at the cavity floor.

Class II: Specimens with some cracks on the side walls but no gaps or cracks at the cavity floor.

Class III: Specimens with cracks on the side walls and cavity floor.

Class IV: Specimens with cracks on the side walls and gaps at the cavity floor.

No other states were observed.

Table 2 shows the score results when using MB as the bonding system, and Figure 3 the typical CLSM observation image on the longitudinal section of each. Table 3 shows the results using ER, and Figure 4 the typical CLSM observation image on the longitudinal section of each.

As a result of the Kruskal-Wallis test, there were significant differences in the results of the gap and crack generation state in each group using MB or ER as the bonding system ( $p < 0.05$ ).

Many Class III specimens were observed in the MBH and MBF Groups, and many Class IV specimens in the MGF Group. As a result of the Steel-Dwass test, the MBH and MBG Groups had significantly more Class III specimens than the MGF Group regarding the state

**Table 2** Distribution of crack and gap formation with MB

	Class I	Class II	Class III	Class IV
MBH	0	0	10	0
MBF	0	0	9	1
MGF	0	0	0	10

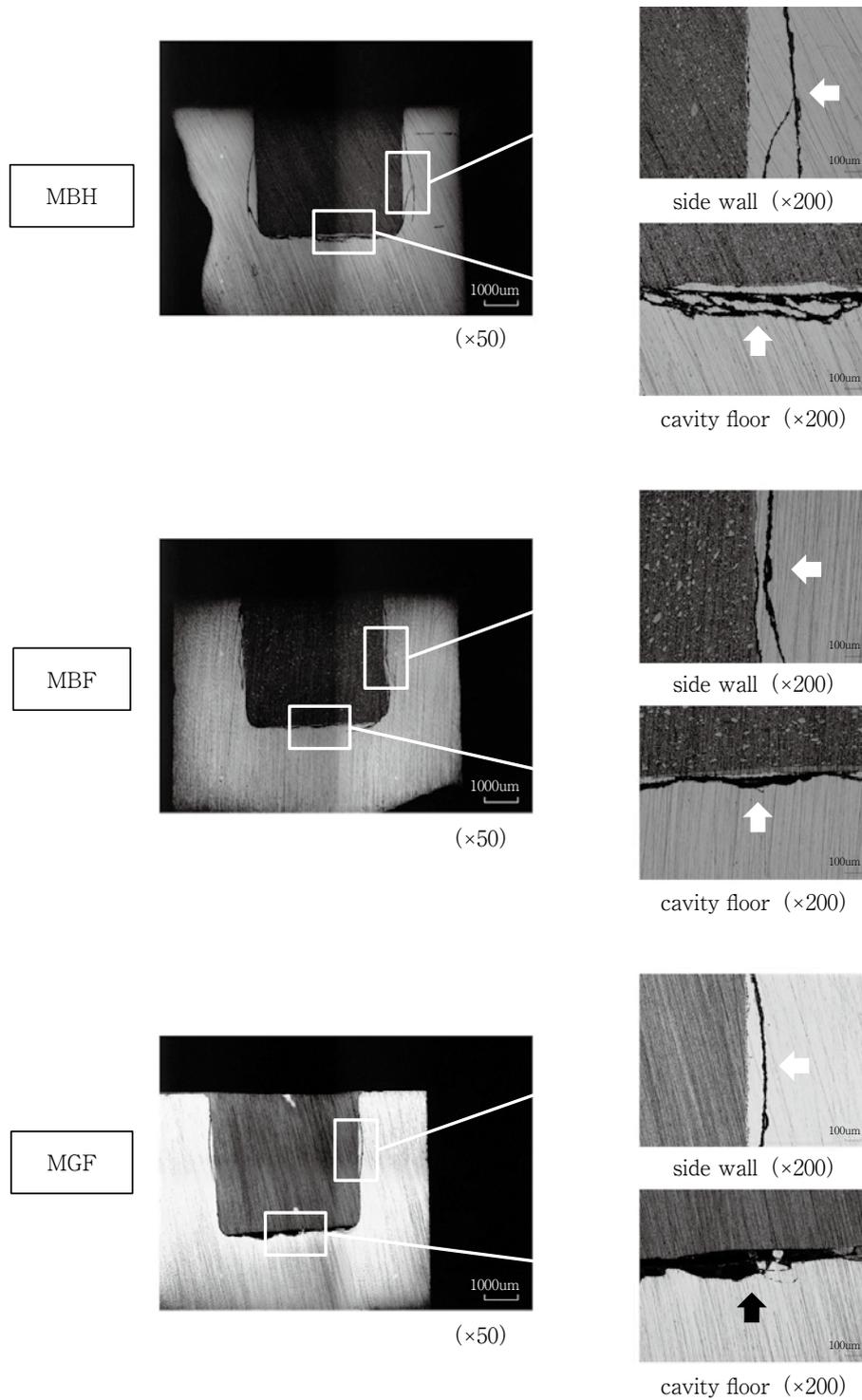
]: Significant difference ( $p < 0.05$ )

of gap and crack generation ( $p < 0.05$ ). Cracks at the cavity floor were observed in the MBH and MBF Groups, and gaps at the cavity floor in the MGF Group. Furthermore, many Class III specimens were observed in the EBH and EBF Groups and Class IV specimens in the EGF Group. As a result of Steel-Dwass test, the EBH and EBF Groups had significantly more than the EGF Group regarding the state of gap and crack generation in a similar fashion to the specimens using MB ( $p < 0.05$ ).

While CLSM observation images in the MBH and EBH Groups showed cracks within Bioram-M on the side wall and at the cavity floor, they showed no gaps between Bioram-M and BH. Similarly, the images showed no gap between Bioram-M and BF in the MBF and EBF Groups, even though they showed cracks within Bioram-M on the side wall and at the cavity floor. In the MGF and EGF Groups, the images showed cracks within Bioram-M on the side wall and gaps between Bioram-M and GF at the cavity floor.

### 2. Shear bond strength tests

Figure 5 shows the shear bond strength of the groups that used MB, and Table 4 the distribution of failure modes on the fracture surface. Figure 6 shows the shear bond strength of the groups that used ER, and Table 5 the distribution of failure modes on the



**Fig. 3** CLMS images of longitudinal cross-sectional surface on the whole, side wall and cavity floor with MB

Overall image (×50), side wall part (×200) and cavity floor part (×200) of CLSM observation image.

MBH and MBF Groups : Cracks (white arrows) within Bioram-M were observed on the side wall part and the cavity floor part, and no gap between Bioram-M and BH. MGF Group : Cracks (white arrows) within Bioram-M were observed on the side wall part, and gaps (black arrow) between Bioram-M and GF were observed at the cavity floor part.

**Table 3** Distribution of crack and gap formation with ER

	Class I	Class II	Class III	Class IV
EBH	0	0	10	0
EBF	0	1	8	1
EGF	0	0	3	7

]: Significant difference ( $p < 0.05$ )

fracture surface.

The shear bond strengths of each group that used MB were 6.4 ( $\pm 0.9$ ) MPa in the MBH Group, 10.0 ( $\pm 0.9$ ) MPa in the MBF Group, and 6.9 ( $\pm 2.6$ ) MPa in the MGF Group. While the bond strength of the MBF Group was significantly higher than those of the MBH and MGF Groups ( $p < 0.05$ ), there was no significant difference between the MBH Group and MGF Group ( $p > 0.05$ ). Although there were many mixed failures in the MBH and MGF Groups, the numbers of specimens with mixed failure and dentin cohesion failure were nearly equivalent in the MBF Group. The shear bond strengths of each group that used ER were 5.5 ( $\pm 0.9$ ) MPa in the EBH Group, 7.5 ( $\pm 0.9$ ) MPa in the EBF Group, and 7.0 ( $\pm 1.5$ ) MPa in the EGF Group. While the bond strengths of the EBF Group and EGF Group were significantly higher than that of the EBH Group ( $p < 0.05$ ), there was no significant difference between the EBF Group and EGF Group ( $p > 0.05$ ). While there were many bonding cohesion failures in the EBH and EBF Groups, there were many mixed failures in the EGF Group.

### 3. Cured volume

Figure 7 shows the results of residual volume measurement after dissolving the unpolymerized layer of CR in acetone solvent. The volume before dissolution was 63.6 mm<sup>3</sup>. The volume after dissolution was BH 62.2 ( $\pm 0.8$ ) mm<sup>3</sup>, BF 62.5 ( $\pm 0.9$ ) mm<sup>3</sup>, and GF 60.4 ( $\pm 1.7$ ) mm<sup>3</sup>, respectively. Although the residual volume of BH and BF were significantly larger than those of GF ( $p < 0.05$ ), there was no significant difference between BH and BF ( $p > 0.05$ ). In addition, clouding and cracks that seemed to have been caused by dissolution in acetone were observed by the naked eye on the cavity floor on the other side of light irradiation in GF.

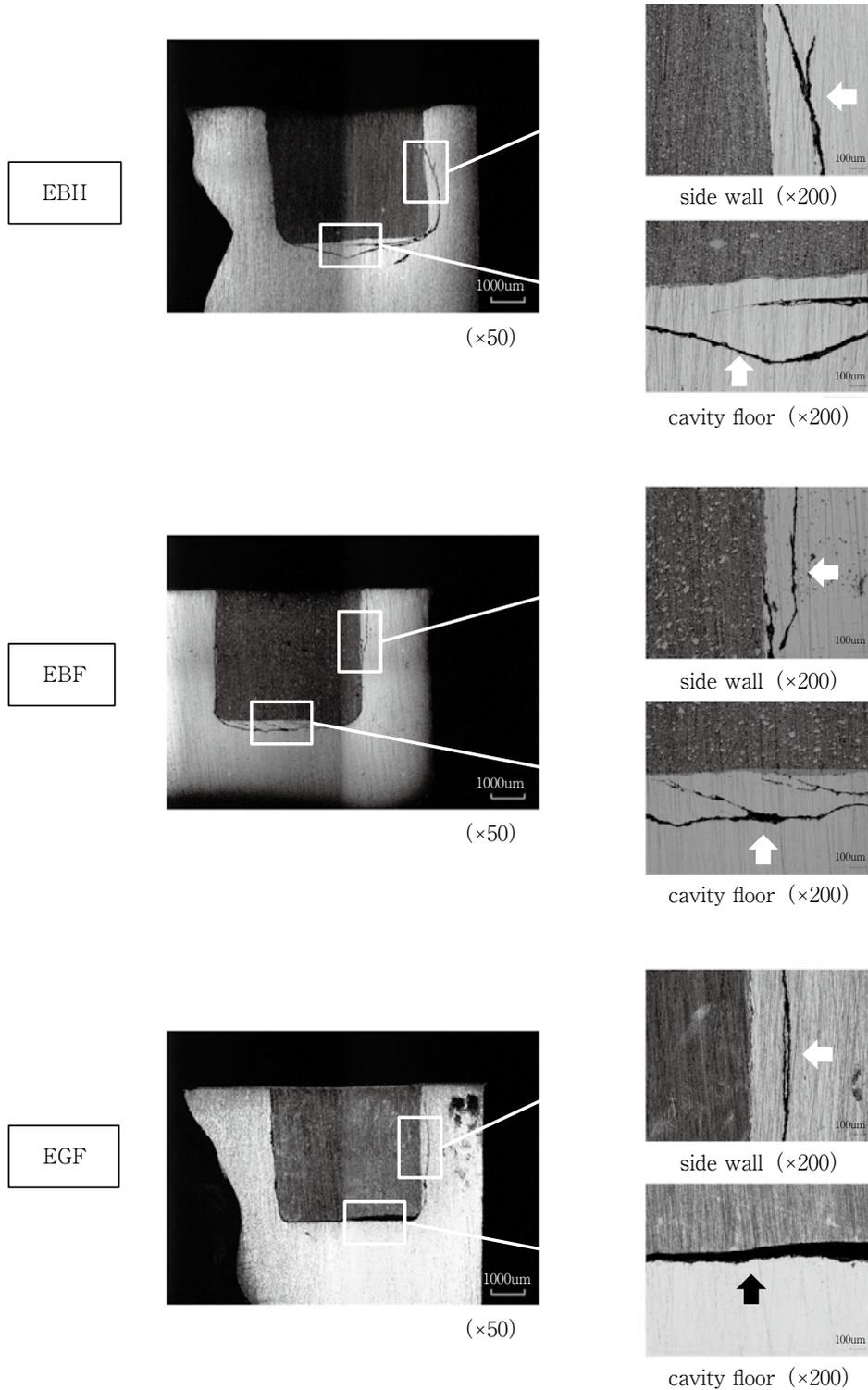
## Discussion

The polycrystallized glass blocks used as the adher-

ends in this experiment were pieces of amorphous glass in which crystals such as apatite and diopside had been deposited by thermal processing, and had properties similar to natural enamel<sup>17,18</sup>. This material has been reported to show adhesive properties with CR by mechanical interlocking force when acid treatment and phosphate ester-based bonding agents are used<sup>17,19</sup>. In addition, it is considered appropriate as a material to examine the effects of polymerization contraction, as there are few individual differences among adherends, it can bond stably with CR, and it is possible to visually confirm the strain based on the cracks formed in the adherend by polymerization contraction due to its high brittleness. Our preliminary experiment was also conducted with each of the bonding systems used in this experiment. Each bonding system in the experiment was used after confirming that it showed sufficient adhesion to polycrystallized glass blocks of around 15 MPa, and that no cracks were generated by the cutting procedure.

GF, which is a conventional CR, had many Class IV specimens in which cracks were generated in side walls and gaps at the cavity floor regardless of the bonding system in visual evaluation using Bioram-M. In addition, the shear bond strength of GF was equivalent to that of BH when MB was used, and it was significantly lower than that of MBF. When ER was used, the shear bond strength was significantly higher than that of BH but equivalent to that of BF. The cured volume of GF after soaking in acetone was significantly smaller than those of bulk-fill CRs. Since it has been widely reported that the cured depth of conventional CRs is approximately 2.0 mm<sup>20,21</sup>, it is indicated that the light did not reach and that curing was insufficient in the depths of deep cavities exceeding 2.0 mm. Furthermore, the formation of gaps at the cavity floor suggests that it was pulled in the direction of light irradiation due to the effect of polymerization contraction occurring from the direction of light irradiation before it bonded with the bonding system<sup>16</sup>. Therefore, the results indicate that restoration with the conventional CR in deep cavities exceeding 2.0 mm was affected by the cured depth and the polymerization contraction.

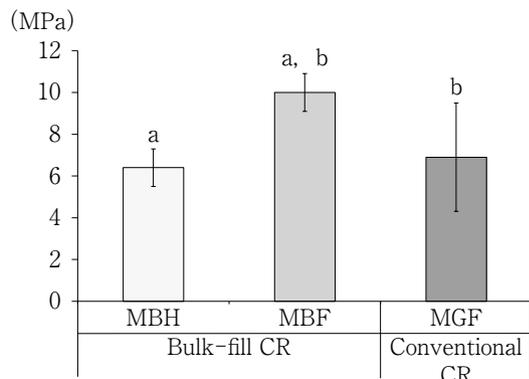
Meanwhile, bulk-fill CRs enable bulk filling even in deep cavities exceeding 2.0 mm by alleviating the restriction on curing depth of light-cured CRs through changes in filler properties, filler content, and constitu-



**Fig. 4** CLMS images of longitudinal cross-sectional surface on the whole, side wall and cavity floor with ER

Overall image (x50), side wall part (x200) and cavity floor part (x200) of CLSM observation image.

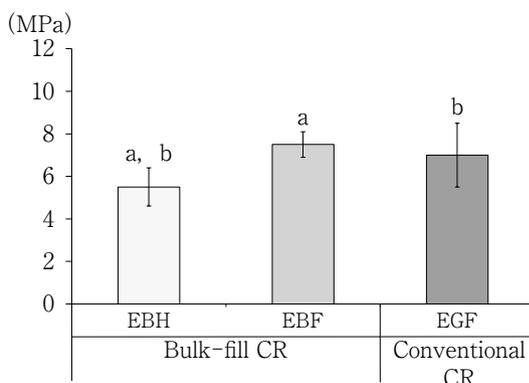
EBH and EBF Groups : Cracks (white arrows) within Bioram-M were observed on the side wall part and the cavity floor part, and no gap between Bioram-M and BH. EGF Group : Cracks (white arrows) within Bioram-M were observed on the side wall part, and gaps (black arrow) between Bioram-M and GF were observed at the cavity floor part.



**Fig. 5** Shear bond strengths of each resin composite with MB to dentin  
Same letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Table 4** Failure mode of MB

	Bonding cohesion failure	Interface fracture	Mixed failure	Dentin cohesion fracture
MBH	0	0	10	0
MBF	0	0	5	5
MGF	1	1	7	1



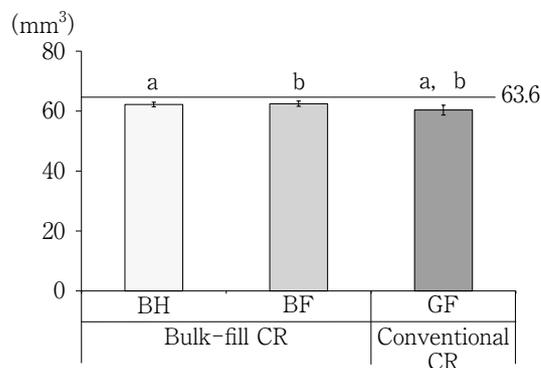
**Fig. 6** Shear bond strengths of each resin composite with ER to dentin  
Same letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

ent monomer components<sup>22,23</sup>).

Class III, in which cracks were generated on the side walls and cavity floor, was observed in all BH specimens regardless of the bonding system in visual evaluation using Bioram-M. The shear bond strength of BH was significantly lower than that of BF. It was equiva-

**Table 5** Failure mode of ER

	Bonding cohesion failure	Interface fracture	Mixed failure	Dentin cohesion fracture
EBH	10	0	0	0
EBF	10	0	0	0
EGF	3	0	7	0



**Fig. 7** Volume of each resin composite after dissolving the non-polymerization layer dissolution with acetone  
Same letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

The volume before dissolution was 63.6 mm<sup>3</sup>.

lent to that of GF when MB was used, and significantly lower than that of GF when ER was used. The results suggest that the shear bond strength of BH was low because this study did not use the accessory primer containing hydrophilic polymerization initiator, whose action helps BH to cure from the contact interface<sup>24</sup>. However, the cured volume of BH after soaking in acetone was equivalent to that of BF, and significantly larger than that of GF. BH has characteristics such as low shrinkage factor thanks to the low-shrinking monomer contained<sup>25,26</sup>, long flow period of CR on a free surface, and slow progress of the polymerization reaction<sup>27</sup>. It is indicated that the time difference since the start of light irradiation until the generation of contraction stress becomes longer and leads to the reduction in contraction stress if the flow period is long, as stress is not generated while there is flow on the free surface of CR during curing<sup>28</sup>).

Similarly to BH, most of the specimens of BF, which is also a bulk-fill CR, were Class III regardless of the bonding system. The shear bond strength of BF was

significantly higher than that of BH. In addition, it was equivalent to that of GF when ER was used, even though it was significantly higher than that of GF when MB was used. The cured volume after soaking in acetone was also significantly larger than that of GF. BF contains a S-PRG filler and it is indicated that the effect of light irradiation reaches into deep parts thanks to its high light permeability and light diffusion property<sup>29,30</sup>. It is also indicated that the progress of the polymerization reaction is fast, based on a report that polymerization contraction stress increased rapidly after light irradiation<sup>27</sup>. The results suggest that BF and BH, which are bulk-fill CRs, polymerize sufficiently even in deep parts and bond with the bonding materials in deep cavities with depths exceeding 2.0 mm.

Based on the above results, bulk-fill CRs seem to be more effective than the conventional CRs in improving the contraction gaps at the cavity floor which occur in the case of bulk filling of deep cavities. However, these results also indicated that careful filling operations are necessary in a similar fashion to the conventional CRs in order to prevent problems such as white margin, as the effects of polymerization contraction cannot be completely eliminated in large and high C-factor cavities with depths exceeding 2.0 mm.

### Conclusion

This study examined the effects of the polymerization contraction stress of bulk-fill CRs in high C-factor and deep cavities by conducting visual evaluation by using polycrystallized glass blocks, shear bond strength tests to dentin, and measurement of the residual volume of CR block immediately after curing through dissolution in acetone. The following conclusions were obtained:

1. Bulk filling using bulk-fill CRs bonded to cavity floor and generated no contraction gaps in deep cavities of depth 4.0 mm.

2. While bulk filling using bulk-fill CRs is effective for repairing deep cavities, careful filling operations are necessary as the problems caused by polymerization contraction stress cannot be completely eliminated in high C-factor cavities.

### Acknowledgement

We thank the members of the Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University, for their advice and help.

The authors declare no conflicts of interest associated with this manuscript.

### References

- 1) Jandt KD, Sigusch BW. Future perspectives of resin-based dental materials. *Dent Mater* 2009; 25: 1001-1006.
- 2) Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater* 2011; 27: 29-38.
- 3) Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review. *Dent Mater* 2005; 21: 962-970.
- 4) Kim ME, Park SH. Comparison of premolar cuspal deflection in bulk or in incremental composite restoration methods. *Oper Dent* 2011; 36: 326-334.
- 5) Komatsu K. Shrinkage stress developed by polymerization of composite resin. *J J Dent Mater* 1990; 9: 520-540. (in Japanese)
- 6) Uno S, Shimokobe H, Asmussen E. Effect of polymerization on bonding to dentin. *Jpn J Conserv Dent* 1992; 35: 382-386. (in Japanese)
- 7) Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987; 66: 1636-1639.
- 8) Yoshikawa T, Sano H, Tagami J. Effect of cavity configurations on bond strength to floor dentin—A role of C-factor on dentin bonding—. *Adhes Dent* 1996; 14: 43-49. (in Japanese)
- 9) Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent* 2008; 21: 135-142.
- 10) Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling?. *Dent Mater* 2008; 24: 1501-1505.
- 11) Van Dijken JW. Durability of resin composite restorations in high C-factor cavities: A 12-year follow-up. *J Dent* 2010; 38: 469-474.
- 12) Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dent Mater* 2012; 28: 801-809.
- 13) Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDRTM technology. *Dent Mater* 2011; 27: 348-355.

- 14) Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials?. *Dent Mater* 2012; 28: 521-528.
- 15) El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater* 2012; 28: 928-935.
- 16) Kawamura M. Factors affecting polymerization shrinkage of composite resin restoration materials and stress created in the cavity preparations. *Jpn J Conserv Dent* 1994; 37: 85-102. (in Japanese)
- 17) Saegusa H, Furukawa M, Takahashi I, Hasegawa K, Yoshida T, Shinkai K, Yamaguchi R, Takeda Y, Kato Y. Study on adhesiveness of composite resin to artificial glass-ceramics tooth. *Jpn J Conserv Dent* 1989; 32: 1344-1351. (in Japanese)
- 18) Yamaki M. About crystallized glass artificial teeth (Bioram M) for teaching practice. *J Hiroshima Univ Dent Soc* 1987; 19: 510-511. (in Japanese)
- 19) Kitano T, Kawamura M, Kawahito T, Inoue M, Narikawa K, Shimizu T, Fujii B. Bond strength of composite resin to multicrystalline glass artificial tooth. *Jpn J Conserv Dent* 1994; 37: 103-114. (in Japanese)
- 20) Pilo R, Oelgiesser D, Cardash HS. A survey of output-intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent* 1999; 27: 235-241.
- 21) Lazarchik DA, Hammond BD, Sikes CL, Looney SW, Rueggeberg FA. Hardness comparison of bulk-filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 129-140.
- 22) Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 227-235.
- 23) Ilie N, Rencz A, Hickel R. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 185-193.
- 24) Yoshiyama M. The present status and problems of 1 step adhesive systems. *QE* 2004; 23: 79-83. (in Japanese)
- 25) Mitsui Chemicals. Dental material composition, dental repair material, and cured product. WO2012/157566, 2012-11-22.
- 26) Nitta K, Nomoto R, Tsubota Y, Tsuchikawa M, Hayakawa T. Characteristics of low polymerization shrinkage flowable resin composites in newly-developed cavity base materials for bulk filling technique. *Dent Mater J* 2017; 36: 740-746.
- 27) Kamiya N, Kamiya M, Fujita (Nakajima) K, Iwasaki T, Tanimoto Y, Hirayama S. Occurrence of polymerization shrinkage stress and observation of longitudinal sectioned cavities in the initial curing stage of bulk-fill resin composite. *Jpn J Conserv Dent* 2020; 63: 14-21. (in Japanese)
- 28) Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 1984; 63: 146-148.
- 29) Yu P, Yap A, Wang XY. Degree of conversion and polymerization shrinkage of bulk-fill resin-based composites. *Oper Dent* 2017; 42: 82-89.
- 30) Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill giomers and resin composites. *Dent Mater J* 2017; 36: 205-213.

## バルクフィルコンポジットレジン の 重合収縮応力に関する研究

岩崎和恵 保尾謙三 小正玲子  
竹内 撰 岩田有弘 吉川一志  
山本一世

大阪歯科大学歯科保存学講座

### 抄録

目的：光硬化型コンポジットレジン（以下，CR）修復では重合収縮応力や照射深度の問題から，深い窩洞には積層充填が推奨されているが，大型窩洞に対して一括充填できる bulk-fill CR が開発され臨床応用されている．今回，多結晶化ガラスブロックを用いた視覚的評価，せん断接着試験ならびに硬化後の残存体積の測定を行い，C-factor の大きな窩洞における bulk-fill CR の重合収縮応力の影響について検討を行った．

材料と方法：bulk-fill CR として Bulk Base Hard (BH) と Beautifil Bulk Flow (BF) を，従来型 CR として Gracefil Flow (GF) を，接着システムとして Clearfil Mega Bond2 (MB) と Clearfil Universal Bond Quick ER (ER) を用いた．多結晶化ガラスブロックとして，Bioram-M を使用した．MB で接着処理後，各 CR を充填した群を MBH 群，MBF 群，MGF 群とし，ER で接着処理後，各 CR を充填した群を EBH 群，EBF 群，EGF 群とした．Bioram-M に直径 4.5 mm 深さ 4.0 mm の円柱窩洞を形成し，修復後，ギャップおよびクラックの発生状態を分類し，スコアリングを行った．また，ウシ歯前歯に象牙質平坦面を作製し，修復後，接着直後のせん断引張強さを測定した．

直径 4.5 mm，高さ 4.0 mm のゴムリング治具を作製し，暗室にて各 CR を充填し，円柱試料を作製した．硬化後すぐアセトンに浸漬し，CR の未重合部分の除去を行った．各試料の残存体積を測定した．

結果：視覚的評価の結果，MBH・MBF 群は MGF 群と，EBH・EBF 群は EGF 群と比べて，ギャップやクラックの発生状態に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ )．MGF・EGF 群では窩底部にギャップが認められた．また MBF 群の接着強さは MBH・MGF 群より有意に高かった ( $p < 0.05$ )．EBF 群と EGF 群の接着強さは EBH 群と比べて有意に高かった ( $p < 0.05$ )．BH と BF の残存体積は GF の残存体積よりも有意に大きかった ( $p < 0.05$ ) が，BH と BF の間に有意差は認められなかった．

結論：bulk-fill CR を用いた一括充填は深い窩洞における接着には有効であるが，C-factor の大きな窩洞においては重合収縮応力による不fast事項が完全には解消せず，充填操作に留意する必要があることが示唆された．

キーワード：バルクフィルコンポジットレジン，多結晶化ガラスブロック，重合収縮応力，C-factor

---

責任著者連絡先：岩崎和恵

〒573-1121 大阪府枚方市楠葉花園町8-1 大阪歯科大学歯科保存学講座

TEL：072-864-3077，FAX：072-864-3177，E-mail：kazue\_i@cc.osaka-dent.ac.jp

受付：2020年11月15日/受理：2020年12月7日

## 根尖狭窄部を有する樹脂製根管模型を用いた エンドモーター連動根管長測定器の根尖指示精度に関する研究

関 谷 美 貴 前 田 宗 宏  
西 田 太 郎 五 十 嵐 勝

日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座

### 抄録

目的：エンドモーターと連動させた根管長測定器の根尖指示精度に対する異なるファイルシステムと根管洗浄液の影響について、根尖狭窄部付透明樹脂製根管模型を用いて評価した。

材料と方法：根管模型は、根管長が14.5 mmで、基底面の開孔部が $\phi 0.2$  mm、基底面から1 mm 歯冠寄りに $\phi 0.15$  mmの根尖狭窄部があり、0.02 テーパーの直線根管が付与されている透明樹脂製ブロック（ホクシンエレクトロニクス）を用いた。電気回路を確立したスタンド（ホクシンエレクトロニクス）に模型を植立させ、根管内に3種の根管洗浄液：①生理食塩液（テルモ）、②3%次亜塩素酸ナトリウム水溶液（クロルシッドJ、ウルトラデントジャパン、以下、NaClO）、③18%EDTA（ウルトラデントEDTA18%、ウルトラデントジャパン）のいずれかを満たし、Propex IQ 根管長測定器（Dentsply Sirona）と連動させたX-Smart IQ エンドモーター（Dentsply Sirona）で根管形成を行った。根管形成は3種のファイル：①WaveOne Gold（Dentsply Sirona、以下、WOG）、②ProTaper Gold（Dentsply Sirona、以下、PTG）、③ステンレススチール製手用Kファイル（READYSTEEL フレクソファイル、Dentsply Sirona、以下、SSK）で、各25サイズまで6個ずつランダムに行った。最終拡大ファイル使用時にメーターが作業長基準点を示した位置でファイルの回転を停止させ、ラバーストッパーを模型上面に合わせて固定し、ファイル先端までの距離をファイル到達長さとして計測した。模型の根管長からファイル到達長さを引いた値を、ファイル先端到達位置から模型基底面までの距離として算出した。

成績：各ファイル間におけるファイル先端到達位置は、WOG群で最もバラツキが小さく安定していた。PTG群とSSK群は、生理食塩液と18%EDTA浴下でファイル先端到達位置が根尖狭窄部よりも0.5 mm程度基底面寄りであった。各根管洗浄液間は、3%NaClO浴下で最もファイル間に差がなく、ファイル先端位置が根尖狭窄部に近かった。すべての条件下で、ファイル先端到達位置は測定値の許容誤差範囲内にあった。

結論：X-Smart IQと連動させたPropex IQの根尖指示精度は、ファイルの種類やシステム、根管洗浄液に大きな影響を受けず、根管形成と同時に正確な根管長測定を行うことができた。

キーワード：電氣的根管長測定器、エンドモーター、根尖指示値、精度

責任著者連絡先：関谷美貴

〒102-8159 東京都千代田区富士見1-9-20 日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座

TEL : 03-3261-5698, FAX : 03-5216-3718, E-mail : sekiya-m@tky.ndu.ac.jp

受付：2020年11月6日/受理：2020年12月28日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.50

## 緒言

根管治療を成功に導くためには、根管内の細菌汚染および感染壊死組織を根管から十分に除去することが最も重要である<sup>1)</sup>。そのためには患歯の根管長を正確に測定し、apical limit すなわち根管処置の終末点を根尖狭窄部に設定することが主要な役割を果たす<sup>2)</sup>。その結果、創傷面を最小限にとどめ、治療時に起こりうる不快症状を抑制し、早期に最良の治癒を得ることが期待できる<sup>3)</sup>。また、処置中における根管のトランスポートーションや不十分な根管清掃、過剰な根管充填などの防止にも繋がるため、根管切削器具を操作する作業長の決定はきわめて重要なステップである<sup>4-6)</sup>。

根管長測定の術式は、電気的根管長測定器 (Electronic Apex Locator: EAL) によって根尖狭窄部の位置を検知する方法が、客観的な方法として最も信頼性が高く、現在の主流となっている<sup>7)</sup>。一般に EAL は根管形成に先立ち単独で使用され、EAL で決定した作業長を基に、手用切削器具もしくはニッケルチタン製 (NiTi) ロータリーファイルによる機械的な根管形成を行い、根管洗浄のち根管充填へと移行する。一方、エンジン駆動の NiTi ロータリーファイルと EAL を連動させることにより、根管内のファイル先端位置を視覚的に確認できるだけでなく、作業長に到達すると自動的に停止または逆回転を行うことで過剰な拡大を防止し、根管長を測定しながらの根管形成を可能とする新たなシステムが加わった。

根管長測定機能連動エンドモーターの測定精度に関する研究試料は、ヒト抜去歯や、基底面まで同一テーパーが付与された根管模型が一般的であるが、今回われわれは新たに根尖狭窄部を付与した樹脂製透明根管模型を作製し、研究に用いることを考案した。

本研究は、根尖狭窄部を有する透明樹脂製根管模型を用いて、NiTi ロータリーファイルを装着して根管形成を行った際の根管長測定機能連動エンドモーターの根尖指示精度と、根管形成時に用いる根管洗浄液が測定精度に及ぼす影響を調べ、正確な作業長での操作について評価した。

## 材料および方法

### 1. 根尖狭窄部付樹脂製透明根管模型

EAL と NiTi ロータリーファイルでの拡大形成には、透明樹脂製ブロックを用いた。ブロックには、根管長 (模型の高さ) が 14.5 mm で、基底面の開孔部が  $\phi 0.2$  mm、基底面から 1 mm 歯冠寄りに  $\phi 0.15$  mm の根尖狭窄部があり、0.02 テーパーを付与した直線根管が付与されている (Fig. 1)。本根管模型は、ホクシンエレクトロニクス

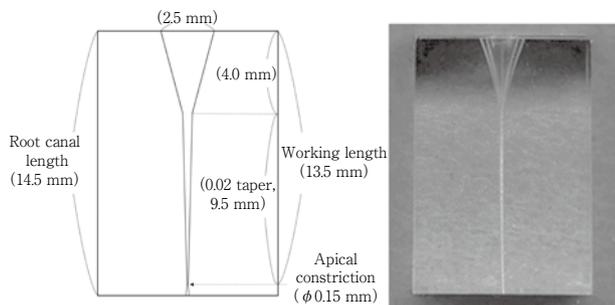
に作製を依頼した。

### 2. 電流回路の確立

すべての根管模型に対して、#10 ステンレススチール製手用 K ファイル (READYSTEEL フレクソファイル, Dentsply Sirona, Switzerland, 以下, SSK) を用いて根管のネゴシエーションを行った。次に、根管長測定用模型スタンド (ホクシンエレクトロニクス) のラバーコネクター内に導電性ペースト (NP-1, ニッシン) を満たし、根管模型を植立させた。模型スタンドのラバーコネクターから伸びる電線を EAL 間に接続し、電流が流れる回路を確立した。

### 3. 根管形成

根管形成は、Propex IQ 根管長測定器 (Dentsply Sirona) と X-Smart IQ エンドモーター (Dentsply Sirona) を、Endo IQ アプリ (Dentsply Sirona) によって連動させて使用した。根管内の湿潤には、3種の根管洗浄液: ①生理食塩液 (テルモ), ②3%次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (クロルシッド J, ウルトラデントジャパン, 以下 NaClO), ③18%EDTA (ウルトラデント EDTA18%, ウルトラデントジャパン) のいずれかを使用し、常に根管全体を満たした状態で根管形成を行った。根管形成法は、①反復回転運動のシングルファイルシステム WaveOne Gold (Dentsply Sirona, 以下, WOG), ②連続回転運動のマルチファイルシステム Pro-Taper Gold (Dentsply Sirona, 以下, PTG), ③SSK の3種類とし、卒後8年目の術者1名が各25サイズまで6個ずつランダムに行った。WOG群とPTG群はX-Smart IQハンドピースにファイルを装着し、Endo IQアプリでプログラム化されたファイルシーケンスに従って、製造者指定の手順で根管形成を行った。WOG群は、WOG Glider (#15, 0.06) にてグライドパスを形成した後、WOG Primary (#25, 0.07) にて根管形成を行った。グライドパスに沿ってファイルを根管内に挿入し、上下3mmの弱圧のペッキングモーションを2~3回繰り返した後、ファイルの付着片を清拭除去し、2.5 ml テルモシリッジ (テルモ) と 25 G ニシカルートクリンニードル (日本歯科薬品) を用いて、目視で管内切削片による懸濁がなくなるまで各根管洗浄液による根管洗浄を行い、#10 SSK にて穿通性を確認した。これを1サイクルとして、Endo IQ アプリを搭載した iPad mini (Apple, USA) の画面上に表示されるメーターが作業長基準点を示す位置まで根管形成を行った。PTG群は、ProGlider (#16, 0.02) でグライドパスを形成した後、S1 (#18, 0.02), S2 (#20, 0.04), F1 (#20, 0.07), F2 (#25, 0.08) の順で根管形成を行った。ファイルの操作法はブラッシングモーションで、根管内に追従させながら各ファイルを順次メーター上の作業長基準点まで到達させた。この際、



**Fig. 1** The design drawing of the plastic root canal model block with apical constriction (left), and the fabricated plastic root canal model block (right)

ファイルは決して無理に押し込まず、弱圧でゆっくりと挿入し、根管壁に噛みこんだ際はすぐにファイルを引き上げた。根管形成中は1~2回根尖方向へ進めるごとにWOG群と同様に根管内切削片の洗浄とファイルの付着片の除去を行い、ファイルを用いて拡大する前に必ず#10 SSKで穿通性を確認した。SSK群は、Endo IQアプリとPropex IQのみを連動させ、#15、#20、#25の順に規格形成法でメーター上の作業長基準点まで根管形成を行った。ファイル交換時もしくは根管洗浄液が混濁するごとに根管内切削片を洗浄し、#10 SSKを用いて穿通性を確認した。

#### 4. 計測方法

計測はErdemirらの方法を参考とした<sup>8)</sup>。各群の最終拡大ファイル先端がiPad miniの画面上に表示されるメーターの作業長基準点に到達した位置でただちにファイルの回転を停止させ、ファイルの位置が動かない状態でハンドピースからファイルを慎重に取り外した。ファイルのラバーストッパーの位置を模型上面に合わせ、瞬間接着剤で固定した。瞬間接着剤の硬化を確認した後、ファイルを再度ハンドピースに装着して回転させ、根管から引き抜いた。最終拡大ファイルをスキャナー(GT-X970, EPSON)で撮影し、最終拡大ファイル先端からラバーストッパーまでをファイル到達長さとして、画像処理ソフトPhotoshop CS6 (Adobe Systems, USA)を用いて計測を行った。さらに根管長からファイル到達長さを引いた値を、ファイル先端到達位置から模型基底面までの長さとして算出した。

#### 5. 統計学的分析

算出した値はすべて平均±標準偏差(SD)で示した。算出結果に対して、正規性を確認した後、Kruskal-Wallis検定を行い、有意差を認められた際はBonferroni訂正による多重比較検定を行った。統計解析ソフトウェアはSPSS Statistics 25 (IBM)を使用し、有意水準は5%未満とした。

**Table 1** The distance between the tip of the file and the bottom of the root canal block under each condition (mm)

	Saline	3% NaClO	18% EDTA
WaveOne Gold	0.95±0.13	0.90±0.10	0.93±0.15
ProTaper Gold	0.53±0.11	0.70±0.06	0.49±0.02
Stainless steel K-file	0.50±0.03	1.00±0.07	0.53±0.08

## 結 果

各条件におけるファイル先端到達位置から模型基底面までの長さを、Table 1に示す。また、各条件での比較をFig. 2に示す。

本研究において、ファイル破折や、レッジやジップなどの根尖部における不適切な根管形成はどの群でも起こらなかった。また、すべての条件下で基底面からのファイルの突き出しはなかった。

#### 1. ファイル間での評価

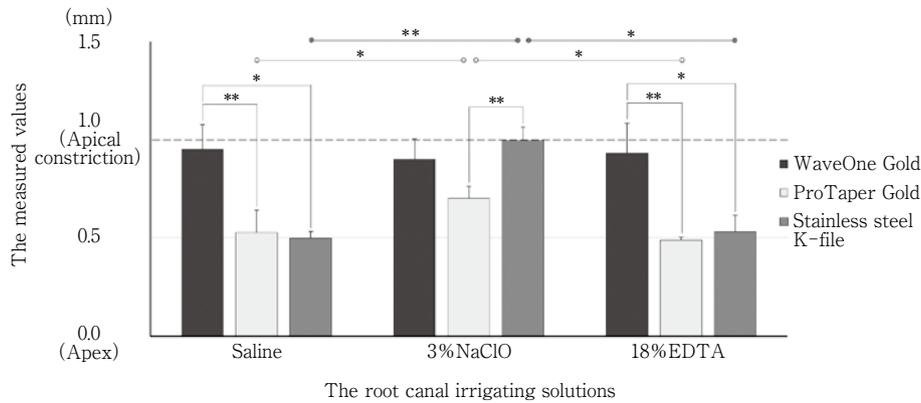
各ファイル間でのファイル先端到達位置は、WOG群で最もバラツキが小さく安定していた。一方、PTG群とSSK群では、生理食塩液と18%EDTA浴下でファイル先端到達位置が根尖狭窄部よりも0.5 mm程度基底面寄りであった。WOG群は根管洗浄液間で有意差を認めなかったが、PTG群は、生理食塩液と3%NaClO浴下間、3%NaClOと18%EDTA浴下間でそれぞれ有意差( $p < 0.05$ )が認められた。SSK群は、生理食塩液と3%NaClO浴下間( $p < 0.01$ )、3%NaClOと18%EDTA浴下間( $p < 0.05$ )でそれぞれ有意差が認められた。

#### 2. 根管洗浄液間での評価

各根管洗浄液間におけるファイル先端到達位置は、3%NaClO浴下で最もファイル間に差がなく、かつファイル先端が根尖狭窄部に近い位置を示した。一方、生理食塩液と18%EDTA浴下では、ファイル間に根尖方向で±0.5 mm程度の差があった。生理食塩液と18%EDTA浴下では、WOG群とPTG群間( $p < 0.01$ )、WOG群とSSK群間( $p < 0.05$ )でそれぞれ有意差が認められた。3%NaClO浴下では、PTG群間とSSK群にのみ有意差( $p < 0.01$ )が認められた。

## 考 察

根管処置の終末点をどこに設定するかは、長い議論の末、現在では生理学的根尖孔が最も適切であると考えられている<sup>2,9)</sup>。生理学的根尖孔は、解剖学的にはセメント象牙境(CDJ)の領域に位置する根尖孔であり、根尖の



**Fig. 2** Comparison of the measured values under each condition (Kruskal-Wallis test with Bonferroni adjustment, \* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ )

最狭窄部と一致する。また CDJ は組織学的には根尖歯周組織と歯髓の接合部に相当する。よって、作業長を根尖狭窄部に設定することで、根尖狭窄部の位置で器具の操作を止め、根尖歯周組織に加わる治療時の機械的・化学的・細菌的刺激を最少にとどめることができる<sup>3,10,11</sup>。また、同時に根管充填材を受け止めるアピカルシートが根尖狭窄部に付与される。しかし、CDJ はあくまで解剖学的構造であり、臨床的に見つけることはできない。Gutiérrez らは、CDJ は非常に不規則であり、CDJ の位置は反対側の根管壁よりも最大 3 mm 高い場合があると報告している<sup>12</sup>。また、Hassanien らは CDJ と根尖狭窄部の位置関係を観察し、両者が一致しないことを報告している<sup>13</sup>。

根管長測定の術式には、主にエックス線画像と EAL を利用する方法がある。エックス線画像撮影は、根管長測定だけでなく、術前診査として歯髓腔形態や根管の数、湾曲、根尖病変の有無などを把握するために重要である<sup>14</sup>。エックス線画像では、根尖の解剖学的形態の研究から得られた平均値から、エックス線画像で認められる解剖学的根尖よりも 1 mm 歯冠寄りの位置が CDJ の領域に最も近いとされている。よって、歯冠部に設定した計測基準点から解剖学的根尖までの実長を比例計算で求め、実長よりも 1 mm 程度短い長さを作業長とする場合が多い。しかし、Kuttler<sup>11</sup> による加齢や刺激による根尖狭窄部の位置の変化や、Dummer ら<sup>15</sup> による根尖狭窄部の形態分類を鑑みると、この方法だけでは作業長の過不足が生じる可能性がある。また、解剖学的根尖孔は必ずしも歯の解剖学的根尖にあるとは限らず、主根管の解剖学的根尖孔は解剖学的根尖の側方に開口する 경우가多い<sup>11,16,17</sup>。以上のことから、エックス線画像単独の測定法では正確な作業長を得ることは難しい。

EAL は、根管内に挿入したリーマーの先端が歯根膜に達したとき、リーマーと口腔粘膜間の電気抵抗値は歯種

や年齢、人種、性別を問わず約 6.5 kΩ の一定値を示す、という砂田の報告<sup>18</sup>) をもとに日本で開発され、1969 年に商品化された。以降の EAL は、測定電流が直流電流から交流電流へ、測定方法が絶対値法から相対値法へと改良され、また根管内に血液や根管洗浄液が存在する場合の測定誤差を解消し、短時間かつ高い精度で測定を行うことを可能にした<sup>7,19,20</sup>。しかし、根管処置中の作業長は常に一定ではない。たとえば湾曲根管の場合、根管形成により内湾壁が切削され根管が直線化することで作業長が短縮する可能性があるため、根管形成中は作業長を継続的に確認する必要がある。そこで、エンドモーターと EAL を連動させることにより、根管長を測定しながら同時に根管形成を行うことが考案された<sup>21,22</sup>。

Propex IQ は、iPad 専用の Endo IQ アプリによって X-Smart IQ と連動させて使用する。X-Smart IQ ハンドピースに装着して使用する NiTi ロータリーファイルの使用手順や回転数、トルク値はすべて Endo IQ アプリにプリセットされているため、設定の手間が大幅に省略される。また、X-Smart IQ には、ファイルの負荷がトルク制限値に達するとモーターハンドピースが自動的に逆回転するオートリバース機能が搭載されており、ファイル破折リスクを軽減することができる。さらに、Endo IQ アプリにより、iPad の画面に表示されるメーター上で根管内のファイル先端位置を視覚的に確認できるうえ、ファイル先端が作業長基準点に達するとアピカルリバース機能によって X-Smart IQ ハンドピースが自動的に反転し、過剰な根管形成を防止する。これらを連動させて使用することにより、短時間で正確な根管形成が行える。

X-Smart IQ と連動させた Propex IQ の根尖指示精度について、WOG 群は根管洗浄液間で有意差が認められなかった。また、各ファイル群におけるファイル先端到達位置から模型基底面までの長さは、WOG 群で最も変

動が少なく安定した値が得られた。WOGは反復回転運動のシングルファイルシステムであり、根管形成は基本的に1本のファイルのみで完了する。また、作業長基準点に到達するとアピカルリバース機能により根管から自動的にファイルが後退する。よって、ファイルの使用本数と根尖部へのファイルの接触回数の少なさが根尖部の根管形態を維持したと考えられる。一方、PTGは連続回転運動のマルチファイルシステムであり、本研究で#25まで根管形成を行った際に使用したファイルの本数は6本であった。また、X-Smart IQと連動させず Propex IQと Endo IQ アプリのみで根管形成を行ったSSKは、使用したファイルの本数は3本であったが、規格形成法による根管形成はアピカルシート付与のために作業長まで頻回にファイルを操作させる必要がある。したがって、PTG群とSSK群では根尖部へのファイルの接触回数が多くなり、WOG群と同じ作業長基準点を示す範囲内で経時的にファイル先端到達位置が根尖狭窄部よりも基底面寄りに移動したため、WOG群間にそれぞれ有意差が認められたと推察される。すなわちファイル間の誤差は、EALの根尖指示精度でなく、術者の手技や根管形成手順の影響によるものと考えられる。

EALにおける根管洗浄液の影響については多くの報告があり、たとえば Erdemirらは生理食塩液のみが測定結果に誤差を生じたと報告している<sup>8)</sup>。しかし Jenkinsらは、EALの大半は根管洗浄液に影響されないと報告している<sup>23)</sup>。本研究における各根管洗浄液中でのファイル先端到達位置から模型基底面までの長さは、3%NaClO浴下で最もファイル間に差がなく、かつファイル先端到達位置が根尖狭窄部に近かった。この結果は、根管溶液がNaClOである場合に正確な測定結果が得られたという Mearesらや Ebrahimらの報告と同じ傾向を示していた<sup>24,25)</sup>。NaClOには金属を腐食させる性質があり、根管洗浄液として用いるとNiTiロータリーファイルが劣化する可能性も考えられるが、NiTiロータリーファイルは作業時間が短く、かつ今回使用したファイルはシングルユース器材であるため、ファイル劣化の影響は少ないと考えられる。一方、生理食塩液と18%EDTA浴下では、ファイル間に約0.5mmのバラツキがみられた。この誤差について、実際の臨床における根管処置では、ファイルに付属されているラバーストッパーの位置を動かして作業長を設定し、エンドルーラーの目盛が示す0.5mm単位で作業長の測定を行う。また、実際の根尖孔はさまざまな解剖学的形態を有するため、根管長測定における±0.5mmの誤差は許容範囲と考えられている<sup>12)</sup>。さらに、ヒト天然歯の場合、根管には多数の象牙細管が走行しており、EALを使用した際、象牙細管から少量の電流が根管外部に漏洩すると考えられる。本研究で作製した

根尖狭窄部付根管模型の場合、材質は樹脂であり、電流は漏洩することなく根尖孔方向にのみ流れる。したがって、本研究での作業長指示値は根尖狭窄部を越える位置であったと推察される。しかし、その影響を考慮しても、本研究におけるすべての条件下で基底面からのファイルの突き出しは起こらなかったことから、ヒト天然歯の場合では、より根尖狭窄部に近似した誤差の少ない範囲での操作が可能であると考えられる。

以上より、本研究で用いた Propex IQの根尖指示精度は、統計学的には差が認められたが、ファイル先端到達位置はすべて測定値の誤差を許容できる範囲にあり、どの到達位置であっても根管の拡大不足あるいは過剰拡大とならず、臨床の作業上では良好な位置にあることがわかった。しかし、根尖指示精度が向上したとはいえ、EALの誤差要因をすべて排除することは現実的に困難である。正確な作業長決定のためには、EALの正確な使用方法を遵守するだけでなく、エックス線画像から得られる情報や歯の解剖学的構造に関する知識、さらには手指感覚を併用して、考えうるかぎりの測定誤差を補うことが重要である。

## 結 論

X-Smart IQと連動させた Propex IQの根尖指示精度は、ファイルの種類やシステム、根管洗浄液に大きな影響を受けることなく、根管形成と同時に正確な根管長測定を行うことができた。

本論文の発表に関連して、開示すべき利益相反関係はありません。

## 文 献

- 1) Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? J Am Dent Assoc 2005; 136: 187-193.
- 2) Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. Int Endod J 1998; 31: 384-393.
- 3) Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. Int Endod J 1998; 31: 394-409.
- 4) Sjögren ULF, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod 1990; 16: 498-504.
- 5) Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral

- Radiol Endod 2003; 96: 81-90.
- 6) Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. Braz Dent J 2006; 17: 6-9.
  - 7) Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J 1998; 37: 425-437.
  - 8) Erdemir A, Eldeniz AU, Ari H, Belli S, Esener T. The influence of irrigating solutions on the accuracy of the electronic apex locator facility in the Tri Auto ZX handpiece. Int Endod J 2007; 40: 391-397.
  - 9) Simon S, Machtou P, Adams N, Tomson P, Lumley P. Apical limit and working length in endodontics. Dent Update 2009; 36: 146-150, 153.
  - 10) Grove C. Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. J Am Dent Assoc 1930; 17: 293-296.
  - 11) Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. J Am Dent Assoc 1955; 50: 544-552.
  - 12) Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 79: 769-777.
  - 13) Hassanien EE, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. J Endod 2008; 34: 408-412.
  - 14) Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endod 1996; 22: 173-176.
  - 15) Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J 1984; 17: 192-198.
  - 16) Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1956; 9: 1224-1232.
  - 17) Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1972; 33: 101-110.
  - 18) 砂田今男. 根管長の新しい測定法について. 口病誌 1958; 25: 161-171.
  - 19) 小林千尋. 電氣的根管長測定法. 日歯保存誌 1989; 32: 811-832.
  - 20) Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod 1994; 20: 111-114.
  - 21) Grimberg F, Banegas G, Chiacchio L, Zmener O. In vivo determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating handpiece. Int Endod J 2002; 35: 590-593.
  - 22) Alves AM, Felipe MC, Felipe WT, Rocha MJ. Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. Int Endod J 2005; 38: 718-724.
  - 23) Jenkins JA, Walker III WA, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. J Endod 2001; 27: 209-211.
  - 24) Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. J Endod 2002; 28: 595-598.
  - 25) Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. Aust Dent J 2006; 51: 153-157.

# Study on the Reading Accuracy of an Electronic Apex Locator Connected to an Endodontic Motor Using Plastic Root Canal Models with Apical Constriction

SEKIYA Miki, MAEDA Munehiro,  
NISHIDA Taro and IGARASHI Masaru

Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo

## Abstract

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate the reading accuracy of an electronic apex locator connected to an endodontic motor with various nickel titanium rotary instruments and root canal irrigating solutions using plastic straight root canal models with apical constriction.

**Methods:** Plastic blocks with 14.5 mm root canal length,  $\phi$  0.2 mm apical foramen,  $\phi$  0.15 mm apical constriction at 1 mm closer to the crown from the apical foramen, and 0.02 tapered straight root canal were used for preparation. The blocks were placed on the stand, establishing an electric circuit. Root canal preparation was performed using an X-Smart IQ endodontic motor connected to a Propex IQ apex locator in the state of filling with one of three types of root canal irrigating solution: ①saline, ②3% sodium hypochlorite solution (NaClO), and ③18% EDTA solution. All canals were randomly prepared to size 25 by three types of root canal preparation method: ①WaveOne Gold (WOG), ②ProTaper Gold (PTG), and ③stainless steel K-file (SSK) (n=6). The rubber stop on the file was fixed at the position where the tip of the master apical file of each group reached the reference point on the apex locator. The distance from the tip of the file to the rubber stop was established as the length that the file reached. The value obtained by subtracting the reached file length from the root canal length was taken as the distance between the tip of the file and the bottom of the root canal block.

**Results:** Among the measured values in each file group, the WOG group was stable with the least fluctuation. In the PTG and SSK groups, the file tip position was about 0.5 mm closer to the bottom of the root canal block than the apical constriction when using saline and 18% EDTA. The measured values between the root canal irrigating solutions showed no difference between the files when using 3% NaClO, and the file tip position was close to the apical constriction. Under all conditions, the file tip position was within the allowable range of measurement error.

**Conclusion:** The reading accuracy of Propex IQ connected to X-Smart IQ was not significantly affected by the file type, system or root canal irrigating solution.

**Key words:** electronic apex locator, endodontic motor, apex reading, accuracy

## Er:YAGレーザー照射後の象牙質に対する歯面処理が接着強さに及ぼす影響

堀田正人 村瀬由起<sup>1</sup> 作誠太郎<sup>2</sup>  
 中川豪晴<sup>3</sup> 日下部修介<sup>1</sup> 高垣智博<sup>1</sup>  
 二階堂徹<sup>1</sup>

朝日大学

<sup>1</sup>朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯冠修復学

<sup>2</sup>さくデンタルクリニック

<sup>3</sup>中川歯科医院

## 抄録

目的：本研究の目的はEr:YAGレーザー照射後の象牙質面に生成する熱変性層を改質しコンポジットレジンの接着強さを回復させるため、低出力追照射および歯面処理の効果を検討することである。

材料と方法：ヒト抜去白歯の象牙質面を露出させて、耐水研磨紙 #800 にて注水下で研削した試料をXYZ軸フラットステージに固定し、2種類のチップと照射エネルギーを設定（C400F：パネル値 150 mJ, C800F：パネル値 30 mJ）し、パルス値は 10 pps, 注水下で照射した。歯面処理剤として6%次亜塩素酸ナトリウム水溶液（NaClO）、*γ*-トリスルホン酸塩エタノール水溶液（アクセル）および10%クエン酸/3%塩化第二鉄水溶液（表面処理剤グリーン）を選択した。その後、Clearfil Mega Bond Systemを用い、Beautiful Flow F00にて接着した試料を湿度99%、温度37°Cで24時間保存し、引張接着強さを測定した。レーザー照射したものは6グループ（A1, A2, A3, B1, B2, B3）に分類し、レーザー照射していないコントロールグループは2グループ（Cont1, 2）に分類した。それぞれのグループは、以下のとおりである〔Cont1：レーザー照射なし、Cont2：レーザー照射なし→アクセル処理→表面処理剤グリーン処理、A1：レーザー照射（C400F, パネル値 150 mJ）、A2：レーザー照射（C400F, パネル値 150 mJ）→アクセル処理→表面処理剤グリーン処理、A3：レーザー照射（C400F, パネル値 150 mJ）→NaClO→アクセル処理→表面処理剤グリーン処理、B1：レーザー照射（C400F, パネル値 150 mJ）にC800F, パネル値 30 mJを追照射、B2：レーザー照射（C400F, パネル値 150 mJ）にC800F, パネル値 30 mJを追照射）→アクセル処理→表面処理剤グリーン処理、B3：レーザー照射（C400F, パネル値 150 mJ）にC800F, パネル値 30 mJを追照射）→NaClO→アクセル処理→表面処理剤グリーン処理〕。接着試験後、接着破断面を実体顕微鏡にて観察した。また、レーザー処理後の象牙質表面に各歯面処理材で前処理を行った各グループの試料を走査電子顕微鏡にて観察した。

結果：各グループの接着強さ（平均値±標準偏差, MPa）は、以下のとおりであった〔A1 (10.5±3.5) < B1 (11.2±3.3) < A3 (13.1±2.4) < B3 (15.0±4.6) < A2 (16.7±5.5) < Cont1 (17.6±5.6) < B2 (19.2±5.9) < Cont2 (22.4±6.7)〕。Cont1, Cont2, A2, B2グループは有意にA1, B1グループより高い接着強さを示した（Fisher's PLSD test,  $\alpha=0.05$ ）が、A1, B1, A3, B3グループ間には有意差はなかった。接着試験後の破断面からCont2とB2グループは凝集破壊が多く存在し、凝集破壊が多いものほど接着強さは高い傾向にあった。レーザー照射後の象牙質表面の各種歯面処理後のSEM像から、A2, B2グループの管間象牙質は亀裂があるものの、滑沢であった。しかし、A3, B3グループでは粗雑な管間象牙質面が観察された。

結論：レーザー処理した象牙質を $\gamma$ -トリスルホン酸塩エタノール水溶液と10%クエン酸/3%塩化第二鉄水溶液で処理すると、接着強さが促進された。

キーワード：レーザー照射後の象牙質、引張接着強さ、 $\gamma$ -トリスルホン酸塩エタノール水溶液、10%クエン酸/3%塩化第二鉄水溶液

責任著者連絡先：堀田正人

〒501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851 朝日大学

TEL & FAX : 058-329-1455, E-mail : w7mhotta@dent.asahi-u.ac.jp

受付：2020年10月28日/受理：2021年1月8日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.57

## 緒 言

Er : YAG レーザーは発振波長が水の最大吸収帯と近似しており、生体に対しては為害性が少ない<sup>1)</sup>とされている。また、切削効率がエアタービンを用いた回転切削には劣るものの、治療時の不快感が少なく、殺菌効果も有する<sup>2)</sup>などの利点もあり、レーザーを用いたほうが有用な場合に特化して、歯の切削・蒸散に応用されている。しかし、象牙質に照射されたエネルギーは照射部において熱変換されて象牙質表面に熱変性層（象牙質コラーゲンの変性、微小な亀裂や魚鱗状を示す脆弱な層構造）<sup>3-6)</sup>が生じ、接着強さ試験後の破断面から、熱変性層の物性などがコンポジットレジン修復の接着強さの低下の原因と考えられている<sup>7)</sup>。また、熱変性層はEr : YAG レーザーの出力（照射エネルギー密度）によって異なり、30～90 mJ の低出力のほうが象牙質の熱変性層の厚さが減少し、接着強さも上昇するとの報告<sup>8-11)</sup>や、100 mJ<sup>12)</sup>、150 mJ の中出力、220 mJ の高出力のほうが熱変性層の厚さは減少し、接着強さが上昇するとの報告<sup>13,14)</sup>もあるが、その厚さを抑制できたとしてもレーザー照射後の象牙質表面の熱変性層は完全には除去できない。

したがって、レーザー照射による象牙質表面の熱変性層の除去を図る必要があるが、保尾ら<sup>15)</sup>は先端出力 100 mJ、10 pps でレーザー照射後、照射面をリン酸エッチング処理、球型スチールバー、スプーンエキスカベーター、エアアブレーション、スマートバーで切削し、Clearfil Mega Bond System を用いて接着操作を行い、引張接着強さを測定した結果、球型スチールバー、エアアブレーションは、レーザー非照射と有意差が認められない程度まで接着強さが回復したが、リン酸エッチング処理、スプーンエキスカベーター、スマートバーは、レーザー非照射と比べて有意に低い接着強さであったと報告している。新谷ら<sup>16)</sup>は先端出力 60 mJ、10 pps でレーザー照射後、37%リン酸水溶液 30 秒間、10%次亜塩素酸ナトリウム水溶液 90 秒間で前処理したところ、約 40  $\mu\text{m}$  の厚みの微小な亀裂や魚鱗状の層状構造物は観察されなくなり、平坦で漏斗状に開口した象牙細管が明瞭に観察されたと報告している。福田ら<sup>10)</sup>は低出力でレーザー照射した象牙質表面を 10%次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理し、その後、*p*-トルエンスルフィン酸塩エタノール水溶液（アクセル）で処理し、Clearfil Mega Bond System を用いて接着し、薄膜接着強さを測定した結果、レーザー非照射面と同程度の接着強さを示したとしている。さらに、齶蝕組織除去の方法としてEr : YAG レーザーを用いる場合、10-MDP を配合した接着剤には接着強さを高める特性がみられ<sup>17,18)</sup>、接着界面には樹脂含浸

層は観察されず、細いレジクタグがレーザー照射表層下の層まで貫通している様子が認められたとの報告<sup>19)</sup>もある。

したがって、本研究はEr : YAG レーザー照射後の象牙質面に生成する熱変性層を改質し、コンポジットレジンの接着強さを回復させるために低出力追照射および歯面処理の効果を検討することを目的とした。そこで、Er : YAG レーザーで健全象牙質表面を高出力にて照射後、低出力で追照射し、その後、アクセルで処理し、さらに、10%クエン酸/3%塩化第二鉄水溶液（表面処理剤グリーン）による処理を行ったものと、同様の方法でレーザー照射した象牙質に6%次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理した後、アクセルで処理を行い、その後、表面処理剤グリーンによる処理をしたものにClearfil Mega Bond System を用いて接着させて引張接着強さを測定し、非照射の健全象牙質研磨面の接着強さと比較検討した。

## 材料および方法

### 1. 供試材料

被験歯は肉眼的に齶蝕や修復、着色を認めないヒト新鮮抜去白歯を用いた。抜去歯は精密低速切断機(Isomet, Buehler, USA) を用いて歯軸に垂直に切断し、象牙質を露出させて、耐水研磨紙 #800 にて注水下で研削後、37°C蒸留水中に 24 時間保管した湿潤状態のものを被照射面とした。なお、抜去歯については朝日大学歯学部倫理委員会の承認（受付番号第 25148 号）を得ている。

### 2. Er : YAG レーザーの照射条件

レーザー装置はEr : YAG レーザー（Erwin Adverl, モリタ製作所）を用い、チップと照射エネルギーの設定は（C400F, パネル値 150 mJ）と（C800F, パネル値 30 mJ）の 2 種類を使用し、パルス値は 10 pps とした。各被照射面には注水下（4 ml/sec）、エア最大で、照射ごとにチップは毎回新品と交換した。象牙質被照射面はXYZ 軸フラットステージ（SIGMA KOKI）に固定し、レーザー先端と象牙質被照射面との距離はC400F 照射時には 1.0 mm、C800F 照射時には 0.5 mm として 1.0 mm/sec の速度で 200  $\mu\text{m}$  ずつステージを動かしながら照射した。

### 3. 引張接着強さ試験

#### 1) 試料の作製

耐水研磨紙 #800 で研磨した接着用試験試料である象牙質面をClearfil Mega Bond（クラレノリタケデンタル）を用いて、メーカーの指示書どおりにセルフエッチングプライマー処理とボンディング処理を行った後、内径 3.0 mm、深さ 2.0 mm のテフロンモールドにコンポジット

**Table 1** Main component of the used materials in this study

Materials	Lot. No.	Manufacturer	Main component
Adhesive : Clearfil Mega Bond	4H0087	Kuraray Noritake Dental	Primer : MDP, HEMA, Water, Multifunctional methacrylate, Photoinitiator
	4B0138		Bond : MDP, HEMA, Multifunctional methacrylate, Microfiller, Photoinitiator
Texant (Irrigating agent)	569601	Sioe Pharmaceutical	6% sodium hypochlorite
Accel (Reducing agent)	TV1	Sun Medical	Ethanol, Water, <i>p</i> -toluenesulfonate salt
Green Conditioner	SF2	Sun Medical	3% FeCl <sub>3</sub> , 10% citric acid
Resin Composite : Beautifil Flow F00 (A2)	031892	Shofu	Bis-GMA, TEGDMA, Glass filler

Bis-GMA : bisphenol-A diglycidyl methacrylate, HEMA : 2-hydroxyethyl methacrylate, MDP : 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, TEGDMA : triethylenglycol dimethacrylate

**Table 2** Preparation of specimens

Group	Preparation
Cont1	No Irradiation→Mega Bond→Beautifil Flow
Cont2	No Irradiation→Accel→Green Conditioner→Mega Bond→Beautifil Flow
A1	Irradiated with C400F→Mega Bond→Beautifil Flow
A2	Irradiated with C400F→Accel→Green Conditioner→Mega Bond→Beautifil Flow
A3	Irradiated with C400F→Texant→Accel→Green Conditioner→Mega Bond→Beautifil Flow
B1	Irradiated with C800F following C400F→Mega Bond→Beautifil Flow
B2	Irradiated with C800F following C400F→Accel→Green Conditioner→Mega Bond→Beautifil Flow
B3	Irradiated with C800F following C400F→Texant→Accel→Green Conditioner→Mega Bond→Beautifil Flow

トレジン (Beautifil Flow F00 (A2), 松風) を充填し、光照射器 (Blue Lex, 1,000 mW/cm<sup>2</sup>, ヨシダ) により中央部, 左右から光照射 (20 秒間) を行って接着させたものをコントロール 1 (Cont1) とした。接着用試験試料にアクセル (サンメディカル) 処理を 5 秒間行った後, 乾燥し, 次に表面処理剤グリーン (サンメディカル, 以下, 10-3 と略す) で 5 秒間処理し, 水洗乾燥後, Cont1 と同様に接着操作を行ったものをコントロール 2 (Cont2) とした。接着用試験試料を C400F (パネル値 150 mJ) でレーザー照射した試料に Cont1 と同様に接着操作を行ったものを A1 グループとした。C400F (パネル値 150 mJ) でレーザー照射した試料にアクセル処理を 5 秒間行った後, 乾燥し, 10-3 で 5 秒間処理し, 水洗乾燥後, Cont1 と同様に接着操作を行ったものを A2 グループとした。C400F (パネル値 150 mJ) でレーザー照射した試料にテキサント (シオエ製薬: 6% 次亜塩素酸ナトリウム) で 10 秒間処理し, アクセル処理を 5 秒間行った後, 乾燥し, 10-3 で 5 秒間処理し, 水洗乾燥後, Cont1 と同様に接着操作を行ったものを A3 グループとした。C400F (パネル値 150 mJ) でレーザー照射した試料を C800F (パネル値 30 mJ) で追照射し, A1 グループと同様の歯面処理と接着操作を行ったものを B1 グループとした。C400F

(パネル値 150 mJ) でレーザー照射した試料に C800F (パネル値 30 mJ) で追照射し, A2 グループと同様の歯面処理と接着操作を行ったものを B2 グループとした。C400F (パネル値 150 mJ) でレーザー照射した試料に C800F (パネル値 30 mJ) で追照射し, A3 グループと同様の歯面処理と接着操作を行ったものを B3 グループとした。レーザー処理後の象牙質表面に使用した歯面処理剤, 接着システム, コンポジットレジン は Table 1 に, それぞれのグループの処理条件をまとめたものは Table 2 に示した。各グループの試料は 10 個ずつ作製した。

#### 2) 引張接着強さ試験と統計処理

引張接着強さの測定は接着後, 37°C, 湿度 99% の状態で 24 時間保管してオートグラフ AGS-5kNX (島津製作所) によりクロスヘッドスピード 0.5 mm/min にて引張り, 破断時の値を単位面積当たりに換算して引張接着強さ (MPa) とした。測定値は有意水準 5% にて二元配置分散分析 (ANOVA) を行った後, 多重比較検定 (Fisher's PSLD) にて統計処理した。

#### 4. 接着強さ試験後の破壊形式の観察

引張接着強さ試験後の接着試験片の象牙質側とレジン側の破断面について, 実体顕微鏡にて破壊像の観察を行った。破壊形式の判定は界面の露出が 70% 以上のもの

**Table 3** Summary of 2-way analysis of variance for tensile bond strength measurement

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	p
Corrected model	936.405 <sup>a</sup>	7	133.772	4.900	.000
Intercept	15,694.825	1	15,694.825	574.905	.000
Laser	373.254	2	186.627	6.836	.002
Condition	482.151	2	241.075	8.831	.000
Laser×Condition	21.701	3	7.234	.265	.850
Error	1,528.792	56	27.300		
Total	18,253.120	64			
Corrected total	2,465.197	63			

a. R squared=.380 (Adjusted R squared=.302)

を界面破壊、象牙質あるいはレジンの付着が70%以上のものをそれぞれの凝集破壊(被着体破壊)、それ以外のものを混合破壊として分類し、評価した。

#### 5. レーザー処理後象牙質に各種歯面処理材で前処理を行った象牙質表面のSEM観察

レーザー処理後の象牙質表面を引張接着強さ試験における各グループと同様の歯面処理材で前処理した各試料をカーボン試料台に固定後、真空乾燥し、オスミウムコーティング装置(HP-IS, 真空デバイス)で導電処理を行った。その後、走査電子顕微鏡(S4000, 日立)を用いて、加速電圧10 kVの条件で象牙質表面のSEM観察を行った。なお、試料数は各グループにつきそれぞれ3個とした。

## 結 果

### 1. 引張接着強さ

Table 3に二元配置分散分析の結果を示す。レーザー照射の違い(F=6.836, p=0.002)および歯面処理の違い(F=8.831, p=0.000)は引張接着強さに有意な影響を与えたが、レーザー照射の違いと歯面処理の違いの交互作用(F=0.265, p=0.850)は引張強さに有意な影響を与えなかった。引張接着強さを測定した8グループの値(平均値±標準偏差)と多重比較検定の結果を、Table 4に示す。それぞれの象牙質面の歯面処理条件の違いによる接着強さの平均値を接着強さの小さい順に示すと、A1<B1<A3<B3<A2<Cont1<B2<Cont2であった。統計処理の結果、Cont1に対して、有意に接着強さが低かったのはA1グループとB1グループで、レーザー照射処理後の象牙質に対して歯面処理材による前処理をしなかったグループのみであった(p<0.05)。Cont1に対して2種類のレーザー処理後、2種類の前処理を行ったA2, B2, A3, B3のグループの間には、有意差はなかった(p>0.05)。しかし、Cont2に対してはB2グループのみが有意差がなく、同程度の引張接着強さであった(p

**Table 4** Tensile bond strength on human dentin with various surface pretreatments after irradiation of Er:YAG laser

Group	Tesile bond strength(mean±standard deviation)
Cont1	17.6±5.6 a, b, c
Cont2	22.4±6.7 a
A1	10.5±3.5 d
A2	16.7±5.5 b, c
A3	13.1±2.4 c, d
B1	11.2±3.3 d
B2	19.2±5.9 a, b
B3	15.0±4.6 b, c, d

Different letters indicated statistically significant (p<0.05).

>0.05)。また、A3, B3グループはレーザー処理後、前処理を行わなかったA1, B1グループと有意差は認められなかった(p>0.05)。

### 2. 接着強さ試験後の接着破壊形式

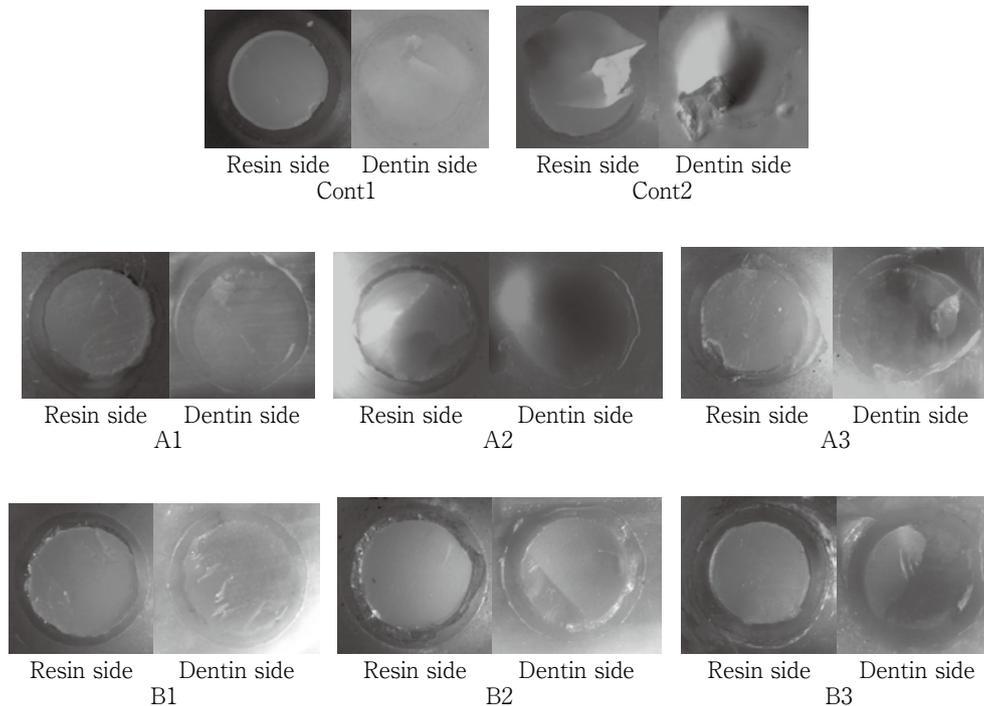
Table 5に示すように、Cont1には界面破壊はなく、混合破壊が多かった。また、被着体破壊はレジン内での凝集破壊が多かった。Cont2も混合破壊と被着体破壊であったが、Cont1より被着体破壊の割合が増加し、象牙質内での凝集破壊も多かった。A1とB1グループは界面破壊の試料もあり、混合破壊の割合が多かった。象牙質との接着破壊面には象牙質側にレーザー照射の際の凹凸が窺え、B1よりA1のほうがより粗な面であった。A2とB2では界面破壊はなく、混合破壊と被着体破壊であり、A2に比べてB2のほうが被着体破壊の割合が多かった。A3とB3も界面破壊はなく、混合破壊と被着体破壊であった。A3とB3の混合破壊の様相から、象牙質側の界面破壊部はA1やB1に認められたレーザー照射による凹凸は認められなかった。

Fig. 1に、各グループにおける接着強さ試験後の破断面のレジン側と象牙質側の実体顕微鏡像の代表例を示

**Table 5** Assessment results of failure mode after tensile bond strength measurement

Group	A1	A2	A3	B1	B2	B3	Cont1	Cont2
	2/5/3	0/6/4	0/5/5	1/6/3	0/2/8	0/4/6	0/6/4	0/2/8

The type of failure mode : adhesive failure/mixed failure/cohesive failure in dentin or resin

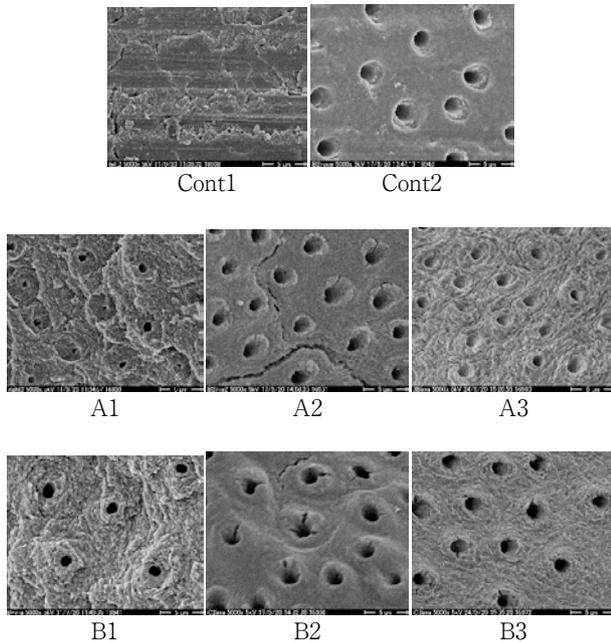
**Fig. 1** Representative images of fracture surface after tensile bond strength testing of each chemical pretreatment (prior to adhesive procedures) group

Groups Cont1, A3, and B2 showed an example of the cohesive failure in the resin composite. Groups Cont2 and A2 showed an example of the cohesive failure in the dentin. Groups A1, B1, and B3 showed an example of the mixed failure.

す。コントロールグループの Cont1 はレジン内での凝集破壊（被着体破壊）の代表例を、Cont2 は象牙質内での凝集破壊を示す。A1 グループは混合破壊の代表例を示し、象牙質側の表面にはレーザー照射による凹凸と象牙質に接着して残存したレジンが認められた。A2 グループは象牙質内での凝集破壊の代表例を、A3 グループはレジン内での凝集破壊の例を示す。B1 グループは混合破壊の例を示し、A1 グループと同様に象牙質側の表面にはレーザー照射による凹凸と象牙質に接着した残存レジンが認められた。B2 グループはレジン内での凝集破壊の例を、B3 グループは混合破壊の例を示し、象牙質側の表面にレーザー照射による凹凸のない象牙質面と象牙質に接着した残存レジンが認められた例である。

### 3. レーザー処理後の象牙質に各種歯面処理材で前処理を行った象牙質表面の SEM 像

Fig. 2 に各グループの象牙質表面の代表例の SEM 像を示す。Cont1 グループの象牙質表面はスミヤ層で覆われていた。Cont2 はスミヤ層が除去され、スミヤプラグも除去され、管周象牙質の脱灰が認められ、象牙細管口がロート状に拡大していた。A1, B1 もスミヤ層は認められず、Er:YAG レーザーのダメージを受け、鱗片状の粗糙感を呈していた。象牙細管は開口していた。A2, B2 もスミヤ層は認められず、鱗片状の粗糙感はなく、管間象牙質は比較的滑沢であり、A2 に比べて、B2 のほうがさらに滑沢であった。しかし、A2, B2 ともに管間象牙質と管周象牙質に亀裂の残留が認められた。A3, B3 もスミヤ層は認められず、A1, B1 に



**Fig. 2** SEM photograph of the morphological aspects of the non-lased (Cont1, 2) and lased dentin surfaces followed by the chemical pretreatment (prior to adhesive procedures)

Groups A2 and B2 produced a more homogeneous smooth inter-tubular dentin surface, however, micro-cracks were clearly detectable on the peritubular and inter-tubular dentin surface. Groups A3 and B3 showed roughening of inter-tubular dentin surface.

比べると表面の凹凸は小さく、鱗片状の粗糙感は認められないものの、A2、B2に比べると管間象牙質は粗糙感を呈していた。

## 考 察

岩田ら<sup>20)</sup>は1ボトル1ステップのボンディングシステムに着目し、Er:YAGレーザー照射後のエナメル質および象牙質に対する引張接着強さ試験について検討し、象牙質では非照射と比べ接着強さが低下する傾向を認めている。すなわち、Er:YAGレーザー照射後の歯質に対し、接着性コンポジットレジン修復を行う場合、1ボトル1ステップのボンディングシステムをそのまま適用することは、臨床的に予後不良となる可能性があるとして述べている。そこで、本研究ではレーザー照射後の象牙質に高い接着力を有するとされ、未反応の酸性基が歯質に残存するCaイオンと化学的に反応する<sup>21)</sup>と考えられるMDPを含有する2ステップタイプのセルエッチングプライマーとボンディング材を用い、レーザー照射された象牙質との接着強さの向上を目的に、レーザー照射した

場合の熱変性層に注目して実験を行った。まず、高出力のレーザー照射による象牙質の熱ダメージを少なくするために低出力のレーザー照射による追照射を行い、比較検討した。また、6%次亜塩素酸ナトリウム処理による熱変性コラーゲン線維除去の効果、脆弱な象牙質変性層の除去、ボンディング材の拡散浸透と重合促進効果を目的に、還元剤（アクセル：カートルエンスルフィン酸塩エタノール水溶液）処理とFe<sup>3+</sup>を含む10-3処理により接着強さが促進されるかどうか引張接着強さ試験を行って評価した。

その結果、今回の初期接着強さの試験結果では、レーザー照射後の象牙質に歯面処理材による前処理を行わずにボンディング処理をしたものに比較して統計学的に有意に接着強さが大きかったのはレーザー照射後の象牙質に対してアクセル処理と10-3処理を行ったもの（A2とB2グループ）であった。6%次亜塩素酸ナトリウムとアクセル処理と10-3処理の併用では、レーザー処理後に前処理を行わず接着したものとの間には有意差は認められなかった。このことから、アクセル処理により残存した次亜塩素酸ナトリウムは中和し、塩化ナトリウムと芳香族スルホン酸ナトリウムに変化し、接着阻害因子である次亜塩素酸ナトリウムを除去することはできたが、ボンディングレジン浸透や重合を促進させるには十分ではなかったのではないかと考えられた。特に今回の実験では、60秒間までの次亜塩素酸ナトリウム処理実験を行い、処理時間が長くなるに従って象牙質のボンディング材の接着強さは低下することが報告<sup>22)</sup>されていることから、次亜塩素酸ナトリウム処理の時間を10秒間と短くしたが、象牙質に対する接着強さは大きくなる傾向は示したものの、有意差は得られなかった。さらに、次亜塩素酸ナトリウムの残留やコラーゲン線維と次亜塩素酸ナトリウムによる反応生成物<sup>23)</sup>がボンディング材の重合を阻害し、象牙質表面へのモノマーの浸透を抑制した可能性が考えられた。また、レーザー処理後に6%次亜塩素酸ナトリウムで処理後、アクセル処理と10-3処理を併用したグループ（A3とB3）の象牙質表面のSEM像は管間象牙質の様相がA2とB2グループとは異なり粗糙感を呈しており、レーザー処理後の象牙質表面に対するクリーニング効果がA2とB2グループに比べると劣っていた。この粗糙部分は、コラーゲン線維と次亜塩素酸ナトリウムによる反応生成物の可能性が考えられた。

また、レーザー非照射の象牙質においてもアクセル処理と10-3処理により接着強さが向上する傾向にあることから、特に今回使用したClearfil Mega Bond Systemには10-3処理とアクセル処理が接着向上に有効である可能性が考えられた。ボンディング材の拡散浸透と重合促進効果については杉山ら<sup>24)</sup>もAQボンドとAQボンド

プラスの接着強さ試験の比較を行って、AQ ボンドプラスが接着強さの向上を示したのはカトルエンスルフィン酸塩にアミンを添加して歯質脱灰能と重合性を向上させたことで良質の接合層が形成されたことによると述べている。

象牙質に対する接着強さ試験後の破壊形式は、被着面の処理あるいは象牙質への浸透や拡散能、ボンディング材の重合硬化性などに影響を受けると考えられている<sup>25,26)</sup>。基本的には、接合の最弱部から破壊されると考えられている接着強さ測定後の破断像からその試料の最弱部が判定できる。今回の接着強さ測定後の破断面から、象牙質が破壊された被着体破壊を示すものが多く存在した。これは、それぞれのグループの象牙質の機械的強度に近い値の接着強さを示したものと考えられた。Cont2のように健全象牙質との接着の場合の象牙質被着体破壊は、接着強さが大きかった。しかし、レーザー照射した象牙質の試料では、亀裂、鱗片状の粗糙感を呈する脆弱となった熱変性象牙質層が存在する。低出力でレーザー照射した象牙質はこの層が薄く、アクセルと10-3の併用で処理しても管間象牙質や管周象牙質の亀裂は残存するが、管間象牙質の鱗片状の粗糙部分はなく、比較的滑沢なものとなり、ボンディング材が良好な浸透性と優れた重合性を示したのではないかと思われた。一方、高出力でレーザー照射した象牙質は熱変性層が厚く、アクセル処理と10-3処理の併用によっても低出力で照射したものより熱変性層が残存したために、接着強さはより低くなったと考えられた。

低出力でのレーザー照射後に37%リン酸エッチングを併用すると接着強さは健全な象牙質と同等の接着力を示したとの報告<sup>27)</sup>もあるほか、Nahasら<sup>11)</sup>はコラーゲンに影響を与えなかったのは60 mJ (20.769 J/cm<sup>2</sup>)で、低出力を推奨すると述べている。また、Alaghehmandら<sup>28)</sup>も報告しているように、象牙質内で凝集破壊を示すものが必ずしも高い接着強さを示すとは限らず、熱変性層に対してボンディング材が浸透していたとしてもこの層は物性が脆弱で接着強さの発現に寄与しなかった可能性もあると考えられた。塩化第二鉄は脱灰後のコラーゲンの変性を抑制し、物質透過性を高めることから、10-3処理は拡散能に優れていることが報告<sup>29)</sup>されており、モノマーの拡散が十分であると被着体の凝集破壊が多くなると考えられた。したがって今後、アクセル処理と10-3処理によってレーザー照射した象牙質に対してボンディング材のモノマーがどの程度拡散浸透して重合しているかを確認評価し、接着耐久性にどの程度寄与するのかを明らかにしたいと考えている。

## 結 論

Er : YAG レーザー照射象牙質面に生成する熱変性層を改質しコンポジットレジン接着強さを回復させるため、低出力による追照射、アクセル+10-3処理、6%次亜塩素酸ナトリウム水溶液処理について比較検討した。その結果、レーザー照射後の象牙質に歯面処理材による前処理を行わずに接着したものと比較して統計学的に有意に接着強さが大きかったのはレーザー照射後の象牙質にアクセル処理と10-3処理を行ったもので、レーザー照射後の象牙質に6%次亜塩素酸ナトリウム処理し、さらにアクセル処理と10-3処理をしたものは接着上昇傾向があったものの有意差は示さなかった。また、低出力で追照射したものの、接着上昇傾向はあったが、有意差はなかった。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- Hibst R, Keller U, Steiner R. The effect of pulsed Er: YAG laser radiation on dental tissues. *Laser Med Surg* 1988; 4: 163-165.
- 高橋雄介, 吉岡靖介, 朝日陽子, 永山智崇, 野村由一郎, 林 美加子. う蝕象牙質除去後の残存細菌に Er : YAG レーザーが与える影響. *日歯保存誌* 2013 ; 56 : 1-8.
- Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, Ando Y, Yamamoto H. Comparison between Er: YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res* 1998; 77: 1404-1414.
- 岩田有弘. Er : YAG レーザー照射歯質に対する研究. *日歯保存誌* 2002 ; 45 : 147-158.
- Omae M, Shinnou Y, Tanaka K, Abo T, Nakata T, Suzuki K, Hatsuoka Y, Iwata N, Yoshikawa K, Nishitani Y, Yamamoto K, Yoshiyama M. XPS analysis of the dentin irradiated by Er: YAG laser. *Dent Mater J* 2009; 28: 471-476.
- 榊原康智, 石丸和俊, 高水正明. Erbium : YAG レーザー照射象牙質の接着に関する研究. *日歯保存誌* 1998 ; 41 : 207-219.
- 岩田有弘, 岩田圭司, 藤戸 寛, 吉川一志, 井上昌孝, 井上正義. Er : YAG レーザー照射に関する研究 (第2報) エオジン濃染層について. *日歯保存誌* 2001 ; 44 : 810-816.
- 須原秀直. エルビウムヤグレーザー照射した象牙質とコンポジットレジンの接着性: レーザー追照射の影響. *接着歯学* 2002 ; 20 : 49-58.
- de Carvalho RC, de Freitas PM, Otsuki M, de Eduardo

- CP, Tagami J. Micro-shear bond strength of Er: YAG-laser-treated dentin. *Lasers Med Sci* 2008; 23: 117-124.
- 10) 福田隆光, 山本敦彦, 小竹宏朋, 堀田正人. 象牙質とレジンの接着強さに及ぼす Er: YAG レーザーの各種照射条件の影響. *日歯保存誌* 2014; 57: 452-462.
- 11) Nahas P, Zeinoun T, Namour M, Ayach T, Nammour S. Effect of Er: YAG laser energy densities on thermally affected dentin layer: Morphological study. *Laser Therapy* 2018; 27: 91-97.
- 12) Aizawa K, Kameyama A, Kato J, Amagi T, Takase Y, Kawada E, Oda Y, Hirai Y. Resin bonding to dentin irradiated by high repetition rate Er: YAG laser. *Photomed Laser Surg* 2006; 24: 397-401.
- 13) 山本憲廣. エルビウムヤグレーザー照射した象牙質とコンポジットレジンの接着性 プライマーの組成とレーザー出力について. *日歯保存誌* 2000; 43: 1123-1131.
- 14) 鶴田あゆみ, 成橋昌剛, 堀江 卓, 松井 治, 富士谷盛興, 千田 彰. Er: YAG レーザー照射象牙質に対するレジ添加型ガラスイオノマーセメントの接着性について. *日歯保存誌* 2014; 57: 313-324.
- 15) 保尾謙三, 高 波, 岩田有弘, 吉川一志, 王 人可, 黄 定明, 山本一世. Er: YAG レーザー照射象牙質への前処理がコンポジットレジンの接着強さに与える影響について. *日歯保存誌* 2016; 59: 489-496.
- 16) 新谷英明, 富士谷盛興, 播磨貴裕, 黒崎紀正, 平井義人, 戸田忠夫, 岡崎正之, 高田 隆. 歯牙硬組織切削用レーザーによる象牙質切削に関する研究. *歯医学誌* 2003; 22: 62-69.
- 17) Shirani F, Birang R, Malekipur M, Zeilabi A, Shahmoradi M, Kazemi S, Khazaei S. Adhesion to Er: YAG laser and bur prepared root and crown dentine. *Aust Dent J* 2012; 57: 138-143.
- 18) Donmez N, Gungor AS, Karabulut B, Siso SH. Comparison of the micro-tensile bond strengths of four different universal adhesives to caries-affected dentin after ER: YAG laser irradiation. *Dent Mater J* 2019; 38: 218-225.
- 19) He Z, Chen L, Shimada Y, Tagami J, Ruan S. Evaluation of sub-surface penetration and bonding durability of self-etching primer systems to Er: YAG laser treated cervical dentin. *Dent Mater J* 2017; 36: 174-181.
- 20) 岩田有弘, 横田啓太, 廣田陽平, 保尾謙三, 吉川一志, 山本一世. 1 ボトル 1 ステップシステムの Er: YAG レーザー照射歯質に対する接着. *日歯誌* 2015; 26: 17-27.
- 21) Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, Osaka A, Meerbeek BV. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res* 2012; 91: 376-381.
- 22) Pergigao J, Lopes M, Geraldeli S, Lopes GC, Garcia-Godoy F. Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater* 2000; 16: 311-323.
- 23) Daumer KM, Khan AU, Steinbeck MJ. Chlorination of pyridinium compounds. Possible role of hypochlorite, N-chloramines and chlorine in oxidation of pyridinoline cross-links of articular cartilage collagen type II during acute inflammation. *J Biol Chem* 2000; 275: 34681-34692.
- 24) 杉山貴則, 山本憲廣, 森 俊幸, 平山聡司, 谷本安浩, 根本君也, 池見宅司. 新規ワンステップ型ボンディング材の歯質接着性. *日歯保存誌* 2003; 46: 474-482.
- 25) Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982; 16: 265-273.
- 26) Inokoshi S, Hosoda H, Harnirattisai C, Shimada Y. Interfacial structure between dentin and seven dentin bonding systems revealed using argon ion beam etching. *Oper Dent* 1993; 18: 8-16.
- 27) Chen M, Ding J, He Y, Chen Y, Jiang Q. Effect of pre-treatment on Er: YAG laser-irradiated dentin. *Lasers Med Sci* 2015; 30: 753-759.
- 28) Alaghehmand H, Nasrollah FN, Nokhbatolfighahaei H, Fekragad R. An in vitro comparison of the bond strength of composite to superficial and deep dentin, treated with Er: YAG laser irradiation or acid-etching. *J Lasers Med Sci* 2016; 7: 167-171.
- 29) 平沼克己. クエン酸で脱灰された湿潤象牙質への接着. *歯材器* 1997; 16: 449-457.

# Effect of Chemical Pretreatment of Er: YAG Laser Irradiated Dentin on Resin-lased Dentin Bond Strength

HOTTA Masato, MURASE Yuki<sup>1</sup>, SAKU Seitaro<sup>2</sup>,  
NAKAGAWA Takeharu<sup>3</sup>, KUSAKABE Shusuke<sup>1</sup>, TAKAGAKI Tomohiro<sup>1</sup>  
and NIKAIDO Toru<sup>1</sup>

Asahi University

<sup>1</sup>Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation,  
Asahi University School of Dentistry

<sup>2</sup>Saku Dental Clinic

<sup>3</sup>Nakagawa Dental Office

## Abstract

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the effect of irradiation of low-power Er: YAG laser and chemical pretreatment after irradiation of high-power Er: YAG laser to promote the tensile bond strength (TBS) of the resin-lased dentin interface.

**Methods:** Extracted human molars were prepared with flat dentin surfaces, and ground with wet 800-grit silicon carbide paper. The specimens were set on an X-Y-Z moving stage and mechanically irradiated at an energy setting of 150 mJ (C400F)/10 pps and/or 30 mJ (C800F)/10 pps while being sprayed with cooling water. We chose 6% sodium hypochlorite (NaClO), *p*-toluenesulfinate (Accel) and 10% citric acid/3% ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>/citric acid) as chemical pretreatment agents. Then, the Clearfil Mega Bond System and resin composite (Beautifil Flow F00) were placed. The TBS was measured after storage for 24 hours in an environment with 99% humidity at 37°C. The irradiated specimens were divided into six groups (A1, A2, A3, B1, B2, B3, n=10), and a control group (Cont1, 2, n=10) that did not receive any laser irradiation. Each group was follows: {Cont1: No irradiation, Cont2: No irradiation→Accel→FeCl<sub>3</sub>/citric acid, A1: Irradiation with C400F, A2: Irradiation with C400F→Accel→FeCl<sub>3</sub>/citric acid, A3: Irradiation with C400F→NaClO→Accel→FeCl<sub>3</sub>/citric acid, B1: Irradiation with C400F and C800F, B2: Irradiation with C400F and C800F→Accel→FeCl<sub>3</sub>/citric acid, B3: Irradiation with C400F and C800F→NaClO→Accel→FeCl<sub>3</sub>/citric acid}. After the TBS testing, the type of failure was inspected by a stereomicroscope. The pretreatment conditioning patterns of the lased dentin were evaluated under SEM.

**Results:** The order of the TBS (mean value±SD, MPa) for each group was follows: A1 (10.5±3.5) < B1 (11.2±3.3) < A3 (13.1±2.4) < B3 (15.0±4.6) < A2 (16.7±5.5) < Cont1 (17.6±5.6) < B2 (19.2±5.9) < Cont2 (22.4±6.7). The TBS of groups Cont1, Cont2, A2 and B2 were significantly higher than those of groups A1 and B1. Moreover, there was no significant difference among groups A1, B1, A3 and B3 (Fisher's PLSD test, *p*<0.05). The predominant mode of failure of groups B2 and Cont2 exhibited cohesive failure of adhesive or tooth substrate. There was a clear tendency that more cohesive failures occurred in the groups with higher TBS. From SEM observation of the chemical pretreated dentin surface, groups A2 and B2 produced a more homogeneous smooth inter-tubular dentin surface, however, micro-cracks were clearly detectable on the peritubular and inter-tubular dentin surface. Groups A3 and B3 showed roughening of the inter-tubular dentin surface.

**Conclusion:** Within the limitations of this study, it is concluded that *p*-toluenesulfinate and FeCl<sub>3</sub>/citric acid conditioning have the effect of promoting resin bonding to irradiated dentin.

**Key words:** lased dentin, tensile bond strength, *p*-toluenesulfinate, FeCl<sub>3</sub>/citric acid conditioning

## セルフエッチング能を有するデュアルキュア型改良根管充填用シーラーの除去性評価について

小林 鷹 小倉 陽子 宮下 葉月  
中山 竣太郎 関谷 美貴 西田 太郎  
前田 宗宏 五十嵐 勝

日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座

### 抄録

目的：レジン系シーラーは根管壁への接着性から、再根管治療時の除去が困難とされている。本研究は、メタシール Soft (以下, MSS) と、エックス線造影性向上のために次炭酸ビスマス含有量を増加したメタシール Soft ペースト (以下, MSSP) およびその他の一般的なシーラーについて、再根管治療時の充填材除去における除去時間と根管に残存率について検討を行った。

材料と方法：研究には、30度の湾曲根管を有する透明樹脂製根管模型を48個用い、作業長を12.5 mmとした。EndoWave と TriAutoZX2 を用いて、最終拡大30/06サイズまで根管を拡大形成した。根管形成後、4種類の根管充填用シーラー：キャナルス (以下, CA), MSS, MSSP, AH Plus jet (以下, AP) を使用した。根管充填はシングルポイント群と、シーラーのみを充填する群の2つに分けられた (n=24)。最終拡大ファイルと同サイズのファイルを用いて根管充填材を除去した。除去開始からファイルが作業長に到達するまでの時間を測定し、除去時間とした。また、各試料をMicro-CTで撮影し、三次元画像処理ソフトを用いて根尖側3 mmに残存した根管充填材の体積を計測し、割合を算出して統計学的分析を行った。

結果：シングルポイント充填群の除去時間は、MSS群<MSSP群<CA群<AP群の順に短かった。MSS群とMSSP群間およびMSS群とCA群間では、MSS群が有意に短時間であった (p<0.05)。CA群とMSSP群に差はなかった。シーラー充填群では、MSS群<CA群<MSSP群の順に短く、3群ともシングルポイント充填群より短い時間で作業長まで到達した。また、すべての材料間で有意差が認められた (p<0.05)。根尖側3 mmの範囲に残存する充填材の量は、シングルポイント充填群ではMSS群<MSSP群<CA群の順に少なかった。MSS群とCA群間およびMSSP群とCA群間に有意差が認められた (p<0.05)。シーラー充填群では、MSS群<CA群<MSSP群の順に少なかった。CA群とMSSP群間およびMSS群とMSSP群間に有意差が認められた (p<0.05)。

結論：MSS と MSSP は、次炭酸ビスマス含有量の影響を受けず、CA と同等または優位な除去性を示した。

キーワード：接着性レジン系シーラー、除去性、造影剤

責任著者連絡先：小林 鷹

〒102-8159 東京都千代田区富士見1-9-20 日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座

TEL : 03-3261-5698, FAX : 03-5216-3718, E-mail : y-kobayashi2118002@tky.ndu.ac.jp

受付：2020年11月15日/受理：2021年1月19日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.66

## 緒 言

根管治療において、無菌化された根管に緊密な充填を行うことは、重要な要件の一つである。根管充填用シーラーは、ガッタパーチャポイントなどのコア材と根管壁との隙間を埋め、根尖端部の根尖に死腔を作らないために重要な役割を担っており、緊密な根管充填を行うためには不可欠である。

根管充填用シーラーは治療概念の潮流に伴い進化し続けており、酸化亜鉛ユージノール系シーラーはその歴史が長い。根管充填材の所要性質の一つにエックス線造影性があるが、粉末成分にシルバー粒子を含有したシーラーは、側枝や副根管に填入したシーラーがエックス線写真上でも確認できるほどの造影性を有する<sup>1)</sup>一方、歯の変色の原因となる欠点があった<sup>2)</sup>。造影剤に次炭酸ビスマスや硫酸バリウムが使用されて以降は、良好な封鎖性や抗菌性・操作性が示され<sup>3)</sup>、現在にいたるまで長い間、広く臨床の場で使用されている。しかし、液剤の主成分であるユージノールが根尖歯周組織に炎症を誘発するという報告<sup>4,5)</sup>から、現在では非ユージノール系のシーラー<sup>6,7)</sup>やユージノール濃度を低減させたシーラー<sup>8)</sup>が開発されている。

水酸化カルシウム系シーラーは、根尖歯周組織の病変に対する治癒促進効果を期待して使用される<sup>9)</sup>。根管消毒を目的に貼薬剤として使用する際と同様に、強アルカリ性による抗菌効果<sup>10)</sup>や根管充填後の根尖孔部への硬組織誘導能が確認<sup>11)</sup>されている。ところが、それらの治療効果はシーラー硬化後の持続的なカルシウムイオンの放出から起こるため、溶解性が高いとも報告されている<sup>12,13)</sup>。

シリコン系シーラーは、酸化亜鉛ユージノール系、非酸化亜鉛ユージノール系、水酸化カルシウム系シーラーに比べ優れた寸法安定性<sup>14)</sup>をもち、硬化時間、流動性においても良好な研究結果が報告されている<sup>15)</sup>。しかし、流動性の高さから根管の不規則な形態には馴染みやすいが、根管象牙質とは化学的に結合しない。

レジン系シーラーも古くから応用されており、主にエポキシレジン系とメタクリレートレジン系の2種類がある。エポキシレジン系シーラーのAH Plus jet (Dentsply Sirona, Germany, 以下, AP) は2ペーストからなり、練和した直後からモノマーが末端エポキシ基や末端アミノ基と逐次重合反応することで硬化する<sup>16)</sup>。造影性・溶解性や寸法安定性などの物性も良好であるため<sup>12,16)</sup>、臨床応用されている。一方、歯冠修復の分野において接着技術が進歩すると、4-META や HEMA などをモノマーとするメタクリレートレジン系シーラーが根管治療にも

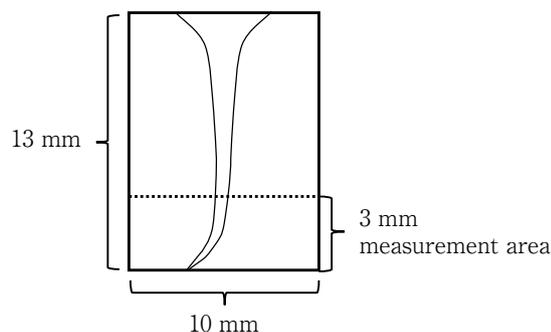
応用されるようになった。当初はシーラー使用前に根管象牙質に対する歯面処理操作が必要であり、また、狭小な根管に対しての歯面処理操作が困難であったが、現在では改良を重ね操作性が向上したセルフアドヒーズタイプとデュアルキュアタイプの2種類に変化している。根管充填材と根管壁を化学的に接着させることで歯根を一体化させるモノブロック<sup>17)</sup>という概念が広く認識された今日では、レジン系シーラーはさまざまな実験においても良好な根尖封鎖性を有するとの報告がある<sup>18,19)</sup>。しかし、この最大の利点ともいえる歯質接着性は、再度根管治療が必要となった際に充填材の除去を妨げるとする考えもあり、歯質接着性シーラーの除去性に関する研究も盛んに行われている<sup>20-24)</sup>。

メタシール Soft (サンメディカル, 以下, MSS) は4-META や HEMA を基材とし、セルフエッチング能を有するデュアルキュアタイプのシーラーであるが、MSS の練和法と造影性に改良を加えたメタシール Soft ペースト (サンメディカル, 以下, MSSP) が新たに登場した。MSSP は形状が粉液からペーストになったことで計量が不要となり、操作が容易になっただけでなく、MSS よりも次炭酸ビスマスの含有量が増加し、エックス線造影性が向上した。一方で、次炭酸ビスマス含有量の増加により硬化後の性状が変化している。しかし造影剤の量によるシーラーの除去性の変化についての報告は少なく、各種シーラーの除去性について Micro-CT を用いて比較した研究も限られている。本研究は、再根管治療時の充填材除去を想定し、MSS と MSSP について、造影剤の含有量の違いが根管充填材の除去時間と根管内残存率に及ぼす影響を比較検討した。

## 材料および方法

### 1. 試料作製

実験には、根尖部に30度の湾曲根管を有する透明樹脂性湾曲根管模型 (ホクシンエレクトロニクス) を48個用いた。10番の手用Kファイル (マニー) を用いて根管を穿通した後、作業長を12.5 mm として根管の拡大形成をNiTi ロータリーファイル EndoWave (モリタ) と TriAutoZX2 (モリタ) を用いて行った。最終拡大は30/06 サイズまでとし、蒸留水で根管洗浄後、30号のペーパーポイント (モリタ) で乾燥を行った (Fig. 1)。根管充填は4種の根管充填用シーラーとしてキャナルス (昭和薬品化工, 以下, CA), MSS, MSSP, AP を使用した (Table 1)。CA と MSS, MSSP は各製造社の指定の方法に従って練和した後、シーラーの根管内輸送にはエンドノズル (サンメディカル) を用いた。AP は製品付属のミキシングチップから直接根管内に輸送した。その後、30号の



**Fig. 1** Simulated root canal resin block after preparation

JM ガッタパーチャポイント EndoWave 用 (モリタ) を作業長より 1 mm 短い 11.5 mm の位置で把持し、意図的に根尖部 1 mm の範囲がシーラーのみになる状態でシングルポイント根管充填法を行った。根管口上部の余剰ポイントを加熱ブラガーで焼き切り、シングルポイント充填群とした。また、コントロールとして拡大した根管模型に対しガッタパーチャポイントの挿入を行わず、エンドノズルまたはミキシングチップを用いて根管をシーラーのみで満たし、シーラー充填群とした ( $n=24$ )。すべての試料はシーラーが硬化するまでの間、 $37^{\circ}\text{C}$ 、湿度 95% の恒温器に 72 時間保管し、実験用試料とした。

## 2. 根管充填材の除去

最終拡大ファイルの 30/06 サイズの NiTi ロータリーファイル EndoWave を TriAutoZX2 に装着し、OTR モード、回転数 300 rpm に設定して根管充填材の除去を行った。除去操作中は根管形態が視認できないよう各試料の側面をアルミホイルで覆い、臨床経験 3 年の術者 1 名で無作為に行った。その際、ガッタパーチャ溶解剤は使用せず、ファイルの上下的なストロークを 3 回行うごとに蒸留水で根管内の洗浄を行い、ファイルが作業長に到達するまで操作を繰り返した。なお、ファイルは 4 根管使用ごとに新品に交換した。

## 3. 評価

### 1) 除去時間の測定

除去開始からファイルが作業長 12.5 mm に到達するまでにかかる時間をストップウォッチで測定し、除去時間とした。その際、10 分を超えても作業長に到達しない場合は除去を終了した。根管の洗浄操作中は計測時間に含めなかった。

### 2) 根管充填材の残存量の測定

根管充填材除去後の試料を Micro-CT (ScanXmate-D100SS270, コムスキャンテクノ) で管電圧 70 kV、管電流  $30 \mu\text{A}$ 、解像度  $31.79 \mu\text{m}/\text{pixel}$  の条件で撮影し、根尖部 3 mm に残存した根管充填材の量を三次元画像処理ソフト (Mimics Research 21.0, Materialise) を用いて

計測した。その際、実験群とは別に各群のシーラーのみを充填した試料を撮影し、基準となる根尖部 3 mm の根管体積を計測し、その値を基に残存率を算出した。

### 3) 統計処理

各群間における除去時間と根管充填材の残存量について、統計処理ソフト (SPSS25, IBM, USA) を用いて一元配置分散分析および Tukey 検定を行った。

## 結果

CA 群, MSS 群および MSSP 群では、すべての試料においてファイルが作業長まで到達したが、AP 群のシーラー充填群では、6 試料すべてが 10 分を超えても作業長に到達しなかったため、除去を中断した。今回の実験では AP 群の結果は比較対象からは除外し、参考値として表示する。したがって CA 群, MSS 群および MSSP 群の 3 群について統計処理を行った。

### 1. 除去時間

各群における除去に要した時間を Fig. 2 に示す。シングルポイント充填群の除去時間は MSS 群 ( $162.2 \pm 27.4$  秒), MSSP 群 ( $290.5 \pm 58.2$  秒), CA 群 ( $353.5 \pm 34.3$  秒), AP 群 ( $495.8 \pm 97.4$  秒) の順に短かった。MSS 群と MSSP 群間および MSS 群と CA 群間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。CA 群と MSSP 群に差異は認められなかった。

シーラー充填群では、MSS 群 ( $117.3 \pm 19.8$  秒), CA 群 ( $201.2 \pm 47.4$  秒), MSSP 群 ( $282.8 \pm 20.3$  秒) の順に短かった。3 群ともシングルポイント充填群よりも短い時間で作業長まで到達した。すべての材料間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

### 2. 根管充填材の残存率

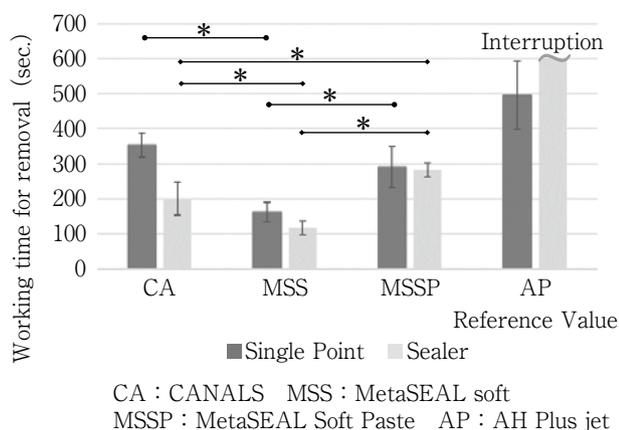
各群において除去後に計測したシーラーの体積を Fig. 3 に示す。根尖側 3 mm の範囲における残存率は、シングルポイント充填群では MSS 群が最も少なく  $35.7 \pm 11.4\%$  であった。次いで MSSP 群が  $40.7 \pm 9.6\%$ 、CA 群が  $61.3 \pm 5.6\%$  であった。MSS 群と CA 群間および MSSP 群と CA 群間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。なお、AP 群では  $55.5 \pm 11.7\%$  であった。

シーラー充填群では MSS 群が最も少なく、残存率は  $28.6 \pm 10.0\%$  であった。次いで CA 群が  $28.8 \pm 9.4\%$ 、MSSP 群が  $57.6 \pm 10.0\%$  であった。CA 群と MSSP 群間および MSS 群と MSSP 群間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。なお、AP 群は中断したため残存率は 100% とした。

シングルポイント充填群とシーラー充填群の根尖から 1, 2, 3 mm の位置における Micro-CT 断面画像を、Fig. 4 および Fig. 5 に示す。根管充填材の残存率が最も多かったシングルポイント充填群の CA は、Micro-CT 画像に

**Table 1** Materials used in this study

Materials (Maker)	Composition
CANALS (Showa Yakuhin Kako)	Liquid : clove oil, olive oil, others Powder : zinc oxide, barium sulfate, bismuth subcarbonate
MetaSEAL Soft (Sun Medical)	Liquid : 4-META, HEMA, dimethacrylates, water, photo-initiator, others Powder : bismuth carbonate oxide, soft polymer, silica, hydrophilic chemical initiator
MetaSEAL Soft Paste (Sun Medical)	Base Paste : 4-META, HEMA, dimethacrylates, water, soft polymer, others CataPaste : 4-META, HEMA, dimethacrylates, bismuth carbonate oxide, silica, hydrophilic chemical initiator, others
AH Plus jet (Dentsply Sirona, Germany)	Paste A : bisphenol-A epoxy resin, bisphenol-F epoxy resin, calcium tungstate, zirconium oxide, silica, iron oxide pigments Paste B : dibenzylidiamine, aminoadamantane, tricyclodecane-diamine, calcium tungstate, zirconium oxide, silica, silicone oil



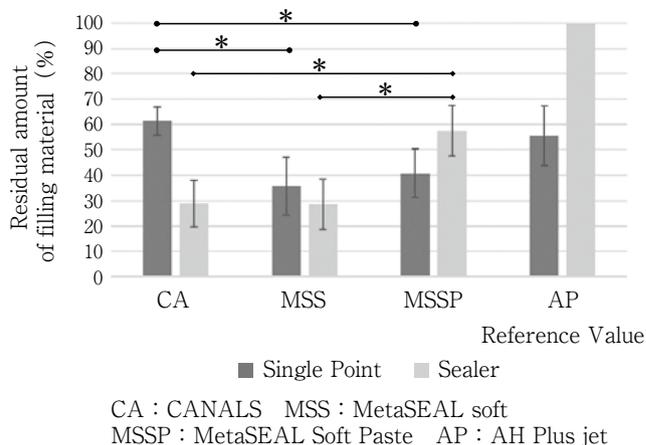
**Fig. 2** Working time for removal of root canal filling materials  
Tukey's test, \* :  $p < 0.05$

よる断面の観察では根尖 1, 2, 3 mm で根管半側以上にシーラーが残存していた。MSS は根尖 1 mm でシーラーが内湾側に残存していた。また、MSSP は充填方法にかかわらず、根尖 1 mm で外湾側の一部が除去され内湾側に多くのシーラーが残存していた。

## 考 察

根管充填材の所要性質の一つに、再治療のための除去性がある。従来、レジン系シーラーは除去が困難とされていたが MSS は軟質性の材料からなり、根管壁に接着性のある根管充填用材料である。そのエックス線造影性を上げ、ペーストにして操作性を良くしたものが MSSP である。

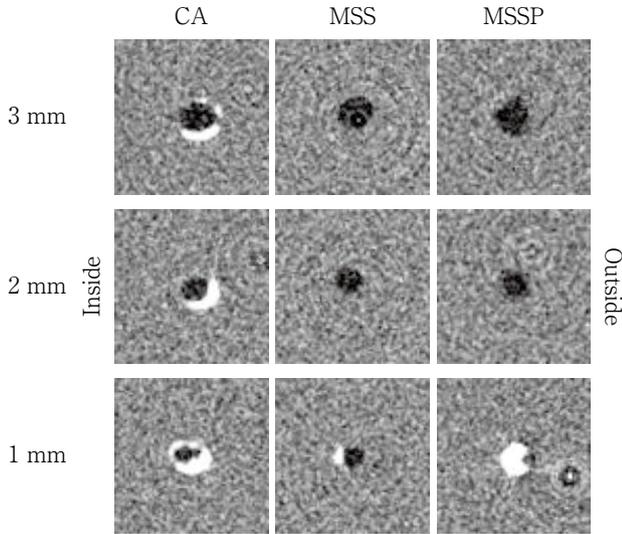
今回の実験では従来品である MSS の物性を变化させたシーラーを用いて再根管治療時の除去性について検討



**Fig. 3** Volume of filling materials remaining on the apex  
Tukey's test, \* :  $p < 0.05$

を行ったが、ガッタパーチャポイントの除去に加えシーラー層の除去状態を確認することを目的としたため、意図的に根尖部にシーラーのみの領域を作った条件で実験を行った。

除去時間の結果では、CA、MSS および MSSP のいずれも 2 分から 6 分程度で作業長まで到達することができた。これらはほかの除去性試験<sup>20,25)</sup>と同等の結果で、臨床問題はないと考えられる。除去時間を充填法で比較すると、3 種のシーラーともシングルポイント充填群よりもシーラー充填群のほうが短時間となる傾向にあった。これは、根管の中心に軸となるガッタパーチャポイントが入っていない状態は、ファイルが根尖方向へ進入しやすい状況であるためと考えられる。MSS および MSSP に比べ、CA ではガッタパーチャポイント充填群とシーラー充填群間の差が大きかった。これはシーラー硬化後の性質が MSS および MSSP はガッタパーチャに



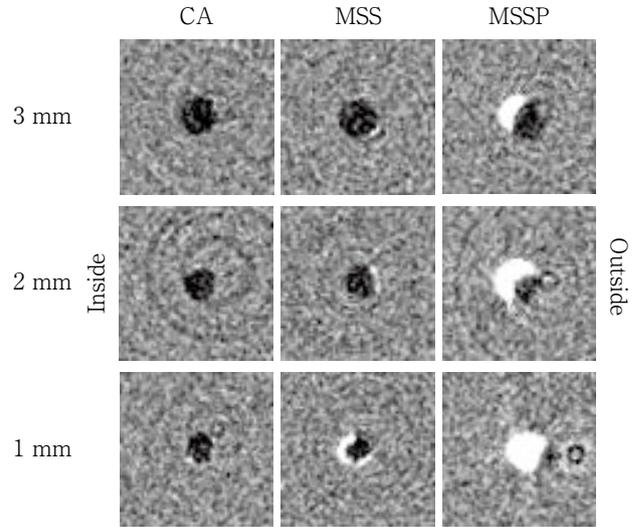
**Fig. 4** The horizontal section images of the micro-CT of single point filling resin blocks at each measuring point

近似している一方、CAはガッタパーチャポイントと性質が著しく異なり軟質であったことが影響したと推察される。すなわち、ガッタパーチャポイントとシーラーの物性の違いによりシーラーのみのほうが除去は容易であることを示している。

シーラーの種類で除去時間を比較すると、シングルポイント充填群ではMSSが最も短時間となり、MSSP・CA間にそれぞれ有意差がみられた。また、MSSPとCAの間には有意差はなく、CAよりも短い時間であったため同等の除去性と考えられる。シーラー充填群においてもMSSが最も短時間で、MSSPはCAよりも長い時間を要した。この結果には、MSSと比べMSSPが造影剤の増量により硬さが増していることが影響していると考えられた。

一方、根尖側3 mmにおける充填材の残存率をみると、シングルポイント充填群ではMSSが最も少なく、次いでMSSP、CAの順となり、除去時間の結果と同様であった。なお、MSSとMSSPは30~40%程度の残存率であったのに対してCAは60%近く残存しており、MSSおよびMSSPの間にそれぞれ有意差がみられた。これは、メタセーラ系ではガッタパーチャポイントとシーラーの界面に形成されるハイブリッド様構造<sup>26)</sup>によりモノブロック化したため、一塊となって除去される量が多くなったと考えられる。

シーラー充填群の結果もまた除去時間の結果と類似した傾向がみられ、MSSが最も低い値であったが、次いでCAの順となり、両者が30%程度だったのに対し、MSSPは50%を超えていた。すなわち、シングルポイント群で



**Fig. 5** The horizontal section images of the micro-CT of sealer filling resin blocks at each measuring point

は除去時間と残存率の結果はメタセーラ系がCAと同等もしくは有意な結果となったが、シーラー充填群ではMSSPがCAより時間の延長および残存率が上昇する結果となった。この現象は、MSSPが造影剤を増量したことにより硬くなり、残りやすかったためと考えられる。Leituneら<sup>27)</sup>はメタクリレートレジ系シーラーに造影剤としてニオブを添加した結果、エックス線不透過性と微小硬さが増加したと述べている。このことから、MSSPは次炭酸ビスマスの添加量を増加させたことによりMSSよりも硬さが増したと考えられる。

Micro-CT画像の観察から、シーラーの種類にかかわらず根尖側1 mmといった根管に残存する充填材をNiTiロータリーファイルのみで完全に除去することは困難であることが推察された。同時に根尖部においては外湾側ではシーラーは除去されたが内湾側に残存する傾向が認められた。この結果は、湾曲根管の拡大形成の際にファイルが元の形態に戻ろうとする力が働くことで根尖側においては内湾側に比べ外湾側が削られること<sup>28)</sup>と同様である。今回、APはシーラー充填でのみNiTiロータリーファイルを用いた除去が規定時間内にできなかったため結果は参考値として提示したが、シングルポイント充填群ではほかの3群よりも長い時間ではあったものの、ファイルは作業長まで到達した。一方、シーラー充填群では設定時間内に根尖側3 mmの範囲にも到達しなかった。この結果はほかの3群にみられた傾向とは異なり、コアとなるガッタパーチャポイントがあるほうが根尖方向にファイルが進入しやすかったと考えられる。つまり、硬化後のAPはファイルの進入を妨げるほどの硬さ

があるが、ガッタパーチャポイントを追従していくことで根尖方向へファイルを進めることは可能である。さらに、以前の研究でレジン模型にレジン系シーラーを使用したことで抜去歯より強固な接着が生じたという考察がされており<sup>21)</sup>、今回も同様にレジン系シーラーの除去時間や残存率に影響を及ぼしたと考えられる。

NiTi ロータリーファイルの進化に伴い、近年では根管充填の効率化が進んでいる。従来のシングルポイント(単一ポイント)法はリーミング操作で拡大形成した根管に対し2%テーパーのマスターポイントを1本のみ挿入する方法であるため、根管内のシーラー層は厚くなり、必然的に硬化収縮量が増加し、緊密な封鎖は期待できないとされる<sup>29)</sup>。そのため、緊密性の確保のために側方加圧充填法やCWCTのようにガッタパーチャポイントを圧接して根管形態に適合させる方法が応用されている。しかし歯質接着性のレジン系シーラーの改良が進み、NiTi ロータリーファイルと同じテーパーをもつマスターポイントが開発されたことから、シングルポイント法は従来の方法から現在ではマッチドコーンテクニクへと変化し、NiTi ロータリーシステムでの拡大形成後の根管充填法として再び臨床応用されるようになってきた<sup>30-33)</sup>。ところが、根管形態がファイルと同じ形状であることは少なく、扁平な根管ではシーラー層が厚くなることに変わりはない。したがって、マッチドコーンテクニクでは緊密な根管充填を行うためにシーラーが果たす役割はより一層重要となる。

また緊密な根管充填が行われたか否かを確認するうえで重要になるのが、根管充填材料の造影性である。造影性が低ければ、根管内の状態を適切に確認することが困難になる<sup>34)</sup>。メタクリレートレジン系シーラーとエポキシレジン系シーラーの造影性を比較したところ、メタクリレートレジン系シーラーの造影性が低いという報告もあった<sup>35)</sup>。しかし単に造影剤を添加すればシーラーの性質にも変化が生じることもまた報告されており<sup>27)</sup>、本実験でも物性の変化が示唆された。シーラーの除去性に可能なかぎり影響を及ぼさずに造影性を適切な範囲で上昇させることはシーラーの所要性質として肝要であり、MSSPはその要件を満たしているといえる。

臨床において再根管治療を必要とするケースでは、みずからが処置した根管治療歯の再治療とは限らず他院にて処置された歯を対象とすることも多い。その場合、初回の根管治療がどのような方法や材料を適応したかは患歯の状態から推察するほかに方法はない。さらに、正確な根管の作業長を把握する前にNiTi ロータリーファイルを根尖に向かって進めていくためには、術前のエックス線写真や電氣的根管長測定器を併用した慎重な操作が必要となる。再根管治療は初回の処置に比べ配慮すべき

点が多いが、根管充填材の除去操作においてMSSPおよびMSSPはCAと遜色ないものと判断できた。

## 結 論

透明湾曲根管模型に対しMSS, MSSPおよびCAを用いて根管充填を行い、NiTi ロータリーファイルによる充填材の除去を行った結果、以下の結論を得た。

1. MSSおよびMSSPはCAと同等または優位な除去性が示唆された。
2. 次炭酸ビスマスを増量したMSSPは硬化後の硬さが増加したが、除去性に影響を及ぼさないことが示唆された。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) Grossman LI. Endodontic practice. 7th ed. Lea and Febiger: Philadelphia; 1970. 345.
- 2) Berman L, Hargreaves K. Cohen's pathways of the pulp. Expert consult. 11th ed. Mosby: St. Louis; 2015. 291.
- 3) Grossman LI. An improved root canal cement. J Am Dent Assoc 1958; 56: 381-385.
- 4) Erausquin J, Muruzábal M. Root canal fillings with zinc oxide-eugenol cement in the rat molar. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1967; 24: 547-558.
- 5) 曾我直夫. 根管充填に関する研究, とくに過剰根管充填が歯周組織に及ぼす影響に関する実験的研究. 歯科医学 1975; 38: 615-632.
- 6) 興地隆史, 渡辺 泉, 井沢常泰, 荒木孝二, 須田英明, 砂田今男. 新根管充填用シーラー NU-59 について (第1報) - 根管封鎖性 -. 日歯保存誌 1986; 29: 1710-1716.
- 7) 須田英明, 興地隆史, 荒木孝二, 市丸展子, 砂田今男. 新根管充填用シーラー NU-59 について (第2報) - 組織刺激性 -. 日歯保存誌 1987; 30: 1066-1071.
- 8) 前田宗宏, 西田太郎, 橋本修一, 五十嵐 勝. ユージノール濃度を低減させた新規シーラーからラット臼歯根尖歯周組織へのユージノールの遊離動態. 日本歯科保存学会2019年度秋季学術大会 (第151回) プログラムおよび講演抄録集 2019; 118: P68.
- 9) Shalin D, Nicholas C. Calcium hydroxide-based root canal sealers: A Review. J Endod 2019; 35: 475-480.
- 10) Rezende GC, Massunari L, Queiroz IOA, Filho JEG, Jacino RC, Lodi CS, Junior ED. Antimicrobial action of calcium hydroxide-based endodontic sealers after setting, against *E. faecalis* biofilm. Braz Oral Res 2016; 30: 38.
- 11) Gomes-Filho JE, Gomes AC, Watanabe S, Oliveira SHP, Bernabe PFE, Percinoto C. Evaluation of tissue reaction,

- cell viability and cytokine production induced by Sealapex Plus. *J Appl Oral Sci* 2011; 19: 329-336.
- 12) Tagger M, Tagger E, Kfir A. Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. *J Endod* 1988; 14: 588-591.
  - 13) Faria-Júnior NB, Filho MT, Berbert FLCV, Tanomaru JMG. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J* 2013; 46: 755-762.
  - 14) Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater* 2001; 17: 512-519.
  - 15) 石田智洋, 礪波健一, 荒木孝二, 黒崎紀正. 歯科用根管シーラーRoekoSeal Automixの根管封鎖性および硬化特性. *日歯保存誌* 2006; 49: 516-522.
  - 16) 小川貴子. 歯科用根管充填シーラー「AH プラス」〈小特集〉根管治療用材料. *日歯理工誌* 2012; 31: 307-308.
  - 17) Tay FR, Pashley DH. Monoblock in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod* 2007; 33: 391-398.
  - 18) 石村 瞳, 坂上 斉, 吉岡俊彦, 花田隆周, 須田英明. レジン系根管充填用シーラーの根管封鎖性について. *日歯内療誌* 2010; 31: 205-209.
  - 19) 平嶺倫子, 大浜美穂, 徳永幸世, 秋山勝彦, 三橋 晃, 永井旺介, 石井信之. 加熱軟化根管充填 Obtura II におけるガッタパーチャと接着性レジン系シーラーの根尖封鎖性に関する研究. *日歯内療誌* 2010; 31: 229-234.
  - 20) Iizuka N, Takenaka S, Shigetani Y, Okiji T. Removal of resin-based root canal filling materials with K3 rotary instruments: Relative efficacy for different combinations of filling materials. *Dent Mater J* 2008; 27: 75-80.
  - 21) 早川達也, 富田文仁, 興地隆史. ニッケルチタンファイルを用いたレジン系根管充填材の除去に関する基礎的検討. *日歯保存誌* 2008; 51: 169-176.
  - 22) Wright CR, Glickman GN, Jalali P, Umorin M. Effectiveness of gutta-percha/sealer removal during retreatment of extracted human molars using the GentleWave system. *J Endod* 2019; 45: 808-812.
  - 23) Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Invest* 2018; 22: 811-817.
  - 24) Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu L, Kim SK, Pashley DH, Gutmann JL, Tay FR. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod* 2010; 36: 383-399.
  - 25) 大槻和正, 吉田拓正, 神田 亘, 湯本琴美, 山口貴央, 山崎泰志, 細谷哲康. 根管充填材の高率的な除去に関する研究. *日歯保存誌* 2015; 58: 469-502.
  - 26) Ori T, Otsuki H, Wakamatsu S. Chemical surface analyses of a 4-META-containing methacrylate resin-based sealer. *J Dent Res* 2009; 88A (Spec Iss): Abstr2335.
  - 27) Leitune VCB, Takimi A, Collares FM, Santos PD, Provenzi C, Bergmann CP, Samuel SM. Niobium pentoxide as a new filler for methacrylate-based root canal sealers. *Int Endod J* 2013; 46: 205-210.
  - 28) Maki K, Ebihara A, Kimura S, Nishijo M, Tokita D, Okiji T. Effect of different speeds of up-and-down motion on canal centering ability and vertical force and torque generation of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2019; 45: 68-72.
  - 29) 北村和夫, 勝海一郎. 根管充填. *日歯内療誌* 2015; 36: 109-120.
  - 30) Kim SR, Kwak SW, Lee JK, Goo HJ, Ha JH, Kim HC. Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers with matched obturation techniques. *Aust Endod J* 2010; 45: 337-345.
  - 31) Shpper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2004; 30: 342-347.
  - 32) Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc* 2004; 135: 646-652.
  - 33) Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J* 2008; 38: 87-96.
  - 34) Shah MM, Chong BS, Sidhu SK, Ford TRP. Radiopacity of potential root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 81: 476-479.
  - 35) Bauza GAM, Rached-Junior FJA, Gabriel AES, Neto MDS, Miranda CES, Sousa YTCS. Physicochemical properties of methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod* 2010; 36: 1531-1536.

## Evaluation of Removal of Adhesive Resin Root Canal Sealers

KOBAYASHI Yoh, OGURA Yoko, MIYASHITA Hazuki,  
NAKAYAMA Shuntaro, SEKIYA Miki, NISHIDA Taro,  
MAEDA Munehiro and IGARASHI Masaru

Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo

### Abstract

**Purpose:** Resin-based sealers are difficult to remove at the time of root canal retreatment due to their adhesion to the root canal dentin. This study investigated the working time taken to remove the filling material and the remaining percentage in the root canal for MetaSEAL Soft (MSS), MetaSEAL Soft Paste (MSSP) with increased bismuth content for improved X-ray contrast, and two other usual standard sealers.

**Materials and Methods:** For the root canal filling, 48 transparent simulated resin models with a 30-degree curved root canal were used. The working length was set to 12.5 mm. The root canals were enlarged up to 30/06 NiTi rotary file with TriAutoZX2. After root canal preparation, four root canal filling sealers, CANALS (CA), MSS, MSSP and AH Plus jet (AP), were used. The blocks were divided into the single-point root canal filling group and the sealer filling group (n=24). After the sealer had set, the filling material was removed until the file reached the working length and the time of sealer removal was measured as the removal time. In addition, Micro-CT was taken, and the volume of the remaining root canal filling material at the 3-mm apical area was measured and calculated with 3-dimensional analysis software. The obtained data were analyzed statistically with PC software.

**Results:** The removal time of the single-point filling group was shorter in the order of MSS<MSSP<CA<AP. The removal time of MSS was significantly shorter statistically between MSS and MSSP, and between MSS and CA (p<0.05). In the sealer filling group, the removal time was shorter significantly in the order of MSS<CA<MSSP, and all three groups finished in less time than the single-point filling group. On the other hand, the file did not reach the working length after more than 10 minutes in the AP. The amount of remaining filling material was lower in MSS than in MSSP, in the order of MSS<MSSP<CA. There were significant differences between CA and MSSP, and between MSS and MSSP.

**Conclusion:** MSS and MSSP were not affected by bismuth carbonate oxide and showed equal or superior removal to CA.

**Key words:** resin-based root canal sealer, removability, radiopaque

## 症例報告

日歯保存誌 64 (1) : 74~81, 2021

糖尿病患者における歯肉増殖を伴う慢性歯周炎に対して  
歯周基本治療を行った1症例

菊池 毅 三谷 章雄

愛知学院大学歯学部歯周病学講座

## 抄録

緒言：歯肉増殖は、炎症や薬物、遺伝、腫瘍などの原因により誘発されるが、临床上高頻度に遭遇するものとして、高血圧症に対する治療薬による歯肉増殖が挙げられる。また、糖尿病と歯周病は双方向性の関係性が示されており、発症頻度の高さを考えても、両疾患をコントロールすることは国民の健康において最重要な課題である。本稿では、糖尿病患者における薬物性歯肉増殖を伴う慢性歯周炎患者に対して歯周基本治療を行い、良好な予後を得た症例を報告する。

症例：患者は44歳の男性、歯ぐきが腫れていることを主訴に近在医より紹介来院した。歯周ポケット検査の結果より、プロービングポケット深さ（PPD）平均は4.9 mmであり、4 mm以上のポケットを80.4%の部位に認めた。広汎型中等度慢性歯周炎（新分類：ステージIIIグレードC）および薬物性歯肉増殖と診断した。歯周基本治療にて、炎症のコントロールを徹底的に行うことにより、歯周ポケットは著しく減少（PPD平均4.9 mm→2.5 mm）した。また、薬物性歯肉増殖は炎症のコントロールとともに消失したため、医科への薬剤変更照会が必要としなかった。辺縁歯肉の腫脹が消失した後に、う蝕治療と補綴治療を行い、プラークリテンションファクターを除去した。

成績：歯周ポケット炎症表面積（Periodontal Inflamed Surface Area : PISA）値は、初診時2,291.0 mm<sup>2</sup>から最新SPT時91.4 mm<sup>2</sup>と低下した。HbA1c値は、初診時7.9%であったのが、最新SPT時に6.9%へと低下した。歯周ポケット炎症表面積の顕著な減少は、糖尿病のコントロール状況改善に寄与している可能性が考えられた。

結論：今回、糖尿病患者において薬物性歯肉増殖を伴う慢性歯周炎に対して、歯周基本治療のみで、薬物の変更を行うことなく良好な予後を得ることができた。薬物や糖尿病、喫煙といった歯周炎の進行に大きく寄与するリスクファクターのコントロールは、患者の置かれている環境やパーソナリティーに大きく依存し、また実際のコントロールは医科との連携が重要となるケースが多い。連携の際に、病院・医院における基礎疾患コントロールに影響を与えるような依頼は可及的に避ける必要があるのと同時に、歯科での徹底した歯周炎のコントロールで、全身疾患コントロールへの良い影響を生み出すことを強く認識して歯科治療を行うことが重要である。

キーワード：慢性歯周炎，糖尿病，歯肉増殖

責任著者連絡先：菊池 毅

〒464-8651 名古屋市千種区末盛通2-11 愛知学院大学歯学部歯周病学講座

TEL & FAX : 052-759-2150, E-mail : tkikuchi@dpc.agu.ac.jp

受付：2020年10月12日/受理：2020年12月14日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.74

## 緒言

歯肉増殖は、炎症や薬物、遺伝、腫瘍などの原因により誘発されるが、臨床上高頻度に遭遇するものは薬物性の歯肉増殖である<sup>1)</sup>。薬物性歯肉増殖症の原因となる代表的な薬物には、フェニトイン（抗てんかん薬・ヒダントイン系薬）、ニフェジピン（降圧薬・Ca拮抗薬）、シクロスポリンA（免疫抑制薬・カルシニューリン阻害薬）などがある。歯肉増殖は、コラーゲン線維の過剰増生により弾性硬の線維性を示す場合と、炎症性因子の影響が強い場合は浮腫性を呈する場合が存在する。薬物性歯肉増殖症の発生機序は不明な点が多く、さまざまな考察がなされている<sup>2-5)</sup>。薬物性歯肉増殖症の発症率は、フェニトインで50%、シクロスポリンで25~30%、ニフェジピンで6~15%程度といった報告がなされており、同じ作用機序の薬剤間でもその発症率に差がみられる<sup>6)</sup>。厚生労働省が行っている2018年国民健康・栄養調査において、20歳以上の2人に1人が高血圧であり<sup>7)</sup>、2017年患者調査では約1000万人の患者が継続的な治療を受けているとの報告がある<sup>8)</sup>。高血圧の治療薬において、Ca拮抗薬はその治療効果と合併症があっても比較的安全に使用できることから、日本で最も多く使用されている。そのなかでもジドロピリジン系薬剤であるニフェジピンは、歯肉増殖の発症頻度が比較的高い。小野らは、日本人患者1,467名を対象とした研究で、15種類のCa拮抗薬による歯肉増殖症発生頻度を報告している<sup>9)</sup>。最も頻度の高かったものから、ニフェジピン7.6%、ジルチアゼム4.1%、マニジピン1.8%、アムロジピン1.1%、ニソルジピン1.1%、ニカルディピン0.5%の順であり、それ以外は服用患者数の差異はあれども、歯肉増殖症を認めなかった。この研究は、最低3カ月の薬剤服用期間がある患者を対象としており、服用期間の長さは考慮されていない。

糖尿病患者は、厚生労働省2017年患者調査で約330万人と推測されており、一方歯周病患者は約400万人が継続治療を受診していると報告されている<sup>8)</sup>。両疾患は双方向性の関係性が示されており、発症頻度の高さを考えても、糖尿病と歯周病をコントロールすることは、国民の健康において最重要課題であると考えられる。糖尿病および非糖尿病患者における歯周組織の状態を比較した論文を対象としたメタアナリシスにより、糖尿病患者はより重症度の高い歯周病を伴うことが報告されている<sup>10)</sup>。また、血糖コントロールが不良な患者ほど、歯周炎による歯槽骨吸収が進行しているとの報告がある<sup>11)</sup>。歯周治療を進めるにあたり、病因を理解する際に全身性因子の寄与を的確に判断することが必要である。

一方、歯周病が重症化することにより血糖コントロールが悪化し、歯周治療による歯周病の改善とともに血糖コントロールが改善する<sup>12)</sup>。歯周治療によるHbA1c値の低下など、全身疾患の改善に繋げることは、超高齢社会において非常に重要な点と考えられる。

## 症例

患者は44歳男性、歯ぐきが腫れていることを主訴に近在歯科医院より紹介来院した。全身既往歴として、32歳時に近在医院にて糖尿病と診断、41歳時に高血圧と脂質異常症と診断され、服薬を続けている。43歳時にHbA1cが11%を超えたため、近在の大学病院に転院し、糖尿病網膜症での出血による視力低下に対する手術を受けた。また、推算糸球体濾過量(eGFR)が28となり、腎機能の高度低下と診断された。この頃は手足のしびれも自覚していた。また、40歳まで約20年間1日20本程度喫煙していたが、以降現在までは禁煙が達成できている。体格は、標準(175 cm, 64 kg, BMI:20.90)であった。当科初診時における(コントロール時)血圧は140/70、HbA1c値は7.9%、eGFR値は34であった。アムロジピン(Ca拮抗薬)、ミカルディス(ARB)、トリクロルメチアジド(利尿降圧剤)、アマリール(スルホニル尿酸薬)、ピオグリタゾン(インスリン抵抗性改善薬)、トラゼンタ(DPP-4阻害薬)、セイブル( $\alpha$ グリコシターゼ阻害薬)、ピタバスタチンCa(スタチン)を服用している。飲酒に関して、現在は禁酒しているとのことであった。口腔既往歴に関して、20代の頃、近在歯科でう蝕治療を受けていたとのことであるが、治療順序などの詳細は不明であった。30歳頃、う蝕により18と28の抜歯処置を受けた。その後、13年間歯科に通院せず、44歳時に多数歯のう蝕を自覚し近在歯科医院を受診したところ歯肉腫脹を指摘され、当院当科へ紹介来院した。歯列咬合所見に関して、歯列弓形態は、上下顎ともにU字型を呈していた。上顎は12, 22に近心捻転、13, 23に遠心捻転、17に頬側傾斜、前歯部に歯間離開を認めた。下顎は、32, 33, 41に近心捻転、前歯部に歯間離開を認めた。第一大臼歯の咬合関係は、右側アングルⅢ級、左側アングルⅠ級であった。交叉咬合を22と32部に認めた。右側方運動時のガイドは作業側が14, 15, 44, 45、平衡側が22, 32であった。左側方運動時のガイドは作業側が24, 25, 26, 34, 35, 36、平衡側が17, 27であった。歯周組織所見に関して、全顎的に辺縁歯肉の顕著な発赤および腫脹を認め、上下顎前歯部辺縁歯肉全体と上下顎臼歯部歯間乳頭歯肉は、増殖性の腫脹を呈していた(Fig. 1)。全顎的に、歯頸部には黒褐色の歯石沈着を認めた(Fig. 1, 2)。現在歯数28歯、1歯6点計測162部位のプ



全身のリスク因子は、糖尿病、常用薬、過去の喫煙歴とした。局所的リスク因子はプラーク、歯石、歯列不正、歯頸部う蝕、不適合補綴装置とした。治療計画・治療目標（初診時）を以下に示す。

1. 歯周基本治療により、炎症性因子を軽減し歯周ポケットの改善を図る。歯頸部のう蝕治療および不適合修復物の再製を行い、プラークリテンションファクターを取り除く。血糖コントロールに関するHbA1c値が7.0%以下となるよう、生活習慣指導を行う。薬物性歯肉増殖に関して、基本治療を行っても改善を認めない場合は、薬剤の変更照会を行う。

2. 再評価後、残存歯周ポケットがあれば必要に応じて歯周外科処置を行う。

3. 再評価後に歯列不正の影響が大きいと判断した場合は、歯列矯正を行う。

4. Supportive Periodontal Therapy (SPT) に移行する。

## 治療経過

### 1. 初診から歯周基本治療(2015年11月～2017年4月)

口腔清掃が不良(PCR値90.2%)であったため、口腔清掃指導を徹底して行い、PCR値は11.6%へと減少した。歯肉増殖を認めたため、プラークコントロールのしやすい環境を早期に整えるべく、口腔清掃指導と並行して超音波スケーラーを用いたスケーリングを行った。その後、再評価を行い、歯周ポケット残存部位に対して、キュレット型スケーラーを用いたスケーリング・ルートプレーニング(SRP)を行った。歯頸部う蝕がプラークリテンションファクターとなっていたため、う蝕部分が歯肉縁上となるようSRPを行い、歯肉の炎症消退を確認後、保存修復治療を行った(11・21)。う蝕が深在性に進行していた46は歯内治療(抜髄)を行った。炎症の消退とともに歯根露出や歯間鼓形空隙の増大した部位に関しては、再度口腔清掃指導を行い、歯周組織周囲の環境の変化に対応できるよう努めた。

### 2. 再評価後の歯周基本治療(2017年5月～2018年3月)

2度目の再評価後、PISA値は261.9mm<sup>2</sup>まで減少したが、歯周ポケットが残存した部位に関して、非外科処置にて対応できると判断し再SRPを行った。この際、HbA1c値は一時的に6.0%まで低下していた。47に保存修復治療、う蝕が深在性に進行していた45は歯内治療(抜髄)を行った。暫間被覆冠で経過を観察していた15・16・46に全部鑄造冠、45にCAD・CAM冠を装着した。咬合干渉を認めた14・15には、咬合調整を行った。

### 3. SPT(2018年4月～)

3度目の再評価を行い、深い歯周ポケットがおおむね消退した(PISA値は143.7mm<sup>2</sup>)ことを確認後、2カ月ごとのSPTに移行した(Fig.4～6)。この際、HbA1c値は7.0%であった。22・23に保存修復治療を行った。

## 考 察

歯周治療開始当初、歯肉増殖が顕著であり、セルフケアを行いやすくするため、早期に歯肉縁上歯石の除去を行った。その際、患者がプロフェッショナルケアに依存しないようプラークコントロールが十分に確立できていない状態での歯石除去を行う理由を説明した。糖尿病のコントロールは近在の大学病院で丁寧に行われており、当初初診以降HbA1cは7.0%以下を維持していたため、歯周病学会による糖尿病患者に対する歯周治療ガイドライン改訂第2版に従い観血処置時の術前および術後投薬は行わなかった<sup>13)</sup>。歯周治療においても血糖コントロール(HbA1c値7.0%以下の維持)の重要性をお伝えし、医科での薬物療法だけでなく、生活習慣に関する食事や運動の重要性に関して指導を行った。炎症のコントロールを徹底的に行うことにより、歯周ポケットは、著しく減少した。また、歯周病の修飾因子として影響が疑われた薬物性歯肉増殖は、初発因子であるプラークのコントロールにより消失したため、医科(大学病院)への薬剤変更照会は必要としなかった。辺縁歯肉の腫脹が消失した後に歯頸部う蝕治療と補綴治療を行い、プラークリテンションファクターを除去した。上顎前歯部の歯間離開に関しては、コンポジットレジンを用いた修復処置にて対応した。炎症の消退とともに、下顎前歯部の歯間離開は自然に消失し接触点が回復した。全顎的に歯肉にメラニン色素沈着を認め、メラニン色素除去を提案したが患者は除去を望まなかった。歯周基本治療により、深い歯周ポケットは消失したため歯周外科手術を行わなかった。SPTにおけるリコール間隔は、Lang & TonettiのSPT後リスク評価<sup>14)</sup>にて低リスクと判断されることから、当初2カ月ごととし、安定を確認後3カ月ごととする予定である。プラークコントロールはSPT開始後も安定しており、全顎的な歯肉退縮に対しても上手に対応できている。糖尿病のコントロールは安定しているが、腎機能(最新SPT時eGFR値は32)など要注意項目があるため、引き続き全身状態をチェックしていく。特に歯周病患者では、慢性腎臓病(CKD)罹患率が高くなる可能性が報告されており<sup>15)</sup>、糖尿病とともにCKD悪化への影響が出ないように注意する。咬合関係は、犬歯誘導が確立しておらず不安定な状態と考えられるが、現状、顕著な咬合性外傷が存在する部位を認めず、炎症性因子へ



Fig. 4 Oral photograph at latest visit (2020.6)

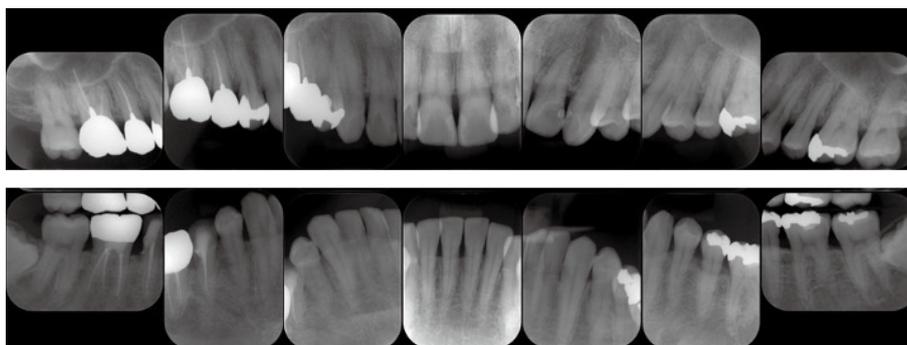


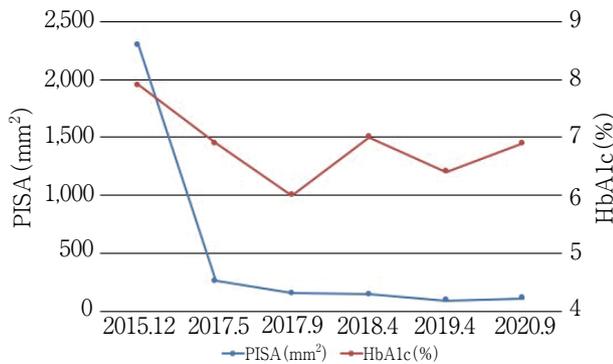
Fig. 5 Dental radiography at latest visit (2020.8)

PCR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	stage	latest visit	
Mobility	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	date	2020/09	
																															teeth	28	
																																0	
PPD	B	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	PPD ave	2.5mm	
	B	3	3	3	3	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1-3mm	161 (95.8%)	
	L	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4-5mm	7 (4.2%)	
	B	4	2	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6mm ↑	0 (0.0%)	
																															BOP(+)%	14 (9.3%)	
Mobility		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		PISA	113.2mm	
PCR																															PISA	1250.2mm	
																																PCR	5.4%

Fig. 6 Periodontal pocket chart of latest visit (2020.9)  
 PCR : plaque control record, PPD : probing pocket depth

の対応で歯周組織状態のコントロールができています。しかしながら、今後も歯周組織の状態を観察し、外傷性因子への対応が必要と判断した場合は矯正治療などを考慮する。  
 今回、内科主治医に降圧剤の種類変更を依頼することなく、歯周炎と歯肉増殖の改善を行うことができています。最近の報告で、薬剤変更が困難であった症例に対して、歯周基本治療を進め、降圧剤の変更を行うことなく

良好な結果が得られている<sup>16)</sup>。症例によっては、降圧剤の種類変更が必要なケースもあると考えられるが、まずは炎症のコントロールを行い、歯肉の反応性を観察しながらその必要性を判断することが重要であると思われる。実際、薬剤変更後に血圧のコントロール状況が悪化し、再度元の薬剤に変更しているケースが報告されている<sup>17,18)</sup>。これらの症例でも、炎症のコントロールを徹底することにより、元の薬剤に戻す際、変更後も良好な歯



**Fig. 7** Changes in PISA and HbA1c values

PISA : periodontal inflamed surface area, HbA1c : glycated hemoglobin

肉の状態を維持している。

HbA1c 値は、初診時 7.9%であったのが、最新 SPT 時に 6.9%へと低下した。服薬状況の変更もあり、歯周治療の HbA1c 値低下への寄与度合いは明確ではない。しかしながら、PISA 値は初診時 2,291.0 mm<sup>2</sup>から直近の SPT 時では 91.4 mm<sup>2</sup>と激減しており、歯周ポケット炎症表面積の顕著な減少は、糖尿病のコントロール状況改善に寄与している可能性が十分に考えられる (Fig. 7)。HbA1c 値は、測定時期により振幅が認められるが 7.0%以下を維持しており、今後も糖尿病のコントロール状況を注視し必要に応じて直接的な医科歯科連携を行う。

## 結 論

今回、糖尿病患者における薬物性歯肉増殖を併発した慢性歯周炎に対して、歯周基本治療を行い、薬物の変更依頼を行うことなく良好な予後を得ることができた。薬物や糖尿病、喫煙といった歯周炎の進行に大きく寄与するリスクファクターのコントロールは、患者の置かれている環境やパーソナリティーに大きく依存し、また実際のコントロールは医科との連携が重要となるケースが多い。連携の際に、医院/大学病院での疾患コントロールに影響を与えるような依頼は可及的に避ける必要があるのと同時に、歯科での徹底した歯周炎のコントロールで、全身疾患コントロールへの良い影響を生み出すことを強く認識して歯科治療を行うことが重要である。

## 文 献

- 野口和行, 中村利明, 白方良典. 特殊な歯周病の診断と治療. 日歯保存誌 2014 ; 57 : 477-483.
- 米田栄吉. 薬物性歯肉増殖症の発症機序を探る. 日歯周誌 2002 ; 44 : 315-321.
- Trackman PC, Kantarci A. Molecular and clinical aspects of drug-induced gingival hyperplasia. J Dent Res 2015; 94: 540-546.
- Doufexi A, Mina M, Ioannidou E. Gingival hyperplasia in children: epidemiology, pathogenesis, and complications. A literature review. J Periodontol 2005; 76: 3-10.
- Ogino M, Kido J, Bando M, Hayashi N, Wada C, Nagata T, Nishimura F, Soga Y, Takashiba S, Kubota T, Itagaki M, Shimada Y, Tai H, Yoshie H, Yamazaki N, Shinohara Y, Kataoka M. Alpha 2 integrin +807 polymorphism in drug-induced gingival hyperplasia. J Dent Res 2005; 84: 1183-1186.
- Dongari-Bagtzoglou A. Research, Science and Therapy Committee, American Academy of Periodontology, Drug-associated gingival enlargement. J Periodontol 2004; 75: 1424-1431.
- 厚生労働省. 平成 30 年国民健康・栄養調査 結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000635990.pdf> (2020 年 8 月 30 日アクセス)
- 厚生労働省. 平成 29 年患者調査 主な傷病の総患者数. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/17/dl/05.pdf> (2020 年 8 月 30 日アクセス)
- 小野真紀子, 大野奈穂子, 長谷川一弘, 田中茂男, 小宮正道, 松本裕子, 藤井 彰, 秋元芳明. カルシウム拮抗薬の歯肉増殖症発生頻度. 歯薬療法 2008 ; 27 : 79-85.
- Khader YS, Dauod AS, El-Qaderi SS, Alkafajei A, Batayha WQ. Periodontal status of diabetics compared with nondiabetics: a meta-analysis. J Diabetes Complications 2006; 20: 59-68.
- Salvi GE, Carollo-Bittel B, Lang NP. Effects of diabetes mellitus on periodontal and peri-implant conditions: update on associations and risks. J Clin Periodontol 2008; 35: 398-409.
- Sanz M, Ceriello A, Buysschaert M, Chapple I, Demmer RT, Graziani F, Herrera D, Jepsen S, Lione L, Madianos P, Mathur M, Montanya E, Shapira L, Tonetti M, Vegh D. Scientific evidence on the links between periodontal diseases and diabetes: Consensus report and guidelines of the joint workshop on periodontal diseases and diabetes by the International Diabetes Federation and the European Federation of Periodontology. J Clin Periodontol 2018; 45: 138-149.
- 日本歯周病学会. 糖尿病患者に対する歯周治療ガイドライン 改訂第 2 版. 医歯薬出版 : 東京 ; 2015. 55-59.
- Lang NP, Tonetti MS. Periodontal risk assessment (PRA) for patients in supportive periodontal therapy (SPT). Oral Health Prev Dent 2003; 1: 7-16.
- Zhao D, Khawaja AT, Jin L, Li KY, Tonetti M, Pelekos G. The directional and non-directional associations of periodontitis with chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis of observational studies. J Periodontol Res 2018; 53: 682-704.

- 16) 田中吏絵, 金子高子. 非外科的歯周治療により改善した薬物性歯肉増殖を伴う慢性歯周炎の一症例. 日歯周誌 2020 ; 62 : 96-106.
- 17) 二宮雅美. 歯列不正を伴う重度薬物性歯肉増殖症患者に対して包括的歯周治療を行った一症例. 日歯周誌 2019 ; 61 : 37-46.
- 18) 久保田玲子. ニフェジピンによる歯肉増殖を伴う慢性歯周炎の一症例. 日歯周誌 2007 ; 49 : 55-60.

# The Initial Periodontal Therapy for Chronic Periodontitis with Gingival Hyperplasia in a Diabetic Patient : A Case Report

KIKUCHI Takeshi and MITANI Akio

Department of Periodontology, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

## Abstract

**Purpose:** Gingival hyperplasia is induced by inflammation, drugs, heredity, tumors, etc., but cases that are frequently encountered in the clinic have gingival hyperplasia and are taking drugs for hypertension. In addition, diabetes and periodontal disease have been shown to have an interactive relationship, even considering the high frequency of onset. In this paper, we report a case of chronic periodontitis with drug-induced gingival hyperplasia in a diabetic patient who received initial periodontal therapy, for whom a good prognosis was obtained.

**Case:** A 44-year-old man was referred by a local doctor with the chief complaint of swollen gums. From the results of periodontal pocket examination, the average probing pocket depth (PPD) was 4.9 mm, and pockets of 4 mm or more were found in 80.4% of the sites. The patient was diagnosed with generalized moderate chronic periodontitis (new classification: stage III grade C) and drug-induced gingival hyperplasia. By thoroughly controlling inflammation with initial periodontal therapy, the periodontal pockets were significantly reduced (PPD average, from 4.9 mm to 2.5 mm). In addition, gingival hyperplasia, which was suspected to be affected by the drug, disappeared with the control of inflammation, so no drug change consultation was given to the medical department. After the swelling of the marginal gingiva disappeared, caries treatment and prosthetic treatment were performed to remove the plaque retention factor.

**Results:** The periodontal inflamed surface area (PISA) value decreased from 2,291.0 mm<sup>2</sup> at the initial visit to 91.4 mm<sup>2</sup> at the latest SPT. The HbA1c level decreased from 7.9% at the initial visit to 6.9% at the latest SPT. It is considered that the remarkable decrease in the inflammatory surface area of the periodontal pockets may have helped to improve the control status of diabetes.

**Conclusion:** We were able to obtain a good prognosis for this diabetic patient with chronic periodontitis accompanied by drug-induced gingival hyperplasia with only initial periodontal therapy without changing the drug. The control of risk factors such as drugs, diabetes, and smoking that could greatly contribute to the progression of periodontitis depends largely on the patient's environment and personality; in actual control, cooperation with the medical department is important. When collaborating, it is necessary to avoid requests that affect the underlying disease control in hospitals and clinics as much as possible. At the same time, intensive periodontitis control in dentistry is good for systemic disease control and it is important to perform dental treatment while recognizing its strong influence.

**Key words:** chronic periodontitis, diabetes, gingival hyperplasia

## 特定非営利活動法人日本歯科保存学会定款

平成19年6月18日 認証(東京都知事)

### 第1章 総則

(名称)

第1条 この法人は、特定非営利活動法人日本歯科保存学会と称し、その英文名を The Japanese Society of Conservative Dentistry (JSCD) という。

(事務所)

第2条 この法人は、主たる事務所を東京都豊島区に置く。

(目的)

第3条 この法人は、歯科保存学(ムシ歯に代表される歯の崩壊に対して機能・形態の回復を行う保存修復治療、歯のなかにある神経やこの部の炎症が歯を支える骨等に広がった病気に対する歯内治療、従来から歯槽膿漏と言われている歯を支える歯肉や骨等歯の周囲組織の病気に対する歯周治療)に関する幅広い分野で、学術研究、教育普及活動、国際活動、医療活動及び予防活動を行うとともに、不特定多数の市民・団体を対象に助言・支援・協力をを行い、歯科医学の医療水準の高揚、次世代人材の育成・国際化の推進、日本における歯科保存学の研究、教育、医療及び予防を発展普及させ、もって国民の健康の増進並びに公益に寄与することを目的とする。

(特定非営利活動の種類)

第4条 この法人は、前条の目的を達成するため、次の種類の特定非営利活動を行う。

- (1) 保健、医療及び福祉の増進を図る活動
- (2) 社会教育の推進を図る活動
- (3) 国際協力の活動

(事業の種類)

第5条 この法人は、第3条の目的を達成するため特定非営利活動に係る事業として、次の事業を行う。

- (1) 歯科保存学に関する学術大会の開催
- (2) 市民公開講座等による市民を対象とした歯科保存学に関する社会教育活動
- (3) 歯科保存学に関する機関誌及び刊行物の発行
- (4) 歯科保存学に関する教育講演会の開催
- (5) ホームページ等による歯科保存学に関する普及啓発
- (6) 国内外における歯科保存学に関する諸学術学会及び関係団体との協力、連携
- (7) 歯科保存治療に関する各種資格の認定
- (8) その他この法人の目的達成に必要な事業

2 この法人は、次のその他の事業を行う。

- (1) 機関誌への広告掲載
- (2) 著作権・複写権の提供

3 前項に掲げる事業は、第1項に掲げる事業に支障がない限り行うものとし、その収益は、第1項に掲げる事業に充てるものとする。

### 第2章 会員

(種別)

第6条 この法人の会員は、正会員、名誉会員及び賛助会員とし、正会員をもって特定非営利活動促進法上の社員とする。

- (1) 正会員 この法人の目的に賛同して入会した個人及び団体
- (2) 名誉会員 この法人に功労のあった者で、理事会並びに評議員会の推薦に基づき総会の承認を得た個人

(3) 賛助会員 この法人の目的に賛同し、支援する団体で、理事会の承認を得たもの  
(入会)

第7条 正会員の入会について、特に条件は定めない。

- 2 会員になろうとする者は、入会申込書を添えて理事長に申し込むものとする。
- 3 理事長は、前号の申し込みがあったとき、正当な理由がない限り、入会を認めなければならない。
- 4 理事長は、第2項の者の入会を認めないときは、速やかに、理由を付した書面をもって本人にその旨を通知しなければならない。

(会費)

第8条 会員は、総会で定める入会金および年会費を納入しなければならない。

(会員資格の喪失)

第9条 会員は、次の各号の一に該当する場合には、その資格を喪失する。

- (1) 退会届の提出をしたとき。
- (2) 本人が死亡、若しくは失そう宣告を受けたとき、及び会員である団体が消滅したとき。
- (3) 継続して3年間会費を滞納したとき。
- (4) 除名されたとき。

(退会)

第10条 会員で退会しようとする者は、その旨理事長へ届け出て、任意に退会することができる。

(除名その他の処分)

第11条 会員が次の各号の一に該当する場合には、総会の議決を経て、これを除名・会員資格停止の処分をすることができる。

- (1) この定款に違反したとき。
- (2) この法人の名誉を傷つけ、又は目的に違反する行為をしたとき。
- 2 処分内容や期間などに関しては本会行動規範にてらし、倫理委員会の議を経て理事会で決定する。
- 3 前項の規定により会員の処分を行う場合は、議決の前に当該会員に弁明の機会を与えなければならない。

(抛出金品の不返還)

第12条 既に納入した入会金・年会費その他の抛出金品は、返還しない。

### 第3章 役員および評議員

(種別及び定数)

第13条 この法人に次の役員を置く。

- (1) 理事 60名以上 80名以内
- (2) 監事 1名以上 2名以内
- 2 理事のうち1名を理事長、2名を副理事長とし、常任理事を若干名置くことができる。

(選任等)

第14条 理事及び監事は、理事会において推薦を受けたものから総会において選任する。

- 2 理事長は、評議員会において選挙によって選出する。
- 3 副理事長、常任理事は理事会の承認を得て、理事長がこれを委嘱する。
- 4 役員のうちそれぞれの役員について、その配偶者若しくは三親等以内の親族が1人を超えて含まれ、又は当該役員並びにその配偶者及び三親等以内の親族が役員総数の3分の1を超えて含まれることになってはならない。
- 5 法第20条各号のいずれかに該当する者は、この法人の役員になることができない。
- 6 監事は理事又は、法人の職員を兼ねてはならない。

(職務)

第15条 理事長は、この法人を代表し、その業務を総理する。

- 2 副理事長は、理事長を補佐し、会務の総括補佐の任に当たり、理事長に事故があるとき又は理事長が欠けたときは、理事長があらかじめ指名した順序によって、その職務を代行する。
- 3 常任理事は、本定款の定め及び総会又は理事会の決議に基づき、業務を執行する。

- 4 理事は、理事会を組織し、この定款の定め及び総会又は理事会の議決に基づき、この法人の業務を執行する。
- 5 監事は、次に掲げる職務を行う。
  - (1) 理事の業務執行の状況を監査すること。
  - (2) この法人の財産の状況を監査すること。
  - (3) 前2号の規定による監査の結果、この法人の業務又は財産に関し不正の行為または法令若しくは定款に違反する重大な事実があることを発見した場合には、これを総会又は所轄庁に報告すること。
  - (4) 前号の報告をするために必要がある場合には、総会を招集すること。
  - (5) 理事の業務執行の状況又はこの法人の財産の状況について、理事に意見を述べること。

(任期等)

第16条 役員任期は2年とし、理事長を除く理事、監事の再任は妨げない。

2 会務の継続性から常任理事の半数は留任することを原則とする。ただし、副理事長および常任理事は連続2期を限度とする。

3 補欠のために、又は増員により就任した役員任期は、それぞれの前任者又は現任者の任期の残存期間とする。

4 役員は、辞任又は任期満了後においても、後任者が就任するまでは、その職務を行わなければならない。

(欠員補充)

第17条 理事又は監事のうちその定数の3分の1を超える者が欠けたときは、遅滞なくこれを補充しなければならない。

(解任)

第18条 役員が次の各号の一に該当する場合には、総会の議決によりこれを解任することができる。

(1) 心身の故障のため、職務の遂行に堪えないと認められるとき。

(2) 職務上の義務違反その他役員としてふさわしくない行為のあったとき。

2 前項の規定により役員を解任しようとする場合は、議決の前に当該役員に弁明の機会を与えなければならない。

(報酬等)

第19条 役員は、その総数の3分の1以下の範囲内で報酬を受けることができる。

2 役員にはその職務を執行するために要した費用を弁償することができる。

3 前2項に関し必要な事項は、総会の議決を経て、理事長が別に定める。

(評議員及び評議員会)

第20条 この法人に評議員会を置く。

2 評議員は、理事会において会員の中から選出し、理事長がこれを委嘱する。

3 評議員は、500名以内とする。

4 評議員の任期は2年とし、再任を妨げない。

5 評議員の解任は、第18条第1項及び第2項の規定を準用する。

## 第4章 会議

(種別)

第21条 この法人の会議は、総会、理事会、評議員会及び委員会とする。

2 総会は、通常総会および臨時総会とする。

(総会の構成)

第22条 総会は、正会員をもって組織する。

(総会の権能)

第23条 総会は、以下の事項について議決する。

(1) 定款の変更

(2) 解散及び合併

(3) 事業計画及び収支予算並びにその変更

(4) 事業報告及び収支決算

(5) 役員を選任及び解任、職務及び報酬

- (6) 入会金及び年会費の額
- (7) 借入金(その事業年度内の収支をもって償還する短期借入金を除く。第53条において同じ。)その他新たな義務の負担及び権利の放棄
- (8) その他運営に関する重要事項

(総会の開催)

第24条 通常総会は、毎年1回以上開催する。

2 臨時総会は、次に掲げる場合に開催する。

- (1) 理事会が必要と認め、招集の請求をしたとき。
- (2) 正会員総数の5分の1以上から会議の目的を記載した書面により招集の請求があったとき。
- (3) 監事が第15条第5項第4号の規定に基づいて招集するとき。

(総会の招集)

第25条 総会は前条第2項第3号の場合を除いて、理事長が招集する。

2 理事長は、前条第2項第1号及び第2号の規定による請求があったときは、その日から90日以内に臨時総会を招集しなければならない。

3 総会を招集する場合には、会議の日時、場所、目的及び審議事項を記載した書面により、開催の日の少なくとも7日前までに通知しなければならない。

(総会の議長)

第26条 総会の議長は、その総会に出席した正会員の互選で定める。

(総会の定足数)

第27条 総会は、正会員総数の4分の1以上の出席がなければ、開会することはできない。

(総会の議決)

第28条 総会における議決事項は、第25条第3項の規定によってあらかじめ通知した事項とする。ただし、議事が緊急を要するもので、出席した正会員の2分の1以上の同意があった場合はこの限りではない。

2 総会の議事は、この定款に規定するもののほか、出席した正会員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(総会での表決権等)

第29条 正会員の表決権は、平等なものとする。

2 やむを得ない理由により総会に出席できない正会員は、あらかじめ通知された事項について、書面をもって表決し、又は他の正会員を代理人として表決を委任することができる。

3 前項の規定により表決した正会員は、前2条の規定の適用については出席したものとみなす。

4 総会の議決について特別の利害関係を有する正会員は、その議事の議決に加わることができない。

(総会の議事録)

第30条 総会の議事については、次の事項を記載した議事録を作成しなければならない。

- (1) 日時及び場所
- (2) 正会員総数及び出席者数(書面表決者又は表決委任者がある場合にあっては、その数を付記すること。)
- (3) 審議事項
- (4) 議事の経過の概要及び議決の結果
- (5) 議事録署名人の選任に関する事項

2 議事録には議長及び総会において選任された議事録署名人2名が、記名押印又は署名しなければならない。

(理事会の構成)

第31条 理事会は、理事をもって構成する。

(理事会の権能)

第32条 理事会は、この定款に別に定める事項のほか、次の事項を議決する。

- (1) 総会に付議すべき事項
- (2) 総会の議決した事項の執行に関する事項
- (3) その他総会の議決を要しない業務の執行に関する事項

(理事会の開催)

第33条 理事会は、次に掲げる場合に開催する。

- (1) 理事長が必要と認めたとき。
- (2) 理事総数の2分の1以上から理事会の目的である事項を記載した書面により招集の請求があったとき。

(理事会の招集)

第34条 理事会は、理事長が招集する。

- 2 理事長は、前条第2号の場合にはその日から60日以内に理事会を招集しなければならない。
- 3 理事会を招集するときは、会議の日時、場所、目的及び審議事項を記載した書面により、開催の日の少なくとも7日前までに通知しなければならない。

(理事会の議長)

第35条 理事会の議長は、理事長がこれにあたる。

(理事会の定足数)

第36条 理事会は、理事総数の3分の2以上の出席がなければ、開会し議事を決議することはできない。

(理事会の議決)

第37条 理事会における議決事項は、第34条第3項の規定によってあらかじめ通知した事項とする。

- 2 理事会の議事は、出席理事の過半数をもって決し、可否同数の時は、議長の決するところによる。

(理事会の表決権等)

第38条 各理事の表決権は、平等なるものとする。

- 2 やむを得ない理由のため理事会に出席できない理事は、あらかじめ通知された事項について書面をもって表決し、他の理事を代理人として表決を委任することができる。
- 3 前項の規定により表決した理事は、前2条の規定の適用については出席したものとみなす。
- 4 理事会の議決について特別の利害関係を有する理事は、その議事の議決に加わることができない。

(理事会の議事録)

第39条 理事会の議事録は、次の事項を記載した議事録を議長が作成しなければならない。

- (1) 日時及び場所
- (2) 理事総数、出席者数及び出席者氏名(書面表決者又は表決委任者がある場合にあっては、その旨を付記すること。)
- (3) 審議事項
- (4) 議事の経過の概要及び議決の結果
- (5) 議事録署名人の選任に関する事項

- 2 議事録には、議長及び理事会において選任された議事録署名人2名が、記名押印又は署名しなければならない。

(評議員会の構成)

第40条 評議員会は、評議員をもって構成する。

(評議員会の機能)

第41条 評議員及び評議員会は、理事長の諮問に応じて必要な事項を協議し、意見を述べる。

- 2 評議員会は、次の事項について議決する。

- (1) 理事長の選任

(評議員会の開催)

第42条 評議員会は、毎年1回以上理事長が招集し、通常総会と併催する。

(評議員会の招集及び議長)

第43条 理事長は、評議員会を招集し、その議長は出席者から選出する。

(評議員会の議事録)

第44条 評議員会の議事については、次の事項を記載した議事録を議長が作成しなければならない。

- (1) 日時及び場所
- (2) 評議員総数、出席者数
- (3) 協議事項
- (4) 議事の経過の概要

(委員会)

第45条 この法人は、必要に応じて理事会の決議を経て委員会を置くことができる。

2 委員会の組織、権限、運営等に関する事項は、理事会において定める。

## 第5章 資産

(構成)

第46条 この法人の資産は、次の各号に掲げるものをもって構成する。

- (1) 設立当初の財産目録に記載された資産
- (2) 入会金及び会費
- (3) 寄付金品
- (4) 財産から生じる収入
- (5) 事業に伴う収入
- (6) その他の収入

(区分)

第47条 この法人の資産は、これを分けて特定非営利活動に係る事業に関する資産、その他の事業に関する資産の2種とする。

(管理)

第48条 この法人の資産は、理事長が管理し、その方法は総会の議決を経て、理事長が別に定める。

## 第6章 会計

(会計の原則)

第49条 この法人の会計は、法第27条各号に掲げる原則に従って行わなければならない。

(会計区分)

第50条 この法人の会計は、次のとおり区分する。

- (1) 特定非営利活動に係る事業会計
- (2) その他の事業会計

(事業年度)

第51条 この法人の事業年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日に終わる。

(事業計画及び予算)

第52条 この法人の事業計画及びこれに伴う収支予算は、毎事業年度ごとに理事長が編成し、総会の議決を経なければならない。

(暫定予算)

第53条 前条の規定にかかわらず、やむを得ない理由により予算が成立しないときは、理事長は、理事会の議決を経て、予算成立の日まで前事業年度の予算に準じ収入支出することができる。

2 前項の収入支出は、新たに成立した予算の収入支出とみなす。

(予備費)

第54条 予算超過又は予算外の支出に充てるため、予算中に予備費を設けることができる。

2 予備費を使用するときは、理事会の議決を経なければならない。

(予算の追加及び更正)

第55条 予算成立後にやむを得ない事由が生じたときは、総会の議決を経て、既定予算の追加又は更正をすることができる。

(事業報告及び決算)

第56条 この法人の事業報告書、財産目録、貸借対照表及び収支計算書等決算に関する書類は、毎事業年度終了後3か月以内に理事長が作成し、監事の監査を受け、総会の議決を得なければならない。

2 決算上剰余金を生じたときは、次事業年度に繰り越すものとする。

(臨機の措置)

第57条 予算をもって定めるもののほか、借入金の借入れその他新たな義務の負担をし、又は権利の放棄をしようとするときは、総会の議決を経なければならない。

## 第7章 定款の変更、解散及び合併

(定款の変更)

第58条 この法人が定款を変更しようとするときは、総会に出席した正会員の4分の3以上の多数による議決を経、かつ、法第25条3項に規定する軽微な事項を除いて所轄庁の認承を得なければならない。

(解散)

第59条 この法人は、次に掲げる事由により解散する。

- (1) 総会の決議
- (2) 目的とする特定非営利活動に係わる事業の成功の不能
- (3) 会員の欠亡
- (4) 合併
- (5) 破産
- (6) 所轄庁による認証の取消し

2 前項第1号の事由によりこの法人が解散するときは、正会員総数の4分の3以上の承諾を得なければならない。

3 第1項第2号の事由により解散するときは、所轄庁の認定を得なければならない。

(残余財産の帰属)

第60条 この法人が解散(合併又は破産による解散を除く。)したときに残存する財産は、法第11条第3項に掲げるもののうち、解散時の総会で議決したものに譲渡するものとする。

(合併)

第61条 この法人が合併しようとするときは、総会において正会員総数の4分の3以上の議決を経、かつ所轄庁の認証を得なければならない。

## 第8章 公告の方法

(公告の方法)

第62条 この法人の公告は、この法人の掲示場に掲示するとともに、官報に掲載して行う。

## 第9章 事務局

(事務局の設置)

第63条 この法人に、この法人の事務を処理するため、事務局を設置する。

2 事務局には、事務局長及び職員若干名を置くことができる。

(職員の任免)

第64条 事務局長及び職員の任免は、理事長が行う。

(組織及び運営)

第65条 事務局の組織及び運営に関し必要な事項は、理事会の議決を経て、別に定める。

## 第10章 雑則

(細則)

第66条 この定款の施行に必要な細則は、理事会の議決を経て理事長が別に定める。

## 附 則

1. この定款は、この法人の成立の日から施行する。

2. この法人の設立当初の役員は、別表のとおりとする。
3. この法人の設立当初の役員の任期は、第16条第1項の規定にかかわらず、この法人成立の日から平成17年6月30日までとする。
4. この法人の設立当初の事業年度は、第50条の規定にかかわらず、この法人の成立の日から平成16年3月31日までとする。
5. この法人の設立当初の事業計画及び収支予算は、第51条の規定にかかわらず、設立総会の定めるところによる。
6. この法人の設立当初の会費は、第8条の規定にかかわらず、次に掲げる額とする。

(入会金) 正会員 1,000円

- |       |          |    |                 |
|-------|----------|----|-----------------|
| (年会費) | (1) 正会員  | 年額 | 9,000円(個人・団体)   |
|       | (2) 賛助会員 | 年額 | 1口50,000円(1口以上) |
|       | (3) 名誉会員 | 年額 | 0円              |

#### 附 則

この定款は、平成16年6月9日から施行する。

#### 附 則

この定款は、平成19年6月18日に一部改正し、この日をもって施行する。

## 特定非営利活動法人日本歯科保存学会会員倫理規程

(趣旨)

第1条 日本歯科保存学会（以下「本会」という。）は、会員の守るべき倫理等必要な事項等について定める会員倫理規程を設ける。

2 本会会員は本会の名誉を傷つけ、又は目的に違反する行為を行ってはならない。

(実施方法)

第2条 倫理委員会における審査は以下の手順に従う。

- (1) 倫理審査を希望する委員会の委員長は書面をもって、理事長及び倫理委員会委員長（以下「委員長」という。）に審査願いを提出する。
- (2) 委員長は、直ちに審査を依頼した当該委員会委員長と検討し、委員会での審査が必要と判断した場合は、委員会を招集する。
- (3) 委員会には、理事長の許可を得て外部委員2名を加えなければならない。
- (4) 委員長の判断により、理事長の許可を得て必要に応じて関連する委員会の委員長等を委員として委嘱することができる。
- (5) 委員長の判断により、専門的な情報や判断が必要とされた場合は、理事長の許可を得て弁護士等に依頼することができる。

(審査に拘わる費用)

第3条 委員会の審査に付随して発生する費用は本会が負担する。

2 外部委員には相応の交通費及び1日につき1万円の審査料を支払う。

(処分)

第4条 処分は除名、会員資格停止、専門・認定医資格喪失、専門・認定医試験受験停止、戒告、嚴重注意等とする。

(結果の報告)

第5条 委員会は、審査結果を常任理事会に報告して承認を得なければならない。

2 学会は、理事会・評議員会・総会において処分の概要を報告しなければならない。

(異議申し立て)

第6条 処分内容に異議のある者は、処分を受けた日から2週間以内に文書をもって理事長に異議申し立てができる。

2 異議申し立てを受けた場合は、1ヶ月以内に倫理委員会を招集し、処分の再審議をしなければならない。

3 再度の異議申し立ては受け付けない。

(規程の改廃)

第7条 この規程の改廃は、委員会及び常任理事会の議を経て、理事会の承認を得なければならない。

附 則

この規程は、平成18年11月8日から施行する。

この規程は、平成24年4月1日に一部改正し、施行する。

## 日本歯科保存学雑誌投稿規程

1. この学術雑誌は、研究成果の論文発表による発信を通して、歯科保存学（保存修復学、歯内療法学、歯周病学）の発展に寄与することを目的としている。そのため、歯科保存学の基礎、臨床、教育ならびに歯科保存学を基盤とした歯科医学全般に関する論文を掲載する。
2. 論文の種類は、原著論文（独創性がある研究の成果に関するもの）、総説（歯科保存学に関する争点を整理して今後の方向性を示唆しようとするもの、あるいは既発表論文の内容をまとめて新たな概念を提唱しようとするもの）、ミニレビュー（歯科保存学に関する最近のトピックを総説形式で簡潔にまとめたもので、各賞の受賞論文を含む）、症例・臨床報告（歯科保存学領域から広く歯科医療の実践と発展に有用となる臨床の記録）などの4種に分類する。なお、総説とミニレビューは、編集委員会からの依頼によるものと投稿によるものとに分ける。
3. 原著論文および症例・臨床報告の内容は、過去に他誌に掲載されたり、現在投稿中あるいは掲載予定でないものに限る。
4. 論文の採否は、査読を経て決定する（編集委員会からの依頼によるものを除く）。
5. 投稿原稿は、日本語または英語で簡潔に記述されたものとする。
6. 原著論文の形式は、原則として和文（英文）抄録、緒言、材料および方法、結果あるいは成績、考察、結論、文献、英文（和文）抄録の順に記載する。原著論文以外の論文も、原則としてこれに準ずる。
7. 本誌の発行は、原則として2月、4月、6月、8月、10月および12月に行う。また、必要があれば増刊する。
8. 筆頭著者が会員の場合のみ、一定額の掲載料補助を行う。また、筆頭著者が会員であるが共著者に非会員が含まれる場合については、掲載料補助は行われるが非会員の人数に応じて別途負担金を求める。なお、図表・写真などの実費、発送および別刷にかかわる費用、J-STAGE 登載用データ作成代は、著者負担とする。ただし、編集委員会からの依頼によるものは除くものとする。
9. 論文投稿票は、最新のものをを用い、投稿原稿に必ず添付する。
10. 受付日は、投稿原稿が学会事務局へ到着した日付とする。また、受理日は、査読担当者から採択可と判定された日付とする。
11. 掲載順序は、受理順とする。なお、採択論文の掲載証明は希望がある場合に発行する。
12. 論文投稿はE-mail 投稿または学会ホームページ等からのWeb 投稿とする。投稿原稿の送付先は、学会事務局とする。
13. 著者による校正は、原則として2校までとする。その際には、字句の著しい変更、追加、削除などは認めない。校正刷は所定の日までに必ず返却する。校正不要の場合には、その旨表紙左側に明記する。
14. 本誌掲載の著作物の著作権は、本学会に帰属するものとする。
15. この規程にない事項は、別に編集委員会で決定する。

## 附則

1. 本規程は平成6年11月10日から施行する（第38巻第1号より適用）。
  2. 本規程は平成7年10月26日から一部改正し施行する。
  3. 本規程は平成9年6月5日から一部改正し施行する。
  4. 本規程は平成11年11月17日から一部改正し施行する。
  5. 本規程は平成16年6月9日から一部改正し施行する。
  6. 本規程は平成18年11月9日から一部改正し施行する。
  7. 本規程は平成20年6月5日から一部改正し施行する。
  8. 本規程は平成21年10月28日から一部改正し施行する。
  9. 本規程は平成22年6月3日から一部改正し施行する。
  10. 本規程は平成24年6月28日から一部改正し施行する。
  11. 本規程は平成25年6月27日から一部改正し施行する。
  12. 本規程は令和2年6月25日から一部改正し施行する。
- 投稿にあたっては「投稿規程」のほか、必ず各巻の1号に掲載されている「投稿の手引き」に準拠すること。

**複写をご希望の方へ**

本学会は、本誌掲載著作物の複写複製に関する権利を学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写複製をご希望の方は、学術著作権協会 (<https://www.jaacc.org/>) が提供している複製利用許諾システムを通じて申請ください。

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、直接本学会へお問い合わせください。

**Reprographic Reproduction outside Japan**

The Japanese Society of Conservative Dentistry authorized Japan Academic Association For Copyright Clearance (JAC) to license our reproduction rights of copyrighted works. If you wish to obtain permissions of these rights in the countries or regions outside Japan, please refer to the homepage of JAC (<http://www.jaacc.org/en/>) and confirm appropriate organizations to request permission.

## 投稿の手引き (64巻3号から適用)

## 論文の形式

1. 原著論文は原則として和文(英文)表紙, 和文(英文)抄録, 本文(緒言, 材料および方法, 結果あるいは成績, 考察, 結論), 文献, 英文(和文)表紙, 英文(和文)抄録, 付図説明の順に綴じ, 表紙から通しページ番号をつける。原著論文以外の総説論文, 症例報告なども, 原則としてこれに準ずる。
2. 論文の構成
  - 1) 表題: 簡潔に内容を表したものであること。副表題は数字のみでなく内容を表したものとする。
  - 2) 緒言: 研究の背景や新規性, 目的および研究の意義が明確に理解できるように記述する。
  - 3) 材料および方法: 使用した材料や装置, あるいは方法を明確に記載し, 同一の方法で追試が行えるように, わかりやすく記述する。また, 実験条件の設定, 試料の数や抽出法, 統計処理等が, 研究目的に合致していること。
  - 4) 結果あるいは成績: 客観的事実のみを記述し, 著者の主観を交えたような表現を避ける。計測結果は, 平均値と標準偏差などの特性値を併記する。
  - 5) 考察: 方法, 結果などについて, 従来の文献を参考に十分推敲を重ね, 独断的にならないように, また論旨が飛躍しすぎないように注意する。さらに, 研究目的に対する考察に的を絞り, 総論的な考察は避ける。
  - 6) 結論: 得られた結論のみを正確かつ簡潔に記述する。その際, 緒言で提示した研究目的や仮説との整合性に注意する。
3. 原稿はA4判用紙を用い, 1頁当たり40字×20行, 12ポイントの文字で印字することが望ましい。余白は天地左右25ミリ程度とする。数字, 欧文はすべて半角で入力し, 英文における単語間は半角とする。外国人名および地名はなるべく原語とする。
4. 論文の形式は最新号の雑誌を参照すること。
5. 論文の内容に関する利益相反(COI)状態をすべて申告すること。
6. 英文による論文には, 英文校正者(歯科医学の専門知識を有することが望ましい)によるネイティブチェックを受けたことを示す英文校閲証明書を添付する(書式は問わない)。

## 倫理規程

1. ヒトを対象とした研究(臨床・疫学研究)発表を行う場合には, ヘルシンキ宣言を遵守し, 研究対象者および患者からインフォームド・コンセントを受けていること, また, 所属機関の長もしくは長の委託する研究倫理審査委員会の承認を得ていること等の明記を必要とする。
2. 動物を対象とする場合には, 「所属施設の動物実験委員会等の承認を得ていること」等の明記を必要とする。
3. 患者を研究対象とする場合は, 「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従い, 写真, 臨床所見および検査データなどの資料および対象者から得られた検体等の公表に際しては, 原則として対象者である患者本人から承諾を得ること。また, 発表資料等から研究対象者が特定されないことがないように, 連結不可能な匿名化を行うなど個人情報の保護を徹底すること。
4. その他の臨床試料(ヒト抜去歯等)を用いた研究を発表する場合には, 所属施設の研究倫理審査委員会の承認を得ていること等の明記を必要とする。
5. 疫学研究に関する発表は, 「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従ったものであること。その際は, 研究対象者の人権およびその属するコミュニティに対する影響を考慮した上で論述すること。また, 発表資料等から研究対象者個人が特定されないことがないように, 連結不可能な匿名化を行うなど個人情報の保護を徹底すること。
6. ヒトゲノムあるいは遺伝子解析に関する研究の発表は, 「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」および「遺伝子治療臨床研究に関する指針」に従ったものであること。また発表に際しては, 資料提供者の尊厳および人権に十分配慮するとともに, 社会に対する影響を考慮した上で論述すること。また, 発表資料等から研究対象者個人が特定されないことがないように, 連結不可能な匿名化を行うなど個人情報の保護を徹底すること。
7. 適応外使用の薬剤・機器あるいは国内未承認薬・未承認治療法の使用を含む症例発表については, 所属施設に設

置されている関連委員会（倫理審査委員会，未承認新規医薬品等審査委員会等）において使用の承認を得ていること。

8. 再生医療等安全性確保法に定められている再生医療等技術を含む研究発表については，その法に従い患者に提供された技術であること。

#### 表 紙

1. 和文表紙には，中央上段から和文による表題，著者氏名，所属機関名，責任著者連絡先，40字以内の略表題（ランニングタイトル）を記載する。
2. 英文表紙には，中央上段から英文による表題，著者氏名，所属機関名，責任著者連絡先を記載する。
3. 所属機関名と住所は和文・英文とも編集委員会に登録されているものを使用する。
4. 英文表題は冠詞，前置詞，接続詞などの付属語ならびに慣用の特殊語を除き，単語の先頭文字を大文字，以下を小文字で記す。また，ハイフンでつながる複合語の場合，ハイフンの後は小文字で記す。
5. 責任著者連絡先は，和文・英文とも著者1名の氏名・所属機関・住所・TEL・FAX・e-mailを記載する。

#### 抄 録

1. 和文抄録は1,000字以内とし，目的，材料と方法，成績および重要な結論に分け，各見出しを付ける。最後に和文キーワード3語程度を記載する。
2. Abstractは400語以内とし，Purpose, Methods, Results, Conclusionに分け，各見出しを付ける。最後にKeywords 3語程度を記載する。
3. Abstractは投稿者が十分に吟味し，必要に応じて英文校正者（歯科医学の専門知識を有することが望ましい）によるネイティブチェックを受けてから投稿すること。

#### 本 文

1. 緒言，材料および方法，結果あるいは成績，考察，結論は，見出しの語で示し，それらには数字をつけない。
2. 文中の項目を細分する場合は1・2・3……，1)・2)・3)……，(1)・(2)・(3)……，①・②・③……，a・b・c……，の順によるものとする。
3. 文中の外国語（欧文）は下記の通りとする。
  - 1) 人名は，通常姓のみを記す。
  - 2) 製品名，製造者名を原語で示す必要があれば，単語の先頭文字を大文字，以下を小文字とする。  
原則として，和文による論文では「一般名（製品名，会社名，海外製品は国名）」，英文による論文では「一般名（製品名，会社名，都市名，（米国は州名，）国名）」のように記載する。なお，®や™などの商標登録表示は不要。
  - 3) 普通名詞は，ドイツ語およびラテン語の場合では単語の先頭文字を大文字，以下を小文字とする。英語およびフランス語の場合ではすべて小文字で記す。
  - 4) 学名二名法の場合は，属名の単語の先頭文字を大文字，以下を小文字とし，イタリックで記す。たびたび使用する場合は，2回目以後では属名を省略し，単語の先頭文字で表してさしつかえない。

例) *Streptococcus mutans* → *S. mutans*

- 5) その他の原語で示す必要があれば，慣用の特殊語を除き，すべて小文字で記す。
4. 文中の数字の取り扱いは下記の通りとする。
  - 1) アラビア数字(算用数字) 数量を示す場合
  - 2) 日本数字(漢字) 数字を含む名詞，形容詞，副詞など  
例) 第一大臼歯，一部分，二次齲蝕，二，三の，再三，四方，十二指腸，十数回
5. 単位は原則としてSI単位系を使用する。
6. 研究補助金についての記載，謝辞，その他の特記事項は結論の末尾に付記する。
7. COIのある場合，その旨を文献の前に記載すること。COIがない場合も「本論文に関して，開示すべき利益相反状態はない」などと記載すること。

## 文 献

1. 文献は、本文末尾に一括して引用順に記載する。
2. 本文中の文献呼び出しは、片括弧で、文の右肩に付す。2つ引用する場合は「,」で、3つ以上の場合には「-」でつなく。  
例：「著者ら<sup>3)</sup>は」「～ことが報告されている<sup>7,8)</sup>」「過去の研究<sup>10-15)</sup>では」
3. 記載例
  - a. 雑誌論文  
番号) 著者 (全員とする。共著の間は「,」で区切る)。論文題目。掲載誌名 発行西暦年;掲載巻:通巻ページの始-終。  
例：  
1) 山田太郎, 鈴木京子, 田中一郎. アマルガム充填に関する研究. 日歯保存誌 1994; 37: 2017-2022.  
2) Clark AB, Erickson D, Hamilton FG. Tensile bond strength and modulus of elasticity of several composite resins. J Dent Res 1992; 37: 618-621.  
英文による論文中で日本語文献を引用する場合は末尾に (in Japanese) を付す。  
3) Maruyama K, Han L, Okiji T, Iwaku M. A study on vital tooth bleaching. Jpn J Conserv Dent 2007; 50: 256-265. (in Japanese)
  - b. 単行本  
番号) 著者 (共著者)。書名。上・下巻。版数。出版社名: 出版社所在都市名; 発行西暦年。引用ページ。  
例：  
4) Phillips RW. Skinner's science of dental materials. 9th ed. WB Saunders: Philadelphia; 1991. 219-221.
  - c. 分担執筆による単行本  
番号) 分担者名。分担表題名。編集者名 (監修者名)。単行本名。上・下巻。版数。出版社名: 出版社所在都市名; 発行西暦年。引用ページ。  
例：  
5) 原 学郎. 保存修復学の歴史と目的. 勝山 茂, 石川達也, 小野瀬英雄. 保存修復学. 3版. 医歯薬出版: 東京; 1993. 3-5.  
6) Torneck CD. Dentin-pulp complex. Ten Cate AR. Oral histology. 5th ed. Mosby: St. Louis; 1998. 150-196.  
ただし、各分担者の執筆部分の記載が無い場合には、分担者名および分担表題名は記載しない。  
番号) 編集者名 (監修者名)。単行本名。上・下巻。版数。出版社名: 出版社所在都市名; 発行西暦年。引用ページ。  
例：  
7) 岩久正明, 河野 篤, 千田 彰, 田上順次. 保存修復学 21. 1版. 永末書店: 京都; 1998. 85-89.
  - d. 翻訳書  
番号) 原著者名 (原語)。翻訳者名 (訳または監訳)。翻訳書名。翻訳書上・下巻。原著版数。翻訳書出版社名: 翻訳書出版社所在都市名; 翻訳書発行西暦年。翻訳書の引用ページ。  
例：  
8) Martin DW, Mayers PA, Rodwell VW. 上代淑人. ハーパー・生化学. 24版. 丸善: 東京; 1997. 402-405.
  - e. その他の記述形式
    - ・学会抄録  
番号) 演者 (全員とする。共同演者の間は「,」で区切る)。抄録題目。掲載誌名 発行西暦年;掲載巻:通巻ページの始-終, 演題番号。  
例：  
9) Marais JT. Cleaning efficacy of a new root canal irrigation material. J Dent Res 1998; 77: 669, Abst. No. 300.
    - ・印刷中の雑誌論文  
原則として通常の雑誌論文と同様とするが、通巻ページが不明な場合は記載しなくてもよい。末尾に印刷中と記す。  
例：

10) Sato K. Effect of toothbrushes on gingival abrasion. J Periodont Res 1994; 29: in press.

・電子ジャーナル

原則として通常の雑誌論文と同様とするが、通巻ページが不明な場合は、DOIなどを明記する。印刷される前に電子ジャーナルで公開されているものは、出版年・月のあとに [Epub ahead of print] と記す。

例：

11) Sunada N, Ishii R, Shiratsuchi K, Shimizu Y, Tsubota K, Kurokawa H, Miyazaki M. Ultrasonic measurement of the effects of adhesive application and power density on the polymerization behavior of core build-up resins. Acta Odontol Scand; doi: 10.3109/00016357.2011.654252

・インターネットウェブサイト

発行元、記事名、ウェブサイトアドレス、(アクセス日)

例：

12) 厚生労働省. 平成23年歯科疾患実態調査 現在歯数および1人平均値, 歯種・年齢別 (5歳以上・永久歯). <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-17c23-1.pdf> (2012年12月20日アクセス)

13) World Health Organization. Continuous improvement of oral health in the 21st century. [http://www.who.int/oral\\_health/en/\(cited 2005. 10. 1\)](http://www.who.int/oral_health/en/(cited 2005. 10. 1))

4. 掲載誌名の省略法は、原則として当該雑誌で規定されているものとする。

#### 図、表

1. 図、写真、表などは図と表に分類して番号をつける。用紙設定はA4判を用い、図・表1つずつ別頁にする。図表中に当該図表の番号を入れること。
2. トレースを希望する図は「要トレース」と余白に記載する。
3. 図・表は原則として英語表記とする。
4. 図・表にはそれのみで理解できるような説明をつける。図・表の説明は、付図説明としてまとめる。
5. 図をカラー印刷希望の場合には、カラーデータを、モノクロ印刷希望の場合には、モノクロデータを添付する。  
(画像データ作成上の注意点)
  - ・データ形式は、可能な限りjpgとする。
  - ・画像サイズはレイアウトに対応する大きさとし、画面解像度については写真の場合300 dpi以上、線画の場合1,200 dpi以上にする。
6. 雑誌ではモノクロ印刷とした図をJ-STAGEにおいてカラー掲載とすることも可とする。その場合は投稿時に申し出ること。なおJ-STAGE掲載用カラーデータの作成費は著者負担とする。ただし、J-STAGEのみカラーとした場合、付図説明等を追記することは雑誌掲載の内容あるいは体裁と異なるため認められない。図のカラー・モノクロの選択に関しては、同一の付図説明で可能かどうか著者自身が十分に検討したうえで判断すること。

#### 投稿原稿の送付

1. 原稿 (和文 (英文) 表紙, 和文 (英文) 抄録, 本文, 文献, 英文 (和文) 表紙, 英文 (和文) 抄録, 付図説明で1ファイルにする) は、Microsoft Office Word (以下 Word) 形式とする。
2. 図は、jpg または pdf とする。
3. 表は Microsoft Office Excel, jpg, pdf または Word 形式とする。
4. 投稿票・著作権承諾書、チェックリスト、投稿論文に関わる利益相反 (COI) 自己申告書、英文校閲証明書 (英文論文の場合) はスキャンし、画像ファイルで送付する。
5. ファイル名は、和文で「筆頭著者名」\_「大学名 (学部以下不要)」\_「原稿・図・表・投稿票」\_そしてファイル種類を表す「. 拡張子」とする。  
例) 日本太郎\_日本大学\_原稿.docx ; 日本太郎\_日本大学\_図.jpg ; 日本太郎\_日本大学\_表.xlsx ; 日本太郎\_日本大学\_投稿票.pdf  
なお、すべてを一括して、フォントを埋め込んだ pdf でも投稿可能とする。その際のファイル名は、日本太郎\_日本大学\_一括原稿.pdf とする。
6. e-mail の件名 (Subject) は、「日本歯科保存学雑誌投稿論文」とする。

7. 投稿原稿は、(一財) 口腔保健協会編集部 (の e-mail アドレス) : hensyu6@kokuhoken.or.jp に送付する。念のため CC (Carbon Copy) に、hensyu5@kokuhoken.or.jp を加えること。
8. ファイルサイズが大きすぎる等の問題のため e-mail 投稿が困難な場合は、FTP サーバ等を用いた投稿も可能とする。この際であっても、まずは e-mail で投稿の旨を連絡し、その際にファイルをダウンロードするサイト等を指示すること。
9. 日本歯科保存学会ホームページに設置してある日本歯科保存学雑誌投稿フォーム (<http://www.kokuhoken.or.jp/exterior/jscd/fileform/>) からの投稿も可能とする。
10. 投稿票・著作権承諾書、チェックリスト、投稿論文に関わる利益相反 (COI) 自己申告書の原紙を著者校正返却時に必ず同封すること。

#### 投稿票の記載について

1. 投稿票は本誌最新号に綴じ込みのもの、または学会ホームページに掲載のものを使用する。
2. 論文タイトルは副表題があれば副表題まで記載する。
3. ランニングタイトル欄には論文内容を的確に表す略表題を 40 文字以内で記載する。英文は 2 文字が和文 1 文字に相当する。
4. 著者名が複数の場合も全員記載する。
5. 所属は省略せず、正式名称を記載する。
6. 別刷希望部数を記載する。
7. 連絡先は校正刷の郵送先を記載する。
8. 裏面のチェックリストにより、著者自身で投稿原稿内容の確認を行い、著者チェック欄にチェックする。その後、編集連絡委員のチェックを受け署名および捺印をうける。
9. 本誌に掲載された著作物の著作権の譲渡にあたり、著作権帰属承諾書に著者全員の署名、捺印 (外国人については捺印は不要) を行い、投稿原稿とともに提出する。

#### 英文誌 “Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology” への投稿について

1. 論文の形式は原則として和文誌に倣うものとするが、和文表紙および和文抄録は不要とする。
2. 投稿方法も原則として和文誌に倣う。英文誌への掲載希望であることを投稿時に申し出ること。

メディカルオンライン閲覧用 ID : 1100007177-06  
(メディカルオンラインのパスワード : zn3xtm76  
ホームページから利用)

「投稿規程」「投稿の手引き」英文版を学会ホームページおよび J-stage で公開しています。  
[https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikahozon/\\_pubinfo/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikahozon/_pubinfo/-char/en)

## 編集後記

●2019年4月に2期目の編集委員を仰せつかり、1期目を通じて延べ約4年間に経過しようとしています。2期目では、これまで15編の論文を査読させていただきました。かなり詳細にわたってコメントいたしました。が、オーサーの先生方は真摯にご対応・ご修正くださいました。大変有難く思っております。会員各位の積極的なご投稿の中、本学会機関誌の最新号第64巻第1号をお届けします。本学会機関誌は60年以上の長い歴史をもつ素晴らしい学術雑誌です。

●ホームページに掲載されている日本歯科保存学会年表をみますと、本学会機関誌は、さまざまな変貌を遂げていることがわかります。1958年に「日本保存歯科学雑誌」の名称で発刊され、1972年に現在の「日本歯科保存学雑誌」に名称が変更されました。当初年間2号の発行でしたが、第21巻から年間3号となり、第27巻から年間4号、そして第29巻から年間6号となり現在に至っています。雑誌サイズも第49巻までB5判であったものが、第50巻からA4判に変更されています。そして、ずっと慣れ親しんだ冊子体が、デジタル化の波に押されて第63巻第4号から電子ジャーナルとなり、ご存知のとおり、ホームページからPDFでダウンロードできます。さらに第64巻では、年間6号のうち1号が英文誌となる予定です。日本補綴歯科学会や日本歯科理工学会と並び、グローバル化に向けていよいよ英文誌が初刊されます。

●さて、科学の著しい発展を遂げている人類の長い歴史の中で、細菌やウイルスによる感染症のパンデミックが幾度となく人類を襲ってきたようです。少しオカルト的なパンデミック100年周期説というのがあります。1720年前後のペスト、1820年前後のコレラ、1920年前後のスペイン風邪、そして今回の新型コロナウイルス感染症です。今回のパンデミックは、今のところ収束する気配が全くありませんが、スペイン風邪では世界で約5億人が感染し、日本でも3波にわたって大流行して約2380万人が感染したそうです。

●未知のウイルス感染症がこんなにも私たちの日常生活に影響を与えるのか、現実を目の当たりにしてみると、かなり戸惑いと不自由を感じていますが、今は我慢するしかありません。巣ごもりの現状を好機とみて、これまでの研究成果を論文にまとめるいい機会かもしれません。数多くのご投稿をお待ちしております。

(新海航一 記)

## 日本歯科保存学雑誌編集委員会

副委員長 前田英史 (九州大学大学院歯学研究院) ※委員長代行

北村和夫 (日本歯科大学)

齋藤正寛 (東北大学大学院歯学研究科)

柴秀樹 (広島大学大学院医系科学研究科)

新海航一 (日本歯科大学新潟生命歯学部)

平山聡司 (日本大学松戸歯学部)

村松敬 (東京歯科大学)

八重柏隆 (岩手医科大学歯学部)

山本一世 (大阪歯科大学)

山本松男 (昭和大学歯学部)

湯本浩通 (徳島大学大学院医歯薬学研究部)

幹事 稲本京子 (愛知学院大学歯学部)

## 編集・発行予定

号	投稿締切日	発行日
1	前年11月15日	2月末日
2	1月15日	4月末日
3	3月15日	6月末日
4	5月15日	8月末日
5	7月15日	10月末日
6	9月15日	12月末日

(50音順)

令和3年2月25日 印刷

令和3年2月28日 発行

編集兼発行者

制作者

印刷所

発行所

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会理事長

田上順次

一般財団法人 口腔保健協会

<http://www.kokuhoken.or.jp/>

三報社印刷株式会社

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会  
日本歯科保存学雑誌編集委員会

〒170-0003 東京都豊島区駒込1-43-9

(一財) 口腔保健協会内

電話 03 (3947) 8891

FAX 03 (3947) 8341

## 特定非営利活動法人 日本歯科保存学会賛助会員名簿

賛助会員名	郵便番号	所在地	電話番号
アグサジャパン株式会社	540-0004	大阪市中央区玉造1-2-34	(06)6762-8022
医歯薬出版株式会社	113-8612	東京都文京区本駒込1-7-10	(03)5395-7638
イボクラールピバデント株式会社	113-0033	東京都文京区本郷1-28-24 4F	(03)6801-1303
長田電機工業株式会社	141-8517	東京都品川区西五反田5-17-5	(03)3492-7651
カボデンタルシステムズ株式会社	140-0001	東京都品川区北品川4-7-35 御殿山トラストタワー15F	(03)6866-7480
クラレノリタケデンタル株式会社	100-0004	東京都千代田区大手町1-1-3 大手センタービル	(03)6701-1730
クルツァー ジャパン株式会社	113-0033	東京都文京区本郷4-8-13 TSKビル2F	(03)5803-2151
小林製薬株式会社	567-0057	大阪府茨木市豊川1-30-3	(072)640-0117
コルテンジャパン合同会社	190-0012	東京都立川市曙町2-25-1 2F	(042)595-6945
サンメディカル株式会社	524-0044	滋賀県守山市古高町571-2	(077)582-9981
株式会社ジーシー	113-0033	東京都文京区本郷3-2-14	(03)3815-1511
株式会社松風	605-0983	京都市東山区福福上高松町11	(075)561-1112
昭和薬品化工株式会社	104-0031	東京都中央区京橋2-17-11	(03)3567-9573
スリーエムジャパン株式会社	141-8684	東京都品川区北品川6-7-29	(03)6409-3800
タカラベルモント株式会社	542-0083	大阪市中央区東心斎橋2-1-1	(06)6212-3619
デンツプライシロナ株式会社	106-0041	東京都港区麻布台1-8-10	(03)5114-1005
株式会社東洋化学研究所	173-0004	東京都板橋区板橋4-25-12	(03)3962-8811
株式会社トクヤマデンタル	110-0016	東京都台東区台東1-38-9 イトーピア清洲橋通ビル7F	(03)3835-2261
株式会社ナカニシ	322-8666	栃木県鹿沼市下日向700	(0289)64-3380
株式会社ニッシン	601-8469	京都市南区唐橋平垣町8	(075)681-5346
日本歯科薬品株式会社	750-0015	山口県下関市西入江町2番5号	(0832)22-2221
ネオ製薬工業株式会社	150-0012	東京都渋谷区広尾3-1-3	(03)3400-3768
白水貿易株式会社	532-0033	大阪市淀川区新高1-1-15	(06)6396-4455
ピヤス株式会社	132-0035	東京都江戸川区平井6-73-9	(03)3619-1441
マニーマニ株式会社	321-3231	宇都宮市清原工業団地8-3	(028)667-1811
株式会社茂久田商会	650-0047	神戸市中央区港島南町4-7-5	(078)303-8246
株式会社モリタ	564-8650	大阪府吹田市垂水町3-33-18	(06)6388-8103
株式会社モリムラ	110-0005	東京都台東区上野3-17-10	(03)3836-1871
YAMAKIN株式会社	543-0015	大阪市天王寺区真田山町3-7	(06)6761-4739
株式会社ヨシダ	110-0005	東京都台東区上野7-6-9	(03)3845-2931

(五十音順)



貴稿が日本歯科保存学雑誌の投稿規程に沿ったものであるかを確認し、1～12の項目については、必ず著者チェック欄にチェック（√印）して下さい。さらに、その項目について、所属機関の編集連絡委員のチェックを受けてから投稿して下さい。（編集連絡委員名簿は各巻3・6号に掲載しています）

なお、13～18の項目については該当する場合にチェックして下さい。

チェック 著者 編集連絡委員	チェック 編集委員会
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1. 保存学会 HP 掲載の最新の投稿票を用いていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2. 原稿（図、表を含む）は A4 サイズで作成していますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 3. 原稿は和文（英文）表紙、和文（英文）抄録、本文、文献、英文（和文）表紙、英文（和文）抄録の順になっていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 4. 和文抄録、英文抄録には、見出しが付いていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 5. 和文・英文各表紙の末尾に責任著者連絡先が記入してありますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 6. 和文・英文各キーワード（索引用語）を3語程度、和文抄録・英文抄録の末尾に記入してありますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 7. 表紙には、ランニングタイトルが記入してありますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 8. 原稿には通しページ番号（表紙から文献まで）が記載されていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 9. 文献は所定の書き方で、引用順になっていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 10. 図表にはそれぞれ番号が記入してありますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 11. 図表とその説明は英語で表記していますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 12. 投稿論文に関わる利益相反（COI）自己申告書を添付していますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 13. トレースの必要な図は、余白にその旨記載してありますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 14. カラー掲載希望の場合にはカラーデータを、モノクロ掲載希望の場合にはモノクロデータを添付していますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 15. 英文論文の場合は、ネイティブスピーカー等による英文校閲証明書を添付していますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 16. ヒトを対象とする研究について、所属機関の長もしくはその長が委託する倫理委員会等の承認を得ていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 17. ヒトを対象とする研究について、匿名化を行うなど研究対象者個人が特定されることがないように配慮されていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 18. ヒトを対象とする研究について、得られた資料を使用するにあたり研究対象者の承諾を得ていますか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

編集連絡委員名 \_\_\_\_\_ (印)

編集委員会からのお願い：所属機関に編集連絡委員がおられない場合には、その旨明記の上、締切日に余裕をもって事務局までお送り下さい。

Thinking ahead. Focused on life.



# Spaceline EX

スペースライン EXが iFデザイン賞の金賞を受賞

ドイツのiFデザイン賞は、50年以上の歴史を有し、各国から選ばれた審査員によって厳正に選考される世界的に権威のあるデザイン賞です。世界中から6,400以上のエントリーがあった中、最優秀デザインとして75件に授与される金賞（iF GOLD AWARD）をスペースライン EXが受賞しました。人間工学に基づき緻密に計算されたデザインは、患者さんだけでなく術者にも理想的で洗練されたデザインであると評価されました。



#### 発売

株式会社 **モリタ**

大阪本社 大阪府吹田市垂水町3-33-18  
〒564-8650 T 06. 6380 2525

東京本社 東京都台東区上野2-11-15  
〒110-8513 T 03. 3834 6161

お問合せ お客様相談センター 歯科医療従事者様専用  
T 0800. 222 8020 (フリーコール)

#### 製造販売・製造

株式会社 **モリタ製作所**

本社工場 京都府京都市伏見区東浜南町680  
〒612-8533 TEL 075-611-2141

久御山工場 京都府久世郡久御山町市田新珠城190  
〒613-0022 TEL 0774-43-7594

販売名: スペースライン  
一般的名称: 歯科用ユニット  
機器の分類: 管理医療機器(クラスII)  
特定保守管理医療機器  
医療機器認証番号: 228ACBZX00018000

[www.dental-plaza.com](http://www.dental-plaza.com)

歯科用多目的超音波治療器

*MERSSAGE E-PICK 2in1*

メルサーージュ エピック 2in1



超音波スケーラーとパウダーデバイス。

幅広いプロフェッショナルケアに対応する2つの高機能を、この1台に凝縮。

製品紹介動画はコチラ▼

標準医院価格: ¥490,000

一般的名称: 歯科用多目的超音波治療器 管理医療機器 特定保守管理医療機器 認証番号: 229ALBZX00017A01

掲載の価格は2021年2月現在の標準医院価格(消費税抜き)です。



# 強い接着力で オールマイティに使えるレジンセメント G-CEM ONE SYSTEM

歯科用合着・接着材料 I

17点

製品専用WEBサイト  
▼▼コチラ▼▼



## オートミックス、ハンドミックスの 選べる2タイプ

## より強固な接着を必要とする 症例には

歯科接着用レジンセメント

ジーシー ジーセム ONE EM

歯科接着用レジンセメント

ジーシー ジーセム ONE neo

支台歯・窩洞接着用プライマー

ジーシー ジーセム ONE  
接着強化プライマー

歯冠修復物接着用プライマー

ジーシー G-マルチプライマー



色調●4色=ユニバーサル(A2)、ホワイト(オペーク)、  
A03、トランスルーセント



色調●4色=ユニバーサル(A2)、ホワイト(オペーク)、  
A03、トランスルーセント



管理医療機器 228AKBZX00104000



管理医療機器 228AABZX00003000  
製造販売元 株式会社ジーシーデンタルプロダクツ

すべての  
修復物に

発売元 **株式会社 ジーシー**  
東京都文京区本郷3丁目2番14号

製造販売元 **株式会社 ジーシー**  
東京都板橋区蓮沼町7番1号

歯科接着用レジンセメントジーシー ジーセムONE EM 管理医療機器 301AKBZX00021000  
歯科接着用レジンセメントジーシー ジーセムONE 管理医療機器 228AKBZX00104000  
歯科セラミックス用接着材料ジーシー G-マルチプライマー 管理医療機器 228AABZX00003000

DIC(デンタルインフォメーションセンター) お客様窓口 ☎0120-416480 受付時間9:00a.m.~5:00p.m.(土曜日、日曜日、祝日を除く) [www.gcdental.co.jp/](http://www.gcdental.co.jp/)

支店 ●東京 (03)3813-5751 ●大阪 (06)4790-7333 営業所 ●北海道 (011)729-2130 ●東北 (022)207-3370 ●名古屋 (052)757-5722 ●九州 (092)441-1286

※掲載の内容は、2021年2月現在のものです。 ※色調は印刷のため、現品と若干異なることがあります。

# 特定非営利活動法人日本歯科保存学会認定医制度規則

## 第1章 総則

### (趣旨)

第1条 特定非営利活動法人日本歯科保存学会(以下「本会」という)の制定する認定医制度は、歯科保存学の専門的知識と歯科保存治療の基本的技能を有する認定医の養成と、その生涯にわたる研修を図ることにより、医療水準の向上と普及を図り、もって保健福祉の増進に寄与することを目的とする。

## 第2章 認定医の認定

### (認定医認定の申請資格)

第2条 認定医の資格を申請する者は、以下の各号をすべて満たしていなければならない。ただし、認定委員会(以下「委員会」という)の推薦を経て、理事会で承認を受けた者はこの限りでない。

- (1) 日本国歯科医師の免許を有する者
- (2) 認定医申請時に2年以上継続して本会会員であること
- (3) 臨床研修医修了後、2年以上本会が認める研修施設において研修を満了した者、あるいは、社団法人日本歯科医師会の正会員又は準会員(専門医規則に準ずる。)である者
- (4) 本会認定医制度施行細則(以下「細則」という)第9条に定める所定の研修単位を満了した者
- (5) 現在、歯科保存治療に携わっている者

### (認定医認定の申請手続き)

第3条 認定医の資格を申請する者は、申請料及び受験料を添え、細則第5条に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

### (認定医認定の書類審査と試験)

第4条 委員会は、認定医認定の申請書類を審査し、基準を満たしていると認めた者に対して、認定試験(以下「試験」という)を実施する。

- 2 試験は筆記試験及び提出症例の書類審査により行う。
- 3 試験の実施方法については別途定める。

### (認定医の認定及び登録)

第5条 本会は、試験の合格者を、常任理事会及び理事会の議を経て認定医と認定する。

- 2 認定医と認定された者は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。
- 3 本会は、申請に基づき認定医登録を行い、認定証及び更新記録カードを交付し、日本歯科保存学雑誌(以下「学会誌」という)等に認定医氏名を掲載し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

## 第3章 研修目的及び研修施設の指定

### (研修目的)

第6条 認定研修は、認定医資格申請及び同更新希望者に対し、歯科医学の基幹をなす歯科保存学領域における診断と治療のための最新で基本的な医療技能・知識を習得させることを目的とする。

### (研修施設の申請資格)

第7条 研修施設は、専門医の研修施設を兼ね、指導医が常勤している次の各号のいずれかに該当するものでなければならない。

- (1) 大学の歯科保存学に関連する講座又は分野
- (2) 大学病院・大学附(付)属病院の歯科保存治療に関連する講座又は診療科
- (3) 本会の示す研修目的を達し、かつ委員会の指定する所定の課程に基づく5年以上の研修や教育が行われている施設

## 第4章 認定医の資格更新

(認定医資格の認定期間)

第8条 認定医資格の認定期間は5年間とし、引き続き認定を希望する者は、5年毎に更新しなければならない。

(認定医資格更新の申請)

第9条 認定医資格更新の申請者は、資格取得後の5年間に細則第12条に定める所定の単位を修得しなければならない。

第10条 認定医資格の更新申請者は、申請料及び審査料を添え、細則第6条に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(終身認定医)

第11条 更新時に満63歳以上に達した認定医は、申請により終身認定医の資格を取得することができ、以後の更新手続きを免除する。

## 第5章 認定医の資格喪失

(資格喪失)

第12条 認定医が次の各号のいずれかに該当するときは、委員会、常任理事会及び理事会の議を経て、その資格を失う。

- (1) 本人が資格の辞退を申し出たとき
- (2) 日本国歯科医師免許を喪失したとき
- (3) 学会会員の資格を喪失したとき
- (4) 認定医の更新手続きを行わなかったとき
- (5) 認定医として不適格と認められたとき
- (6) 申請書類に重大な誤りが認められたとき

2 前項第5号又は第6号に該当するときは、議決前に本人の弁明の機会を与えなければならない。

3 本条第1項第4号の認定医は、次に該当するときは、委員会、常任理事会、理事会の議を経て、その資格を復活することができる。

(1) 資格喪失から1年以内であれば更新遅滞理由書を付して更新の請求をすることができる。

4 委員会が認めたときは、認定医の資格復活のための試験を受けることができる。

(1) 試験の実施方法については委員会が別途定める。

(2) 試験の合格者は、常任理事会、理事会の議を経て、その資格を復活することができる。

(復活が認められた認定医の登録)

第13条 本会は、前条第3項及び第4項により認定医資格の復活が認められた者を、認定医と認定する。

2 認定医と認定された者は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。

3 本会は、申請に基づき認定医登録を行い、認定証及び更新記録カードを交付し、学会誌等に認定医氏名を掲載し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

## 第6章 その他

(運営)

第14条 委員会の運営に関しては、細則に定める。

(審査料等)

第15条 審査および登録に要する費用は、細則に定める。

(規程の改廃)

第16条 この規則の改廃は、委員会、常任理事会及び理事会の議を経て、総会の承認を得なければならない。

#### 附 則

この規則は、平成 24 年 6 月 28 日に制定し、この日をもって施行する。

なお、認定医制度施行時に専門医資格を有している者と暫定期間中(平成 27 年 6 月 28 日まで)に専門医資格を有する者は、認定医資格を有している者とみなす。

この規則は、平成 26 年 6 月 19 日に一部改正し、施行する。

# 特定非営利活動法人日本歯科保存学会認定医制度施行細則

## 第1章 総則

(運営)

第1条 特定非営利活動法人日本歯科保存学会認定医制度規則(以下「規則」という.)の施行にあたって、規則に定められた事項以外は、日本歯科保存学会認定医制度施行細則(以下「細則」という.)に従って運営する。

(認定医の名称)

第2条 特定非営利活動法人日本歯科保存学会(以下「本会」という.)の制定する認定医を歯科保存治療認定医と呼称する。

(研修会)

第3条 認定委員会(以下「委員会」という.)は、認定医の学識向上のため認定研修会(以下「研修会」という.)を開催する。

- 2 研修会の開催は、年2回以上とする。
- 3 研修会の実施に関しては、委員会において立案し、常任理事会及び理事会に報告する。
- 4 すべての本会会員は、研修会に参加し、所定の単位を取得することができる。

## 第2章 申請書類

(申請書類等)

第4条 委員会に提出する申請書等の書類は、本会の定めた様式によるものを使用する。

(認定医認定の申請書類)

第5条 認定医の資格を申請する者は、以下の本会の定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

- (1) 認定医申請書
- (2) 履歴書
- (3) 本会会員歴証明書
- (4) 研修単位カード
- (5) 提出症例(1症例)
- (6) 規則第7条第1号、第2号に該当する研修施設において認定研修を修了した者は、指導医の発行する研修証明書
- (7) 規則第7条第3号に該当する研修施設で規則第7条第1号及び第2号の研修施設と同等以上の研修を行ったと委員会が認めた者は、研修記録簿
- (8) 日本国歯科医師免許証(複写)

(認定医資格更新の申請資格)

第6条 認定医の資格更新申請をする者は、申請料(審査料を含む.)を添え、次の各号に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

- (1) 認定医更新申請書
- (2) 更新記録カード
- (3) 臨床実績報告書(過去5年分)

## 第3章 研修単位及び業績の認定

(本会の認める他の学会、他の研修会及び学術刊行物)

第7条 本会の認める他の学会、他の研修会及び学術刊行物とは、以下のよう定める。

- (1) 本会の認める他の学会とは、日本学術会議に登録している専門学会又は本会の認める国際学会をいい、他の研修会とは、日本歯科医師会生涯研修事業で認められている研修会・講演会をいう。
- (2) 本会の認める学術刊行物とは、大学または日本学術会議に登録している専門学会の発行する雑誌又は本会の認

める国際学会の学術雑誌をいう。

- (3) 理事会の認めた共催学会は、本会と読み替える。  
(研修単位)

第8条 研修単位を次のとおり定める。

- (1) 特定非営利活動法人日本歯科保存学会の学会活動
- |                     |      |      |
|---------------------|------|------|
| 本会学術大会参加            | 1 開催 | 5 単位 |
| 本会認定研修会参加           | 1 開催 | 5 単位 |
| 委員会が認めた本会学術大会プログラム  | 1 開催 | 2 単位 |
| 本会での発表              |      |      |
| (筆頭演者)              | 1 回  | 5 単位 |
| (共同演者)              | 1 回  | 2 単位 |
| 日本歯科保存学雑誌発表論文(筆頭著者) | 1 編  | 5 単位 |
| (共同著者)              | 1 編  | 2 単位 |
- (2) 他の学会における活動
- |                          |      |      |
|--------------------------|------|------|
| 日本歯科医学会総会参加              | 1 開催 | 2 単位 |
| 他の学会又は他の学会の研修会参加         | 1 開催 | 1 単位 |
| 他の研修会参加                  | 1 開催 | 1 単位 |
| 他の学会における保存学関連事項の報告, 論文発表 | 1 編  | 1 単位 |
- (3) 教育
- |          |     |      |
|----------|-----|------|
| 教育施設での講義 | 1 年 | 4 単位 |
|----------|-----|------|
- (1 施設において1年4単位とし、年間8単位を限度とする。)
- (4) 歯科医師会等での学術講演
- |  |     |      |
|--|-----|------|
|  | 1 回 | 4 単位 |
|--|-----|------|
- (1回4単位とし、年間8単位を限度とする。)

(認定医新規申請に定める研修単位)

第9条 認定医の認定を申請する者は、認定医認定の申請時まで細則第8条に定める研修単位を20単位以上取得していなければならない。又、細則第8条第1号にかかわる研修単位は15単位以上取得していなければならない。

(研修施設における認定研修)

第10条 研修施設において通算2年以上の認定研修を修了すること

(認定研修と同等以上の研修を行ったと委員会が認める要件)

第11条 認定研修と同等以上の研修を行ったと委員会が認める要件は、次の各号を満たすものであること

- (1) 本会会員歴が通算6年以上であること
- (2) 社団法人日本歯科医師会会員であること
- (3) 社団法人日本歯科医師会主催の生涯研修事業等に参加していること

(認定医更新申請に定める研修単位)

第12条 認定医の更新申請をする者は、認定医更新申請までの5年間に細則第8条に定める研修単位を50単位以上取得していなければならない。又、細則第8条第1号にかかわる研修単位は30単位以上取得していなければならない。

(研修単位の変更)

第13条 認定医有効期間中に取得単位数に変更があったときは、資格取得時または更新時に定められていた単位を資格の有効期間中適用する。

## 第4章 申請料等

(申請料等)

第14条 申請料等は、以下のよう定める。

- (1) 認定医の新規申請料(書類審査料を含む。)は1万円
- (2) 認定医の受験料は2万円
- (3) 認定医の認定登録料は1万円

(4) 認定医の更新申請料(審査料を含む.)は1万円

(5) 規則第5章第12条第3項における喪失資格の復活にかかわる審査料(登録料を含む.)は1万円, 第4項における受験料は2万円及び審査料(登録料を含む.)は1万円

## 第5章 その他

(財務)

第15条 委員会の運営にかかわる財務は, 本会の会計業務に含む.

(認定医の資格喪失に伴う処分)

第16条 認定医が不正行為等により認定医制度の信用を傷つける行為をしたときは, 委員会, 常任理事会及び理事会の議を経て処分を行う.

2 前項の事態が起きたときは, 速やかに認定委員会の中に調査委員会を設け, 事実が確認されたら処分内容を審議し, 倫理委員会, 常任理事会, 理事会に報告する.

3 処分内容は, 以下に定める.

(1) 認定医の資格剥奪(再受験不可)

(2) 認定医の資格停止(1~5年), 資格停止中は更新申請不可

4 不正が組織的に行われたときは, 研修施設の資格取り消しまたは停止(1~5年)

(細則の改廃)

第17条 この細則の改廃は, 委員会の議を経て, 常任理事会及び理事会の承認を得なければならない.

## 附 則

この細則は, 平成24年6月28日に制定し, 施行する.

この細則は, 平成24年11月21日に一部改正し, 施行する.

この細則は, 平成27年6月24日に一部改正し, 施行する.

この細則は, 平成28年10月26日に一部改正し, 施行する.

# 特定非営利活動法人日本歯科保存学会専門医制度規則

## 第1章 総則

(趣旨)

第1条 特定非営利活動法人日本歯科保存学会(以下「本会」という.)の制定する専門医制度は、歯科保存学の専門的知識と臨床技能を有する専門医の養成と、その生涯にわたる研修を図ることにより、医療水準の向上と普及を図り、もって保健福祉の増進に寄与することを目的とする。

## 第2章 専門医の認定

(専門医認定の申請資格)

第2条 専門医の資格を申請する者は、以下の各号をすべて満たしていなければならない。ただし、認定委員会(以下「委員会」という.)の推薦を経て、理事会で承認を受けた者はこの限りでない。

- (1) 日本国歯科医師の免許を有する者
- (2) 専門医の申請時に、認定医に登録後通算3年以上本会会員であること
- (3) 本会専門医制度施行細則(以下「細則」という.)第14条に定める所定の研修単位を満たした者
- (4) 細則第15条又は第16条に定める業績を満たした者
- (5) 現在、歯科保存治療に携わっている者
- (6) 社団法人日本歯科医師会の正会員又は準会員であることを原則とする。

(専門医認定の申請手続き)

第3条 専門医の資格を申請する者は、申請料及び受験料を添え、細則第5条に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(専門医認定の書類審査と試験)

第4条 委員会は、専門医認定の申請書類を審査し、基準を満たしていると認められた者に対して、認定試験(以下「試験」という.)を実施する。

- 2 試験は、面接試験、症例試験により行う。
- 3 試験の実施方法については別途定める。

(専門医の認定及び登録)

第5条 本会は、試験の合格者を、常任理事会、理事会の議を経て専門医と認定する。

- 2 専門医と認定された者は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。
- 3 本会は、申請に基づき専門医登録を行い、認定証及び更新記録カードを交付し、日本歯科保存学雑誌(以下「学会誌」という.)等に専門医氏名を掲載し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

## 第3章 研修目的及び研修施設の指定

(研修目的)

第6条 認定研修は、専門医資格申請者及び同更新希望者に対し、歯科医学の基幹をなす歯科保存学領域における診断と治療のための最新で高度な医療技能・知識を修得させることを目的とする。

(研修施設の申請資格)

第7条 研修施設は、指導医が常勤している次の各号のいずれかに該当するものでなければならない。

- (1) 大学の歯科保存学に関連する講座又は分野
- (2) 大学病院・大学附(付)属病院の歯科保存治療に関連する講座又は診療科
- (3) 本会の示す研修目的を達し、かつ委員会の指定する所定の課程に基づく5年以上の研修や教育が行われている施設

(研修施設の申請手続き)

第8条 前条第3号に該当する研修施設は、施設に所属する指導医が別に定める申請書類を提出しなければならない。

(研修施設の指定, 更新及び登録)

第9条 本会は、基準を満たしていると認めた施設を研修施設と認定する。

- 2 研修施設と認定された施設の主任指導医又は指導医は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。
- 3 本会専門医制度規則(以下「規則」という。)第7条第3号の研修施設は、10年毎に指定の更新を受けなければならない。
- 4 本会は、申請に基づき研修施設の登録を行い、認定証を交付し、学会誌等に研修施設名を掲載し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

#### 第4章 指導医の認定

(指導医認定の申請資格)

第10条 指導医の資格を申請する者は、次の各号のいずれかを満たす専門医でなければならない。

- (1) 10年以上の専門医歴を有し、その間に学会誌に3編以上の研究論文発表があり、委員会の推薦を経て理事会で承認を受けた者
- (2) 5年以上の専門医歴を有し、その間に5編以上の研究論文の発表があり、委員会の推薦を経て理事会で承認を受けた者。研究論文のうち2編は学会誌に掲載され、そのうちの1編は、筆頭著者であること(5編すべて学会誌も可)
- (3) 委員会の推薦を経て、常任理事会、理事会で承認を受けた者  
(指導医認定の申請手続き)

第11条 指導医の資格を申請する者は、申請料及び審査料を添え、細則第7条に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(指導医の認定及び登録)

第12条 本会は、指導医資格審査の合格者を常任理事会、理事会の議を経て指導医と認定する。

- 2 指導医と認定された者は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。
- 3 本会は、申請に基づき指導医登録を行い、認定証を交付し、学会誌に指導医氏名を掲載し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

(業務)

第13条 指導医は、以下の業務を行う。

なお、同一研修施設に複数の指導医が所属し、指導医の業務を代表者が行うときは、主任指導医として選出し、委員会に届け出ることとする。

- (1) 認定研修施設における課程作成への参画
- (2) 認定医、専門医並びに専門医資格取得希望者への指導
- (3) 研修施設の指定申請及び指定更新の申請
- (4) 研修単位の認定
- (5) その他、認定研修に必要な事項
- (6) 主任指導医の選出

#### 第5章 専門医及び指導医の資格更新

(専門医及び指導医資格の認定期間)

第14条 専門医及び指導医資格の認定期間は5年間とし、引き続き認定を希望する者は、5年毎に更新しなければならない。原則として、指導医の認定期間は専門医認定期間と一致するものとする。同じく認定医の認定期間も原則として専門医認定期間と一致するものとする。

(専門医資格更新の申請)

第15条 専門医資格更新の申請者は、資格取得後の5年間に細則第17条に定める所定の単位を修得しなければならない。

第 16 条 専門医資格の更新申請者は、申請料及び審査料を添え、細則第 8 条に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

2 認定医資格を同時更新する際の認定医更新料は免除される。

3 更新時に満 63 歳以上の者は認定医制度規則第 11 条にある終身認定医の申請資格を有する。但し、終身認定医を取得すると専門医資格と共に指導医資格も喪失する。

(指導医資格更新の申請)

第 17 条 指導医資格の更新申請者は、申請料及び審査料を添え、細則第 9 条に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

## 第 6 章 専門医、指導医及び研修施設の資格喪失・復活

(専門医及び指導医の資格喪失及び復活)

第 18 条 専門医及び指導医は、次の各号のいずれかに該当するときは、委員会、常任理事会、理事会及び総会の議を経て、その資格を失う。

- (1) 本人が資格の辞退を申し出たとき
- (2) 日本国歯科医師免許を喪失したとき
- (3) 本会会員の資格を喪失したとき
- (4) 専門医の更新手続きを行わなかったとき
- (5) 専門医若しくは指導医として不適格と認められたとき
- (6) 申請書類に重大な誤りが認められたとき

2 前項第 5 号又は第 6 号に該当するときは、議決前に本人の弁明の機会を与えなければならない。

3 本条第 1 項第 4 号の専門医及び指導医は、次に該当するときは、委員会、常任理事会、理事会の議を経て、その資格を復活することができる。

(1) 資格喪失から 1 年以内であれば更新遅滞理由書を付して更新の請求をすることができる。

4 委員会が認めたときは、専門医及び指導医の資格復活のための試験を受けることができる。

(1) 試験は筆記試験、症例試験などにより行い、実施方法については委員会が別途定める。

(2) 試験の合格者は、常任理事会、理事会の議を経て、その資格を復活することができる。

(復活が認められた専門医の登録)

第 19 条 本会は、前条第 3 項及び第 4 項により専門医資格の復活が認められた者を、専門医と認定する。

2 専門医と認定された者は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。

3 本会は、申請に基づき専門医登録を行い、認定証及び更新記録カードを交付し、学会誌等に専門医氏名を掲載し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

(専門医資格辞退後の認定医継続)

第 20 条 専門医の資格を辞退する者は、所定の手続きを経て認定医を継続することができる。

(研修施設の資格喪失及び復活)

第 21 条 研修施設は、次の各号のいずれかに該当するときは、委員会、常任理事会、理事会及び総会の議を経て、その資格を失う。

- (1) 指定の必要条件を欠いたとき
- (2) 指定の更新を行わなかったとき
- (3) 研修施設として不適格と認めたとき

2 研修施設は、喪失の事由が消滅したときは、再び資格の申請をすることができ、委員会、常任理事会及び理事会の議を経て、その資格の復活ができる。

(復活が認められた研修施設の指定及び登録)

第 22 条 本会は、前条第 2 項により研修施設資格の復活が認められた施設を、研修施設と認定する。

2 研修施設の復活が認定された施設の主任指導医又は指導医は、所定の登録料を添えて本会に登録申請を行わなければならない。

3 本会は、申請に基づき復活が認められた研修施設の登録を行い、認定証を交付し、学会誌等に研修施設名を掲載

し、常任理事会、理事会及び総会で報告しなければならない。

## 第7章 その他

(運営)

第23条 委員会の運営に関しては、細則に定める。

(審査料等)

第24条 審査および登録に要する費用は、細則に定める。

(規程の改正廃止)

第25条 この規則の改廃は、常任理事会、理事会の議を経て、評議員会及び総会の承認を得なければならない。

## 附 則

この規則は、平成17年11月24日に制定し、施行する。

この規則は、平成18年11月9日に一部改正し、施行する。

この規則は、平成20年6月5日に一部改正し、施行する。

この規則は、平成22年6月4日に一部改正し、施行する。

この規則は、平成24年6月28日に一部改正し、施行する。

但し、本規則第2条(2)に関しては経過措置として3年間の暫定期間を設け平成27年6月28日から施行する。

この規則は、平成26年6月19日に一部改正し、施行する。

# 特定非営利活動法人日本歯科保存学会専門医制度施行細則

## 第1章 総則

(運営)

第1条 特定非営利活動法人日本歯科保存学会専門医制度規則(以下「規則」という.)の施行にあたって、規則に定められた事項以外は、日本歯科保存学会専門医制度施行細則(以下「細則」という.)に従って運営する。

(専門医の名称)

第2条 特定非営利活動法人日本歯科保存学会(以下「本会」という.)の制定する専門医を歯科保存治療専門医と呼称する。

(研修会)

第3条 認定委員会(以下「委員会」という.)は、専門医の学識向上のため認定研修会(以下「研修会」という.)を開催する。

2 研修会の開催は、年2回以上とする。

3 研修会の実施に関しては、委員会において立案し、常任理事会、理事会に報告する。

4 すべての本会会員は、研修会に参加し、所定の単位を取得することができる。

## 第2章 申請書類

(申請書類等)

第4条 委員会に提出する申請書等の書類は、本会の定めた様式によるものを使用する。

(専門医認定の申請書類)

第5条 専門医の資格を申請する者は、以下の本会の定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(1) 専門医申請書

(2) 本学会認定医認定証(複写)

(3) 履歴書

(4) 本会会員歴証明書

(5) 研修単位カード

(6) 業績目録

(7) 規則第7条に該当する研修施設において認定研修を修了した者は、指導医の発行する研修証明書

(8) 規則第7条第3号に該当する研修施設で規則第7条第1号及び第2号の研修施設と同等以上の研修を行ったと委員会が認めた者は、研修記録簿

(9) 日本国歯科医師免許証(複写)

(10) 症例(各分野3症例:計9症例)

(研修施設の指定申請及び更新申請)

第6条 研修施設の指定申請及び更新申請をする者は、申請料(審査料を含む.)を添え、本会の定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(指導医認定の申請書類)

第7条 指導医の資格を申請する者は、申請料(審査料を含む.)を添え、次の各号に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(1) 指導医申請書

(2) 履歴書

(3) 本会会員歴証明書

(4) 本会専門医歴証明書

(5) 業績目録

(専門医資格更新の申請資格)

第8条 専門医の資格更新申請をする者は、申請料(審査料を含む.)を添え、次の各号に定める申請書類を委員会に

提出しなければならない。

- (1) 専門医更新申請書
  - (2) 更新記録カード
  - (3) 臨床実績報告書(過去5年分)
- (指導医の資格更新)

第9条 指導医の資格更新を申請する者は、申請料(審査料を含む.)を添え、次の各号に定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

- (1) 指導医更新申請書
- (2) 更新記録カード
- (3) 臨床実績報告書(過去5年分)

2 指導医資格更新申請と同時に専門医資格更新申請を行う者は、前項第2号及び第3号を第8条第2号及び第3号に替えることができる。

3 指導医の認定期間は、規則第14条にかかわらず、認定委員会の議を経て延長できる。但し、その期間は5年を超えない範囲とする。

4 指導医の資格更新に際し、新たな認定期間は専門医認定期限を超えないものとする。

(研修施設の資格更新)

第10条 研修施設の資格更新を行う主任指導医又は指導医は、申請料(審査料を含む.)を添え、10年毎に本会の定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

(専門医、指導医又は研修施設の喪失資格の復活)

第11条 専門医、指導医又は研修施設の喪失資格の復活申請する者は、申請料(審査料を含む.)を添え、本会の定める申請書類を委員会に提出しなければならない。

### 第3章 研修単位及び業績の認定

(本会の認める他の学会、他の研修会及び学術刊行物)

第12条 本会の認める他の学会、他の研修会及び学術刊行物とは、以下のように定める。

- (1) 本会の認める他の学会とは、日本学術会議に登録している専門学会又は本会の認める国際学会をいい、他の研修会とは、日本歯科医師会生涯研修事業で認められている研修会・講演会をいう。
- (2) 本会の認める学術刊行物とは、大学または日本学術会議に登録している専門学会の発行する雑誌又は本会の認める国際学会の学術雑誌をいう。
- (3) 理事会の認めた共催学会は、本会と読み替える。

(研修単位)

第13条 研修単位を次のとおり定める。

- (1) 特定非営利活動法人日本歯科保存学会の学会活動

本会学術大会参加	1 開催	5 単位
本会認定研修会参加	1 開催	5 単位
委員会が認めた本会学術大会プログラム	1 開催	2 単位
本会での発表		
(筆頭演者)	1 回	5 単位
(共同演者)	1 回	2 単位
日本歯科保存学雑誌発表論文(筆頭著者)	1 編	5 単位
(共同著者)	1 編	2 単位

- (2) 他の学会における活動

日本歯科医学会総会参加	1 開催	2 単位
他の学会又は他の学会の研修会参加	1 開催	1 単位
他の研修会参加	1 開催	1 単位
他の学会における保存学関連事項の報告、論文発表	1 編	1 単位

(3) 教育

教育施設での講義 1年 4単位  
(1施設において1年4単位とし、年間8単位を限度とする。)

(4) 歯科医師会等での学術講演 1回 4単位  
(1回4単位とし、年間8単位を限度とする。)

(専門医新規申請に定める研修単位)

第14条 専門医の認定を申請する者は、専門医認定の申請時までに細則第13条に定める研修単位を40単位以上取得していなければならない。又、細則第13条第1号にかかわる研修単位は15単位以上取得していなければならない。ただし、認定医申請時までに取得した研修単位は含まない。

(研修施設において取得すべき業績)

第15条 研修施設において取得すべき業績は次の各号を満たすものであること

- (1) 研修施設において通算5年以上の認定研修を修了すること
  - (2) 研究論文を1編以上日本歯科保存学雑誌に発表すること(共同著者可)
  - (3) 本会学術大会で1回以上演者として発表を行うこと(共同発表可)
- (認定研修と同等以上の研修を行ったと委員会が認める業績)

第16条 認定研修と同等以上の研修を行ったと委員会が認める業績は、次の各号を満たすものであること

- (1) 本会会員歴が通算10年以上であること
  - (2) 社団法人日本歯科医師会会員であること
  - (3) 社団法人日本歯科医師会主催の生涯研修事業等に参加していること
- (専門医更新申請に定める研修単位)

第17条 専門医の更新申請をする者は、専門医更新申請までの5年間に細則第13条に定める研修単位を60単位以上取得していなければならない。又、細則第13条第1号にかかわる研修単位は30単位以上取得していなければならない。

(研修単位の変更)

第18条 専門医有効期間中に取得単位数に変更があったときは、資格取得時または更新時に定められていた単位を資格の有効期間中適用する。

## 第4章 申請料等

(申請料等)

第19条 申請料等は、以下のように定める。

- (1) 専門医、指導医及び研修施設(規則第3章第7条第1号及び第2号を除く。)の新規申請料(書類審査料を含む。)は1万円
- (2) 専門医及び指導医の受験料は3万円
- (3) 専門医及び指導医の認定登録料は1万円
- (4) 専門医・指導医・研修施設(規則第3章第7条第1号及び第2号を除く。)の更新申請料(審査料を含む。)は1万円
- (5) 規則第5章第14条に該当する専門医・指導医の更新申請料(書類審査料を含む。)及び規則第3章第9条第3項に該当する研修施設(規則第3章第7条第1号及び第2号を除く。)の更新申請料(審査料を含む。)は2万円
- (6) 規則第6章第18条第3項における喪失資格の復活にかかわる審査料(登録料を含む。)は1万円、第4項における受験料は3万円及び審査料(登録料を含む。)は2万円
- (7) 規則第3章第7条第1号及び2号に該当する研修施設の新規申請料・更新申請料(書類審査料を含む。)及び登録料は無料とする。
- (8) 細則第9条第3項に基づく指導医認定期間の延長については、これに伴う更新料を免除する。

## 第5章 その他

(財務)

第20条 委員会の運営にかかわる財務は、本会の会計業務に含む。

(専門医、指導医及び研修施設の不正に伴う処分)

第21条 専門医が不正行為等により専門医制度の信用を傷つける行為をしたときは、処分を行う。

2 前項の事態が起きたときは、速やかに認定委員会の中に調査委員会を設け、事実が確認されたら処分内容を審議し、倫理委員会、常任理事会、理事会に報告する。

3 処分内容は、以下に定める。

(1) 専門医の資格剥奪(再受験不可)

(2) 専門医の資格停止(1～5年)、資格停止中は更新申請不可

4 不正が組織的に行われたときは、研修施設の資格取り消しまたは停止(1～5年)

(細則の改廃)

第22条 この細則の改廃は、委員会の議を経て、常任理事会及び理事会の承認を得なければならない。

### 附 則

この細則は、平成17年11月24日に制定し、施行する。

この細則は、平成18年11月8日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成19年11月7日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成20年6月4日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成20年11月5日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成22年6月4日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成24年6月28日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成27年6月24日に一部改正し、施行する。

この細則は、平成28年10月26日に一部改正し、施行する。

但し、本細則第5条第2号に関しては、平成27年6月28日より施行する。