

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

April Vol. 64 No. 2



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

# Vitapex®

## 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®

## 水酸化カルシウム・ヨードホルムパスタ

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



**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 一般の名称：電動式歯科用ファイル 販売名 マニー®NiTi ファイル



# クラウンも、支台歯も まとめてクリーニング

## 汚れ<sup>1)</sup>を、浮かせて流す!



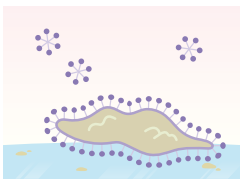
MDP塩の疎水基が汚れ<sup>1)</sup>に吸着し、歯質や補綴装置表面から汚れを浮遊させた後、水洗で流れ落とします。

### MDP塩<sup>2)</sup>の界面活性作用

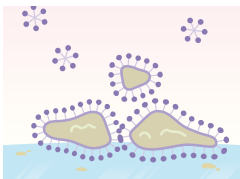
2) リン酸エステル系モノマー「MDP<sup>®</sup>」と塩基性成分から形成される塩



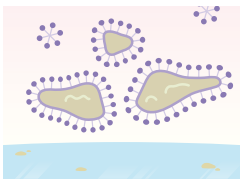
① 塗り塗り



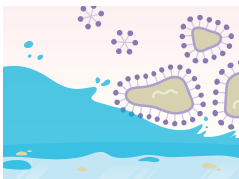
② 吸着



③ 表面張力低下



④ 遊離 (浮遊)



⑤ 水洗

- 対象物
- 歯質
  - 補綴装置
  - セラミックス
  - コンポジットレジン
  - 歯科用ポスト
  - 歯科用金属

- 1) 「汚れ」とは以下のものを指します
- 血液
  - 唾液
  - 仮着材・仮封材の残留物



## カタナ<sup>®</sup> クリーナー

管理医療機器 歯科セラミックス用接着材料 (歯科金属用接着材料、歯面処理材)  
医療機器認証番号: 301ABBZX00015000

単品 4ml メーカー希望小売価格 各4,200円

詳しくは  
こちら



\*1 10秒以上こすり塗り(マイクロブラシ・小筆・綿球・スポンジ等を使用) \*2 色が完全になくなるまで水洗した後、エアにて乾燥 \*3 併用する歯科用接着材、または歯科用セメントの添付文書にしたい接着操作

●掲載商品のメーカー希望小売価格は2021年3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。  
●ご使用に際しましては、製品の添付文書を必ずお読みください。●仕様及び外観は、製品改良のため予告なく変更することがありますので予めご了承ください。

### 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](http://www.kuraraynoritake.jp)

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>

### クラレノリタケデンタル公式アプリ



クラレノリタケデンタル **検索**  
推奨 OS バージョン iOS 11.0 以上 / Android 8.0 以上

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!

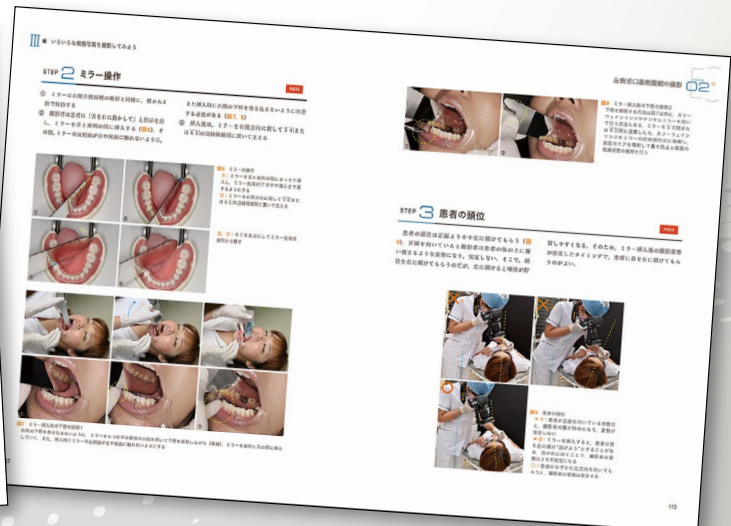
## 口腔内写真が

### 誰でも撮れます!

- 「撮ってみ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





## 歯科保存学 一異分野との和み一



日本歯科保存学会 2021 年度秋季学術大会（第 155 回）大会長  
新潟大学医歯学総合研究科 口腔健康科学講座 う蝕学分野  
野杵由一郎

このたび、日本歯科保存学会 2021 年度秋季学術大会（第 155 回）を新潟大学医歯学総合研究科口腔健康科学講座（う蝕学分野）が主管し Web 開催させていただくことになりました。本大会は、野杵由一郎が大会長、竹中彰治准教授を準備委員長、そして吉羽永子講師を実行委員とする布陣で、「歯科保存学一異分野との和み一」をメインテーマとして Web 開催の長所を最大限に活かし、学会員はもとより連携する異分野の皆様も考慮した大会運営を目指したいと思います。

大会は、教育講演、シンポジウム、認定研修会、そして一般演題発表を軸として構成している点は、従来の学術大会と変わりません。ただ、2021 年度の本学会学術委員会のテーマである「歯科衛生士との連携」という点で、教育講演には日本歯科衛生士会会長の武井典子先生を予定し、初の試みの歯科衛生士セッションでは歯科衛生士が実施中の異分野連携事業についてご紹介いただく予定です。それらには、もちろん歯科保存学会と歯科衛生士会が昨年度共同設立した「う蝕予防管理」の歯科衛生士の認定制度の話題が含まれています。

本学会は歯の保存をめざして、修復・歯内・歯周の 3 領域が集まるきわめてユニークな歯科臨床学会です。そこで、歯科保存学の領域内で領域を跨いでご活躍されている研究者および臨床家で、おのおのシンポジウムを企画しました。他方で、歯科保存領域と異分野との融合研究を実施されている 3 名の先生方（筑波大学 野村暢彦教授、新潟薬科大学 山下菊次教授、早稲田大学 石井裕之准教授）に、その進捗状況と醍醐味あるいは歯科保存領域に齎す恩恵についてご教示いただきます。

当初の開催予定地であった新潟県は、日本一の米所であり、酒どころであることは皆様ご存知のとおりです。県下には 100 を超える酒蔵がひしめき合い、日本酒ははずれがないというのが実感です。そこで、お嘆きの貴兄もいらっしゃると考え、特別講演として新潟県醸造試験場場長 金桶光起氏に「新潟清酒の変遷と日本酒学」（仮題）と題してご講演いただきます。

密を避け、酔いしれずご拝聴いただければと考えています。Web でも堪能できたと実感いただけるよう、スタッフ一同努めて準備いたしますので、多数の参加をお待ちしております。

## 日本歯科保存学会 2021 年度秋季学術大会（第 155 回）案内

日本歯科保存学会 2021 年度秋季学術大会（第 155 回）は、2021 年 10 月 28 日（木）～11 月 10 日（水）、オンライン（担当校：新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔健康科学講座学術分野、大会長：野村由一郎教授）において、下記のとおり開催することとなりました。認定衛生士制度の発足に伴い、本大会は、歯科衛生士発表（ポスター）を新設しました。今後、学会発表者には、認定歯科衛生士の専門審査申請のための認定研修単位が付与されます。単位の詳細は後日公表します。多数の会員の皆様方の発表とご参加をお願い申し上げます。

2021 年 4 月  
特定非営利活動法人 日本歯科保存学会  
理事長 石井 信之

1. 会 期 2021 年 10 月 28 日（木）～11 月 10 日（水）
2. 会 場 オンライン開催
3. 発表形式選択

下記、6 つの中から選択ください。

- ・一般発表（口演）
- ・一般発表（ポスター）
- ・一般発表（ポスター）※『優秀発表賞（優秀ポスター賞）』の選考対象（事前エントリー制）
- ・専門医症例発表（ポスター）※『専門医優秀症例発表賞』の選考対象（事前エントリー制）
- ・認定医症例発表（ポスター）※『認定医優秀症例発表賞』の選考対象（事前エントリー制）
- ・歯科衛生士発表（一般/症例）（ポスター）

筆頭発表者は本学会会員に限りますが、共同発表者に非会員を含む場合は、演題 1 件につき抄録掲載料として 1 名当たり 5,000 円を徴収します。なお、学術大会参加時には別に参加費が必要となります。発表形式の要領は以下のとおりです。臨床家の先生方の参加に配慮するよう、口演およびポスター発表においても、症例報告や検査・診断・治療テクニック・新材料・新技術の紹介など、臨床に即した内容の発表も歓迎します。

また、本学術大会におけるポスター発表では、これまでの事前エントリー制の『優秀発表賞（優秀ポスター賞）』に加え、専門医および認定医による事前エントリー制のポスター症例発表演題を対象とする『専門医優秀症例発表賞』と『認定医優秀症例発表賞』の選考と表彰を行いますので、奮って登録願います。

### 1) 口 演

- ◆発表時間は 8 分となります。
- ◆パワーポイントに音声を書き込んだ mp4 データをお送りいただきます。
- ◆オンライン学術大会開催期間中は専用ホームページにて動画ファイルとして公開されます。
- ◆参加者（視聴者）から発表についての質問を受け付けるフォームを設定いたしますので、質問があった場合は回答の対応をお願いすることになります。
- ◆詳細は大会ホームページにてご案内いたします。

### 2) ポスター発表

- ◆ポスター発表は最終的に掲示されるポスターのデータを PDF にてお送りいただきます。
- ◆オンライン学術大会開催期間中は専用ホームページにてポスター発表として公開されます。
- ◆参加者（閲覧者）から発表についての質問を受け付けるフォームを設定いたしますので、質問があった場合は回答の対応をお願いすることになります。
- ◆詳細は大会ホームページにてご案内いたします。

## 4. 発表の申込み

学術大会ホームページ (<http://www.kokuhoken.jp/jscd155>) による受付となります。

### 1) 演題申込方法

- ・一般発表における筆頭発表者には、演題登録時に COI (conflicts of interest) に関する自己申告書の提出が求められます。様式等の詳細については学術大会ホームページをご参照ください。
- ・演題発表には、本会機関誌と同等の倫理規程が適用されます。詳細については、学会ホームページをご確認ください。 [http://www.hozon.or.jp/member/ethics\\_code.html#meeting\\_ethics](http://www.hozon.or.jp/member/ethics_code.html#meeting_ethics)



## 2) 演題申込期間

2021年6月1日(火)正午～7月9日(金)14:00

学術大会ホームページよりご登録ください。

演題申込期間の延長はいたしませんので、期間内に奮ってお申し込みください。

一般演題の登録は、すべて学術大会ホームページ内の「演題登録システム」にて受付いたします。

「演題登録システム」以外の受付は一切できませんのでご注意ください。

## 3) 登録項目

演題登録画面にて、以下の項目を入力してください。

- ・発表形式区分:「口演」「ポスター」「歯科衛生士ポスター」から選択ください。
- ・筆頭発表者:①氏名 ②ふりがな ③英文氏名 ④会員番号
- ・所属:①所属名(日本語・英語) ②住所 ③電話 ④FAX ⑤E-mailアドレス
- ・共同発表者:①氏名(日本語・ふりがな・英語) ②会員資格の有無 ③会員番号 ④所属
- ・発表内容:分野(「修復」「歯内」「歯周」「その他」から選択ください。)
- ・図表・写真の有無:図表・写真を掲載する場合は、グレースケールでご作成ください。図表についての説明・注釈は英文表記となります。ご協力をお願いいたします。
- ・『優秀発表賞(優秀ポスター賞)』へのエントリーの有無について登録願います。
- ・『専門医優秀症例発表賞』または『認定医優秀症例発表賞』へのエントリーの有無について登録願います。  
備考:患者国民が期待する質の高い治療法や機器等の活用法についての情報共有化を図るために、本学術大会では「ポスター」発表において、『専門医優秀症例発表賞』と『認定医優秀症例発表賞』を設け、それぞれ1演題の選考と表彰を行いますので奮って登録願います。

## 4) 演題・抄録提出時の注意点

- ・2021年7月9日(金)14:00の抄録提出期限までに、ホームページ上で何度でも更新・変更が可能です。
- ・演題・抄録の申込方法の詳細はホームページ上で公開いたしますので、ご確認ください。
- ・ご登録いただきました際には、受信確認のE-mailが自動送信されます。
- ・締切直前はアクセスが集中し回線の混雑が予想されますので、余裕をもってご登録ください。
- ・以下の研究発表および国内未承認薬・未承認治療法の使用を含む症例報告の場合は、所属機関の倫理委員会・動物実験委員会、未承認新規医薬品等審査委員会等、あるいは日本歯科保存学会臨床・疫学倫理審査委員会等の適切な審査機関による承認を得ている研究であることを抄録に明記してください。
  - (1) ヒトを対象とした研究発表
  - (2) 動物を対象とした研究発表
  - (3) 臨床試料(ヒト抜去歯など)を用いた研究発表
  - (4) 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研究発表および症例報告
  - (5) 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および症例報告なお、承認済の適用材料を用いた症例報告は大変貴重ですので、奮ってお申し込みください。
- ・採択の段階で、ご希望の形式以外での発表をお願いする場合があります。  
最終的な決定は、大会長にご一任ください。

## 5) その他

- ・学会開催期間中の演者による抄録訂正は認められておりません。
- ・筆頭発表者は日本歯科保存学会の会員に限ります。学会入会希望者は下記の学会事務局までお申し込みください。学術大会運営事務局ではごさいませんのでご注意ください。

【入会問合せ先】 〒170-0003 東京都豊島区駒込1-43-9

(一財) 口腔保健協会内 日本歯科保存学会事務局

TEL: 03-3947-8891 FAX: 03-3947-8341

5. 第 155 回学術大会に関する問合せ先

日本歯科保存学会 2021 年度秋季学術大会（第 155 回）大会事務局

（一財）口腔保健協会内

〒170-0003 東京都豊島区駒込 1-43-9

TEL：03-3947-8761 FAX：03-3947-8873

E-mail：jscd155@kokuhoken.jp

HP：http://www.kokuhoken.jp/jscd155

6. 事前登録について

本学術大会では事前登録を採用します。事前登録の詳細は次号にてご案内いたします。

7. 抄録集について

冊子体としての抄録集発行は行いません。ホームページ上で公開いたしますので、各自必要箇所を事前に保存もしくはプリントアウトしてご用意ください。



## 認定医申請のお知らせ

下記の要領で2021年度第1回認定医認定審査を開催致します。認定医認定の審議を希望される先生は下記の要領で応募されますようお願いいたします。なお、研修単位管理システム（バーコードシステム）への登録が必須です。詳細は、学会HP ([http://www.hozon.or.jp/member/training\\_unit.html](http://www.hozon.or.jp/member/training_unit.html)) をご覧ください。

### 認定医試験のタイムスケジュール

- 2021年 5月10日(月)：申請受付開始
- 7月2日(金)：締め切り(消印有効)
- 7月下旬(予定)：申請書類審査会開催
- 9月上旬(予定)：筆記試験、提出症例の書類審査(東京での開催を予定。但し、新型コロナウイルス感染症の感染状況によってはオンラインでの実施の可能性あり)

### 認定医申請書類ならびに「しおり」について

学会HPよりダウンロードしてください。

※症例は、保存修復・歯内療法・歯周治療分野の中から、1症例を提出してください。

※2020年2月28日付けで保存修復症例については、様式およびしおりの「提出症例の要項」「症例報告に必要な口腔内写真・エックス線写真」に変更がありましたので、最新版をご確認ください。

※申請書類については、所定のフォーマットを使用してください(改変は不可)。

### 認定医申請料・受験料・登録料

認定医申請料：1万円

認定医受験料：2万円

認定医登録料：1万円

\*申請時には、申請料と受験料(計3万円)をお振り込み願います。

\*郵便局備え付けの郵便振替用紙(青色)にて下記の口座にお振り込み願います。

口座番号：00130-8-552710

加入者名：日本歯科保存学会認定医審議会

- ・詳細は本会機関誌64巻1号および学会HPに掲載の認定医制度規則・認定医制度施行細則をご参照ください。
- ・本会認定医制度および認定試験の最新情報については、そのつどホームページおよび本機関誌の緑色の頁でお知らせしています。

2021年4月

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会 認定委員会

## 特定非営利活動法人 日本歯科保存学会 指導医・専門医申請手続きに関するお知らせ

日本歯科保存学会 2021 年度第 1 回専門医試験を、下記の要領で実施いたします。詳細につきましては、本誌に同封の「本制度規則」をご参照ください。なお、研修単位管理システム（バーコードシステム）への登録が必須です。詳細は、学会 HP ([http://www.hozon.or.jp/member/training\\_unit.html](http://www.hozon.or.jp/member/training_unit.html)) をご覧ください。

**指導医申請**(専門医更新時に下記の条件を満たせば指導医の申請が可能です。指導医申請につきましては、原則として専門医更新時に同時に受け付けております。)

- ① 専門医の資格を得た後、10 年以上の日本歯科保存学会専門医歴を有し、その間に日本歯科保存学雑誌に 3 編以上の研究論文発表があり、認定委員会の推薦を経て理事会で承認を受けた者。
- ② 専門医の資格を得た後、5 年以上の日本歯科保存学会専門医歴を有し、その間に 5 編以上の研究論文の発表があり、認定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 編は日本歯科保存学雑誌に掲載され、そのうちの 1 編は筆頭著者であること(5 編すべて日本歯科保存学雑誌も可)。
- ③ 認定委員会の推薦を経て、理事会で承認を受けた者。

### 専門医申請

日本歯科保存学会会員歴、業績などにより必要とされる要件が申請者ごとに異なります。

詳細は制度規則第 2 章第 2 条をご参照ください。認定医資格登録後、3 年以上本会員である方が対象となります。(認定医番号 No.1~391 の方)

なお、申請要件である業績については、下記の専門医制度施行細則をご確認ください。

(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)

→入会から専門医申請までの業績

- (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)

→認定医取得後から専門医申請までの業績

### 2021 年度第 1 回専門医試験実施要綱

2021 年 9 月上旬 (予定) に東京で実施予定です。詳細は、学会 HP に掲載されている「専門医制度のしおり」をご参照ください。(但し、新型コロナウイルス感染症の感染状況によっては、オンラインでの実施の可能性あり)

- ・ 2020 年度第 2 回指導医および専門医申請受付期間：2021 年 5 月 10 日～7 月 2 日 (消印有効)
- ・ 研修施設名、主任指導医名は後に記載してあります。

—以下、指導医・専門医申請ともに共通です—

- ・ 申請書類ならびに「しおり」について  
学会 HP よりダウンロードしてください。

※ 2020 年 2 月 28 日付けで保存修復症例については、様式および「提出症例の要項」「症例報告に必要な口腔内写真・エックス線写真」に変更がありましたので、最新版をご確認ください。



- ・申請料および審査料（計 4 万円）の振込先 ※指導医・専門医の申請・審査料はどちらも 4 万円です。  
郵便局備え付けの郵便振替用紙（青色）をご利用のうえ下記口座にお振込みください。

口座番号：00130-8-552710 加入者名：日本歯科保存学会認定医審議会

（注）郵便振替領収のコピーを申請用紙に必ず添付してください。

- ・申請書類送付先（本学会事務局内）

〒170-0003 東京都豊島区駒込 1-43-9（一財）口腔保健協会内 日本歯科保存学会認定委員会

- ・入会年月日および受験資格などの問い合わせ

本学会事務局へメール(gakkai5@kokuhoken.or.jp)またはFAX(03-3947-8341)にてお問い合わせください。

※なお、専門医および指導医資格を有された後は、HP に掲載されます。掲載を辞退される場合は、登録時に文書で申し出て頂くことになっております。

(2021年3月14日現在)

研修施設名	主任指導医名
北海道医療大学歯学部歯周歯内治療学分野	古市保志
北海道医療大学歯学部う蝕制御治療学分野	齋藤隆史
北海道医療大学病院総合歯科診療科	川上智史
北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座 歯科保存学教室	佐野英彦
北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座 歯周・歯内療法学教室	菅谷勉
岩手医科大学歯学部歯科保存学講座う蝕治療学分野	野田守
岩手医科大学歯学部歯科保存学講座歯周療法学分野	八重柏隆
東北大学大学院歯学研究科口腔生物学講座 歯内歯周治療学分野	山田聡
東北大学大学院歯学研究科口腔修復学講座 歯科保存学分野	齋藤正寛
奥羽大学歯学部歯科保存学講座保存修復学分野	山田嘉重
奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯周病学分野	高橋慶壮
奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野	木村裕一
明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野	横瀬敏志
明海大学歯学部口腔生物再生医工学講座歯周病学分野	申基喆
明海大学 PDI 浦安歯科診療所	
日本大学松戸歯学部保存修復学講座	平山聡司
日本大学松戸歯学部歯周治療学講座	小方頼昌
日本大学松戸歯学部歯内療法学講座	松島潔
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 摂食機能保存学講座う蝕制御学分野	田上順次
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 生体硬組織再生学講座歯周病学分野	
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 摂食機能保存学講座歯髓生物学分野	興地隆史
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 包括診療歯科学講座総合診療歯科学分野	荒木孝二
東京歯科大学歯内療法学講座	古澤成博
東京歯科大学歯周病学講座	齋藤淳
東京歯科大学保存修復学講座	村松敬
東京歯科大学千葉歯科医療センター一般歯科系	
日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座	五十嵐勝
日本歯科大学生命歯学部接着歯科学講座	奈良陽一郎
日本歯科大学生命歯学部歯周病学講座	沼部幸博
日本歯科大学附属病院総合診療科	北村和夫
日本大学歯学部保存学教室修復学講座	宮崎真至
日本大学歯学部保存学教室歯内療法学講座	武市収
日本大学歯学部保存学教室歯周病学講座	佐藤秀一
昭和大学歯学部歯科保存学講座美容歯科学部門	真鍋厚史
昭和大学歯学部歯科保存学講座歯内治療学部門	鈴木規元
昭和大学歯学部歯周病学講座	山本松男
昭和大学歯学部歯科保存学講座総合診療歯科学部門	長谷川篤司
神奈川歯科大学大学院歯学研究科口腔統合医療学講座 保存修復学分野	向井義晴
神奈川歯科大学大学院歯学研究科口腔統合医療学講座 歯髓生物学分野	石井信之
神奈川歯科大学大学院歯学研究科口腔統合医療学講座 歯周病学分野	三辺正人
鶴見大学歯学部保存修復学講座	山本雄嗣
鶴見大学歯学部歯内療法学講座	細矢哲康
鶴見大学歯学部歯周病学講座	五味一博

新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻  
口腔健康科学講座う蝕学分野

新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻  
摂食環境制御学講座歯周診断・再建学分野

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第1講座

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第2講座

日本歯科大学新潟生命歯学部歯周病学講座

日本歯科大学新潟病院総合診療科

松本歯科大学歯科保存学講座(修復)

(歯内)

(歯周)

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

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯内療法学

朝日大学歯学部口腔感染医療学講座歯周病学分野

愛知学院大学歯学部保存修復学講座

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

愛知学院大学歯学部歯周病学講座

大阪歯科大学歯科保存学講座

大阪歯科大学口腔治療学講座

大阪歯科大学歯周病学講座

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)

大阪大学大学院歯学研究科口腔分子免疫制御学講座  
(口腔治療学教室)

大阪大学歯学部附属病院口腔総合診療部

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

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科病態制御科学専攻  
病態機構学講座歯周病態学分野

岡山大学病院総合歯科

広島大学大学院医歯薬保健学研究院

統合健康科学部門歯髄生物学研究室

広島大学大学院医歯薬保健学研究院

応用生命科学部門歯周病態学研究室

徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部発達予防歯学部  
部門健康長寿歯科学講座歯科保存学分野

徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部再生修復歯学部  
部門顎口腔病態制御学講座歯周歯内治療学分野

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

九州歯科大学口腔機能学講座歯周病学分野

九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座  
歯周病学研究分野

九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座  
歯科保存学研究分野

九州大学病院口腔総合診療科

福岡歯科大学口腔治療学講座歯科保存学分野

福岡歯科大学口腔治療学講座歯周病学分野

長崎大学病院歯科系診療部門保存・補綴歯科  
虫歯治療室

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科  
歯周歯内治療学分野

長崎大学病院口腔管理センター

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科先進治療科学専攻  
顎顔面機能再建学講座歯科保存学分野

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科先進治療科学専攻  
顎顔面機能再建学講座歯周病学分野

京都府立医科大学附属病院歯科

兵庫医科大学病院歯科口腔外科

日本医科大学千葉北総病院歯科

野 杵 由一郎

北 島 佳代子

新 海 航 一

佐 藤 聡

江 面 晃

亀 山 敦 史

増 田 宜 子

吉 成 伸 夫

二 階 堂 徹

河 野 哲

稲 本 京 子

三 谷 章 雄

山 本 一 世

前 田 博 史

梅 田 誠

林 美 加 子

村 上 伸 也

野 崎 剛 徳

吉 山 昌 宏

高 柴 正 悟

鳥 井 康 弘

柴 秀 樹

湯 本 浩 通

北 村 知 昭

中 島 啓 介

西 村 英 紀

前 田 英 史

和 田 尚 久

阿 南 壽

坂 上 竜 資

久 保 至 誠

吉 村 篤 利

鵜 飼 孝

西 谷 佳 浩

野 口 和 行

金 村 成 智

本 田 公 亮

鴨 井 久 博



## 日本歯科保存学会 2020 年度指導医合格者（登録順）

○登録日：2020 年 10 月 23 日

- 指導医 (1) 佐藤 穂子
- 指導医 (2) 竹中 彰治, 水谷 幸嗣
- 指導医 (3) 該当者なし

※指導医 (1)：専門医歴 10 年以上

※指導医 (2)：専門医歴 5 年以上

※指導医 (3)：その他

## 日本歯科保存学会 2020 年度専門医合格者（登録順）

○登録日：2020 年 10 月 23 日

- 辻本 暁正, 中村 圭喜, 春名千英子, 畠山 純子, 青山 典生,
- 高橋 直紀, 沢田 啓吾, 池上久仁子, 牛尾 悟志, 三上理沙子,
- 渡辺 聡, 寺井 里沙, 嘉藤 弘仁

## 日本歯科保存学会 2020 年度認定医合格者（登録順）

○登録日：2020 年 10 月 23 日

- 横井 昭博, 讚井 彰一, 北 大樹, 鈴木 未来, 三友 啓介,
- 中込 恵, 相澤 怜, 二階堂美咲, 津覇 雄三, 和仁 護,
- 岡部 達, 田宮 資己, 森山 旭, 浦羽真太郎, 馬場 聖,
- 戸部 拓馬, 寺田 裕, 三森 香織, 磯 亮輔, 石田 直之,
- 新本 祐貴, 森 祥太郎, 中西 惇, 野口由紀子, 林 孝太郎,
- 今井 昂, 高橋 基, 前野 雅彦, 清水 美透, 山内 慎也,
- 梶山創太郎, 八島 章博, 奥村瑳恵子, 越田 清祐, 安東 美佳,
- 阿部 拓人, 佐藤 綾花, 山口 志織, 堅田 千裕, 天羽 萌

# 日本歯科保存学雑誌

第 64 卷第 2 号

令和 3 年 4 月

## 目 次

### 総 説

歯内-歯周疾患 I 型病変を再考する……………阿南 壽, 松崎英津子, 水上 正彦, 廣瀬 陽菜 (101)

### 原 著

Suppression of Demineralization by Inorganic Polyphosphates with Optimum Chain Length  
for Stain Removal and Prevention of Stain Deposition  
……………TANAKA Tomohisa, TERASHIMA Mikako, IKETANI Yuki, KAWAZOE Yumi,  
SHIBA Toshikazu and MANABE Atsufumi (107)

間接法修復物のシェードがタッチキュアシステムを有する  
デュアルキュア型レジンセメントの象牙質接着強さに及ぼす影響  
……………佐藤 健人, MAMANEE Teerapong, 千葉 彩香, 小林 駿  
塩谷 頼誓, 秋谷 聡, 元山裕太郎, 池田 正臣  
高橋 真広, 保坂 啓一, 中島 正俊, 田上 順次 (116)

愛知学院大学歯学部歯内治療学基礎実習における「根管処置技能試験」導入の試み  
……………稲本 京子, 鈴木 一吉, 今泉 一郎 (125)

ブタ抜去歯を用いた新しい感染根管モデルの検討……………藤田 将典, 樋口 直也, 稲本 京子, 堀場 直樹 (133)

亜鉛ガラス含有カプセル型ガラスアイオノマーセメントの象牙質接着強さ  
—唾液汚染と象牙質脱灰がガラスアイオノマーセメントとコンポジットレジンの接着強さに及ぼす影響—  
……………長沢 悠子, 江田 義和, 松本 篤樹  
中畠 裕, 日比野 靖 (141)

愛知学院大学歯学部附属病院・顕微鏡歯科外来の開設 1 年 7 カ月における実態調査  
……………今泉 一郎, 江幡 香里, 樋口 直也  
山口 正孝, 稲本 京子 (156)

循環器疾患患者におけるプロービング時の出血の有無と全身的因子の関連の検討  
……………青山 典生, 呉 圭哲, 藤井 利哉, 喜田さゆり  
高瀬 雅大, 杉原俊太郎, 門田 大地, 三辺 正人 (163)

### 症例報告

歯根形態異常により生じた歯内-歯周疾患の 1 例  
……………岡本 基岐, 木ノ本喜史, 栗木菜々子, 沢田 啓吾  
高橋 雄介, 村上 伸也, 林 美加子 (171)

投稿規程…………… (181)

## 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. 2

APRIL 2021

## CONTENTS

### Review

- Reconsideration of Type I Endodontic-periodontal Lesions  
.....ANAN Hisashi, MATSUZAKI Etsuko, MINAKAMI Masahiko and HIROSE Haruna ( 101 )

### Original Articles

- Suppression of Demineralization by Inorganic Polyphosphates with Optimum Chain Length  
for Stain Removal and Prevention of Stain Deposition  
.....TANAKA Tomohisa, TERASHIMA Mikako, IKETANI Yuki, KAWAZOE Yumi,  
SHIBA Toshikazu and MANABE Atsufumi ( 107 )
- The Effect of the Shade of Indirect Restorations on the Microtensile Bond Strength  
of Dual-curing Resin Cements Using a Touch-cure System to Dentin  
.....SATO Kento, MAMANEE Teerapong, CHIBA Ayaka, KOBAYASHI Shun,  
SHIOYA Yorichika, AKIYA Satoshi, MOTOYAMA Yutaro, IKEDA Masaomi,  
TAKAHASHI Masahiro, HOSAKA Keiichi, NAKAJIMA Masatoshi and TAGAMI Junji ( 116 )
- Trial of a Practical Test for Root Canal Treatment in Basic Endodontic Training  
at Aichi Gakuin University.....INAMOTO Kyoko, SUZUKI Kazuyoshi and IMAIZUMI Ichiro ( 125 )
- A Study of a Novel Infected Root Canal System Model Using Porcine Extracted Teeth  
.....FUJITA Masanori, HIGUCHI Naoya, INAMOTO Kyoko and HORIBA Naoki ( 133 )
- Bond Strength of Encapsulated Zn-containing Glass Ionomer Cement to Dentin  
—Effect of Saliva Contamination and Dentin Demineralization on the Shear Bond Strength  
of Glass Ionomer Cements and Resin Composites—  
.....NAGASAWA Yuko, EDA Yoshikazu, MATSUMOTO Shigeki,  
NAKAJIMA Hiroshi and HIBINO Yasushi ( 141 )
- A Survey of the Micro-endodontic Clinic of Aichi Gakuin University Dental Hospital:  
19 Months after Establishment.....IMAIZUMI Ichiro, EBATA Kaori, HIGUCHI Naoya,  
YAMAGUCHI Masataka and INAMOTO Kyoko ( 156 )
- Analysis of Systemic Markers Relating to Bleeding on Probing in Patients  
with Cardiovascular Disease.....AOYAMA Norio, KURE Keitetsu, FUJII Toshiya, KIDA Sayuri,  
TAKASE Masahiro, SUGIHARA Shuntaro, MONDEN Daichi and MINABE Masato ( 163 )
- ### Case Report
- A Case Report: Endodontic-periodontal Disease Due to Root Malformation  
.....OKAMOTO Motoki, KINOMOTO Yoshifumi, KURIKI Nanako, SAWADA Keigo,  
TAKAHASHI Yusuke, MURAKAMI Shinya and HAYASHI Mikako ( 171 )

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

## 歯内-歯周疾患 I 型病変を再考する

阿南 壽<sup>1</sup> 松崎 英津子<sup>1,2</sup> 水上 正彦<sup>1</sup> 廣瀬 陽菜<sup>1</sup><sup>1</sup>福岡歯科大学口腔治療学講座歯科保存学分野<sup>2</sup>福岡歯科大学口腔医学研究センター

## Reconsideration of Type I Endodontic-periodontal Lesions

ANAN Hisashi<sup>1</sup>, MATSUZAKI Etsuko<sup>1,2</sup>,  
MINAKAMI Masahiko<sup>1</sup> and HIROSE Haruna<sup>1</sup><sup>1</sup>Section of Operative Dentistry and Endodontology, Department of Odontology, Fukuoka Dental College<sup>2</sup>Oral Medicine Research Center, Fukuoka Dental College

キーワード：歯内-歯周疾患 I 型病変，うつ病，CBCT

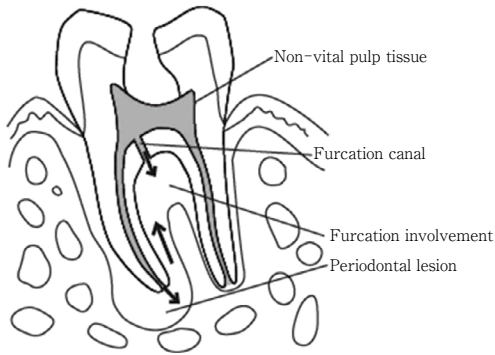
## はじめに

日常の臨床で、歯内-歯周疾患は比較的身近な疾患である。一方、歯内-歯周疾患の治療の難易度が高くなるのは、通常、歯内疾患と歯周疾患の両方に類似した臨床症状を示す病変として観察されるため、原因病変を明確に判断できなくなることにある<sup>1,2)</sup>。AAEガイドライン(2017年版)においても、歯内-歯周疾患は高難度の治療であることが示されている<sup>3)</sup>。一方、根尖性歯周炎を原発とする根分岐部病変は、複雑な根管系がその要因となることが報告されている<sup>4)</sup>。特に髄管をはじめとする副根管が根分岐部病変の発症と密接に関連していることが示唆されている<sup>1)</sup>(Fig. 1)。また、複雑な臨床症状を示す歯周疾患の治療に際しては、まず、的確な検査および診断を行うことにより原因病変に対する処置を行うとともに、その複雑な病態についてわかりやすく説明することが肝要と考えられる<sup>5)</sup>。そのため、現在生じている疾病の原因が根尖病変などの歯内領域の疾患であり、二次的に歯周炎と類似した病変が生じたものであるのか、または重度の歯周疾患が原因で二次的に歯髄炎などの歯内疾患が生じたものであるのか、あるいは歯内疾患と歯周疾患が別々に発症し、後に両者が合併して生じた病変であ

るのかについて診断することが重要である。そこで、Table 1に示すように、歯髄生活反応の有無、プロービングによる歯周ポケットの深さ、瘻孔よりガッタパーチャポイントを挿入することによる瘻管の走行のエックス線検査、さらに根管充填状態に関するエックス線検査、ならびに根尖部、根側部、根分岐部の病変の有無などの臨床所見を基にして、歯周病と比較することにより、歯内-歯周疾患の鑑別診断を行うことが肝要となる<sup>6)</sup>。

一方、疼痛を主訴に歯科医院を受診する患者はその程度の差はあれ、通常の状態とは違った状態にあり、特にうつ病などの精神的に不安定な患者においては、痛みを感じるにより強い不安感が誘発され、多様な臨床症状を訴えることがある<sup>7)</sup>。そのため、器質的変化の明確な歯内-歯周疾患 I 型病変の治療に際しては、根管系と骨組織の破壊との関連性を理解するための詳細な検査に基づいた的確な診断を行うことが必要となる。そこで本論文では、歯内-歯周疾患の治療の際に注意すべき顎骨の解剖学的構造と有用と考えられる歯科用コーンビーム CT (CBCT) 検査法について述べるとともに、精神的に不安定な患者の歯内-歯周疾患 I 型病変(歯内病変由来の根分岐部病変)について簡潔に報告する。なお、症例の提示については患者より同意を得ている。





**Fig. 1** A schema of primary endodontic lesion (furcation involvement)

### 注意すべき顎骨の解剖学的構造

上下顎骨の唇側および頬側壁では、歯根周囲の歯槽骨が欠損した状態(穿孔)がみられることがある。穿孔は、顎骨のアーチと歯列弓のアーチが調和していない場合や歯が歯列からはみ出して植立している場合などにみられやすい。穿孔には、歯槽骨の欠損形態の異なる開窓(フェネストレーション)と裂開(デハイセンス)がある<sup>8)</sup>。フェネストレーションは歯根面を被覆している歯槽骨の一部が欠損し、窓のように開いて見える状態である。日本人はフェネストレーションが多発しやすいことが示唆されており、発現頻度は上顎の犬歯で約29%、第一大臼歯で約15%、第一小臼歯で約13%に達することが報告されている<sup>9)</sup>。感染根管治療後、デンタルエックス線では根管充填良好と思われる症例において、持続的な疼痛、違和感の訴えを認める場合、フェネストレーションが一因であることが報告されている<sup>10,11)</sup>。フェネストレーションを伴う根尖病変に対して、歯根尖切除法を施すことで症状が改善したとする報告<sup>12)</sup>もみられることより、難症例においてCBCTを用いての骨欠損に焦点を当てた画像診断は、その後の外科的歯内療法や予後に非常に重要であると考えられる。また、デハイセンスは、辺縁部から根尖方向にかけて歯根面を被覆する歯槽骨が連続して欠損しているものをいう。このような穿孔部では結合組織性付着が消失していることにより、感染に対する脆弱性という欠点を有している<sup>8)</sup>。

### 歯科用コーンビームCT (CBCT) 検査

歯内療法領域において、根管の数や走行、根尖病変の広がりや大きさを三次元的に詳細に解析できることより、CBCTはいまや歯内治療において欠かすことのできないツールといっても過言ではない<sup>13-15)</sup>。CBCTでは、矢状断面(近遠心)像、冠状断面(頬舌)像、軸位断面

(水平)像を観察でき、歯根や根管の数および根管の走行状態の把握、各歯根の根尖病変の広がり、歯根破折や歯根吸収および根分岐部病変の診断に有用であることが報告されている<sup>16-21)</sup>。一方、デンタルエックス線では、上顎大白歯の歯根が頬骨弓と重なることがあり、根尖周囲の病変を確認することが困難になることがある<sup>22)</sup>。しかし、解剖学的ノイズの影響が小さいCBCTでは、根尖病変をより正確に検出できることが報告されている<sup>14)</sup>。そのため、精神的に不安定な患者に対してCBCTを用いた画像診断を行う際には、その有用性ととも被曝線量が比較的高いことから、社会的・経済的要因を考慮しながら、人体への被曝をできるだけ少なくするように努力すべきであるとするALARA(as low as reasonably achievable)の原則<sup>23)</sup>に従っての撮影であることを十分に時間をかけて説明し、本人の同意取得とともに、保護者からの同意取得も肝要と考えられる。

### 症例：歯根嚢胞様透過像を認める 歯内-歯周疾患I型病変

患者：39歳、男性。

初診：2017年8月。

主訴：上顎右側第一大臼歯の疼痛。

全身既往歴：うつ病、精神発達遅滞、口腔心身症、非定型顔面痛、末梢性神経障害性疼痛。

使用中薬剤：トリプタノール25(日医工)、トリプタノール10(日医工)、カロナール200(あゆみ製薬)、ポントールカプセル(第一三共)。

現病歴：2011年1月、下顎両側第一大臼歯の非歯原性疼痛が疑われたことより、麻酔科にて三環系抗うつ薬であるトリプタノール25(日医工)、末梢性神経障害性疼痛治療薬であるリリカカプセル(ファイザー)の投薬処置を受けた。その後、痛みは軽減したため、近医にて歯科治療が継続されていた。今回、前医で2017年5月頃より上顎右側第一大臼歯の感染根管治療が開始されたが、痛みが治まらないため当科を紹介され受診した。

#### 1. 現 症

##### 1) 視診

6)の頬側歯肉に著明な腫脹が観察される(Fig. 2-a)。波動は認められない。

##### 2) 臨床所見

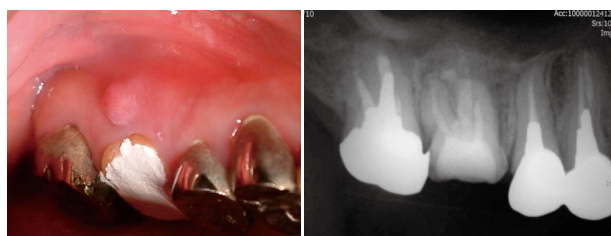
6)の自発痛(+), 打診痛(+), 動揺(-), 根尖部歯肉圧痛(+), 瘻孔(-), 排膿(-)であった。頬側近心部歯周ポケットは6mm, 他は2mmであった。

##### 3) エックス線所見

6)の根分岐部に不明瞭なびまん性の透過像を認めた。頬側遠心根根尖周囲に根管貼薬剤の溢出像が観察された

**Table 1** Differential diagnosis of endodontic-periodontal lesions

	Pulp condition	Periodontal pocket	Gutta-percha cone into the sinus tract	X-ray finding	Periodontal condition of neighboring teeth
Type I (Primary endodontic lesions)	Non-vital pulp/pulpless	A few deep pockets (drainage path through the periodontal ligament from the periapical lesion)	The tip reach the apical region.	a : Clear radiolucent area along the only one side root (U shape) b : Furcation radiolucent area	Significant periodontitis is hardly seen.
Type II (Primary periodontal lesions)	Vital pulp	Extensive many deep pockets	The tip does not face the root apex but heads toward the cervicular portion.	Clear radiolucent area at the marginal portion (V shape) Furcation radiolucent area neighboring marginal bone defect	Chronic periodontitis is seen around neighboring teeth.
Type III (Combined endodontic-periodontal lesions)	Non-vital pulp/pulpless	Extensive many deep pockets	The tip easily reach the apical region.	Clear radiolucent area throughout the root	Chronic periodontitis is seen around neighboring teeth.



a : Intraoral view      b : X-ray view

**Fig. 2** Findings of tooth 16 at initial visit

- a : Swelling of buccal gingiva was observed.  
b : Diffuse radiolucent area was found around bifurcation and periapical regions. Leakage of root canal treatment material was observed in the vicinity of the distal root apex.

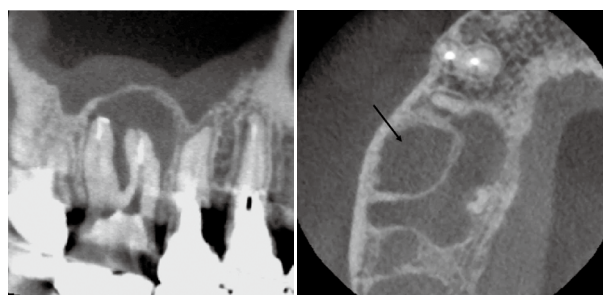
(Fig. 2-b). CBCT 検査の結果、頬側 2 根を包含する明瞭なエックス線透過像が認められた (Fig. 3-a)。口蓋根の根尖は吸収しており、一部上顎洞と交通していた。頬側近心根直下に広範な嚢胞様透過像が観察された (Fig. 3-b)。

#### 4) 診断

6] の急性化膿性根尖性歯周炎, 歯内-歯周疾患 I 型病変。

#### 2. 治療経過

患者が痛みに対して敏感であり、前医での治療の際には局所麻酔を強く希望し、使用していたということを考慮し、局所麻酔下にて感染根管治療を開始した。超音波チップを用いて仮封材を除去し、根管内の水酸化カルシウム製剤を可及的に除去した。3%次亜塩素酸ナトリウムと 3%EDTA を用いてシリンジにて交互洗浄を行った。根管からの排膿はなく、その後生理食塩液で洗浄し、水硬性セメントにて仮封した。1 週後、根管治療 2 回目、



a : Sagittal image      b : Axial image

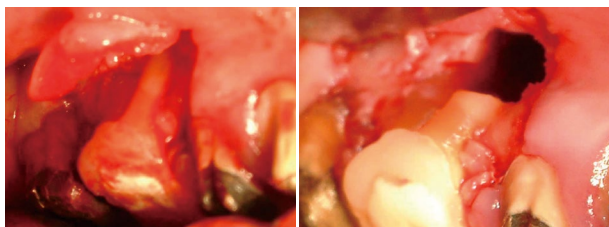
**Fig. 3** Findings of CBCT of tooth 16 at initial visit

- a : A prominent radiolucent area was found around the buccal roots. Overflow of the calcium hydroxide paste was observed near the distal root apex.  
b : A wide radiolucent area like a cyst was found under the level of apical portion buccal mesial roots (arrow). Destruction of a part of palatal root apex was observed.

頬側近心根管の穿通を行った。根管からは腐敗臭および排膿が観察された。また、口蓋根管の根尖付近には炎症性歯髓組織が残存しており、ファイリングの際に根管からの出血を認めた。3%次亜塩素酸ナトリウムと 3%EDTA でシリンジにて交互洗浄を行った後、生理食塩液で洗浄し仮封した。2 週後、根管治療 3 回目、CBCT の所見について 25 分間、わかりやすく説明した。3%次亜塩素酸ナトリウムと 3%EDTA でシリンジにて交互洗浄を行った後、生理食塩液で洗浄しカルシベックス II (日本歯科薬品) を貼薬し仮封した。3 カ月後、根管治療 7 回目、頬側近心根管からの滲出液および腐敗臭は消失し、根管の乾燥状態が得られたため、ニシカキャナル

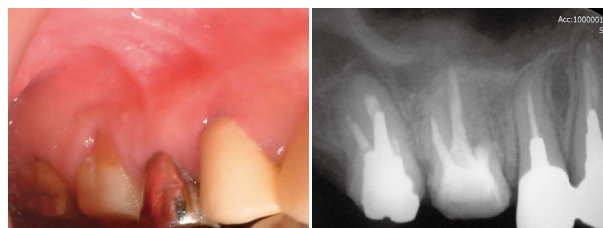


**Fig. 4** Findings of tooth 16 at root canal filling  
X-ray view  
The radiolucent area was still persisted around the buccal mesial root.

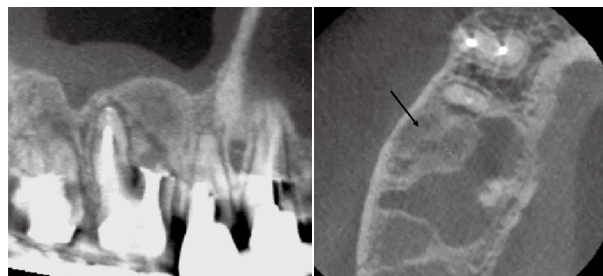


**Fig. 5** Findings of tooth 16 at apicoectomy (Intraoral view)  
a : Dehiscence of buccal mesial root was observed during flap surgery.  
b : A deep bone defect was observed under the resected mesial root.

シーラー BG (日本歯科薬品) とガッタパーチャポイントによる側方加圧根管充填処置を施した (Fig. 4)。一方、軽度の打診痛および歯肉圧痛は継続して認められた。根管充填 1 カ月後、打診痛および歯肉圧痛の臨床症状が消失しないため、全部層弁を形成し、歯根尖切除法を施した。その際に、頬側近心根を被覆する歯槽骨が消失したデハイセンスが認められた。嚢胞壁の十分な除去を目的として、頬側近心根を根尖から 6 mm の位置で切断した (Fig. 5)。逆根管充填材にはスーパー EBA セメント (Bosworth, USA) を使用した。外科処置 6 カ月後、上顎右側第一大臼歯の頬側歯肉に腫脹および発赤は観察されず、臨床症状は著明に軽減し、根尖相当部歯肉の触診にわずかに違和感を認める程度であった。デンタルエックス線では、歯根周囲に透過像は認められなかった (Fig. 6)。CBCT 検査の結果、嚢胞様透過像は観察されず、消失した骨組織の回復像が観察された (Fig. 7)。外科処置 7 カ月後、視診により異常所見は認められず、臨床症状は認められなかった。また、歯周ポケットは全周 2 mm であったことより、良好な治癒経過を辿っていることが推察されたため、前医に逆紹介し、治療を再開されるこ



a : Intraoral view      b : X-ray view  
**Fig. 6** Findings of tooth 16 at 6 months after endodontic surgery  
a : No recurrence of the gingival swelling was observed.  
b : The radiolucency of periapical region was disappeared and bone regeneration was observed under the buccal mesial root.



a : Sagittal image      b : Axial image  
**Fig. 7** Findings of CBCT of tooth 16 at 6 months after endodontic surgery  
a : Bone tissue recovery tendency was observed under the resected mesial root.  
b : The radiolucent region of periapical area was disappeared and significant new bone formation was observed (arrow).

ととなった。

## 考 察

歯内-歯周疾患の治療では、単に病変の寛解や炎症巣の除去のために盲目的に対症療法を行うことではなく、鑑別診断に基づいた原因病変に対する合目的な治療を施すことにより病変の治癒を図ることが肝要と考えられる。I 型に分類される症例は、失活歯髓、嚢管の走行、他の部位に辺縁性歯周疾患がみられないことなどの特徴的な所見から、歯内疾患が原因で発症した病変と考えられる<sup>5)</sup>。そのため、治療法としては、感染根管治療をまず行う。根尖性歯周炎では、細菌感染などにより組織の破壊が引き起こされると、これらの起炎物質や破壊組織を除去する目的で生体防御反応としての免疫反応が惹起される。原因因子が除去されると、修復性の免疫反応が活発となり、組織修復から治癒という経過を辿る<sup>24)</sup>た



め、感染根管治療後に歯周ポケットからの排膿は治まり、瘻孔および歯周ポケットは消失する。長期間の経過観察により、吸収された歯槽骨の回復が認められることが示されている<sup>1,2)</sup>。Rateitschakら<sup>25)</sup>の分類を参考にすると、I型の症例ではエックス線写真上、高度の歯槽骨破壊がみられても、歯周ポケット内にプラークや歯石が多量に認められることはなく、上皮の根尖側への伸展・増殖も少ない。そこでI型の症例では、確実な根管治療が行われ、病変の原因である根管内の感染物質が取り除かれると、病変は早期に治癒することが多いとされている。

一方、島内<sup>26)</sup>は、歯内疾患が原因であるI型病変においては、膿瘍形成の原因である根管系の感染が除去されれば、通常歯周ポケットは減少し、限局性の歯周病変は消失傾向を示すが、すぐに消失しない場合には根管充填後約1カ月間、経過観察を行い、歯内治療の的確性や歯周外科処置の必要性について検討すると述べている。また、大久保ら<sup>27)</sup>は、慢性陳旧化している歯内-歯周疾患の場合には、I型病変とIII型病変の判別に苦慮することがあり、歯内治療のみで治癒が望めない場合には、歯周外科処置の併用を考慮する必要があることを示唆している。

今回、感染根管治療を施し、根管充填後の経過観察で症状が消失せず、患者も痛みの原因除去を目的とする外科的歯内療法を強く希望したため、歯根尖切除法を施し、嚢胞様病変の搔把、摘出を行った。その結果、症状は軽快し痛みへの訴えは軽減した。その理由として、消失した骨組織に対する局所の修復能力が活発であったことに加え、根管充填後の臨床所見についての的確な観察を行った後に外科的歯内療法を施したことにより、根尖病変に対する治癒機転が活性化された可能性が考えられた。

根管内の細菌性因子の増加は、慢性根尖性歯周炎の増悪化とともに、うつ病の重症度および生活の質の低下に関連していることが示唆されている<sup>28)</sup>。また、メタアナリシス解析により、感情障害（不安やうつ病を含む）と慢性歯周炎との間に有意な関連性があることが示されている<sup>29)</sup>。うつ病治療の基本は、休養、薬物療法、精神療法などである。うつ病患者の治療のポイントとして、①休息を十分にとらせる、②励まさない、③怠けているのではなく病気であることを説明する、④重要な問題の決定を延期させる、⑤服薬をチェックする、⑥患者本人の負担を軽減することなどが挙げられる<sup>30)</sup>。今回、治癒が円滑に進行した一因として、ペインクリニック（麻酔科）における投薬治療をはじめとする精神的なサポート体制の充実が考えられた。

一方、不安やうつ病の身体化により非歯原性歯痛が発現することがある<sup>31)</sup>。歯科医は非定型歯痛（AO）患者を最初に診察する機会が多いことから、AOの可能性を常に心にとどめ、適切に診断を下し、必要であれば疼痛

専門医に紹介する必要がある<sup>32)</sup>。非定型歯痛患者への対応として、歯原性歯痛との鑑別に有効な診察・検査法の第一歩は、詳細な問診や臨床的診察である。すなわち歯髄電気診、プロービング、瘻管の走行や根管充填状態のエックス線検査、ならびに根尖部、根側部、根分岐部の病変の精査などを行うことが第一である。明らかな器質的原因が見当たらない状態で痛みを訴える患者では、歯科治療を積極的に行う前に、早い段階から専門医による痛み診断を行う必要がある<sup>33)</sup>。そのため、歯科医は不可逆的な歯科治療を始める前に、すべての歯痛を訴える患者に対して診断が正しいことを注意深く確かめる必要があることが示唆されている<sup>34)</sup>。今回、うつ病を有する歯痛に敏感な患者の治療であったが、歯肉の腫脹と打診痛および根尖部圧痛の継続と明確な器質的原因を認めたため、歯原性歯痛と診断した。CBCT検査の応用により、患歯や周囲の骨組織の状態についてわかりやすく説明できたことは、精神的に不安定な患者のQOL向上に対する歯科の貢献につながったものと考えられた。

## おわりに

歯内-歯周疾患は、日常の臨床でよく遭遇する疾患である。また、歯内病変を原発とするI型病変の場合は、計画的な治療を施すことにより、比較的予後良好に推移する。うつ病患者の歯内-歯周疾患治療においても、患歯の原因病変が明らかになれば、治療の進行に伴い治癒に向かって症状は経過していくものと推察された。そのため、上顎臼歯部の歯内-歯周疾患I型病変に対しては、解剖学的な特徴とCBCTの必要性を十分考慮し、器質的な変化の有無について検査することが重要であることが示唆された。

## 文 献

- 1) Kerns DG, Glickman GN. Endodontic and periodontal interrelationships. Hargreaves KH, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp. 10th ed. Mosby: St. Louis; 2011. 655-670.
- 2) Weine FS. Endodontic-periodontal problems. Endodontic therapy. 6th ed. Mosby: St. Louis; 2004. 452-481.
- 3) AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines. [https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/2006casedifficultyassessmentformb\\_edited2010.pdf](https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/2006casedifficultyassessmentformb_edited2010.pdf) (2021年2月10日アクセス)
- 4) Gutmann JL. Prevalence, location, and patency of accessory canals in the furcation region of permanent molars. J Periodontol 1978; 49: 21-26.



- 5) 阿南 壽, 松崎英津子. 第20章 歯内-歯周疾患. 興地隆史, 石井信之, 小木曾文内. エンドドンティクス. 5版. 永末書店: 京都; 2018. 210-217.
- 6) 日本歯周病学会. 歯周病の検査・診断・治療計画の指針 2008, 1版. 医歯薬出版: 東京; 2009. 1-13.
- 7) Oshima K, Ishii T, Ogura Y, Aoyama Y, Katsumi I. Clinical investigation of patients develop neuropathic tooth pain after endodontic procedures. *J Endod* 2009; 35: 958-961.
- 8) 五十嵐 勝. 第2章 歯髄腔の解剖学. 興地隆史, 石井信之, 小木曾文内. エンドドンティクス. 5版. 永末書店: 京都; 2018, 10-25.
- 9) Larate DC. Alveolar plate fenestrations and dehiscences of the the human skull. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970; 29: 816-819.
- 10) Spasser HF, Wendt R. Apical fenestration. A cause for recalcitrant post endodontic pain. *NY State Dent J* 1973; 39: 25-26.
- 11) Chester SB, Seimen AJ, Friedman J, Heyman RA. Apical fenestration: solution to recalcitrant pain in root canal therapy. *J Am Dent Assoc* 1968; 77: 846-848.
- 12) 古澤成博, 紺野倫代, 久留島幸奈, 柳田博子, 大田 恵, 井田 篤, 早川裕記, 細川壮平, 吉田 隆, 有泉祐吾, 河野誠之. フェネストレーションが原因で難治性根尖性歯周炎と診断された症例に対する処置. *日歯保存誌* 2012; 55: 60-65.
- 13) Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007; 40: 818-830.
- 14) 柴田直樹, 内藤宗孝, 有地榮一郎, 中田和彦. 歯科用コーンビームCT. *日歯内療誌* 2016; 37: 75-89.
- 15) 橋口 勇, 前田英史. 歯内療法におけるCBCTの活用. *日歯内療誌* 2018; 39: 113-119.
- 16) Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008; 34: 273-279.
- 17) Blattner TC, George N, Lee CC, Kumar V, Yelton CDJ. Efficacy of cone-beam computed tomography as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. *J Endod* 2010; 36: 867-870.
- 18) Parker J, Mol A, Rivera EM, Tawil P. CBCT uses in clinical endodontics: the effect of CBCT on the ability to locate MB2 canals in maxillary molars. *Int Endod J* 2017; 50: 1109-1115.
- 19) Maini A, Durning P, Drage N. Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *Br Dent J* 2008; 204: 135-137.
- 20) Qiao J, Wang S, Duan J, Zhang Y, Qiu Y, Sun C, Liu D. The accuracy of cone-beam computed tomography in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol* 2014; 41: 269-274.
- 21) Patel S, Harvey S, Shemesh H, Durack C. 興地隆史監訳. 歯内療法成功のためのコーンビームCT活用術. 1版. クインテッセンス出版: 東京; 2018. 79-88.
- 22) Schwartz SF, Foster JK. Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Part 1. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971; 32: 606-612.
- 23) 環境省ホームページ. 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成30年度版)第4章 防護の考え方 4.1 防護の原則.  
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryo/h30kiso-04-01-09.html> (2021年2月10日アクセス)
- 24) 松崎英津子, 阿南 壽. 難治性根尖性歯周炎の病因と治療法の進歩 2. 根尖性歯周炎の免疫病理とその難治性. *歯科医療* 2015; 29: 14-20.
- 25) Rateitschak KH, Rateitschak EM, Wolf HF, Hassell TM. *Color Atlas of Dental Medicine, Periodontology. Periodontics-Endodontics.* Thieme Medical Publishers Inc: New York; 1989. 311-313.
- 26) 島内英俊. 歯内-歯周疾患の診断と治療の考え方. *日歯内療誌* 2000; 21: 187-190.
- 27) 大久保厚司, 辻本恭久, 鈴木久仁博. 下顎大臼歯の歯内-歯周病変I型の根管治療. *日歯内療誌* 2002; 23: 61-68.
- 28) Gomes C, Martinho FC, Barbosa DS, Antunes LS, Póvoa HCC, Baltus THL, Morelli NR, Vargas HO, Nunes SOV, Anderson G, Maes M. Increased root canal endotoxin levels are associated with chronic apical periodontitis, increased oxidative and nitrosative stress, major depression, severity of depression, and a lowered quality of life. *Mol Neurobiol* 2018; 55: 2814-2827.
- 29) Liu F, Wen YF, Zhou Y, Lei G, Guo QY, Dang YH. A meta-analysis of emotional disorders as possible risk factors for chronic periodontitis. *Medicine (Baltimore)* 2018; 97 (28): e11434.
- 30) 下山和弘, 櫻井 薫, 深山治久, 米山武義. 日本老年歯科医学会. 高齢者歯科診療ガイドブック. 1版. 口腔保健協会: 東京; 2010. 27-34.
- 31) 真秀重成, 鈴木長明, 川島正人, 尾上匡史, 若田 淳, 海野雅浩. 歯及び歯肉の痛みを訴え続けた精神発達遅滞を伴ううつ病患者の1症例. *日歯麻誌* 1999; 27: 341-344.
- 32) Ram S, Turuel A, Kumar SKS, Clark G. Clinical characteristics and diagnosis of atypical odontalgia: implications for dentist. *J Am Dent Assoc* 2009; 140: 223-228.
- 33) 野上堅太郎. 口腔顔面痛の治療方針〜非定型歯痛の概念と治療について〜. *福歯大誌* 2011; 37: 66-74.
- 34) Linn J, Trantor I, Teo N, Thanigaivel R, Goss AN. The differential diagnosis of toothache from other orofacial pains in clinical practice. *Aust Dent J* 2007; 52(1 Suppl): S100-104.

# Suppression of Demineralization by Inorganic Polyphosphates with Optimum Chain Length for Stain Removal and Prevention of Stain Deposition

TANAKA Tomohisa<sup>1,2</sup>, TERASHIMA Mikako<sup>1</sup>, IKETANI Yuki<sup>1</sup>,  
KAWAZOE Yumi<sup>3,4</sup>, SHIBA Toshikazu<sup>1,4</sup> and MANABE Atsufumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Conservative Dentistry, Division of Aesthetic Dentistry and Clinical Cariology,  
Showa University School of Dentistry

<sup>2</sup>Tanaka Dental Clinic, Chisyoukai Medical Corporation

<sup>3</sup>Division of Toxicology, Department of Pharmacology, Toxicology and Therapeutics, Showa University School of Pharmacy

<sup>4</sup>Regenetiss, Inc.

## Abstract

**Purpose:** Inorganic polyphosphates (polyPs) bind to the tooth surface and aid in removing stains and preventing stain deposition. In this study, we investigated whether the degree of polymerization of polyP affects the stain removal and prevention of stain deposition on the tooth surface. We also investigated whether polyP bound to the tooth surface suppresses demineralization.

**Methods:** Hydroxyapatite powders stained with tea and coffee extracts were placed in centrifuge tubes, and purified water or polyPs solution of various chain lengths was added to it. The solution was mixed and then centrifuged to separate the hydroxyapatite. Further, unstained hydroxyapatite powder was mixed with polyPs solution or purified water in the same manner, and dyed with tea and coffee. The color of the hydroxyapatite powder for each sample was scanned using an image scanner, and the color density was measured to evaluate the extents of stain removal and prevention of deposition. An ivory plate was then sanded to prepare a smooth specimen. Each specimen was immersed in 1% polyP9.7-Salivett solution or Salivett for 10 min and then washed with water and dried. The specimen was then treated with 40% phosphoric acid for 20 min. After this, the phosphoric acid was washed off with water, and the specimen was dried. The cross-sectional depth of the demineralized portion after drying was observed with an optical microscope.

**Results:** PolyP with a degree of polymerization of 9.7 (polyP9.7) was highly effective in removing stains and preventing deposition. PolyP9.7 was more effective in removing stains and preventing deposition than triphosphate, a polymer of three phosphate residues commonly used in dentifrices, and polyP, which has a degree of polymerization of 60. In addition, demineralization was suppressed on the ivory surface treated with polyP9.7 upon phosphoric acid etching.

**Conclusion:** PolyP9.7 is highly effective in removing stains and preventing deposition on the tooth surface and can suppress the demineralization by binding to the tooth surface.

**Key words:** demineralization, polymer size, polyP, stain control

---

Corresponding author: Dr. TANAKA, Department of Conservative Dentistry, Division of Aesthetic Dentistry and Clinical Cariology, Showa University School of Dentistry, 2-1-1, Kitasenzoku, Ohta-ku, Tokyo 145-8515, Japan

TEL: +81-3-3787-1151, FAX: +81-3-3787-4146, E-mail: t-shika@royal.ocn.ne.jp

Received for Publication: December 22, 2020/Accepted for Publication: January 21, 2021

DOI: 10.11471/shikahozon.64.107

## Introduction

Inorganic polyphosphate (polyP) is a polymer composed of phosphate and has various physiological functions in living organisms<sup>1)</sup>. The precise physiological function of polyphosphate depends on its molecular weight. For instance, long-chain polyP has a dramatic effect on the suppression of bone resorption and the expression of iNOS<sup>2)</sup>, while polyP with 60 to 100 phosphate residues is found to promote blood clotting<sup>1,3)</sup>. It has also been found that long-chain polyP with a degree of polymerization of 100 or more has intestinal tract-protective effects<sup>4)</sup>. PolyPs with an average length of 150 phosphate residues have been shown to be lipopolysaccharide (LPS)-induced lethal and able to cure mice and increase their chances of survival from LPS-induced shock. They can inhibit macrophage recruitment to the liver and lungs, thus protecting against tissue injury<sup>5)</sup>.

In the field of dental science, polyPs assist in removing stains on the dental surface while exerting an anti-deposition effect on the stains. However, these effects are dependent on the molecular weight of polyP<sup>1)</sup>. Ultraphosphate, a highly condensed polyP with a three-dimensional structure, has been shown to be particularly capable of removing stains and preventing deposition<sup>6)</sup>.

In this study, we used the powder form of hydroxyapatite, which is a constituent of enamel, to assess the degree of polymerization (molecular weight) of polyP that is effective in removing stains and preventing deposition. In addition, a coating of polyP on the tooth surface may protect it not only from the effect of stains but also from the effect of other chemicals. In particular, it may be possible to suppress demineralization of the tooth surface by an acidic substance or the like by coating. Therefore, we evaluated whether acid-induced demineralization could be suppressed by pretreating the surface with a high-coating-force molecular-weight polyP, using ivory plates obtained after the formation of dentin impressions.

## Materials and Methods

### 1. Materials

The materials and reagents used in the experiments

are listed in Table 1. Sodium polyPs of various molecular weights were prepared by separating sodium metaphosphate (Taihei Chemical Industry, Osaka, Japan) based on their molecular weights and differences in solubility in ethyl alcohol<sup>7)</sup>. Consequently, three types of polyP samples with average degrees of polymerization of 8.1 (polyP8.1), 9.7 (polyP9.7), and 18 (polyP18) were obtained. PolyP60, with an average degree of polymerization of 60 (i.e., 60 phosphate residues), was prepared as described<sup>7)</sup>. Tripolyphosphate, with a degree of polymerization of 3, was purchased from Taihei Chemical Industry. Sodium pyrophosphate, which was used as a molecular weight marker, was purchased from Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation, Osaka, Japan. Hydroxyapatite powder used in stain removal and anti-deposition studies was prepared by BioRad (BioRad Japan, Tokyo, Japan). Commercially available tea and coffee were used to color hydroxyapatite. Artificial saliva, Saliveht Aerosol (Saliveht), was manufactured by Teijin Pharma Co., Ltd., Tokyo, Japan. A 40×30 mm square-shaped ivory plate (Registration Number 00427, Zogedo, Kyoto, Japan) was used to evaluate the efficiency of the suppression of demineralization. The ivory plates were polished in the order of #80, #120 and #240 abrasive paper, and the entire plate was smoothed before being used in the experiment. Phosphoric acid (40% (w/w), Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) was used for etching the dentin discs. To evaluate the suppression of demineralization, polyP9.7 was dissolved in Saliveht to a final concentration of 1% (w/v).

### 2. Determination of the degree of polymerization of polyP

The degree of polymerization of polyP8.1, polyP9.7, and polyP18 were measured by gel filtration chromatography using a high-performance liquid chromatograph (Ohpak SB-803 HQ, 8×300 mm, Shodex gel filtration column). The mobile phase was 0.1 mol/l NaCl; the flow rate and column temperature were maintained at 1 ml/min and 25°C, respectively. Signals were detected by a refractive index detector. Molecular weight was analyzed using polyP with a degree of polymerization of 60, 14, 3 (tripolyphosphate), and 2 (sodium pyrophosphate) as molecular weight markers. The respective elution times were 11.87, 12.81, 13.85, and 14.16 min. The elution times in the gel-filtration chromatography of polyP8.1, polyP9.7, and polyP18 were 13.17, 13.05, and 12.63 min, respectively. The logarithm of these values

**Table 1** Materials and reagents used in experiment

Materials	Working concentrations	Company
Sodium metaphosphate	polyP8.1 polyP9.7 polyP18 polyP60 1% (w/v)	Taihei Chemical Industry, Osaka, Japan
Tripolyphosphate		
Sodium pyrophosphate	1% (w/v)	Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation, Osaka, Japan
Hydroxyapatite powder	—	BioRad Japan, Tokyo, Japan
Lipton tea bag	—	Unilever Japan K. K., Tokyo, Japan
Nescafe gold blend coffee	—	Nestle Japan, Ltd., Hyogo, Japan
Saliveht Aerosol	—	Teijin Pharma Co., Ltd, Tokyo, Japan
ivory plate	—	Zogedo, Kyoto, Japan
Phosphoric acid	40% (w/w)	Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation, Osaka, Japan
Whatman No. 5B filter paper	—	Whatman International Co., Ltd., Maidstone, UK

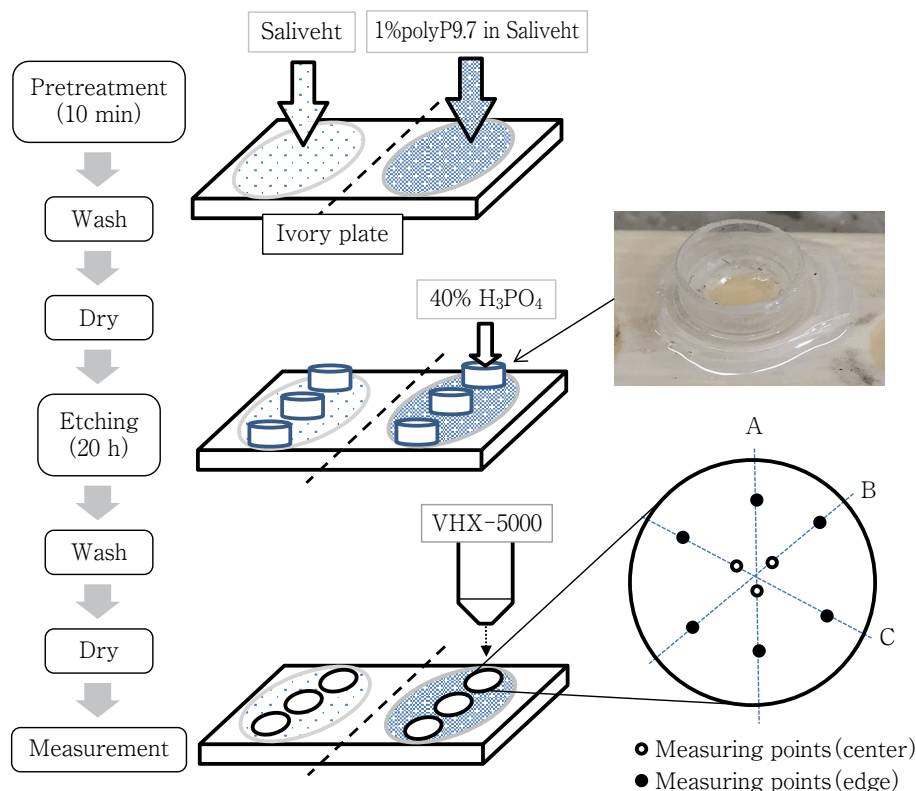
and the molecular weight markers were plotted to obtain the line, and the degree of polymerization of polyP was calculated from the approximate formula.

### 3. Evaluation of stain removal and prevention of stain deposition using hydroxyapatite powder

Concentrated tea was prepared as follows: 4 g of tea leaves (2 tea bags) were immersed in 200 ml of boiled purified water for 10 min, and this liquid was filtered through Whatman No. 5B filter paper (Whatman International Co., Ltd., Maidstone, UK). Coffee solution was prepared by dissolving 1 g of commercial instant coffee powder into 14 ml of hot water at 100°C. For testing the stain removal efficiency, 30 mg of hydroxyapatite powder that was stained by concentrated tea and coffee solution was put into a 2 ml centrifuge tube, and 1 ml of each test solution containing purified water (negative control) or polyP of various chain lengths was added into the tubes. Then, the centrifuge tube was tipped over for 1 min for mixing the components, and the hydroxyapatite was separated from polyP solution by centrifugation (1,500×g for 2 min). After the supernatant was removed, 10 ml of purified water was added to the hydroxyapatite pellet, and the pellet was washed. After repeating the washing step, each suspension was transferred into a 96-multi-well plate, and the color of hydroxyapatite powder was scanned from the bottom of the multi-well plate using an image scanner. Then,

the image was inverted to be negative, and the color density was calculated using an image analysis program.

For testing the prevention of stain deposition, 30 mg of hydroxyapatite powder was put into a 2 ml centrifuge tube, and 1 ml of each test solution containing purified water (negative control) or polyP of various chain lengths was added into the tubes. The tube was inverted to mix the components and then centrifuged at 1,500×g for 2 min. The supernatant was removed and the resultant hydroxyapatite pellets were washed with 2 ml of purified water. The supernatant was removed again. This washing step was repeated twice. Following this, 1 ml of concentrated tea and coffee extract was added to each tube, and the tube was inverted for 1 min. After the supernatant was removed, the hydroxyapatite pellet was washed with 2 ml of purified water. Finally, 2 ml of purified water was added to the hydroxyapatite pellet and inverted for 1 min to prepare a hydroxyapatite suspension. Then, the suspension was transferred into a 96-multi-well plate, and the color of the hydroxyapatite powder was scanned from the bottom of the multi-well plate using an image scanner. The extent of prevention of stain deposition was calculated from the scan data. Statistics of each result were verified by Tukey's test.



**Fig. 1** Demineralization using ivory plates

A rectangular ivory plate was used. Artificial saliva was applied to half of the plate, and artificial saliva containing 1% polyP9.7 was applied to the other half. Subsequently, a 6-mm diameter hole was formed in the lids of the microtubes so that a certain area could be treated with phosphate. Phosphate solution (40%) was added to each hole to perform etching at room temperature for 20 h. The plates were then washed with water to measure the depth of the hole formed in the etched portion by light microscopy (VHX-5000). For the hole formed by demineralization, an image of the cut surface was obtained from three directions in A, B, and C (see Fig. 3); 3 points near center and at both ends were set as the measuring points on the cut surface, and the depth between them was measured.

#### 4. Suppression of demineralization by polyP9.7

The process of etching on dentin discs is shown in Fig. 1. The ivory plates were sectioned in half and immersed either in only 1% (w/v) polyP9.7-Saliveht solution or Saliveht solution for 10 min. Then, they were washed with water and dried. After drying, holes of 6 mm diameter were drilled in the lids of 1.5 ml microtubes, which were fixed on the ivory plates by UV resin. The indented part of the lids was filled with approximately 0.2 ml of 40% (w/w) phosphoric acid and etched at room temperature for 20 h. Etching was performed on identical ivory plates in triplicate. After etching, the remaining 40% (w/w) phosphoric acid was washed out with water, and the lid of the microtube

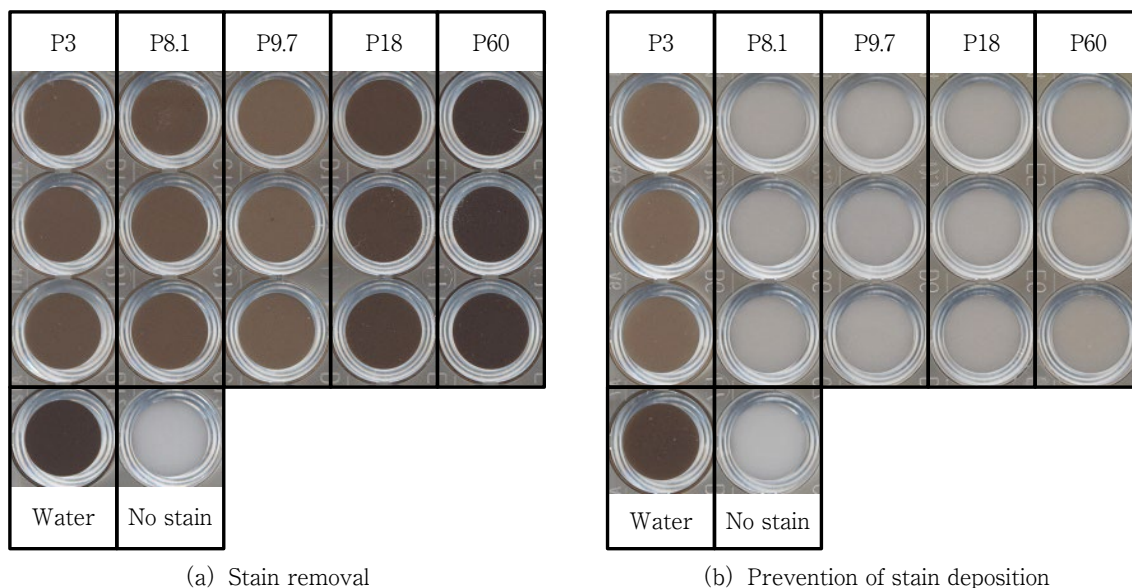
was removed and dried. Following this, cross-sectional shapes and demineralized depths of the demineralized areas were observed using light microscopy (VHX-5000, KEYENCE, Osaka, Japan) at 200× magnification. The depth of the three center sites of the measuring point and six edge sites per spot were measured as indicated in Fig. 1, and the average of each was considered as the depth of the demineralized area. Statistics of each result were verified by the *t*-test.

## Results

### 1. Effect of polyP chain length on stain removal

The efficiency of prevention of stain deposition is





**Fig. 2** Evaluation of stain removal and prevention of deposition using hydroxyapatite

(a) Stain removal experiment and (b) Experiment to evaluate the prevention of deposition. The water in (a) is that in which hydroxyapatite powder dyed by tea and coffee concentrate is washed with water only, and the water in (b) is that in which uncolored hydroxyapatite is washed with water only and then treated with tea and coffee concentrate. The stain removal rate is shown as the removal ratio, with water set at 0% removal rate. Therefore, the higher the value, the lighter will be the color. Water was set at 0% of the rate for color protection in (b), and the value was calculated so that the value corresponding to less coloration became higher.

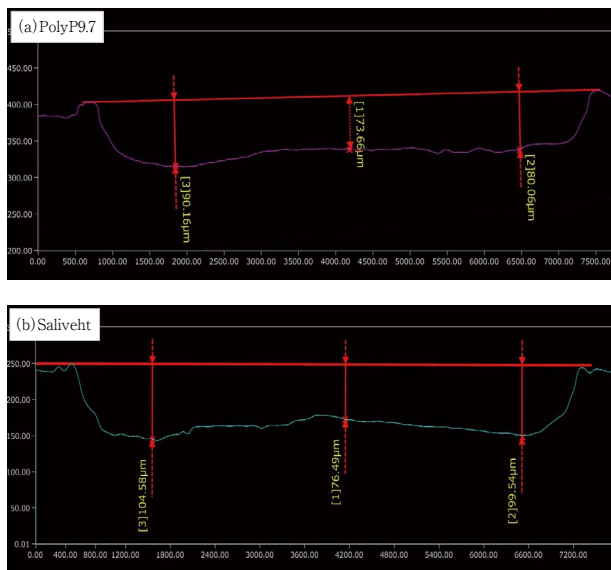
shown in Fig. 2 (a). Short-chain polyP9.7, with 9.7 phosphate residues, was the most effective in removing stains. The stain removal activity was low with tripolyphosphate, and almost no stain removal activity was observed with polyP60; polyP18 also showed considerably weaker stain removal activity ( $p < 0.05$ ). Thus, the optimum chain length for effective stain removal was 9.7 phosphate residues.

The efficiency of prevention of stain deposition is shown in Fig. 2 (b). Similar to that observed for the stain removal activity, polyP9.7 was found to be the ideal polymer for preventing stain deposition. Both polyP8.1 and polyP18 generated a polyphosphate chain of 9.7 residues, which was almost equally effective in preventing deposition ( $p < 0.05$ ). Therefore, the anti-deposition properties of polyP with 8.1 to 18 residues differed only slightly. Tripolyphosphate was only fourth in the sequence as an effective material for preventing deposition, with the maximum anti-deposition properties exhibited by polyP9.7. Poly60 was about ninety percent effective. Thus, the anti-deposition efficacy of tripolyphosphate, which is commonly used in common dentifrices, is considerably lower than that of

polyP having a degree of polymerization of 8.1 or more ( $p < 0.05$ ).

## 2. Efficiency of suppression of demineralization by polyP9.7 using ivory plates

Figure 3 shows cross-sectional images of the demineralized dentin analyzed by light microscopy, and Fig. 4 shows the results of depth measurement. The depth of the demineralized part was evaluated by connecting the highest parts at both ends of the hole with a line, setting a measuring point between the central part and both ends, and measuring the length of the perpendicular line dropped from the connected line to the measuring point. Cross-sectional images of the dentin demineralized in 1% (w/v) polyP9.7-Salivert solution and Salivert showed raised features in the central part. Thus, the center and edge were analyzed separately. The results showed that the demineralization depth was significantly shallower in the spots treated with polyphosphate in both the center (3 points) and edge (6 points) ( $p < 0.05$ ).



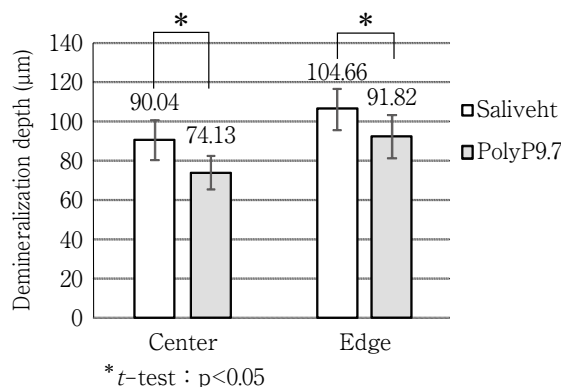
**Fig. 3** Cross-sectional view of a hole formed by demineralization on an ivory plate

Cross-sections of the hole formed by demineralization shown in Fig. 1 were observed by microscopy. (a) is the part pretreated with polyphosphate and (b) is the part pretreated with only the artificial saliva of the control. The depths of the center and two edge points were measured by optical microscopy (VHX-5000).

### Discussion

PolyP, which is commonly used in dentifrices, is mainly a triphosphosphate. It is a short molecule with only three phosphate residues. However, polyP longer than triphosphosphate has been shown to be more effective in removing stains and preventing deposition<sup>1)</sup>. However, very long polyPs were found to be less effective in removing stains and preventing deposition. In this study, we prepared polyP with finely divided molecular weights and determined the molecular weight (or degree of polymerization) that was most effective for removing stains and preventing deposition (Table 2).

The mechanism of stain removal and prevention of deposition is believed to involve the binding of the negatively charged polyphosphate to the positively charged portion of apatite by its charge in the enamel surface<sup>1,6,8,9)</sup>. It is believed that the binding of polyP to the apatite on the tooth surface is stronger than that of the colored material from which the stain is derived to the apatite. Thus, the stain is easily removed by polyP<sup>8)</sup>. It



**Fig. 4** Suppression of demineralization by polyP  
The depth of the demineralized area was significantly shallower in the dentin pretreated with polyP9.7 at both the center and edge measuring points, as shown in Fig. 1 and 3.

is considered that the strength of the bond between apatite and polyphosphate depends on the molecular weight of polyP, and polyP of a specified degree of phosphate polymerization is highly effective in removing stains. The findings of this study suggest that a polymer with only 3 residues or 18 or more residues has weaker binding to apatite than polyP in which the degree of polymerization is 8 to 10. In polyP with a degree of polymerization of 60, the binding to apatite might be rather weak, as was apparent from the low stain removal activity. In addition, it is considered that the deposition is prevented because polyP bonded with apatite continues to bind to the tooth surface and coats it, and the polyP coating does not allow any new coloring material to bind to the tooth surface. The anti-deposition and stain removal activities of triphosphosphate are also low because of its relatively weak binding to apatite. However, polyPs in which the degree of polymerization ranged from 8 to 18 were equally effective in preventing the deposition, which was different from the case of stain removal. PolyP60 of polymers was also significantly lower than that of stain-removed polymers, but it did not decrease to the level where little effect was observed as in the case of stain-removed polymers. These results suggest that the binding affinity between polyP and apatite depends on the molecular weight of polyP and is not affected as much as in the case of elimination, in terms of the anti-deposition efficacy of polyP with different molecular weights.

Ultraprophosphate, which is a highly condensed phos-

**Table 2** Stain removal rate and stain deposition prevention rate by various polyP using hydroxyapatite

Samples	Removal ratio (%)	Mean	SD	Significance p<0.05	Prevention ratio (%)	Mean	SD	Significance p<0.05	
Water	0.0				0.0				
No stain	100.0				100.0				
PolyP3	19.4	19.8	0.36		31.9	33.1	0.98		
	20.0								33.7
	20.0								33.6
PolyP8.1	19.1	20.3	1.25		82.7				
	21.5				82.1	83.0	1.07		
	20.2				84.2				
PolyP9.7	30.7	30.8	0.68		85.0				
	31.5				83.4	84.6	1.03		
	30.2				85.4				
PolyP18	7.9	7.1	1.00		83.1				
	7.5				85.4	83.8	1.37		
	6.0				83.0				
PolyP60	0.0	0	0		76.2				
	0.0				77.2	76.2	0.97		
	0.0				75.3				

The image shown in Fig. 2 was quantified and statistical processing by Tukey's test was performed (n=3). The two samples that were significantly different are shown in significance section by the line.

phate polymer with a higher negative charge density than linear polyP, also has both strong stain removal and anti-deposition activities<sup>6)</sup>. This suggests that the binding affinity between polyP and apatite is dependent on the level of negative charge of the polyP molecule. However, longer-chain polyP, which has higher charge than shorter-chain polyP, does not have higher activity in stain removal and anti-deposition. Taking this result into account, the binding affinity could not simply be explained by the level of negative charge; some different mechanism might be involved in the binding between polyP and apatite.

Our results suggest that the shortest polyP, tripolyphosphate, has low stain removal efficiency as well as low anti-deposition activity and is not optimal for use in dentifrices. It would be more effective to use polyP with a degree of polymerization of about 9 to 10 in dentifrices.

Previously, Ogawa et al. showed by SEM observation that a polyP-treated enamel surface was mildly demineralized by K-etchant, whereas severe demineralization was observed in an enamel surface that was treated by artificial saliva. That report also found that polyP inhib-

ited the release of Ca<sup>2+</sup> from the enamel surface<sup>10)</sup>. In this study, we confirmed that this previous report and polyP9.7, which had the highest stain removal and anti-deposition efficacies, significantly suppressed the demineralization by phosphate by coating the dentin (Table 3). By utilizing the fragments of extra ivory remaining after creating the ivory stamp, ivory plates larger than human dentin could be used for the experiment, and the demineralization reaction could be reproduced in a uniform ivory surface. It is considered that by pretreating the surface of this ivory plate by polyP, the surface is coated, and demineralization due to phosphate is suppressed. This reveals that the coating with polyP not only prevents the deposition of stains but also suppresses the acid-induced demineralization. This also indicates the possibility of suppressing the demineralization of the tooth surface by using a dentifrice containing polyP with degree of polymerization of 9 to 10, which binds more strongly to the tooth surface. Therefore, dentifrices containing polyP with a degree of polymerization of 9 to 10 may be preferred to prevent caries.

**Table 3** Suppression of demineralization by 1%polyP9.7

PolyP9.7	Demineralization depth ( $\mu\text{m}$ )			Saliveht	Demineralization depth ( $\mu\text{m}$ )			
	Measuring point	Center	Edge		Measuring point	Center	Edge	
A		60.43	71.75	77.11	A	76.49	99.54	104.58
		73.66	80.06	90.16		90.96	102.27	76.62
		63.75	82.5	75.75		80.46	100.9	97.37
B		78.48	97.1	110.16	B	102.76	119.82	116.34
		69.85	95.85	98.71		101.23	112.27	116.13
		79.21	103.05	100.27		90.83	107.22	106.91
C		70.92	81.96	88.28	C	82.19	102.06	91.33
		84.14	92.85	103.09		79.96	99.93	102.33
		86.73	102.48	101.6		105.52	105.25	123.09
Mean	74.13	91.82		Mean	90.04	104.66		
SD	8.35	11.00		SD	10.36	10.55		

The depth of demineralized dentin at each measuring point shown in Fig. 1 was measured by light microscopy (VHX-5000).

## Conclusion

The results of this study suggest that polyP9.7 is highly effective in removing stains and preventing stain deposition on the tooth surface. It also suppresses demineralization by binding to the tooth surface. In future, polyP9.7 is expected to be an effective material for preventing caries.

## Conflict of Interest

The authors declare that there are no potential conflicts of interest with regard to the publication of this article.

## References

- 1) Kulakovskaya T, Palov E, Dedkova EN. Inorganic polyphosphates in eukaryotic cells. Springer International Publishing: Cham; 2016, 139-158.
- 2) Harada K, Shiba T, Doi K, Morita K, Kubo T, Makihara Y, Piattelli A, Akagawa Y. Inorganic polyphosphate suppresses lipopolysaccharide-induced inducible nitric oxide synthase (iNOS) expression in macrophages. PLOS ONE 2013; 8: e74650.
- 3) Smith SA, Morrissey JH. Polyphosphate enhances fibrin clot structure. Blood 2008; 112: 2810-2816.
- 4) Segewa S, Fujiya M, Konishi H, Ueno N, Kobayashi N, Shigyo T, Kohgo Y. Probiotic-derived polyphosphate enhances the epithelial barrier function and maintains intestinal homeostasis through integrin-p38 MAPK pathway. PLOS ONE 2011; 6: e23278.
- 5) Terashima-Hasegawa M, Ashino T, Kawazoe Y, Shiba T, Manabe A, Numazawa S. Inorganic polyphosphate protects against lipopolysaccharide-induced lethality and tissue injury through regulation of macrophage recruitment. Biochem Pharmacol 2019; 159: 96-105.
- 6) Koyasu M, Shiba T, Kawazoe Y, Manabe A, Miyazaki T. Ultraphosphate, a potent stain control agent that is effective for both stain removal and prevention of stain deposition. Dent Mater J 2014; 33: 252-260.
- 7) Shiba T, Takahashi Y, Uematsu T, Kawazoe Y, Ooi K, Nasu H, Itoh H, Tanaka H, Yamaoka M, Shindoh M, Kohgo T. Effect of inorganic polyphosphate on periodontal regeneration. Key Eng Mater 2004; 254-256: 1119-1122.
- 8) White DJ, Gerlach RW. Anticalculus effect of a novel, dual-phase polypyrophosphate dentifrice: chemical basis, mechanism, and clinical response. J Contemp Dent Pract 2000; 1: 1-12
- 9) Baig AA, Kozak KM, Cox ER, Zoladz JR, Mahony L, White DJ. Laboratory studies on the chemical whitening effects of a sodium hexametaphosphate dentifrice. J Clin Dent 2002; 13: 19-24.
- 10) Ogawa H, Kurokawa C, Hoshino M, Tamaoka K, Toko T, Shiba T, Manabe A. Bleaching agent containing polyphosphate—Influence on bleaching effect, accumulation of stain, and prevention of decalcification—. Jpn J Conserv Dent 2016; 59: 197-205.

## ステイン除去および沈着防止に最適な 鎖長の無機ポリリン酸による脱灰抑制効果

田中 智久<sup>1,2</sup> 寺島 実華子<sup>1</sup> 池谷 侑紀<sup>1</sup>  
川添 祐美<sup>3,4</sup> 柴 肇 一<sup>1,4</sup> 真鍋 厚史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>昭和大学歯学部歯科保存学講座美容歯科学部門

<sup>2</sup>医療法人社団智尚会たなか歯科医院

<sup>3</sup>昭和大学薬学部基礎医療薬学講座毒物学部門

<sup>4</sup>リジェンティス株式会社

### 抄録

目的：ポリリン酸塩 (polyP) は、リン酸塩が鎖状に重合された高分子物質であり、生体内に存在しさまざまな生理学的機能を有していることがわかっている。歯科領域では、歯の表面に結合して着色を落とし沈着を防止することが知られている。本研究では、polyPの重合度によって歯の表面の着色除去および付着防止の効果が異なるかどうかについて検討を行った。また、歯の表面に結合したpolyPが酸による脱灰を抑制するかどうかについても検討を行った。

材料と方法：紅茶とコーヒー抽出液で染色されたハイドロキシアパタイト粉末を遠心チューブに入れ、さまざまな鎖長のpolyPまたは精製水を入れて溶液を作製した。1分間混合し、1,500×gで2分間の遠心分離によって溶液を分離させ、上澄みを除去した。さらに、染色していないハイドロキシアパタイト粉末に同様の方法でpolyPまたは精製水を入れて溶液を作製し、混合後遠心分離によって溶液を分離させ上澄みを除去した。そして、紅茶とコーヒー抽出液で染色した。おのおのを精製水で洗浄し、各懸濁液を96マルチウェルプレートに移した。イメージスキャナーを使用して各ハイドロキシアパタイト粉末の色をスキャンし、色濃度を計測して着色の除去効果と沈着防止効果を評価した。次に、象牙のプレートを耐水研磨紙によって研磨し、試片を滑沢にした。重合度9.7のpolyP (polyP9.7) をサリベートに溶解して1%に調整した溶液またはサリベートに10分間浸漬後、水洗乾燥させた。その後試片を40%リン酸で20分間処理後、水洗乾燥させた。乾燥後脱灰部分の断面深さを、光学顕微鏡により観察した。

結果：polyP9.7は、着色の除去および沈着防止の両方に高い効果を示した。歯磨剤に一般的に使用される3つのリン酸塩残基が重合したトリポリリン酸塩と重合度60のpolyPでは、polyP9.7前後の分子量のpolyPと比較して着色の除去および沈着防止効果の両方が低いことがわかった。また、polyP9.7で処理された象牙の表面は、リン酸エッチングによる脱灰が抑制された。

結論：本研究の結果、polyP9.7は歯面への着色の除去および沈着防止の両方に高い効果を示し、歯の表面に結合することで脱灰を抑制することが示唆された。

キーワード：脱灰, ポリマーサイズ, ポリリン酸, 着色防止

---

責任著者連絡先：田中智久

〒145-8515 東京都大田区北千束2-1-1 昭和大学歯学部歯科保存学講座美容歯科学部門

TEL：03-3787-1151, FAX：03-3787-4146, E-mail：t-shika@royal.ocn.ne.jp

受付：2020年12月22日/受理：2021年1月21日



## 間接法修復物のシェードがタッチキュアシステムを有する デュアルキュア型レジンセメントの象牙質接着強さに及ぼす影響

佐藤 健人 MAMANEE Teerapong 千葉 彩香  
小林 駿 塩谷 頼誓 秋谷 聡  
元山 裕太郎 池田 正臣\* 高橋 真広  
保坂 啓一 中島 正俊 田上 順次

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  
\*東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科 医歯理工学専攻 口腔機能再建工学

### 抄録

目的：近年、審美間接修復物を装着する際、光照射強度が不十分となる懸念からデュアルキュア型のレジンセメントとセルフエッチアドヒーズの使用が普及しているが、その重合特性は光重合に大きく依存しているため、光照射強度の減弱が深刻な問題になりうる。そこで、最近ではレジンセメントと付属の前処理材によるタッチキュアシステムを採用することで、より高い重合性能が期待されている。本研究では、光透過性に影響を与える間接修復物のシェードの違いがタッチキュアシステムを有する各種レジンセメントの象牙質に対する微小引張り強さに及ぼす影響について検討した。

材料と方法：24本のヒト抜去大白歯の平坦象牙質に対して、タッチキュアシステムを有するデュアルキュア型レジンセメントである PANA VIA V5 (PV, Kuraray Noritake Dental) と RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement (RU, 3M ESPE), セルフキュア型レジンセメントである ESTEC EM (EC, Tokuyama Dental) および光重合型レジンセメントである RelyX Veneer Cement (RV, 3M ESPE) とそれぞれ付属の前処理材を用いて、レジンディスク (Pearl Este, Shade DA2 and ODA2, Tokuyama Dental) を接着させ、ハロゲン照射器にて光照射を行った。37°C水中に24時間保管後ビーム状試料片 (断面積  $0.7 \times 0.7 \text{ mm}^2$ ) を切り出し、微小引張り接着試験を行い、得られた結果はボンフェローニ補正による  $t$  検定を用いて有意水準5%にて統計分析を行った。その後、破断面形態の観察・分類を行い、カイニ乗検定を用いて有意水準5%にて統計分析を行った。

結果：光重合型レジンセメントである RV 群のみ、両シェード間において接着強さに有意な差を認められたが、それ以外の群では有意な差は認められなかった。また、両シェードにおいて接着強さはタッチキュアシステムを有するデュアルキュア型レジンセメントである PV 群がほかの群と比較して有意に高く、RV 群がほかの群よりも有意に低かった。破断面形態の分析についてはすべてのレジンセメントでシェード間に有意差は認められなかった。

結論：間接修復物のシェードの違いはタッチキュアシステムを有するデュアルキュア型レジンセメントの象牙質接着強さに影響がなく、本実験における減弱した光照射下では前処置材のセルフキュア促進効果により十分な重合性能を有する可能性が示唆された。

キーワード：レジンセメント, シェード, タッチキュアシステム, 微小引張り接着強さ

責任著者連絡先：佐藤健人

〒113-8549 東京都文京区湯島1-5-45 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

TEL : 03-5803-5483, FAX : 03-5803-0195, E-mail : s.kentol112@gmail.com

受付：2020年10月22日/受理：2021年2月15日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.116

## 緒言

近年の審美歯冠修復の需要の増加に伴い、コンポジットレジンを用いた直接法修復やセラミックスやハイブリッドレジンによる間接法修復などメタルフリーによる審美接着性修復が広く普及している。特にコンポジットレジン材料の審美性と機械的特性の向上、歯質接着システムの接着性能の向上に伴い、直接法コンポジットレジン修復の適応範囲が広がりつつある。しかしながら、大規模な歯冠修復や欠損補綴などにおいては、いまだ間接法修復の適応症は多く、審美間接修復物を装着する際の接着・合着材としては、変色しにくく高い耐摩耗性と接着性能をもつレジンセメントが使用されている<sup>1-3)</sup>。レジンセメントはセルフキュア(化学重合)型・光重合型・デュアルキュア型に分類されるが、現在ではほとんどのセメントが、光重合とセルフキュアの両方の性質を有することで、光照射が不十分な条件下でも重合・硬化が期待されるデュアルキュア型レジンセメントになっている。付属の前処理材も、デュアルキュア型の歯面処理材またはセルフエッチアドヒーシブが用いられている。しかしながら、従来のデュアルキュア型レジンセメントシステムでは、その重合特性は光重合反応に大きく依存しており、セルフキュア単独では十分な重合・硬化が期待できないことが過去に報告されている<sup>4-6)</sup>。それゆえ、間接修復物下における光照射強度の減弱は、デュアルキュア型レジンセメントシステムに深刻な問題を引き起こす<sup>7-9)</sup>。すなわち、光照射強度の減少はデュアルキュア型の前処理材ならびにレジンセメントの重合率の低下を引き起こし、機械的強度ならびにその接着強さを低下させる<sup>10-12)</sup>。

また、これらに付属されているデュアルキュア型の歯面処理材やセルフエッチアドヒーシブにおいては、セルフキュア機能を付与するためには2液性にして塗布直前にそれらを混和する必要があり、操作が煩雑になってしまうという欠点もあった。そこで昨今では、付属の前処理材ならびにレジンセメントへ新たな重合触媒を添加することにより、それぞれが接触することでセルフキュア反応が促進し硬化する「タッチキュアシステム」を採用し、前処理材を1液性としてすることで接着操作を簡便にしたデュアルキュア型レジンセメントが開発されている<sup>13)</sup>。しかしながら、タッチキュアシステムを利用したデュアルキュア型レジンセメントの接着性能に対して、光照射の有無の影響を検討した報告はあるが、間接修復物下の光照射強度の減少による影響を検討した報告は多くない<sup>14)</sup>。

一方で、元来から光照射が必要でない、セルフキュア

反応を強化したセルフキュア型セルフエッチングアドヒーシブも開発され、前処理材としてデュアルキュア型レジンセメントに応用されている。これまでのセルフキュア型アドヒーシブはBPO-アミン重合系にスルフィン酸塩などを添加することで、酸性モノマーの存在下でもセルフキュアが可能となっている。しかしながら、光重合に比べて重合率が低いことによりその機械的強度が低いことや、重合速度が遅いためレジンセメントの重合時に派生する収縮応力にボンディング層が抗しきれずに接着界面の脆弱化が起きるといわれてきた<sup>15)</sup>。さらに、ボンディング層中に残留している酸性モノマーの存在は、デュアルキュア型レジンセメントの硬化においてセルフキュア反応が主体になった場合、ボンディング-セメント接合界面における重合阻害の原因となる<sup>16,17)</sup>。しかしながら、前述したセルフキュア反応を強化したセルフキュア型セルフエッチングアドヒーシブは、ボレート系触媒を利用しており、光重合と同等の重合性能を有し、デュアルキュア型レジンセメントの高い接着性能の獲得に寄与することができる<sup>18)</sup>。

修復物下の光照射強度は、間接修復物の厚みやシェード、窩洞の深さなどさまざまな要因によって影響を受けることが過去に報告されている<sup>19-25)</sup>。なかでも、審美回復するうえで術者による調整が難しい修復物のシェードは、その違いによって6倍以上の光照射強度に差が生じる<sup>26)</sup>。しかしながら、間接修復物のシェードの違いがタッチキュアシステムを有する各種レジンセメントの象牙質への接着強さに及ぼす影響についての報告は少ない。そこで本研究の目的は、光透過性の異なる間接修復物のシェードがタッチキュアシステムを有する各種レジンセメントの象牙質に対する微小引張り強さに及ぼす影響について評価し、セルフキュア型セルフエッチアドヒーシブを応用したレジンセメントと比較・検討することとした。

## 材料および方法

### 1. 試料作製

本研究では、歯周炎によって抜去された24本のヒト抜去健全大白歯を東京医科歯科大学倫理審査規則に準拠して使用した(倫理委員会承認番号:D2013-022)。平坦象牙質平面を得るために、歯冠部のエナメル質を注水下にて歯軸方向に対して垂直に、モデルトリマーにて切削した。切り出した象牙質平面のスミヤー層を標準化するために、600番のシリコンカーバイドペーパー(DCCS, Sankyo Fuji Star)にて研削し、10秒間水洗、5秒間エアーにて乾燥を行った。間接修復物として、臨床において使用頻度の高いデンティン色のA2のなかでもオペー

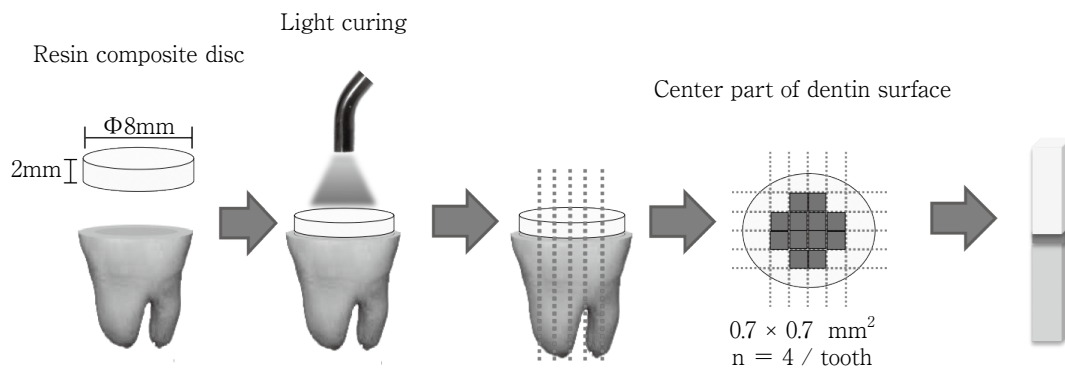


Fig. 1 Specimen preparation and sectioning of specimens for the micro-tensile bond test

ク色とオパークではないものと2種類のシェードから、シリコンモールドを使用して直径8 mm、厚さは臼歯部インレーの咬合面における厚みを想定して2 mmとしたコンポジットレジンディスクを作製した (Pearl Este, Shade DA2 and ODA2, Tokuyama Dental). 作製方法としては、シリコンモールドにコンポジットレジンを填入し、モールドの底部と上部はガラス板にて蓋をし、それぞれの面からハロゲンライト (Optilux 501, Demetron Kerr, USA) を用いて60秒ずつ計120秒光照射を行った。その後、ラボ用光照射器 (Alpha Light II, J. Morita) にて5分間光重合を行い、さらに熱重合器 (PEARL CURE HEAT, Tokuyama Dental) にて100°Cで15分間重合を行った。重合したコンポジットレジンディスクの表面を600番シリコンカーバイドペーパーにて研削し、37%リン酸 (K-etchant, Kuraray Noritake Dental) を10秒間塗布後、蒸留水で洗浄、エアにて乾燥して間接修復物の完成とした。

## 2. 間接修復物の接着手順

間接修復物の接着から引張り試験の試料作製までの概略図を、Fig. 1に示す。抜去歯は使用する4種類のレジンセメントに応じて、4グループにランダムに分けた。本研究では、タッチキュアシステムを有するデュアルキュア型レジンセメントである PANAVIA V5 (PV, Kuraray Noritake Dental) と RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement (RU, 3M ESPE, USA)、セルフキュア型レジンセメントである ESTEC EM (EC, Tokuyama Dental) および光重合型レジンセメントである RelyX Veneer Cement (RV, 3M ESPE) を使用した。象牙質とレジンディスクに対して、PVグループでは Tooth Primer (TP, Kuraray Noritake Dental) と Clearfil CERAMIC PRIMER PLUS (CP, Kuraray Noritake Dental) を用いて業者指示どおりにそれぞれ前処理を行った。同様に、ECグループでは ESTELINK (EL, Tokuyama Dental) と UNIVERSAL PRIMER (UP, Tokuyama Dental) にて象牙質とレジンディスクにそれ

ぞれの前処理を行い、RU, RVグループでは象牙質とレジンディスクどちらも Scotchbond Universal Adhesive (SB, 3M ESPE) にて前処理を行った。4種類のレジンセメントとそれぞれで使用した前処理材の成分と使用方法について、Table 1に示す。象牙質とレジンディスクの前処理を行った後、それぞれのレジンセメントを用いてレジンディスクを象牙質に接着させ、照射口をレジンディスクに接するように位置付けて、咬合面と側面4方向 (近心、遠心、頬側、舌側) から各面当たり20秒、ハロゲン照射器にて光照射を行った。接着する際、象牙質側には中央部に直径4 mmの円状に穴をあけた両面テープを貼り、レジンセメントの厚みが約50  $\mu\text{m}$  になるようにスペーサーとして使用した。光照射後、作製した試料を37°Cの水中に24時間保管した。

## 3. 微小引張り接着試験

24時間水中保管後、作製した試料を断面積0.7×0.7 mm<sup>2</sup>になるようにダイヤモンドブレードを用いて注水下にてビーム状に切り出し、象牙質平面の中心部から1歯当たり4本の試料を作製した (n=12)。作製したビーム状試料をシアノアクリレート接着材 (Model Repair II Blue, Dentsply-Sankin) を用いて、引張り試験機 (EZ Test, Shimadzu) に設置し、クロスヘッドスピード毎分1 mmにて引張り接着試験を行った。得られた微小引張り接着強さのデータは、ボンフェローニ補正によるt検定を用いて有意水準5%にて統計分析を行った。引張り接着試験後の試料片については、破断面の面積をデジタルノギス (Mitutoyo CD15, Mitutoyo) を用いて測定・算出した後、走査電子顕微鏡 (SEM, JSM-5310, JEOL) にて加速電圧15 kV、倍率50倍で破断面の観察を行い、破断面形態により以下の4つのグループに分類した。(1) 界面破壊 (ボンディング層と象牙質の界面破壊、樹脂含浸層における破壊、レジンセメントとコンポジットレジンディスクの界面破壊)、(2) レジン凝集破壊 (ボンディング層、レジンセメント、コンポジットレジンディスクにおける凝集破壊)、(3) 象牙質凝集破壊、(4) 混合破壊

**Table 1** Chemical composition and application mode of the materials tested in this study

Material	Composition	Procedure
PANAVIA V5 (PV, Kuraray Noritake Dental)	A paste : Bis-GMA, TEGDMA, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophilic aliphatic dimethacrylate, silanated barium glass filler, fluoroaluminosilicate glass filler, colloidal silica, accelerator, initiator B paste : Bis-GMA, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophilic aliphatic dimethacrylate, silanated barium glass filler, silanated aluminium oxide filler, accelerator, dl-camphorquinone, pigments	Place paste from auto-mix syringe on the composite surface, gently press and remove excess cement, and light cure for 20 s/surf.
Tooth Primer (TP, Kuraray Noritake Dental)	10-MDP, original multifunctional monomer, polymerization accelerator, HEMA, water, stabilizer	Apply and leave primer for 20 s, gently air-dry
Clearfil CERAMIC PRIMER PLUS (CP, Kuraray Noritake Dental)	Ethanol, $\gamma$ -MPTS, MDP	Apply to resin disc, and then gently air-dry
ESTECM (EC, Tokuyama Dental)	Paste A : Silica zirconia filler, Bis-GMA, TEGDMA, Bis-MPEPP Paste B : Silica zirconia filler, Bis-GMA, TEGDMA, Bis-MPEPP, peroxide, camphorquinone	Place paste from auto-mix syringe on the composite surface, gently press and remove excess cement, and light cure for 20 s/surf.
ESTELINK (EL, Tokuyama Dental)	Bond A : 3D SR-monomer, HEMA, phosphoric acid-monomer, acetone, Bis-GMA, TEGDMA, others Bond B : Isopropyl alcohol, water, acetone, borate catalyst, peroxide, others	Mix Bond A and B, and then apply and leave primer for 10 s, gently air-dry
UNIVERSAL PRIMER (UP, Tokuyama Dental)	PRIMER A : MTU-6, Bis-GMA, TEGDMA, ethanol, $\gamma$ -MPTS PRIMER B : UDMA, MAC-10, acetone, dibutyl hydroxy toluene, methacryloxyalkyl acid phosphate	Mix PRIMER A and B, and then apply and leave primer for 10 s, gently air-dry
RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement (RU, 3M ESPE)	Base Paste : Methacrylate monomers, radiopaque silanated fillers, initiator components, stabilizers, rheological additives Catalyst Paste : Methacrylate monomers, radiopaque alkaline fillers, initiator components, stabilizers, pigments, rheological additives, fluorescence dye	Place paste from auto-mix syringe on the composite surface, gently press and remove excess cement, and light cure for 20 s/surf.
RelyX Veneer Cement (RV, 3M ESPE)	Bis-GMA and TEGDMA monomers, particles of zirconia/silica and colloidal silica, average particle size of 0.6 $\mu$ m	Place on the composite surface, gently press and remove excess cement, and light cure for 20 s/surf.
Scotchbond Universal Adhesive (SB, 3M ESPE)	10-MDP, Bis-GMA, dimethacrylate resins, HEMA, Vitrebond copolymer, silane, ethanol, water, filler, initiators	Composite pre-treatment : Apply Scotchbond Universal Adhesive, leave for 20 s, mild air blow Tooth pre-treatment : Apply (agitate) 20 s, mild air blow
Pearl Este (Tokuyama Dental)	Bis-MPEPP, TEGDMA, UDMA, silica-zirconia filler, silica-titanium filler	Light-cure the entire surface for 60 s and 5 min, followed by heat curing at 100°C for 15 min.

(レジンか象牙質の凝集破壊を伴うボンディング層破壊). 得られた破断面形態による分類について, カイ二乗検定にて有意水準5%にて統計分析を行った.

## 結 果

4種類のレジメンメントの微小引張り接着試験の結果を, Table 2に示す. 統計分析の結果, RV群においてのみDA2シェードとODA2シェードの群の微小引張り接着強さに有意な差があった ( $p < 0.05$ ). 一方, PV群・EC群・RU群ではDA2シェードとODA2シェード間において, 微小引張り接着強さに有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ ). また, DA2シェード・ODA2シェードどちらにおいてもPV群がほかの群と比較して有意に高い引張り強さを示し, RV群がほかの群よりも有意に低い微小引張り接着強さを示した ( $p < 0.05$ ). EC群とRU群の引張り接着強さにおいては, 有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ ).

破断面形態の結果についてはFig. 2とTable 3に示し, すべての群でみられた界面破壊と混合破壊の走査顕微鏡像の例をそれぞれFig. 3に示す. RVではどちらのシェードでも半分以上で界面破壊が認められた. DA2シェードと比べてODA2シェードの破断面形態では, PVにおいては界面破壊が約2倍に増加し, RUにおいてもわずかだが同様の傾向がみられ, ECではレジンの凝集破壊が増加したが, すべてのレジメンメントで有意差は認められなかった ( $p > 0.05$ ).

## 考 察

微小引張り試験の結果, RVはほかの3種のレジメンメントと比べて有意に低く, また, シェード間における微小引張り接着強さについて有意な差が認められたのはRVのみだった. RV付属のSBは1ボトルタイプのセルフエッチアドヒーシブであり, 歯質に対する接着性能において優位性をもつ10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP) という機能性モノマーを含んでおり, レジメンメントの象牙質に対する接着の向上に大きく寄与していることが報告されている<sup>27)</sup>. しかし, RVは光重合型のレジメンメントであり付属のSBも光重合型であるため, 照射強度の低下による影響を最も受けやすいと考えられる. 比較的透過性が高いコンポジットレジンでも, 厚さ2mmで透過強度は1/4まで減弱し, さらにオパール色のコンポジットレジンでは1/12まで減弱することが報告されており<sup>26)</sup>, コンポジットレジン下において, SBへの照射強度が減弱した結果, アドヒーシブ層の重合率・機械的強度の低下を招いたものと

**Table 2** The  $\mu$ TBS (MPa) of resin cements tested in this study (n=12)

Shade	Resin cement			
	PV	EC	RU	RV
DA2	78.6±6.1 <sup>Aa</sup>	34.6±8.0 <sup>Bb</sup>	42.3±6.5 <sup>Bc</sup>	25.0±7.3 <sup>Cd</sup>
ODA2	78.8±7.3 <sup>Aa</sup>	33.6±6.2 <sup>Bb</sup>	40.1±11.9 <sup>Bc</sup>	17.7±5.6 <sup>Cd</sup>

PV: PANAVIA V5, EC: ESTECCEM, RU: RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement, RV: RelyX Veneer Cement

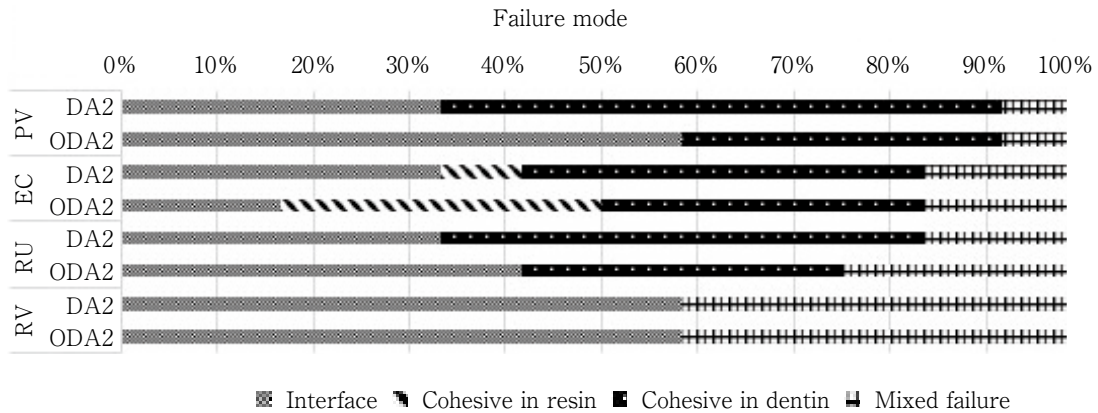
Different superscript upper case letters within each row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Different superscript lower case letters within each column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

考えられる. また, 前述したとおりDA2シェードと比べてODA2シェードのコンポジットレジン下におけるボンディング材への照射強度は低くなると考えられるため, 照射強度の低下による影響を受けやすいRVにおいてはODA2シェードにおける接着強さのほうがDA2シェードと比べて有意に低い接着強さを示したと考えられる. さらに, 破断面形態の分析については, シェード間に有意な差は認められなかったものの, どちらのシェードも同様に半分以上で界面破壊が認められた. また, 前処理材として使用したセルフエッチアドヒーシブはRVと同じSBであるRUより有意に低い微小引張り接着強さだったことから, 透過性の高いDA2シェードにおいてもSBに対する照射強度は十分ではないことを示唆している.

タッチキュアシステムが採用されているRUは, 両シェードにおいて微小引張り接着強さがRVより有意に高い値を示した. タッチキュアシステムでは, SBはデュアルキュア型レジメンメントであるRUと接触することで, SBへの照射強度が不足していてもセルフキュア反応により硬化することができるとされている. また, RUにおいてはシェード間における微小引張り接着強さに有意な差は認められなかったことから, タッチキュアシステムによるSBのセルフキュア反応が, DA2シェードと比べて照射強度の減弱が大きいODA2シェードのコンポジットレジン下においても, セルフアドヒーシブ層の重合率のさらなる低下を防いだ可能性が考えられる. さらに, 破断面形態の分析からもシェード間に有意な差は認められなかったが, DA2シェードと比較してODA2シェードでは界面破壊が増加する傾向がみられたことから, 照射強度の減弱による接着界面におけるボンディング材の脆弱化がわずかながら起こっている可能性も考えられる.

また, PVもタッチキュアシステムを採用したデュア



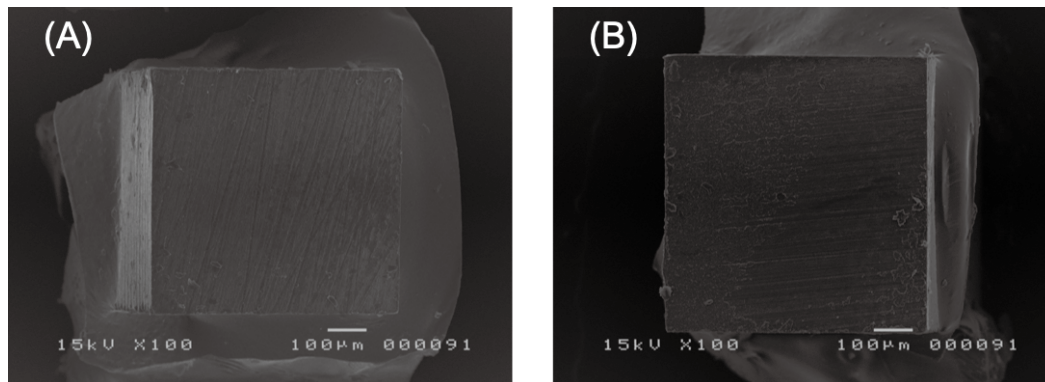
**Fig. 2** The fracture mode of resin cements tested in this study

Interface : Interfacial failure between adhesive and dentin, resin cement and resin composite, or failure in hybrid layer. Cohesive in resin : Cohesive failure in adhesive layer, resin cement layer, or resin composite disk. Cohesive in dentin : Cohesive failure in dentin. Mixed failure : Adhesive failure with cohesive failure in either resin and dentin. PV : PANA VIA V5, EC : ESTEC EM, RU : RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement, RV : RelyX Veneer Cement

**Table 3** The fracture mode of resin cements tested in this study

Resin cement	shade	Failure mode (%)			
		Interface	Cohesive in resin	Cohesive in dentin	Mixed failure
PV	DA2	33.3	0	58.3	8.4
	ODA2	58.3	0	33.3	8.4
EC	DA2	33.3	8.4	41.7	16.7
	ODA2	16.7	33.3	33.3	16.7
RU	DA2	33.3	0	50.0	16.7
	ODA2	41.7	0	33.3	25.0
RV	DA2	58.3	0	0	41.7
	ODA2	58.3	0	0	41.7

\* : indicate no significant difference (p>0.05)



Interfacial failure (ODA2)

Mixed failure (DA2)

**Fig. 3** Representative SEM images of PANA VIA V5



ルキュア型レジンセメントであり、付属となっている TP も SB 同様に 10-MDP を含有した 1 ボトルタイプのセルフエッチプライマーである。PV は、RU と同様に DA2 と ODA2 のシェード間に有意な微小引張り接着強さの差は認められなかった。これは RU と同様に、タッチキュアシステムの採用によるセルフキュア反応の促進により照射強度の減弱の影響を受けにくいことによるものと考えられる。しかしながら、RU と同様に DA2 シェードと比較して ODA2 シェードでは界面破壊が増加する傾向がみられたことから、照射強度の減弱によるセルフエッチアドヒーズ層の脆弱化がわずかながら起こっている可能性も考えられる。また PV は、RU よりも両シェードにおいて有意に高い微小引張り接着強さを示した。一般に、RU を含むデュアルキュア型レジンセメントの多くは、酸性環境下における BPO-アミン重合系のセルフキュア反応阻害を、スルフィン酸塩を添加することで防止している。一方で、PV は新規開発されたアミンフリーの重合開始材を含んでおり、酸性環境下におけるセルフキュア反応への影響の違いにより PV が RU と比べて有意に高い接着強さを示した一因である可能性がある。また、重合挙動に影響を及ぼすと考えられる有機溶媒や親水性モノマー HEMA の含有割合なども影響するものと考えられる。

EC も PV や RU 同様にデュアルキュア型レジンセメントであるが、付属の EL は象牙質への浸透促進が認められるリン酸系 3D-SR モノマーを含む 2 ボトルタイプのセルフキュア型セルフアドヒーズであり、新規ポレート系触媒を利用することによりセルフキュアの重合速度、重合率が大幅に改善されている<sup>28)</sup>。セルフキュア型セルフアドヒーズなので照射強度の減弱による影響は受けず、シェード間における EC の接着強さに有意な差は認められなかった。一方で破断面形態の分析結果によると、EC については DA2 シェードと比較して ODA2 シェードではレジンにおける凝集破壊が増加する傾向がみられたことから、照射強度の減弱によりレジンセメントの重合・硬化は影響を受けている可能性がある。

本研究では、厚さ 2 mm の光透過性の異なる 2 種類のシェード（デンティン色とオペーク色）の間接修復物（Pearl Este）下におけるレジンセメントの象牙質接着性能を評価・検討を行った。この条件下における照射強度の減弱は、タッチキュアシステムによる前処理材のセルフキュア促進効果により、デュアルキュア型レジンセメントの象牙質に対する微小引張り接着強さに影響を及ぼさなかった。一方で、まったく照射を行わない場合には象牙質接着強さが低下するという報告がされていることから<sup>14)</sup>、修復物の厚さの増加やオペーカーの使用などによりさらに照射強度が減弱した場合について検討

が必要である。また、本研究における照射強度の減弱においても、わずかではあるが界面破壊が増加したことから、この照射強度の減弱においても接着耐久性に影響を及ぼす可能性があり、接着耐久性に関してさらなる研究が必要だと考えられる。

## 結 論

本研究では、光重合型レジンセメントの象牙質接着強さは間接修復物のシェードの違いによって有意な差が認められたが、タッチキュアシステムを有するデュアルキュア型レジンセメントシステムの象牙質接着強さにおいては間接法修復物のシェードの違いによる有意な差は認められなかった。また、セルフキュア型セルフアドヒーズを応用したレジンセメントにおいても同様に、象牙質接着強さにおいては間接修復物のシェードの違いによる有意な差は認められなかった。

本研究は MEXTS 科研費 17K17125, 18K09571, 19K10106 の助成を受けたものである。

本研究に関して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 551-558.
- 2) Piwowarczyk A, Lauer H-C, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 265-273.
- 3) Zidan O, Ferguson GC. The retention of complete crowns prepared with three different tapers and luted with four different cements. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 565-571.
- 4) el-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Oper Dent* 1999; 24: 38-44.
- 5) Witzel MF, Braga RR, Singer Jde M, Azevedo CL. Bond strength between polymer resin-based cement and porcelain-dentin surfaces: influence of polymerization mode and early cyclic loading. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 145-149.
- 6) Rueggeberg FA, Caughman WF. The influence of light exposure on polymerization of dual-cure resin cements. *Oper Dent* 1993; 18: 48-55.
- 7) Tashiro H, Inai N, Nikaido T, Tagami J. Effects of light

- intensity through resin inlays on the bond strength of dual-cured resin cement. *J Adhes Dent* 2004; 6: 233-238.
- 8) Takahashi R, Nikaido T, Ariyoshi M, Foxton RM, Tagami J. Microtensile bond strengths of a dual-cure resin cement to dentin resin-coated with an all-in-one adhesive system using two curing modes. *Dent Mater J* 2010; 29: 268-276.
  - 9) Shimura R, Nikaido T, Yamauti M, Ikeda M, Tagami J. Influence of curing method and storage condition on microhardness of dual-cure resin cements. *Dent Mater J* 2005; 24: 70-75.
  - 10) Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985; 1: 11-14.
  - 11) Ferracane JL, Berge HX. Fracture toughness of experimental dental composites aged in ethanol. *J Dent Res* 1995; 74: 1418-1423.
  - 12) Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 1997; 76: 1508-1516.
  - 13) Kawano S, Fu J, Saikaew P, Chowdhury AA, Fukuzawa N, Kadowaki Y, Kakuda S, Hoshika S, Nakaoki Y, Ikeda T, Tanaka T, Sano H. Microtensile bond strength of a newly developed resin cement to dentin. *Dent Mater J* 2015; 34: 61-69.
  - 14) Araoka D, Hosaka K, Nakajima M, Foxton R, Thanatvarakorn O, Prasansuttiporn T, Chiba A, Sato K, Takahashi M, Otsuki M, Tagami J. The strategies used for curing universal adhesives affect the micro-bond strength of resin cement used to lute indirect resin composites to human dentin. *Dent Mater J* 2018; 37: 506-514.
  - 15) Thitthaweerat S, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Effect of waiting interval on chemical activation mode of dual-cure one-step self-etching adhesives on bonding to root canal dentin. *J Dent* 2012; 40: 1109-1118.
  - 16) Braga RR, Ballester RY, Carrilho MR. Pilot study on the early shear strength of porcelain-dentin bonding using dual-cure cements. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 285-289.
  - 17) Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent* 2012; 3: 3-16.
  - 18) Aung S, Takagaki T, Ko AK, Halabi S, Sato T, Ikeda M, Inokoshi M, Sadr A, Nikaido T, Tagami J. Adhesion durability of dual-cure resin cements and acid-base resistant zone formation on human dentin. *Dent Mater* 2019; 35: 945-952.
  - 19) Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater* 2006; 22: 988-994.
  - 20) Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 1993; 6: 91-95.
  - 21) Prati C, Chersoni S, Montebugnoli L, Montanari G. Effect of air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. *Am J Dent* 1999; 12: 231-234.
  - 22) Yamauti M, Nikaido T, Ikeda M, Otsuki M, Tagami J. Microhardness and Young's modulus of a bonding resin cured with different curing units. *Dent Mater J* 2004; 23: 457-466.
  - 23) Davidson-Kaban SS, Davidson CL, Feilzer AJ, de Gee AJ, Erdilek N. The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dent Mater* 1997; 13: 344-352.
  - 24) Yearn JA. Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J* 1985; 35: 218-225.
  - 25) Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc* 2002; 133: 429-434.
  - 26) Seki N, Nakajima M, Kishikawa R, Hosaka K, Foxton RM, Tagami J. The influence of light intensities irradiated directly and indirectly through resin composite to self-etch adhesives on dentin bonding. *Dent Mater J* 2011; 30: 315-322.
  - 27) Giannini M, Makishi P, Ayres AP, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, Tagami J. Self-etch adhesive systems: a literature review. *Braz Dent J* 2015; 26: 3-10.
  - 28) Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hanabusa M, Matsumoto T, Momoi Y. X-ray diffraction analysis of three-dimensional self-reinforcing monomer and its chemical interaction with tooth and hydroxyapatite. *Dent Mater J* 2012; 31: 697-702.

# The Effect of the Shade of Indirect Restorations on the Microtensile Bond Strength of Dual-curing Resin Cements Using a Touch-cure System to Dentin

SATO Kento, MAMANEE Teerapong, CHIBA Ayaka,  
KOBAYASHI Shun, SHIOYA Yorichika, AKIYA Satoshi,  
MOTOYAMA Yutaro, IKEDA Masaomi\*, TAKAHASHI Masahiro,  
HOSAKA Keiichi, NAKAJIMA Masatoshi and TAGAMI Junji

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)

\*Department of Oral Prosthetic Engineering, Division of Medical and Dental Science and Technology,  
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

## Abstract

**Purpose:** Recently, dual-curing resin cements and self-etch adhesives have been increasingly used for indirect esthetic restorations to ensure optimal polymerization of resin cements and adhesives. However, attenuated light irradiation intensity may lead to severe clinical problems, because the polymerization of dual-curing resin cements and self-etch adhesives is greatly affected by the light-curing method. Some resin cement systems include catalysts both in resin cements and adhesives and the chemical copolymerization is facilitated when the adhesive comes in contact with the corresponding resin cement (touch-curing system), in order to improve the copolymerization of resin cements and adhesives. The purpose of this study was to evaluate the effects of the shade of indirect restorations on microtensile bond strengths ( $\mu$ TBSs) of resin cements using a touch-curing system to dentin.

**Methods:** Twenty-four extracted human molars were randomly assigned to four experimental groups according to the four resin cements used in this study, which were PANA VIA V5 (PV) and Rely X Ultimate Adhesive Resin Cement (RU) as dual-curing resin cements using a touch-curing system, ESTEC EM (EC) as a self-curing resin cement, and Rely X Veneer Cement (RV) as a light-curing resin cement. Indirect restorations were fabricated from resin composites (Pearl Este, shade DA2 and ODA2). After applying the corresponding adhesive of each resin cement to flat dentin surfaces and corresponding primer to resin discs, the resin discs were bonded to the dentin using each resin cement, and cured using a halogen light-curing unit. After storage in distilled deionized water at 37°C for 24 h, the specimens were sectioned into approximately 0.7×0.7 mm<sup>2</sup> pieces. Following that, each specimen was subjected to the  $\mu$ TBS test and the results were statistically analyzed using a *t*-test with Bonferroni correction ( $\alpha=0.05$ ). After testing, the fracture modes were determined and statistically analyzed using the Chi-square test ( $\alpha=0.05$ ).

**Results:** In only the RV, which is a light-curing resin cement, there was a significant difference between the  $\mu$ TBSs of the DA2 and ODA2 groups. In both shade groups, the  $\mu$ TBS of PV, which uses a touch-curing system, was significantly higher than that of the other resin cements, and the  $\mu$ TBS of RV was significantly lower than that of EC and RU. The Chi-square test revealed no significant differences between the fracture modes of the DA2 and ODA2 groups in all resin cements.

**Conclusion:** Within the limitations of this study, the shade of indirect restorations does not affect the dentin bond strength of dual-curing resin cements using the touch-curing system. This suggests that the touch-curing system may achieve adequate polymerization of dual-curing resin cements by attenuated light irradiation.

**Key words:** resin cement, shade, touch-curing system, microtensile bond strength

---

Corresponding author: Dr. SATO, 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), 5-45, Yushima 1-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8549, Japan

TEL: +81-3-5803-5483, Fax: +81-3-5803-0195, E-mail: s.kento1112@gmail.com

Received for Publication: October 22, 2020/Accepted for Publication: February 15, 2021

## 愛知学院大学歯学部歯内治療学基礎実習における 「根管処置技能試験」導入の試み

稲本京子 鈴木一吉 今泉一郎

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

### 抄録

目的：愛知学院大学歯学部では、歯髄・根尖性歯周疾患の治療を行うために必要な基本的知識、技能、態度を修得するために、4年生秋学期に歯内治療学基礎実習を行っている。現在、実習評価は主にプロダクト評価で行っているが、そこにいたるまでのプロセス評価や学生の治療技術に対する形式的評価も重要である。そこで今回、手用ファイルの操作法の習熟度を確保することを目的に、基礎実習に「根管処置技能試験」を導入し、技能のプロセス評価を試みた。

材料と方法：歯内治療学の基礎実習を履修する歯学部4年生、2018年度138名および2019年度132名を対象とした。試験時間は5分間とし、上顎前歯をKファイルとHファイルを用いた規格形成法で根管拡大形成を行うことを主課題として、学生1名に対してインストラクター1名が技能評価した。試験終了後ただちに、学生に対しフィードバックを行った。また、全実習終了時、学生に対して「根管処置技能試験」について質問紙調査を行った。

結果：インストラクターによる総評価は、14点満点で2018年度は平均11.3点、2019年度は平均12.2点であった。質問紙調査では、「技能試験は有意義であったか」の問いに、7割以上（2018年度：71.0%、2019年度：81.1%）の学生が「有意義であった」と返答した。「技能試験が手用ファイル操作の確認に役に立ったか」は、「大いに役に立った」が2018年度：44.5%、2019年度：56.1%、「役に立った」が2018年度：38.7%、2019年度：33.3%であった。「インストラクターのフィードバックが適切であった」と答えた学生は、2018年度：84.8%、2019年度：74.2%であった。

結論：今回の「根管処置技能試験」により、全学生に対して、診療参加型臨床実習前客観的臨床能力試験では評価できないファイル操作の確認ができ、個別にフィードバックを行うことができた。学生が基礎実習の段階から「技能のプロセス評価」を受けるとは、学生自身が臨床実習において必要な修得すべき基本的技能を再確認できる良い機会であると考えられた。

キーワード：基礎実習、根管処置、技能試験

責任著者連絡先：稲本京子

〒464-8651 名古屋市千種区末盛通2-11 愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

TEL：052-759-2148, FAX：052-764-2299, E-mail：kyon@dpc.agu.ac.jp

受付：2021年1月8日/受理：2021年3月1日

DOI：10.11471/shikahozon.64.125

## 緒 言

愛知学院大学歯学部における歯内治療学基礎実習は、歯髄・根尖性歯周疾患の治療に必要な基本的知識、技能、態度を修得することを一般目標として、4年生秋学期に全15回(各回180分)で行われている。ヒト抜去歯、人工歯、顎模型およびマネキン(ファントーム)を用いたシミュレーション実習を通じて、根管処置の各ステップ(髄室開拓、根管長測定法と作業長の決定、根管拡大形成、根管洗浄、根管消毒、根管充填、仮封)とその術式を学んでいる。この4年生の基礎実習後には、臨床実習開始前の「共用試験」(CBTおよび診療参加型臨床実習前客観的臨床能力試験(Pre-Clinical Clerkship Objective Structured Clinical Examination (Pre-CC OSCE))), 5年生での診療参加型臨床実習、診療参加型臨床実習後客観的臨床能力試験(Post-Clinical Clerkship Performance Examination (Post-CC PX))が続くため、基礎実習は重要な教育段階である<sup>1)</sup>。Post-CC PXは、臨床実地試験(CPX: Clinical Practical Exam)と一斉技能試験(CSX: Clinical Skills Exam)をパッケージ化して行うもので、2020年度から正式実施となっている。包括的な評価を行うことを目的とし、CPXとCSXによって学生が歯科医師に求められる基本的な臨床能力を有していること、客観的に適切と判断される治療技術を備えていることを確認するものである<sup>1,2)</sup>。

現在、本学の基礎実習の各課題に対する評価は、髄室開拓後の窩洞外形や根管充填後のエックス線画像の評価といった、いわゆる「プロダクト評価」で行っている。しかし、Post-CC PXの正式導入を見据えると、基礎実習においても「プロダクト評価」のみではなく、学生の治療技術の習得度の確認、技能のプロセス評価は必要であると思われる。そこで今回、私たちは学生が修得すべき基本的な治療技術として手用ファイルの操作法に着目し、その習熟度を確認するため、「根管処置技能試験」を新たに設定して基礎実習に導入し、技能のプロセス評価を試みた。その試験の概要と、受講学生対象の事後の質問紙(アンケート)による調査結果について報告する。

## 材料および方法

### 1. 対 象

歯内治療学の基礎実習を履修する歯学部4年生、2018年度138名(男子70名、女子68名)および2019年度132名(男子83名、女子49名)を対象とした。

### 2. 試験方法

全15回の基礎実習中で、すべての学生が手用ファイル

の基本的な操作法を学習できた第8回以降から第13回までの間に、各回約20~30名を対象に実施した。試験対象歯は上顎前歯とし、2018年度はヒト抜去天然歯(中切歯、側切歯または犬歯)、2019年度は模型歯(複製根腔模型歯B12-500 #11, ニッシン)を使用した。これら上顎前歯を顎模型(D1PP-AC45, ニッシン)に植立し、ファントームで使用できるように準備した。学生は試験前の第7回実習時に、ラバーダム防湿下で髄室開拓、根管長を測定し作業長の決定まで行った。作業長の決定には必要に応じて、エックス線画像を利用した。

学生は「根管処置技能試験」について、上顎前歯をラバーダム防湿下でKファイルとHファイルを用いた規格形成法にて現在の番手から根管拡大形成を行うこと、学生1名に対してインストラクター1名がそのプロセスを評価すること、試験時間は5分間であることの説明を受けた。また、実際に準備してある器械器具として、基本セット、ラバーダム防湿用セット、Kファイル(28mm)、Hファイル(28mm)、エンドブロック、次亜塩素酸ナトリウム溶液、洗浄針を装着したシリンジ、超音波振動装置などがあることの説明を受けた。また試験前の第7回実習時に、学生に以下の評価項目を開示した。

### 3. 評価項目

評価項目は、(1)ラバーダム防湿は適切に行えているか、(2)ポジショニングは適切か、(3)根管内は湿潤下で操作できているか、(4)作業長を遵守しているか、(5)ファイルの操作方法は適切か、(6)根管の目詰まりへの配慮はできているか、(7)概略評定の7項目とした。評価は歯内治療学講座専任教員の8名が行い、事前に評価基準のすり合わせを以下のように行った。

(1)ラバーダム防湿に関しては、2点:ラバーダムシートにしわがなく、薬液が漏れない状態であった、1点:ラバーダムクランプの向きが逆である、ウィングからラバーダムシートが外れていない、ラバーダムシートが鼻を覆っている、などの一部不適切があった、0点:ラバーダムフレームの装着方向が逆である、シートへの穿孔位置が不適切で薬液が喉にもれる可能性がある状態である、などの不適切があった、とした。(2)適切なポジショニングに関しては、1点:平面的に正しい位置取り(9~13時の位置)ができた、0点:できなかった、とした。(3)湿潤下での操作に関しては、1点:シリンジで次亜塩素酸ナトリウムを適切に運んでいた、0点:できなかった、とした。(4)作業長の遵守に関しては、1点:ファイル挿入前に毎回エンドブロックを使用していた、0点:エンドブロックを使用しなかった、ラバーストッパーが明らかに動いていた、とした。(5)ファイルの操作法に関しては、2点:番手をとばさず、動かし方が適切であった、1点:一部ファイルの動かし方に適切で

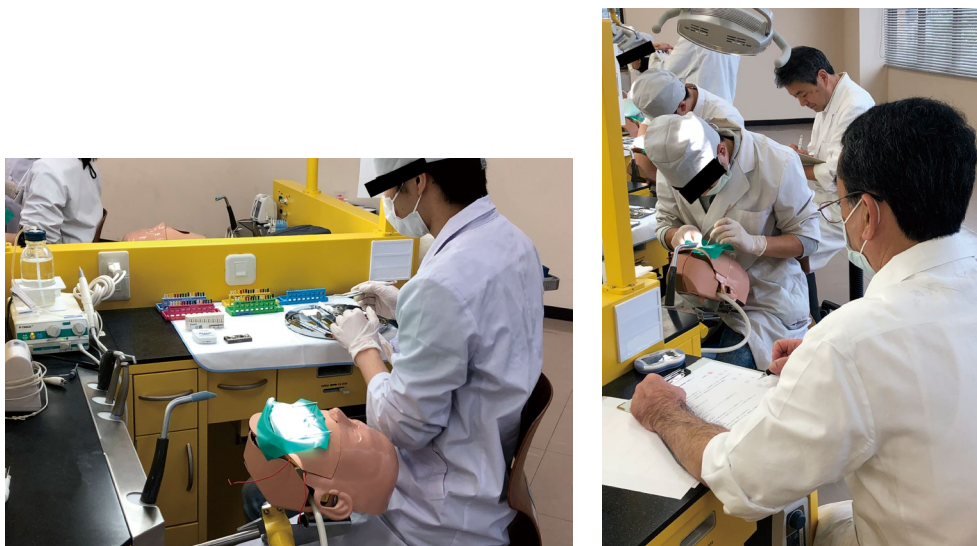


Fig. 1 Students undertaking the test

ない部分もあるが許容範囲であった。0点：Kファイルを360°以上回転させた，Hファイルを回転させた，とした。(6) 根管の目詰まりへの配慮に関しては，1点：番手を上げるごとに適宜超音波洗浄を行った，ファイルに詰まった削片をガーゼで拭き取った，再帰ファイリングを行った，などとし，0点：特に何もしなかった，とした。(7) 概略評定に関しては，6点：非常に良い，5点：良い，4点：どちらかといえば良い，3点：どちらかといえば悪い，2点：悪い，1点：非常に悪い，とした。使った器具を角バットの上に戻すなどの清潔・不潔に配慮した操作，超音波チップを下に向けてハンドピースホルダーに戻す操作，器具は顔の上を通さないなどの安全に配慮した操作，ミラーテクニックで行っていた場合を加算対象とした。(1)～(7)の評価項目の点数をすべて加算し，総評価とした(最高得点14点，最低得点1点)。

試験終了後，ただちに学生に対しフィードバックを行った。また，全15回実習終了時，学生に対して「根管処置技能試験」についてアンケート調査を行った。質問は，1. 試験は有意義であったか，2. 試験は手用ファイル操作の確認に役に立ったか，3. 実習中に本試験を行ったことによって，その後の実習内容の理解や進行にプラスの影響があったか，4. 試験前後で，実習中の手用ファイル操作に変化はあったか，5. 5分間の試験時間は適切であったか，6. インストラクターのフィードバックは適切であったか，とし，自由記載欄も設定した。

なお，本研究のアンケート調査および実習中に撮影された静止画については，個人が特定されることのないようにして今後の実習改善のための資料とし，教員の教育能力向上や学生教育の教材，また学術発表で使用することがあることに関して，学生から書面を用いて同意を得

ている。

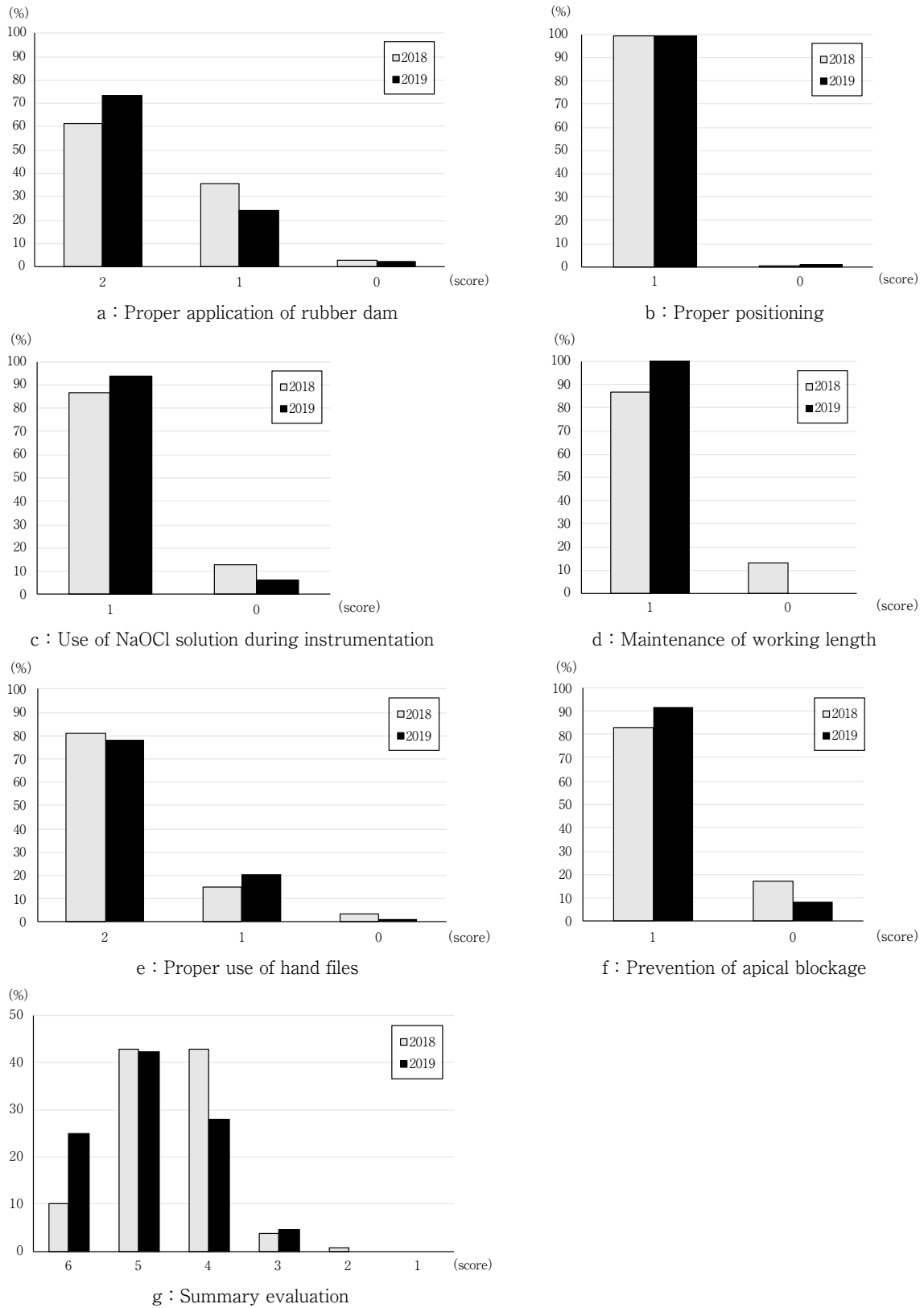
## 結果

### 1. インストラクターの評価

総評価は，2018年度は平均：11.34±2.15点，最高：14点，最低：6点だった。2019年度は平均：12.2±1.45点，最高：14点，最低：8点だった。Fig. 1に試験中の写真を示す。

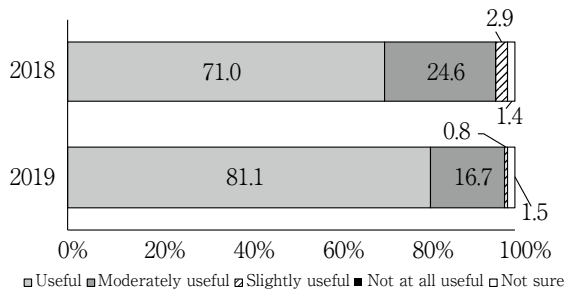
各評価項目では，(1) ラバーダム防湿に関して，2点が2018年度：61.6% (85名)，2019年度：73.5% (97名)，1点が2018年度：35.5% (49名)，2019年度：24.2% (32名)，0点が2018年度：2.9% (4名)，2019年度：2.3% (3名)であり，約3割から4割の学生に一部不適切または不適切なラバーダム防湿が認められた(Fig. 2-a)。(2) ポジショニング，(3) 根管内湿潤下での操作，(4) 作業長の遵守に関しては，両年とも85%以上の学生が1点であった(Fig. 2-b～d)。(5) ファイルの操作方法に関しては，2点が2018年度：81.2% (112名)，2019年度：78.0% (103名)，1点が2018年度：15.2% (21名)，2019年度：20.5% (27名)，0点が2018年度：3.6% (5名)，2019年度：1.5% (2名)であり，2割ほどの学生に不適切なファイル操作が認められた(Fig. 2-e)。(6) 根管の目詰まりへの配慮に関しては，1点が2018年度：82.6% (114名)，2019年度：91.7% (121名)，0点が2018年度：17.4% (24名)，2019年度：8.3% (11名)であった(Fig. 2-f)。(7) 概略評定に関しては，6点が2018年度：10.1% (14名)，2019年度：25.0% (33名)，5点が2018年度：42.8% (59名)，2019年度：42.4% (56名)，4点が2018年度：42.8% (59名)，2019年度：28.0% (37



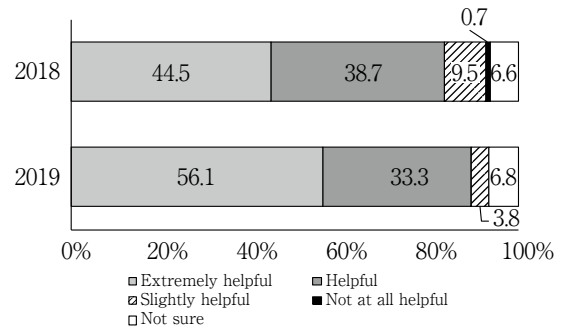


**Fig. 2** Assessments by the instructors

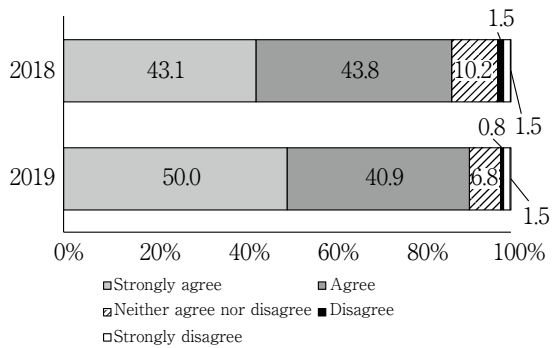
Q1. Was this practical test for root canal treatment useful?



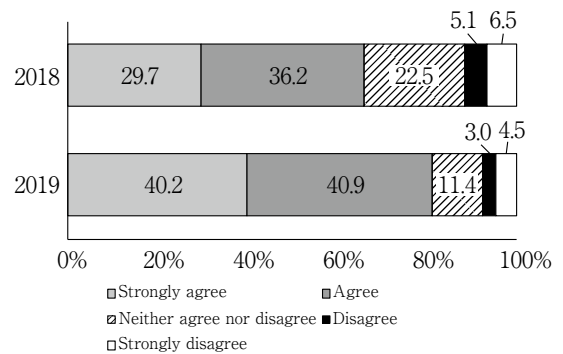
Q2. Was this practical test helpful for confirming your hand file technique?



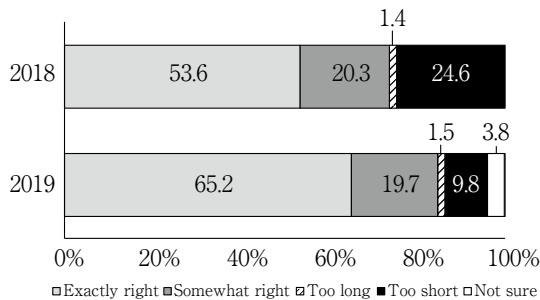
Q3. Were there any positive effects on your simulation exercise by taking the test during the basic training program?



Q4. Was there any change in your hand file technique before and after the test?



Q5. What do you think about the length of the test?



Q6. What do you think about your instructor's feedback?

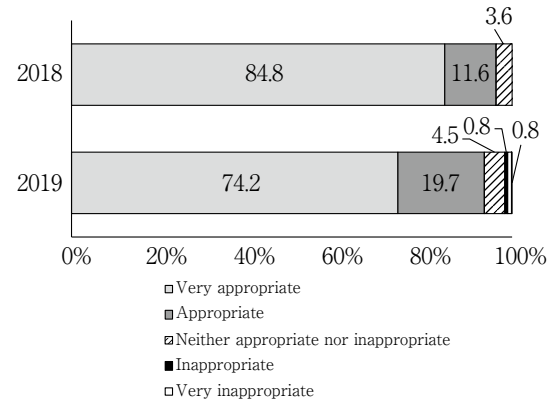


Fig. 3 Results of the questionnaire survey

名)であった (Fig. 2-g).

## 2. 学生アンケートの結果

アンケート回収率は100%であった。「技能試験は有意義であった」と答えた学生は、2018年度：71.0%，2019年度：81.1%であった (Fig. 3-Q1)。具体的に有意義であった点として、「緊張感のあるなかで行えた」「自分の術式を再確認できてよかった」「1対1で評価と指導を受けられたので、どこが悪いのかわかりやすかった」「試験

で間違えると記憶に残りやすい」「臨床実習への不安が軽減できた」などの記載があった。「技能試験が手用ファイル操作の確認に役に立ったか」は、「大いに役に立った」が、2018年度：44.5%，2019年度：56.1%，「約に立った」が2018年度：38.7%，2019年度：33.3%であった (Fig. 3-Q2)。具体的に手用ファイル操作の「何を」確認できたのかに関しては「ターンアンドプルでKファイルを回転しすぎている」「Hファイルによる牽引操作が大き

かった」「ファイル操作中にレストを置いていなかった」「ラバーストッパーの位置を越えて操作していた」「刃部に詰まった削片を指で拭いていた」などの記載があった。また、「試験を基礎実習中に行うことで、その後の実習内容の理解や進行において、プラスの影響があったか」に関しては、「非常にそう思う」が、2018年度：43.1%，2019年度：50.0%，「そう思う」が2018年度：43.8%，2019年度：40.9%であった (Fig. 3-Q3)。「試験前後で、基礎実習中の手用ファイル操作に変化はあったか」は、「非常にそう思う」が2018年度：29.7%，2019年度：40.2%，「そう思う」が2018年度：36.2%，2019年度：40.9%であった (Fig. 3-Q4)。「試験時間」に関しては、「適切であった」が2018年度：53.6%，2019年度：65.2%であった一方、「短すぎた」が2018年度：24.6%，2019年度：9.8%であった (Fig. 3-Q5)。「インストラクターのフィードバック」に関しては、「非常に適切であった」は、2018年度：84.8%，2019年度：74.2%であった (Fig. 3-Q6)。

## 考 察

歯科大学・大学歯学部では、卒業時に歯科医学にかかわる知識を十分に理解し、知識に裏付けされた基本的臨床能力を習得できるように、教養科目・専門科目の講義および実習、隣接医学、臨床実習などを通して教育が行われている。臨床系専門科目の基礎実習の目的は、シミュレーション実習を通じ、座学で得た知識の再確認および定着、基本的技能を習得することである。また実際に臨床で使用する器械器具、材料の取り扱い、医療安全・感染対策、歯科医師としての態度を学ぶ。本学歯内治療学基礎実習は、4年生秋学期に全15回(各回180分)で行っており、根管処置の各ステップ(髓室開拓、根管長測定法と作業長の決定、根管拡大形成、根管洗浄、根管消毒、根管充填、仮封)とその基本的術式を学んでいる。従来、基礎実習の評価は、実習課題、実技試験、筆記試験、レポート課題の点数を総合して行っている。実習課題および実技試験は、髓室開拓後の窩洞外形や根管充填後のエックス線画像を評価しており、プロセスよりむしろ完成形であるプロダクト(製作物)を評価する内容になっている。しかし、プロダクト評価のみでは、学生が髓室開拓から根管充填にいたるまでの各ステップの知識・技能を習得できているかどうかの把握が難しい。一方、Post-CC PXの正式実施が決定し、診療参加型臨床実習のさらなる充実化が求められており、各大学でさまざまな取り組みが行われている<sup>3-7)</sup>。歯学教育モデル・コア・カリキュラム<sup>8)</sup>では、G-3基本的臨床技能には学修項目として「髄・根尖性歯周疾患の治療ができる」

との記載があり、臨床実習の内容と分類において「I. 指導者のもと実践する(自験を求めるもの)」には「ラバーダム防湿、感染根管治療(根管充填を含む:単根歯)」が記載されている。ラバーダム防湿および根管治療のなかで根管洗浄、根管乾燥、マスターポイント試適については、現在のPre-CC OSCEの課題であるため、臨床実習を開始するにあたって具備すべき必須の臨床能力として評価している。しかし、一連の根管治療で中核をなす「根管形成」については、技能や態度をこれまで客観的に評価していない。臨床実習で自験が求められている観点からも、Pre-CC OSCEでは評価できない手用ファイルの操作法を確認する今回の「根管処置技能試験」の設定は妥当であったと思われる。

インストラクターによる総評価は、14点満点で2018年度は平均11.3点、2019年度は平均12.2点であり、おおむね良好の成績で教育効果の確認ができた。本試験は、基礎実習の第8回から第13回の間で実施したため、前半より後半に試験を受ける学生のほうが、試験前までの実習期間は長い。しかし、手用ファイルの基本的操作法の学習は第7回までに行っており、第8回以降は、根管拡大形成は引き続き行うものの、臨床を想定した根管洗浄、根管乾燥、マスターポイント試適、根管充填などが主な実習項目である。そのため、試験の受験時期が試験結果に与える影響は少ないと思われる。また学生には事前に評価項目を開示している。

今回は、どの程度まで拡大形成を行うかなどの具体的な指示はせず試験時間を5分間と限定したため、なかには「次亜塩素酸ナトリウム溶液の根管内への注入→リーミング(Kファイル)→ファイリング(Hファイル)→リーミング(Kファイル)→超音波振動装置を用いた根管洗浄→根管乾燥」の1クール、すなわち番手を1サイズしか上げられない学生もいた。インストラクターからは番手が上がらないと「根管の目詰まりへの配慮」などの項目の採点が不十分になるため、試験時間をもう少し長くすべきである、もしくは時間制限を設けずたとえば2番手上まで拡大形成するのはどうかとの意見もあった。Post-CC PXの一斉技能試験サンプル課題は「抜髄後の根管形成(根尖部の拡大は40号までとする)」を30分の試験時間で設定している<sup>1)</sup>。CSXは結果を評価することによって技能を身につけていることを確認するものであり、今回私たちが行ったファイル操作の習熟度の確認とは異なるが、試験時間や評価内容に関しては今後検討する必要がある。しかし今回、5分間の試験で、2割ほどの学生(2018年18.8%，2019年22.0%)の不十分なファイル操作が把握でき、改善点をフィードバックできたことは非常に意義があったと思われる。ファイルの操作法に関しては動画教材を取り入れた教育を行っている

が、実際にどの程度器具を回転させるのか、どれくらい  
の力で象牙質に食い込ませるのかは、動画でもなかなか  
理解しづらいようであった。また、2019年度以降、ヒト  
抜去歯収集の困難性や感染面を考慮し、基礎実習におけ  
る使用を天然歯からすべて人工歯に変更した。そのた  
め、2019年度学生からは模型歯が硬い、天然歯でも経験  
してみたいとの意見もあった。今後、動画教材の改善や、  
各班においてインストラクターのきめ細かい操作法の指  
導がより一層必要であると思われた。

ラバーダム防湿に関して、約3割から4割の学生に一  
部不適切または不適切な操作が認められた。上顎前歯の  
ラバーダム防湿は基礎実習中に1回しか行っていないた  
め、不適切な穿孔位置、クランプの向きに間違いがみら  
れたと推測される。さらに、学生は初めて1対1で技能  
のプロセス評価を受けたため、緊張してウィングから  
シートを外すことを忘れたことなどもあったと思われ  
る。しかし、ラバーダム防湿はPre-CC OSCEの課題で  
もあるため、さらなる指導の強化および反復練習の必要  
性が推察された。

今回、試験後ただちに学生にフィードバックを行っ  
た。フィードバックに関しては特に時間の制限を設け  
ず、良かった点（正しくできた点の強化）や改善すべき  
点（具体的な推奨）を学生に伝えた。学生からは、「良い  
点と悪い点を両方聞けたのでよかった」「基礎実習の段階  
で自分では気づけなかった点や間違っている点を個別に  
指摘してもらえてよかった」「ファイル操作だけでなく超  
音波洗浄に関してもコメントがもらえた」との意見が  
あった。ただちにフィードバックを行うことで、学生は  
気づきを得ることができ、学生によってはその後の基礎  
実習でファイル操作を改善することが可能となったと思  
われる。また、インストラクターからは、腰を据えて  
個々に指導できる機会としては良いが、フィードバック  
の手順や方法がインストラクターごとで異なっていたの  
で、1分間指導法<sup>9)</sup>など手順を統一するほうがよいの  
ではとの意見があった。

実習後の学生アンケートでは、7割以上（2018年度：  
71.0%、2019年度：81.1%）の学生から「本技能試験は  
有意義であった」との回答を得ており、手用ファイルの  
操作法の確認に有効であったことが示唆された。今後、  
試験内容や評価方法などをさらにブラッシュアップし、  
また、得点の低い学生へのフォローアップの具体的な方  
策を検討し、効果的な実習の実践を図る予定である。

## 結 論

今回の「根管処置技能試験」により、全学生に対して、

Pre-CC OSCEでは評価できないファイル操作の確認が  
でき、個別にフィードバックを行うことができた。学生  
が基礎実習の段階から「技能のプロセス評価」を受ける  
ことは、臨床実習に向けて非常に有益であり、学生自身  
が臨床実習において必要な修得すべき基本的技能を再確  
認できる良い機会であると思われた。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) 共用試験ガイドブック第18版(令和2年). <http://www.cato.umin.jp/e-book/18/html5.html#page=1> (2020年12月29日アクセス)
- 2) 藤井一維, 藤井規孝, 田口則宏, 都築 尊. 診療参加型臨床実習後客観的臨床能力試験. 日歯教誌 2019; 35: 85-88.
- 3) 藤井規孝, 竹中彰治, 多部田康一, 佐藤直子, 秋葉奈美, 小田陽平, 勝見祐二, 小野和宏, 前田健康. 新潟大学歯学部臨床実習における臨床能力評価. 日歯教誌 2017; 33: 4-11.
- 4) 畠山純子, 春名千英子, 松本典祥, 水上正彦, 松崎英津子, 廣松 亮, 森 南奈, 村上 弘, 大城希美子, 吉永泰周, 泉 利雄, 中牟田博敬, 佐藤博信, 坂上竜資, 阿南 壽. 臨床実習における総括的評価としての保存科新規課題「永久歯初期齲蝕に対するフッ化物塗布」の評価. 日歯教誌 2017; 33: 20-29.
- 5) 秋葉奈美, 長澤麻沙子, 小野和宏, 前田健康, 魚島勝美. 新潟大学歯学部における統合型模型実習の取り組み. 日歯教誌 2017; 33: 106-114.
- 6) 美原智恵, 成石浩司, 板東美香, 西川泰史, Lew Jung-Hwan, 坂本英次郎, 生田貴久, 河野 薫, 梶浦由加里, 橋本万里, 中島由紀子, 稲垣裕司, 二宮雅美, 木戸淳一, 永田俊彦. Post clinical clerkship-OSCEを見据えた歯周病科での模擬OSCEの概要. J Oral Health Biosci 2017; 29: 49-53.
- 7) 平田創一郎. ハンドピースの基本的使用法訓練ツールの開発～臨床基礎準備実習の実施に向けて～. 歯科学報 2019; 119: 19-25.
- 8) 歯学教育モデル・コア・カリキュラム(平成28年度改訂版). [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/fieldfile/2018/06/15/1325989\\_29\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2018/06/15/1325989_29_02.pdf) (2020年12月18日アクセス)
- 9) Neher JO, Gordon KC, Meyer B, Stevens N. A five-step "microskills" model of clinical teaching. J Am Board Fam Pract 1992; 5: 419-424.

## Trial of a Practical Test for Root Canal Treatment in Basic Endodontic Training at Aichi Gakuin University

INAMOTO Kyoko, SUZUKI Kazuyoshi and IMAIZUMI Ichiro

Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

### Abstract

**Purpose:** Aichi Gakuin University conducts basic phantom training in endodontics for fourth-year students in the School of Dentistry to allow them to acquire necessary basic knowledge, skills, and attitudes for the treatment of pulpal and periradicular diseases. Currently, the assessment of students' basic training performance is mainly based on product evaluation; however, process evaluation and/or formative evaluation of students' treatment techniques are also important. Therefore, we introduced a practical root canal treatment test as part of basic endodontic training to verify students' techniques in using hand stainless-steel files.

**Methods:** The subjects were fourth-year students in the School of Dentistry who participated in basic endodontic training: 138 in 2018 and 132 in 2019. The task was to enlarge and prepare the root canal of a maxillary anterior tooth using K-files and H-files with a standard technique. The test time was 5 minutes. One instructor assessed the skills of each student. Immediately after the test, the instructor provided each student with feedback. The students were asked to complete a questionnaire about the practical test at the end of the basic training.

**Results:** The assessment by the instructors was generally good, averaging 11.3 points in 2018 and 12.2 points in 2019 out of 14 points. In response to the question "Was this practical test useful?", more than 70% of the students (71.0% in 2018, 81.1% in 2019) said that it was "useful". In response to the question "Was this practical test helpful for confirming your hand file technique?", 44.5% in 2018 and 56.1% in 2019 answered "extremely helpful", and 38.7% in 2018 and 33.3% in 2019 answered "helpful". Regarding the feedback from the instructor, 84.8% in 2018 and 74.2% in 2019 considered that it was "very appropriate".

**Conclusion:** We were able to verify all fourth-year students' hand file techniques in a way that could not be assessed by the Pre-Clinical Clerkship Objective Structured Clinical Examination. We were also able to provide each student with feedback. A practical test for root canal treatment in basic training may be useful for students, allowing them to consolidate the necessary basic skills in clinical practice.

**Key words:** basic training, root canal treatment, practical test

## ブタ抜去歯を用いた新しい感染根管モデルの検討

藤 田 将 典   樋 口 直 也  
稲 本 京 子   堀 場 直 樹

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

## 抄録

目的：本研究では，ブタ抜去歯の根管内に細菌を感染させ培養することで感染根管を作製し，*in vitro* 実験系に用いる感染根管モデルとしての有用性を検討した。

材料と方法：ブタ下顎白歯を抜去後，近心根と遠心根に分割し，通法に従い #60 まで根管拡大形成を行った。根管内に菌数を調製した *Enterococcus faecalis* の菌液を満たし，21 日間 37°C 下で好氣的に培養した。次亜塩素酸ナトリウム溶液による根管洗浄前，根管洗浄直後および 2 日後において，①段階希釈法を利用した管内細菌数の比較，②SEM 下での根管表面の観察を行った。

結果：管内細菌数の分析では，次亜塩素酸ナトリウム溶液による根管洗浄直後は，*E. faecalis* の数が検出限界以下にまで減少したが，洗浄後 2 日間経過した根管からは，生理食塩水を用いて洗浄した根管と同等数の *E. faecalis* が検出された。また，SEM 下での観察では，次亜塩素酸ナトリウム溶液による根管洗浄直後は，根管表面にみられなくなったバイオフィーム様の付着物が，洗浄後 2 日間経過した根管で再び観察された。

結論：ブタ抜去歯を用いた感染根管モデルは，新たな *in vitro* 実験系に有用に使用できる可能性があることが示唆された。

キーワード：感染根管モデル，ブタ抜去歯，*in vitro* 実験系

責任著者連絡先：樋口直也

〒464-8651 名古屋市千種区末盛通 2-11 愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

TEL：052-759-2148，FAX：052-764-2299，E-mail：kinchan@dpc.agu.ac.jp

受付：2021年1月15日/受理：2021年3月3日

DOI：10.11471/shikahozon.64.133



## 緒言

歯内治療において根管内の無菌化は感染根管治療の成否に大きく関与するため、さまざまな薬剤や手法が検討されている。新規薬剤や手法の臨床応用前には抜去歯などを使用して、それらの有効性や安全性を評価することが必須である。しかし、ヒト抜去歯の利用は倫理的問題があり<sup>1)</sup>、感染症の危険性も懸念されている<sup>2)</sup>。さらに抜去歯数の減少もあり、ヒト抜去歯は必要な本数を入手することが近年困難になってきている。また抜去にいたった背景や患者の年齢、保存状態などの抜去歯の条件の差異が研究結果へ影響することも懸念される<sup>3-6)</sup>。そこで今回われわれは、安定的に入手可能で、比較的均一な条件が得られやすい動物の歯に着目した。

イヌは、前臨床試験の *in vivo* 研究のモデル動物として多く用いられている。歯周治療領域では塩基性線維芽細胞増殖因子 (FGF-2) を用いた歯周組織再生のモデルとして使用されており<sup>7,8)</sup>、歯内治療領域では、歯髄幹細胞を用いた歯髄再生の研究で、前歯を抜髄し根管拡大形成したものが根管モデルとして用いられている<sup>9-11)</sup>。また、われわれは以前の *in vitro* 研究において、イヌ抜去歯を根管拡大形成したものを根管モデルとして、象牙細管内への薬剤浸透度の評価に使用した<sup>11,12)</sup>。しかし、イヌは倫理面や費用面から入手しにくく、大量に使用することは困難である。

畜産動物であるウシの歯は、必要量を安定的に入手でき、比較的均一な条件が得られやすく、食用のために屠殺された後の個体から歯を収集するため倫理的な問題もないという利点がある。修復材料や覆髄材料の接着強さ試験の試料としてよく使用されており<sup>13-16)</sup>、歯内治療領域では、分割して象牙質ブロックとして象牙質への殺菌効果の評価に使用されている<sup>17-20)</sup>。しかし、ウシの歯の歯髄腔はヒトと比較し非常に大きく、根管モデルにはあまり適さない。

一方同じ畜産動物であるブタは、ウシ同様に必要量を安定的に入手可能で、比較的均一な条件が得られやすく、倫理的問題もない。さらにブタは解剖学および生化学的にヒトに類似しており、臓器の大きさもヒトに近く、ヒト臓器の作製を目指した異種移植の研究にも用いられている<sup>21,22)</sup>。歯内治療領域の研究では、抜髄根管における歯髄幹細胞移植による歯髄再生の根管モデルとして用いられている<sup>23)</sup>。また、異所性歯根移植による歯髄再生モデルにおいて、ブタ抜去歯はキャリアとして使用されている<sup>24-27)</sup>。さらに、ブタ白歯の抜去歯を根管拡大形成し、スマヤー層モデルとして洗浄効果の評価にも用いられている<sup>28,29)</sup>。しかし、これまでにブタ抜去歯を

感染根管モデルとして用いた報告はない。

本研究では、ブタ抜去歯の根管内に細菌を感染・培養することで疑似感染根管を作製し、*in vitro* 研究に用いる感染根管モデルとしての有用性を、段階希釈法を利用した根管細菌数の比較と走査型電子顕微鏡 (SEM) 下での観察により検討した。

## 材料および方法

### 1. ブタ抜去歯

屠殺、解体処理された直後の生後約6カ月のブタ下顎骨を名古屋食肉市場より購入し、同日中に抜歯を行った (Fig. 1A)。ブタ下顎第一・第二臼歯を歯冠中央部で頬舌方向に切断し、第一臼歯は近心根と遠心根に分けて抜去し、第二臼歯は近心根のみ抜去した (Fig. 1B)。感染象牙質を認めた歯、抜歯の際に根尖部が破折した歯、強い歯根彎曲などの形態不良歯は除外した。抜去歯は滅菌生理食塩水 (大塚生理食塩水、大塚製薬) 中で冷蔵保存した。

### 2. 感染根管モデルの作製

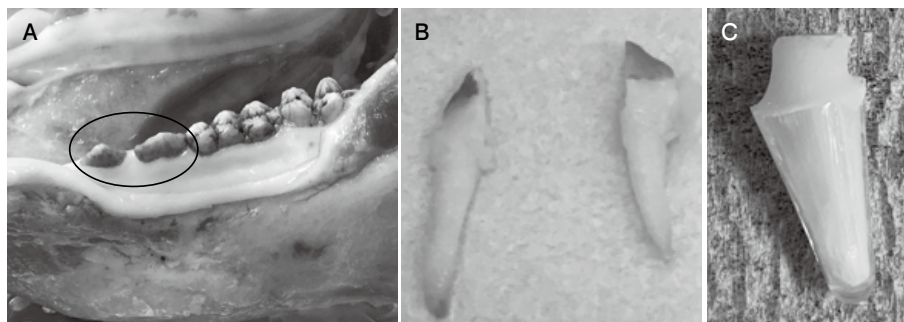
#### 1) 抜去歯の処理

抜去歯は歯頸部で水平的に切断し、作業長が13 mm になるように調整した。通法に従い、K ファイル (マニー) を用いて作業長13 mm、#60 まで根管拡大形成を行った。シリンジ (テルモシリンジ 2.5 ml SS-03SZ, テルモ) と洗浄針 (ニシカルートクリーンニードル 23 G, 日本歯科薬品) を用い、洗浄針の先端を根管内に10 mm (作業長-3 mm) 挿入し、3~6% 次亜塩素酸ナトリウム溶液 (アンチホルミン, 日本歯科薬品) 2 ml を弱圧で注入して洗浄した。その後、薬液を根管内に満たした状態で2分間作用させた。次いで、同様に3% EDTA 製剤 (スミアクリーン, 日本歯科薬品) 2 ml で根管を洗浄し、薬液を根管内に満たした状態で2分間作用させた。再度次亜塩素酸ナトリウム溶液で同様に洗浄し、作用させた。その後、シリンジを用いて滅菌生理食塩水 2 ml で薬液を洗い流した。

根管拡大形成が終了した抜去歯をオートクレーブ滅菌し、即時重合レジン (ユニファスト III, ジーシー) で根尖孔を閉鎖した。PCR チューブを上下的に中央で切断し、チューブ下部に即時重合レジンを用いて抜去歯を植立した (Fig. 1C)。

#### 2) 菌液の調整

BHI 寒天培地 (Becton Dickinson, Germany) に *Enterococcus faecalis* (ATCC19433 株) を播種し、37°C で2日間インキュベーター内にて好気培養を行った。1枚の寒天培地上で増殖した *E. faecalis* を BHI 液体培地 (Becton Dickinson) 2 ml にすべて回収した。その菌液を



**Fig. 1** Porcine extracted teeth

(A) Porcine mandible. (B) Porcine extracted teeth. (C) Mounted porcine teeth in a polymerase chain reaction tube.

BHI 液体培地で 500 倍に希釈したものを菌液として用いた ( $10^7 \sim 10^8$  CFU/ml).

### 3) 抜去歯根管での培養

植立した抜去歯の根管内に上記の菌液を満ちし、7 日間に 3 回菌液を交換しながら、21 日間  $37^\circ\text{C}$  下にて好氣的に培養した。植立した抜去歯は、培養中の乾燥を防ぐために、約 100 ml の水を張ったチップボックス (エコノミカルチップ-200  $\mu\text{l}$  ラック, ビーエム機器) に静置し、さらにそのチップボックスを約 400 ml の水を張ったジャー (アネロパック角型ジャー標準型, スギヤマゲン) に静置した状態で培養を行った。

## 3. 感染根管モデルの評価

### 1) 根管内細菌数の比較

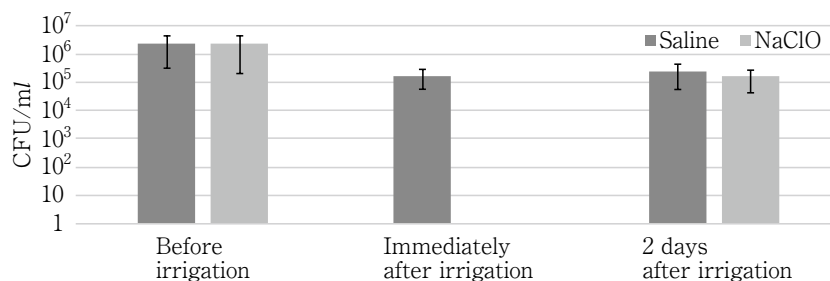
40 本の感染根管モデルを使用し、無作為に実験群 ( $n=20$ ) と対照群 ( $n=20$ ) に分けた。培養 21 日後、菌液を除去するためにシリンジの洗浄針を 10 mm 挿入し、滅菌生理食塩水 2 ml を弱圧で根管に注入して洗浄した。ペーパーポイント (#60, モリタ) で根管内を乾燥した後、滅菌生理食塩水で湿潤させた新たなペーパーポイント (#55) を根管内に 1 分間留置し両群とも釣菌を行い、洗浄前の試料とした。次に、実験群は前述のようにシリンジの洗浄針を 10 mm 挿入し、次亜塩素酸ナトリウム溶液 5 ml で 1 分間かけて根管内の洗浄を行った。根管内の薬液を除去するため、同様にシリンジで滅菌生理食塩水 2 ml を根管に注入して洗浄した。その後、再び釣菌を行い、実験群の洗浄直後の試料とした。対照群には次亜塩素酸ナトリウムの代わりに滅菌生理食塩水を用い、実験群と同様に 5 ml で 1 分間洗浄した後に、洗浄量および回数を揃えるために滅菌生理食塩水 2 ml で洗浄し、釣菌を行い、対照群の洗浄直後の試料とした。さらに、両群とも洗浄後の根管内に滅菌生理食塩水を満ちし、2 日間  $37^\circ\text{C}$ 、好気条件下で保管した。その後、滅菌生理食塩水 2 ml で同様に根管を洗浄し、両群とも釣菌を行って洗浄 2 日後の試料とした。

釣菌に用いたペーパーポイントをペプトン食塩緩衝液 (日水製薬) 中に浸漬し、段階希釈後、BHI 寒天培地に播種した。2 日間好氣的に培養し、形成されたコロニー数をカウントした。結果は統計ソフト GraphPad Prism7 (GraphPad Software, USA) を用いて Tukey's multiple comparison test で統計処理を行った。

### 2) SEM による根管壁表面の観察

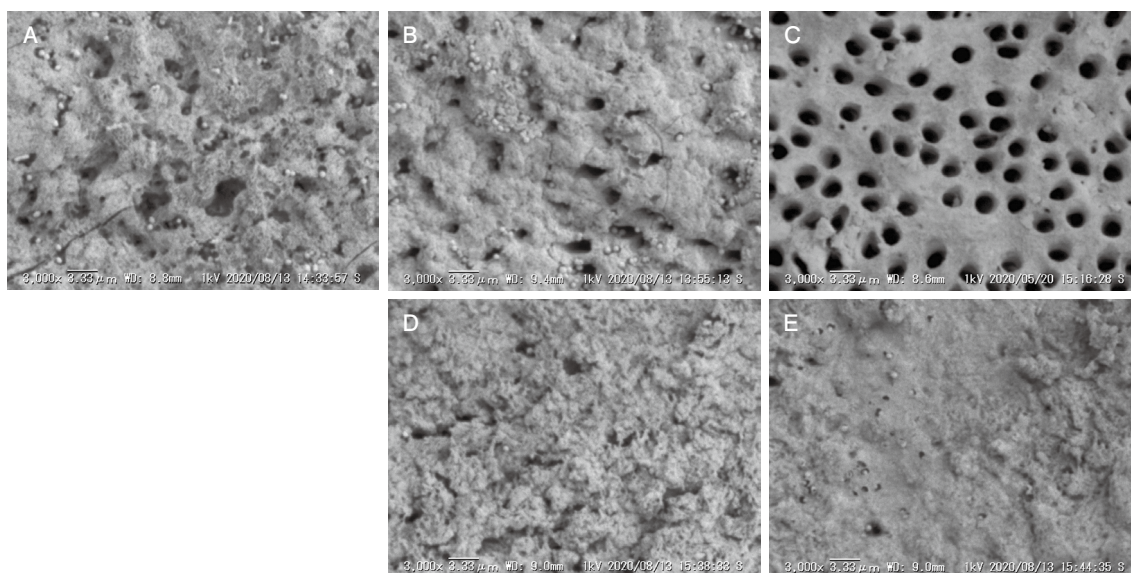
20 本の感染根管モデルを使用した。根管洗浄は、シリンジを用いて根管内細菌数の比較の実験と同様に行った。培養 21 日後、菌液を除去するために、滅菌生理食塩水 2 ml で根管を洗浄し、洗浄前の試料とした。次に、実験群は次亜塩素酸ナトリウム溶液を、対照群には滅菌生理食塩水を使用し、5 ml で 1 分間かけて根管内の洗浄を行った。その後、実験群では根管内の薬液を除去するため、滅菌生理食塩水 2 ml で根管を洗浄し、実験群の洗浄直後の試料とした。対照群においても、洗浄量および回数を合わせるために同様に滅菌生理食塩水 2 ml で洗浄し、対照群の洗浄直後の試料とした。さらに、両群とも根管内に滅菌生理食塩水を満ちした状態で、2 日間  $37^\circ\text{C}$ 、好気条件下で保管し、洗浄 2 日後の試料とした。

洗浄前の感染根管モデル ( $n=4$ )、洗浄直後の感染根管モデル (実験群・対照群ともに  $n=4$ )、洗浄 2 日後の感染根管モデル (実験群・対照群ともに  $n=4$ ) を歯軸方向に 2 分割した。断面を滅菌生理食塩水で洗浄した後、4%パラホルム・5%グルタルアルデヒドの混合液にて 24 時間固定した。滅菌生理食塩水で洗浄を行った後、上昇エタノール系列 (30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 100%) で脱水した。t-ブチルアルコールに置換し、凍結乾燥機 (EYE4 FDS-1000 型, 東京理化機器) を用いて 4 日間凍結乾燥を行った。その後、スパッター装置 (JUC-5000, JEOL) を用いて白金を蒸着し、導電処理を行った。SEM (VE9800, KEYENCE) 下で根尖部約 3 mm 部分の根管表面を観察し、比較検討した。



**Fig. 2** Numbers of bacteria before and after irrigation

Although the number of bacteria decreased below the detection limit immediately after irrigation with sodium hypochlorite, it had returned to  $10^5$  CFU/ml (a level comparable with that of the saline control) at 2 days after irrigation (n=20).



**Fig. 3** Scanning electron microscopy images of the root canal wall surface before and after root canal irrigation (A) Untreated sample. (B) Immediately after irrigation with saline. (C) Immediately after irrigation with sodium hypochlorite. (D) 2 days after irrigation with saline. (E) 2 days after irrigation with sodium hypochlorite.

## 結 果

### 1. 根管内細菌数の比較

洗浄前の根管からは、実験群および対照群のいずれも  $10^6$  CFU/ml オーダーの *E. faecalis* が検出された。洗浄直後では、次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いた実験群の細菌数は検出限界以下であったが、対照群からは  $10^5$  CFU/ml オーダーの *E. faecalis* が認められた。また洗浄2日間後では、実験群・対照群ともに  $10^5$  CFU/ml オーダーの *E. faecalis* が検出された (Fig. 2)。洗浄前、および洗浄2日後の実験群と対照群の間に有意な差は認められなかった。

### 2. SEM 下での根管壁表面の観察

洗浄前、対照群の洗浄直後および2日後の試料では、バイオフィーム様の付着物が根管表面の多くを被覆し、その裂け目に *E. faecalis* 菌体が観察された (Fig. 3A, B, D)。また、付着物には部分的に空洞が存在し、象牙細管の開口部が確認できる像もみられた (Fig. 3A, B, D)。一方、実験群においては、洗浄直後の試料では全面的に象牙細管が開口し、根管表面に *E. faecalis* 菌体やバイオフィーム様の付着物は観察されなかった (Fig. 3C) にもかかわらず、洗浄2日後の試料では洗浄前や対照群と同様に再びバイオフィーム様の付着物が根管表面を被覆した像が観察された (Fig. 3E)。また同様に、部分的に空洞が存在し、象牙細管の開口部が確認できる像もみ

られた (Fig. 3E)。しかしながら、その付着物は全体的に表面の凹凸が少なく平坦にみえた (Fig. 3E)。

## 考 察

歯内治療において、根管内の無菌化は根管治療の成否において重要な課題である。根管内に残存した細菌は根管治療の予後を大きく左右すると考えられており<sup>30-32)</sup>、さまざまな根管清掃法が検討されている。その際の条件検討や評価には、抜去歯を用いた *in vitro* 研究が不可欠である。ヒト抜去歯は、*in vitro* 研究には理想的な試料であり、特に最終的に効果を評価する研究には必須であるが、個体差が大きく標準化が困難である<sup>33)</sup>。一方で動物の抜去歯は背景を統一しやすく、結果の誤差を小さくすることが期待できる。畜産動物の場合は、食品となるための管理により環境的な背景は統一されており、感染症などの危険性も低いと考えられる。さらに、屠殺後の個体から歯を収集するため倫理的問題もなく、十分な試料数を確保することが可能である。

動物の抜去歯を使用する場合は、ヒトの歯に近いことが望ましい。これまでに、ウシ・ブタなどの歯がヒトの歯の代用として使用されてきた。なかでもウシの歯はヒトの代用として主に接着材料の試験試料として多く用いられ、システマティックレビューにおいてもヒトの歯の代用品として信頼性が高いとされている<sup>34)</sup>。しかし、これらは歯冠部のエナメル質や象牙質を対象にした研究である。歯根部の象牙質においては、象牙細管の直径と密度にウシとヒトとの間に有意な差は認められていないものの、代用品としての使用は推奨できないとの報告がある<sup>35)</sup>。さらに、ウシの歯の根管はヒトに比べ巨大である。そのため、ウシ抜去歯根管をヒト抜去歯の代わりに根管モデルとして使用することは難しいと考えられる。一方ブタは、解剖学的・生理学的・血液生化学的にヒトに類似しており、臓器の大きさもヒトに近いとされる<sup>21,22)</sup>。SEM下での観察では、ヒトとブタのエナメル質および象牙質は構造的に類似し、根部の象牙細管の直径および密度はウシよりもヒトに近いとの報告もある<sup>36)</sup>。以上のことから、歯根部分においてはウシよりもブタがヒトの代用品として適していると考えられる。

細菌を播種した培養液中に抜去歯より作製した象牙質ブロックを静置し、約3~4週間培養することで、象牙質表面に成熟したバイオフィームが形成され、細菌が象牙細管深部にまで感染することが報告されている<sup>18,37,38)</sup>。そのため、本感染根管モデル作製においても、BHI液体培地を用いた菌液を根管内に満たした状態で、21日間培養を行った。バイオフィームは、細菌および細菌が産生する菌体外粘性多糖体が固相表面に形成した集合体であ

る。本研究における洗浄前試料のSEM下での観察において、*E. faecalis* 菌体およびバイオフィーム様の付着物が観察された。またバイオフィームは、水路として機能していると考えられている空洞が構造的特徴の一つであるが、類似した像もみられたため、根管表面に *E. faecalis* によるバイオフィームが形成されている可能性があると思われた。また、実験群の洗浄2日後の試料で観察されたバイオフィーム様の付着物は、全体的に表面の凹凸が少なく平坦にみえたことから、新たに短期間で再形成されたものと考えられた。しかしながら本研究では、観察されたバイオフィーム様の付着物がバイオフィームであることを証明できていないため、今後詳細に検証する必要があると思われる。

感染根管歯では、細菌が象牙細管内に最大で1,450  $\mu\text{m}$ の深さまで侵入したと報告されており、象牙質の深部まで感染していると考えられている<sup>20,39,40)</sup>。一方、次亜塩素酸ナトリウムの象牙細管への浸透性は約100  $\mu\text{m}$ で、細菌が侵入する象牙質深部にまで浸透しないことが報告されている<sup>41-43)</sup>。これらのことから、本研究モデルにおいて一旦消失したバイオフィーム様の付着物が再形成された要因は、象牙質深部に残存した *E. faecalis* の増殖によるものである可能性が考えられた。

しかしながら、本研究においては、直接的に象牙質深部に感染している *E. faecalis* を確認していない。そのため、根管表面にわずかに残存したものの、ペーパーポイントにより釣菌する培養法とSEM下での観察で検出できなかった *E. faecalis* がバイオフィーム様の付着物を再形成した可能性も考えられる。また、側枝や根尖分岐など複雑な根管系や、抜去時に生じた微小な亀裂などに *E. faecalis* が残存していたことも考えられる。これらのことから、今後、象牙質深部の感染を確認する必要があると思われる。

以上のことから、本研究で作製した感染根管モデルは、歯内治療領域の *in vitro* 実験系に有用に使用できる可能性があると思われる。しかしながら、難治性根尖性歯周炎との関連が疑われている *E. faecalis* を単独で用いており、混合感染である実際の感染根管と異なるため、バイオフィームの形状や性質も異なることが考えられる。感染根管モデルとして使用する場合には、各実験において十分検討することが必要であると思われる。

## 結 論

解剖学的にヒトに類似するブタ抜去歯を用いた本感染根管モデルは、歯内治療領域における新たな *in vitro* 実験系に有用に使用できる可能性があることが示唆された。



## 謝 辞

本研究遂行にあたり、ご指導・ご協力いただきました国立長寿医療研究センター幹細胞再生医療研究部 庵原耕一郎室長に厚く御礼申し上げます。

本研究に関連し、開示すべき利益相反関係にある企業などはありません。

## 文 献

- 1) Skene L. Ownership of human tissue and the law. *Nat Rev Genet* 2002; 3: 145-148.
- 2) Rueggeberg FA. Substrate for adhesion testing to tooth structure—review of the literature. *Dent Mater* 1991; 7: 2-10.
- 3) Galhano G, de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Comparison of resin push-out strength to root dentin of bovine- and human-teeth. *Indian J Dent Res* 2009; 20: 332-336.
- 4) Schmalz G, Hiller KA, Nunez LJ, Stoll J, Weis K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *J Endod* 2001; 27: 23-30.
- 5) Zero DT. In situ caries models. *Adv Dent Res* 1995; 9: 214-230.
- 6) Mellberg JR. Hard-tissue substrates for evaluation of cariogenic and anti-cariogenic activity in situ. *J Dent Res* 1992; 71: 913-919.
- 7) Murakami S, Takayama S, Kitamura M, Shimabukuro Y, Yanagi K, Ikezawa K, Saho T, Nozaki T, Okada H. Recombinant human basic fibroblast growth factor (bFGF) stimulates periodontal regeneration in class II furcation defects created in beagle dogs. *J Periodontal Res* 2003; 38: 97-103.
- 8) Murakami S, Takayama S, Ikezawa K, Shimabukuro Y, Kitamura M, Nozaki T, Terashima A, Asano T, Okada H. Regeneration of periodontal tissues by basic fibroblast growth factor. *J Periodontal Res* 1999; 34: 425-430.
- 9) Iohara K, Imabayashi K, Ishizaka R, Watanabe A, Nabekura J, Ito M, Matsushita K, Nakamura H, Nakashima M. Complete pulp regeneration after pulpectomy by transplantation of CD105+stem cells with stromal cell-derived factor-1. *Tissue Eng Part A* 2011; 17: 1911-1920.
- 10) Iohara K, Murakami M, Takeuchi N, Osako Y, Ito M, Ishizaka R, Utsunomiya S, Nakamura H, Matsushita K, Nakashima M. A novel combinatorial therapy with pulp stem cells and granulocyte colony-stimulating factor for total pulp regeneration. *Stem Cells Transl Med* 2013; 2: 521-533.
- 11) 藤田将典, 庵原耕一郎, 堀場直樹, 立花克郎, 中村 洋, 中島美砂子. 感染根管歯におけるナノバブルと超音波を用いた根管内無菌化と歯髄再生. *日歯保存誌* 2014; 57: 170-179.
- 12) 江場久哲, 庵原耕一郎, 立花克郎, 鈴木一吉, 堀場直樹, 中村 洋, 中島美砂子. 超音波とナノバブルを用いた薬剤導入による新しい根管内無菌化法の開発. *日歯保存誌* 2011; 54: 432-441.
- 13) Takeguchi A, Inoue K, Horie T, Niwa Y, Sugita Y, Yamada M, Maeda H, Tomoda S, Fujitani M. Development of a novel optimal resin-bonding system for Er: YAG laser-irradiated dentin: Effects of 3-step resin-modified glass-ionomer bonding system incorporating acid-conditioning and priming on initial bond strength to Er: YAG laser-irradiated dentin and its durability after thermal loading. *J Hard Tissue Biol* 2020; 29: 239-246.
- 14) 星加知宏, 勝俣愛一郎, 丁 群展, 西谷登美子, 高 裕子, 勝俣 環, 根本 章, 伊藤誠之, 岩田知幸, 林 宏昌, 永山雅大, 永山祥子, 西谷佳浩. 新規覆髄剤の細胞増殖ならびに象牙質剪断接着強さへの影響について. *日歯保存誌* 2019; 62: 208-214.
- 15) 鈴木未来, 堀江 卓, 長塚由香, 八谷文貴, 井上和穂, 岸本崇史, 村田公成, 富士谷盛興, 千田 彰. 各種レジメンセメントによるCAD/CAM レジンブロックと象牙質との接着強さ—それぞれの材料およびそれらを付き合わせ接着したときの接着強さについて—. *日歯保存誌* 2019; 61: 178-189.
- 16) 鶴田あゆみ, 堀江 卓, 堅田和穂, 岸本崇史, 長塚由香, 八谷文貴, 鈴木未来, 富士谷盛興, 千田 彰. Er: YAG レーザー照射象牙質におけるレジン添加型ガラスイオンマーセメントの接着性に及ぼすカルボン酸と金属塩の合剤による歯面処理の影響. *日歯保存誌* 2015; 58: 363-372.
- 17) Rodrigues CT, de Andrade FB, de Vasconcelos LRSM, Midea RZ, Pereira TC, Kuga MC, Duarte MAH, Bernardineli N. Antibacterial properties of silver nanoparticles as a root canal irrigant against *Enterococcus faecalis* biofilm and infected dentinal tubules. *Int Endod J* 2018; 51: 901-911.
- 18) Zapata RO, Bramante CM, de Moraes IG, Bernardineli N, Gasparoto TH, Graeff MS, Campanelli AP, Garcia RB. Confocal laser scanning microscopy is appropriate to detect viability of *Enterococcus faecalis* in infected dentin. *J Endod* 2008; 34: 1198-1201.
- 19) Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T, Nishihara T, Terashita M. Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *J Endod* 2004; 30: 778-781.
- 20) Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987; 66: 1375-1379.
- 21) 岩瀬勇人, 原 秀孝, Cooper DKC, 小林孝彰. 異種移植研究の最前線からみた世界の動向: 臨床試験に向けての進歩. *移植* 2018; 53: 173-183.

- 22) Dooldeniya MD, Warrens AN. Xenotransplantation: where are we today? J R Soc Med 2003; 96: 111-117.
- 23) Zhu X, Liu J, Yu Z, Chen CA, Aksel H, Azim AA, Huang GT. A miniature swine model for stem cell-based de novo regeneration of dental pulp and dentin-like tissue. Tissue Eng Part C Methods 2018; 24: 108-120.
- 24) Murakami M, Horibe H, Iohara K, Hayashi Y, Osako Y, Takei Y, Nakata K, Motoyama N, Kurita K, Nakashima M. The use of granulocyte-colony stimulating factor induced mobilization for isolation of dental pulp stem cells with high regenerative potential. Biomaterials 2013; 34: 9036-9047.
- 25) Ishizaka R, Hayashi Y, Iohara K, Sugiyama M, Murakami M, Yamamoto T, Fukuta O, Nakashima M. Stimulation of angiogenesis, neurogenesis and regeneration by side population cells from dental pulp. Biomaterials 2013; 34: 1888-1897.
- 26) Hayashi Y, Murakami M, Kawamura R, Ishizaka R, Fukuta O, Nakashima M. CXCL14 and MCP1 are potent trophic factors associated with cell migration and angiogenesis leading to higher regenerative potential of dental pulp side population cells. Stem Cell Res Ther 2015; 6: 111.
- 27) Kawamura R, Hayashi Y, Murakami H, Nakashima M. EDTA soluble chemical components and the conditioned medium from mobilized dental pulp stem cells contain an inductive microenvironment, promoting cell proliferation, migration, and odontoblastic differentiation. Stem Cell Res Ther 2016; 7: 77.
- 28) 庵原耕一郎, 中島美砂子. 閉塞根管拡大のためのナノバブル水含有 EDTA による脱灰効果促進. 日歯保存誌 2019 ; 62 : 152-158.
- 29) Shawli H, Iohara K, Taroush M, Huang GT, Nakashima M, Azim AA. Nanobubble-enhanced antimicrobial agents: A promising approach for regenerative endodontics. J Endod 2020; 46: 1248-1255.
- 30) 濱口隆貢, 吉田匡宏, 戸田忠夫. 難治性根尖性歯周炎に関する細菌学的研究. 日歯保存誌 2002 ; 45 : 282-297.
- 31) Nair PN, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: A long-term light and electron microscopic follow-up study. J Endod 1990; 16: 580-588.
- 32) Nair PN, Sjögren U, Figdor D, Sundqvist G. Persistent periapical radiolucencies of root-filled human teeth, failed endodontic treatments, and periapical scars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 87: 617-627.
- 33) Love RM. Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. Endodontic Topics 2004; 9: 52-65.
- 34) Soares FZ, Follak A, da Rosa LS, Montagner AF, Lenzi TL, Rocha RO. Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. Dent Mater 2016; 32: 1385-1393.
- 35) Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. Arch Oral Biol 2000; 45: 355-361.
- 36) Lopes FM, Markarian RA, Sendyk CL, Duarte CP, Arana-Chavez VE. Swine teeth as potential substitutes for in vitro studies in tooth adhesion: A SEM observation. Arch Oral Biol 2006; 51: 548-551.
- 37) Bukhari S, Kim D, Liu Y, Karabucak B, Koo H. Novel endodontic disinfection approach using catalytic nanoparticles. J Endod 2018; 44: 806-812.
- 38) Wu D, Fan W, Kishen A, Gutmann JL, Fan B. Evaluation of the antibacterial efficacy of silver nanoparticles against *Enterococcus faecalis* biofilm. J Endod 2014; 40: 285-290.
- 39) 河内勝和, 北木マサ子, 東 富恵, 岡本 莫. 感染根管の象牙細管内における細菌侵襲について. 日歯保存誌 1972 ; 15 : 109-117.
- 40) 矢崎正之. 感染根管モデル作成法についての細菌学的研究. 日歯保存誌 1984 ; 27 : 561-574.
- 41) Hasegawa T, Takenaka S, Wakamatsu R, Ohsumi T, Domon H, Ohshima H, Terao Y, Noiri Y. A horizontal sequential cutting method to estimate the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. J Endod 2019; 45: 1142-1147.
- 42) Giardino L, Cavani F, Generali L. Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. J Endod 2017; 50: 492-498.
- 43) Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. J Endod 2010; 36: 793-796.



## A Study of a Novel Infected Root Canal System Model Using Porcine Extracted Teeth

FUJITA Masanori, HIGUCHI Naoya,  
INAMOTO Kyoko and HORIBA Naoki

Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

### Abstract

**Purpose:** In this study, we examined the usefulness of a new model of infected root canals for use as an *in vitro* experimental system, which was prepared by bacterial infection in the root canals of porcine extracted teeth.

**Methods:** Following the extraction of porcine mandibular molars, their roots were divided into mesial and distal groups. Cleaning and shaping of the root canal were performed with instrumentation up to #60, in accordance with conventional methods. Root canals were filled with a suspension of *Enterococcus faecalis* cells (containing an approximately consistent number of bacteria) and cultured aerobically at 37°C for 21 days. The following analyses were performed before, immediately after, and 2 days after root canal irrigation with sodium hypochlorite solution: ① comparison of the number of *E. faecalis* in the root canal, using the serial dilution method; and ② SEM observation of the root canal surface.

**Results:** Analysis using the serial dilution method showed that the number of *E. faecalis* decreased below the detection limit immediately after root canal irrigation with sodium hypochlorite solution; however, it had returned to a level comparable with the saline control at 2 days after irrigation. Furthermore, SEM observation showed no biofilm-like formation on the root canal wall surface immediately after irrigation with sodium hypochlorite solution, although it was again evident on the root canal wall surface at 2 days after irrigation.

**Conclusion:** It was suggested that this infected root canal system model using porcine extracted teeth has potential for use as an *in vitro* experimental system in the endodontic field.

**Key words:** infected root canal system model, porcine extracted teeth, *in vitro* experimental system

# 亜鉛ガラス含有カプセル型ガラスアイオノマーセメントの象牙質接着強さ

—唾液汚染と象牙質脱灰がガラスアイオノマーセメントと  
コンポジットレジンの接着強さに及ぼす影響—

長 沢 悠 子 江 田 義 和 松 本 篤 樹  
中 嶋 裕 日 比 野 靖

明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科生体材料学分野

## 抄録

目的：本研究は牛歯歯根部象牙質への唾液汚染の程度（唾液汚染なし，軽度唾液汚染および重度唾液汚染）あるいは象牙質脱灰の有無が修復材料（カプセル型ガラスアイオノマーセメント2種類，コンポジットレジン2種類）の接着強さに及ぼす影響を検討した。

材料と方法：実験には亜鉛ガラス含有カプセル型ガラスアイオノマーセメントとしてケアダイン ZIF-C（ジーシー）の他に1種類のカプセル型ガラスアイオノマーセメントであるフジVIIカプセル（ジーシー），2種類のコンポジットレジン，ビューティフィルフロープラス X F03（松風），フィルテックシュープリームウルトラフローコンポジットレジン（スリーエムジャパン）の4種類の修復用材料を使用した。牛歯はエポキシ樹脂に包埋して，流水下で耐水研磨紙 SiC#400 で研磨を行った。象牙質面の条件は健全象牙質（コントロール），脱灰象牙質，軽度唾液汚染（唾液汚染後に乾燥あり）あるいは重度唾液汚染（唾液汚染後に乾燥なし），またはその組合せの計6種類とした。象牙質面に各修復用材料を充填（直径3 mm，高さ3 mm）し，24時間後のせん断接着強さを測定した（n=15）。得られた接着強さに関して，二元配置分散分析および Weibull 分析を行った。

結果：ビューティフィルフロープラス X F03 を除き，軽度唾液汚染の条件下で脱灰の有無は接着強さに有意な影響を与えなかった（ $p>0.05$ ）。また，ケアダイン ZIF-C は重度唾液汚染によりコントロールよりも有意に大きい接着強さを示し（ $p<0.05$ ），ビューティフィルフロープラス X F03 は重度唾液汚染によりコントロールよりも接着強さが有意に減少した（ $p<0.05$ ）。コンポジットレジンでは，重度唾液汚染後あるいは脱灰と重度唾液汚染とした条件で，コントロールと比較して Weibull 係数の減少が認められた。

結論：歯質の脱灰と唾液汚染の程度は，象牙質接着強さに影響を与えた。各修復材料の象牙質接着強さは，コントロールと比較して軽度唾液汚染による影響を受けなかった。歯質の脱灰は，唾液汚染のない条件および重度唾液汚染において接着強さを有意に低下させた。Weibull 分析により，ガラスアイオノマーセメントはコンポジットレジンよりも歯質の脱灰と唾液汚染により接着強さが影響を受けにくいことがわかった。

キーワード：亜鉛ガラス，ガラスアイオノマーセメント，唾液汚染

責任著者連絡先：長沢悠子

〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1 明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科生体材料学分野

TEL：049-279-2761，FAX：049-287-8260，E-mail：nagasawa@dent.meikai.ac.jp

受付：2021年1月8日/受理：2021年3月9日

DOI：10.11471/shikahozon.64.141

## 緒言

平成27年の歯科疾患実態調査によると、8020達成者の割合は51.2%と推計されており、平成元年から取り組んできた日本で最も成功した健康啓発運動といわれている<sup>1)</sup>。高齢社会において8020達成者の割合が高いことは栄養状態、身体活動能力、フレイル予防あるいは精神的な健康状態と密接な関係があることが報告されている<sup>2-4)</sup>。一方で、高齢者の歯周病罹患率は増加しており、歯肉退縮と根面齲蝕の発生に深い関係が認められている<sup>5,6)</sup>。歯根部は歯冠部(エナメル質)よりも耐酸性が低く、齲蝕に罹患しやすい<sup>7)</sup>ことは広く知られている。過去数十年の間に、亜鉛イオン・フッ化物イオン・カルシウムイオンなどのイオンによる歯質の脱灰抑制、抗菌性などの効果が報告され<sup>7-10)</sup>、これらのイオンを放出する機能を有する成形修復材料の研究報告もみられる<sup>11-13)</sup>。根面齲蝕の治療には、グラスアイオノマーセメントやコンポジットレジンが使用される。多くの場合、両者の使用基準は窩洞形態・充填材料の機械的性質や色調のバリエーションを基に、患者にとって最善の結果が見込まれるように術者により選択されると考えられる。グラスアイオノマーセメントとコンポジットレジンの明確な違いは、材料自体の歯質接着性の有無である。グラスアイオノマーセメントは無処理で直接歯質に接着するため、窩洞形成後に完全防湿が困難な症例でも唾液汚染が接着力低下に与える影響は少ない<sup>14,15)</sup>。熱的性質について、コンポジットレジンの熱膨張係数は歯質より2~3倍大きい値を示すことから、長期的には歯質とコンポジットレジンの熱膨張係数の差に起因するマイクロリーケージの発生が懸念される。また、コンポジットレジンの重合収縮<sup>16)</sup>による接着面(層)の破壊はマイクロリーケージの原因となり、続発する臨床的不快事項として辺縁部変色、知覚過敏や二次齲蝕などが生じることも懸念される。一方でグラスアイオノマーセメントは、熱膨張係数が歯質と近似していることや酸-塩基反応で硬化するため、コンポジットレジンのような重合収縮は生じることはない<sup>17)</sup>。加えてグラスアイオノマーセメントは、前述のように亜鉛イオン・フッ化物イオン・カルシウムイオンなどを放出し歯質の脱灰抑制、抗菌性を有する。高齢社会である現代において、増加傾向にある根面齲蝕への亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントの応用は、二次齲蝕の予防の観点からも効果が期待される<sup>11,12)</sup>。そこで本研究では、亜鉛イオン・フッ化物イオン・カルシウムイオンなどを放出する新規亜鉛ガラス含有カプセル型グラスアイオノマーセメントに着目し、牛歯歯根部象牙質への唾液汚染の程度(唾液汚染なし、軽度唾液汚染

および重度唾液汚染)あるいは象牙質の脱灰の有無が接着強さに及ぼす影響を、コンポジットレジンとともに検討を行った。また、修復材料の機械的性質(圧縮強さ、間接引張強さ、曲げ強さ)についても検討を行った。

## 材料および方法

### 1. 実験材料

実験には、亜鉛ガラス含有カプセル型グラスアイオノマーセメントとしてケアデザイン ZIF-C (ジーシー、以下、ZIFC)、市販充填用材料であるフジVIIカプセル(ジーシー、以下、FVIC)、ビューティフィルフロープラス X F03 (松風、以下、BFP) およびフィルテックシュープリームウルトラフローコンポジットレジン(スリーエムジャパン、以下、FSU)を使用した。

接着強さの被着面には、牛歯(下顎前歯)を使用した。試料作製に際しセメント(ZIFC、FVIC)は、充填に先立ち歯面処理のためにキャビティーコンディショナー(ジーシー)を使用した。コンポジットレジン(BFP、FSU)の充填では、各社推奨の1ステップ接着システム(以下、接着材)であるビューティボンドユニバーサル(松風)、スコッチボンドユニバーサルアドヒーズイブ(スリーエムジャパン)をそれぞれ使用した。本研究に使用した材料および組成をTable 1に示す。

### 2. 実験方法

#### 1) 接着強さ

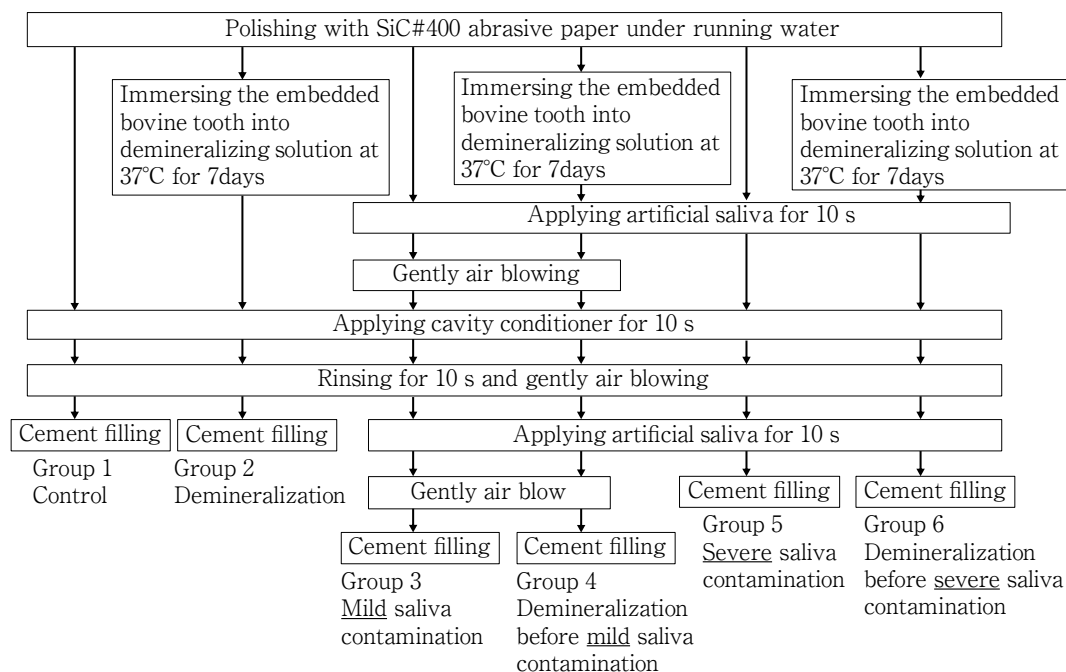
牛歯をセメントエナメル境(歯頸部)より10 mm 根尖側で切断し、その後歯頸部で歯冠部と歯根部に切断した。歯根部をエポキシ樹脂(Epofix, Struers, Germany, Bactch No. 9253-01)にて包埋し、エポキシ樹脂硬化後に歯根部象牙質を露出するために流水下で耐水研磨紙SiC#400で研磨後<sup>18)</sup>、イオン交換水で十分に洗浄を行った。各修復材料を接着する歯根部象牙質(以下、象牙質)は歯頸部から5 mmの範囲内とした。接着試験の条件を以下の6つのグループとした(Fig. 1, 2)。なお、試料作製に使用した脱灰液および人工唾液は過去の報告<sup>19,20)</sup>を基に作製した。

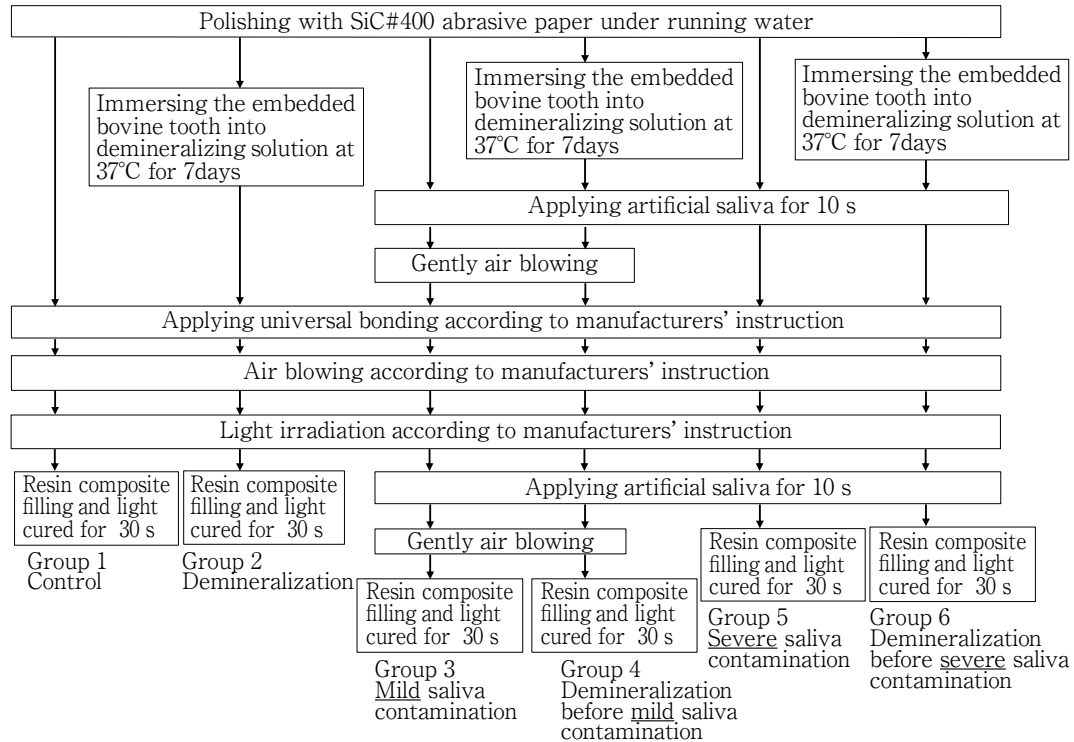
#### (1) Group 1 コントロール (以下、G1)

セメントの充填前に歯面処理として象牙質にキャビティーコンディショナーを塗布し、10秒後にイオン交換水で水洗し、マイルドエアブロー(弱圧から中圧)を行った。その後、テフロンチューブ(内径3 mm, 高さ3 mm)を象牙質面に置いた。カプセルミキサーII(ジーシー)で10秒間振盪練和したセメントをテフロンチューブに充填、セルロイドストリップスを介し手指にて5分間圧保持した。コンポジットレジンには、各メーカーの指示に従い接着材を象牙質に塗布し、乾燥後に光照射器(G-

**Table 1** Materials examined in this study

Filling material	Composition	Manufacturer	Shade	Lot No.
Glass ionomer cement				
CAREDYNE ZIF-C (ZIFC) P/L=3.0	Powder : fluoroaluminosilicate glass, fluoro-zincsilicate glass, polyacrylic acid Liquid : polyacrylic acid, distilled water, polybasic carboxylic acid, phosphoric acid	GC	CV	1912130
Fuji VII CAPSULE (FVIC) P/L=2.0	Powder : fluoroaluminosilicate glass Liquid : polyacrylic acid, distilled water, polybasic carboxylic acid	GC	PINK	1906061
Conditioner				
CAVITY CONDITIONER	distilled water, polyacrylic acid, aluminium chloride	GC		1907301
Resin composite				
BEAUTIFIL Flow Plus X F03 (BFP)	glass powder, Bis-GMA, Bis-MPEPP, TEGDMA, initiator, pigment, others	Shofu	A3	101901
Filtek Supreme Ultra Flowable Restorative (FSU)	methacrylate (Bis-GMA, TEGDMA, others), inorganic filler, catalyst, stabilizer, pigment	3M Japan	A3	NA61198
Bonding agent				
BeautiBond Universal	acetone, purified water, Bis-GMA, carboxylic acid monomer, TEGDMA, phosphate monomer, others	Shofu		071805
Scotchbond Universal Adhesive	phosphate ester monomer (MDP), methacrylate, initiator, ethanol, others	3M Japan		91017A

**Fig. 1** Experimental procedure of six different surface treatments on bovine dentin prior to filling glass ionomer cements



**Fig. 2** Experimental procedure of six different surface treatments on bovine dentin prior to filling resin composite

Light Prima II, ジーシー)にて光照射(ビューティボンドユニバーサル5秒間, スコッチボンドユニバーサルアドヒーズ10秒間)を行った。その後, テフロンチューブを象牙質面に置きコンポジットレジンを充填・光照射(30秒間)を行った。

(2) Group 2 歯質脱灰 (以下, G2)

エポキシ樹脂に包埋した象牙質を, 脱灰液 (Acetic acid 50 mmol/l,  $\text{CaCl}_2$  1.5 mmol/l,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.9 mmol/l, pH 4.5)<sup>19)</sup>に1週間浸漬した。1週間後, 象牙質を取り出してイオン交換水で水洗を行った。脱灰象牙質に対し, 接着操作の工程はG1の手順で行った。

(3) Group 3 軽度唾液汚染 (以下, G3)

象牙質面に人工唾液 ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KSCN}$ ,  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , urea, pH 6.5)<sup>20)</sup>を50  $\mu\text{l}$ 滴下して10秒後にマイルドエアブローを行った。セメント材料の充填に先立ち, キャビティーコンディショナーを塗布し10秒後にイオン交換水で水洗し, マイルドエアブローを行った。再度人工唾液を50  $\mu\text{l}$ 滴下して10秒後にマイルドエアブローを行った。その後各セメントを充填した。コンポジットレジン, 象牙質に人工唾液を50  $\mu\text{l}$ 滴下して10秒後にマイルドエアブローを行った後, 接着材を象牙質に塗布した。その後マイルドエアブローを行い, 接着材への光照射を行った。再度人工唾液50  $\mu\text{l}$ を接着材に滴下して10秒後にマイルドエ

アブローを行い, コンポジットレジンの充填・光照射を行った。

(4) Group 4 歯質脱灰後軽度唾液汚染 (以下, G4)

G2と同様にして得られた脱灰象牙質に対し接着操作の工程はセメント, コンポジットレジンともにG3の手順で象牙質面に人工唾液を滴下して材料を充填した。

(5) Group 5 重度唾液汚染 (以下, G5)

セメント材料では, 象牙質面に人工唾液を50  $\mu\text{l}$ 滴下して, G3 (軽度唾液汚染)と異なり10秒後にエアブローを行わずキャビティーコンディショナーを塗布し, 10秒後にイオン交換水で水洗し, マイルドエアブローを行った。再度人工唾液を50  $\mu\text{l}$ 滴下して, 10秒後にエアブローを行わず各セメントを充填した。コンポジットレジンでは象牙質に人工唾液を50  $\mu\text{l}$ 滴下して, G3 (軽度唾液汚染)と異なり10秒後にエアブローを行わず接着材を象牙質に塗布した。その後, マイルドエアブローを行い接着材への光照射を行った。再度人工唾液50  $\mu\text{l}$ を滴下して, 10秒後にエアブローを行わずコンポジットレジン

(6) Group 6 歯質脱灰後重度唾液汚染 (以下, G6)

G2, 4と同様にして得られた脱灰象牙質に対し, 接着操作の工程はG5と同様に行った。

G1~6の操作で作製した試料は温度 $37 \pm 2^\circ\text{C}$ , 相対湿度 $95 \pm 5\%$ の環境で修復材料を充填してから1時間保管

した。その後、注意深くテフロンチューブを分割して除去し、接着強さ測定用試料とした。試料の保管は温度  $37 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $95 \pm 5\%$  の環境とし、せん断接着強さの測定は試料作製から 24 時間後に室温大気中でクロスヘッドスピード  $1.0 \text{ mm/min}$  の条件で万能試験機 (Instron, 3366, USA) を使用して行った。

各修復材料において試料数は 15 個とし、得られたせん断接着強さの結果は統計学的有意差の検定 (two-way ANOVA/Bonferroni, 危険率 5%) および Weibull 分析<sup>14,21)</sup> を行った。

## 2) 接着強さ測定後の破断面観察

接着強さ測定後の破断面の観察を行い、破壊様式の分類を行った。せん断接着試験後に通法に従い試料に金コーティングを行い、加速電圧  $20 \text{ kV}$  の条件で走査電子顕微鏡 ( $30 \times$  magnification, JSM-6360LV, 日本電子) を使用して象牙質表面の破壊様式の観察を行った。界面破壊は歯質が破壊せずに接着面積の  $2/3$  以上露出したもの、凝集破壊は修復材料あるいは歯質の破壊が  $2/3$  以上、それ以外は混合破壊とし、3 つに分類した<sup>22-24)</sup>。表面処理条件の違いが破壊様式に及ぼす影響について、統計学的有意差の検定 (Chi-square test, 危険率 5%) を行った。

## 3) 機械的性質 (圧縮強さ, 間接引張強さ, 曲げ強さ)

各修復材料の圧縮強さ<sup>25)</sup>、間接引張強さおよび曲げ強さ<sup>26)</sup>の測定を行った。各修復材料は、直径  $4 \text{ mm}$ 、高さ  $6 \text{ mm}$  (圧縮強さ)、直径  $6 \text{ mm}$ 、厚さ  $3 \text{ mm}$  (間接引張強さ) および厚さ  $2 \text{ mm}$ 、幅  $2 \text{ mm}$ 、長さ  $25 \text{ mm}$  (曲げ強さ) のステンレス鋼製金型に充填して試料を作製した。BFP および FSU は光照射を行った。光照射は圧縮強さおよび間接引張強さでは金型の上下面から各 5 秒間、曲げ強さの金型では上下面から各 5 秒間を 3 回行った。金型より試料を取り外し、その後  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  イオン交換水中に 24 時間保管した。圧縮強さ、間接引張強さおよび曲げ強さの測定は、試料作製から 24 時間後に室温大気中で万能試験機を使用してクロスヘッドスピード  $1.0 \text{ mm/min}$  の条件で行った。なお、曲げ強さの測定では、支点間距離を  $20 \text{ mm}$  として ISO4049<sup>26)</sup> に準拠して行った。圧縮強さ、間接引張強さおよび曲げ強さの各試験において、試料数は 10 個とした。得られた結果について、統計学的有意差の検定 (ANOVA/Scheffé, 危険率 5%) を行った。

## 結 果

### 1. 接着強さ

#### 1) 各修復材料の接着強さ

牛歯象牙質に対する各修復材料の 24 時間後の接着強さを Fig. 3 に、二元配置分散分析の結果を Table 2~5 に

示す。分散分析の結果、いずれの修復材料の象牙質接着強さについても唾液汚染の程度と象牙質脱灰の有無の各因子の交互作用が有意であったため、単純主効果の検定後、多重比較検定 (Bonferroni, 危険率 5%) を行った。

#### (1) ZIFC

単純主効果の検定より、軽度唾液汚染の条件で象牙質脱灰の有無は接着強さに有意な影響を与えなかった。また脱灰の有無にかかわらず、唾液汚染の程度 (唾液汚染なし、軽度唾液汚染、重度唾液汚染) は接着強さに有意な影響を与えた。多重比較検定により、G2 は G1 より有意に小さい接着強さを示した ( $p=0.005$ )。G3 と G4 の接着強さに有意差は認められなかった ( $p=0.52$ )。G5 は G6 より有意に大きい接着強さを示した ( $p<0.001$ )。また、G5 は G1 および G3 よりも有意に大きい接着強さを示した ( $p<0.001$ ) が、G1 と G3 の接着強さに有意な差は認められなかった ( $p=0.10$ )。G6 は G4 よりも接着強さが有意に小さい値を示した ( $p=0.002$ ) が、G2 と G4 ( $p=0.53$ ) および G2 と G6 ( $p=0.12$ ) の間には接着強さに有意な差は認められなかった。

#### (2) FVIC

単純主効果の検定より、軽度唾液汚染の条件で象牙質脱灰の有無は接着強さに有意な影響を与えなかった。また脱灰なしの条件では、唾液汚染の程度は接着強さに有意な影響を与えなかった。多重比較検定により、G2 は G1 より有意に小さい接着強さを示した ( $p<0.001$ )。G3 と G4 の接着強さに有意差は認められなかった ( $p=0.35$ )。G5 は G6 より有意に大きい接着強さを示した ( $p<0.001$ )。また、G1、G3 および G5 の接着強さに有意差は認められなかった ( $p=1.00$ )。G4 は G2 および G6 よりも接着強さが有意に大きい値を示した ( $p<0.001$ ) が、G2 と G6 の間には接着強さに有意な差は認められなかった ( $p=0.25$ )。

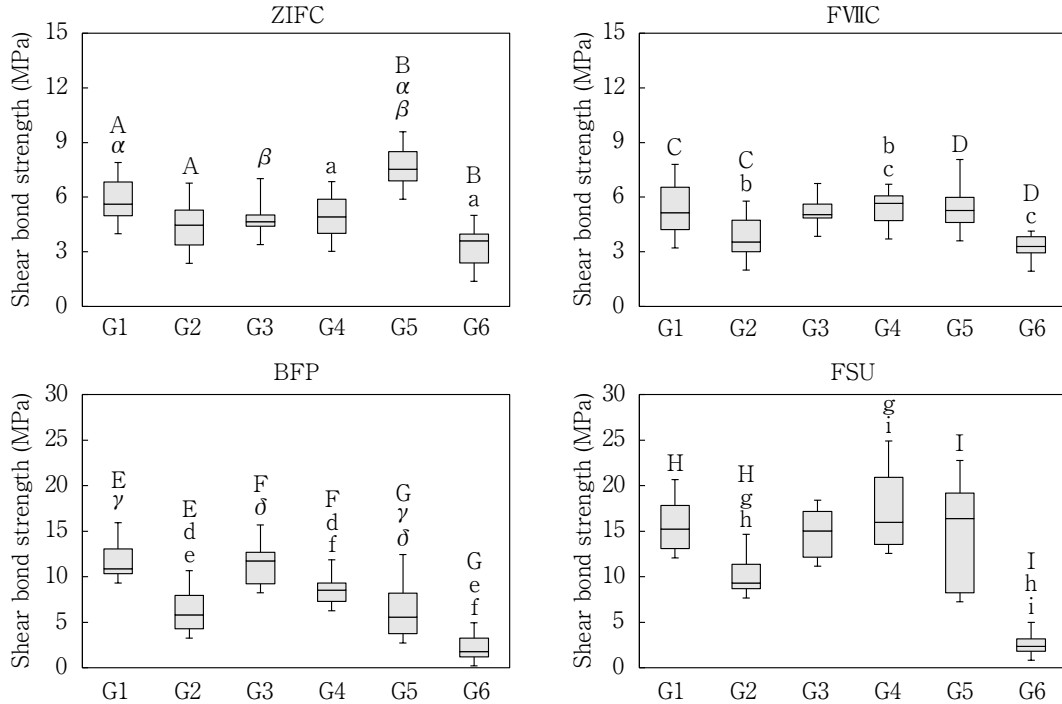
#### (3) BFP

単純主効果の検定より、いずれの唾液汚染の程度においても象牙質脱灰の有無は接着強さに有意な影響を与えた。また脱灰の有無にかかわらず、唾液汚染の程度は接着強さに有意な影響を与えた。多重比較検定により、G2 は G1 より有意に小さい接着強さを示した ( $p<0.001$ )。G3 は G4 より有意に大きい接着強さを示した ( $p=0.004$ )。G6 は G5 より有意に小さい接着強さを示した ( $p<0.001$ )。また、G5 は G1 および G3 より有意に小さい接着強さを示し ( $p<0.001$ )、G1 と G3 の接着強さに有意差は認められなかった ( $p=1.00$ )。G6 は G4 および G2 よりも接着強さが有意に小さい値を示し ( $p<0.001$ )、G4 は G2 よりも有意に大きい接着強さを示した ( $p=0.01$ )。

#### (4) FSU

単純主効果の検定より、軽度唾液汚染の条件で象牙質





**Fig. 3** Box plots of shear bond strengths between bovine dentin and filling materials (n=15). Same Roman upper case letters indicate significant differences in bond strength at same saliva contamination condition groups (none, mild or severe) (p<0.05). For the no demineralization groups (G1, G3 and G5), same Greek letters indicate significant differences in bond strength (p<0.05). For the demineralization groups (G2, G4 and G6), same Roman lower case letters indicate significant differences in bond strength (p<0.05).

**Table 2** Summary of analysis of variance in shear bond strength for ZIFC

Source	Type III Sum of squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Demineralization (A)	69.0972	1	69.0972	41.5456	p<0.001
Saliva contamination (B)	6.2632	2	3.1316	1.8829	0.1585
(A) × (B)	77.8663	2	38.9331	23.4091	p<0.001
Error	139.7058	84	1.6632		
Total	292.9324	89			

**Table 3** Summary of analysis of variance in shear bond strength for FVIC

Source	Type III Sum of squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Demineralization (A)	24.0048	1	24.0048	22.4861	p<0.001
Saliva contamination (B)	15.7249	2	7.8624	7.3650	0.0011
(A) × (B)	22.8419	2	11.4209	10.6983	p<0.001
Error	89.6736	84	1.0675		
Total	152.2451	89			

脱灰の有無は接着強さに有意な影響を与えなかった。また脱灰なしの条件では、唾液汚染の程度は接着強さに有意な影響を与えなかった。多重比較検定により、G2は

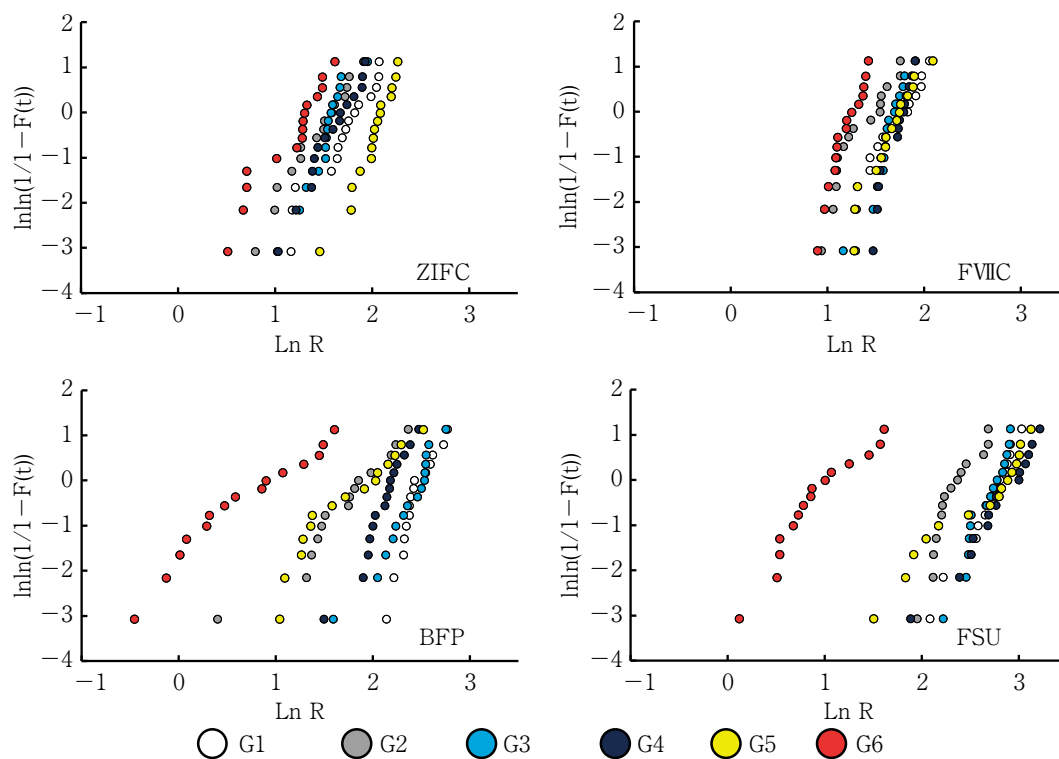
G1より有意に小さい接着強さを示した (p=0.001)。G3とG4の接着強さに有意差は認められなかった (p=0.12)。G6はG5より有意に小さい接着強さを示した (p<

**Table 4** Summary of analysis of variance in shear bond strength for BFP

Source	Type III Sum of squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Deminerarization (A)	358.4672	1	358.4672	67.0200	p<0.001
Saliva contamination (B)	509.1609	2	254.5805	47.5970	p<0.001
(A) × (B)	35.6358	2	17.8179	3.3313	0.0405
Error	449.2876	84	5.3487		
Total	1,352.5515	89			

**Table 5** Summary of analysis of variance in shear bond strength for FSU

Source	Type III Sum of squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Deminerarization (A)	490.1942	1	490.1942	32.4138	p<0.001
Saliva contamination (B)	796.6614	2	398.3307	26.3394	p<0.001
(A) × (B)	709.5588	2	354.7794	23.4595	p<0.001
Error	1,270.3343	84	15.1230		
Total	3,266.7487	89			



**Fig. 4** Weibull plots of shear bond strengths between bovine dentin and filling material

0.001). また, G1, G3 および G5 の接着強さに有意差は認められなかった (p=1.00). G6 は G4 および G2 よりも接着強さが有意に小さい値を示し (p<0.001), G4 は G2 よりも有意に大きい接着強さを示した (p<0.001).

2) 接着強さの Weibull 分析

Weibull 分布を Fig. 4 に, Table 6 に Weibull 分析の結

果 (Weibull 係数, 尺度母数, 5% および 95% 破壊確率) を示す. いずれの修復材料においても表面処理条件の違いにより Weibull 係数に有意差が認められなかった (p>0.05).

(1) ZIFC

G3 および G5 において Weibull 係数がそれぞれ 5.3 ±

**Table 6** Weibull analysis parameters of shear bond strength between bovine dentin and filling materials

Filling material	Surface treatment	Weibull modulus ±95% CI	Scale parameter ±95% CI (MPa)	5% Failure probability (MPa)	95% Failure probability (MPa)
ZIFC	G1	3.6±0.6	6.3±1.2	2.8	8.6
	G2	3.5±0.3	4.8±1.2	2.1	6.6
	G3	5.3±0.9	5.1±1.2	2.9	6.2
	G4	4.3±0.4	5.5±1.1	2.7	7.0
	G5	5.4±0.6	8.2±1.1	4.7	10.0
	G6	3.2±0.4	3.8±1.3	1.5	5.3
FVIC	G1	4.1±0.8	6.0±1.2	2.9	7.8
	G2	4.0±0.9	4.4±1.3	2.1	5.8
	G3	6.4±1.1	5.5±1.1	3.5	6.6
	G4	7.6±1.4	5.9±1.1	4.0	6.8
	G5	4.7±0.7	5.8±1.2	3.1	7.3
	G6	6.7±1.0	3.5±1.1	2.3	4.2
BFP	G1	6.1±1.3	12.6±1.2	7.7	15.0
	G2	2.3±0.3	7.0±1.3	1.9	11.3
	G3	3.9±0.6	12.1±1.2	5.7	16.0
	G4	4.8±0.6	9.2±1.1	4.9	11.6
	G5	2.3±0.4	7.1±1.4	2.0	11.4
	G6	1.7±0.2	2.6±1.4	0.5	4.9
FSU	G1	4.4±0.4	16.5±1.1	8.3	21.2
	G2	4.8±1.2	11.4±1.2	6.1	14.2
	G3	5.4±0.8	15.9±1.1	9.1	19.4
	G4	3.2±0.3	18.9±1.2	7.6	26.4
	G5	2.2±0.3	16.4±1.3	4.1	27.2
	G6	2.6±0.5	3.1±1.4	1.0	4.6

0.9, 5.4±0.6となり, その他の表面処理条件よりも Weibull 係数が高い値を示した。また, G5 は尺度母数, 5%および 95%破壊確率の値がほかの表面処理条件よりも大きい値を示した。

### (2) FVIC

G4においてほかの表面処理条件よりも大きい Weibull 係数 7.6±1.4 が得られた。次いで, G6 で Weibull 係数 6.7±1.0 となり, G3, G5 の順に Weibull 係数が小さい値となった。尺度母数は G1 が 6.0±1.2, G4 は 5.9±1.1, また G5 は 5.8±1.2 と近似した値であった。5%破壊確率が最も大きい値を示したのは G4 であり, 95%破壊確率が最も大きいのは G1 であった。

### (3) BFP

G1において Weibull 係数が 6.1±1.3 となり,ほかの表面処理条件より大きい値を示した。G6において, Weibull 係数がほかの表面処理条件よりも小さい値を示した。G1 および G3 の尺度母数はそれぞれ 12.6±1.2, 12.1±1.2 となり,ほかの表面処理条件よりも大きい値を示した。また, G1 および G3 は 95%破壊確率もそれぞれ

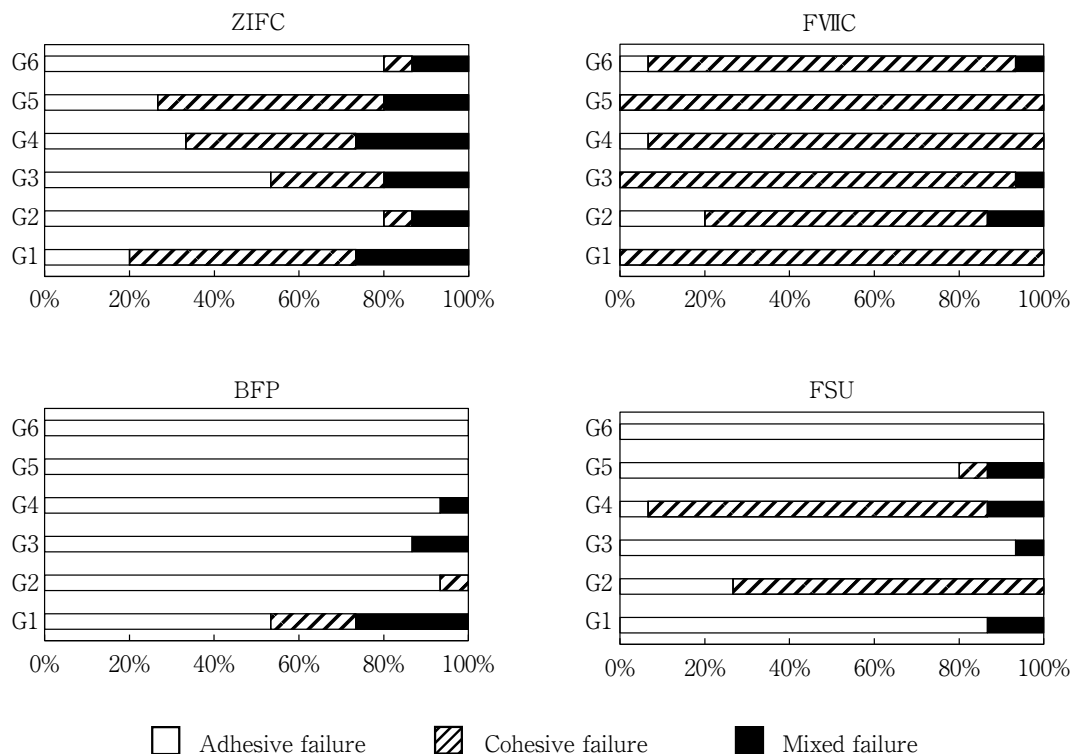
15.0 および 16.0 と,ほかの表面処理条件よりも大きい値を示した。

### (4) FSU

G5 および G6 において Weibull 係数がそれぞれ 2.2±0.3, 2.6±0.5 となりほかの表面処理条件よりも小さい値を示した。G4 の尺度母数は,ほかの表面処理条件よりも大きい値を示した。G3 の 5%破壊確率は他の表面処理条件より大きく, 95%破壊確率について G4, G5 が大きい値を示した。

## 2. 接着強さ測定後の破断面観察

Fig. 5 に接着強さ測定後の破断面観察の結果を示す。Chi-square test の結果, ZIFC, BFP および FSU は表面処理により破壊様式に有意差が認められた ( $p=0.007$ ,  $p=0.006$ ,  $p<0.001$ )。FVIC はいずれの表面処理を行っても接着試験後の破断面はセメントの凝集破壊を示す割合が多く, 表面処理条件の違いにより破壊様式に有意差は認められなかった ( $p=0.15$ )。セメント (ZIFC, FVIC) の接着試験後に認められる凝集破壊は, すべてセメントの破壊であった。コンポジットレジン BFP は G1 の



**Fig. 5** Failure mode distributions after shear bond strength tests at different surface treatment groups (n=15)

**Table 7** Mechanical properties of filling materials used in this study

Filling material	Mechanical properties		
	Compressive strength (MPa)	Diametral tensile strength (MPa)	Flexural strength (MPa)
ZIFC	174.8±29.9	9.5±3.0 <sup>b</sup>	21.0±10.3 <sup>c</sup>
FVIC	99.8±17.9	5.8±1.4 <sup>b</sup>	14.0±8.1 <sup>c</sup>
BFP	361.5±20.7 <sup>a</sup>	47.0±7.4	110.6±15.7
FSU	336.5±11.4 <sup>a</sup>	53.8±4.5	144.7±13.3

Same lower case letters indicate no significant differences in each mechanical property ( $p > 0.05$ ).

条件で3つ、G2の条件で1つ観察された凝集破壊はボンディングの破壊、コンポジットレジンあるいは歯質の破壊がみられた。FSUのG2およびG5で観察された凝集破壊はすべて歯質の破壊が生じており、G4で観察された凝集破壊はボンディングの破壊、コンポジットレジンの破壊あるいは歯質の破壊が認められた。

### 3. 機械的性質（圧縮強さ、間接引張強さ、曲げ強さ）

得られた各修復材料の圧縮強さ、間接引張強さおよび曲げ強さの結果をTable 7に示す。各修復材料により圧縮強さ ( $F=361.171$ ,  $p < 0.001$ )、間接引張強さ ( $F=290.154$ ,  $p < 0.001$ ) および曲げ強さ ( $F=284.927$ ,  $p <$

$0.001$ )は有意な差が認められた。圧縮強さはBFPとFSUの間に有意差が認められないものの ( $p=0.08$ )、その他の修復材料間で有意差が認められた ( $p < 0.001$ )。間接引張強さはZIFCとFVICの間に有意差が認められないものの ( $p=0.36$ )、その他の修復材料間で有意差が認められた ( $p < 0.001 \sim 0.02$ )。曲げ強さはZIFCとFVICの間に有意差が認められないものの ( $p=0.64$ )、その他の修復材料間で有意差が認められた ( $p < 0.001$ )。各修復材料とも間接引張強さが小さく、圧縮強さは大きい値を示した。

## 考 察

本研究で使用した亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメント ZIFC はカプセルで供給されており、粉末の組成がフルオロアルミノシリケートガラス、フルオロジシクシリケートガラス、ポリアクリル酸であり、液の組成はポリアクリル酸、蒸留水、多塩基性カルボン酸、リン酸からなる。ZIFC は先行してマーケットに存在するケアダインレストア (ジーシー) と同様に、機能性フィラー (BioUnion フィラー) を含む。高橋ら<sup>11)</sup> は亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントによる根面象牙質脱灰抑制効果および再石灰化効果を報告し、根面齲蝕の修復に有効な材料であることを述べている。また、Hasegawa ら<sup>12)</sup> は亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメント (ケアダインレストア) の充填部位で歯質の再石灰化と細菌に対する antibiofilm 効果を報告し、これらの効果には亜鉛イオンが象牙質に取り込まれることが関与していると考察している。このほかに、亜鉛イオン・フッ化物イオン・カルシウムイオンによる歯質の脱灰抑制、抗菌性が報告<sup>7-10)</sup> されており、これらのイオンを放出する亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントの充填部位での二次齲蝕予防効果が期待される。根面齲蝕は窩洞辺縁が歯肉に近接あるいは歯肉縁下に及ぶことがあり、完全防湿や軟化象牙質の完全な除去が困難な症例もある。しかしながら、これまでに亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントの歯質に対する接着強さに関する研究報告はみられない。

そこで、本研究では牛歯根面象牙質を被着面とし、軽度唾液汚染、重度唾液汚染、歯質の脱灰およびその組合せが充填材料の接着強さに及ぼす影響を Weibull 分析により解析を行った。

### 1. 唾液汚染の影響について (G1, G3 および G5)

ZIFC は重度唾液汚染後にコントロールよりも接着強さが有意に増加し、FVIC は有意な差は認められなかった。一方、BFP は重度唾液汚染後に接着強さがコントロールおよび軽度唾液汚染よりも低下した。FSU は重度唾液汚染後、接着強さのデータにバラツキがみられた。また、ZIFC および FVIC の Weibull 係数は唾液汚染後にコントロールよりも高い値を示した。ZIFC の重度唾液汚染では尺度母数、5% および 95% 破壊確率はコントロールよりも高い値を示した。一方で、ZIFC の軽度唾液汚染では尺度母数、95% 破壊確率がコントロールより低い値であった。FVIC は軽度唾液汚染、重度唾液汚染ともに尺度母数、95% 破壊確率がコントロールよりも小さい値となった。Weibull 分析は材料の物性を評価するために適した分析法であり、Weibull 係数は試験材料の

信頼性の指標である。Weibull 係数が高いほど破壊荷重が近似していることを示しており、逆に Weibull 係数が低い値では破壊荷重が幅広く分布することを示している<sup>14)</sup>。Kulczyk ら<sup>14)</sup> は、ヒト歯象牙質への唾液汚染がグラスアイオノマーセメントのせん断接着強さに及ぼす影響を Weibull 分析により報告している。そのなかで、唾液汚染はグラスアイオノマーセメントのせん断接着強さに影響を与えないものの、低荷重での破壊確率を増加させたと述べている。本研究においても同様の傾向を示し、セメント系材料の唾液汚染後の接着強さは ZIFC の重度唾液汚染を除き、95% 破壊確率の値はコントロールよりも低くなる傾向を示した。ZIFC の重度唾液汚染の尺度母数、5% および 95% 破壊確率の値がコントロール、軽度唾液汚染よりも増加したことについて、亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントの亜鉛イオン・フッ化物イオン・カルシウムイオンなどのイオン放出量が多い<sup>11,12,27)</sup> ことなどの、セメントの特性に由来すると推察される。グラスアイオノマーセメントの歯質接着性には、歯質のカルシウムイオンと液中のポリアクリル酸のカルボキシラートイオン間の結合あるいは歯質のコラーゲンのアミノ基とポリアクリル酸のカルボキシ基間の結合が関与している<sup>28)</sup>。亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントは親水性と考えられ、今回の重度唾液汚染の条件では硬化初期に唾液と接触するとセメントがすみやかに歯面に広がり、象牙質との化学結合に関与する反応基が接着面に拡散し化学結合を得る<sup>14)</sup> ために有利に作用したと考えられた。

Shimazu ら<sup>29)</sup> は、唾液汚染はグラスアイオノマーセメントと牛歯エナメル質および象牙質の微小引張接着強さ ( $\mu$ TBS) に影響を与えず、一方で、コンポジットレジンと象牙質の  $\mu$ TBS は唾液汚染の条件で有意に低下することを報告している。唾液汚染がコンポジットレジンと歯質の接着強さに与える影響に関する研究<sup>14,29-36)</sup> では、研究報告により接着操作の唾液汚染のタイミングが異なり、一概に各接着強さを比較できないものの、唾液汚染はコンポジットレジンの接着強さに影響しないという報告が多い。コンポジットレジンの歯質への接着について、水分はコラーゲンの構造を維持するために必要で接着を阻害するものではないことや、歯質の過度の乾燥は象牙質のコラーゲンを破壊する可能性があるという報告がある<sup>14,33)</sup>。Ari ら<sup>33)</sup> は、コラーゲンの隙間に存在する水が接着には重要な要因であることを述べている。また、唾液汚染は象牙質の接着強さに影響を与えず、唾液の存在下で接着材の水溶性成分が歯質表面で容易に拡散し露出した象牙質のコラーゲンや細管に浸透して樹脂含浸層を形成する<sup>30)</sup> ことや、アセトンベース (アセトンを溶剤とする) の接着材は水をベースとする接着材よりも唾液

の存在下でより高い接着強さを示すことが報告されている<sup>31)</sup>。アセトンやエタノールを溶剤として含む接着材は、糖タンパクを変質させて唾液汚染を取り除くことも報告されている<sup>37)</sup>。

一方、過去の報告より、接着材の重合前に唾液汚染を受けると接着材の重合度に影響を与える<sup>32)</sup>ことなども考慮すると、本研究の重度唾液汚染のように過剰な唾液の存在は歯面への接着材の重合・接着を阻害するように作用し、コンポジットレジン接着強さの Weibull 係数、5%破壊確率がコントロールよりも低下したと考えられた。

## 2. 歯質脱灰の影響について (G1, G2)

すべての充填材料において、脱灰象牙質への接着強さはコントロールと比較して減少傾向を示した。これは、歯質の脱灰により象牙質面の有機成分の性状に影響を及ぼしたため<sup>19)</sup>と考えられた。また、歯質の脱灰による表層のミネラル密度の低下は、カルシウムイオン量の減少<sup>36)</sup>と考えられ、歯質とセメント間で十分な化学的結合が得られずコントロールよりも接着強さが低下した要因と考えられた。

## 3. 脱灰象牙質と唾液の影響について (G2, G4 および G6)

すべての充填材料において、脱灰象牙質表面への軽度唾液汚染によって接着強さはやや増加する傾向を示し、脱灰象牙質表面への重度唾液汚染はセメント系材料 (ZIFC, FVIC) の場合、脱灰象牙質よりも接着強さの平均値 (中央値) がやや低下した。一方で、脱灰後に重度唾液汚染させたコンポジットレジンの接着強さの平均値は、脱灰象牙質のみの接着強さの BFP では 30%、FSU においては 26%程度であった。

Weibull 分析では、セメント系材料 (ZIFC, FVIC) においても歯質の脱灰後の重度唾液汚染では尺度母数、5%および95%破壊確率がほかの条件よりも小さい値を示す傾向がみられた。また歯質の脱灰後に軽度唾液汚染させた場合の接着強さは、脱灰のみの条件よりも尺度母数、5%および95%破壊確率のいずれも増加傾向を示した。セメントの歯質への接着強さは、コンポジットレジンよりも歯質の脱灰と重度唾液汚染の影響を受けにくいと推察された。また、過去に亜鉛ガラス含有ガラスアイオノマーセメントを歯質に充填し7日後に EPMA 分析を行ったところ、亜鉛イオンおよびフッ化物イオンの象牙質への取り込みが認められ、再石灰化に有効であることが報告されている<sup>12)</sup>。亜鉛イオンとフッ化物イオンによる象牙質脱灰抑制効果は、亜鉛イオン単体あるいはフッ化物イオン単体ではその効果は低く、両者は相乗的な働きをする<sup>38,39)</sup>。今回使用したセメント系材料 ZIFC は亜鉛イオン、フッ化物イオンを放出し、FVIC は亜鉛

イオンの放出はないが、フッ化物イオンを放出する<sup>11,12,27)</sup>。そのため、セメント充填部位から象牙質表面にこれらのイオンが拡散し、脱灰により影響を受けた歯質の有機成分に歯質強化 (再石灰化) 作用が生じ、コンポジットレジンほど脱灰象牙質と唾液が歯質への接着強さに与える影響が少なかったとも考えられた。脱灰象牙質と唾液が歯質への接着強さに及ぼす影響がコンポジットレジンとガラスアイオノマーセメントで傾向が異なるのは、それぞれの修復材料の歯質への接着機構の違いと考えられる。

歯質の脱灰後に重度唾液汚染させたコンポジットレジン (BFP, FSU) の尺度母数、5%および95%破壊確率はほかの条件よりも小さい値を示した。これは、歯質の脱灰後の重度唾液汚染はコンポジットレジンの接着強さを低下させることを示唆している。しかしながら、歯質の脱灰後に軽度唾液汚染させた場合のコンポジットレジンの接着強さは脱灰のみの条件よりも尺度母数、5%および95%破壊確率のいずれも大きな値となった。コンポジットレジンの歯質への接着に対して唾液は被着面の汚染物質であり接着の阻害因子であるものの、本研究においては脱灰象牙質に滴下した唾液がコラーゲンに浸透、あるいはヌレを改善させたことで脱灰のみの条件よりも接着材が象牙質面に浸透、拡散したと考えられた<sup>33)</sup>。Amsler ら<sup>36)</sup>は健全象牙質および脱灰象牙質に対し、唾液汚染後に接着材 (スコッチボンドユニバーサル) を使用して24時間後および1年後のコンポジットレジンの接着強さを検討している。その結果、歯質の状態 (健全象牙質、脱灰象牙質) は接着強さに有意な影響を与えるものの、唾液汚染と保管期間は接着強さに有意な影響を与えないことを報告している。そのなかで、接着材がスマーヤー層に浸透して歯質を改質するだけでなく唾液中のムコ多糖体を破壊して接着強さが向上すること、接着材に含まれる 10-MDP が歯質のハイドロキシアパタイトを溶解し、放出したカルシウムイオンと結合し安定した 10-MDP-Ca 塩を形成すること、および唾液の存在下でも 10-MDP モノマーが塩とナノレイヤを形成することで高い接着能力を発揮すると考察している。また脱灰象牙質に関して、露出したコラーゲンには象牙細管の周囲に残存するハイドロキシアパタイト結晶が少なく、10-MDP を含む接着材が結合する反応基が少ないこと、加えて脱灰象牙質には接着材が十分に浸透せず不完全な樹脂含浸層が形成されて接着強さが低下したと考察している。本研究で使用しているスコッチボンドユニバーサルアドヒーズは、MDP を含むことが明記されている。脱灰象牙質への接着材の塗布により不完全な樹脂含浸層が形成され、重度唾液汚染では特に接着強さが低下したと考えられた。

象牙質表面の水分はコラーゲンの構造の維持に必要であるものの、重度唾液汚染では接着に逆効果であったことから、本実験における被着面の条件については脱灰後の象牙質面は適度な湿潤状態が接着強さを得るには必要と考えられた。

FVICは圧縮強さ、間接引張強さ、曲げ強さがほかの充填材料よりも低く、接着試験後の破壊様式について被着面の条件にかかわらず、セメントの凝集破壊が多くみられた。一方、ZIFCでは界面破壊も観察された。Kulczykら<sup>14)</sup>はガラスアイオノマーセメントは硬化初期に水分に汚染されるとセメントの強度が弱くなり、凝集破壊が生じる可能性が増加すると報告している。しかしながら、本研究においてはZIFCおよびFVICのコントロールにおいてすでに凝集破壊が中心に観察されたため、重度唾液汚染後の破壊様式はコントロールと類似した傾向であった。

Boydら<sup>40)</sup>はアルミニウムの代わりに亜鉛含有ガラスをセメントの粉末とするzinc based glass ionomer cementsの機械的性質(圧縮強さ)は、aluminium-based glass ionomer cementと同様にセメント反応のmaturationにより、またポリアクリル酸の分子量が大きくなるほどその値が大きくなることを示している。しかしながら、30日後のzinc based glass ionomer cementsの圧縮強さはaluminium-based glass ionomer cementの1/4程度であったと報告している。また、Darlingら<sup>41)</sup>はalmino-zinc-silicate glassesを用いたガラスアイオノマーセメントでは高強度で水に安定したセメント硬化体が得られ、ガラスに含まれる亜鉛の構造上の役割は不明ながらも、亜鉛はフルオロアルミノシリケートガラスの中のアルミニウムと同様な働きをすると述べている。さらに、亜鉛はガラスの構造を維持するnetwork modifierとして機能し、ポリアクリル酸と反応しセメント形成能を与えていると考察している。ZIFCの粉末はフルオロアルミノシリケートガラスおよびフルオロジシケートガラスから構成されること、また、セメントの液成分であるポリアクリル酸の分子量の違いなどは不明であるが、ZIFCにおいては粉末にもポリアクリル酸が含まれていることおよび粉液比がFVICよりも高いことから優れた機械的性質を示したと考えられた。

BFPおよびFSUは圧縮強さが近似していたが、歯質の脱灰後および重度唾液汚染後の接着強さ測定後の破壊様式に異なる傾向がみられた。両者の違いは接着材の組成による脱灰象牙質への浸透性、ならびに歯質との接着強さを表していると考えられる。FSUの脱灰と脱灰後に軽度唾液汚染とした試料では、脱灰により脆弱となった歯質の強度を接着材の接着強さが上回り、凝集破壊がみられたと考えられた。

また、脱灰象牙質に重度唾液汚染をさせた各修復材料の接着強さの平均値は、コントロールと比較するとZIFCは57.9%、FVICは61.1%、BFPは19.8%そしてFSUは18%であった。Weibull分析から、各表面処理条件においてコンポジットレジンではガラスアイオノマーセメントよりも尺度母数が大きく、接着強さが大きいことを示している。しかしながら、各修復材料の5%破壊確率を有する接着強さの推定値に注目すると、コントロールと比較して脱灰象牙質に重度唾液汚染をさせた条件でZIFCは2.8 MPaから1.5 MPa(減少率46%)、FVICでは2.9 MPaから2.3 MPa(減少率21%)、BFPでは7.7 MPaから0.5 MPa(減少率94%)、FSUでは8.3 MPaから1.0 MPa(減少率88%)となった。5%破壊確率を有する接着強さは、その接着強さにおける負荷荷重での破壊確率が5%以下となると推定され、接着部の破壊が発生しにくい強さの推定値と考えることができる。コンポジットレジンではガラスアイオノマーセメントよりも5%破壊確率を有する接着強さの減少率が大きく認められたことから、歯質の脱灰と唾液汚染により接着強さが影響を受けやすいと考えられた。

ケアダイレストアは粉末部と液部で供給されており、添付文書によると使用目的に応じ、標準粉液比P/L ratio=2.3に対して粉末の所定量を±10%の範囲で調整が可能であると記している。しかしながら、歯科用セメントの臨床的計量誤差に関する研究報告<sup>42,43)</sup>によると、製造業者の指示に従いセメント粉末と液を採取しても標準粉液比からある程度の変動がみられることが知られている。一方で、本研究で使用したZIFCおよびFVICはカプセルで供給されている。そのため、過去の研究報告で示されたような予期せぬ粉液比の変化(臨床的計量誤差)が生じる可能性は低い。加えて、カプセルは機械練和を行うため、セメントの練和操作に関して経験者・未経験者間による物性への影響が少ないと考えられる。またカプセルは個包装されているため、衛生的である。

亜鉛ガラス含有ガラスアイオノマーセメント(ZIFC)は機能性フィラーを有することから根面齶蝕への治療効果が期待される<sup>11,12)</sup>。本研究結果より、ガラスアイオノマーセメントの歯質への接着強さはコンポジットレジンよりも唾液汚染および歯質脱灰の影響を受けにくいことが示され、完全防湿が困難な窩洞への充填に有効であると考えられた。

## 結 論

本実験条件において、以下の結論が得られた。

1. 各修復材料の象牙質接着強さは、コントロールと比較して軽度唾液汚染による影響を受けなかった。



2. 歯質脱灰および脱灰後に重度唾液汚染させた各修復材料の象牙質接着強さは、コントロールおよび重度唾液汚染より有意に低下した。

3. Weibull分析により、グラスアイオノマーセメントはコンポジットレジンよりも歯質の脱灰と唾液汚染により接着強さが影響を受けにくかった。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) 日本口腔衛生学会, 平成28年度歯科疾患実態調査報告, 口腔保健協会: 東京; 2019, 19-32.
- 2) 鈴木美保, 園田 茂, 才藤栄一, 加藤友久, 坂井 剛, 高齢障害者のADLに対する歯科治療の効果, リハビリテーション医学 2003; 40: 57-67.
- 3) Fukai K, Takiguchi T, Ando Y, Aoyama H, Miyakawa Y, Ito G, Inoue M, Sasaki H. Associations between functional tooth number and physical complaints of community-residing adults in a 15-year cohort study. *Geriatr Gerontol Int* 2009; 9: 366-371.
- 4) 日本歯科医師会, 歯科診療所におけるオーラルフレイル対応マニュアル2019年版, 日本歯科医師会: 東京; 2019, 4-16.
- 5) 佐藤秀一, 歯周病の見地から根面う蝕を考える—歯周病と根面う蝕の対応—日歯保存誌 2019; 62: 103-106.
- 6) 菅 武雄, 高齢者の根面う蝕をどう管理するか, *Quintessence* 2017; 36: 94-115.
- 7) Takatsuka T, Tanaka K, Iijima Y. Inhibition of dentine demineralization by zinc oxide: In vitro and in situ studies. *Dent Mater* 2005; 21: 1170-1177.
- 8) Toledano M, Yamauti M, Osorio E, Osorio R. Zinc-Inhibited MMP-mediated collagen degradation after different dentine demineralization procedures. *Caries Res* 2012; 6: 201-207.
- 9) Pandit S, Kim H-J, Song K-Y, Jeon J-G. Relationship between fluoride concentration and activity against virulence factors and viability of a cariogenic biofilm: in vitro study. *Caries Res* 2013; 47: 539-547.
- 10) Mohammed NR, Mneimne M, Hill RG, Al-Jawad M, Lynch RJM, Anderson P. Physical chemical effects of zinc on in vitro enamel demineralization. *J Dent* 2014; 42: 1096-1104.
- 11) 高橋 圭, 島田康史, 田上順次, 吉山昌宏, 亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントによる根面脱灰抑制効果の検討, 日歯保存誌 2019; 62: 190-198.
- 12) Hasegawa T, Takenaka S, Ohsumi T, Ida T, Ohshima H, Terao Y, Naksagoon T, Maeda T, Noiri Y. Effect of a novel glass ionomer cement containing fluoro-zinc-silicate fillers on biofilm formation and dentine ion incorporation. *Clin Oral Invest*; doi.org/10.1007/s00784-019-02991-0
- 13) 宮内貴弘, バイオアクティブ修復材料によるう蝕象牙質の再石灰化, 日歯保存誌 2009; 52: 469-482.
- 14) Kulczyk KE, Sidhu SK, McCabe JF. Salivary contamination and bond strength of glass-ionomers to dentin. *Oper Dent* 2005; 30: 676-683.
- 15) Shimazu K, Karibe H, Ogata K. Effect of artificial saliva contamination on adhesion of dental restorative materials. *Dent Mater J* 2014; 33: 545-550.
- 16) Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dent Mater* 2005; 21: 1150-1157.
- 17) Cook NB, 渡邊英彦, グラスアイオノマーセメント—修復材料として過小評価されていないだろうか—, *Dental Diamond* 2010; 11: 68-80.
- 18) ISO/TS11405. Dentistry-testing of adhesion to tooth structure. International Standards Organization: Geneva; 2015.
- 19) Joves GJ, Inoue G, Nakashima S, Sadr A, Nikaido T, Tagami J. Mineral density, morphology and bond strength of natural versus artificial caries-affected dentin. *Dent Mater J* 2013; 32: 138-143.
- 20) Huang H-H, Chiu Y-H, Lee T-H, Wu S-C, Yang H-W, Su K-H, Hsu C-C. Ion release from NiTi orthodontic wires in artificial saliva with various acidities. *Biomaterials* 2003; 24: 3585-3592.
- 21) Abernethy RB. The new Weibull handbook. 5th ed. Abernethy RB: Florida; 2006. 2-6.
- 22) Hibino Y, Kuramochi K, Harashima A, Honda M, Yamazaki A, Nagasawa Y, Yamaga T, Nakajima H. Correlation between the strength of glass ionomer cements and their bond strength to bovine teeth. *Dent Mater J* 2004; 23: 656-660.
- 23) 長沢悠子, 日比野 靖, 江田義和, 重田浩貴, 中嶋 裕, CAD/CAM用セラミックブロックのフッ化水素酸処理がセルフアドヒーズレジンセメントのせん断接着強さに及ぼす影響, 日歯保存誌 2019; 62: 17-26.
- 24) Nagasawa Y, Hibino Y, Eda Y, Nakajima H. Effect of surface treatment of CAD/CAM resin composites on the shear bond strength of self-adhesive resin cement. *Dent Mater J* 2021; 40: 364-378.
- 25) ISO9917-1. Dentistry-water-based cements—Part 1: powder/liquid acid-base cements. International Standards Organization: Geneva; 2007.
- 26) ISO4049. Dentistry-polymer-based restorative and luting materials. International Standards Organization: Geneva; 2019.
- 27) 宮治裕史, 抗菌性イオンが口腔ケアをサポートするBioUnionテクノロジー!! *Dental Diamond* 2019; 2: 194-199.
- 28) Shen C. Chapter 14. Dental cements. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Philips' Science of dental materials. 12th

- ed. Elsevier Saunders: St. Louis; 2013. 320-327.
- 29) Shimazu K, Karibe H, Oguchi R, Ogata K. Influence of artificial saliva contamination on adhesion in class V restorations. *Dent Mater J* 2020; 39: 429-434.
- 30) EL-Kalla IH, Garcia-Godoy F. Saliva contamination and bond strength of single-bottle adhesives to enamel and dentin. *Am J Dent* 1997; 10: 83-87.
- 31) Abdalla AL, Davidson CL. Bonding efficiency and interfacial morphology of on-bottle adhesives to contaminated dentin surfaces. *Am J Dent* 1998; 11: 281-285.
- 32) Sattabanasuk V, Shimada Y, Tagami J. Effects of saliva contamination on dentin bond strength using all-in-one adhesives. *J Adhes Dent* 2006; 8: 311-318.
- 33) Ari H, Dönmez N, Belli S. Effect of artificial saliva contamination on bond strength to pulp chamber dentin. *Eur J Dent* 2008; 2: 86-90.
- 34) Sheikh H, Heymann HO, Swift Jr EJ, Ziemiecki TL, Ritter AV. Effect of saliva contamination and cleansing solutions on the bond strengths of self-etch adhesives to dentin. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22: 402-411.
- 35) Koppolu M, Gogala D, Mathew VB, Thangala V, Deepthi M, Sasidhar N. Effect of saliva and blood contamination on the bond strength of self-etching adhesive-an in vitro study. *J Conser Dent* 2012; 15: 270-273.
- 36) Amsler F, Peutzfeldt A, Lussi A, Flury S. Long-term bond strength of self-etch adhesives to normal and artificially eroded dentin: effect of relative humidity and saliva contamination. *J Adhes Dent* 2017; 19: 169-176.
- 37) Eiriksson SO, Pereira PNR, Swift Jr EJ, Heymann HO, Sigurdsson A. Effect of saliva contamination on resin-resin bond strength. *Dent Mater* 2004; 20: 37-44.
- 38) Lynch RJM, Churchley D, Butler A, Kearns S, Thomas GV, Badrock TC, Cooper L, Higham SM. Effects of zinc and fluoride on the remineralization of artificial carious lesions under simulated plaque fluid conditions. *Caries Res* 2011; 45: 313-322.
- 39) Lippert F. Dose-response effects of zinc and fluoride on caries lesion remineralization. *Caries Res* 2012; 46: 62-68.
- 40) Boyd D, Towler MR. The processing, mechanical properties and bioactivity of zinc based glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med* 2005; 16: 843-850.
- 41) Darling M, Hill R. Novel polyalkenoate (glass-ionomer) dental cements based on zinc silicate glasses. *Biomaterials* 1994;15: 299-306.
- 42) 松尾治茂. グラスアイオノマーセメントに関する研究—とくに粉末と液体の臨床的採取量の変動がその物性に及ぼす影響について—. *日大歯学* 64; 1990: 343-353.
- 43) 中畠 裕, 長沢悠子, 日比野 靖. テクニカルファクターと歯科材料—合着・接着材料を中心に—. *日歯医師会誌* 66; 2013: 573-581.

# Bond Strength of Encapsulated Zn-containing Glass Ionomer Cement to Dentin

—Effect of Saliva Contamination and Dentin Demineralization on the Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cements and Resin Composites—

NAGASAWA Yuko, EDA Yoshikazu, MATSUMOTO Shigeki,  
NAKAJIMA Hiroshi and HIBINO Yasushi

Division of Dental Biomaterials Science, Department of Restorative and Biomaterials Sciences,  
Meikai University School of Dentistry

## Abstract

**Purpose:** This study aimed to investigate the effect of saliva contamination (no saliva, mild saliva or severe saliva contamination) and/or dentin demineralization on the shear bond strength of restorative materials (two encapsulated glass ionomer cements and two resin composites) to bovine dentin.

**Materials and Methods:** Four restorative materials, CAREDYNE ZIF-C (GC) and a glass ionomer Fuji VII CAPSULE (GC), and two resin composites, BEAUTIFIL Flow Plus X F03 (Shofu) and Filtek Supreme Ultra Flowable Restorative (3M Japan), were examined in this study. Bovine dentin was embedded into epoxy resin and polished using SiC#400 abrasive papers under running water. Six different dentin surface conditions were prepared: control, demineralization, mild or severe saliva contamination and those combinations of saliva contamination and demineralization. The restorative materials were bonded (3 mm in diameter, 3 mm in height) to each treated dentin surface and shear bond strengths were determined after 24 hours ( $n=15$ ). Two-way ANOVA/Bonferroni and Weibull analyses were performed on the results.

**Results:** Under the mild saliva contamination, demineralization did not affect the bond strengths of materials except for BEAUTIFIL Flow Plus X F03 ( $p>0.05$ ). As compared to the control, the bond strength after the severe saliva contamination of CAREDYNE ZIF-C increased but that of BEAUTIFIL Flow Plus X F03 reduced ( $p<0.05$ ). Resin composite treated by both severe saliva contamination and severe saliva contamination after demineralization showed lower Weibull moduli than the control.

**Conclusion:** Surface saliva contamination and demineralization significantly affected the dentin bond strengths of restorative materials examined. Dentin demineralization significantly decreased the bond strength of restorative materials under the conditions without saliva and with severe saliva contamination. The results of Weibull analysis suggested that the bond strengths of glass ionomer cements were less influenced by demineralization and saliva contamination compared to those of resin composites.

**Key words:** zinc-containing glass, glass ionomer cement, saliva contamination

## 愛知学院大学歯学部附属病院・顕微鏡歯科外来の 開設1年7カ月における実態調査

今 泉 一 郎 江 幡 香 里 樋 口 直 也  
山 口 正 孝 稲 本 京 子

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

### 抄録

目的：愛知学院大学歯学部附属病院は、2018年11月に「顕微鏡歯科外来」を開設した。本外来はすべて自費診療で、歯科用実体顕微鏡を活用した精密な歯内治療を専門的に行っている。現在、難治症例や解剖学的な理由などで一般歯科医院では対応困難な患者が紹介により来院している。そこで今回、顕微鏡歯科外来を受診した初診患者を対象に、各種の医療情報を調査し、大学病院の特殊外来としての役割を検証した。

対象と方法：2018年11月1日から2020年5月31日までの1年7カ月間に、愛知学院大学歯学部附属病院顕微鏡歯科外来を受診した初診患者を対象とした。医療情報として、性別、年代、患者居住地、部位、臨床診断名、初診時臨床症状、初診受診後の患者動向、顕微鏡歯科外来での処置内容、治療回数、経過について調査し分析した。

結果：顕微鏡歯科外来を受診した初診患者は40名で、年齢構成は、40歳代、50歳代が全体の約半数を占めた。患者居住地は、8割以上が愛知県で、そのうち名古屋市が全体の6割弱を占めた。依頼部位は上顎前歯が最も多く全体の35.4%を占め、次いで下顎大臼歯が33.3%であった。臨床診断名はすべて「慢性根尖性歯周炎」で、既根管処置歯の再治療症例であった。初診患者の65.0%に対し顕微鏡歯科外来で処置を行った。そのうち、24.1%の症例はマイクロサージェリーによる歯根尖切除術のみが行われ、65.5%の症例に対し感染根管治療が行われた。

結論：今回の実態調査から当外来の役割は、一般歯科医院で治療困難な再根管治療症例の対応であることが判明した。今後も高次医療機関として地域医療機関と連携を図り、歯内治療の専門性や価値を地域に発信して、国民の口腔の健康保持や歯の保存に寄与していく必要がある。

キーワード：歯科用実体顕微鏡、実態調査、自費診療、大学病院

責任著者連絡先：今泉一郎

〒464-8651 名古屋市千種区末盛通2-11 愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

TEL : 052-759-2148, FAX : 052-764-2299, E-mail : imaizumi@dpc.agu.ac.jp

受付：2021年1月15日/受理：2021年3月9日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.156

## 緒言

超高齢社会の到来とともに、健全な口腔機能が全身状態に及ぼす影響<sup>1)</sup>が広く認知され、患者の歯の保存に対する意識は年々向上している。また、情報化が進みさまざまな医療情報を患者みずからが検索できるため、高度で質の高い歯科治療に対する需要が高まっている。このようななかで、欧米のような高価な器械器具・材料を使用する歯内治療も関心を集めている。愛知学院大学歯学部附属病院は、2018年11月に「顕微鏡歯科外来」を開設した。本外来は、今日の歯内治療においてはグローバル・スタンダードである歯科用実体顕微鏡（マイクロスコープ）<sup>2,3)</sup>、歯科用コーンビームCT（CBCT：Cone-beam computed tomography）<sup>4,5)</sup>、ニッケルチタン製（Ni-Ti）ロータリーファイル<sup>6,7)</sup>、mineral trioxide aggregate（MTA）<sup>8-10)</sup>などを活用し、高度な技術と知識を備えた専門医が精密な歯科治療を行う特殊外来である。すべて自費診療（歯科保険適用外診療）であり、歯内治療を日本歯科保存学会が認定する保存治療専門医の資格を有する医長が担当している。また、当院の歯内治療科（保険診療）では使用していない機器・材料を使用しており、前述したNi-Tiロータリーファイル、MTAセメントほか、加熱式根管充填器、レジン系シーラー、バイオセラミック系シーラーなどから症例に応じて最適なものを選択している。さらに難治症例には、必要に応じてエンドドンティックマイクロサージェリーを行っている。現在開設から1年半以上経過し、今後も患者のニーズに合った歯内治療を確実に提供していくために、本外来の実態を把握することは非常に重要である。

そこで今回、大学病院の特殊外来として求められている役割をより明確にするため、顕微鏡歯科外来を受診した初診患者を対象に、各種の医療情報を調査し、分析を行ったので報告する。

## 対象および方法

2018年11月1日から2020年5月31日までの1年7カ月間に、愛知学院大学歯学部附属病院顕微鏡歯科外来を受診した初診患者で、本研究の趣旨に同意が得られた患者を対象とした。

調査は、本院の診療録の記載内容に基づいて行った。性別、年代、患者居住地、依頼部位、臨床診断名、初診時臨床症状、初診受診後の患者動向について調査した。また、顕微鏡歯科外来で処置を行った患者に関しては、実際の処置内容、治療回数（1回の治療時間：説明と次回予約も含め1時間30分）、経過についても調査し分

析した。顕微鏡歯科外来の歯内療法担当医は3名の医長で、すべて日本歯科保存学会が認定する保存治療専門医であり、1名は日本歯内療法学会の認定する歯内療法専門医である。使用した歯科用実体顕微鏡は、LeicaのM320の1台である。

なお本研究は、愛知学院大学歯学部倫理委員会の承認（承認番号：594）を得て実施した。

## 結果

### 1. 初診患者数、性別、年代、患者居住地

顕微鏡歯科外来の初診は、かかりつけ歯科医または院内の他科からの原則紹介制で、完全予約制である。初診患者数は40名で、依頼を受けた症例は全部で48症例だった。患者の性別は、男性11名、女性29名であり、女性患者が約2.5倍多かった。また、年齢を10歳ごとに区分した年齢別分布では、50歳代（11名：27.5%）と40歳代（10名：25.0%）が多く、続いて60歳代（8名：20.0%）の順であった（Fig. 1）。

本院の所在地は愛知県西部の名古屋市であるが（Fig. 2-a）、患者の居住地は82.5%が愛知県で、そのうち名古屋市が最も多く6割弱を占めていた。県外からの患者（7名）の居住地は、愛知県に隣接する三重県、岐阜県、静岡県であった（Fig. 2-b）。

### 2. 依頼部位、臨床診断名、初診時臨床症状

依頼のあった48症例のうち、上顎前歯が最も多く全体の35.4%（17症例：中切歯8症例、側切歯6症例、犬歯3症例）を占め、次いで下顎大臼歯が33.3%（16症例：第一大臼歯11症例、第二大臼歯5症例）であった。また上顎大臼歯は18.8%（9症例：第一大臼歯8症例、第二大臼歯1症例）であった（Fig. 3）。臨床診断名は、すべて「慢性根尖性歯周炎」であった。多く認められた臨床症状は打診痛、根尖部圧痛、瘻孔であり、自発痛などの急性症状はみられなかった（Fig. 4）。

### 3. 初診受診後の患者動向

顕微鏡歯科外来の初診を受診した40名のうち、7名は保険診療で対応することとなり当院歯内治療科で治療継続となった。また7名は、抜歯適応、根管処置不必要、経過観察などで当院では治療を行わなかった。残りの26名（65.0%）に関して、顕微鏡歯科外来で治療継続となった。

### 4. 処置内容、治療回数、経過

26名（29症例）のうち、マイクロサージェリーによる歯根尖切除術のみを行った症例は、全体の24.1%（6名：7症例）だった。感染根管治療は、全体の65.5%（17名：19症例）に行われた。補綴装置除去後に破折が判明し感染根管治療の適応にならなかった症例は10.3%（3名：3

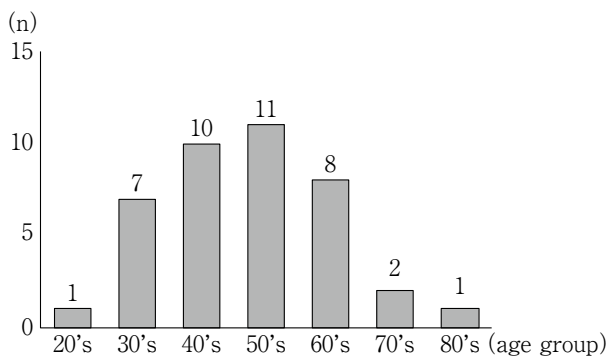


Fig. 1 Total number of patients by age group

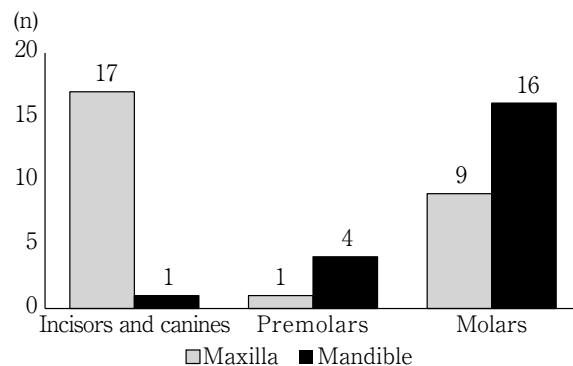
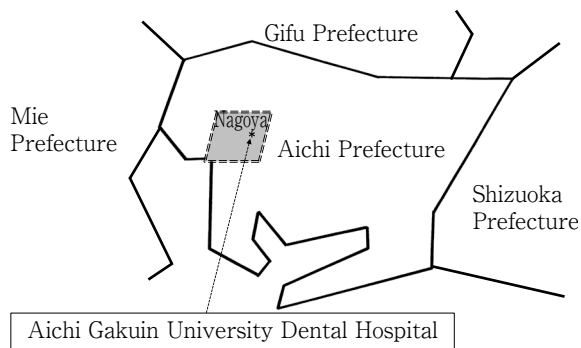
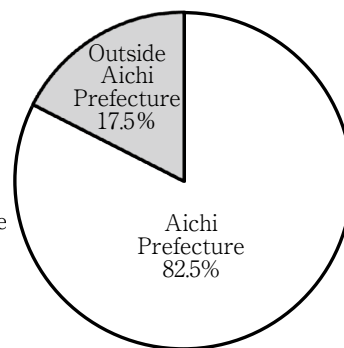


Fig. 3 Number of treated teeth



a : Location of Aichi Gakuin University Dental Hospital in Aichi Prefecture



b : Distribution of referred patients by residence

Fig. 2 Residence of the patients by region

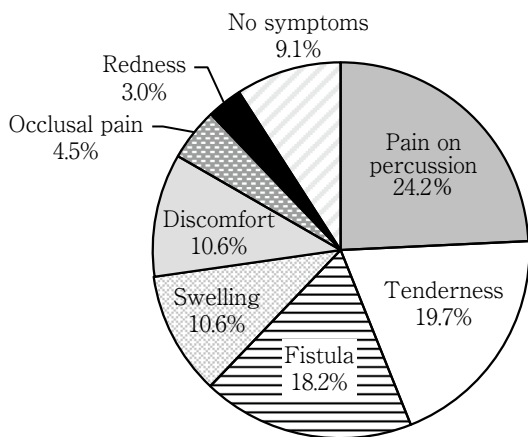


Fig. 4 Clinical symptoms at the first visit

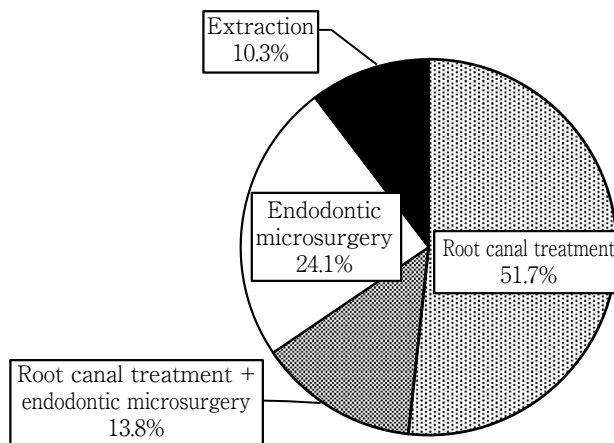


Fig. 5 Treatment procedures

症例) だった (Fig. 5).

マイクロサージェリーによる歯根尖切除術のみを行った7症例は、すべて前歯(上顎6症例、下顎1症例)であった。歯根尖切除術を行った患者には、術後1, 3, 6, 12カ月後、1年6カ月後、2年後、3年後に経過観察のために来院を依頼した。経過観察期間は現在3~9カ月と短い、7症例とも術後に瘻孔・根尖部腫脹などの臨床症

状は認めず、口内法 X 線写真で根尖部透過像の縮小傾向を確認した。感染根管治療19症例のなかで、穿孔が3症例、根管内器具破折が4症例、亀裂が2症例に確認された。穿孔の2症例(上顎右側第一大臼歯、下顎左側第二小臼歯)および根管内器具破折の1症例(上顎右側第一大臼歯)に関しては、根管内からの治療のみでは対応できず、エンドドンティックマイクロサージェリーを行

い、穿孔部封鎖および破折器具を除去した。また1症例(上顎左側第一大臼歯)は根尖部が不適切に大きく拡大されていたため、歯根尖切除術を併用した。感染根管治療の治療回数は、補綴装置除去から根管充填まで平均して $6.1 \pm 3.2$ 回だった。また、19症例の経過に関して、1症例は現在も治療中、2症例が根管治療中に亀裂が広がり抜歯、1症例が根管充填後に歯肉腫脹が再発した。残り15症例に関しては根管充填後の期間が短い症例で4カ月、長い症例で18カ月の経過を確認した。補綴処置と並行しながら、定期的に口内法X線写真を撮影し診査を継続しているが、今までのところ症状の再発はみられていない。

## 考 察

歯内治療の目的は、根管から可及的に感染源を除去し、根尖狭窄部まで過不足なく封鎖し再感染を予防することである。歯内治療の成否は歯の寿命に大きく関与し、究極の目的は天然歯を保存させ機能させることにほかならない。近年の歯内治療における機器・材料の進歩は目覚ましく、マイクロスコープ<sup>2,3)</sup>、歯科用CBCT<sup>4,5)</sup>、Ni-Ti製ロータリーファイル<sup>6,7)</sup>といったいわゆる三種の神器の登場やMTA<sup>8-10)</sup>の応用で、臨床の場は大きな変貌を遂げている。マイクロスコープは術野を明るく拡大し観察できるので、確実な診断や精度の高い処置が可能である。一般的な歯内治療における有用性はもちろんのこと、根管系の探索や偶発症への対応(穿孔部の封鎖、破折器具の除去)など、かつては処置が困難であった症例の治療も可能にしている<sup>3,11)</sup>。わが国のマイクロスコープの販売台数は、ここ5年間で急速に増加しており、2019年には累計で9,000台を超えている(アールアンドディ歯科機器・用品年鑑2021年版より)が、まだまだ装備されていない歯科医院も多い。現在、当院歯内治療科においてもマイクロスコープを併用した歯科治療を行っているが、今回新設した「顕微鏡歯科外来」は、通常の治療では治療困難と思われる症例に対し、拡大明視下で歯内治療科では使用していない材料を駆使し、精密な治療を専門医が行うことで、歯の保存に寄与することを目的にしている。また、マイクロスコープを使用した予知性の高い処置を行い、地域住民が信頼できる治療の普及を目指している。そこで本研究では、今後も患者のニーズに合った歯内治療を確実に提供していくために、顕微鏡歯科外来の現状を把握し、分析を行った。

顕微鏡歯科外来の初診患者は、女性が男性に比べ約2.5倍多く、年齢別分布では40歳代、50歳代が多かった。また、患者居住地に関して、県外からの患者が17.5%確認された。2014年から2016年の3年間の当院歯

内治療科における初診紹介患者に関する実態調査<sup>12)</sup>では、男女比は約3:7の割合で女性患者が多く、年齢構成は30歳代、40歳代で全体の約半数を占め、患者居住地は県外が6.0%であった。顕微鏡歯科外来の初診患者の性別に関しては歯内治療科初診患者と類似した傾向がみられたが、年齢層に関して顕微鏡歯科外来はすべて自費診療ということもあり、年齢が高くなっていることが推察された。また、顕微鏡歯科外来は歯内治療科より県外からの患者が多く、その理由として、一般歯科医院で治療困難な症例に関し、なんとか歯の保存をと希望し遠方からでも来院する患者が多いためと思われる。すべての症例の臨床診断名が「慢性根尖性歯周炎」であり、既根管処置歯の再治療症例であった。今回のマイクロサージェリーによる歯根尖切除術のみを行った7症例は、6症例が補綴装置の除去困難もしくは患者が除去を希望しなかった症例、1症例が根尖部から破折ファイルの一部が突出し、根管内からのアプローチではさらに押し出す可能性が高く外科的に対応した症例であった。7症例すべて、口内法エックス線およびCBCT検査による根尖部透過像の大きさから嚢胞を疑うものではなかったこと、また手術時の摘出した肉芽組織が病理検査可能なサイズではなかったことから、病理検査は行っていない。再根管治療にいたる主な原因は、初回根管治療における無菌性獲得の失敗や根管充填後の細菌感染である<sup>13,14)</sup>。再治療の際には、なぜ無菌性が獲得できなかったのかの要因を確実に把握し治療を進めていくことが、成功率アップに繋がることはいうまでもない。その要因として、根管形態の複雑性、根管の見落とし、穿孔、根管器具破折や歯根破折の存在などが考えられるが、これらの発見にマイクロスコープはきわめて有効であるため<sup>3,11)</sup>、当外来の専門性が期待され、再根管治療症例が多く紹介されたと思われる。患歯の状況を記録した静止画や動画は、患者に症状が寛解しなかった要因を視覚的に提示できるので、必要な処置を理解してもらいやすく非常に有用であった。

歯根尖切除術に関して、従来の方法よりマイクロスコープを用いたエンドドンティックマイクロサージェリー<sup>15)</sup>のほうが成功率が大きく上回るということは一般的に知られてきている。マイクロスコープや超音波レトロチップを使用したエンドドンティックマイクロサージェリーを行うと90%程度の高い成功率が期待できるため<sup>16,17)</sup>、エンドドンティックマイクロサージェリーを行っている当科へ依頼があったと推測される。拡大視野が歯根尖切除術の予後に与える影響を調査したメタアナリシスでは、マイクロスコープやエンドスコープを用いて高倍率の視野で処置を行った場合と、ルーペを使用する低倍率の視野または裸眼で処置を行った場合では、同



じ器具（マイクロインスツルメントの使用，超音波レトロチップによる逆根管形成）や逆根管充填材料（IRM, Super EBA, MTA）を使用しても，高倍率下での歯根尖切除術の成功率が有意に高かった<sup>18)</sup>。すなわち，成功率の差は拡大視野であり，術野を明るく高倍率に拡大できるマイクロスコープが歯根尖切除術の成功率に寄与する役割は非常に大きいことが示唆される。また，逆根管充填材料としてMTAは生体親和性や封鎖性に優れており，現在のところ最も信頼性が高い材料である<sup>10)</sup>。しかし，操作性が良好ではないため，確実に充填するためにはマイクロスコープの使用は必須である。保険収載の歯科用三次元エックス線断層撮影装置および手術用顕微鏡を用いた歯根端切除手術では，逆根管充填材としてMTAを使用できないが，顕微鏡歯科外来は，歯科保険適応外診療のため逆根管充填材にMTAを使用した。また，術前に患者からMTAの適応外使用に関する同意書を取得した。

今回の平均治療回数は，補綴装置除去から根管充填まで平均して6.1±3.2回であった。これは，全症例が感染根管治療であり，再根管治療であったこと，多くの症例が紹介元で根管治療しても症状の改善が認められず依頼を受けていること，さらに本院での非外科的な歯内治療で症状の改善が認められず，外科的歯内治療へ移行した症例が多かったことから治療回数が多くなったと推察された。

顕微鏡歯科外来で処置を行った29症例のうち3症例を除き，現在のところ予後は良好である。その要因として，マイクロスコープによる拡大視野での観察とCBCT検査で得られた三次元的な画像情報が，確実な診査・診断を可能にし，予知性の高い治療が行えたためと考えられる。また，経過不良の3症例に関しては治療当初よりマイクロスコープ画像を使いクラックの存在を指摘しており，抜歯処置に対するインフォームド・コンセントはスムーズに得ることができた。また，非外科的歯内治療で限界のある症例にはエンドドンティックマイクロサージェリーで対応することにより歯を保存することが可能となった。しかし，顕微鏡歯科外来は開設して2年弱であり，すべての症例の経過観察期間がまだ短い。今後，予後観察に関するプロトコルを設定し，注意深い診査の継続が必要と思われる。

## 結 論

今回の実態調査から当外来の役割は，一般歯科医院で治療困難な再根管治療症例の対応であることが判明した。また，マイクロスコープの使用は，治療率の向上，歯の保存に寄与していることが改めて確認できた。今後

も高次医療機関として地域医療機関と連携を図り，歯内治療の専門性や価値を地域に発信して，国民の口腔の健康保持や歯の保存に寄与していく必要がある。

本論文に関して，開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) 日本歯科医師会. 健康長寿社会に寄与する歯科医療・口腔保健のエビデンス. <https://www.jda.or.jp/pdf/ebm2015Ja.pdf> (2021年1月2日アクセス)
- 2) 辻本恭久. マイクロスコープが変えた歯内療法—診断, 治療率アップを確実にするために. 北村和夫, 木ノ本喜史, 佐藤暢也, 澤田則宏. 最新歯内療法の器具・器材と臨床活用テクニック. 1版. ヒョーロン・パブリッシャーズ: 東京; 2015. 32-39.
- 3) 田澤健人, 興地隆史. マイクロスコープがもたらした可視化の歯内療法. 北村和夫. 歯内療法のパラダイムシフト. 1版. クインテッセンス出版: 東京; 2020. 32-39.
- 4) Chogle S, Zuaitar M, Sarkis R, Saadoun M, Mecham A, Zhao Y. The recommendation of cone-beam computed tomography and its effect on endodontic diagnosis and treatment planning. *J Endod* 2020; 46: 162-168.
- 5) Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in endodontics—a review of the literature. *Int Endod J* 2019; 52: 1138-1152.
- 6) Hargreaves K, Berman L. *Pathway of the Pulp*. 11th ed. Mosby: St. Louis; 2016. 225-235.
- 7) 阿部 修. Ni-Ti製ロータリーファイルの進化 臨床現場を席巻する第4世代Ni-Ti製ロータリーファイル. 古澤成博, 中田和彦, 阿部 修. 器材・薬剤からみる歯内療法のすぐれモノ. 1版. デンタルダイヤモンド: 東京; 2018. 53-61.
- 8) Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part I: vital pulp therapy. *Int Endod J* 2018; 51: 177-205.
- 9) Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J* 2018; 51: 284-317.
- 10) Hosoya N, Takigawa T, Horie T, Maeda H, Yamamoto Y, Momoi Y, Yamamoto K, Okiji T. A review of the literature on the efficacy of mineral trioxide aggregate in conservative dentistry. *Dent Mater J* 2019; 38: 693-700.
- 11) 稲本京子, 柴田直樹, 樋口直也, 中田和彦, 中村 洋. 穿孔部封鎖処置における歯科用コーンビームCTとマイクロスコープの応用. *日歯内療誌* 2011; 32: 154-161.
- 12) 江幡香里, 稲本京子, 柴田直樹, 中田和彦. 愛知学院大

- 学歯学部附属病院歯内治療科における2014年度から3年間の初診紹介患者に関する実態調査. 日歯保存誌 2019; 62: 243-250.
- 13) Ricucci D, Siqueira JF Jr, Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J Endod* 2009; 35: 493-502.
  - 14) Gomes AC, Nejaim Y, Silva AI, Haiter-Neto F, Cohenca N, Zaia AA, Silva EJ. Influence of endodontic treatment and coronal restoration on status of periapical tissues: a cone-beam computed tomographic study. *J Endod* 2015; 41: 1614-1618.
  - 15) Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod* 2006; 32: 601-623.
  - 16) 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.
  - 17) Pinto D, Marques A, Pereira JF, Palma PJ, Santos JM. Long-term prognosis of endodontic microsurgery—a systematic review and meta-analysis. *Medicina* 2020; 56: 447.
  - 18) Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod* 2012; 38: 1-10.

## A Survey of the Micro-endodontic Clinic of Aichi Gakuin University Dental Hospital : 19 Months after Establishment

IMAIZUMI Ichiro, EBATA Kaori, HIGUCHI Naoya,  
YAMAGUCHI Masataka and INAMOTO Kyoko

Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

### Abstract

**Purpose:** Aichi Gakuin University Dental Hospital (AGUDH) established a micro-endodontic clinic in November 2018. Treatment at this clinic is all self-funded; we perform accurate root canal treatment using a dental operating microscope. Currently, patients unable to be treated at general dental clinics because of intractable conditions and/or anatomical problems attend this clinic. The purpose of this study was to investigate trends in the patients referred to the micro-endodontic clinic and to verify its role.

**Methods:** This study evaluated data from new patients who attended the micro-endodontic clinic of AGUDH from 1 November 2018 to 31 May 2020. Information accessed included age, sex, address, referred teeth, clinical diagnosis, clinical symptoms, treatment procedures, number of treatments, and prognosis.

**Results:** Forty new patients were referred over 19 months. Approximately 50% of the patients were in their 40s and 50s. More than 80% of the patients resided in Aichi Prefecture; of these, nearly 60% were from the city of Nagoya. The most frequently referred teeth were the maxillary anterior teeth, which made up 35.4% of the total, followed by mandibular molars, which made up 33.3% of the total. The clinical diagnosis was chronic apical periodontitis in every case and all were retreatment cases. Sixty-five percent of new patients were treated at the micro-endodontic clinic; of these, approximately 24.1% received only endodontic microsurgery and approximately 65.5% received infected root canal treatment.

**Conclusion:** This survey showed that the micro-endodontic clinic of AGUDH plays an important role in the retreatment of cases that are too difficult to treat at general dental clinics. We will continue to promote coordination with regional medical institutions as a high-level medical facility. Information about the specialization and benefits of endodontic treatment should be disseminated throughout the local community.

**Key words:** dental operating microscope, survey, self-pay treatment, university hospital

## 循環器疾患患者におけるプロービング時の出血の有無と 全身的因子の関連の検討

青山典生<sup>1</sup> 吳圭哲<sup>2,3</sup> 藤井利哉<sup>1</sup>  
喜田さゆり<sup>1</sup> 高瀬雅大<sup>1,4</sup> 杉原俊太郎<sup>1</sup>  
門田大地<sup>1</sup> 三辺正人<sup>1</sup>

<sup>1</sup>神奈川歯科大学大学院歯学研究科 口腔統合医療学講座 歯周病学分野

<sup>2</sup>東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院歯学総合研究科 歯学系専攻 生体支持組織学講座 歯周病学分野

<sup>3</sup>テキサス大学歯学部ヒューストン校歯周病学講座

<sup>4</sup>防衛省海上幕僚監部衛生企画室

### 抄録

目的：歯周病は罹患率の高い感染症であり，プロービング時の出血（BOP）は局所の炎症程度を表す指標として歯周病検査に導入されている．歯周病と全身の関連が示されているが，主な歯周病指標として歯周ポケット深さやクリニカルアタッチメントレベルなど歯周組織破壊の程度が用いられ，BOPと全身の関係についての報告は少ない．以上のことから本研究の目的は，BOPと関連のある全身的因子を検討することとした．それに加えて，自己記入式アンケートの回答とBOPの関連も検討した．

対象と方法：本研究の被験者として，2012年から2015年に東京医科歯科大学医学部附属病院循環器内科病棟に入院した循環器疾患患者927名を対象とした．患者に対し歯周病検査を実施し，医科的な既往歴や検査値について診療録からデータを採取した．自己申告のアンケートにより，自覚的な歯周組織の状態を聴取した．

結果：BOPと関連のある因子として，男性，喫煙，肥満，糖尿病，高血圧が認められた．一方，年齢，脂質異常症については，BOPとの関連を認めなかった．アンケート調査による歯や歯肉の健康への不安がある者では，高いBOPを認めた．多変量解析により解析したBOPとの関連が強い因子は，肥満，喫煙，性別であった．

結論：循環器疾患患者を対象とした今回の研究結果から，肥満の者や喫煙者，糖尿病患者，高血圧症患者では高いBOPが認められ，肥満と喫煙については性別を調整したうえでもBOP高値との関連を認めた．一方，脂質異常症とBOPとの相関は認められなかった．アンケート結果から，歯や歯肉の健康状態を把握していないあるいは不安を感じている者でBOP高値が認められた．

キーワード：炎症，肥満，ペリオドンタルメディシン

責任著者連絡先：青山典生

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町82 神奈川歯科大学大学院歯学研究科口腔統合医療学講座歯周病学分野

TEL & FAX : 046-822-8855, E-mail : aoyama@kdu.ac.jp

受付：2020年11月26日/受理：2021年3月10日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.163

## 緒言

歯周病は、歯周病原細菌による口腔感染に起因する炎症性疾患である<sup>1)</sup>。わが国での歯科疾患実態調査<sup>2)</sup>から、歯周病有病者は高齢になるほど増加しており、その予防と治療は大きな課題である。プロービング時の出血(bleeding on probing: BOP)は、一般的な歯周病の指標であり、BOPが陽性であることは歯周組織に炎症が存在することを意味している<sup>1)</sup>。

近年、歯周病が生活習慣病をはじめとする全身の健康に影響する可能性があり、歯周病原細菌に由来する菌血症の存在が明らかになってきている<sup>3-5)</sup>。歯周病と全身の関連を評価するうえで、歯周病の指標としてプロービングポケット深さ(PPD)やクリニカルアタッチメントレベル(CAL)が使用されることが多い<sup>6-8)</sup>。一方で、BOPと全身との関連についての知見は限られている<sup>9)</sup>。

歯周病による全身への影響を解析する機序において、慢性炎症が特に注目されている。歯周病は歯周組織局所での炎症を特徴とする疾患であり、歯周組織での炎症程度は全身の炎症と関連があると考えられる。歯周組織の炎症の有無を評価する主要な臨床指標はBOPであることから、多くの被験者を対象として、BOPと全身の状態を比較検討することには意義がある。さらに、有病者の多い歯周疾患においては、自己記入式のアンケートを用いることにより、医療機関を受診せずとも歯周組織の状態をある程度評価できれば効果的である。以上のことから本研究の目的は、循環器疾患患者において、生活習慣病にかかわる全身的因子とBOPの関連を検討することとした。それに加えて、自己記入式アンケートの回答とBOPの関連をも検討することとした。

## 対象および方法

本研究の被験者として、2012年5月から2015年8月に東京医科歯科大学医学部附属病院循環器内科病棟に入院した循環器疾患患者のうち、データの揃っている者を対象とした。被験者の除外基準として、感染症を有する患者、無歯顎の患者、医師とコミュニケーションのとれない患者は本研究の対象外とした。なお、本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、東京医科歯科大学医学部附属病院倫理審査委員会(1165番)および歯学部附属病院倫理審査委員会(744号)の承認を受けて実施した。すべての被験者から、自由意思に基づく研究参加への同意を書面にて受け取った。識別のため、全被験者にコード番号が付けられた。

既報に示すとおり<sup>10)</sup>、被験者に対する医科的・歯科的

検査を行った。具体的には、医科の診療録から被験者の年齢、性別、喫煙の有無、血液検査を含む検査結果と臨床診断に関するデータを取得した。歯科的検査として、歯数の計測と被験歯(上顎左右第一大臼歯、上顎右側中切歯、下顎左右第一大臼歯、下顎左側中切歯)でのPPD、CAL、BOPを6点法により測定した。プロービングには歯周プローブ(15 UNC Color-Coded Probe, Hu-Friedy, USA)を用い、0.2~0.25 Nの軽圧にて検査した。対象歯が欠損している場合は隣在歯を代替した。歯科臨床検査は特定非営利活動法人日本歯周病学会歯周病専門医・認定医の資格をもつ3名の歯科医師が実施した。BOPの陽性の判定には、プロービング直後での出血の有無を用いた。

自己記入式のアンケートにより、自覚的な歯や歯肉の健康状態を確認した。「全体的にあなたの歯や歯肉の健康状態はどうか?」という設問に対し、「非常によい」「とてもよい」「よい」「ふつう」「悪い」の5段階と、「わからない」を含めた6つの選択肢から、被験者の自己判断にて選択させた。

統計分析の方法として、因子ごとにBOP陽性率を算出し、対応のないStudentの*t*検定を用いて比較した。BOPと年齢の相関はPearsonの積率相関分析にて評価した。アンケート結果ごとのBOPは、ANOVAとTukey-KramerのHSD検定を用いて比較した。多変量解析として最小二乗法による重回帰分析を用い、BOP陽性率に対する各因子の影響を評価した。5%以下の*p*値を統計学的有意とした。統計解析にはJMP(Ver.9.0.3, SAS Institute Japan)を用いた。

## 結果

Table 1に被験者全体の特徴を示す。被験者全体で927名であり、そのうち女性が256名、男性が671名であった。平均年齢は63.9歳(最少:21歳,最大:81歳)で、平均残存歯数は22.2本(最少:1本,最大:32本,中央値:25本)、BOP陽性率の平均値は16.2±20.2%であった。Fig.1に年齢とBOP値の相関を示した。BOPは年齢に依存していなかった。

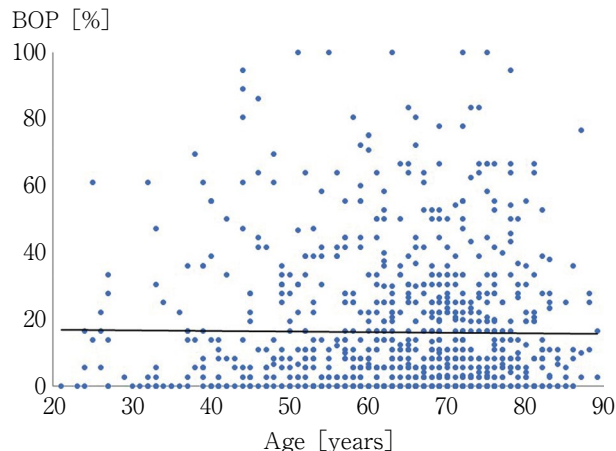
Table 2に、性別ごとのBOP陽性率を示す。男性では女性と比べてBOPが高かった。Fig.2には、喫煙、肥満、糖尿病、高血圧症、脂質異常症の有無別のBOP陽性率を示した。喫煙者では禁煙している者と比較してBOPが高かった。肥満の者、糖尿病や高血圧症の患者ではBOPが高かったが、脂質異常症の者ではそうでないものと比較してBOPは同程度であった。

Table 3には、BOPに影響する因子の評価を示した。Table 2とFig.2におけるBOP差を生じた因子を用いて

**Table 1** Characteristics of the subjects

Total number	927
Sex (female/male)	256/671
Age	63.9±13.0
Bleeding of probing [%]	16.2±20.2%
Probing pocket depth [mm]	2.41±0.57
Clinical attachment level [mm]	3.01±1.07
Number of teeth	22.2±7.4
Smoking (n,[%])	410 (44%)
Obesity* (n,[%])	228 (25%)
Diabetes mellitus (n,[%])	217 (23%)
Hypertension (n,[%])	537 (58%)
Dyslipidemia (n,[%])	415 (45%)
Systolic blood pressure [mmHg]	123.5±19.8
Diastolic blood pressure [mmHg]	73.2±14.1
Hemoglobin A1c [%]	5.97±0.85
Low-density lipoprotein-cholesterol [mg/dL]	110.0±30.7
High-density lipoprotein-cholesterol [mg/dL]	58.6±17.0
Total cholesterol [mg/dL]	186.4±36.6
Triglyceride [mg/dL]	141.1±96.5

Age, bleeding on probing and number of teeth were shown as mean with standard deviation. \* : Obesity was diagnosed as Body Mass Index≥25 kg/m<sup>2</sup>.

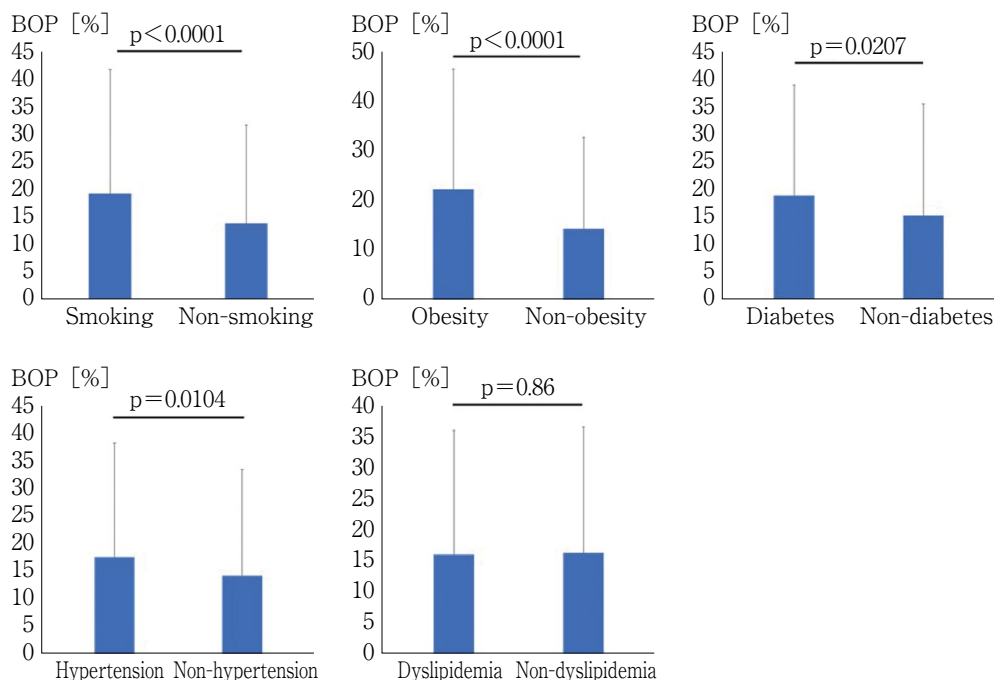


**Fig. 1** Association between bleeding on probing and age  
p=0.69, r=0.013

**Table 2** Rate of bleeding on probing according to gender

	Female	Male	p
N	256	671	
BOP [%]	11.9±18.1	17.8±20.7	<0.0001

Bleeding on probing(BOP) was shown as mean with standard deviation.



**Fig. 2** Average bleeding on probing score according to systemic factors  
Bleeding on probing (BOP) was shown as mean with standard deviation.

**Table 3** Association with bleeding on probing using multivariate analysis

	p
Obesity	<0.0001
Smoking	0.0104
Gender	0.0140
Hypertension	0.23
Diabetes	0.48

多変量解析を行ったところ、肥満、喫煙、性別ではBOPとの関連が認められたが、高血圧症や糖尿病とBOPとの関連は認められなかった。

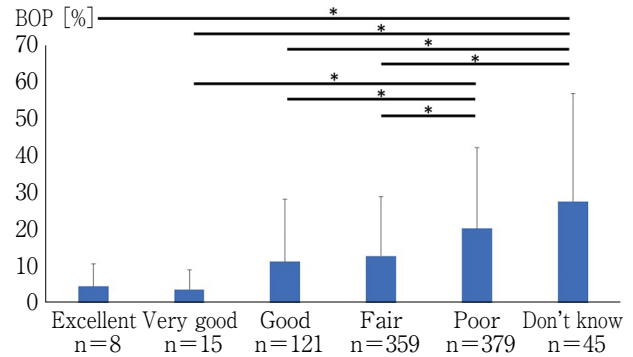
Fig. 3では、口腔の健康状態の自覚とBOP検査値について比較した。歯や歯肉の健康状態についての自己評価別の群間で、BOP値が異なっていた。口腔の健康状態への自己評価が高い者ではBOPが低く、逆に自己評価が低い者ではBOPが高かった。歯や歯肉の健康状態が「わからない」と回答した者では、BOPが最も高かった。

## 考 察

本研究は、BOPと関連の強い全身的な因子を調査することを目的として実施した。これまでに歯周組織の状態と循環器疾患など全身の健康との関連を評価した報告は多数あるが<sup>11-15)</sup>、そのなかでも本研究は歯周組織の炎症指標であるBOPに着目し、比較的多くの日本人被験者を対象とした報告である。

本研究の被験者の特徴として、平均年齢は63.9歳、平均残存歯数は22.2本であった (Table 1)。平成28年の歯科疾患実態調査<sup>2)</sup>結果では、60~64歳の年齢階級での平均現在歯数が23.9本となっており、本研究の被験者のほうがやや歯の喪失が多いといえる。歯科疾患実態調査<sup>2)</sup>での歯肉出血を有する者の割合は60~64歳の年齢階級で56.7%となっているが、本研究でのBOP陽性率は平均値として算出していることから単純には比較できない。なお、本研究における平均BOP陽性率は16.2%とそれほど高くはないと考えられ、これは研究の限界の項目でも述べるが、医科の診療室にて仰臥位での歯科検査を行っていることが影響した可能性がある。

本研究の結果から、肥満とBOPとの強い関連が示された。これは、Suvanらの過体重・肥満と歯周炎との間に正の相関があるというシステマティックレビューとも合致している<sup>16)</sup>。彼らは後に、Body Mass Index  $\geq 24.32$  のとき1.6倍の歯周病リスクとなることも報告している<sup>17)</sup>。また肥満はさまざまな全身の問題と関連があり、

**Fig. 3** Average bleeding on probing score according to results of self-reported questionnaire

Bleeding on probing (BOP) was shown as mean with standard deviation. \* :  $p < 0.05$ .

特に2型糖尿病のリスクとなることは広く知られている<sup>18-20)</sup>。日本あるいはアジアのデータでも、肥満の者では血糖コントロール不良や血圧上昇などを介して糖尿病につながる事が明らかにされている<sup>21-23)</sup>。さらに、歯周病と糖尿病の相互の関連についても示されている<sup>24,25)</sup>。現在、肥満は持続的で軽微な慢性炎症と考えられており、そのメカニズムの検討も進められている<sup>26-28)</sup>。このことから、軽微で持続的な慢性炎症という点で、全身的な慢性炎症である肥満と歯周組織局所におけるBOPとは類似した指標と理解することができる。慢性炎症状態が持続すると、血管疾患をはじめとした全身の健康に影響しやすいと考えられている。以上のことから、本研究ではBOPと糖尿病の関連はほかの因子で調整した際には認められなかったものの、BOPが高い状態は歯周炎進行の前段階ともとらえることができ、これは糖尿病を発症する前段階としての肥満の状態とあてはめることができるかもしれない。ただし、臨床指標としてのBOPは、陰性であれば病状の安定を示しているものの、陽性部位が必ずしも悪化しやすいわけではないとされている<sup>29)</sup>。このことから、BOP高値の解釈には注意を要する。高血圧症の患者ではBOPが高かったが (Fig. 2)、多変量解析ではBOPとの関連を認めず (Table 3)、また脂質異常症の有無とBOPとの関連は認めなかった (Fig. 2)。本研究の被験者はいずれも循環器疾患を有し、入院での加療を必要としていた。内服をはじめとする治療はさまざまであり、このことが高血圧症や脂質異常症とBOPとの関係に影響した可能性がある。したがって、本研究の結果だけからこれらの因子とBOPとの関連がないと断定することはできず、関係性の評価にあたっては内服薬などを含めた詳細な解析が必要である。

喫煙者では、BOPが高いという結果が得られた。以前から、喫煙者では歯周病が進行しやすいことは示されて



おり<sup>30-32)</sup>、喫煙者では歯肉微小循環機能に影響することが知られている<sup>33)</sup>。局所的にみると喫煙者では血管収縮作用によりBOPが低くなることが示されているが<sup>34,35)</sup>、全顎的に評価すると喫煙者ではBOPが多いことが本研究の結果から示された。喫煙者で歯周炎が進行しやすいことは広く知られているため、本研究においても喫煙者では深いPPDが多く、このためにBOPも悪化していたものと考えられる。喫煙はBOPや歯周病との関連があるだけでなく、多くの全身疾患のリスク因子ともなりうる。本研究では喫煙者・非喫煙者に分けただけでのBOPと全身因子の解析までは実施できていないが、喫煙による影響は全身にも及ぶことから、歯周病と全身との関係を取り扱う際には喫煙による影響について特に注意する必要がある。

男性でBOPが高かった。女性と比較して、男性では歯周炎が多いないしは歯周病の指標が悪化していると以前から知られている<sup>36,37)</sup>。交絡因子による影響の可能性も考えられるものの、本研究の多変量解析においていくつかの因子の影響を除外しても、男性ではBOPの上昇との関連を認めた。したがって、本研究においても過去の報告と同様の結果が得られたものと考えられる。

アンケートによる自己申告での歯周病の評価は、ある程度有効であることが知られている<sup>38-40)</sup>。本研究結果からも、自己申告により歯や歯肉の状態が良好であった者ではBOPが比較的低く、不良であった者ではBOPが高いことが確認できた。われわれの既報においても、いくつかの質問項目の回答とBOPを含む歯周組織検査値の悪化との関連が認められている<sup>10)</sup>。本研究において、歯や歯肉の健康状態を「わからない」と答えた被験者でBOPが最も高かったことは興味深い。健康状態が悪いと自覚している者よりも、そもそも口腔の健康状態に注意を払わない者において、より状態が悪化しているものと考えられる。2017年の歯周・インプラント周囲疾患のワークショップにおいて、10%未満のBOPが歯周組織の健康の基準として掲げられている<sup>41)</sup>。これらのことから、BOPの値を含む口腔の健康状態に意識を向けることの重要性が示唆される。

本研究の限界として、結果の解釈においていくつかの点には注意が必要である。まず、被験者のかたよりが挙げられる。本研究では、循環器疾患により入院加療を要する患者のみを対象としている。このため、被験者はなんらかの循環器疾患を有しており、この治療のために薬剤の内服治療中であることが多い。これらの治療により、BOPに影響している可能性が考えられる。また、歯科検査において全歯の検査をせずに代表被験歯のみで歯周検査を行っている。すべての歯を対象とした場合には、結果の違いが出てくる可能性がある。BOPの検査自

体に関してもプロービング圧が0.25 N上昇するとBOP率が有意に上昇するという報告もあり<sup>42)</sup>、検査は特定非営利活動法人日本歯周病学会の歯周病専門医ないしは認定医が行ったためある程度の正確性は担保されるものの、キャリブレーションは行っておらず、術者間での違いには注意を要する。また、医科の診療室にて仰臥位での歯科検査を行っている点も特筆すべきであろう。詳細な口腔検査情報として、口腔衛生状態や直近の歯科医院受診歴など、本研究結果に影響を及ぼしうる因子が挙げられる。本研究ではその点について調査できていないことも、結果の解釈において気をつけるべき点と考えられる。

本研究の結果から、日常臨床におけるBOPの取り扱いについて、次のようなことが考えられる。肥満とBOPをはじめとした歯周病指標との関係が明らかことから、慢性炎症という共通項を考慮したうえで、歯周病患者の体格指数などを医療面接時に収集することも効果的であろう。さらに、肥満傾向が認められる患者には内科受診の有無を確認し、必要に応じて内科受診を促すことも全身の健康管理の面で重要である。また、口腔清掃指導における生活習慣の確認の際も、BOPと全身との関連を考慮しながら、食生活や運動習慣も含めた日常生活習慣についても意識を向けるようにすることで、より効果的な健康改善が期待できる。

## 結 論

循環器疾患患者を対象とした本調査により、肥満の者や喫煙者、糖尿病患者、高血圧症患者では高値のBOPが認められ、特に肥満と喫煙については性別を調整したうえでもBOP高値との関連を認めた。一方、脂質異常症とBOPとの関連は認められなかった。歯や歯肉の健康状態を把握していないあるいは不安を感じている者では、BOPの値が高かった。循環器疾患患者では、そのリスク因子として肥満や喫煙、糖尿病、高血圧症を有しやすいと考えられるが、循環器疾患患者を歯科的に検討した結果、特定の者ではBOPなど局所の炎症所見が顕著に出やすいことが推測され、歯科的な介入の必要性が高まっている可能性が明らかになった。今後は循環器疾患患者以外を対象とするなど、より詳細な方法でBOPと全身的な因子との関連の解析が必要である。

## 謝 辞

本研究の実施にあたりご指導・ご協力を賜った、東京大学先端臨床医学開発講座の先生方、東京医科歯科大学循環制御内科学分野・歯周病学分野の先生方、神奈川歯科大学口腔統合医療学講座の先生方に深く感謝申し上げます。

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究Cの助成により行われた。

今回の論文に関連して、開示すべき利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) 特定非営利活動法人日本歯周病学会. 歯周治療の指針 2015. 医歯薬出版: 東京, 2015.
- 2) 厚生労働省. 平成28年歯科疾患実態調査報告—厚生労働省健康政策局調査一. 口腔保健協会: 東京, 2016.
- 3) Lockhart PB, Brennan MT, Sasser HC, Fox PC, Paster BJ, Bahrani-Mougeot FK. Bacteremia associated with toothbrushing and dental extraction. *Circulation* 2008; 117: 3118-3125.
- 4) Blaizot A, Vergnes JN, Nuwwareh S, Amar J, Sixou M. Periodontal disease and cardiovascular events: meta-analysis of observational studies. *Int Dent J* 2009; 59: 197-209.
- 5) Leira Y, Blanco M, Blanco J, Castillo J. Association between periodontal disease and cerebrovascular disease. A review of the literature. *Rev Neurol* 2015; 61: 29-38.
- 6) Albandar JM, Susin C, Hughes FJ. Manifestations of systemic diseases and conditions that affect the periodontal attachment apparatus: Case definitions and diagnostic considerations. *J Periodontol* 2018; 89 Suppl 1: S183-S203.
- 7) Lamster IB, Pagan M. Periodontal disease and the metabolic syndrome. *Int Dent J* 2017; 67: 67-77.
- 8) Linden GJ, Lyons A, Scannapieco FA. Periodontal systemic associations: review of the evidence. *J Clin Periodontol* 2013; 40 Suppl 14: S8-S19.
- 9) Bokhari SA, Khan AA, Butt AK, Hanif M, Izhar M, Takakis DN, Ashfaq M. Periodontitis in coronary heart disease patients: strong association between bleeding on probing and systemic biomarkers. *J Clin Periodontol* 2014; 41: 1048-1054.
- 10) 杉原俊太郎, 青山典生, 和泉雄一, 三辺正人. 歯周病の罹患状態を反映するアンケート調査法の検討. *日歯周誌* 2018; 60: 183-191.
- 11) Beck JD, Elter JR, Heiss G, Couper D, Mauriello SM, Offenbacher S. Relationship of periodontal disease to carotid artery intima-media wall thickness: the atherosclerosis risk in communities (ARIC) study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001; 21: 1816-1822.
- 12) Beck JD, Eke P, Heiss G, Madianos P, Couper D, Lin D, Moss K, Elter J, Offenbacher S. Periodontal disease and coronary heart disease: a reappraisal of the exposure. *Circulation* 2005; 112: 19-24.
- 13) Offenbacher S, Beck JD, Moss K, Mendoza L, Paquette DW, Barrow DA, Couper DJ, Stewart DD, Falkner KL, Graham SP, Grossi S, Gunsolley JC, Madden T, Maupome G, Trevisan M, Van Dyke TE, Genco RJ. Results from the Periodontitis and Vascular Events (PAVE) Study: a pilot multicentered, randomized, controlled trial to study effects of periodontal therapy in a secondary prevention model of cardiovascular disease. *J Periodontol* 2009; 80: 190-201.
- 14) Aoyama N, Kure K, Minabe M, Izumi Y. Increased heart failure prevalence in patients with a high antibody level against periodontal pathogen. *Int Heart J* 2019; 60: 1142-1146.
- 15) Aoyama N, Kobayashi N, Hanatani T, Ashigaki N, Yoshida A, Shiheido Y, Sato H, Takamura C, Yoshikawa S, Matsuo K, Izumi Y, Isobe M. Periodontal condition in Japanese coronary heart disease patients: A comparison between coronary and non-coronary heart diseases. *J Periodontol Res* 2019; 54: 259-265.
- 16) Suvan J, D'Aiuto F, Moles DR, Petrie A, Donos N. Association between overweight/obesity and periodontitis in adults. A systematic review. *Obes Rev* 2011; 12: e381-404.
- 17) Suvan JE, Petrie A, Nibali L, Darbar U, Rakmanee T, Donos N, D'Aiuto F. Association between overweight/obesity and increased risk of periodontitis. *J Clin Periodontol* 2015; 42: 733-739.
- 18) Chan RS, Woo J. Prevention of overweight and obesity: how effective is the current public health approach. *Int J Environ Res Public Health* 2010; 7: 765-783.
- 19) Malone JI, Hansen BC. Does obesity cause type 2 diabetes mellitus (T2DM)? Or is it the opposite? *Pediatr Diabetes* 2019; 20: 5-9.
- 20) Leitner DR, Frühbeck G, Yumuk V, Schindler K, Micic D, Woodward E, Toplak H. Obesity and type 2 diabetes: Two diseases with a need for combined treatment strategies—EASO can lead the way. *Obes Facts* 2017; 10: 483-492.
- 21) Miyazawa I, Kadota A, Miura K, Okamoto M, Nakamura T, Ikai T, Maegawa H, Ohnishi A. Twelve-year trends of increasing overweight and obesity in patients with diabetes: the Shiga Diabetes Clinical Survey. *Endocr J* 2018; 65: 527-536.
- 22) Mukai N, Hata J, Hirakawa Y, Ohara T, Yoshida D, Nakamura U, Kitazono T, Ninomiya T. Trends in the prevalence of type 2 diabetes and prediabetes in a Japanese community, 1988-2012: the Hisayama Study. *Diabetol Int* 2018; 10: 198-205.
- 23) Boffetta P, McLerran D, Chen Y, Inoue M, Sinha R, He J, Gupta PC, Tsugane S, Irie F, Tamakoshi A, Gao YT, Shu XO, Wang R, Tsuji I, Kuriyama S, Matsuo K, Satoh H, Chen CJ, Yuan JM, Yoo KY, Ahsan H, Pan WH, Gu D, Pednekar MS, Sasazuki S, Sairenchi T, Yang G,

- Xiang YB, Nagai M, Tanaka H, Nishino Y, You SL, Koh WP, Park SK, Shen CY, Thornquist M, Kang D, Rolland B, Feng Z, Zheng W, Potter JD. Body mass index and diabetes in Asia: a cross-sectional pooled analysis of 900,000 individuals in the Asia cohort consortium. *PLoS One* 2011; 6: e19930.
- 24) Taylor JJ, Preshaw PM, Lalla E. A review of the evidence for pathogenic mechanisms that may link periodontitis and diabetes. *J Periodontol* 2013; 84 (4 Suppl): S113-S134.
- 25) 高瀬雅大, 青山典生, 加藤浩一, 三辺正人. 医科歯科連携の観点から前糖尿病と歯周病の関連性を考える. *日歯周誌* 2018; 60: 64-69.
- 26) Zatterale F, Longo M, Naderi J, Raciti GA, Desiderio A, Miele C, Beguinot F. Chronic adipose tissue inflammation linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes. *Front Physiol* 2020; 10: 1607.
- 27) Zhou H, Urso CJ, Jadeja V. Saturated fatty acids in obesity-associated inflammation. *J Inflamm Res* 2020; 13: 1-14.
- 28) Milling S. Adipokines and the control of mast cell functions: from obesity to inflammation? *Immunology* 2019; 158: 1-2.
- 29) Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S. Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability. *J Clin Periodontol* 1990; 17: 714-721.
- 30) 沼部幸博. 歯周組織に対する喫煙の影響. *日歯周誌* 2003; 45: 133-141.
- 31) 柳田 学. 喫煙により増悪する歯周病の病態形成に関する基礎的研究. *日歯周誌* 2017; 59: 110-117.
- 32) Haffajee AD, Socransky SS. Relationship of cigarette smoking to attachment level profiles. *J Clin Periodontol* 2001; 28: 283-295.
- 33) 埴岡 隆, 岩倉功子, 雫石 聡. ヒト歯肉ヘモグロビン量と酸素飽和度に及ぼす喫煙の影響—喫煙前後の比較. *口腔衛生会誌* 1992; 42: 246-248.
- 34) Al-Bayaty FH, Baharuddin N, Abdulla MA, Ali HM, Arkilla MB, Al-Bayaty MF. The influence of cigarette smoking on gingival bleeding and serum concentrations of haptoglobin and alpha 1-antitrypsin. *Biomed Res Int* 2013; 2013: 684154.
- 35) Dietrich T, Bernimoulin JP, Glynn RJ. The effect of cigarette smoking on gingival bleeding. *J Periodontol* 2004; 75: 16-22.
- 36) Albandar JM. Global risk factors and risk indicators for periodontal diseases. *Periodontol* 2000 2002; 29: 177-206.
- 37) Susin C, Dalla Vecchia CF, Oppermann RV, Haugejorden O, Albandar JM. Periodontal attachment loss in an urban population of Brazilian adults: effect of demographic, behavioral, and environmental risk indicators. *J Periodontol* 2004; 75: 1033-1041.
- 38) Taylor GW, Borgnakke WS. Self-reported periodontal disease: validation in an epidemiological survey. *J Periodontol* 2007; 78 (7 Suppl): 1407-1420.
- 39) Carra MC, Gueguen A, Thomas F, Pannier B, Caligiuri G, Steg PG, Zins M, Bouchard P. Self-report assessment of severe periodontitis: Periodontal screening score development. *J Clin Periodontol* 2018; 45: 818-831.
- 40) Eke PI, Dye BA, Wei L, Slade GD, Thornton-Evans GO, Beck JD, Taylor GW, Borgnakke WS, Page RC, Genco RJ. Self-reported measures for surveillance of periodontitis. *J Dent Res* 2013; 92: 1041-1047.
- 41) 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, Plemmons 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: S74-84.
- 42) Badersten A, Nilvéus R, Egelberg J. Reproducibility of probing attachment level measurements. *J Clin Periodontol* 1984; 11: 475-485.

## Analysis of Systemic Markers Relating to Bleeding on Probing in Patients with Cardiovascular Disease

AOYAMA Norio<sup>1</sup>, KURE Keitetsu<sup>2,3</sup>, FUJII Toshiya<sup>1</sup>,  
KIDA Sayuri<sup>1</sup>, TAKASE Masahiro<sup>1,4</sup>, SUGIHARA Shuntaro<sup>1</sup>,  
MONDEN Daichi<sup>1</sup> and MINABE Masato<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Periodontology, Department of Oral Interdisciplinary Medicine, Graduate School of Dentistry,  
Kanagawa Dental University

<sup>2</sup>Department of Periodontology, Division of Bio-Matrix, Medical and Dental Sciences Track,  
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

<sup>3</sup>Department of Periodontics, School of Dentistry, The University of Texas Health Science Center at Houston

<sup>4</sup>Division of Medical Planning, Maritime Staff Office, Ministry of Defense

### Abstract

**Purpose:** Periodontal disease is a common infectious disease and bleeding on probing (BOP) is one of the major clinical markers for periodontitis, indicating local inflammatory burden. Many studies showed an association between periodontal disease and systemic health. Although deep periodontal pockets and increased clinical attachment level are associated with systemic diseases, only a few reports showed a link between BOP and systemic health. The aim of the present study was to assess systemic parameters related to BOP. In addition, the association between BOP and answers to a self-reported questionnaire was analyzed.

**Methods:** Nine hundred and twenty-seven patients with cardiovascular diseases in Tokyo Medical and Dental University Hospital from 2012 to 2015 were enrolled in this study. Clinical periodontal examinations were performed and medical data were obtained from medical records. Subjective periodontal condition was asked using a self-reported questionnaire.

**Results:** Parameters associated with BOP were male sex, smoking status, obesity, diabetes mellitus, and hypertension, while age and dyslipidemia did not show a relationship with BOP. Patients with subjective inferiority of their dental and periodontal condition had an increased BOP value. A multivariate analysis revealed that obesity, smoking, and male sex had a statistical association with BOP.

**Conclusion:** The present study focusing on patients with cardiovascular diseases revealed an increase of BOP in obese patients, smokers, diabetes patients and patients with hypertension. Particularly, obese patients and smokers had a high BOP level after adjusting for gender. Dyslipidemia was not associated with BOP. Results of a questionnaire showed that those lacking knowledge or with subjective inferiority of their periodontal condition had an increased BOP value.

**Key words:** inflammation, obesity, periodontal medicine

## 歯根形態異常により生じた歯内-歯周疾患の1例

岡本基岐 木ノ本喜史 栗木菜々子  
沢田啓吾\* 高橋雄介 村上伸也\*  
林美加子

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)

\*大阪大学大学院歯学研究科 口腔分子免疫制御学講座 (口腔治療学教室)

## 抄録

目的：歯内-歯周疾患は日常臨床で頻りに遭遇する病態であり、臨床症状として歯根破折・穿孔・セメント質剥離などと類似した症状を呈しうるため、鑑別診断が重要である。今回、複数の歯科医院において、歯根破折のため抜歯が必要と診断された上顎中切歯に対して、根の形態異常に由来した歯内-歯周疾患との診断の下、歯内療法および歯周組織再生療法を実施することで良好な治癒が得られたので、その治療経過と予後について報告する。

症例：患者：41歳、女性、主訴：上顎右側中切歯の咬合痛。

全身既往歴：特記事項なし。

現病歴：30年ほど前に自転車で転倒して上顎前歯部を打撲し、歯内療法を受けた。その後、う蝕などが原因で感染根管治療を2回ほど近医で受けたという。2018年1月に同部の自発痛のため近医を受診したところ、歯根破折を指摘され、要抜歯との診断を受けた。患者は患歯の保存を希望し、さらに3カ所の歯科医院を受診するもすべて同じ診断を受け、2018年2月に同部位の精査・加療を希望し、大阪大学歯学部附属病院を受診した。

臨床所見：来院時の上顎右側中切歯は前装冠が装着されており、自発痛 (+)、打診痛 (+)、歯肉腫脹 (+)、動揺 (2度)、根尖部圧痛 (+)、瘻孔 (-)、遠心から口蓋側中央にかけて11 mmのプロービングデプス (PD) を認めた。歯科用コーンビームCT (CBCT) 検査の結果、根尖部透過像は切歯管まで到達していた。

診断：上顎右側中切歯の既根管治療歯・急性根尖性歯周炎、歯内-歯周疾患 Class III。

治療経過：初診来院時にCBCT撮影と咬合調整後、抗菌剤投与による急性炎症の鎮静化を図った。次回来院時に、補綴物を除去して感染根管治療を開始したところ、8カ月後には上顎右側中切歯の根尖部透過像の消失が認められたため、根管充填を行った。その後、全顎的な歯周基本治療を行ったものの、上顎右側中切歯遠心側のPDは9 mmで、顕著な改善を認めなかったため歯周外科手術を行った。明視下にて、同部に骨縁下垂直性骨吸収を認めたものの歯根破折はないことが確認できたため、積極的な歯周組織再生を期待してリグロスを用いた歯周組織再生療法を実施した。また術中所見より、当該歯の口蓋側中央部1/3に過剰根を認めた。歯根の形態異常と遠心歯根面から形成される溝に石灰化物の沈着を認めたため、超音波スケーラーおよびキュレット型スケーラーを用いて縁下歯石を除去し、Er:YAGレーザーを用いて不良肉芽組織を除去した後、リグロスを塗布し、縫合した。術後1年4カ月で、デンタルX線写真より骨吸収部の透過性の改善を確認することができ、臨床症状も消失していることから予後良好と判断し、現在は経過観察を行っている。

結論：初診時の臨床検査から根尖部X線透過像は切歯管に及ぶほど大きく進展しており、抜歯が適応かと思われる状態であったが、一連の治療過程において、CBCTおよびマイクロスコープによる拡大視野にて精査した結果、歯根破折ではなく歯根の解剖学的な形態異常に起因した歯内-歯周疾患と確定し、感染源を除去することで、臨床症状の改善へ導くことができた。

キーワード：歯内-歯周疾患、歯根形態異常、歯周組織再生誘導、Er:YAGレーザー

責任著者連絡先：岡本基岐

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-8 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)

TEL & FAX : 06-6879-2927, E-mail : motoki@dent.osaka-u.ac.jp

受付：2021年1月8日/受理：2021年3月5日

DOI : 10.11471/shikahozon.64.171

## 緒 言

歯内-歯周疾患は日常臨床で高頻度に遭遇する病態である。発症原因により分類されており、歯内疾患由来型病変 (Class I)、歯周病由来型病変 (Class II)、複合型病変 (Class III) に分けられている<sup>1-3)</sup>。歯内病変由来である Class I 病変は、歯内療法を適切に施すことで改善に向かう可能性が指摘されており、過剰な歯周治療の実施が歯周組織再生の阻害につながることを認識する必要があるともいわれている。一方、歯周病由来である Class II 病変は、歯髄が生活反応を示すことや、隣在歯を含めた歯周状態の包括的な評価が診断のポイントとなる。また混合型である Class III 病変は、組織破壊が歯内疾患あるいは歯周病のどちらが主たる原因で生じているかにより患歯の保存の可能性が大きく異なるが、いずれかを事前に把握することが困難な状況に遭遇することも多い。また歯内-歯周疾患は、歯内疾患と歯周病双方の臨床症状を有するだけでなく、歯根破折・セメント質剥離・歯頸部外部吸収ならびに根管側壁や大白歯であれば髄床底への穿孔などの、ほかの疾患との鑑別診断が重要である。そのため、これらを念頭に、従来からの歯周組織検査・歯髄診査・デンタル X 線写真の所見を組み合わせることで総合的に診断していく必要がある。

近年では、歯科用コーンビーム CT (CBCT) やマイクロスコプが有効な診断・治療機器として普及しており、正確な診断に寄与している。今回、上顎前歯部に生じた歯内-歯周疾患に対して、近医で歯根破折との診断を受けるも患歯の保存を強く希望して来院された症例について、的確な診断に基づき感染根管治療と歯周組織再生療法を併用することで良好な結果が得られたので、その経過を報告する。

なお、提示した症例は個人が特定されないようにしたうえで症例報告に使用することについて、患者本人の同意を得ている。

## 症 例

患者：41 歳女性。

主訴：上顎右側中切歯の咬合痛。

全身既往歴：特記事項なし。

家族歴：特記事項なし。

使用中薬剤：なし。

現病歴：30 年ほど前 (小学生高学年) に自転車で転倒し、前歯部が陥入した。近医で経過観察を指示され、経過観察していたところ歯は再萌出してきたが、徐々に歯の色が変わってきたことを自覚していた。そのため 15 年

前に前歯部の感染根管治療および歯冠修復処置を受けたとのこと。経過は良好であったが、7 年前に修復物の色が気になり修復物のみ再製した。その後、子育てなどの理由から歯科を受診していなかったが、半年前から同歯の動揺や歯肉からの排膿を自覚したため、近医を受診するも歯根破折との診断に基づき、抜歯を勧められた。本人は患歯の保存を強く希望されて、さらに 3 カ所の歯科医院を受診するも同様の診断にて抜歯が必要といわれたため、当院受診にいたった。

### 1. 現 症

視診：上顎右側中切歯には補綴物が装着されており、辺縁歯肉に発赤、腫脹および自然排膿を認めた。顔貌は左右対称であった。

臨床所見：上顎右側中切歯は自発痛 (+)、打診痛 (+)、唇側根尖部圧痛 (+)、動揺 (2 度)、遠心から口蓋側中央にかけて幅の狭い 11 mm のプロービングデプス (PD) があり、歯根破折を疑うものの肉眼では破折線を確認できなかった。反対側同名歯との比較において、患歯は挺出していた。口腔衛生状態は全顎的に不良であり、歯列不正のある上顎前歯部を中心に縁上歯石を認めた。

X 線検査：上顎右側中切歯はレジン前装冠および金属製鋳造ポストが装着されており、根尖部透過像を認めた (Fig. 1A)。また上顎左側中切歯根尖部に、若干の歯根膜腔の拡大を認めた。CBCT 像の観察では、遠心側から根尖部を越えて、左側中切歯根尖部や切歯管付近に到達する 5×7 mm の透過像を認め、歯内-歯周疾患を疑う骨吸収像を呈していた (Fig. 1B~E)。

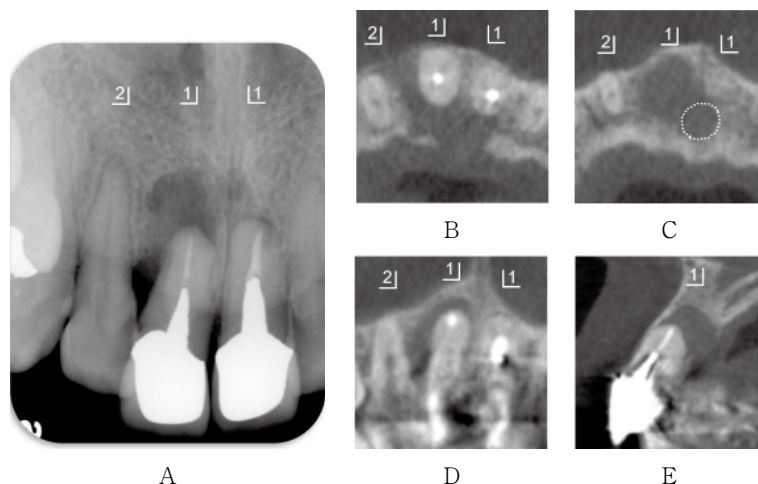
診断名：上顎右側中切歯の既根管治療歯・急性根尖性歯周炎、歯内-歯周疾患 Class III。

### 2. 治療経過

1) 初診 (診査および応急処置, 2018.2)

臨床検査および CBCT (アルファードベガ, 朝日レントゲン工業) 画像により、上顎右側中切歯遠心部の垂直性骨欠損と根尖部透過像が連続していることを確認した。しかし、近医で指摘された歯根破折を示す破折線やセメント質剥離などは、歯肉腫脹や排膿があるため十分に確認できなかった。そこで患者に対して、歯内-歯周疾患 Class III である可能性が高いことを説明した。咬合時に上顎前歯部の突き上げが確認されたため、急性症状の改善を目的に、補綴物の削合による咬合調整と抗菌剤および消炎鎮痛薬を処方した。

治療方針として、急性症状の寛解を図った後に感染根管治療を行って経過観察し、歯周組織の状態に改善が認められない場合には、破折線の確認のため歯肉の翻転・剥離を行うこととした。さらに、破折線が確認されず、歯周組織に骨欠損が残存した場合は歯周組織再生療法を



**Fig. 1** Preoperative dental radiography and CBCT images taken during the first visit

- A : Dental X-ray images showing radiolucency in the periodontal distal portion and root apex of the maxillary right central incisor.
- B, C : CBCT images in the transverse (B) and coronal (C) plane showing the radiographic translucencies reaching the adjacent teeth and the incisive canals (i.e., the area enclosed by a dotted line in image C).
- D : CBCT image in the coronal plane showing endodontically and periodontally-derived radiolucency area were contacting each other.
- E : CBCT image in the parasagittal plane showing radiolucency of the apical zone that partially reached the bony edge of the palate.

Abbreviation : CBCT, cone beam computed tomography.

含む歯周治療を検討することを説明した。一連の治療過程において、歯根破折の確認にいたった場合は抜歯が適応であることも併せて説明した。

#### 2) 2回目 (2018.3)

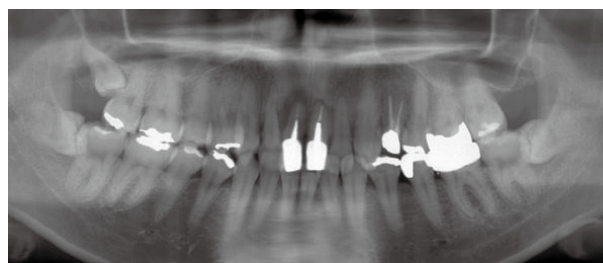
患歯の急性症状は改善していたが、口腔衛生状態は依然として不良であったため、口腔全体の状態を確認する目的でパノラマ X 線撮影を実施した (Fig. 2)。パノラマ X 線所見より、歯列不正を認める上顎前歯部から小白歯部にかけて歯石沈着を認めることを指摘し、口腔衛生指導を行った後、全顎的なスケーリングを実施して縁上歯石を除去した。

#### 3) 3回目 (2018.4)

患歯の臨床症状は改善し、辺縁歯肉の発赤・腫脹ならびに歯肉からの排膿は消失した (Fig. 3)。歯の動揺 (1度) は改善傾向であったが、遠心部の PD の改善は認めなかった。歯肉の腫脹が改善した状態で再び歯根表面を観察したが、明らかな破折線やセメント質剥離などを認めなかったため、歯内-歯周疾患である可能性が高いと判断して、次回より感染根管治療を開始することを説明した。

#### 4) 感染根管治療 1 回目 (2018.5)

感染根管治療前の診査結果を示す (Fig. 4)。レジン前装冠を除去後、鋳造ポストと感染歯質をカーバイド



**Fig. 2** Orthopantomographic images taken during the second visit after first aid treatment

Tartar deposits were observed on the anterior maxillary teeth. All wisdom teeth except for the maxillary left wisdom tooth were visibly impacted. The patient had undergone numerous dental procedures and had caries on several teeth.

バー、ダイヤモンドポイントならびに超音波装置 (P-MAX-2, Satelec, 白水貿易) に装着したダイヤモンドコーティングが施されたチップ (エンドサクセスチップ ET-BD, Satelec, 白水貿易) を用いて除去した。上顎右側側切歯のう蝕治療を行うとともに、上顎右側中切歯の歯冠形態を修正後、暫間被覆冠を仮着した (ハイボンドカルボセメント, 松風)。






**Fig. 3** Intraoral photographs taken at third visit

A : A frontal view showing that the patient's marginal gingival redness and gingival swelling had disappeared. The patient was instructed to maintain good oral hygiene with thorough self-care.

B : An occlusal view showing exposed metal core resulting from bite adjustment procedure.

A

	Mobility	PD	Palpation	Percussion Vertical	Percussion Horizontal
<u>2</u> ]	0	3 mm (BOP-)	-	-	-
<u>1</u> ]	1	11 mm (BOP+)	+	+	+
<u>1</u> ]	0	3 mm (BOP-)	+/-	+/-	-



B

**Fig. 4** Result of clinical tests performed before treatment of the infected root canal

A : Test results confirming the presence of symptom of both endodontic and periodontal disease in the maxillary right central incisor.

B : Dental X-ray image showing radiolucency in the root apical part portion of the maxillary right incisor.

#### 5) 感染根管治療 2 回目 (2018.7)

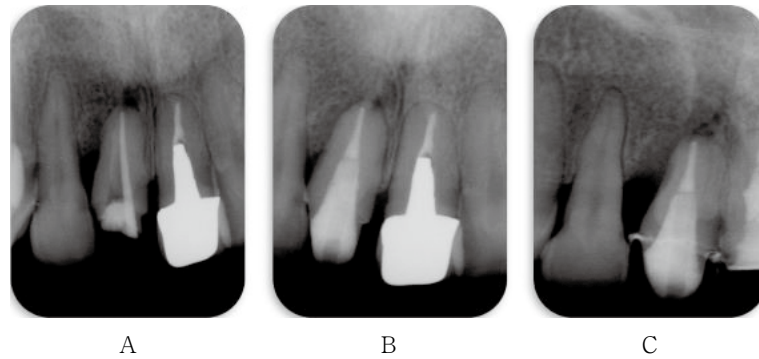
歯科用マイクロスコープ視野下 (OPMI pico MORA/S100, Carl Zeiss, Germany) にて, 超音波装置に装着したファイル形態のチップ (AM ファイル, Satelec, 白水貿易) およびマイクロエクスカベーター (O・K マイクロエクスカ, 背戸製作所, エクスカベーターラウンド曲 #4L, YDM) にて根管充填材を除去後, 根管内の残存セメントおよび根管上部の感染歯質を除去した。根尖穿通を確認後, 潤滑剤 (RC-Prep, Premier Dental, USA) を併用して, Ni-Ti ロータリーファイル (HyFlex EDM, Colten, France) を用いて 50 号まで根管洗浄しつつ根管形成を行った。根管洗浄は受動的超音波洗浄法に 2.5% 次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (ネオクリーナー, ネオ製薬, 4 倍希釈液) と 3% EDTA 溶液 (スミアクリーン, 日本歯科薬品) を使用し行った。その後, 手用 H ファイル 30 号 (マニー) にて根管の全周ファイリングを行った。根管を洗浄後, ペーパーポイント (VDW, Germany) にて根管乾燥を行い, 水酸化カルシウム製剤 (カルシペックス II, 日本歯科薬品) を貼薬したうえで, 暫間被覆冠を仮着した。

#### 6) 感染根管治療 3 回目 (2019.1)

他部位の治療のため前回治療から 6 カ月の期間が空いたが, その間に打診痛の改善と根尖部圧痛の消失を認めた。X 線の根管長測定により, 作業長は根管長に対して適正であることを確認した (Fig. 5A)。術前のデンタル X 線写真と比較して根尖部透過像の縮小傾向を認めため, キャナルシーラー BG (日本歯科薬品) およびガッタパーチャポイントにより根管充填を行った。その後, ボンディング材 (クリアフィルユニバーサル Quick ER, クラレノリタケデンタル), デュアルキュアコンポジットレジン (クリアフィル DC コアオートミックス ONE, クラレノリタケデンタル) とシランカップリング (クリアフィルポーセレンプライマープラス, クラレノリタケデンタル) 処理をしたファイバーポスト (ジーシー) を用いた直接法によるレジンコア築造を行った (Fig. 5B)。その後, 暫間被覆冠を仮着して経過を観察した。

#### 7) 歯周基本検査 (スケーリング・ルートプレーニング, 2019.5)


根管充填後, 約 4 カ月間の経過観察期間中に患歯に自発痛などの臨床症状は出現しなかったが, 遠心から口蓋側中央にかけて 10 mm の PD と動揺 (1 度) が残存して




**Fig. 5** X-ray images taken during root canal treatment of maxillary right central incisor


- A : Image showing reduced radiolucency in the apical area but persistent radiolucency in the distal periodontal region. Point trial confirmed that the root canal's working length was sufficient for the operation to proceed.
- B : Image taken after root canal filling showing the build up of a resin core with a fiber post.
- C : Image taken 4 months after root canal filling showing persist radiolucency in the distal periodontal region.

		A		
		2]	1]	1
PD	Buccal	3 2 4	7 3 3	3 2 2
	Palatal	3 3 4	9 6 3	3 3 3
Mobility		0	1	0







B



C



D



E

**Fig. 6** Result of clinical tests performed before periodontal tissue regenerative therapy and microscopy images from video recordings (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14169926.v1> or QR code) taken during periodontal tissue regenerative therapy

- A : Table explaining periodontal examination of maxillary right central incisor. The deep bone defect remained in the distal to palatal region of the maxillary right central incisor.
  - B, C : Photograph showing a root malformation in the center of the tooth root's palatal side.
  - D : Photograph of the numerous tartar deposits (black arrows) at the border of the malformation and the original root.
  - E : Photograph showing the application of an Er : YAG laser reachable base of the infected site.
- Abbreviation : Er : YAG laser, erbium-doped yttrium aluminum garnet laser.

いた。そこで浸潤麻酔下にて、超音波スケーラーとグレーシーキュレット (Hu-friedy, USA) を用いてスケーリング・ルートプレーニングを行った。骨縁下欠損部は幅が狭く機具の到達が限局的であることから、再評価時に改善が認められない場合、歯肉の翻転・剥離後明視野下で病因を確定することを説明した。

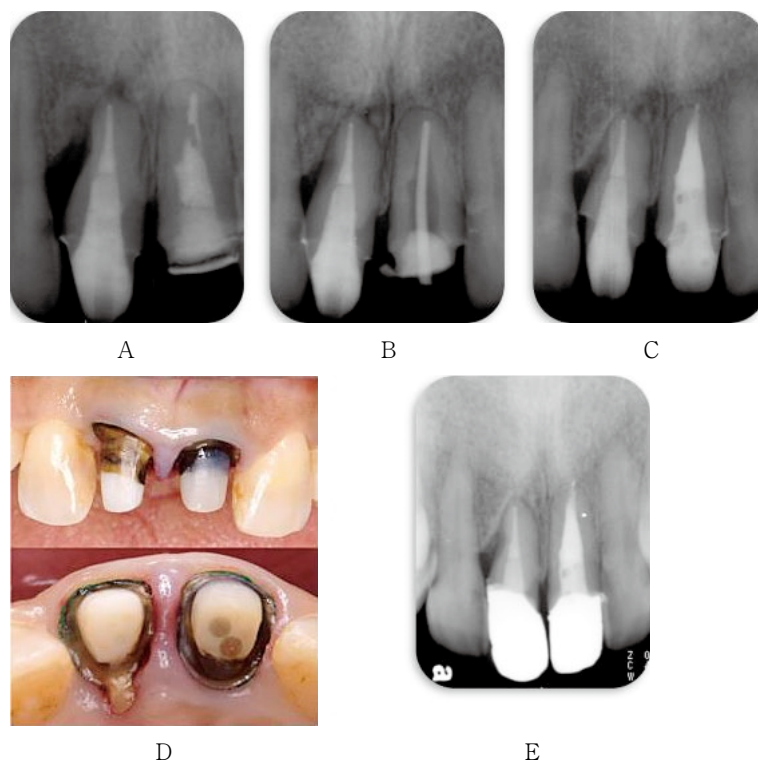
8) 歯周基本治療 (再評価, 2019.6)

患歯と上顎右側側切歯以外の小白歯および前歯部に存在した PD はすべて 3 mm 以下にまで改善したが、患歯

遠心部には深さ 9 mm の PD が残存しており、3 壁性骨欠損が疑われた (Fig. 5C)。そのため歯肉の翻転・剥離後、顕微鏡による明視野観察下で破折線の有無を精査し、破折線を認めなかった場合、同部位に対してリグロス (科研製薬) を用いた歯周組織再生療法を提案し、患者より同意を得た。

9) 歯周組織再生療法 (2019.6)

術前の歯周検査の結果を示す (Fig. 6A)。浸潤麻酔を行った後、ボーンサウンディングにより 3 壁性骨欠損で



**Fig. 7** Dental X-ray images and photographs taken after guided tissue regeneration

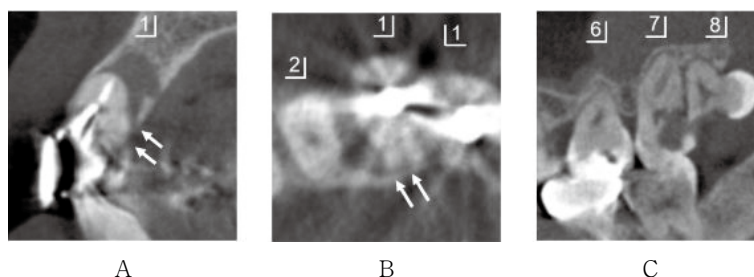
- A : X-ray image showing persistent radiographic translucency in the distal region of the periodontal tissue a week after regenerative treatment.
- B : X-ray image taken 1 month after regenerative treatment showing of regeneration of periodontal tissue in the distal site.
- C : X-ray image taken 6 months after regenerative treatment showing further bone regeneration and clarification of the lamina dura.
- D : Intra oral photographs taken after preparation. Root dilaceration was observed along the margin.
- E : X-ray image taken 14 months after regenerative treatment showing that the translucent zone within apex region had disappeared and that the periodontal condition remained stable.

あることを確認した。マイクロスコープ観察下で、歯肉溝切開を行い、歯肉を翻転・剥離後、歯根破折はないことを確認した。また歯根口蓋側に歯根の突出を伴う硬組織形態異常を確認した (Fig. 6B~E)。同部は周囲歯槽骨とは連続性がなく、歯根の色調と同一であり、触診でも歯根と同じ硬さであった。本症例の歯内-歯周疾患の交通路として口蓋側から遠心側において、歯根の突出部と歯根陥凹部に多量の歯石様沈着物を認めたことから (Fig. 6D, 矢印)、特異な歯根形態が本症例の慢性炎症の増悪因子であると考えられた。歯根突出部の近心側には骨欠損が存在しなかった。グレーシーキュレットおよび Er : YAG レーザー (Erwin AdvErl EVO, モリタ製作所) を用いて不良肉芽組織および縁下歯石の除去を行った (Fig. 6E)。レーザーは 20 pps, 50 mJ/pulse, コンタクトチップ C600F を使い、注水下, エアありの出力条件の下, 防護ゴーグル装着のうえ, 照射を行った。その

後、根面を乾燥し、リグロスを骨欠損部に填入した。続いて 6-0 ナイロン糸 (プロリオン, Ethicon, ジョンソン・エンド・ジョンソン) を用いて単純縫合した (参考動画 : <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14169926.v1> および QR コード)。術後のデンタル X 線写真を示す (Fig. 7A)。術後の注意として、創部の清掃は柔らかい歯ブラシを慎重に当てるよう指示した。

#### 10) 歯周外科治療後再評価 (2019.7, 2020.1)

術後疼痛はなく、術後 1 カ月後のデンタル X 線写真から遠心部の不透過性の亢進が認められた (Fig. 7B)。さらにリグロス填入約 6 カ月後のデンタル X 線写真を示す (Fig. 7C)。術直後のデンタル X 線写真と比較して、遠心側の透過像は明らかに減少し、歯槽硬線も観察されるようになった。処置以降、自発痛はなく、根尖部透過像も消失していた。遠心部 PD は 3 mm と大幅な改善を認めた。その一方で、同部には歯肉退縮が認められ、口蓋側



**Fig. 8** CBCT images abnormalities of showing root morphology

- A : Sagittal CBCT image taken during the first visit in which abnormalities of root (white arrows) are difficult to detect.
- B : Transverse CBCT image during the first visit in which metal artefacts caused by the metal core complicate the detection of abnormalities (white arrows).
- C : Supplemental parasagittal CBCT image taken from other patients showing how the morphological abnormalities caused by fused teeth led to the deterioration of the oral purification environment and severe decay of dental tooth structure.

Abbreviation : CBCT, cone beam computed tomography

の歯根形態の異常部が支台歯のフィニッシングライン上に現れたため (Fig. 7D), 暫間被覆冠の形態を調整しつつ, 患者が清掃しやすい形態を最終補綴物に反映させた。すなわち, 補綴物の形態により清掃性や舌感が異なる可能性があるため, 歯根形態の異常部の凸部を補綴物のマージンに含めるか否かを暫間被覆冠で検討し, 患者と相談のうえで, 凸部よりも歯冠側にマージンを設定することとした。

#### 11) 術後経過 (補綴処置, 2020.10~)

新型コロナウイルスの感染拡大により, 治療間隔が9カ月あいたが, 患歯のPDは3mm以内で動揺も生理的動揺の範囲となり, 改善が認められた。歯周組織再生治療法から約16カ月経過後のデンタルX線写真を示す (Fig. 7E)。デンタルX線所見より, 歯根周囲の骨吸収部の不透過性が増すとともに明瞭な歯槽硬線が確認され, 予後良好と判断している。

現在も歯根形態の異常部位に炎症症状が出現することなく, 術後は良好な経過をたどっており, 初診時に抜歯の可能性があった患歯を保存できたことから患者の意識も変わり, 良好な口腔衛生状態が維持できている。今後も, 良好な口腔状態を維持するよう, 定期的なメンテナンスを継続していく予定である。

## 考 察

歯内-歯周疾患は頻繁に遭遇するが, 根管側壁や髄床底の穿孔・歯根破折・セメント質剥離・歯頸部外部吸収などの鑑別が必要であるのみならず, 歯内疾患と歯周病の双方の特徴を有するため, 歯内疾患あるいは歯周病のどちらに起因するかについて, 処置前に完全に把握す

ることは難しい。そのため, 術前に想定していた原因とは異なることも想定しつつ, 治療を進めるなかで, 確定診断を下すことも多い。術前・術中診断を的確に実施するためには, 従来からの歯周組織検査や歯髄診査ならびにデンタルX線写真検査に加え, CBCTやマイクロスコープによる総合的な判断が有効である。

本症例は, 歯根形態の異常部に生じた歯周組織破壊の原因の特定が困難であったために, 複数の歯科医院で歯根破折との診断の下に保存困難と考えられた症例であった。しかし, 当院での治療において, 急性症状が寛解した後の診査においても歯根表面に破折線は確認できなかった。続く感染根管治療における根管内の徹底的な感染源の除去後の精査や, 歯肉の翻転・剥離後の明視野下の精査では, いずれもマイクロスコープを用いたが, 歯根内面および表面に破折線を認めなかった。そこで歯肉の翻転・剥離による明視下での確認を行ったところ, 患歯の口蓋側に歯根の形態異常を認めた。

上顎切歯における歯周病増悪因子となりうる解剖学的形態異常として, 舌面溝 (斜切痕, 盲孔) が報告されており, 歯内-歯周疾患との関連が報告されている<sup>4)</sup>。舌面溝はマイクロCTやCBCTにより舌面溝の歯根に対する深さや長さにより分類した報告があり, 臨床診断にあたりCBCTが有効であると考えられる<sup>5,6)</sup>。今回の歯根の形態異常は過剰根の1種と考えられた<sup>7-9)</sup>。歯種を問わず発生する可能性があり, 上顎前歯部では根尖1/3に多く発生し, 外傷によって生じる可能性が指摘されているものの, 詳細はいまだ明らかになっていない。術中のマイクロスコープによる観察では, 歯根象牙質と色調や硬さなどの性状が同一であったことから, セメント質の過形成の可能性は排除された。また反対側同名歯や隣在歯に類



似の根形態は確認されなかった (Fig. 8A, B). 医療面接により既往歴を確認したところ, 12歳頃自転車から転倒し, 当該歯を受傷後陥入したが, 1年ほど経過観察することで徐々に挺出してきたとのことであった. 歯根の形成時期や反対側で形態異常が確認されないことを考慮すると, 患者の幼少期の外傷が原因となり後天的な形態異常が生じた可能性はあるが, その因果関係は不明である. このような解剖学的な形態異常である根面溝・過剰根・根肥大ならびに癒合歯などを, CBCTにより検出することは有効であるが (Fig. 8C), 本症例では, 複数の歯科医院で保存困難であることを指摘されており, 当院での処置方針を提示するために初診時にCBCTを撮影したため, 補綴物の金属アーチファクトにより, 早期に歯根形態異常を把握することは困難であった. 補綴物および根管充填材料を除去後, CBCTを撮影することで, 根形態異常を把握することが可能であったと考える. 一方, 初診時の歯石沈着の状態から, 歯列不正に伴う清掃不良と歯根形態異常が重なり生じた歯周組織破壊に発展した臨床像は, 歯根破折に起因する歯周組織破壊像と類似していることから, 近医では正確な診断が難しかったと考えられる.

本症例では, 根管治療後に遠心部に残存した垂直性骨欠損の原因と考えられた歯根の形態異常部位の感染源除去にEr:YAGレーザーを応用した. Er:YAGレーザーは超音波と比較して同等の歯石除去効果を有するとされ, 本症例のように骨縁下欠損部の幅が狭く深い症例では, 器具の到達が困難な部位の感染源除去に有効であると考えられる<sup>10)</sup>. さらに, 垂直性骨欠損に対して, 積極的な歯周組織再生を期待して歯周組織再生剤のリグロスを使用した. リグロス投与後16カ月の時点で, デンタルX線の照射角度やイメージングプレートの位置により生じる誤差を補正した新生骨増加率<sup>11)</sup>は88.4%であり, この結果は骨欠損幅が狭く深い3壁骨欠損という歯槽骨再生に適する条件が重なった結果と考えられる. これまでに良好な経過が得られているが, 本症例の原因として過剰根に生じた根尖性歯周炎の可能性を今後も考慮する必要がある. CBCT画像やマイクロスコープによる根管精査により過剰根内に根管は存在しないことを確認し, 歯周組織再生治療時のマイクロスコープによる観察でも, 骨欠損は遠心から口蓋側に向けた歯根の突出部と歯根陥凹部に限局していた. しかし, すべての根管を把握することはできないのも事実であることから, 臨床症状が再発するようであれば, 過剰根の外科的除去を含めた対応が必要となる可能性を念頭におき, 経過観察をしていく. 暫間被覆冠でセルフケアができる形態を検討し問題がないことを患者と確認したうえで, 最終補綴物を作製し装着した. リグロス投与後9カ月以降も適切にメイン

テナンスを行うことで, 長期的に安定した歯周組織を維持できていることが報告<sup>11,12)</sup>されていることから, 患者には継続的なセルフケアとメインテナンスの必要性を説明している. 今回, 複数の歯科医院にて抜歯と診断された歯内-歯周疾患であったが, CBCTやマイクロスコープなどを駆使することで, 適切な診断に基づいて対応できたことが歯の保存につながったと考えられた.

## 結 論

深い歯周ポケットと切歯管にいたる根尖部透過像を認めた上顎中切歯の歯内-歯周疾患に対して, 適切な歯内治療を実施し, 残存した歯周病変に対しては歯根の形態異常部由来との診断の下に, 感染源を到達性の高い器具を用いて除去し, 歯周組織再生療法を併用したところ, 良好な状態で歯を保存することができた.

## 謝 辞

歯根形態に関してご教示いただいた, 大阪大学大学院歯学研究所口腔分化発育情報学講座 (口腔解剖学第一教室) 阿部真土講師に深く感謝いたします.

この論文の英文抄録および図表の説明文は, カクタス・コミュニケーションズ株式会社のソリューションであるエディテージ (www.editage.jp) に英文校正して頂きました. 心より感謝申し上げます.

本症例報告の作成に関して, 開示すべき利益相反関係にある企業は以下のとおりである.

・科研製薬株式会社

## 文 献

- 1) Rotstein I, Simon JH. Diagnosis, prognosis and decision-making in the treatment of combined periodontal-endodontic lesions. *Periodontol* 2000 2004; 34: 165-203.
- 2) Rotstein I, Simon JH. The endo-perio lesion: A critical appraisal of the disease condition. *Endodontic Topics* 2006; 13: 34-56.
- 3) 中村 洋, 須田英明, 勝海一郎, 興地隆史. 歯内療法学. 4版. 医歯薬出版: 東京: 241-248.
- 4) Castelo-Baz P, Ramos-Barbosa I, Martín-Biedma B, Dablanca-Blanco AB, Varela-Patiño P, Blanco-Carrión J. Combined endodontic-periodontal treatment of a palatogingival groove. *J Endod* 2015; 41: 1918-1922.
- 5) Gu YC. A micro-computed tomographic analysis of maxillary lateral incisors with radicular grooves. *J Endod* 2011; 37: 789-792.
- 6) Tan X, Zhang L, Zhou W, Li Y, Ning J, Chen X, Song D,

- Zhou X, Huang D. Palatal radicular groove morphology of the maxillary incisors: A case series report. *J Endod* 2017; 43: 827-833.
- 7) Malčić A, Jukić S, Brzović V, Miletić I, Pelivan I, Anić I. Prevalence of root dilaceration in adult dental patients in Croatia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 104-109.
- 8) 全国歯科技工士教育協議会. 歯の解剖学. 1版. 医歯薬出版:東京; 110-113.
- 9) 赤井三千夫. 歯の解剖学入門. 1版. 医歯薬出版:東京; 131-148.
- 10) 青木 章, 水谷幸嗣, 渡辺 久, 和泉雄一, 石川 烈, 富士谷盛興, 千田 彰, 吉田憲司, 栗原英見, 吉江弘正, 伊藤公一. レーザーによる歯石除去 ポジション・ペーパー (学会見解論文). *日歯周誌* 2010; 52: 180-190.
- 11) 沢田啓吾, 北村正博, 長谷川詩織, 森本千晶, 平井麻絵, 今井 昂, 川嶋公輔, 橋本康樹, 麻生桃子, 辻井翔一, 野田亜利紗, 花田滉輔, 政近健司, 藤田翔子, 鈴木美麻, 八木寛子, 池上久仁子, 山本智美, 森 健太, 中村友美, 小笹匡雄, 北垣次郎太, 岩山智明, 柏木陽一郎, 藤原千春, 三木康史, 竹立匡秀, 山下元三, 野崎剛徳, 村上伸也. 塩基性線維芽細胞増殖因子 (FGF-2) 製剤を用いた歯周組織再生療法の治療成績. *日歯保存誌* 2020; 63: 219-227.
- 12) 北村正博, 古市保志, 藤井健男, 川浪雅光, 國松和司, 島内英俊, 山田 了, 小方頼昌, 和泉雄一, 伊藤公一, 中川種昭, 新井 高, 山崎和久, 吉江弘正, 野口俊英, 渋谷俊昭, 高柴正悟, 栗原英見, 永田俊彦, 横田 誠, 前田勝正, 廣藤卓雄, 坂上竜資, 原 宜興, 野口和行, 小笠原健文, 村上伸也. 歯周炎罹患歯に対する FGF-2 投与の長期的効果および安全性の検討. *日歯周誌* 2012; 54: 38-45.

## A Case Report: Endodontic-periodontal Disease Due to Root Malformation

OKAMOTO Motoki, KINOMOTO Yoshifumi, KURIKI Nanako,  
SAWADA Keigo\*, TAKAHASHI Yusuke, MURAKAMI Shinya\* and HAYASHI Mikako

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Division of Oral Infections and Disease Control,  
Osaka University Graduate School of Dentistry

\*Department of Periodontology, Division of Oral Biology and Disease Control, Osaka University Graduate School of Dentistry

### Abstract

**Purpose:** Endodontic-periodontal lesions are observed relatively frequently. The clinical symptoms can be similar to those of root fracture, perforation, and cementum detachment, therefore differential diagnosis is very important. We report a case of endodontic-periodontal disease caused by abnormal root morphology which was diagnosed as a root fracture at several dental clinics and was cured by endodontic treatment and periodontal tissue regenerative therapy.

**Case:** A 41-year-old female. Chief complaint: Draining of the maxillary right central incisor and occlusal pain. Systemic history: No special notes. Current medical history: She had received initial endodontic treatment for a trauma-induced fracture of her anterior teeth about 30 years ago. After that, she had undergone re-treatment by her primary care physician twice due to caries and other reasons. When she visited another doctor in January 2018 for spontaneous pain, she was diagnosed with a root fracture of the upper right central incisor, and tooth extraction was recommended. She had a strong desire to preserve her tooth and consulted four dentists, but all of them diagnosed similar results. Therefore, she visited the Osaka University Dental Hospital in February 2018 for a detailed examination and treatment of the same site. Clinical findings: The maxillary right central incisor had a resin faced crown with spontaneous pain (+), percussion pain (+), gingival swelling (+), mobility (degree 2), root tenderness (+), sinus tract (-), and probing depth (PD, 11 mm) at the center of the palatal side. Cone beam computed tomography (CBCT) showed a large apex transmission image that expanded to the incisal canal. Diagnosis: Maxillary right central incisor, previously treated, acute periapical periodontitis, endodontic-periodontal lesion type III.

**Treatment process:** On the first visit, after CBCT imaging, occlusal adjustment and removal of supragingival tartar, it was decided to sedate the acute inflammation with antibiotics. After the acute symptoms improved, the resin faced crown was removed and the infected root canal treatment was started. After treatment, the radiolucency of the apical region in the right upper incisor was reduced, so we performed root canal filling. Approximately 4 months after the infected root canal treatment, periodontal tissue regenerative therapy using REGROTH (Kaken Pharmaceutical) was performed as the PD was not fully improved even after the completion of the initial preparation. During the surgery, an abnormal root morphology was found in the center of the palate rather than a root fracture, and tartar-like calcite was deposited in the root sulcus. One year and four months after the surgery, periodontal tissue regeneration at the site was radiographically confirmed, and the clinical symptoms disappeared.

**Conclusion:** The clinical examination showed that the apical translucency had extended to the incisal canal, and extraction of the tooth was thought to be appropriate at the first visit. However, the clinical symptoms were dramatically improved by ensuring the removal of the source of infection by CBCT and dental operative microscope during endodontic treatment and periodontal tissue regenerative therapy for endodontic-periodontal disease due to abnormal root morphology not root fracture.

**Key words:** endodontic-periodontal disease, root malformation, guided periodontal regeneration, Er:YAG laser



## 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.

## 編集後記

●令和3年4月1日から、編集委員会委員長を拝命いたしました広島大学の柴 秀樹です。これまで、委員長 北村知昭先生、委員長 中田和彦先生および委員長代行 前田英史先生のご指導のもと、4年間、編集委員として査読をしてきました。微力非才の身ではございますが、誠心誠意、本学会のための職務に尽力いたします。何卒ご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

●私は、広島生まれの広島育ちです。“I love Hiroshima City, Hiroshima Castle and Okonomiyaki.”です。広島城は、16世紀末毛利輝元によって築城されました。関ヶ原の戦いで敗れた西軍総大将の毛利輝元に代わり東軍の福島正則が入城しましたが、城改修問題によって他国へ転封されました。正則に代わり、広島（安芸・備後）の藩主として入城したのが浅野長晟です。長晟の別邸庭園として築成された大名庭園が縮景園（当初は、泉水屋敷と呼ばれました）です。縮景園は日本三名園（後楽園、兼六園および偕楽園）には含まれていません。個人的に、三名園に縮景園を含めて日本四名園と呼びたいと思います。

●お好み焼き（広島風お好み焼きではありません）には、お好み焼きを構成する具材の層の違いにより2種類あることを知っていますか。お好み焼きの“そば、肉、玉子”を例に解説させていただきます。2種類は、出来上がった時、皿側（鉄板側）から、“生地、そば、キャベツ、もやし、豚肉、玉子”と“生地、キャベツ、もやし、豚肉、そば、玉子”です。私が中学生の時までは、前者を作るお好み焼き屋が主流でした。お好み焼き屋の数がとても多くなった現在は、ほとんどのお好み焼き屋が後者を作っています。その層の違いをもたらす要因は“そばの調理法”にあります。考えていただけたら幸いです。

●2021年から、本雑誌の6号に代わり、英文誌である Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology が年1回発刊されます。英文誌の発行回数を増やすには、全会員がその必要性を認識し、一致団結して取り組む必要があります。

●3月11日に、広島地方気象台の職員が縮景園で標本木のソメイヨシノに6輪の花が咲いたのを確認し、桜が開花したことを発表しました。全国トップの「開花宣言」で、大変嬉しく思いました。

●1年間以上、コロナ禍が続いており、経済社会および地域社会の活力が減弱しています。互助精神、新型コロナウイルスワクチン、感染対策および桜によって、皆様が元気になれることを心から願っております。

(柴 秀樹 記)

## 日本歯科保存学雑誌編集委員会

委員長	柴 秀 樹 (広島大学大学院医系科学研究科)
副委員長	前 田 英 史 (九州大学大学院歯学研究院)
	亀 山 敦 史 (松本歯科大学)
	北 村 和 夫 (日本歯科大学)
	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)
	吉 羽 邦 彦 (新潟大学大学院医歯学総合研究科)
	吉 村 篤 利 (長崎大学大学院医歯薬学総合研究科)
	米 田 雅 裕 (福岡歯科大学)
幹 事	武 田 克 浩 (広島大学大学院医系科学研究科)

## 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4月25日 印刷

令和3年4月30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

石 井 信 之

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

F A X 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
マニール株式会社	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)



Leading the way  
to a new standard

多目的光重合型 2 液性ボンディング材

# G2- ボンド ユニバーサル

2ステップセルフエッチング  
ボンディングの  
新しいスタンダード

ジーシー G2-ボンド ユニバーサル 管理医療機器 302AKBZX00045000



Since 1921  
100 years of Quality in Dental



# HiLite HOME

患者さまを笑顔にする  
輝く白い歯へ。



*Renewal*

松風のホームホワイトニング材  
「HiLite Shade Up」が  
「HiLite HOME」としてリニューアル  
粘性の高いジェル性状で  
さらに使いやすくなりました



松風ハイライト ホーム セット ¥6,800

【内容】ジェル 1.2mL 8、エバシート 2、トレーケース 1、シェードメモ 1、  
患者さま用説明書 1、患者さま用説明(ご自宅での使用方法) 1

販売名	一般的名称	承認・認証・届出番号
松風ハイライト ホーム	医薬品含有歯科用歯面清掃補助材	高度管理医療機器 医療機器承認番号 21800BZG10006A01

製品の詳細はこちらまで…

松風   [www.shofu.co.jp](http://www.shofu.co.jp)

価格は2021年2月現在の標準医院価格(消費税抜き)です。

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)