

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

2024

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

October Vol. 67 No. 5



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

ファイバー強化型のCRが**新登場**

everX Flow

エバーエックス フロー®

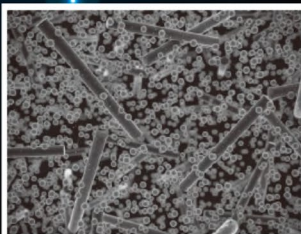
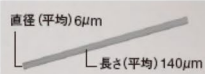
NEW

デンチンリプレイス材料

Optimal Aspect Ratio (OAR) テクノロジー®を駆使したショートファイバー配合による高い破壊靱性によりクラック伝播抑制作用を発揮することで、歯質や材料自体の破折リスクの低減が期待できます。

※Optimal Aspect Ratio (OAR) テクノロジーとは

アスペクト比(ファイバーの直径と長さの比率)の最適化により、高い破壊靱性と良好な操作性を両立するテクノロジー

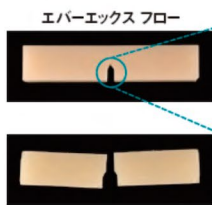


コンピュータ生成によるイメージ

歯質や材料自体の破折リスクを低減

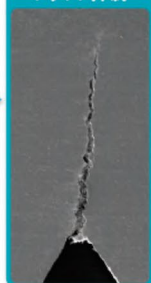
破壊靱性試験後の試験片の状態

ショートファイバーの緩衝作用により、クラックの伝播を抑制。

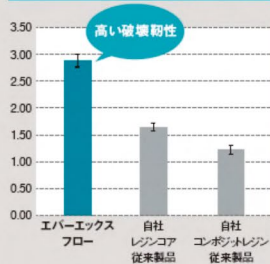


通常のファイバーを含まないコンポジットレジン

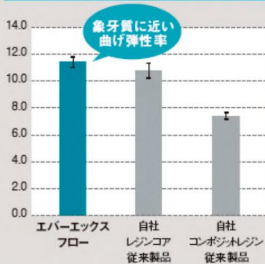
クラック抑制



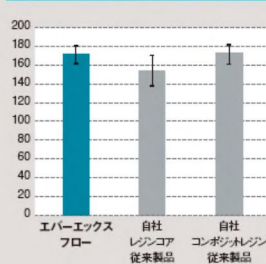
破壊靱性 [MPa/m²]



曲げ弾性率 [GPa]



曲げ強さ [MPa]



ジーシー研究所測定データ

CR充填、支台築造どちらにも使用可能

- 残存歯質の少ないコンポジットレジン充填
- 残存歯質の少ない支台築造
- CAD/CAM冠等の補綴時のライナー



コンポジットレジン充填の症例
寄稿提供: Rudolf Novotny 先生 (Slovakia)



支台築造の症例

河阪 幸宏 先生

▶ CR充填
動画公開中



GC友の会の詳細・ご入会はこちら >>>



and more

GC



GC友の会 歯科医師会員に
ご入会いただいた方へ
お届けいたします

1 GC友の会 新製品

充填・支台築造用ファイバー強化型フロアブルコンポジットレジン

エバーエックス フロー® バルクシェード

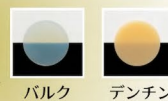
【包装】シリンジ 3.7g (2.0mL) 1本、フィリングチップⅢ プラスチック3個、
フィリングチップ用キャップ1個、テクニックガイド1部
【希望医院価格】 1面1本 ¥5,800

歯科充填用コンポジットレジン/
歯科用支台築造材料
ジーシー エバーエックス フロー
管理医療機器
306AKBZX00025000



優待券付き

- 各色1本
- 有効期限: 2024年12月31日(火)まで



2 学術冊子

エバーエックス フローの
症例を紹介!

coming
soon

執筆者



Prof. Pekka Vallittu
トゥルク大学
歯学研究室
室長

新谷 明一 先生
日本歯科大学
生命歯学部
歯学研究所
教授

河阪 幸宏 先生
東北大学大学院
歯学研究科
分子・再生歯科
補綴学分野/
北四番丁神田歯科・
矯正歯科

南野 卓也 先生
医療法人一祥会
Nao歯科・
矯正歯科
理事・院長

3 オンライン講演会

9月
START

学術冊子連動型、
リレー形式で複数回開催!

詳細・
申込は
こちら



新谷 明一 先生
日本歯科大学
生命歯学部
歯学研究所
教授

河阪 幸宏 先生
東北大学大学院
歯学研究科
分子・再生歯科
補綴学分野/
北四番丁神田歯科・
矯正歯科

南野 卓也 先生
医療法人一祥会
Nao歯科・
矯正歯科
理事・院長

内山 徹哉 先生
医療法人社団
マイクロデンタル
クリニック
理事長・院長

and more



NEO DENTAL CHEMICAL
PRODUCTS CO., LTD.



カタログ PDF



添付文書 PDF



素材の品質も 性能の一部です。

1本で覆髄から裏層まで！

DirectCapping+BaseLiner CAVIOS with MTA

覆髄+裏層 2in1

- 1本で直接覆髄から裏層まで
- デンティンブリッジ形成促進
- ALP活性に最適なpH
- HAPによるマイクロシール効果
- ネオホワイトピュア® 配合

ALP：アルカリフォスファターゼ
HAP：ハイドロキシアパタイト



高い操作性を有するキャビオスがMTA系製材として生まれかわりました。スムーズで切れが良く、歯質へのなじみが高いペーストに、MTA系成分「ネオホワイトピュア®」を配合。MTAの効果発現を促す新処方により光重合裏層材としての理工学的性質に加え、直接覆髄材としての性能を獲得しました。1本で覆髄にも裏層にも使える 2 in 1 製材です。

MTA系覆髄+裏層材

D-Cavios® MTA

ネオホワイトピュア® 配合

1.5g入シリンジ 1本
先端チップ 15本
標準価格 6,500円

D-キャビオス®MTA

医療機器認証番号 304ADBZX00054000
歯科用覆髄材料(歯科裏層用高分子系材料)
管理医療機器

製造販売業者



ネオ製薬工業株式会社

〒150-0012 東京都渋谷区広尾3丁目1番3号
Tel. 03-3400-3768(代) Fax. 03-3499-0613

「ネオホワイトピュア」は太平洋セメント株式会社の登録商標第 6125963 号です。

バイオセラミックス系シーラーによる シングルポイント根管充填

すぐれた封鎖性・高い生体親和性

歯科用覆髄材料・歯科用根管充填シーラ

ニシカキャナルシーラー[®] BGmulti ペスト

管理医療機器

一般の名称：歯科用覆髄材料・歯科用根管充填シーラ
医療機器認証番号：302ADBZX00055000



覆髄にも



パウダーを混ぜて
お好みの性状に

シンプルな操作で根管充填

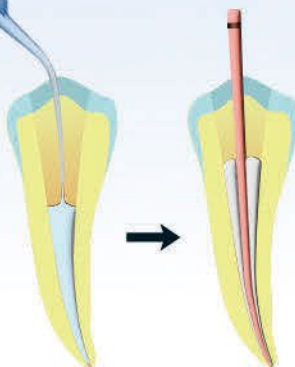
シングルポイント根管充填用ツール

BGフィル

一般医療機器

一般の名称：歯科用充填・修復材補助器具
医療機器届出番号：08B3X10011000001

臨床試用医療機器あります。



〔シーラー注入〕〔ポイント1本〕

＼ 動画でご覧いただけます ＼
シングルポイント根管充填



【包装・標準価格】

ニシカキャナルシーラー BG multi	・ ペスト… 1本 [A材 4.5g(2.5mL)、B材 4.5g(2.5mL)]・12,000円
	・ パウダー… 1個 [2g]・9,800円
	・ セット… ペスト1本、パウダー1個・21,000円
BGフィル	・ セット… チップ・ガスケット各20本入、シリンジ1本入・3,800円 ※別売品もございます。

1ステップ型 ボンディング材の一步先へ



管理医療機器 歯科用象牙質接着材

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

医療機器認証番号：305ABBZX00012000

クリアフィル®ユニバーサルボンド Quick 2

単品 ボンド (5 mL)

Wパック ボンド (5 mL) × 2個

メーカー希望小売価格 **14,070円**(税抜) 202440042

メーカー希望小売価格 **25,330円**(税抜) 202440043



「塗布後の待ち時間なし」と「高接着」「強固なボンディング層」を
両立する独自技術「ADVANCED RAPID BOND TECHNOLOGY」の
採用により、1ステップ型ボンディング材で課題とされていた
ボンディング層の「質」向上を実現しました。

製品の詳細や動画は
こちらから



●メーカー希望小売価格の後の9ケタの数字は株式会社モリタの商品コードです。 ●掲載商品のメーカー希望小売価格は2024年6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。
●印刷のため、現品と色調が異なることがあります。 ●仕様及び外観は、製品改良のため予告無く変更することがありますので、予めご了承下さい。 ●ご使用に際しましては電子添文等を必ずお読み下さい。

クラレノリタケデンタル株式会社

お問い合わせ

☎ 0120-330-922 平日 10:00~17:00

〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6-4 常盤橋タワー

【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

クラレノリタケデンタル
公式アプリのダウンロード

推奨 OS バージョン iOS 14.0 以上 /
Android 9.0 以上



クラレノリタケデンタル
LINE公式アカウント

友だち追加はこちらから



最新情報
配信中!

【販売】株式会社モリタ
〒564-8650 大阪府吹田市垂水町3-33-18
お客様相談センター：0800-222-8020
(医療従事者様向窓口)

THINK SCIENTIFIC TOOTH PREPARATION 頭で削る支台歯形成

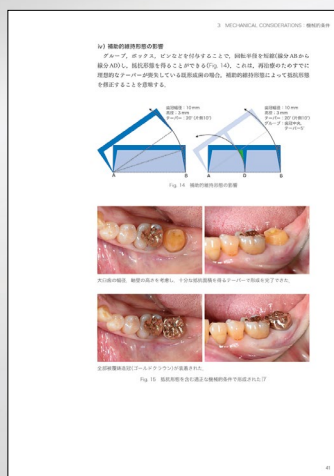
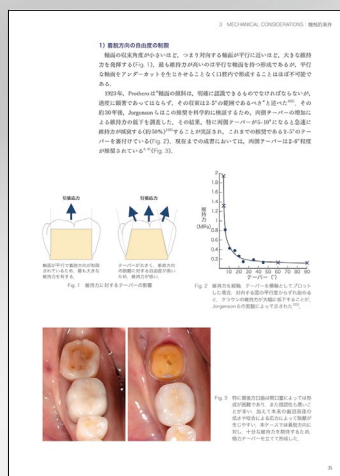
錦織 淳 監著
佐氏英介・田村洋平 著

A4判／160頁／カラー
定価 11,000円(本体 10,000円＋税10%)
ISBN978-4-263-44725-3
注文コード:447250



詳しい内容は
二次元コードの
リンク先から！

- 科学的根拠をベースとした“思考と臨床決断”，
確かな形成技術習得するための一冊
- 支台歯形成のエビデンスやガイドラインの情報を
わかりやすく網羅的かつ体系的に解説
- 形成のステップを，豊富な写真で図解
- 各形成ステップのポイントや臨床的な評価項目など，
臨床決断に至るプロセスの詳細をリストを用いて解説



支台歯形成に，
「正解ではなく最善の臨床決断を」

歯科保存学のイノベーションー健口寿命延伸への貢献ー

日本歯科保存学会 2025 年度春季学術大会（第 162 回）大会長
徳島大学大学院医歯薬学研究部歯周歯内治療学分野
湯本 浩通



このたび令和 7（2025）年 6 月 5 日（木）、6 日（金）の 2 日間にわたり、日本歯科保存学会 2025 年度春季学術大会（第 162 回）を愛媛県民文化会館において開催いたします。今大会のメインテーマは、「歯科保存学のイノベーションー健口寿命延伸への貢献ー」といたしました。本学術大会開催中、大阪では「いのち輝く未来社会のデザイン」をテーマとした万博が開催されます。歯科保存学が対象とする「う蝕・歯内疾患や歯周病」は、単なる口腔内疾患にとどまらず、さまざまな全身疾患に加えて、オーラルフレイルやそれに引き続くフレイルとの関連も示されており、「いのち輝く未来社会」において、歯科保存学・治療学における革新的な技術や発想による新たな価値が、健口寿命延伸に貢献すると信じております。本大会が、皆様と歯科保存学の革新的な価値を創造・創出できる場にしたいと考えております。

大会プログラムは、特別講演 1 として、細胞老化とセノリティクスに関する分野において第一線で活躍されております高橋暁子先生（がん研究所細胞老化研究部）に、また特別講演 2 として、希少疾患先天性無歯症患者の欠損歯を再生する新規抗体医薬品「歯生え薬」の研究開発と臨床研究へのアプローチについて高橋 克先生（北野病院）にご講演いただく予定です。

シンポジウム I は、「高齢者の口腔内変化を考えるー2040 年問題に向けてー」：健康寿命延伸とオーラルフレイル・上田貴之先生（東京歯科大学老年歯科補綴学講座）、エピジェネティクスと歯科医療・安彦善裕先生（北海道医療大学歯学部生体機能・病態学系臨床口腔病理学分野）、老化が及ぼす歯髄変化・糸山知宏先生（九州大学歯科保存学分野）と歯周病が老化に及ぼす影響・四釜洋介先生（国立長寿医療研究センター口腔疾患研究部）、シンポジウム II は、「歯科保存領域における臨床テクニックのイノベーション」：保存修復治療・田代浩史先生（田代歯科医院）、歯内療法・神戸 良先生（良デンタルクリニック）と歯周治療・浦野 智先生（浦野歯科診療所）、シンポジウム III は、「保存治療のイノベーションを目指した研究開発」：光イノベーションが創出する次世代歯科治療・矢野隆章先生（徳島大学ポスト LED フォトニクス研究所）、3D プリンターを応用した新しい外科的歯内療法・鷺尾絢子先生（九州歯科大学口腔保存治療学分野）、歯肉幹細胞由来エクソソームを用いた新しい歯周治療・福田隆男先生（九州大学病院歯周病科）、国民皆歯科健診に向けた新たな歯周病検査・稲垣裕司先生（徳島大学病院歯周病科）を企画しております。

さらに、認定研修会、認定歯科衛生士教育講演（高橋 啓先生・たかはし歯科、ヘルスケア歯科学会代表）、歯科衛生士シンポジウム、ランチョンセミナー、一般口演・ポスター、市民公開講座なども企画・準備しております。詳細につきましては、今後、学術大会ホームページにてご案内いたします。

穏やかで美しい瀬戸内海に面した松山市は、一年を通じて温暖な瀬戸内海気候であり、古事記や日本書紀にも登場する日本最古の名湯・道後温泉や全国的にも貴重な江戸時代から残る天守を有する重要文化財・松山城を有し、近代俳句の礎を築いた正岡子規や夏目漱石も過ごしたことから「いで湯と城と文学のまち」と言われているほど文化的魅力も豊富であり、古くから四国遍路の「おへんろさん」を迎えてきたことから、温かく迎え入れる「おもてなし」も息づいております。学術大会会場である愛媛県民文化会館は、これらの名所へのアクセスも良い場所となっております。スタッフ一同、全力で準備に取り組んでおります。海と山に囲まれ、食材の宝庫であり、自然、歴史、文化や芸術などさまざまな魅力に満ちた松山市で、全国から多数の皆様のご参加を心よりお待ちしております。

日本歯科保存学会 2025 年度春季学術大会（第 162 回）案内

日本歯科保存学会 2025 年度春季学術大会（第 162 回）は、2025 年 6 月 5 日（木）・6 日（金）、愛媛県松山市（担当校：徳島大学大学院医歯薬学研究部歯周歯内治療学分野、大会長：湯本浩通教授）において、下記のとおり開催（現地開催およびオンデマンド配信）することとなりました。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。

2024 年 10 月

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会

理事長 林 美加子

1. 会 期 2025 年 6 月 5 日（木）・6 日（金）

本学術大会では、2025 年 6 月 19 日（木）正午～7 月 3 日（木）正午の期間、オンデマンド配信を予定しております。

2. 会 場 愛媛県民文化会館

〒790-0843 愛媛県松山市道後町 2-5-1

TEL：089-923-5111

3. 発表形式選択

下記、7 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）（口演）
- ・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せんが、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

- ◆現地発表または動画発表となります。
- ◆発表時間は 8 分、質疑応答が 2 分です。円滑な会の進行と討論を実現させるため、発表時間は厳守してください。
- ◆発表は液晶プロジェクターを使用します。プロジェクターは 1 台しか使用できません。
- ◆発表に使用するスライド中の図表およびその説明・注釈は英文で表記してください。
- ◆動画ファイルは、Microsoft PowerPoint ファイルに音声を書き込んだ mp4 データをお送りいただきます。
- ◆オンデマンド配信期間中は、専用ホームページにて口演発表として公開されます。
- ◆会場発表に使用するファイルを記録した CD-R の事前送付は不要です。学会当日、ファイルを記録した USB メモリ（または CD-R）をご持参ください。当日は「PC 受付」にて、口演開始 1 時間前までに必ずファイルの確認と修正を終えてください。
- ◆詳細は、後日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、現地発表用（印刷版）とオンデマンド配信用（PDF ファイル）を作成いただきます。
- ◆オンデマンド配信期間中は、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。
- ◆ポスターの掲示形式の詳細は「6. ポスター発表掲示形式」をご覧ください。
- ◆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 (<https://shikahozon.jp/162>) 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 (http://www.hozon.or.jp/member/ethics_code.html#meeting_ethics) をご確認ください。

2) 演題申込期間

2024 年 11 月 21 日 (木) 正午～2025 年 2 月 7 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」「歯科衛生士口演」「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

- ・2025 年 2 月 7 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、承認済の適応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ざ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162回学術大会に関する問い合わせ先

日本歯科保存学会 2025 年度春季学術大会（第162回）運営事務局

(一財) 口腔保健協会コンベンション事業部

TEL : 03-3947-8761 FAX : 03-3947-8341 E-mail : jsmdl62@kokuhoken.jp

ホームページ : <https://shikahozon.jp/162>

6. ポスター発表掲示形式

- 1) ポスターパネル（現地発表用）は、掲示可能なスペースが横 90 cm、縦 210 cm で、そのうち最上段の縦 20 cm は演題名等用のスペースとし、本文の示説用スペースは横 90 cm、縦 190 cm とします。
- 2) 最上段左側の横 20 cm、縦 20 cm は演題番号用スペースで、演題番号は大会事務局が用意します。
- 3) 最上段右側の横 70 cm、縦 20 cm のスペースに、演題名、所属、発表者名を表示してください。なお演題名の文字は、1 文字 4 cm 平方以上の大きさとし、また共同発表の場合、発表代表者の前に○印を付けてください。演題名を英文で併記することとなりました。ご協力をお願いいたします。
- 4) ポスター余白の見やすい位置に、発表代表者が容易にわかるように手札判（縦 105 mm、横 80 mm）程度の大きさの顔写真を掲示してください。
- 5) ポスターには図や表を多用し、見やすいように作成してください。3 m の距離からでも明瞭に読めるようにしてください。図表およびその説明・注釈は英文で表記してください。研究目的、材料および方法、成績、考察、結論などを簡潔に記載してください（※症例報告の場合は、緒言、症例、経過、予後、考察、結論）。
- 6) ポスター掲示用の押しピンは、大会事務局にて用意します。
- 7) ポスターを見やすくするために、バックに色紙を貼ることは発表者の自由です。
- 8) オンデマンド配信用の PDF ファイルの作成については、学術大会ホームページをご確認願います。



7. 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。事前登録の詳細は学術大会ホームページ等にてご案内いたします。

8. 会員懇親会について

実施を予定しております。詳細は学術大会ホームページ等にてご案内いたします。

9. 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。

2025 年度 日本歯科保存学会「学会賞」, 「学術賞」および 「奨励賞」の募集について

本誌前号(67 巻 4 号)にてお知らせいたしました上記各賞の募集につきまして, 再度ご案内申し上げます.

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会(以下「本会」という)の表彰制度は, 歯科保存学の領域において優れた業績をあげた本会の会員を表彰するとともに, 若手研究者の育成を図ることにより, 歯科保存学の発展と本会の活性化を期するものです. したがって, 「学会賞」は理事による推薦といたしますが, 「学術賞」および「奨励賞(40 歳未満)」は会員による個人応募としています.

つきましては, 学会ホームページに掲載しております学術賞応募申請書および奨励賞応募申請書をダウンロードのうえ, 奮ってご応募ください.

多数の方々からのご推薦・ご応募をお待ち申し上げます.

〔応募要綱〕

- * 申請締切日: 2024 年 12 月末日(必着)
- * 申請書提出先: 本会事務局
(〒170-0003 東京都豊島区駒込 1-43-9 (一財)口腔保健協会内)
- * 表彰制度規程および同細則: 本誌 67 巻 4 号巻末および本会ホームページに掲載
- * 学術賞応募申請書, 奨励賞応募申請書および共著者・共同発表者の同意書: 本会ホームページに掲載

2024 年 10 月 31 日

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会
理事長 林 美加子

日本歯科保存学雑誌

第 67 巻第 5 号

令和 6 年 10 月

目 次

2025 年度春季学術大会大会長挨拶・案内
2025 年度各賞募集

総 説

根管充填用シーラーと根管充填法に関する基礎知識……………諸富 孝彦 (245)

誌上シンポジウム「保存修復学領域における臨床研究の最前線」

シンポジウム概要……………北村 知昭 (251)

Concentrated Growth Factors を併用した歯根端切除術の多施設臨床共同研究……………半田 慶介 (252)

臨床研究が示す Bioactive glass 配合歯内治療用材料の有用性……………鷺尾 絢子 (256)

歯周病検査の生涯ポータビリティ……………高柴 正悟 (261)

接着歯学研究多施設臨床研究の成果からデジタル技術を活用した
次世代型コンポジットレジン修復への展開……………保坂 啓一 (266)

原 著

X-Smart Pro+ と WaveOne Gold による湾曲根管形成の切削特性に関する研究
……………附田 孝仁, 山崎 詩織, 林 玲緒奈, 山根 雅仁, 石井 信之, 武藤 徳子 (269)

歯科領域におけるウイルス性肝炎に関する動画に対するアンケート調査
……………湯本 浩通, 舞田 健夫, 河野 豊, 植原 治
安彦 善裕, 青田 桂子, 高山 哲治, 四柳 宏 (276)

Ni-Ti ファイル破折防止に対する新規往復回転駆動の有効性に関する研究
……………藤巻 龍治, 鈴木 二郎, 石井 信之 (288)

ラット歯髄組織由来細胞含有コラーゲンゲルに被包された硬組織周囲に起きる歯髄由来細胞の分化
……………山田 理絵, 湊 華絵, 清水 公太, 鎗田 将史, 新井 恭子
佐藤 友則, 五十嵐 勝, 北島佳代子, 両角 俊哉 (295)

CLSPN 遺伝子変異 rs115197921 の侵襲性歯周炎との関連性と歯根膜細胞における機能解析
……………藤原 千春, 北垣次郎太, 松本 昌大, 榎本 梨沙, 島袋 善夫, 村上 伸也 (304)

歯学部生によるニッケルチタンロータリーファイルを用いた根管形成の評価……………木方 一貴, 河野 哲 (315)

在宅歯科訪問診療における歯科衛生士業務の実態調査
……………市川 清香, 野村 玲奈, 久世恵里子, 土藏 明奈, 堀 十月
長屋優里菜, 西口 梨紗, 高橋 明里, 渡邊 友美, 日下部修介
横矢 隆二, 岩尾 慧, 間下 文菜, 藤原 周, 二階堂 徹 (327)

第 67 巻総目次……………(332)

投稿規程……………(336)

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. 67, No. 5

OCTOBER 2024

CONTENTS

Review

Basic Knowledge of Current Root Canal Sealers and Root Canal Felling Methods.....MOROTOMI Takahiko (245)

Symposium in the Journal

Overview of Symposium.....KITAMURA Chiaki (251)

Multi-center Clinical Collaboration Study of Root Tip Resection Combined
with Concentrated Growth Factors.....HANDA Keisuke (252)

Clinical Studies Demonstrate the Usefulness of Bioactive Glass-based
Endodontic Materials.....WASHIO Ayako (256)

Lifetime Portability of Periodontal Examination.....TAKASHIBA Shogo (261)

Cutting-edge Multi-center Clinical Research in Direct Resin Composite Restoration,
Advancing Minimal Intervention Dentistry with a Digital Workflow.....HOSAKA Keiichi (266)

Original Articles

Shaping Ability of WaveOne Gold with the X-Smart Pro+ in Curved Root Canals
.....TSUKUDA Takato, YAMAZAKI Shiori, HAYASHI Reona,
YAMANE Masahito, TANI-ISHII Nobuyuki and MUTOH Noriko (269)

Questionnaire Survey on a Video about Viral Hepatitis in Dentistry
.....YUMOTO Hiromichi, MAIDA Tateo, KAWANO Yutaka, UEHARA Osamu,
ABIKO Yoshihiro, AOTA Keiko, TAKAYAMA Tetsuji and YOTSUYANAGI Hiroshi (276)

Study on the Effectiveness of a Novel Reciprocating Rotational Drive in Preventing Ni-Ti File Fracture
.....FUJIMAKI Ryuji, SUZUKI Jiro, TANI-ISHII Nobuyuki (288)

Differentiation of Rat Dental Pulp Derived Cells around Hard Tissue
Encapsulated in Collagen Gel Containing Cells Derived from Dental Pulp Tissue
.....YAMADA Rie, MINATAO Hanae, SHIMIZU Kota, YARITA Masafumi, ARAI Kyoko,
SATO Tomonori, IGARASHI Masaru, KITAJIMA Kayoko and MOROZUMI Toshiya (295)

Association of CLSPN Variant rs115197921 with Aggressive Periodontitis
and its Functional Analysis in Periodontal Ligament Cells
.....FUJIHARA Chiharu, KITAGAKI Jirouta, MATSUMOTO Masahiro,
MASUMOTO Risa, SHIMABUKURO Yoshio and MURAKAMI Shinya (304)

Evaluation of Root Canal Preparation Using Nickel-titanium Rotary Files by Dental Students
.....KIHO Kazuki and KAWANO Satoshi (315)

A Clinical Survey on Dental Hygienist Activity for the Elderly People at Home Care
.....ICHIKAWA Sayaka, NOMURA Rena, KUZE Eriko, TSUCHIKURA Akina,
HORI Kanna, NAGAYA Yurina, NISHIGUCHI Risa, TAKAHASHI Akari,
WATANABE Yumi, KUSAKABE Shusuke, YOKOYA Ryuji, IWA O Satoshi,
MASHITA Ayana, FUJIWARA Shu and NIKAI DO Toru (327)

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

根管充填用シーラーと根管充填法に関する基礎知識

諸 富 孝 彦

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

Basic Knowledge of Current Root Canal Sealers and Root Canal Felling Methods

MOROTOMI Takahiko

Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

キーワード：根管充填，シーラー，バイオセラミックス，メタクリレートレジン，単一ポイント法

緒 言

根管充填の目的

根管治療は歯科医師にとって日常的な処置であるが、再発率が高い治療であることが国内外で示されている¹⁻³⁾。根管治療で良好な予後を得るためには、免疫系による生体防御機構が欠如した歯髄腔内に存在する微生物をはじめとした起炎物質を可能なかぎり除去したうえで、再感染を防止することが不可欠である。近年、歯科用マイクロスコープ、歯科用コーンビーム CT、そしてニッケルチタン製ロータリーファイル等、器具・機材の発展と普及により根管治療の確実性と効率が向上しつつあるが、現時点において再治療の割合が低下したとの報告はなされていない。そのため、根管治療における処置を個別に見直し、さらなる改善を図ることは、歯科保存専門医の責務であると思われる。

根管治療を広義に解釈すると歯冠修復をもって最終処置となるが、狭義では根管治療の最終段階が根管充填であり、予後を左右する重要なステップである。本稿ではこの根管充填に着目し、近年の知見を基に材料および方法につき整理したい。

根管充填の目的は、無髄根管を充填材料により緊密に封鎖することで感染源の進入を防ぐとともに、可能なかぎりの無菌化を目指してもなお根管内に残存するわずかな病原性微生物を封じ込め、不活性化させることにある。前者の「緊密な封鎖による再感染の防止」、すなわち根管の拡大・形成と化学的洗浄により無菌的となった根管に起炎物質が侵入することを防ぐという概念は、古くから継承されてきた⁴⁾。一方、後者の「残存病原性微生物の封じ込めと不活性化」は近年に提唱されはじめた概念である⁵⁾。根管は側枝や根尖分岐、イスマス、フィンなど複雑な解剖学的形態を有しており、根管形成器具を用いた機械的な形成が可能な範囲は根管系の 60~80% 程度とされる⁶⁾。また、機械的清掃効果と歯根の脆弱化はトレードオフの関係にあり、感染象牙質を除去することに注力するあまり過剰な根管拡大・形成を行うことは穿孔や破折を招き、結果的に歯の寿命の短縮に繋がりがねない。このような理由から、すべての起炎物質を機械的に除去することは不可能である。機械的清掃が及ばず残存した感染源に対しては根管洗浄による化学的清掃に頼ることとなるが、その効果にも限度があり、完全なる

「無菌根管」の獲得は今日においてはきわめて困難である。そのため、除去しきれなかった微生物を封じ込め、増殖・活動を防止し無害化するのが「entombment (埋葬化)」という考え方である⁷⁾。

現在用いられている根管充填用材料

上記の目的を達成するため、現在までさまざまな方法や材料が開発され用いられてきた。根管充填材に求められる性質は多岐にわたるが、それらのすべてを満たす材料は現時点では存在しない。そのため現在は、半固形充填材料と、各種セメントを根管充填用シーラー（シーラー）として、両者を併用する方法が一般的である。半固形充填材料として用いられるのはもっぱらガッタパーチャで、材質的な安定性からコアマテリアルとして用いられてきた。そのガッタパーチャと根管壁の、あるいはガッタパーチャポイント間に存在する間隙を埋めるのがシーラーであり、こちらは多種類が存在する。

1. 酸化亜鉛ユージノール系シーラー

酸化亜鉛ユージノール系シーラーはゴールドスタンダードとして、近年まで長期間にわたり広く使用されてきた⁸⁾。開発途上国を中心に2010年代以降も多用されているが⁹⁻¹²⁾、ユージノールの細胞毒性や組織に対する起炎性が相次いで報告され^{13,14)}、また、レジン系材料を用いた支台築造ではレジンの重合阻害による接着不良が生じるとされる¹⁵⁾。そのため、今日では他の材料へとシフトしつつある。

2. 酸化亜鉛非ユージノール（脂肪酸）系シーラー

酸化亜鉛非ユージノール（脂肪酸）系シーラーは、液成分をユージノールに替えて脂肪酸を用いることで、酸化亜鉛ユージノール系シーラーと比較し有意に生体適合性が高いことが報告されているが^{16,17)}、抗菌性は低いと考えられる。2008年および2019年に実施されたわが国の歯学部に対する調査では、ともに本シーラーが臨床の場で最も多く使用されていることが報告されたが^{18,19)}、国外での使用実績は多くはない⁸⁻¹⁴⁾。

3. レジン系シーラー

レジン系シーラーは各種レジンベースとした根管用シーラーであり、現在多用されている製品としては、エポキシレジン系とメタクリレートレジン系の2種が挙げられる。ともに細胞・組織為害性が報告されているものの^{20,21)}、その影響は以前の製品より改善されている²²⁾。

1) エポキシレジン系シーラー

エポキシレジン系シーラーは長い歴史を有し、1950年台にはかつて代表的な製品であったAH26が開発されている。本製品はホルムアルデヒドの放出が問題視されたが²³⁾、AHプラス（デンツプライシロナ）ではその懸念

は解消されている²²⁾。それでもなお、細胞・組織為害性は後述するケイ酸カルシウム系シーラーには劣ることが報告されている²⁰⁾。2000年代以降、欧米を中心にエポキシレジン系シーラーが、酸化亜鉛ユージノール系シーラーに代わり第一選択とされるようになった^{24,25)}。

2) メタクリレートレジン系シーラー

メタクリレートレジン系シーラーの最大の特徴は、その接着性にある。象牙質との界面に樹脂含浸層が形成され良好な接着性を示し²⁶⁾、併せてガッタパーチャとも接着することから、根管充填後の歯根のモノブロック化が可能とされる^{27,28)}。以前は根管内の象牙質に対し歯面処理が必要であったが、近年の製品ではセルフエッチングにより前処理なしで使用可能な製品が上市されている²⁹⁾。レジン系材料の性質として重合収縮が挙げられ、特にconfiguration factor (C-factor) が高値となる根管内ではコントラクションギャップが生じやすくレジン系シーラーには不利な条件と考えられるが、メタシールSoftペースト（サンメディカル）では親水基によりレジンポリマー鎖の間隙に水分が取り込まれることで重合収縮を補償するだけの吸水膨張が生じ、接着界面に重合収縮による間隙は発生しないとされている²⁹⁾。しかし、レジンの吸水は長期的な観点からは材質的な劣化を引き起こすことが懸念されるため、長期間にわたる評価が求められる。

4. バイオセラミックス系材料を応用したシーラー

近年、注目を集めているのがバイオセラミックス系材料を応用したシーラーである。1998年にProRootMTAとして米国で上市されたMineral trioxide aggregate (MTA)は、直接覆髄、穿孔封鎖、逆根管充填など難症例とされてきた歯内療法処置において良好な成績を示し³⁰⁾、世界的に使用されるようになった。後に多くの製造者により、MTAや、改良を加えたいわゆるケイ酸カルシウム系セメントが開発され、現在ではシーラーとしてもバイオセラミックス系シーラーや、バイオセラミックス材を添加したバイオセラミックス配合シーラーが入手可能となっている。これらは高い生体適合性や封鎖性、難溶解性、そして抗菌性など、根管充填材料として理想的な性質を有することが多数報告されている³¹⁻³³⁾。

現在、世界的に広く用いられているバイオセラミックス系シーラーはケイ酸カルシウムを主体とするものである。根管内に存在する水分による水和反応で硬化し、界面にハイドロキシアパタイト様結晶を生成して象牙質と一体化することで、良好な封鎖性を示す。さらに生体親和性が高く簡便な操作性をも併せもつことから、欧米を中心として急速に普及しはじめている³⁴⁾。

わが国におけるバイオセラミックス応用 シーラーの現状

世界的に注目を集めるバイオセラミックス系材料を応用したシーラーだが、わが国特有の事情として健康保険制度があり、健康保険適用の材料でなければ臨床の場では使用が困難である。国外では多くの製品が上市されているケイ酸カルシウム系シーラーも、わが国では根管充填用シーラーとしては未承認である。その理由として、薬機法では「歯科用根管充填シーラ」の定義中に「水分の補助なしで硬化し」との記載があり³⁵⁾、水和反応により硬化するケイ酸カルシウム系材料は根管充填用シーラーとしての定義を外れるためである。そのため、現時点において国内で根管治療に用いることが可能なケイ酸カルシウム系材料は、カルシベックス II（日本歯科薬品）やカルフィー・ペースト（ジーシー）、ビタベックス（ネオ製薬工業）などと同じ「水酸化カルシウム系歯科根管充填材料」として承認されている、Bio-C Sealer（Angelus Japan）の 1 製品のみである。

一方で、わが国でもバイオセラミックスを応用した材料で薬機法上の「歯科用根管充填シーラ」として承認された製品も存在する。これらは既存の根管充填用シーラーにバイオセラミックス材を配合した、バイオセラミックス「配合」シーラーである。その先駆けとして 2015 年に、サリチル酸レジン系シーラーに MTA を配合した MTA フィラベックス（Angelus Japan）が承認を受け販売された。本製品は MTA による良好な効果が期待されたが、前述のエポキシレジン系シーラーである AH プラスに封鎖性で劣り³⁶⁾、骨誘導能も同程度で³⁷⁾、また、細胞・組織為害性も報告されていることから^{20,38)}、広く使用されるにはいたっていない。

続く 2017 年、生体適合性の高い酸化亜鉛非ユージノール（脂肪酸）系シーラーに生体活性ガラス（bioactive glass）を配合したニシカキャナルシーラー BG（日本歯科薬品）が上市された。バイオセラミックスの一つである生体活性ガラスは、体液と反応してハイドロキシアパタイト結晶を生成し、骨伝導性・骨結合性を有するうえ軟組織とも高い親和性をもつことから、骨補填材として、医療材料としての使用実績を有する³⁹⁾。このような性質をもつ生体活性ガラスを配合することで、ニシカキャナルシーラー BG はケイ酸カルシウム系シーラーに類似した特徴をもつ根管充填用シーラーとなっている^{32,40,41)}。なお本製品は 2021 年から、パウダー状の添加材を混入することで覆髄剤としても使用可能なニシカキャナルシーラー BG multi として販売されているが、シーラーとして用いる際はペーストのみで使用するこ

とで最適な流動性が得られるよう調整されている。国内の販売高集計資料によると、本製品の根管充填用シーラーとしての市場シェアは 2021 年度でおよそ 20%、2022 年度には 21%とされる^{42,43)}。

さらに、2023 年には酸化亜鉛非ユージノール（脂肪酸）系シーラーに MTA を配合した MTA マルチシーラー（クラーク）が上市された。本製品に関する客観的な評価は筆者の知るかぎり現時点で報告されていないが、今後の検証が期待される。

酸化亜鉛非ユージノール（脂肪酸）系バイオセラミックス配合シーラーは、硬化時の微膨張性やハイドロキシアパタイト形成による象牙質との結合・一体化による高い封鎖性、安定性や生体親和性、高 pH による抗菌性など、ケイ酸カルシウム系シーラーと同様に、シーラーに求められる優れた性質をもつ^{32,40,41)}。一方、既存のシーラーの応用により開発された経緯から、ケイ酸カルシウム系根管充填材料と比較してコスト面での優位性を有しているため、保険診療においても過剰な負担なくバイオセラミックスによる恩恵を受けることができる。

根管充填方法

現在主流のガッタパーチャとシーラーを併用した根管充填法は、単一ポイント法、側方加圧充填法、そして垂直加圧充填法の 3 種に分類される。

1. 単一ポイント法

単一ポイント法は、根管充填用シーラーを満たした根管にマスターポイントを 1 本挿入して根管を充填する方法である。本法はガッタパーチャを加圧することがないためシーラー層が厚くなり、ガッタパーチャをコアマテリアルと見なした場合、適した方法とはいえない。近年、各製造者が独自規格に基づき 2% を超えるテーパーのニッケルチタン（Ni-Ti）製ロータリーファイルの販売しており、これらを用いて根管形成を行ったうえで、最終拡大ファイルの形状と同一形態のガッタパーチャポイントを用いた単一ポイント法により根管充填を行う「マッチドテーパーシングルフーン法」も用いられている⁵⁾。この方法では従来法と比較し、ガッタパーチャの充塞率を上げることが可能となる。しかし、根管形成後の根管の断面形態が真円形状となっている部位は多くはなく、適切な手技の下に行われた加圧充填と比較すると、やはりシーラーへの依存度が高い充填法であることは否めない。

2. 側方加圧充填法

側方加圧充填法は、根管壁にシーラーを塗布したうえで最終根管拡大サイズと同一のマスターポイントを挿入しスプレッダーで圧接、この操作で生じた空隙にアクセサリーポイントを挿入し再度スプレッダーで圧接、以後

これらの操作を繰り返すことでガッタパーチャの充塞率を高める方法である。半固形充填材料であるガッタパーチャの可塑性を活かし、適切な加圧操作を行うことでガッタパーチャを変形させて根管内壁に適合させるとともに、余剰シーラーは根管口外へ排出される。その結果、シーラーはガッタパーチャポイントと根管壁の間、もしくはガッタパーチャポイント間の隙を埋める薄層となり、ガッタパーチャの充塞率が上がる。術式として安定で偶発的事象の発生率も少ないことから、歯学教育機関では最も基本的な術式として扱われている。しかし、実際に根管を根尖付近まで高い充塞率でガッタパーチャを満たすためには、スプレッダーを作業長から 1 mm 程度手前の深さまで挿入する必要がある、仮に 2% テーパーで規格形成された根管に同一規格のマスターポイントを挿入した場合、スプレッダーの先端の到達度はかなり高位にとどまることが報告されている⁴⁴⁾。湾曲根であればスプレッダーの到達度はさらに不十分となることが予想され、臨床上、目論見どおり根尖付近までガッタパーチャによる緊密充填ができていない症例は多くはなく、実質的には単一ポイント法となっていることも懸念される。根管形態に応じて適切な太さ、テーパー、そして柔軟性を有するスプレッダーを選択することが重要である。

3. 垂直加圧充填法

垂直加圧充填法は、広義ではプラグーによりガッタパーチャを根尖方向へ加圧するすべての方法となるが、狭義では加熱により軟化させたガッタパーチャを根尖方向へと圧接する方法を指す。内部吸収等によるアンダーカットの生じた根管や側枝・根尖分岐、さらにはイスマス・フィンにもガッタパーチャを充填することが可能である。2009 年の報告では米国の歯内療法専門医の 48.2% が continuous wave of condensation technique (CWCT) を、また Schilder 法も 20.2% が採用しており、側方加圧充填法は 43.6%、単一ポイント法は 3.2% という結果から、垂直加圧充填法は多くの歯内療法専門医に採用されていることが示されている⁴⁵⁾。一方で、本法は技術的依存度が高く根管充填材料の溢出等の偶発症を防ぐためには十分な訓練が必要であるうえ、使用器具・器材の多さといった煩雑な面もある。なお、側方加圧充填法と垂直加圧充填法を比較したメタアナリシス研究で、両者に質的な優劣や予後に差はないと報告されている⁴⁶⁾。

根管充填用シーラーへの依存度を高めた 根管充填法

バイオセラミックスを応用したシーラーを用いた根管充填では、シーラーの性質を十分に発揮させるため、こ

れまで一般的であったガッタパーチャをコアマテリアルとして間隙をシーラーで封鎖するという加圧根管充填方法が見直されつつある。実際にニシカキナルシーラー BG や ケイ酸カルシウム系シーラーである EndoSequence BC Sealer (Brasseler) では、側方加圧充填法に比較し単一ポイント法を用いたほうが封鎖性に優れることが *in vitro* 研究で示されている⁴⁰⁾。さらに操作法が簡便であることから技術依存度が低く、処置に要する時間が短縮され、また加圧による歯根破折の恐れがないなど封鎖性以外の利点も多い。これらの「次世代」単一ポイント法はシーラーの進化に伴い推奨されるようになったものであり、既存のシーラーを用いた単一ポイント法とは基本的概念が異なる。次世代単一根管充填法が推奨されるシーラーは、以下の条件を満たしている必要がある。

1. 象牙質と接着/結合し、一体化する。
2. 硬化時に収縮しない。
3. 組織為害性が低い。
4. 体液による崩壊がない。
5. 適度な流動性を有する。

バイオセラミックスを応用したシーラーはこれらの条件を満たしており、2017 年に実施された国際調査では、bioceramic root canal sealer (BRCS) を用いた根管充填で、一般歯科医および歯内療法専門医ともに単一ポイント法が最も選択されている³⁴⁾。また、メタクリレートレジン系シーラーにも単一ポイント法が推奨されている製品がある²⁹⁾。

次世代単一ポイント法は、ガッタパーチャに代わりシーラーをコアマテリアルとした根管充填方法と表現されることもある。主となる充填材料がシーラーであり、ガッタパーチャポイントは、シーラーを側枝や根尖分岐、フィンやイスマス内へ充填するキャリアとして、補助的に使用する材料とする概念である。シーラーをコアマテリアルと考えるのであれば、併用するガッタパーチャポイントは形成された根管径よりも細い番手のものを選択し、シーラー層を可及的に厚くすることが推奨されるはずであるが、マッチドテーパーシングルコーン法に代表されるように、最終拡大ファイル径と同一サイズのマスターポイントを用いるのが一般的である。現時点では気泡の混入などの懸念から^{47,48)}、シーラーをコアマテリアルとするにはやや時期尚早と思われるが、既存のシーラーと比較し、根管充填におけるシーラーの依存度を格段に高めることが可能となったことに相違ない。そして、これまでコアマテリアルとして使用されてきたガッタパーチャも長期的には劣化し収縮することが知られており⁵⁾、バイオセラミックス応用シーラーと界面に形成されるハイドロキシアパタイト結晶や、メタクリレートレジン系シーラーならびに形成される樹脂含浸層

と比較して、ガッタパーチャが長期安定性に優れているのか否かは明白ではない。今後、これら次世代型シーラーの長期的評価が進むにつれて、ガッタパーチャがコアマテリアルの座をシーラーへと明け渡すときが来ると思われる。そして近い将来、シーラーおよび充填器具・器材のさらなる進化により、根管充填材料はシーラーを主体としたものとするにとどまらず、シーラーのみによる根管充填へと移行するものと予想される。

結 語

これまで各種の根管充填材料および方法につき述べてきたが、われわれ歯科医師は緊密な根管の封鎖という根管充填の目標を達成するために、自己の有する技量を基に、費用に加えチェアタイムも含めたトータルコストを十分に考慮したうえで、症例に合わせて適した材料・方法を多くの選択肢から選び採用する必要がある。そのためにも、それぞれの材料および方法について、個々の特徴を熟知しておくことが重要であろう。

根管充填は、無菌性の維持により長期的な予後を得るためのものであり、歯髄疾患や根尖性歯周疾患を治癒へと導く処置ではない。根管治療の成否を決める要因としては根管内の機械的・化学的清掃と無菌的処置の徹底が最重要であり、それらがなされていなければ、どのような材料・方法を用いた根管充填も無に帰するものであることを心にとどめ、根管治療に向き合いたい。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Tsuneishi M, Yamamoto T, Yamanaka R, Tamaki N, Sakamoto T, Tsuji K, Watanabe T. Radiographic evaluation of periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Japanese population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100: 631-635.
- 2) Pak JG, Fayazi S, White SN. Prevalence of periapical radiolucency and root canal treatment: a systematic review of cross-sectional studies. *J Endod* 2012; 38: 1170-1176.
- 3) Jakovljevic A, Nikolic N, Jacimovic J, Pavlovic O, Milicic B, Beljic-Ivanovic K, Miletic M, Andric M, Milasin J. Prevalence of apical periodontitis and conventional non-surgical root canal treatment in general adult population: An updated systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies published between 2012 and 2020. *J Endod* 2020; 46: 1371-1386.
- 4) 勝海一郎, 前田宗宏. 根管充填. 歯内治療学. 5 版. 医歯薬出版: 東京; 2018. 151-176.
- 5) 北村和夫. 根管充填. エンドドンティクス. 6 版. 永末書店: 京都; 2022. 154-171.
- 6) Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30: 559-567.
- 7) Yoo JS, Chang SW, Oh SR, Perinpanayagam H, Lim SM, Yoo YJ, Oh YR, Woo SB, Han SH, Zhu Q, Kum KY. Bacterial entombment by intratubular mineralization following orthograde mineral trioxide aggregate obturation: a scanning electron microscopy study. *Int J Oral Sci* 2014; 6: 227-232.
- 8) Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. *J Endod* 2009; 35: 35-39.
- 9) Udoe CI, Sede MA, Jafarzadeh H, Abbott PV. A survey of endodontic practices among dentists in Nigeria. *J Contemp Dent Pract* 2013; 14: 293-298.
- 10) Gupta R, Rai R. The adoption of new endodontic technology by Indian dental practitioners: a questionnaire survey. *J Clin Diagn Res* 2013; 7: 2610-2614.
- 11) Raoof M, Zeini N, Haghighi J, Sadr S, Mohammadalizadeh S. Preferred materials and methods employed for endodontic treatment by Iranian general practitioners. *Iran Endod J* 2015; 10: 112-116.
- 12) AlRahabi MK, AlKady AM. Current trends in practice of residents in the Saudi Board of Endodontics Program. *Eur J Dent* 2019; 13: 619-624.
- 13) Morse DR, Wilcko JM, Pullon PA, Furst ML, Passo SA. A comparative tissue toxicity evaluation of the liquid components of gutta-percha root canal sealers. *J Endod* 1981; 7: 545-550.
- 14) Hume WR. Effect of eugenol on respiration and division in human pulp, mouse fibroblasts, and liver cells in vitro. *J Dent Res* 1984; 63: 1262-1265.
- 15) Miura H, Yoshii S, Fujimoto M, Washio A, Morotomi T, Ikeda H, Kitamura C. Effects of both fiber post/core resin construction system and root canal sealer on the material interface in deep areas of root canal. *Materials* 2021; 19: 982.
- 16) Araki K, Suda H, Spångberg LS. Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 1994; 20: 67-70.
- 17) 江口美智子, 五十嵐 勝, 川崎孝一. 酸化亜鉛非ユージノールシーラー (CANALS-N) の根尖歯周組織への影響に関する組織学的研究. *日歯保存誌* 1996; 39: 1178-1199.
- 18) 山内由美, 石井信之, 小澤寿子, 笠原悦男, 辻本恭久, 中川寛一, 林 美加子. 歯学教育機関における歯内療法

- に使用する器具・材料・薬剤の調査. 日歯保存誌 2010; 53: 525-533.
- 19) 田中利典, 河野 哲, 海老原 新, 佐藤暢也, 田中弘顕, 西谷佳浩, 廣瀬和人, 松崎英津子, 中田和彦, 北村知昭. 歯学教育機関における歯内療法に使用する器具・材料・薬剤の調査 2019 年アンケート調査結果. 日歯内療誌 2021; 42: 31-40.
- 20) Kumar A, Kour S, Kaul S, Malik A, Dhani R, Kaul R. Cytotoxicity evaluation of Bio-C, CeraSeal, MTA-Fillapex, and AH Plus root canal sealers by microscopic and 3-(4, 5 dimethylthiazol-2-yl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay. J Conserv Dent 2023; 26: 73-78.
- 21) Al-Hiyasat AS, Tayyar M, Darmani H. Cytotoxicity evaluation of various resin based root canal sealers. Int Endod J 2010; 43: 148-153.
- 22) Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva R. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 88: 221-225.
- 23) Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. J Endod 1993; 12: 596-598.
- 24) Slaus G, Bottenberg P. A survey of endodontic practice amongst Flemish dentists. Int Endod J 2002; 35: 759-767.
- 25) Kaptan RF, Haznedaroglu F, Kayahan MB, Basturk FB. An investigation of current endodontic practice in Turkey. ScientificWorldJournal 2012; 2012: 565413.
- 26) Babb BR, Loushine RJ, Bryan TE, Ames JM, Causey MS, Kim J, Kim YK, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. Bonding of self-adhesive (self-etching) root canal sealers to radicular dentin. J Endod 2009; 35: 578-582.
- 27) Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. J Endod 2004; 30: 238-240.
- 28) Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. J Endod 2007; 33: 391-398.
- 29) 林 正規. 根管治療に必要な機器・器材・器具/根管充填用シーラー メタシールSoft ベースト モノブロック根管充填用シーラー. 日本歯科評論増刊. ヒョーロン・パブリッシャーズ: 東京; 2021. 100-103.
- 30) Dong X, Xu X. Bioceramics in endodontics: Updates and future perspectives. Bioengineering(Basel)2023; 13: 10: 354.
- 31) Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: A review. Int J Biomater 2016; 2016: 9753210.
- 32) Washio A, Morotomi T, Yoshii S, Kitamura C. Bioactive glass-based endodontic sealer as a promising root canal filling material without semisolid core materials. Materials (Basel) 2019; 29: 12: 3967.
- 33) Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Antimicrobial and anti-biofilm properties of bioceramic materials in endodontics. Materials (Basel) 2021; 10: 14: 7594.
- 34) Guivarc'h M, Jeanneau C, Giraud T, Pommel L, About I, Azim AA, Bukiet F. An international survey on the use of calcium silicate-based sealers in non-surgical endodontic treatment. Clin Oral Investig 2020; 24: 417-424.
- 35) 独立行政法人医薬品医療機器総合機構. https://www.std.pmda.go.jp/scripts/stdDB/JMDN/stdDB_jmdn_resr.cgi?Sig=1&Select=1&jmdn_no=3496&kjn_no=10296 (2024 年 8 月 21 日アクセス)
- 36) Sönmez IS, Oba AA, Sönmez D, Almaz ME. In vitro evaluation of apical microleakage of a new MTA-based sealer. Eur Arch Paediatr Dent 2012; 13: 252-255.
- 37) Assmann E, Böttcher DE, Hoppe CB, Grecca FS, Kopper PM. Evaluation of bone tissue response to a sealer containing mineral trioxide aggregate. J Endod 2015; 41: 62-66.
- 38) Yoshino P, Nishiyama CK, Modena KC, Santos CF, Sipert CR. In vitro cytotoxicity of white MTA, MTA Fillapex® and Portland cement on human periodontal ligament fibroblasts. Braz Dent J 2013; 24: 111-116.
- 39) Jones JR. Review of bioactive glass: from Hench to hybrids. Acta Biomater 2013; 9: 4457-4486.
- 40) 吉居慎二, 鷲尾絢子, 諸富孝彦, 北村知昭. バイオガラス配合シーラーの根管封鎖性と象牙質への影響. 日歯保存誌 2016; 59: 463-471.
- 41) 諸富孝彦, 花田可緒理, 鷲尾絢子, 吉居慎二, 松尾 拓, 北村知昭. 新規バイオガラス配合根管充填用シーラーのラット臼歯根尖歯周組織に対する影響. 日歯保存誌 2017; 60: 120-127.
- 42) 根管充填ポイント及び関連製品. 歯科機器・用品年鑑 2023 年版 (33 版). アールアンドディ: 名古屋; 2023: 211-212.
- 43) 根管充填ポイント及び関連製品. 歯科機器・用品年鑑 2024 年版 (34 版). アールアンドディ: 名古屋; 2024: 210-212.
- 44) 北村和夫. 根管充填. 木ノ本喜史. 抜髄 Initial Treatment. ヒョーロン・パブリッシャーズ: 東京; 2016. 323-349.
- 45) Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. J Endod 2009; 35: 35-39.
- 46) Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. J Endod 2007; 33: 106-109.
- 47) Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. Int Endod J 2020; 53: 385-391.
- 48) Milanovic I, Milovanovic P, Antonijevic D, Dzeletovic B, Djuric M, Miletic V. Immediate and long-term porosity of calcium silicate-based sealers. J Endod 2020; 46: 515-523.

学会主導型シンポジウム
「保存領域における臨床研究の最前線」
シンポジウム概要

北 村 知 昭

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

Overview of Symposium

KITAMURA Chiaki

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

キーワード：歯科保存学，臨床研究，橋渡し研究

研究は，基礎研究と臨床研究とに大別される．医学・歯科医学の発展過程でみられる飛躍的なパラダイムシフトは，基礎研究者による成果が基盤となることが多い．しかしながら，医療・歯科医療の現場に直結した革新をもたらすのは，患者が抱える問題に直面し，問題点を克服して患者に還元することを追求する，臨床実践と研究を同時進行している研究者（Physician Scientist）による成果である．

「保存治療から最先端治療への挑戦」というテーマを掲げた日本歯科保存学会 2024 年度春季学術大会（第 160 回）では「保存領域における臨床研究の最前線」と題した学会主導型シンポジウムが開催された．本シンポジウムの目的は，日本歯科保存学会所属会員が実践するホットな臨床研究を紹介し議論を深めることである．登壇した 4 名のシンポジストは，いずれも基礎研究能力を背景として，橋渡し研究（トランスレーショナル・リサーチ）や臨床研究を推進し，歯科医療現場にその成果を還元している Physician Scientist である．

神奈川歯科大学・半田慶介先生には「Concentrated Growth Factors を併用した歯根端切除術の多施設臨床

共同研究」と題して濃縮血小板を用いた再生療法の歯根端切除術への併用について，九州歯科大学・鷲尾絢子先生には「臨床研究が示す Bioactive glass 配合歯内治療用材料の有用性」と題して歯科関連企業とともに開発したバイオセラミックス系バイオマテリアルについて，岡山大学・高柴正悟先生には「歯周病検査の生涯ポートビリティ」と題して日本歯科医学会 2020 年度プロジェクト研究事業に採択された Personal Health Record (PHR) の応用について，徳島大学・保坂啓一先生には「保存修復領域における臨床研究の最前線」と題してデジタルワークフローを活用したコンポジットレジン修復やダイレクトブリッジといった次世代型コンポジットレジン修復について，基礎・臨床研究プロセスと成果および今後の展望をご講演いただいた．

4 名の Physician Scientist によるご講演，聴講会員との間で交わされた議論，そして誌上シンポジウムとしてまとめられた各シンポジストによる総説が，現在行っている研究成果の臨床展開を目指している日本歯科保存学会会員の参考になれば幸いである．

保存修復学領域における臨床研究の最前線

Concentrated Growth Factors を併用した歯根端切除術の
多施設臨床共同研究

半田 慶介

神奈川歯科大学歯学部口腔生化学分野

Multi-center Clinical Collaboration Study of Root Tip Resection Combined
with Concentrated Growth Factors

HANDA Keisuke

Division of Oral Biochemistry, Department of Oral Science, School of Dentistry, Kanagawa Dental University

キーワード：多施設臨床共同研究, CGF, 歯根端切除, 骨再生

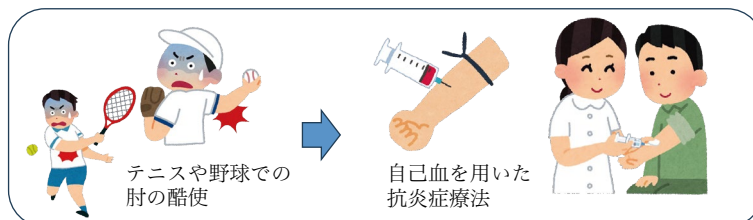
はじめに

根尖性歯周炎は、根管内の細菌感染を主因として根尖歯周組織破壊を伴う炎症性疾患である。その治療戦略は、根管系の感染源を除去することにより細菌や病原性物質の供給源を断つことで根尖病変を治癒に導くことである。近年の歯内療法はコーンビーム CT や歯科用顕微鏡、Ni-Ti システムなどの先進医療や機器導入による、根管形成や化学的洗浄法の改善によって治療成功率の大きな進歩を遂げた。一方で非外科的歯内療法の課題は、根管形態の複雑さや器具到達の限界^{1,2)}から完全な無菌化を達成することが困難であること、いまだ治療限界がある。通法での治癒が期待されない症例では、根尖性歯周炎のマネジメントのため外科的歯内療法であるモダンテクニックと呼ばれる歯根端切除術が、治療オプションの一つとなっている。歯根端切除術は、手術用顕微鏡下で実施することで、感染経路の特定と感染源除去を高い精度で行うことが可能で、施術の成功率が飛躍的に上昇した。現在の術式において、根尖病変摘出後の骨欠損部分は自然治癒による回復を期待するため、治癒期間は個

人差によってさまざまである。またマクロファージや好中球、リンパ球などの免疫担当細胞が産生する炎症性サイトカインと抗炎症性サイトカインのバランスが根尖病変の炎症強度や進展に影響を与えると考えられており、これら因子と基礎疾患を背景に炎症そのものが治療抵抗性を獲得する可能性が指摘されている。そのため、従来の感染源の除去を主目的として行われてきた標準治療のみでは、治癒が望めない症例の増加が懸念される³⁾。それゆえ、標準治療に加えて直接炎症を制御する新規医療技術の開発が必要となることが想定される。一方で抜歯窩は、治癒過程において血餅によって満たされることが治癒への第一歩となる。病変除去後の治癒は、骨再生までの期間がかかる、炎症が完全に除去できないケース、術後疼痛の残存等の問題点が指摘されており、骨窩洞に傷創治癒促進が期待できる材料を応用するか、積極的なアプローチが必要かどうかは、議論する余地が残されている⁴⁻⁶⁾。そこでわれわれは、積極的に骨窩洞に応用できる安全性と確実性が高いと推測される材料として、炎症性疾患へのアプローチが可能な自己血由来の Concentrated Growth Factor (CGF) に着目した。CGF は成長因子に富んだ濃縮フィブリンゲルであり、自己由来成分

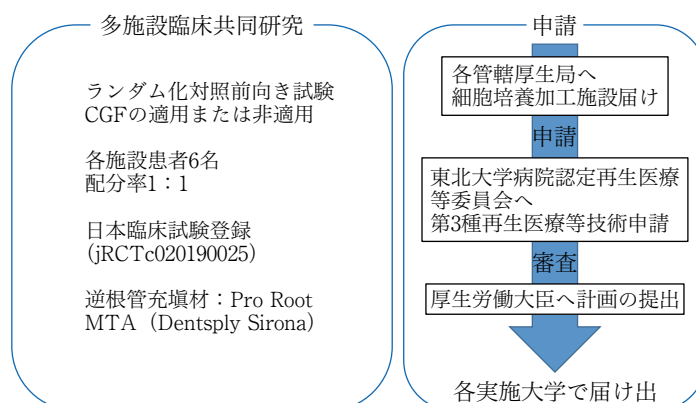
抜歯窩の治癒促進と術後疼痛や不快感が軽減される。
Moraschini V. Int J Oral Maxillofac Surg 2015

抗凝固療法を受けている患者が投薬を中止せずに自己濃縮血小板（APC）を受けた場合、術後出血の減少、止血時間の短縮、痛みの軽減、および創傷治癒を促進する。
Campana MD. J Clin Med 2023



濃縮血小板の適用は、術後疼痛減少が期待される。

図 1 自己血小板濃縮物使用のメリット



CGFを用いて歯の保存治療の適応を拡大することで、口腔機能向上を介して増大する医療費の抑制効果に大きく貢献すると予測される。

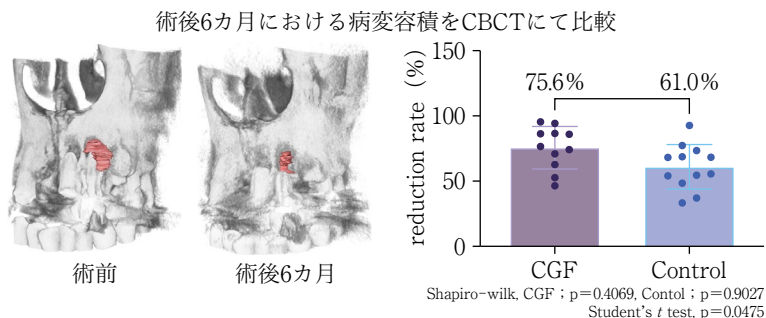
図 2 研究デザイン

東北大学を主施設に東京医科歯科大学、大阪大学および新潟大学の多施設臨床共同研究を実施した。研究は、細胞培養加工施設の申請後に東北大学病院認定再生医療等委員会へ第3種再生医療等技術申請をした。

が損傷を受けた組織を修復・再生に導くと考えられる。CGFは抜歯窩の治癒促進と術後疼痛や不快感の軽減⁷⁾や、止血時間の短縮に寄与するという報告がある⁸⁾(図1)。CGFによる再生医療を実践することによって、外科的歯内療法の実用拡大ができないか検討することとした。そこで本研究は、濃縮した血小板による再生療法に分類されるCGFを歯根端切除術に併用し、骨・歯周組織の再生および臨床症状の改善に対する治療効果を検証するため、東北大学を主施設に東京医科歯科大学・大阪大学および新潟大学の多施設臨床共同研究を実施することとした(図2)。

多施設臨床共同研究の実施

自己血製剤を使用する術式は、再生医療等の安全性の確保等に関する法律に基づき医療リスクが第3種再生医療等技術に該当することから、細胞培養加工施設申請および第3種再生医療等技術の申請を行うこととした。細胞培養加工施設の申請は、各大学の所在地を管掌する厚生局に申請する必要がある。細胞培養加工施設認可後に東北大学認定再生医療等委員会第3種再生医療等技術の審査および承認し、各大学の再生医療関連委員会に報告し、研究を開始した(主施設:東北大学、東北大学認定再生医療等委員会承認番号2018-001)。臨床研究の実施にあたっては、大学間の共通実施プロトコルの作成



骨窩洞へのCGF適応は、歯槽骨の治癒促進に貢献する。

図3 病変容積の減少率

CGF 併用群とコントロール群間で術後6カ月における病変容積をCBCTにて比較したところ、CGF適用群で統計学的有意差が認められた。このことから骨窩洞へのCGF適応は、歯槽骨の治癒促進に貢献すると考えられる⁹⁾。

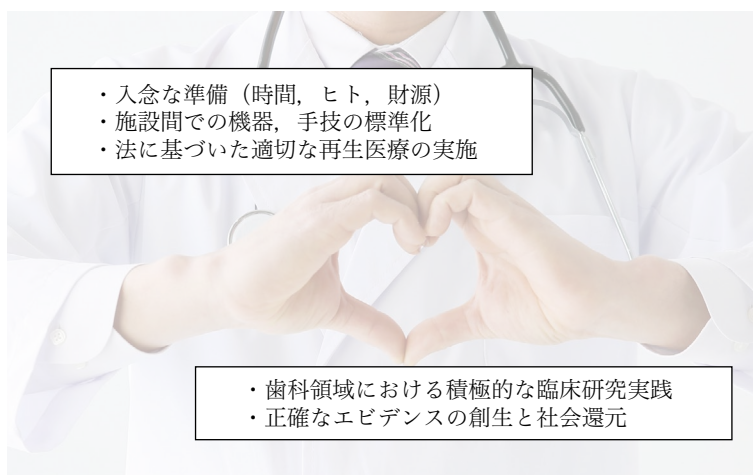


図4 多施設臨床共同研究で重要なこと

多施設臨床共同研究を通して重要なことは、事前の入念な準備を行い各施設間での手技や患者リクルートの標準化を行うこと、法に基づいて再生医療を実施することである。

や症例選択基準および除外基準の設定後、手術件数を各施設6例（CGF併用3例、コントロール3例）として実施した。本研究では通法の歯根端切除後の根尖に対して、逆根管形成の後ゴールドスタンダードであるMTA（ProRoot MTA，デンツプライシロナ）にて逆根管充填を行うこととした。術後の治癒効果の判定は、臨床所見の有無（自発痛，visual analog scale（VAS）値による疼痛強度，咬合痛，打診痛，根尖部圧痛，瘻孔），デンタルエックス線検査および歯科用コーンビームCT（CBCT）を用いて術後12カ月まで定期的に追跡した。予定症例数である24例の歯根端切除術の解析を行ったところ、エントリー症例の性別・歯種の分布について性別・歯種の差に統計学的有意差は認めなかった。一方で、CGF併用群とコントロール群間で術後6カ月における病変容積を

CBCTにて比較したところ、CGF適用群で骨再生に統計学的有意差が認められ、骨窩洞へのCGF適応は歯槽骨の治癒促進に貢献すると考えられた⁹⁾（図3）。また、痛み消失や早期の病変の縮小にCGFの併用が一定の効果をもたらす可能性が示唆された。

実施における課題

本研究を通して、単独実施では想定ができないメリット・デメリットが判明した。単独施設実施では、適切な症例数の確保や術者のテクニック依存性によって得られた成果の信頼を担保することがボトルネックとなりうる。多施設で実施するメリットとして症例のリクルートが比較的容易なことがあるが、一方症例の選択基準の厳

格化や術式の標準プロトコールの設定など、施設間で統一条件を構築するための意思疎通をとることが重要であり困難な点である。

骨窩洞への積極的な骨再生の展開

第3種再生医療等技術および多施設臨床共同研究の実施にあたって、課題が明確になったが、アカデミアとして提供する再生医療の安全性やその妥当性を検証できる治療後のデータ収集が重要な鍵となる。また全身への影響として、口腔内からの慢性炎症性疾患の増悪因子を取り除くことで、体内の免疫細胞の作用環境を整えることとなり、自己免疫疾患や循環器・内分泌疾患等の治療に対しても相乗効果が期待される。そして本研究を通して得られた成果をエビデンスへと昇華することで、創傷治癒能力を考慮した外科的歯内療法確立や歯内療法における再生医療等技術の応用について、患者に還元する一助になれば幸いである（図4）。

本論文に関して開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Plotino G, et al. Three-dimensional imaging using micro-computed tomography for studying tooth micromorphology. J Am Dent Assoc 2006; 137: 1555-1561.
- 2) Peters O. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod 2004; 30: 559-567.
- 3) Khalighinejad N, et al. Association between systemic diseases and apical periodontitis. J Endod 2016; 42: 1427-1434.
- 4) Pecora G, et al. The use of calcium sulphate in the surgical treatment of a 'through and through' periradicular lesion. Int Endod J 2001; 34: 189-197.
- 5) Favieri A, et al. Use of biomaterials in periradicular surgery: a case report. J Endod 2008; 34: 490-494.
- 6) Taschieri S, et al. Efficacy of xenogeneic bone grafting with guided tissue regeneration in the management of bone defects after surgical endodontics. J Oral Maxillofac Surg 2007; 65: 1121-1127.
- 7) Moraschini V, et al. Effect of autologous platelet concentrates for alveolar socket preservation: a systematic review. Int J Oral Maxillofac Surg 2015; 44: 632-641.
- 8) Campana MD, et al. The effectiveness and safety of autologous platelet concentrates as hemostatic agents after tooth extraction in patients on anticoagulant therapy: A systematic review of randomized, controlled trials. J Clin Med 2023; 12: 5342.
- 9) Yahata Y, et al. Autologous concentrated growth factor mediated accelerated bone healing in root-end microsurgery: A multicenter randomized clinical trial. Regen Ther 2023; 24: 377-384.

保存修復学領域における臨床研究の最前線

臨床研究が示す Bioactive glass 配合歯内治療用材料の有用性

鷲尾 絢子

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

Clinical Studies Demonstrate the Usefulness of Bioactive Glass-based Endodontic Materials

WASHIO Ayako

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

キーワード：臨床研究, bioactive glass, 歯内治療, reverse translational research, translational research

はじめに

歯科医学・医療の発展には、Evidence-baseの専門知識・技能を基盤とした高度な歯科医療の提供と、臨床現場から出てくる疑問点・課題の解決が求められている。そこで重要となるのが、臨床で直面した疑問点・課題の本質を臨床研究で明らかとし、基礎研究で解明する Reverse translational research (rTR) と、基礎研究を基盤として臨床に有用な診断法・創薬・医療機材を新規開発する Translational research (TR) とのサイクル (rTR/TR サイクル) である。また、rTR/TR サイクルにおいて重要となるのが、臨床現場で歯科医療専門職として働きながら基礎医学研究を行う、Physician-scientist の存在である (Fig. 1)。これまで、本邦の臨床系歯科医学領域において、基礎研究者および Physician-scientist によって基礎研究は進歩している。その一方で、臨床医および Physician-scientist による人を対象とする臨床研究発表や論文は以前より増加しているものの¹⁾、厚生労働省は、国内のみならず、国際共同臨床研究の実施も含めて臨床研究をさらに推進している²⁾。したがって、本邦における歯科医学・医療のさらなる発展には、

臨床医および Physician-scientist が、基礎研究の成果を歯科医療へ応用することを目的とした治験や、疾患の予防・診断・治療法の確立を目的とした臨床試験や観察研究といった臨床研究を積極的に行い、基礎研究者とともに rTR/TR サイクルを適切に展開することが重要である。そこで本稿では、歯内療法への発展への寄与を目的に、産学共同研究の一環として研究開発した Bioactive glass (BG) 配合歯内治療用材料を用いた症例における臨床研究の概要と、その結果を紹介する。BG 配合歯内治療用材料の有用性を示すとともに、臨床医および Physician-scientist の臨床研究の取り組みへのきっかけとなることを期待する。

BG multi について

われわれは、歯内治療を行うなかで「高い生体親和性・高い封鎖性・良好な創傷治癒環境の獲得を特徴とするバイオマテリアルが必要ではないか？」さらに「1つの材料でマルチに対応できる材料があると利便性が高いのではないか？」という課題に直面した。歯内治療用材料のターゲットは、硬組織である象牙質・セメント質・骨と軟組織である歯髄・歯根膜である。そこで、硬組

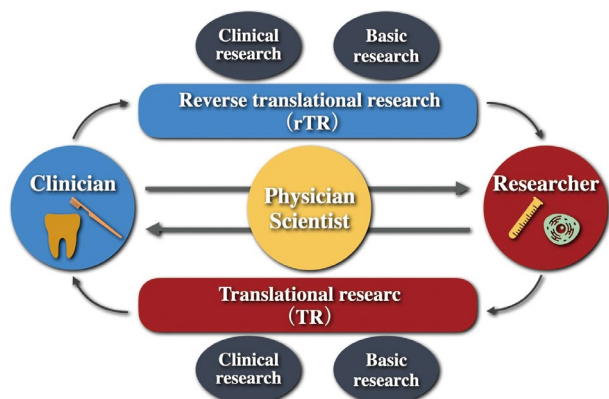


Fig. 1 rTR/TR cycle

組織・軟組織への生体親和性が高く、硬組織誘導能を有する生体活性型バイオセラミックスの一種である BG に着目し、「歯内療法領域で行われる処置にマルチに対応できるバイオマテリアル開発」というコンセプトの下、rTR/TR サイクルを展開する産学共同研究を 2009 年から開始した。そのアウトカムとして、2017 年に BG 配合根管充填用シーラー「ニシカキャナルシーラー BG (CS-BG)」が、2019 年には CS-BG の根管移送用デバイスとして「BG フィル」が発売された。さらに、BG 配合パウダーを開発し、CS-BG に BG 配合パウダーを練和することで操作性を自在にアレンジできる覆髄材・根管充填用シーラー「ニシカキャナルシーラー BG multi (BG multi)」が発売された。BG multi は覆髄材・根管充填用シーラー以外に、断髄材・穿孔部封鎖材・逆根管充填材としてマルチな応用が可能で（穿孔部封鎖および逆根管充填は適応外使用）、5 年以上の臨床実績がある CS-BG を基盤としている点で高い信頼性がある。その一方で、臨床応用されている BG multi の臨床的意義も明らかにする必要があるため、臨床研究を行うことは重要である。また、その臨床研究により、新しい歯科材料の開発および最適な歯内治療の提供に必要なエビデンスの構築等においても重要な役割を果たす。

臨床研究

1. 根管充填時疼痛の発症³⁾ (九州歯科大学倫理委員会承認済：17-39)

歯内療法における術後疼痛の発症率は 1.5～58% であることが研究報告されている⁴⁻⁶⁾。術後疼痛は、作業長の決定・器具の選択・根管充填用シーラーの選択など、歯内療法に関連する多くのパラメータと関連しており⁷⁻⁹⁾、そのなかで、根管充填用シーラーに関連する術後疼痛は 5～20% といわれている¹⁰⁻¹²⁾、そこで、基礎研究結果で得られた高い生体親和性を有する CS-BG の臨床的意義を

明らかにすることを目的として、CS-BG を用いて根管充填を行った 555 症例の、術後疼痛の予後に関する調査を行った。

その結果、根管充填中に違和感や疼痛を訴えた症例は 5% であったが、充填直後に違和感や疼痛を訴えた症例は 1.5% に減少し、さらに根管充填後 7 日以内には術後疼痛は消失していた。また、術後疼痛が生じた歯の処置内容を抜髄と感染根管処置とで比較したところ、根管充填中疼痛の発症においては感染根管処置後の歯で有意に発症率が高かったが、根管充填直後疼痛の発症においては有意差が認められなかった。これは、感染根管処置が適応となる根尖性歯周炎では根尖部の破壊による根尖開口で根管充填用シーラーが根尖孔外の歯周組織と接触しやすいことにより、抜髄症例より疼痛発症率が高いことが示唆される。また、以前にわれわれが報告した、慢性根尖性歯周炎に対する感染根管処置時の根管充填において根管充填用シーラーの違いが術後疼痛発症に及ぼす影響に関する臨床研究では、充填直後の疼痛発症率は非ユージノール系シーラー 13.3%、レジン系シーラー 10.0% であり両者に有意差はなかった¹³⁾。今回の臨床研究と分析方法が異なるため、他の根管充填用シーラーを用いた根管充填直後の疼痛発症率と一概に比較できないが、CS-BG は術直後疼痛が誘発されにくいことを示唆している。しかしながら、術後疼痛の発症率が低い原因が、CS-BG の物理学的特徴によるものなのか、生物学的特徴によるものなのかは、現時点では明らかとされていないため、今後、検討する必要がある。

2. 根管充填後 3 年予後調査¹⁴⁾ (九州歯科大学倫理委員会承認済：17-39)

治療の成功の判断として予後を追跡することは非常に重要であり、根管治療の成功率で必ず取り上げられるのが、エックス線画像上での根尖病変の変化である。そこで、CS-BG を用いて根管充填を行った症例のうち、3 年間の予後について追跡調査が可能であった 127 症例の調査を行った。

調査対象のうち、3 年経過時に機能している症例は 91%、抜歯にいたった症例は 9% であった。機能している症例の PAI score は、術前・根管充填後・3 年後と経時的に減少していた。その一方で、抜歯にいたった 8 症例はすべて Re-treatment 症例で、4 症例は歯根破折、他の 4 症例は抜歯適応歯を患者希望により保存処置した症例であり、PAI score の経時的減少は認められなかった。したがって、治療開始時に保存可能と診断された症例はいずれも自覚・他覚症状がなく経過良好であった (Fig. 2) ことから、CS-BMG は根管充填用材料として有用であることが示された。今後も引き続き、長期間の臨床経過を追跡する予定である。

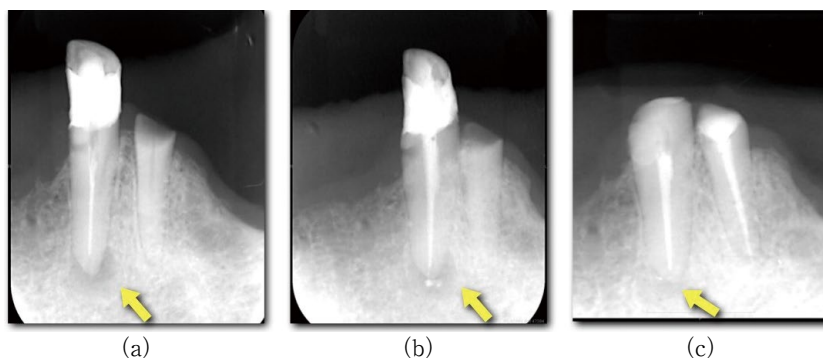


Fig. 2 One case of root canal obturation: Previously treated/symptomatic apical periodontitis (Mandibular left canine)

Root apex lesions have shrunk (yellow arrows). (a) Preoperative. (b) Immediately after root canal obturation. (c) Three years after root canal obturation.

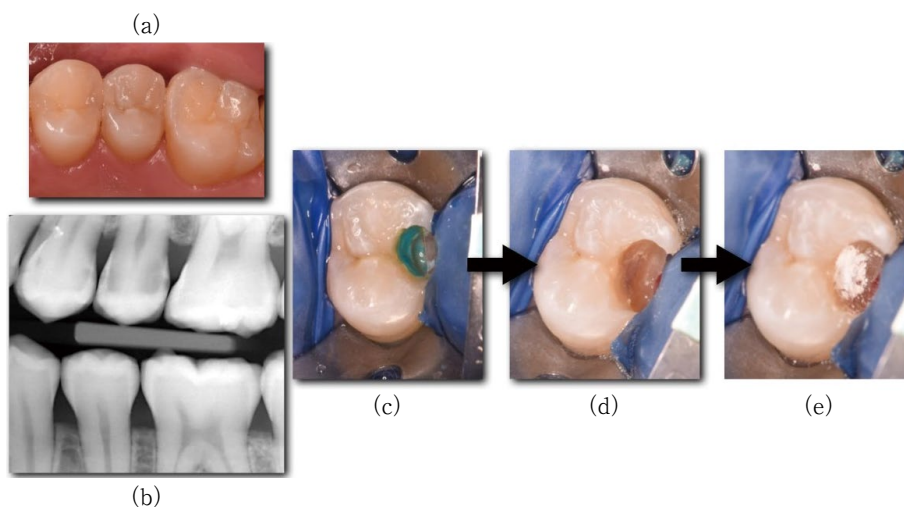


Fig. 3 One case of indirect pulp capping: Caries (Maxillary left second premolar)

(a) Preoperative intraoral photograph. (b) Preoperative X-ray. (c) Before caries removal. (d) After caries removal. (e) After indirect pulp capping.

3. 標準術式を用いた根管治療の治療実績—多施設共同前向きコホート研究— (東北大学, 九州歯科大学倫理委員会承認済: 25726)

無菌的環境下における根管治療は、高い予知性が報告されており、Initial treatmentにおいては90%以上の成功率を見込むことができる。また、Re-treatmentにおいては、成功率は低下するものの70%程度とされており、無菌的環境下における根管治療は、根尖性歯周炎に罹患した歯を保存するための標準的な治療術式となる。一方で、本邦における後ろ向き研究では、60%程度の成功率と報告されている¹⁵⁾。しかしながら、後ろ向き研究であるため、個々の治療術式の実態は明らかではない。そこで、無菌的環境下・大規模前向きコホート研究により、本邦における根管治療の治療成績および治療に与える影

響を明らかにすることで、本邦で一般的に行われてきた根管治療の問題点を明確にし、社会体制に対する政策提言も含む標準的な根管治療術式の確立を目指す。今後、本学会において研究報告を行っていく。

4. 覆髄・断髄・穿孔封鎖・逆根管充填症例の予後に関する臨床研究 (九州歯科大学倫理委員会承認済: 20-54)

近年の歯内療法領域の発展に寄与した技術革新の一つである Mineral Trioxide Aggregate (MTA) は、1998年に米国で開発された歯内治療用材料で、覆髄・断髄・根管充填・穿孔封鎖・逆根管充填などで適応可能である。日本では、2006年に覆髄材として厚生労働省に認可された。覆髄材へのMTAの応用を中心として、断髄材、穿孔封鎖材、および逆根管充填材としても応用されてい

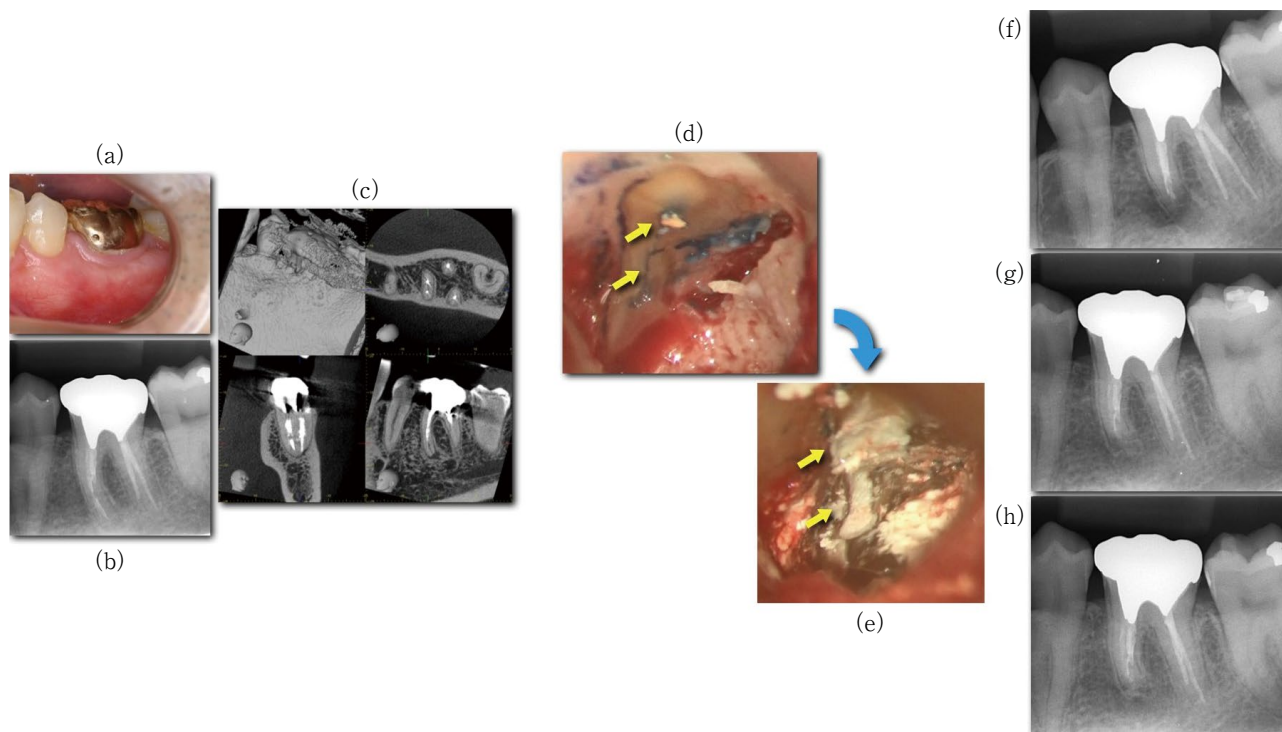


Fig. 4 One case of retrograde filling (Case provided by Takatomo Yoshioka, D. D. S., PhD): Previously treated/symptomatic apical periodontitis (Mandibular left first molar)

Bone defects near root ends have shrunk. (a) Preoperative intraoral photograph. (b) Preoperative X-ray image. (c) Preoperative CBCT image. (d) Immediately after apicoectomy. Yellow arrows show gutta-percha point and isthmus. (e) Immediately after retrograde filling. Yellow arrows show BG multi. (f) Postoperative X-ray image. (g) one year after retrograde filling. (h) X-ray image two years after retrograde filling.

る。その一方で、操作性の問題や長い硬化時間、硬化時に十分な水分を必要とするなど、MTAには臨床上の課題もある。そこで、われわれが研究開発し良好な特性を有するBG multi¹⁶⁾を用いて、覆髄 (Fig. 3)・断髄・穿孔封鎖・逆根管充填 (Fig. 4)を行った歯を対象に予後を追跡することで、歯内治療用材料におけるBGの有用性やそのさらなる発展に寄与できるとともに、歯内治療の成功率の上昇につながると考える。今後、本学会において、随時、研究報告を行っていく。

おわりに

「ニシカキャナルシーラー BG multi」は発売されて間もないが、ニシカキャナルシーラー BG がベースにあることを考えると、6年以上の臨床実績をもっている。今後も、歯内療法のみならずさまざまな場面でその真価を明らかにしていきたい。そのためにも、われわれ Physician Scientist は基礎研究と同じぐらい、臨床医とともに臨床研究を進めていかなければいけない。しかし、歯科・医科においては、臨床志向・専門医志向の強まりにより Physi-

cian Scientist が減少しているのも現状である。したがって、臨床系歯科医学領域で臨床・研究に携わるわれわれアカデミアにとって、Physician scientistを増やすことも重要な責務といえる。

文 献

- 1) 科学技術・学術政策研究所「科学研究のベンチマーキング 2017」, 2017.
- 2) 吉田 淳. 治験・臨床研究の推進について. 保健医療科学 2020 ; 69 : 203-222.
- 3) Washio A, Miura H, Morotomi T, Ichimaru-Suematsu M, Miyahara H, Hanada-Miyahara K, Yoshii S, Murata K, Takakura N, Akao E, Fujimoto M, Matsuyama A, Kitamura C. Effect of bioactive glass-based root canal sealer on the incidence of postoperative pain after root canal obturation. IJERPH 2020; 17: 8857.
- 4) Keskin C, Sivas YÖ, Inan U, Özdemir Ö. Postoperative pain after glide path preparation using manual, reciprocating and continuous rotary instruments: A randomized clinical trial. Int Endod J 2019; 52: 579-587.

- 5) Sathorn C, Parashos P, Messer H. The prevalence of postoperative pain and flare-up in single- and multiple-visit endodontic treatment: A systematic review. *Int Endod J* 2008; 41: 91-99.
- 6) Levin L, Amit A, Ashkenazi M. Postoperative pain and use of analgesic agents following various dental procedures. *Am J Dent* 2006; 19: 245-247.
- 7) Arslan H, Guven Y, Karatas E, Doganay E. Effect of the simultaneous working length control during root canal preparation on postoperative pain. *J Endod* 2017; 43: 1422-1427.
- 8) Pasqualini D, Corbella S, Alovizi M, Taschieri S, Del Fabbro M, Migliaretti G, Carpegna GC, Scotti N, Berutti E. Postoperative quality of life following single-visit root canal treatment performed by rotary or reciprocating instrumentation: A randomized clinical trial. *Int Endod J* 2016; 49: 1030-1039.
- 9) Thakur S, Emil J, Paulaian B. Evaluation of mineral trioxide aggregate as root canal sealer: A clinical study. *Jpn J Conserv Dent* 2013; 16: 494-498.
- 10) Graunaite I, Skucaite N, Lodiene G, Agentiene I, Machiulskiene V. Effect of resin-based and bioceramic root canal sealers on postoperative pain/A split-mouth randomized controlled trial. *J Endod* 2018; 44: 689-693.
- 11) Yoshii S, Morotomi T, Fujimoto M, Washio A, Miyashita K, Kitamura C. A pilot study on the effects of two types of root canal sealer on postoperative pain. *JJEA* 2018; 39: 43-48.(in Japanese)
- 12) Ferreira N, Gollo EKF, Boscatto N, Arias A, Silva E. Postoperative pain after root canal filling with different endodontic sealers: a randomized clinical trial. *Braz Oral Res* 2020; 34: e069.
- 13) 吉居慎二, 諸富孝彦, 藤元政考, 鷲尾絢子, 宮下桂子, 北村知昭. 根管充填後の疼痛発症に 2 種類の根管充填用シーラーが与える影響の検討. *日歯内療誌* 2018 ; 39 : 43-48.
- 14) Washio A, Miura H, Suematsu M, Murata K, Aihara R, Fujimoto M, Morotomi T, Orimoto A, Kitamura C. Three-year retrospective follow-up of cases of root canal obturation with a bioactive glass-based root canal sealer. *ODEP* 2022; 2: 16-24.
- 15) Tsuneishi M, Yamamoto T, Yamanaka R, Tamaki N, Sakamoto T, Tsuji K, Watanabe T. Radiographic evaluation of periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Japanese population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100: 631-635.
- 16) Murata K, Washio A, Morotomi T, Rojasawasthien T, Kokabu S, Kitamura C. Physicochemical properties, cytocompatibility, and biocompatibility of a bioactive glass based retrograde filling material. *Nanomaterials* 2021; 11: 1828.

保存修復学領域における臨床研究の最前線
歯周病検査の生涯ポータビリティ

高 柴 正 悟

岡山大学学術研究院 医歯薬学域 歯周病態学分野

Lifetime Portability of Periodontal Examination

TAKASHIBA Shogo

Department of Pathophysiology-Periodontal Science,
Faculty of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

キーワード：歯周病，検査記録，Personal Health Record (PHR)

はじめに

口腔の状態が全身の健康管理に重要であることは広く一般に知られ，特に歯周病での口腔細菌感染と慢性炎症・免疫応答が特定の疾患の病態に関わるために，医科領域からも歯周病病状を理解したいと希望されるようになった。しかし，歯科治療は歯の単位で行われ，28本の歯がそれぞれに複数回の治療を受けることになるので，患者から歯科の病歴を問診する際に実態把握が困難である。ましてや，医科受診時に医療従事者にとって，患者の歯周病を含む口腔の感染・炎症性疾患の状況を把握することは困難である。医療情報学の分野では，糖尿病などの生活習慣病で各種の検査・治療状況を共有化して，治療・管理の改善につなげようとしており，電子カルテの普及に伴って Personal Health Record (PHR) を応用して，生涯にわたる振り返りを可能にする取り組みが行われている¹⁾。

歯科受診により健全な口腔を管理することが，生活習慣病やがんの罹患者が多い現代では，非常に重要となってきた。そのため，国民皆歯科健診の導入が期待され，歯周病のスクリーニング検査の社会実装のための臨床研究が進められている²⁾。生涯のうちのどの段階でス

クリーニング検査を受けて歯科受診を行ったかという記録を，世代によって異なる歯科健診制度を超えて，そして居住地が変わる個人の社会活動域を超えて，個人がこの記録を振り返って口腔の健康を維持・管理することができるように，PHRを用いる必要がある。このPHRは，異なる医療機関へ示すことも可能であるので，転居の際の歯科受診や医科歯科連携医療の享受においても利用できる。さらに，歯科健診データの保存方法が自治体ごとや実施機関ごとに異なる可能性があっても，PHRの管理方法に一定の法則性をもたせれば，医療ビッグデータとして健康に関わる研究や政策へ利活用することも可能となる。

臨床研究の取り組み

以上の背景から本シンポジウムでは，歯周病の検査とそのポータビリティの実現に向けた取り組みについて，シンポジストが経験してきた内容を基にして論じた。その内容は，①厚生労働省が主催した「国民の健康づくりに向けたPHRの推進に関する検討会」の下部組織である「自治体健診（健診）作業班」での経験，②日本歯科保存学会が助成を受けた令和2年度日本歯科医学会プロジェクト研究「患者自身が管理するPHRを活用した

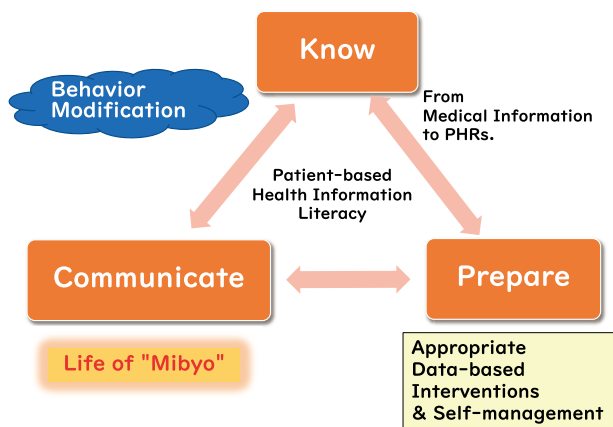


Fig. 1 Triplet system of “Know, Communicate, Prepare”

Sharing patient-centered medical information through PHRs can prepare patients for future medical conditions by transforming their daily behavior, leading to a “Mibyo” life.

安全安心な歯科医療環境の構築」の臨床研究成果³⁾、さらには、③厚生労働省の「生涯を通じた歯科健診推進事業（歯周病等スクリーニングツール開発支援事業）」の抗体検査に関わる取り組み²⁾、の3つからなる。そして最後に、日本歯周病学会が助成を受けた令和5年度 日本歯科医学会プロジェクト研究「歯周病専門医による臨床データエビデンスに基づいたエシカルペリオドンティクス」⁴⁾と日本歯周病学会の臨床データベース委員会による取り組みを紹介して、『未病』の生活のために「知る、伝える、備える」のトリプレット体制を提案した(Fig. 1)。

1. 自治体検診（健診）の状況

令和2年の会議における資料から得たデータであるので、数年前のアンケート結果となる。自治体（回答数1,717件、以下同）の99.5%は各種のがん検診を実施しているが、歯周疾患検診は約75%程度であった。そして自治体（1,741件）で実施されたがん検診では年間数百万人規模の受診者を約50%の集団検診で対応しているが、歯科検診は年間数十万人規模にとどまり、その約10%が集団検診にすぎない。さらに驚くことに、これら検診データのデジタル化は、がん検診（約1,700件）でも25~30%にとどまって紙とファイルの混在が多かった。歯科検診（約1,300件）にいたっては、90%弱が紙データで扱っている。そして、住民基本台帳と連結している自治体（デジタル化と類似件数）は、がん検診で約80~90%であるなかで、歯科検診は約60%とやや少ない（歯科の無回答は40%弱）。これらのうちで、PHRサービスを導入している自治体は全国で15自治体のみであった（がん検診で0.9%、歯科検診で0.6%）。まことに、自治体での歯科検

診の件数増加とデータのデジタル化には、なかなか厳しい現状となんらかの壁があるようである。

2. 患者自身が管理するPHRの活用

日本歯科保存学会理事のうち、修復・歯内・歯周の各領域を担当する6名が所属する大学病院で、令和2~3年の2年間で多施設無作為ランダム化比較前向き観察研究(UMIN000041862)を実施した³⁾。目標人数の120名のうち94名を集めたが、研究期間中で85名に減少した（フォローアップ率は90.4%）。初期参加者のうち、男女比は約2:3で、男性は女性と比べてPHRの利用なし群が有意に多かった。被験者は20歳代から65歳超まで幅広く参加していたが、50歳より高年齢の者は50歳以下と比べてPHRの利用なし群が有意に多かった。複数回の診療時に患者へ渡す医療データ（歯科疾患管理情報や画像データ）を、PHR群はクラウド・スマートフォンで管理し、対照群はこれまでどおりに紙媒体で説明時に手渡した。初診時、基本治療時（特定の治療終了時）、そして6カ月後のフォローアップ時にアンケート調査を行った（歯科医師にもアンケートを実施）。将来PHR使用の意向がある被験者が全期間60%以上を占めたが、2,3回目になるにつれて、おそらく使わないが増えていった。年齢代別の差はないが、50歳を超えると使用しない意向が増え、3回目では使用する群（平均46.6歳）としない群（平均54.5歳）の間に年齢差がある傾向がみられた。

一方で、6大学のべ94名の歯科医師では、男女比は約3:1で、PHR利用の割付に歯科医師の性別・卒後年数の差はなく、担当した歯科医師は卒後2年目から35年を超える歯科医師で、10年目以下が50%以上を占めた。担当歯科医師が感じた患者の行動変容には、2群間で有意な差はなかった。なお、歯科医師の卒後年数において、使わない群（平均7.0年）と使いたい群（平均20.4年）の間に（ $p<0.05$ ）、さらに、おそらく使わない群（平均8.4年）と使いたい群（ $p<0.01$ ）または多分使う群（平均13.3年）に有意な差がみられた。

まとめると、患者においてはPHRはまだ浸透度が低く、特に高年齢者では使用への抵抗が強いようであった。歯科医師側は、手間が増えるという理由で、特に卒後年数の若い先生で使用に否定的であった。Hiranoらの研究⁵⁾においても、アンケートの回答を得た2,307名のうち、PHRを利用したくないと回答した1,302名の理由は、より多くの時間と手間がかかること、必要性を感じないこと、セキュリティへの不安があることなどであり、本研究と一致していた。

3. 歯周病等スクリーニングツール開発

上記の自治体検診状況の項で述べたように、歯科検診を実施しない自治体がある。実施しない理由は、「実施する歯科医師・歯科衛生士がいない」といった「歯科専門

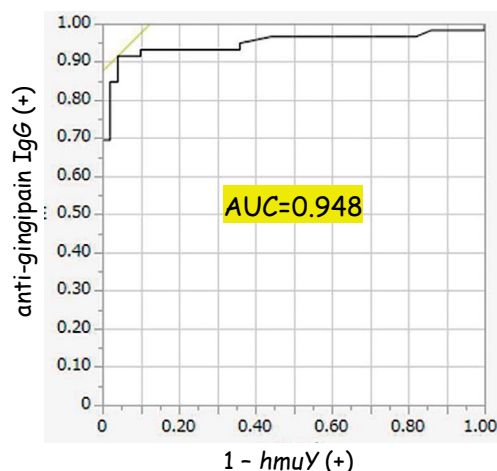


Fig. 2 ROC analysis of the presence of *P. gingivalis* in saliva and positive anti-RgpA IgG antibody in blood

In paired saliva and blood samples, the presence of *P. gingivalis* in saliva (hemophore-like protein gene *hmuY* detected by PCR) and the positivity of anti-RgpA IgG antibody in blood were analyzed by ROC analysis.

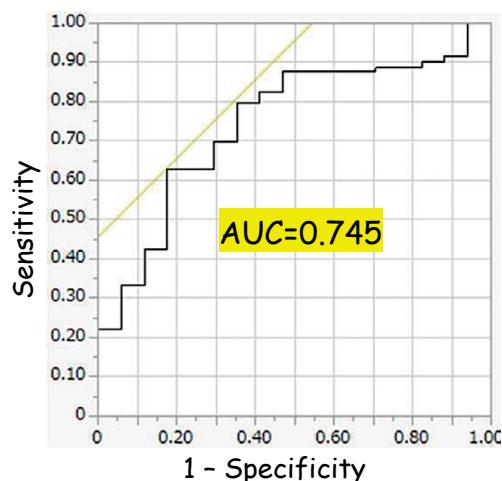


Fig. 3 ROC analysis of blood anti-RgpA IgG antibody titers and clinical status of periodontal disease

In a retrospective study using patient serum and clinical data, ROC analysis of blood anti-RgpA IgG antibody titers and clinical status (Stage I & II vs. Stage III & IV in periodontal disease stage classification) revealed an AUC of 0.745, which could screen for Stage III and IV periodontitis.

職の不在」や手間がかかるといった「時間的負担」等とされている。そこで、自治体や事業所のような職域等で、簡易に歯周病等の歯科疾患のリスク評価が可能となると、歯科医療機関への受診を勧奨できる。また、歯周病が関連する生活習慣病に罹患している内科患者に、内科医から歯科受診を勧奨する根拠としても使用できる。

われわれは以前から、歯周病原性細菌に対する IgG 抗体価検査を継続している⁶⁾。しかし、全菌体からの粗抗原を使用し、健常者に対する相対値で結果を表現しているため、統一性をもたせた検査が困難であった。そこで、特定の細菌 (*Porphyromonas gingivalis*) から特異抗原を検索し、ジンジパインのうち RgpA (アルギニン特異的システインプロテアーゼ) の N 末端は、*P. gingivalis* 感染を免疫学的に検査するための優れた抗原であることを示した⁷⁾。その後、この技術は企業によって改良が重ねられ、唾液と血液のペア検体において唾液中の *P. gingivalis* の存在 (ヘモフォア様タンパク質遺伝子 *hmuY* を PCR 法で検出) と抗 RgpA IgG 抗体陽性が、ROC 解析によって AUC 0.948 となり、両検査結果がほぼ一致していた (Fig. 2)。われわれの研究室の患者血清と臨床データを用いた後ろ向き研究で、この IgG 抗体価と臨床状態 (歯周病のステージ分類でステージ I & II 対ステージ III & IV) が、ROC 解析によって AUC 0.745 という結

果となった (Fig. 3) (岡山大学倫理審査委員会：研 2306-039)。これによって、RgpA の N 末端を抗原とした IgG 抗体価検査は、*P. gingivalis* 感染の優れた免疫学的検査法であり、ステージ III および IV の歯周炎をスクリーニングできることがわかった。

4. 歯周病専門医による臨床データエビデンス

この研究は、日本歯周病学会がこれまで培ってきた 1) 歯周病専門医制度 (専門医委員会担当)、2) 臨床データベース構築 (臨床データベース委員会担当)、そして 3) AI 歯周病診断に関するワーキング (医療委員会担当)、といった 3 分野での活動を、包括的に取りまとめる取り組みである (Fig. 4)。歯周病専門医や認定医の申請書類にある病状や治療の進行状況、各種検査データと歯周チャート、さらには画像データまでを包括的に応用して、日本歯周病学会が発刊する「歯周治療のガイドライン」に反映させ、歯周病専門医の育成時の教育材料とされる。一方で、解析モデルを工夫すれば、歯学部生や卒業研修医の教育資料として、さらにはすでに社会で活躍する歯科医師にとってリスクリングの資料としての応用ができる。現段階では、少なくとも 1) と 2) は完成域に入り、3) はプロトタイプ構築のための交渉中である。



Fig. 4 Utilization of clinical data evidence by periodontists

The Japanese Society of Periodontology aims to create a database of clinical data cultivated through the training of specialists and certified physicians, share the results of health checkups and examinations and treatment histories as a PHR, and utilize it widely as medical big data.

Social Sharing of the Neo-conservative Dentistry Concept

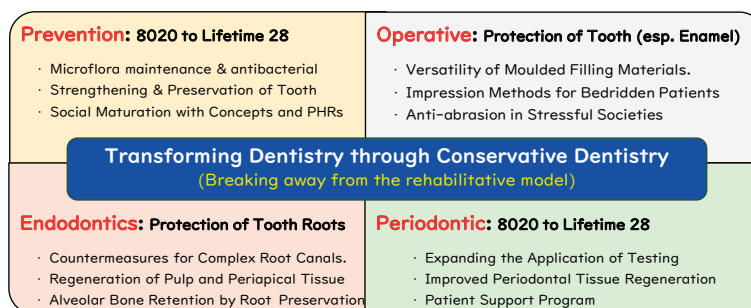


Fig. 5 Transforming dental concepts through conservative dentistry

The addition of preventive dentistry to the three areas of restorative, endodontic, and periodontal dentistry in the field of conservative dentistry will allow us to break away from conventional rehabilitation-type dental care and establish a new patient-centered dental care system.

おわりに

以上述べてきたように、歯周病のスクリーニング検査がセルフチェック用唾液検査や健診用抗ジンジパインIgG検査として、家庭でセルフチェック、学校での健診、職場等職域での健診、そして医科・歯科の医院での検診として普及することを希求している。そして、日本歯周病学会が実施している歯周病専門医による臨床データエビデンスに基づく研究が発展して、歯周病の診断・治

療・予後にいたる経緯と関連づけられれば、効果的な予防と初期の治療を行うことができる、歯科保存学を介した歯科概念の変革になる (Fig. 5)。そして、国民は健康の有無によらず、「知る、伝える、備える」のトリプレット体制 (Fig. 1) で、自分と周囲の関係者に未病状態となる生活を獲得できる。

本研究の一部は、日本歯科医学会 プロジェクト研究 (令和2年度: 日本歯科保存学会, 令和5年度: 日本歯周病学会) による助成、厚生労働省 歯周病等スクリーニングツール開発

支援事業の助成を受けた栄研化学株式会社との共同研究により行われた。

本論文の一部は、栄研化学株式会社からの共同研究経費で実施された。

文 献

- 1) 生活習慣病 4 疾病の「コア項目セット」および「自己管理項目セット」の改訂および「Personal Health Record (PHR) 推奨設定」の公開について、日本医療情報学会、<https://www.jami.jp/medicalfields/lifestyle-disease/> (2024 年 8 月 15 日アクセス)
- 2) 厚生労働省医政局歯科保健課歯科口腔保健推進室、歯科口腔保健の推進に向けた取組等について、2024 年 3 月 11 日、<https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/001252538.pdf> (2024 年 8 月 15 日アクセス)
- 3) 高柴正悟，田上順次，齋藤正寛，高橋慶壮，横瀬敏志，細矢哲康，三谷章雄，山本直史。患者自身が管理する PHR を活用した安全安心な歯科医療環境の構築。日歯医学会誌 2023；42：58-64.
- 4) 日本歯科医学会、プロジェクト研究事業 令和 5 年度
テーマ A：ESG を考慮したエシカルデンティストリー (Ethical dentistry) を目指して「歯周病専門医による臨床データエビデンスに基づいたエシカルペリオドンティクス」。
<https://www.jads.jp/activity/project.html> (2024 年 8 月 15 日アクセス)
- 5) Hirano R, Yamaguchi S, Waki K, Kimura Y, Chin K, Nannya Y, Nangaku M, Kadowaki T, Ohe K. Willingness of patients prescribed medications for lifestyle-related diseases to use personal health records: Questionnaire study. J Med Internet Res 2020; 22: e13866.
- 6) Kudo C, Naruishi K, Maeda H, Abiko Y, Hino T, Iwata M, Mitsuhashi C, Murakami S, Nagasawa T, Nagata T, Yoneda S, Nomura Y, Noguchi T, Numabe Y, Ogata Y, Sato T, Shimauchi H, Yamazaki K, Yoshimura A, Takashiba S. Assessment of the plasma/serum IgG test to screen for periodontitis. J Dent Res 2012; 91: 1190-1195.
- 7) Hirai K, Yamaguchi-Tomikawa T, Eguchi T, Maeda H, Takashiba S. Identification and modification of *Porphyromonas gingivalis* cysteine protease, gingipain, ideal for screening periodontitis. Front Immunol 2020; 11: 1017.

保存修復学領域における臨床研究の最前線

接着歯学研究多施設臨床研究の成果からデジタル技術を活用した
次世代型コンポジットレジン修復への展開

保坂 啓一

徳島大学大学院医歯薬学研究部 再生歯科治療学分野
徳島大学ポスト LED フォトニクス研究所医光融合研究部門Cutting-edge Multi-center Clinical Research in Direct Resin Composite
Restoration, Advancing Minimal Intervention Dentistry
with a Digital Workflow

HOSAKA Keiichi

Department of Regenerative Dental Medicine, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences
Division of Interdisciplinary Research for Medicine and Photonics, Institute of Post-LED Photonics, Tokushima University

キーワード：多施設臨床研究，コンポジットレジン修復，デジタルワークフロー，接着

はじめに

保存修復学は、低侵襲かつ審美的な治療法の開発を目指し、常に進化を遂げてきた。特に、近年の技術進化に伴い、臨床研究の重要性がますます高まっている。本講演では、直接法コンポジットレジン修復（CR 修復）の多施設臨床研究と、デジタル技術を活用した新しい CR 修復治療の最新動向を紹介する。

ニューノーマル時代における CR 修復の重要性

CR 修復は、低侵襲性、高接着性能、審美性、シンプルな術式などの利点を持ち、多くの臨床現場で広く使用されているのは周知の事実である。歯質の削除量が少なく、患者への負担が軽減される。また高い歯質接着性能により、修復物の耐久性が向上する。コンポジットレジン

ンの物性の向上により、天然歯に近い色調と透明感を再現できる。簡便で再現性の高い治療法であり、術者および患者の負担が少ない。短期間で治療が完了し、コストも抑えられる。万が一の破損や劣化にも容易に修復可能である。超高齢社会を迎えたわが国では、保存歯科治療の需要が増加している。さらに、グローバルトレンドとデジタル革命が歯科医療界にも大きな影響を与えており、革新的な治療方法の開発が一層求められるようになった。特に、保存修復領域では、少なからず明確な窩洞形成を必要とする間接法治療法と非侵襲的治療法という 2 つのアプローチが二極化しており、治療提供方法の大きな転換期を迎えている。この二極化は、治療方法の選択において質の高い臨床研究がより重要であることはいうまでもない。保存専門医制度の発展に伴い、専門医による臨床研究の可能性は広がり、本学会でもニューノーマルに適応した新たな治療概念の推進が求められている。

CR 修復治療に関する国内多施設臨床研究

J-REFIT (Japan-Resin Filling Intervention Trial) プロジェクトは、ミニマルインターベンション (MI) の理念に基づき、日本国内の大学病院と病院歯科が連携して行う多施設臨床研究である (座長：二階堂 徹先生、矢谷博文先生)。このプロジェクトの詳細と成果および開始までの経緯は、以下のとおりである。2002 年：FDI による MI に関する声明の発表、2009 年：日本歯科保存学会による「MI の理念に基づくう蝕治療ガイドライン」の策定、2010 年：日本接着歯学会による CR 修復に関する作業部会の立ち上げ、2011 年：コンポジットレジン修復に関する多施設臨床研究スタート、2014 年：日本接着歯学会シンポジウムでの成果発表、2015 年：International Congress on Adhesive Dentistry での発表、2021 年：Dental Materials Journal での論文発表。

J-REFIT プロジェクトには、日本全国の主要な大学病院と病院歯科が参加した。参加施設は以下のとおりである。愛知学院大学、大阪大学、大阪歯科大学、鶴見大学、東京医科歯科大学、東北大学、虎ノ門病院、長崎大学、日本大学、日本歯科大学、日本歯科大学新潟の 10 大学病院と 1 病院歯科保存治療を専門とする歯科医師 42 名、症例数は 352 症例 (患者 20~65 歳) にのぼった (主施設：東京医科歯科大学、倫理審査番号 571)。

使用された接着材料、コンポジットレジン は 下記の 1 ステップ、2 ステップセルフエッチングシステムが用いられた。Adper Prompt L-Pop (3M)、Adper Easy Bond (3M)、Beautibond (Shofu)、Bond Force (Tokuyama)、Clearfil Tri-S Bond (Kuraray Noritake)、Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake)、Clearfil Protect Bond (Kuraray Noritake)、Fluorobond II (Shofu)、G-Bond Plus (GC)、Photobond (Kuraray Noritake)。コンポジットレジン：Beautifil (Shofu)、Beautifil Flow (Shofu)、Clearfil AP-X (Kuraray Noritake)、Clearfil Majesty (Kuraray Noritake)、Clearfil Majesty LV (Kuraray Noritake)、Estelite Sigma Quick (Tokuyama)、Estelite Sigma Flow (Tokuyama)、Filtek Supreme Ultra Universal (3M)、Filtek Supreme Ultra Flow (3M)、Herculite XRV (Kerr)、MI Flow (GC)。

その結果、以下の知見を得た。3 年生存率は 99.4%、経過不良は 2 症例 (CR 破折) であり、ともにリペア修復が行われた (リコール率 62.2%)。一方、二次う蝕、脱落、歯髄炎などの重篤事象はみられなかった。生存率の点からは、用いられた 2 ステップと 1 ステップセルフエッチングシステムとの間には統計学的有意差は認めら

れなかったが、2 ステップシステムのほうがマージン変色などがやや起こりにくいという結果が示された。本研究は、大学病院特有の、術者の退職にまつわる引き継ぎの問題などの影響によりリコール率が低かったことが推察された。また、観察研究であることからエビデンスレベルは低いものの、わが国の歯科医療体制下における CR 修復の優れた臨床的有効性が示されたといえる¹⁾。

デジタル技術を活用した次世代の CR 修復技法

デジタル技術の進化により、直接法修復である CR 修復治療においてもさらなる精密化と効率化が実現される。Clear Index Technique²⁾は、Intraoral Scanning と CAD 技術を組み合わせて、3D プリントによる精密なクリアインデックスを作成し、そのインデックスと歯列の間にフロアブルコンポジットレジン をインジェクション (注入) し正確な修復を行う、新しい治療技法である³⁻⁹⁾。

デジタルワークフローの出発点は Intraoral Scanning であり、患者の口腔内をスキャンし、デジタルデータを取得する (ただし、石膏模型のスキャンでもデジタル化は可能である)。このスキャンデータを基に、CAD 技術を用いることで、最終修復形態およびその陰型となる高精度なインデックスを迅速にデジタルワークスアップを行う。設計データを基に最終形態模型の 3D プリント、もしくはインデックスを 3D プリントする。前者の場合は、引き続いて 3D セットアップ模型のシリコーン印象を行うことで、後者の場合は 3D プリントしたインデックスをそのまま用いることによって、精密な CR 修復を実施する。チェアサイドでは、フロアブルコンポジットレジンもしくはプレヒートしたコンポジットレジンを用いて、歯列とクリアインデックスとの間に CR をデリバリーインデックス越しの光照射により重合を行う。

基本的に防湿やフィールドコントロールから、接着、コンポジットレジン の仕上げ研磨までの手順は従来のコンポジットレジン修復と変わらないが、デジタル技術を活用することで、術者の経験や技術に依存せず、治療計画どおりの高精度な治療が可能となる。デジタル技術を活用することで、治療の再現性が向上し、術者の経験に依存しない高品質な治療が可能となるばかりかサブメリットとして、若手歯科医師の育成期間の短縮、多職種連携、多分野連携が促進され、総合的な治療計画の立案が可能となる。

保存修復領域の臨床研究とその展望

われわれの研究チームは、保存修復領域の臨床研究として、直接法コンポジットレジン修復におけるデジタル

ワークフローを活用したクリアインデックステクニクの有効性を検証している（徳島大学病院倫理審査番号 4504）。この技術により、治療の再現性が向上し、術者依存性が低減される。また、ダイレクトブリッジやダイレクトクラウンに関する臨床エビデンスの構築も進めている。小児歯科や矯正歯科など、複数の分野にまたがるアプローチを取り入れながら、多施設臨床研究としても推進したいと考えている。新しい治療テーマへの臨床参加を通じ、将来の歯科保存学を支えるリサーチクリニシャンおよびクリニシャンリサーチャーの養成にも期待をもっている。本学会でも専門医制度の発展により、専門医参加による臨床研究の質の向上への可能性は広がっている。これにより、保存修復領域の新たな治療法の開発とエビデンスの蓄積が進み、質の高い歯科医療が提供されることが期待される。CR 修復には術者依存性や治療計画の難しさなどの課題があるが、デジタル技術を活用することで具体的な未来展望を描くことができる。まず AI 技術を活用することで、治療計画の自動化や診断の精度向上が期待される。次に、デジタルデータの共有により、遠隔地の患者に対する治療支援が可能となり、地域格差の解消が期待される（遠隔治療の実現）。最後に、新素材の開発：デジタル技術を活用した新しい歯科材料の開発が進み、より耐久性や審美性に優れた修復物が提供されるようになる。デジタル技術を活用した CR 修復治療は、術者の経験に依存せず、高精度な治療を実現し、若手歯科医師の育成や多職種連携を促進する。昨今では歯科技工士不足問題も提起されており、歯科技工士の手のかかる間接法に依存しすぎない医療体制を構築するという観点でも重要な取り組みである。今後も多施設連携とエビデンス創出を進め、臨床的課題の解決を目指していく。

おわりに

MI を推進するためには、高次標準化のためのデジタル技術を活用した次世代 CR 修復に期待が寄せられている。本学会の活動を基盤とした多施設連携の強化と、エビデンスの創出による臨床研究の推進が重要である。臨床的課題を解決するためには、問題抽出と既存の学問体系によらない基礎研究の実施が必要であり、そのための取り組みが求められている。

謝 辞

共同研究者、関係者の皆様に厚く御礼申し上げる。特に、J-REFIT プロジェクトに参加してくださった各大学病院の先生方、そしてデジタル技術を用いた研究に協力していただいたすべての方々に感謝の意を表する。

本稿（誌上シンポジウム）に関して開示すべき利益相反事項はない。

文 献

- 1) Hosaka K, et al. Clinical effectiveness of direct resin composite restorations bonded using one-step or two-step self-etch adhesive systems: A three-year multi-center study. *Dent Mater J* 2021; 40: 1151-1159.
- 2) Hosaka K, Tichy A, Motoyama Y, Mizutani K, Lai WJ, Kanno Z, Tagami J, Nakajima M. Post-orthodontic recontouring of anterior teeth using composite injection technique with a digital workflow. *J Esthet Restor Dent* 2020; 32: 638-644.
- 3) Hosaka K, Tichy A, Hasegawa Y, Motoyama Y, Kanazawa M, Tagami J, Nakajima M. Replacing mandibular central incisors with a direct resin-bonded fixed dental prosthesis by using a bilayering composite resin injection technique with a digital workflow: A dental technique. *J Prosthet Dent* 2021; 126: 150-154.
- 4) Hosaka K, Tichy A, Yamauti M, Watanabe K, Kamoi K, Yonekura K, Foxton R, Nakajima M. Digitally guided direct composite injection technique with a bi-layer clear mini-index for the management of extensive occlusal caries in a pediatric patient: A case report. *J Adhes Dent* 2023; 25: 211-218.
- 5) Watanabe K, Tichy A, Kamoi K, Hiasa M, Yonekura K, Tanaka E, Nakajima M, Hosaka K. Restoration of a microdont using the resin composite injection technique with a fully digital workflow: A flexible 3D-printed index with a stabilization holder. *Oper Dent* 2023; 48: 483-489.
- 6) 保坂啓一. CR 修復が速く確実・きれいに行えるクリアインデックステクニク. 1 版. 医歯薬出版: 東京; 2024.
- 7) Muslimah DF, Hasegawa Y, Antonin T, Richard F, Hosaka K. Composite injection technique with a digital workflow: A pragmatic approach for a protruding central incisor restoration. *Cureus* 2024; 16: e58712.
- 8) Ida Y, Yonekura K, Obayashi S, Muslimah DF, Hasegawa Y, Nakajima M, Hosaka K. A digitally enhanced transparent silicone index for the direct composite resin injection technique in premolar replacement: A case report. *ODEP* 2024; 4: in press.
- 9) Watanabe K, Tanaka E, Kamoi K, Tichy A, Shiba T, Yonekura K, Nakajima M, Han R, Hosaka K. A dual composite resin injection molding technique with 3D-printed flexible indices for biomimetic replacement of a missing mandibular lateral incisor. *J Prosthodont Res.* in press.

X-Smart Pro+ と WaveOne Gold による 湾曲根管形成の切削特性に関する研究

附 田 孝 仁 山 崎 詩 織 林 玲 緒 奈
山 根 雅 仁 石 井 信 之 武 藤 徳 子

神奈川県立大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野

抄録

目的：本研究は、Ni-Ti ファイルの自己制御機能を有する駆動モーター X-Smart Pro+ を使用し、WaveOne Gold (WOG) による湾曲根管形成時の根管壁変位量を改良前の X-Smart Plus と比較し WOG の切削特性を評価した。X-Smart Pro+ の Ni-Ti ファイル自己制御機能 (Responsible control (RC)) は、ファイルの低いトルクにより常に安定した速度制御と根管長測定機能を有する。さらに、根尖到達時にリバース機能が作動することで根管形成時の過剰切削が防止される。WOG による根管形成では、X-Smart Pro+ と X-Smart Plus による根管切削量と根管形成時間を比較検討し、さらに X-Smart Pro+ の根管長測定機能精度を解析することを研究目的とした。

材料と方法：J 型エポキシレジン製透明湾曲根管模型 40 本を使用し、WOG Glider によるグライドパス形成後に WOG Primary による根管形成を行った。根管形成は、X-Smart Pro+ と X-Smart Plus を WOG Glider 群 (n=20) と WOG Primary 群 (n=20) の 2 群で実施し根管形成時間を比較した。さらに、根管形成量と中央値変位量は J 型根管模型を実体顕微鏡とデジタルカメラを使用し、根管形成前後の根管壁切削量と根管形成前後の根管中央値変位量を計測して統計処理を行った。根管長測定機能は、Apex 設定位置と根管形成後のファイル先端位置との相関関係を解析した。

結果：根管形成時間は、X-Smart Plus 群で平均 21.8 ± 1.2 秒、X-Smart Pro+ 群で平均 15.3 ± 0.8 秒であった。根管形成量と中央値変位量は、計測箇所すべてにおいて両群間で有意差は認められなかった。根管長測定機能解析の結果、Apex+1 設定群が Apex 設定群より生理学的根尖孔に近接していた。

結論：X-Smart Pro+ は、回転速度制御機能によって WOG ファイルのスクリー効果は制御され、根管形成時間が 30% 短縮した。根管形成量と中央値変位量は X-Smart Pro+ 群と X-Smart Plus 群で有意差がなく、ともに解剖学的根管形態を維持した。根管長測定機能は、Apex+1 設定群が生理学的根尖孔に近接することが示された。

キーワード：X-Smart Pro+、WaveOne Gold、根管形成時間、根管切削特性

責任著者連絡先：武藤徳子

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82 神奈川県立大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野

TEL & FAX : 046-822-8856, E-mail : mutoh@kdu.ac.jp

受付：2024 年 7 月 9 日/受理：2024 年 8 月 29 日

DOI : 10.11471/shikahozon.67.269

緒 言

Ni-Ti ロータリーファイル (Ni-Ti ファイル)¹⁻⁴⁾は、2007 年に開発された M-Wire⁵⁾によりファイルの柔軟性と破折抵抗性が向上し、往復運動機能モーターの開発によってシングルファイルの使用で迅速な根管形成を可能にした。

WaveOne は、最初に開発されたシングルファイルとして根管形成時間の短縮と正確な根管形成を可能にした⁶⁾。しかしながら、グライドパスが不十分な根管において、根管壁にファイル刃部が食い込み、シングルファイルが根尖方向に推進するスクリュウ効果が生じやすいことが指摘された^{7,8)}。WaveOne のスクリュウ効果を防止するためには、根管上部のフレアー形成とグライドパス形成が Ni-Ti ファイル使用時の必須ステップとして提唱された^{9,10)}。

本研究の解析対象とした WaveOne Gold (WOG) は、WaveOne の後継ファイルとして柔軟性が改善された。WOG は、M-Wire 処理後に G-Wire 処理を行うという 2 段階の熱処理工程を経由することにより、金属特性を飛躍的に増加させた¹¹⁾。ファイル断面形態を平行四辺形にすることで短辺側の柔軟性が増加し、さらに、ファイルテーパの改良も加えられた結果、根管壁への食い込みと刃部負荷が減少し、WaveOne 使用時に生じるスクリュウ効果が減少すると期待された。しかしながら、往復運動使用時のスクリュウ効果はファイルを強く根尖方向に進める際に生じるため、主に術者のファイル操作に影響されることが問題視された。

一方、Ni-Ti ファイルの往復運動機能を担う駆動モーターの開発と改良が行われてきたが、シングルファイル使用時に発生するスクリュウ効果防止等に対する改善が必要であった。2023 年、Ni-Ti ファイルの往復運動機能に正確な角度・加速度・速度を装備し、切削時にファイルトルクと回転数の自己制御機能を有し、低トルクで回転速度を安定させた X-Smart Pro+ が開発された¹²⁾。さらに、X-Smart Pro+ は電氣的根管長測定機能を装備した。X-Smart Pro+ の自己制御機能は、ファイル周囲 360° にセンサーレス・モーター・コントロールを搭載し、速度とトルク・フィードバックを実現させた結果、根管形成所要時間を往復運動において 21%、連続回転運動は 14% 短縮させることを可能にした¹³⁾。

本研究は、根管形成中のファイルの回転速度とトルクの自己制御機能を実現させた X-Smart Pro+ と WOG を使用し、湾曲根管形成における切削特性と形成時間を X-Smart Plus と比較検討し解析した。さらに、根管長測定機能の精度を評価することを目的とした。

材料および方法

1. 切削特性試験

X-Smart Pro+ による WOG の切削特性試験は、根管壁変位量、中央値変位量そして根管形成時間を解析項目とし、X-Smart Plus と比較した。

術者は、Ni-Ti ロータリーファイルの使用経験 2 年以上の歯科医師 4 名とした。実験には、J 型エポキシレジン製透明湾曲根管模型 (J 型根管模型) 湾曲度 30°、根尖孔径 #15、根管テーパー 02、根管長 19 mm : Plastic training Block (Dentsply-Sirona) 40 本を使用し、駆動モーター別に実験群 (X-Smart Pro+ (Dentsply-Sirona)) と対照群 (X-Smart Plus (Dentsply-Sirona)) の 2 群 (各群 n=20) に分類した。使用 Ni-Ti ファイルは、WOG (Dentsply-Sirona) のグライドパスファイル WOG Glider と根管形成用の WOG Primary ファイル (先端直径 #25/テーパー 07) を使用した。さらに、根管形成時間を両群で比較した。

1) 根管形成術式

すべての J 型根管模型に対して、根管形成前にステンレススチール製手用 #15K ファイルで根尖孔穿通を確認し作業長を決定した。

WOG Glider によるグライドパス形成、および WOG Primary による根管形成は、実験群の X Smart Pro+ と対照群の X-Smart Plus を使用した。WOG Glider によるグライドパス形成は解剖学的根尖孔まで到達後、WOG Primary を作業長に設定した。WOG Primary は、X Smart Pro+ エンジンの WOG モードで往復運動 (時計回りに 30°、反時計回りに 150°) を行って、シングルファイル独自の根管形成 (3 回の上下動操作を 1 サイクルとして 3 サイクルで作業長に到達。1 サイクル終了時に根管洗浄) を終了した。根管洗浄液は 2% NaOCl 溶液を使用、さらに Ni-Ti ファイルにゲル状 EDTA Glide (Dentsply Mailfer, Ballaigues, Switzerland) を 1 mL 付着させて、4 名の術者が実験群と対照群をおのおの 5 根管、合計 10 根管を根管形成して合計 40 根管を解析した。5 根管の形成終了までファイル交換は行わなかった。

2) 根管壁変位量解析

根管壁変位量は、根管湾曲部の外湾部と内湾部で根管幅径増加量と根管中央値変位量を測定し比較検討した。測定には実体顕微鏡 Olympus SZX16 およびデジタルカメラ DP71 を使用し、根管形成前後の透明根管模型をデジタル画像で重ね合わせ、得られた画像データを PC に取り込み、計測用ソフト (WinRoof, 三谷商事) を使用して計測を行った (Fig. 1)。J 型根管模型の根管幅径増加量の測定は、根尖から 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 mm の

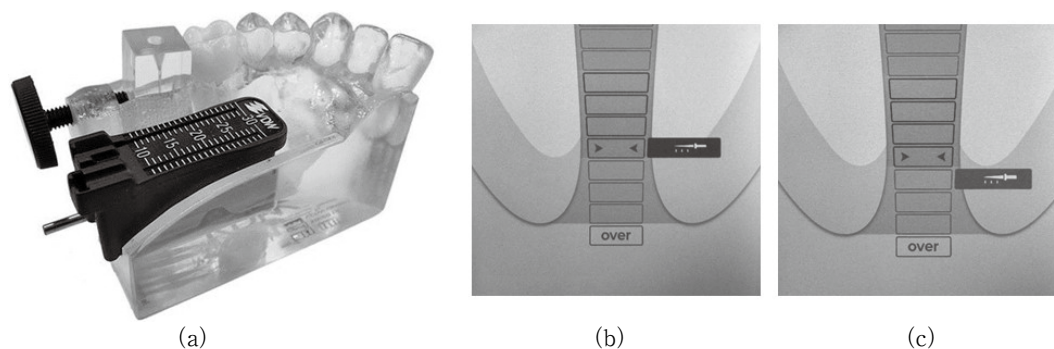


Fig. 1 Diagram of Endo Training Model Castillo (VDW) and X-Smart Pro+ setting the distance for root canal length measurement

(a) Endo Training Model Castillo (VDW), (b) Physiological root canal location, (c) Apical position of the root canal preparation.

位置を計測部として設定し、外湾側・内湾側それぞれの幅径増加量（形成前の根管壁から形成後の根管壁までの距離）を計測した^{6,7)}。

3) 根管中央値変位置解析

根管中央値変位置量（術前根管中央値と術後根管中央値の変位置量測定：内湾側への変位置量をプラス表示し、外湾側への変位置量をマイナス表示）を計測⁸⁾し、統計処理を行った。

4) 根管形成時間

実験群および対照群の、WOG 各ファイルの根管形成所要時間を計測した。WOG Glider によるグライドパス形成時間、WOG Primary による根管形成時間をおおの測定し、根管洗浄とファイル交換に要した時間を削除し、根管形成開始から終了までの総所要時間を計測値とした。

2. 根管長測定機能の精度試験

X Smart Pro+に装備された根管長測定機能の精度は、Endo Training Model Castillo (VDW: Fig. 1-a) に J 型根管模型を装着して生理学的根尖孔との一致精度を解析した。根管長測定精度は、根管形成最先端位置と生理学的根尖孔の距離を測定し評価した。

X Smart Pro+の根管長測定機能は、生理学的根尖孔から解剖学的根尖孔間の距離が4段階に設定されている。実験には、切削特性試験と同様に WOG Glider & WOG Primary を使用し、根管長測定機能に従って根管形成を完了した。X-Smart Pro+の根管長測定機能は、生理学的根尖孔の設定位置 (Apex: Fig. 1-b) と解剖学的根尖孔方向に一目盛進めた設定位置 (Apex+1: Fig. 1-c) で根管を形成した。根管形成は1名の術者が各設定位置に対しておおの10根管、合計20根管を使用した。

3. 統計処理

根管壁変位置量の測定値は、一元配置分散分析および

Bonferroni Dunn による多重比較検定と Mann-Whitney U 検定 (2 群間比較解析) を用い、危険率 5% で統計処理を行った (Stat View v5, SAS)。根管形成所要時間の測定値は、Wilcoxon *t*-test による比較検定を用い、危険率 5% で統計処理を行った (Stat View v5, SAS)。

結 果

1. 根管形態の評価

1) 根管壁変位置量

根管壁変位置量は、根管壁の切削量として評価した。すべての実験群において、根管壁変位置量を測定した結果を Fig. 2 に示す。実験群、対照群ともに根管形成中のレジ形成、ファイル破折などの偶発事故例は認められなかった。

実験群と対照群において、湾曲根管の内湾側根管壁変位置量 (Fig. 2) と外湾側根管壁変位置量 (Fig. 2) を測定した結果、実験群と対照群に有意差は認められなかった。

2) 根管中央値の変位置量

根管中央値の変位置量を測定した結果 (Fig. 3)、すべての測定部位において内外湾側への変位置量平均値は実験群が対照群より少なかった。しかしながら、実験群と対照群間に有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。

2. 根管形成所要時間

根管形成所要時間は、WOG Glider によるグライドパス形成には有意差は認められず、WOG Primary による根管形成では、X-Smart Plus 群で平均 21.8 ± 1.2 秒、X-Smart Pro+ 群で平均 15.3 ± 0.8 秒を示し X-Smart Pro+ 群が有意に減少した (Fig. 4)。

WOG Primary による根管形成時間は X-Smart Pro+ の使用によって短縮され、約15秒で根管形成が終了することが示された。

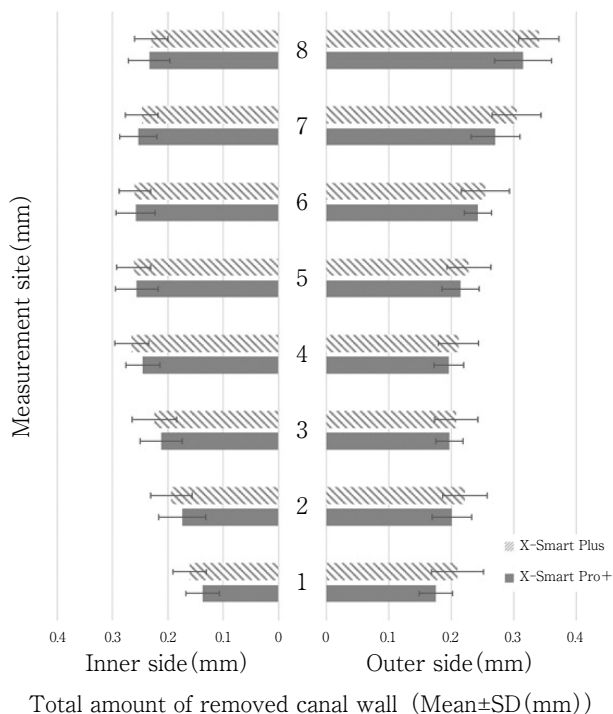


Fig. 2 Total amount means of removed inner and outer resin (mm) at the different levels after root canal preparation of WOG for a 30° apical curvature canals by X-Smart Pro+ and X-Smart Plus



Fig. 3 Canal transportation at the different levels from the apex in post-preparation by X-Smart Pro+ and X-Smart Plus

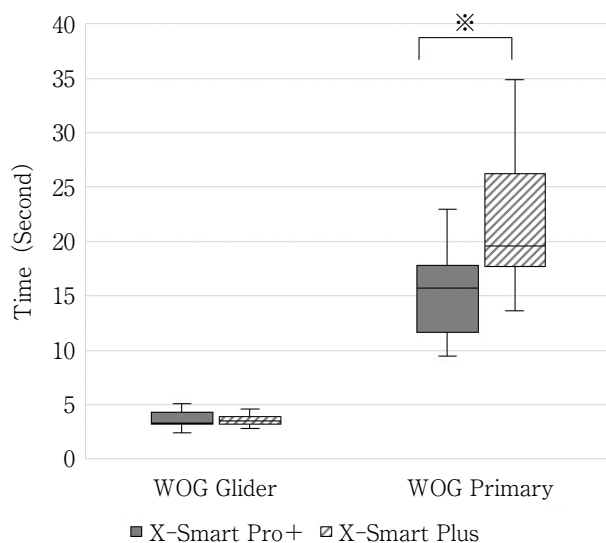


Fig. 4 Root canal preparation time with WOG Glider and WOG Primary by X-Smart Pro+ and X-Smart Plus
※: Significant differences between X-Smart Pro+ and X-Smart Plus.

3. 根管長測定機能の精度解析

X-Smart Pro+の根管長測定機能に従って根管形成を行った結果, Apex 設定群 (0.98+0.14) と Apex+1 設定群 (0.37+21) で有意差が認められ, Apex 設定群では生理学的根尖から 1 mm 歯冠側の位置に根管が形成された (Fig. 5).

考 察

WOG は, 根管形成時間の短縮と正確な根管形成を可能にしたシングル Ni-Ti ファイルである. WOG は Wave-One と比較して超弾性特性が向上し, 金属疲労耐久性が 50% 増加, 柔軟性が 80% 増加, および形成時間が 19% 減少することが報告された¹⁴⁾. その結果, WOG はスクリー効果の減少とファイル破折防止が期待された. しかしながら, 根管形成時のスクリー効果は術者のファイル操作に左右されるため, Ni-Ti ファイル初心者はスクリー効果に悩まされ, WOG 使用に際しては WOG Small 使用後に WOG Primary を使用することでスクリー効果を軽減してきた. スクリュー効果を防止するためには, 根管形成開始時に根管上部のフレアー形成とグライドパス形成が必須ステップとして提唱されている^{9,10)}. グライドパス形成ファイルも改良が加えられ, 従来から使用されてきた ProGlider ファイルは WOG Glider として改良された. WOG Glider は, ファイル直径を 2% から 6% テーパーに規格変更することでファイ

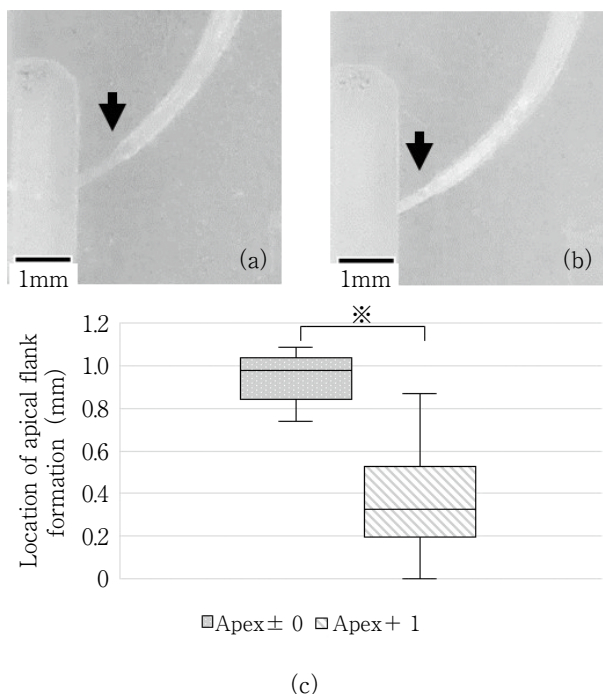


Fig. 5 Root canal preparation using the working length measurement function of X-Smart Pro+

(a) Root canal morphology at Apex, (b) Root canal morphology at Apex+1, (c) Apical position between two groups.

Arrows indicate apical position.

ル先端 (D1) 直径が #17, ファイル基部 (D16) 直径が #85 と設計され, グライドパスと同時に根管上部のフレア形成が可能なファイルとして改良された. 従来から Ni-Ti ファイルの材質や形態が改良され, 根管形成時のスクリー効果減少への改善が加えられたが, 駆動モーターにおける改善は実施されなかった.

2024 年に発表された X-Smart Pro+ は, X-Smart Plus に対して技術的に改良され, すべての Ni-Ti ファイルに応用可能な駆動モーターとして開発された^{12,13)}. X-Smart Pro+ は, 最大 7.5 N・cm のトルクと 100~3,000 rpm の回転速度により, すべての Ni-Ti ファイル操作と優れた性能を発揮可能にした. その最大要因は, RC 機能による駆動モーター制御機能にある. スクリー効果の発生は, 根尖方向への強い押し込み操作時に生じる負荷に対して従来型モーターの周期的フィードバック機能では対応できないことが要因であった. X-Smart Pro+ の RC 機能は, ファイル全周囲 360° から常に回転数とトルクを感知し, 迅速にフィードバックすることで, ファイル設定状態を維持してファイルの回転速度を維持することが可能になった. さらに, 電氣的根管長測定機能とファイル制御が一体化されることにより, 作業長到達時

にファイルのオートリバース機能が作動するため, 作業長を測定しながら正確な根管形成が可能になった. 本研究では, X-Smart Pro+ と WOG による根管形成時の切削特性と根管長測定精度について解析し, X-Smart Pro+ の優れた機能性を評価した.

WOG Glider と WOG Primary による根管形成後の根管形態は, X-Smart Pro+ と X-Smart Plus とともに本来の根管形態を維持した形状を示した. 湾曲根管の内湾側および外湾側のすべての測定部位で切削量が同程度で, 両駆動モーターによる有意差は認められなかった. WOG Primary による最終根管形態は, 最大湾曲部の 3~5 mm においても内湾部と外湾部の切削量はともに 0.3 mm 以内で, X-Smart Pro+ と X-Smart Plus は優れた能力を有することが示された. さらに, 根管中央値変位量においても, すべての測定値で X-Smart Pro+ と X-Smart Plus 間に有意差は認められなかった. X-Smart Pro+ 使用時の WOG Glider と WOG Primary を用いた根管形成による根管中央値は, 1~8 mm において内湾部と外湾部の中央値変位量はともに 0.05 mm 以下を示し, 中央値の変動がほとんどないことが示された.

一方, 根管形成時間は, WOG Glider によるグライドパス形成では有意差は認められず, WOG Primary による根管形成では, X-Smart Plus で平均 21.8±1.2 秒, X-Smart Pro+ で平均 15.3±0.8 秒で両群に有意差が認められた. X-Smart Pro+ による根管形成は, X-Smart Plus より約 30% の時間短縮が可能になることが示された. この結果から, X-Smart Pro+ に搭載された RC 機能が, 根管形成時に頻発したスクリー効果を消失させることによりファイル制御が容易になったことが, 根管形成時間短縮の要因であると考えられた.

X-Smart Pro+ の根管長測定精度を解析した結果, Apex および Apex+1 設定群で根管形成完了時の生理学的根尖孔との一致精度を検証した. Apex 設定群では生理学的根尖孔より 0.98 mm のアンダー形成になり Apex+1 設定群では生理学的根尖孔より 0.37 mm のアンダー形成を示した. Apex+1 設定群が生理学的根尖孔に近接し, 作業長設定に適切であることが示された. X-Smart Pro+ の RC 機能によるモーター制御および根管長測定機能はソフトウェア (Farm Waer 1.1.14) でプログラムされており, 今後もプログラム改善の必要時には常に対応が可能である.

以上のことから, WOG Glider と WOG Primary による根管形成を X-Smart Pro+ を使用することでファイル切削特性が向上し, 根管長測定機能に連動した根管形成機能においてもきわめて臨床に有用であることが示された.

結 論

RC 機能を搭載した X-Smart Pro+ は、低トルクで安定した回転速度制御機能によって WOG ファイルの根管内スクリー効果を制御した結果、根管形成時間が 30% 短縮した。また、根管形成量は X-Smart Pro+ 群と X-Smart Plus 群で有意差がなく、解剖学的根管形態を維持することが明らかになった。根管長測定機能は、Apex+1 設定群が生理学的根尖孔に近接することが示された。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988; 14: 346-351.
- 2) Kazemi RB, Stenman E, Spångberg LS. A comparison of stainless steel and nickel-titanium H-type instruments of identical design: Torsional and bending tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90: 500-506.
- 3) Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91: 715-718.
- 4) Schäfer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2000; 36: 199-207.
- 5) Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod* 2008; 34: 1406-1409.
- 6) 武藤徳子, 川島栄里子, 下島かおり, 石井信之. 往復運動機能によるシングル Ni-Ti ロータリーファイルの根管切削評価. —WaveOne と Reciproc の切削特性—. *日歯保存誌* 2013; 56: 610-616.
- 7) Zanette F, Grazziotin-Soares R, Flores ME, Camargo Fontanella VR, Gavini G, Barletta FB. Apical root canal transportation and remaining dentin thickness associated with ProTaper Universal with and without Path-File. *J Endod* 2014; 40: 688-693.
- 8) Türker SA, Uzunoglu E. Apical root canal transportation of different pathfinding systems and their effects on shaping ability of ProTaper Next. *J Clin Exp Dent* 2015; 7: 392-395.
- 9) Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013; 39: 1054-1056.
- 10) Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod* 2013; 39: 501-504.
- 11) Dentsply. WaveOne Gold Brochure. <http://http://www.dentsply.co.uk/uploads/files/dentsply-waveone-gold-brochure..pdf#search=WaveOne+Gold> 2015 (cited 2024.6.2)
- 12) A smart new endodontic motor. *Br Dent J* 2014; 236: 67. <https://www.nature.com/articles/s41415-024-6745-9> (cited 2024.6.2)
- 13) Dentsply Sirona introduces the new X-Smart Pro+ endodontic motor with an integrated apex locator. <https://www.simplyendo.com/clinical/dentsply-sirona-introduces-the-new-x-smart-pro-endodontic-motor-with-integrated-apex-locator/> (cited 2024.6.6)
- 14) Otsuka K, Ren X. Physical metallurgy of Ti-Ni-based shape memory alloys. *Prog Mater Sci* 2005; 50: 511-678.

Shaping Ability of WaveOne Gold with the X-Smart Pro+ in Curved Root Canals

TSUKUDA Takato, YAMAZAKI Shiori, HAYASHI Reona,
YAMANE Masahito, TANI-ISHII Nobuyuki and MUTOH Noriko

Department of Pulp Biology and Endodontics, Kanagawa Dental University

Abstract

Purpose: This study compared and evaluated the canal shaping ability of WaveOne Gold (WOG) files with the X-Smart Pro+ and X-Smart Plus micromotors. The X-Smart Pro+ had a self-control function (Responsible control (RC)) that maintained the Ni-Ti file at a stable speed at low torque, and a root canal length measurement function. This study compared the shaping ability and working time between the X-Smart Pro+ and X-Smart Plus. Furthermore, the accuracy of the root canal length measurement function of the X-Smart Pro+ when using the WOG was analyzed.

Materials and Methods: J-type plastic models (n=40) were used, and root canal preparation was performed by WOG Primary after glide path formation by WOG Glider. Root canal preparation was performed using X-Smart Pro+ and X-Smart Plus before improvement in the WOG Glider group (n=20) and WOG Primary group (n=20), and root canal preparation times were compared. In addition, the amount of root canal preparation and median displacement were statistically processed by measuring the amount of formation and the median displacement before and after root canal formation. The correlation between the apex setting position and the formation position of the J-shaped root canal model in the analysis.

Results: Root canal preparation time averaged 21.8 ± 1.2 seconds with the X-Smart Plus and 15.3 ± 0.8 seconds with the X-Smart Pro+. There were no significant differences in root canal shaping and median displacement between the two groups at all measurement sides from the root apex. The root canal length measurement function showed 1 mm under preparation until the root apex in the apical group.

Conclusion: The X-Smart Pro+ controlled the penetration of the WOG file into the root canal with its low torque and stable rotational speed control function, resulting in a 30% reduction in root canal preparation time. The root canal shaping and central displacement were not significantly different between the X-Smart Pro+ and X-Smart Plus. The root canal length measurement function showed that the Apex+1 setting group was closer to the root apex.

Key words: X-Smart Pro+, WaveOne Gold, working time, root canal shaping ability

歯科領域におけるウイルス性肝炎に関する動画に対するアンケート調査

湯 本 浩 通 舞 田 健 夫¹ 河 野 豊^{2,6} 植 原 治³
安 彦 善 裕⁴ 青 田 桂 子⁵ 高 山 哲 治⁶ 四 柳 宏⁷

徳島大学大学院医歯薬学研究部 歯周歯内治療学分野

¹北海道医療大学歯学部口腔機能修復・再建学系高度先進補綴学分野

²徳島大学大学院医歯薬学研究部 実践地域診療・医科学

³北海道医療大学歯学部口腔構造・機能発育学系保健衛生学分野

⁴北海道医療大学歯学部生体機能・病態学系臨床口腔病理学分野

⁵徳島大学大学院医歯薬学研究部 口腔内科学分野

⁶徳島大学大学院医歯薬学研究部 消化器内科学分野

⁷東京大学医科学研究所附属先端医療研究センター感染症分野

抄録

目的：歯科診療において、歯科医療従事者は、患者の唾液や血液などの体液に曝露されることが多く、肝炎ウイルスからの感染予防として標準予防策の徹底は肝要である。しかしながら、肝炎ウイルスに関する知識や標準予防策が十分でないと、肝炎患者の診療に影響をもたらす可能性がある。われわれは、肝炎ウイルスや標準予防策に対する教育、および肝炎患者への配慮に関する啓発を目的とした歯科医療従事者向けの動画を作成し、本動画の有用性を検証するためのアンケート調査を実施し、解析した。

材料と方法：「歯科医療従事者に知ってほしいB型肝炎、C型肝炎のこと」という約20分の動画を作成して、歯科医師に視聴してもらった後に、内容に関するアンケート調査を行った。

成績：アンケート調査に同意が得られた計343名の歯科医師のアンケート調査を解析した結果、動画の構成についてはおおむね良好な意見が多かった。「B型肝炎ワクチンの定期接種」「B型肝炎ウイルスの体外の感染可能持続期間」「肝炎検査の助成」「HCV抗体が中和抗体でないこと」を知っていた歯科医師は半数以下であった。若い歯科医師で「C型肝炎が近年治療できる」ことを知らない割合が多かった。体液が環境面に付着した際の消毒薬は、次亜塩素酸ナトリウム、アルコール、クロルヘキシジンの順に回答していたが、若い歯科医師でアルコールを消毒薬として使用する割合が多かった。約45%の開業医（クリニック）は針刺しなどの刺傷時に対応できる内科への連携ができておらず、その理由として「連携方法が分からない」「近くに連携先がない」が大半であった。肝炎医療コーディネーターについては、7割近くの歯科医師（コメディカル含む）が資格取得を検討していたが、取得の必要性を感じない年配の歯科医師の割合も多かった。

結論：本動画のアンケート調査結果から、肝炎ウイルスや標準予防策に関する継続的な学習の必要性が確認された。今後は、肝炎患者に対する安全な歯科治療と配慮を担えるような問診のあり方などをさらに改善して完成させる予定である。

キーワード：肝炎ウイルス、標準予防策、eラーニング

責任著者連絡先：河野 豊

〒770-0044 徳島市蔵本町3-18-15 徳島大学大学院医歯薬学研究部実践地域診療・医科学

TEL: 088-633-7124 (内線3209), FAX: 088-633-9235, E-mail: ykawano@tokushima-u.ac.jp

受付: 2024年7月1日/受理: 2024年9月2日

DOI: 10.11471/shikahozon.67.276

緒 言

B 型肝炎ウイルス (HBV) や C 型肝炎ウイルス (HCV) は、体液を介して体内に侵入し、肝炎を発症する。一方、これらの肝炎ウイルスに感染しても症状を呈さないことが多いために、患者自身が感染を気づかないまま長期経過した後には肝硬変や肝癌を発症することもしばしばある。歯科診療において、歯科医療従事者は、患者の唾液や血液などの体液に曝露される機会が多いため、これらの肝炎ウイルスに対する感染予防として標準予防策の徹底は肝要である。しかし、肝炎ウイルスについての知識や標準予防策が十分でないと、感染リスクを過度に恐れた結果として、感染患者の歯科診療の順番を最後に回したり、診療拒否するといった差別的行動を起こしかねない。

このような問題点の現況を明らかにするため、一般住民向けに作成された肝炎に関する動画(「肝炎ウイルスの感染経路について」、作成者:四柳 宏)を歯科医療従事者に視聴してもらい、その動画の感想に関するアンケート調査を施行した(令和 4 年度厚生労働科学研究補助金(肝炎等克服政策研究事業);オーダーメイドな肝炎ウイルス感染防止・重症化予防ストラテジーの確立に資する研究)。その調査結果を基に、今回われわれは、肝炎ウイルスや標準予防策に対する教育、および肝炎患者への配慮に関する啓発を目的とした歯科医療従事者向けの動画を作成し、動画の有用性やさらなる問題の検証を行うためのアンケート調査を実施し、解析した。

対象および方法

1. 被 験 者

本研究は、厚生労働科学研究(肝炎等克服政策研究事業)「オーダーメイドな肝炎ウイルス感染防止・重症化予

防ストラテジーの確立に資する研究(研究責任者:四柳宏, 研究分担者:河野 豊)」の一環として行われた。動画視聴およびアンケート調査については、「肝炎ウイルスに関する歯科医療従事者向けの e ラーニング作成のためのアンケート調査」として、徳島大学病院生命科学・医学系研究倫理審査委員会(承認日:2023 年 6 月 27 日, 申請番号:4381, 研究代表者:河野 豊, 研究者:湯本浩通, 青田桂子, 高山哲治)および北海道医療大学予防医療科学センター倫理審査委員会(承認日:2023 年 7 月 11 日, 申請番号:2023_006, 研究代表者:河野 豊, 研究者:舞田健夫)での承認を得て実施した。対象者は、北海道医療大学病院歯科医師および北海道医療大学歯学部同窓生の歯科医師、徳島大学病院歯科医師および徳島県歯科医師会所属の歯科医師であった。

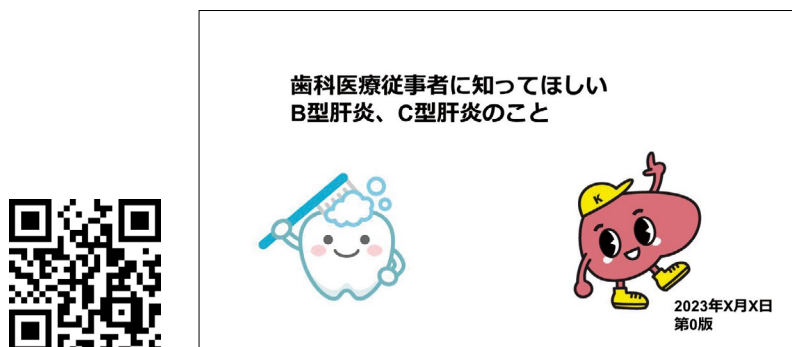
2. 動画およびアンケート調査

「歯科医療従事者に知ってほしい B 型肝炎, C 型肝炎のこと」というタイトル名で動画を作成して、YouTube(限定公開)にアップロードした(Fig.1)。動画時間は 20 分 27 秒で、動画内のスライド枚数は 80 枚、ナレーションおよびテロップ付きの構成とした。なお、本動画は倍速再生での視聴も可能であり、動画の冒頭にその旨を説明した。

アンケートは Google Forms (https://www.google.com/intl/ja_jp/forms/about/) で作成して、上記動画のリンク先に設置した。調査結果を研究利用する旨の設問で同意が得られたアンケートのみを調査解析対象とした。アンケートの質問数は最大 22 問(Table 1)で、得られたアンケート調査では、名前や生年月日などの個人情報を入力しておらず、個人が特定できない方法で集計した。

3. 統計解析

同意の得られたアンケート調査結果を集積して、各選択肢に対する単純集計とクロス集計を行った。



<https://youtu.be/GSynjdeyFBU>

Fig. 1 動画リンク先の QR コード、アドレスとタイトルページ

結 果

2023 年 6 月 27 日から 2024 年 3 月 13 日までの間に動画を視聴しアンケートに答えた 349 名のうち、調査に同意が得られた 343 名の歯科医師を解析対象とした。内訳は、男性 268 名、女性 74 名（不明 1 名）、20 歳代 21 名、30 歳代 46 名、40 歳代 66 名、50 歳代 110 名、60 歳代 82 名、70 歳代以降 17 名（不明 1 名）であった。勤務形態は、開業医開設者 175 名（51.0%）、開業医（クリニック等）での勤務医 19 名（5.5%）、大学病院での勤務医 120 名（35.0%）、病院歯科 24 名（7.0%）、その他 5 名であった。都道府県別の勤務先は、北海道 117 名（34.1%）、徳島県 183 名（53.4%）、その他 43 名（12.5%）であった（Table 2）。

動画が参考になったか否かについては、「大変参考になった」が 274 名（79.9%）、「やや参考になった」が 68 名（19.8%）、「あまり参考にならなかった」が 1 名（0.3%）であった（Fig. 2-a）。動画の難易度については、「とても簡単」が 54 名（15.7%）、「簡単」が 263 名（76.7%）、「難しい」が 25 名（7.3%）、「とても難しい」が 1 名（0.3%）であった（Fig. 2-b）。動画の視聴時間の長さについては、「短い」が 1 名（0.3%）、「ちょうど良い」が 280 名（81.6%）、「長い」が 62 名（18.1%）であった（Fig. 2-c）。ナレーションについては、「聞き取れた」が 336 名（98.0%）、「聞き取れない箇所があった」が 7 名（2.0%）であった（Fig. 2-d）。倍速再生については、「聞き取れた」が 191 名（55.7%）、「聞き取れない箇所があった」が 35 名（10.2%）で、実際に倍速再生をした 84.5% が「聞き取れた」と回答した（Fig. 2-e）。字幕については、「あった方が良い」が 264 名（77.0%）、「不要」が 79 名（23.0%）であった（Fig. 2-f）。

動画視聴前から動画の内容について、「知っていた」と回答した割合は、「B 型肝炎、C 型肝炎は無症状で進行する」319 名（93.0%）、「2016 年から B 型肝炎ワクチンの定期接種が開始された」151 名（44.0%）、「B 型肝炎は唾液でも感染するリスクがある」296 名（86.3%）、「B 型肝炎ウイルスは体外で 7 日間感染性を持続している」140 名（40.8%）、「針刺し時に傷口を洗浄しても 100% 感染を防げない」328 名（95.6%）、「B 型肝炎ワクチンの再接種について」247 名（72.0%）、「HCV 抗体は中和抗体ではない」157 名（45.8%）、「C 型肝炎は近年治癒できるようになった」264 名（77.0%）、「肝炎であると歯科医に伝えることを不安に思う患者がいる」318 名（92.7%）、「肝炎検査は無料（一部助成）で受けられる」131 名（38.2%）であった（Fig. 3-a）。「C 型肝炎は近年治癒できるようになった」については、79 名（23.0%）の歯科医が動画視

聴前から「知らなかった」と回答したが、60 歳代や 70 歳代などの年配者より若い歯科医のほうがその割合が多かった（20 歳代：57.1%、30 歳代：37.0%、40 歳代：22.7%、50 歳代：21.8%、60 歳代：13.4%、70 歳代：0%、Fig. 3-b）。

患者の体液が付着した環境に使用する消毒剤は、「次亜塩素酸ナトリウム」が 210 名（61.2%）、「アルコール」が 115 名（33.5%）、「クロロヘキシジン」が 9 名（2.6%）、「その他」が 9 名（2.6%）であった（Fig. 4-a）。年代別に分けてみると、若い歯科医では「次亜塩素酸ナトリウム」より「アルコール」を使用する割合（20 歳代 42.9%、30 歳代 43.5%、40 歳代 37.9%、50 歳代 33.6%、60 歳代 25.6%、70 歳代 17.6%）が多かった（Fig. 4-b）。

動画視聴後に肝炎患者を今後診察治療する場合に、「肝炎の正しい知識を得られたので、以前より安心して歯科治療ができると思う」と回答したのは 305 名（88.9%）、「肝炎の怖さや深刻さが重大と感じ、今後肝炎患者の歯科治療が怖くなった」と回答したのは 26 名（7.6%）であった（Fig. 5-a）。20 歳代の歯科医 21 名中 7 名は「肝炎の怖さや深刻さが重大と感じ、今後肝炎患者の歯科治療が怖くなった」と回答しており、年代別では割合が最も多かった（20 歳代 33.3%、30 歳代 6.5%、40 歳代 7.6%、50 歳代 2.7%、60 歳代 8.5%、70 歳代 5.9%、Fig. 5-b）。動画視聴後に症状のない肝炎患者を今後診察治療する場合に、「標準予防策を徹底すれば、歯科治療が不安になることはない」と回答したのは 292 名（85.1%）、「患者の申告だけでは感染状況が不明で、安心して診療ができない」と回答したのは 45 名（13.1%）であった（Fig. 5-c）。20 歳代の歯科医 21 名中 7 名と、70 歳代以上の歯科医 17 名中 5 名は「患者の申告だけでは感染状況が不明で、安心して診療ができない」と回答していた（20 歳代 33.3%、30 歳代 17.4%、40 歳代 12.1%、50 歳代 7.3%、60 歳代 11.0%、70 歳代 29.4%、Fig. 5-d）。

針刺し時の対応や、肝炎の患者を紹介できる医科系の病院やクリニックとの連携については、「連携している（自院に内科がある場合）」が 143 名（41.7%）、「連携している（自院に内科がなく、他の病院やクリニックと連携する場合）」が 103 名（30.0%）、「連携していない」が 92 名（26.8%）であった（Fig. 6-a）。「連携していない」と回答した理由については、「どうやって連携を作ればいいのか分からない」が 74 名（80.4%）、「近くに連携ができる病院やクリニックが存在しない」が 16 名（17.4%）、「必要性を感じない」が 1 名（1.1%）であった。肝炎医療コーディネーターについては、「自身が肝炎医療コーディネーターを取得しようと思う」が 133 名（38.8%）、「衛生士や受付事務などのコメディカルに肝炎医療コーディネーターを取得してもらおうと思う」が 117 名

Table 1 アンケート調査の設問内容

-
- | | |
|---|---|
| <p>1. 性別をお知らせください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・男性 ・その他 ・女性 ・答えたくない <p>2. 年齢（年代）をお知らせください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・20 歳～29 歳 ・60 歳～69 歳 ・30 歳～39 歳 ・70 歳～ ・40 歳～49 歳 ・答えたくない ・50 歳～59 歳 <p>3. 主な勤務先の都道府県をお知らせください。</p> <p>北海道～沖縄（47 都道府県）</p> <p>4. 主な勤務形態をお知らせください（1 つだけ選択してください）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開業医開設者 ・病院歯科 ・開業医（クリニック等）での勤務医 ・その他 ・大学病院での勤務医 <p>5. この動画は参考になりましたか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大変参考になった ・あまり参考にならなかった ・やや参考になった ・参考にならなかった <p>6. 動画全体内容の難易度をお知らせください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・とても簡単 ・難しい ・簡単 ・とても難しい <p>7. 視聴時間の長さはどうでしたか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・短い ・長い ・ちょうど良い <p>8. ナレーションの声ははっきり聞き取れましたか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・聞き取れた ・聞き取れない箇所があった <p>9. 8 の質問で「聞き取れない箇所があった」のはどの部分ですか？</p> <p>＊スライド左上の番号と聞き取れない箇所を記載ください
（＊「聞き取れた」場合はスキップください）</p> <p>10. 倍速再生でナレーションの声は聞き取れましたか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・聞き取れた ・聞き取れない箇所があった ・倍速再生で聞いていないので分からない <p>11. 字幕はあった方が良いですか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・良い ・不要 <p>12. ここからは、動画の内容についてお聞きします。以下の項目について「動画視聴前から」知っていたかどうかお知らせください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・B 型肝炎、C 型肝炎は無症状で進行する ・2016 年から B 型肝炎ワクチンの定期接種が開始された ・B 型肝炎は唾液でも感染するリスクがある ・B 型肝炎ウイルスは体外で 7 日間感染性を持続している ・針刺し時に傷口を洗浄しても 100% 感染を防げない ・B 型肝炎ワクチンの再接種について ・HCV 抗体は中和抗体ではない ・C 型肝炎は近年治癒できるようになった ・肝炎であると歯科医に伝えることを不安に思う患者がいる ・肝炎検査は無料（一部助成）で受けられる <p>13. 患者の体液が床やユニットにこぼれた場合、どの消毒剤を使用していますか？ 使用する頻度の高い消毒剤 1 つだけ選択してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・次亜塩素酸ナトリウム ・クロルヘキシジン ・アルコール ・その他 <p>14. 本動画を視聴して、今後肝炎患者を診察・治療する場合に感じることをお知らせください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・肝炎の正しい知識を得られたので、以前より安心して歯科治療できると思う。 ・肝炎の怖さや深刻さが重大と感じ、今後肝炎患者の歯科治療が怖くなった。 ・その他 | <p>15. 本動画を視聴して、今後症状のない肝炎患者を診察・治療する場合に感じることをお知らせください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・標準予防策を徹底すれば、歯科治療が不安になることはない。 ・患者の申告だけでは感染状況が不明で、安心して診療できない。 ・その他 <p>16. 針刺し時の対応や、肝炎患者を紹介できる病院やクリニックとの連携がありますか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・連携している（自院に内科がある場合） ・連携している（自院に内科がなく、他の病院やクリニックと連携する場合） ・連携していない ・その他 <p>17. 16 の質問で「連携していない」と答えた方へ その理由をお知らせください（複数選択可）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性を感じない ・近くに連携ができる病院やクリニックが存在しない ・どうやって連携を作ればいいのか分からない ・その他 <p>18. 「肝炎医療コーディネーター」について、以下に当てはまる項目をお知らせください（複数選択可）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自身が肝炎医療コーディネーターを取得しようと思う ・衛生士や受付事務などのコメディカルに肝炎医療コーディネーターを取得してもらおうと思う ・肝炎医療コーディネーターの必要性は感じない ・自身がすでに肝炎医療コーディネーターを取得している ・コメディカルがすでに肝炎医療コーディネーターを取得している ・その他 <p>19. 最後に、e ラーニングについてお聞きします。e ラーニング視聴のメリットとして感じるものを選択してください（複数選択可）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日常業務の忙しいときでも、すきま時間で視聴して学習する機会が増える ・院内のスタッフが同じ知識を学べる ・いつでも好きな時間に視聴できる ・自宅や好きな場所で視聴できる ・何度も繰り返し視聴できる ・最新知識が学べる ・メリットは感じない ・その他 <p>20. e ラーニングを視聴する場合に、どのデバイスを利用しますか？（複数選択可）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パソコン（デスクトップ、ノートパソコン） ・タブレット端末（iPad など） ・スマートフォン ・その他 <p>21. e ラーニングを視聴する場合に、コンテンツの長さはどれくらいが適切ですか？（複数選択可）（＊本動画は約 19 分です）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・5 分 ・30 分 ・10 分 ・1 時間 ・15 分 ・特に時間指定はない ・20 分 <p>22. 動画内容への感想（気づいた点、改善点、要望、そのほか何でも OK です）をお知らせください。いただいた意見を参考にして、より良い動画の作成に生かさせていただきます。</p> |
|---|---|
-

Table 2 アンケート調査に参加した歯科医療従事者の背景

		number	(%)
Sex	Male	268	78.1
	Female	74	21.6
	Not applicable	1	0.3
Age (years)	20-29	21	6.1
	30-39	46	13.4
	40-49	66	19.2
	50-59	110	32.1
	60-69	82	23.9
	70-	17	5.0
	Not applicable	1	0.3
Working place (prefecture)	Tokushima	183	53.4
	Hokkaido	117	34.1
	Others	43	12.5
Occupation	Dental practitioner (Opener)	175	51.0
	Dentist at clinic	19	5.5
	Dentist at university	120	35.0
	Dentist at hospital	24	7.0
	Others	5	1.5

(34.1%), 「肝炎医療コーディネーターの必要性は感じない」が 91 名 (26.5%), 「自身がすでに肝炎医療コーディネーターを取得している」が 7 名 (2.0%), 「コメディカルがすでに肝炎医療コーディネーターを取得している」が 21 名 (6.1%) であった (Fig. 6-b). 年代別に分けると, 年配の歯科医は「肝炎医療コーディネーターの必要性を感じない」と回答した割合が多かった (20 歳代 9.5%, 30 歳代 17.4%, 40 歳代 22.7%, 50 歳代 26.4%, 60 歳代 35.4%, 70 歳代 41.2%, Fig. 6-c).

動画 (e ラーニング) 視聴のメリットについては, 「日常業務の忙しいときでも, すきま時間で視聴して学習する機会が増える」が 265 名 (77.3%), 「院内のスタッフが同じ知識を学べる」が 186 名 (54.2%), 「いつでも好きな時間に視聴できる」が 260 名 (75.8%), 「自宅や好きな場所で視聴できる」が 207 名 (60.3%), 「何度も繰り返し視聴できる」が 201 名 (58.6%), 「最新知識が学べる」が 138 名 (40.2%) であった (Fig. 7-a). 動画 (e ラーニング) 視聴のデバイスについては, 「パソコン (デスクトップ, ノートパソコン)」が 261 名 (76.1%), 「タブレット端末 (iPad など)」が 76 名 (22.2%), 「スマートフォン」が 143 名 (41.7%) であった (Fig. 7-b). 動画 (e ラーニング) の適切な視聴時間については, 「5 分」が 20 名 (5.8%), 「10 分」が 103 名 (30.0%), 「15 分」が 161 名 (46.9%), 「20 分」が 111 名 (32.4%), 「30 分」が 42 名 (12.2%), 「1 時間」が 11 名 (3.2%), 「特に時間指定はない」が 16 名 (4.7%) であった (Fig. 7-c).

考 察

本研究では, 歯科医療従事者向けのウイルス性肝炎に関する動画コンテンツを作成して, 動画の有用性や内容の感想についてアンケート調査を行った. アンケート調査に回答した 343 人の男女比は 78.1 : 21.6 で, 年代の中央値は, 大学病院などの勤務医では 40 歳代, クリニック開業の診療医は 50 歳代だった. 令和 4 年の統計¹⁾では, 全国の歯科医師の男女比は 74 : 26 : 0 で, 平均年齢は, 病院の歯科勤務医師では 39.3 歳, クリニック (診療所) の歯科診療医師では 54.8 歳であることから, 本アンケート調査の対象集団に全国の分布と大きな違いはみられなかった.

今回作成した動画の時間, ナレーションやテロップなどの全体的な構成については, おおむね好評であった. 動画内容の難易度については, 90% 以上の歯科医師は「参考になった」「簡単」と回答しており, 本動画コンテンツの意義がある程度確認された. 動画の内容「B 型肝炎ワクチンの定期接種」「B 型肝炎ウイルスの体外の感染可能持続期間」「HCV 抗体が中和抗体でない」「肝炎検査の助成」などを視聴前からすでに「知っていた」歯科医師は, 半数未満であった. 本邦では 2016 年 10 月より乳児を対象とした B 型肝炎ワクチンの定期接種が開始され, 肝炎ウイルス検査においては各都道府県で無料または一部助成にて検査が可能となっている. 両者はいずれ

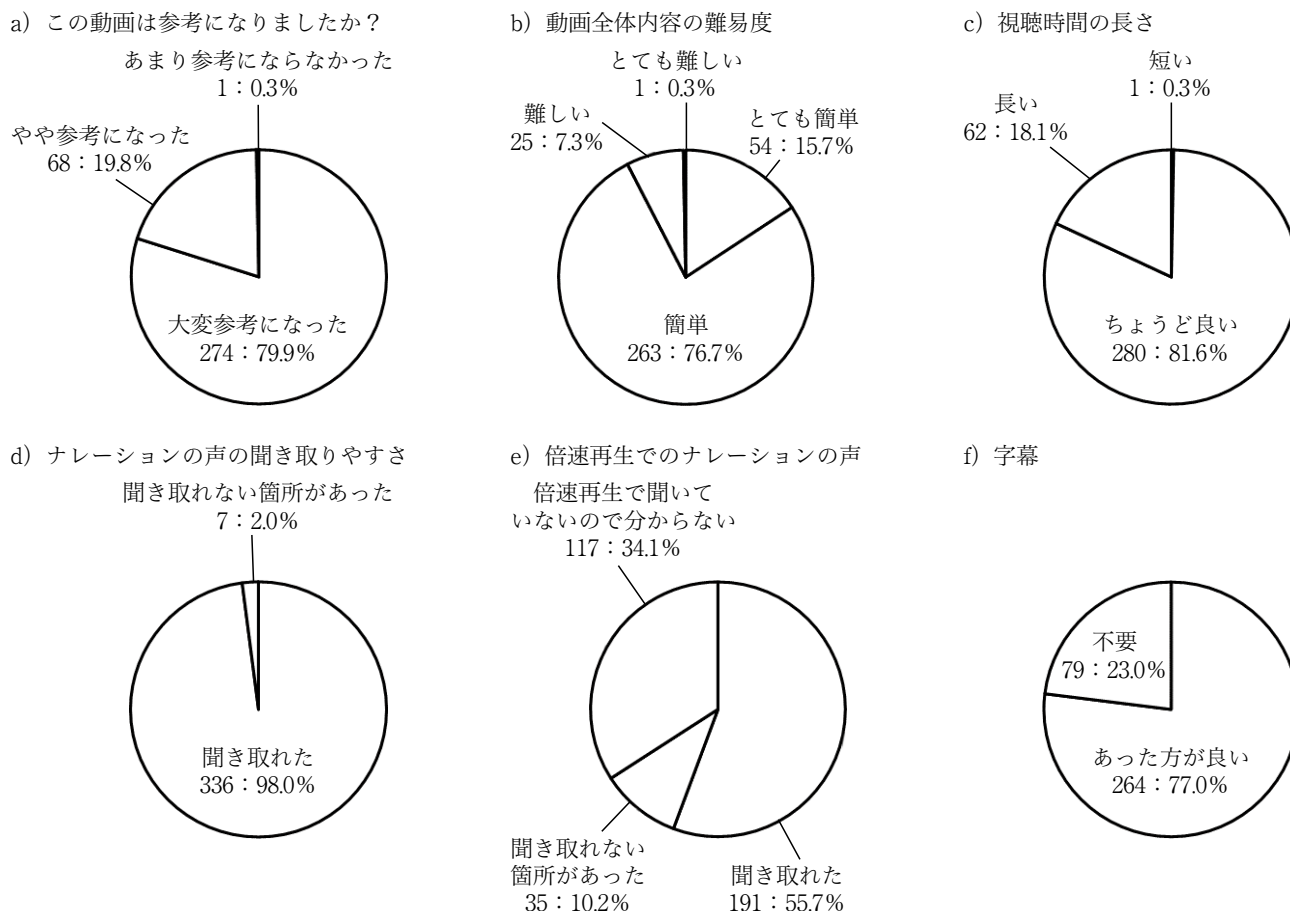


Fig. 2 アンケート調査結果（設問 5～8, 10, 11）

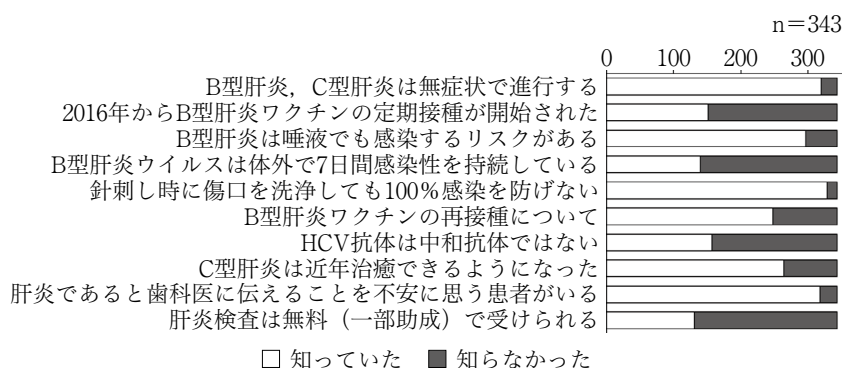
も肝炎ウイルスの感染拡大の予防や早期発見を目的としており、これらが普及すれば感染者数の減少が期待されるが、調査結果からはこれらの周知がまだ十分でないことが確認された。一方、B型肝炎ウイルスは体外で7日間の感染性を有していること²⁾や、中和抗体の機能を有していない HCV 抗体の意義を理解することは、歯科医療現場での感染対策や感染患者の疾病の評価に影響を及ぼすことが推定された。

Directing antiviral agent (DAA) レジメが 2014 年に登場してから、C型肝炎ウイルス排除率が約 90% 近くまで劇的に向上し³⁻⁶⁾、その結果、肝臓の発症抑制も確認された⁷⁻⁹⁾。このような時代的背景から、比較的最近、学生時代に講義を受けた若い歯科医師で C型肝炎が治療できることを「知っている」と回答する割合が多いことが予想されたが、本アンケート結果から、若い歯科医師は、近年、C型肝炎が治療できることを「知らない」と回答した割合が多かった。本調査結果の理由は不詳だが、講義内容のアップデートや歯科医師国家試験での設問傾向、あるいは年配の歯科医師が C型肝炎ウイルスに感染して治療を受けたために割合が変化した、などが考えら

れた。HCV 抗体は、DAA 治療で C型肝炎ウイルスが排除されても陽性が持続する。このため治療できることを把握していないと患者の検査結果の解釈を誤認してしまい、疾患の状態を把握することが困難になる可能性がある。

体液が付着した環境に使用する消毒薬については、「次亜塩素酸ナトリウム」が 61.2% と最も多く、「アルコール」が 33.5%、「クロルヘキシジン」2.6% であった。さらに、若い歯科医師では「次亜塩素酸ナトリウム」より「アルコール」を使用する傾向がみられた。HBV の不活化には 80% エチルアルコールでは 2 分間 (11°C 環境下)、500 ppm (0.05%) 次亜塩素酸ナトリウムでは 10 分間の接触が必要とされている^{10,11)}。アルコールは短時間で効果を発揮するため簡便である一方、揮発性が高く乾燥蒸発すると不活化効果が減弱する。対象物との十分な接触時間が保てない場合には、次亜塩素酸ナトリウムのほうが確実な HBV の不活化が期待できるが、化学的特性による金属腐食を予防するため使用後は水で清拭する。歯科医師の年代によって使用する消毒薬が異なった原因については不詳だが、アルコールで不活化可能な新

a) 動画視聴前から知っていたかどうか (設問 12)



b) 「C型肝炎は近年治癒できるようになった」と回答した年代の割合

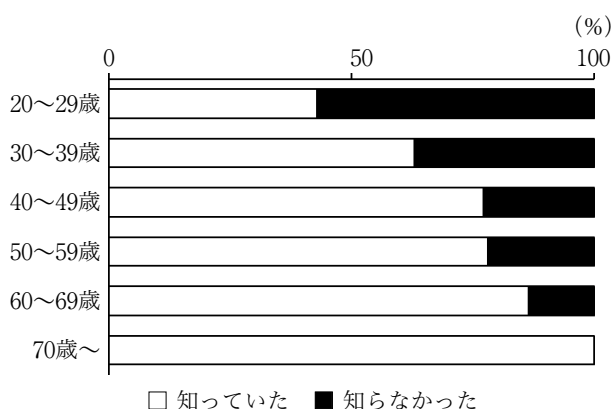
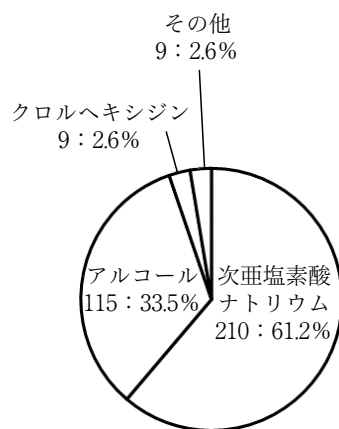


Fig. 3 アンケート調査結果 (設問 12)

a) 患者の体液を消毒する際に使用する薬剤



b) 患者の体液を消毒する際に使用する薬剤を選択した年代の割合

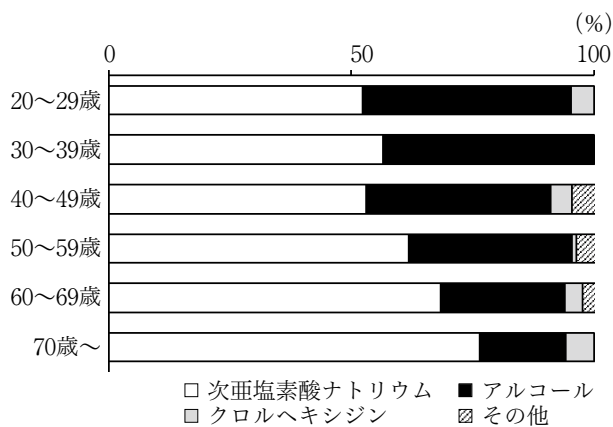


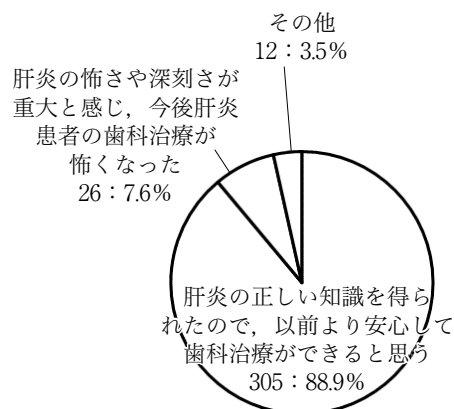
Fig. 4 アンケート調査結果 (設問 13)

型コロナウイルスの近年の感染流行が, アルコール消毒の重要性に影響を与えた可能性が考えられた。

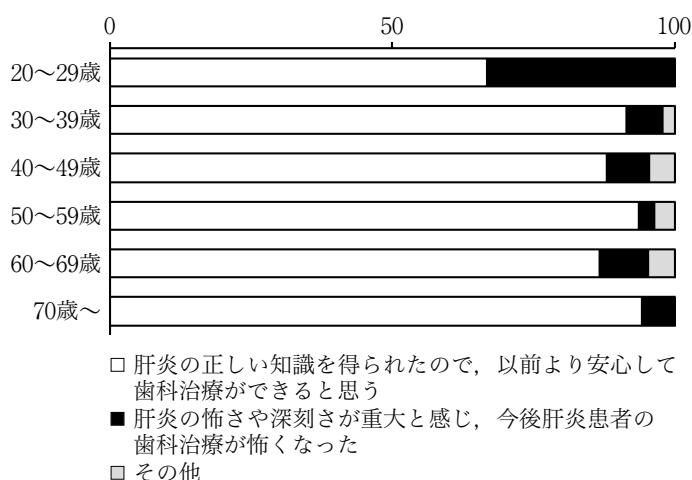
本動画視聴の有用性の検証として, 「安心して肝炎患者の歯科治療が可能」「標準予防策を徹底すれば無症状の肝炎患者の歯科治療は不安ではない」との回答が大部分

だったが, 「肝炎患者の診療に不安を感じる」と回答した若い歯科医師や年配の歯科医師も存在した。学生時の肝炎に関する学習度や歯科医療現場での経験年数が影響していると考えられるが, 肝炎に関する持続的な学習の場の提供が必要と考えられた。

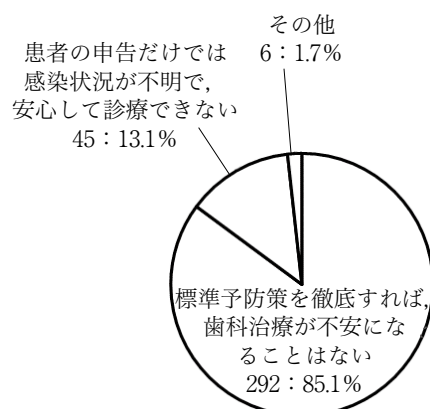
a) 本動画を視聴して、今後肝炎患者を診察・治療する場合に感じる事（設問 14）



b) 設問 14 で回答した選択肢の年代の割合



c) 本動画を視聴して、今後症状のない肝炎患者を診察・治療する場合に感じる事（設問 15）



d) 設問 15 で回答した選択肢の年代の割合

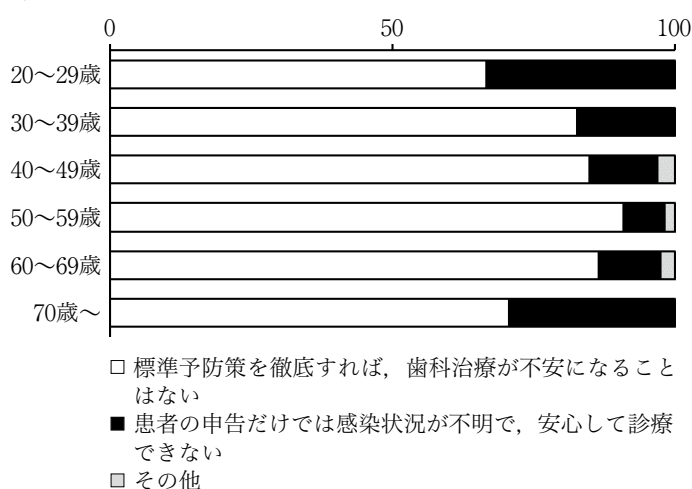


Fig. 5 アンケート調査結果（設問 14, 15）

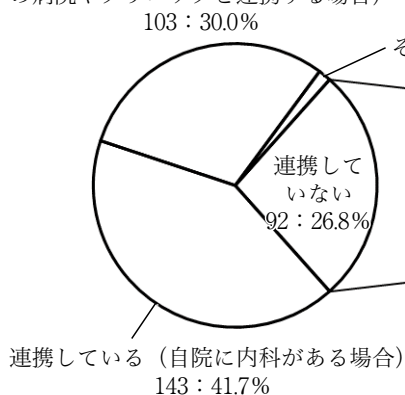
自施設での歯科医療器具などによる刺傷の際や肝炎患者を紹介する際に紹介できる医科系病院やクリニックとの連携については、約 45%の開業医（クリニック）が「内科と連携していない」と回答しており（194 名中 86 名）、その理由の多くは、「連携方法が分からない」「近くに連携先がない」であった。安全な歯科治療を提供するために、全身疾患の評価や内服薬の確認をする際に必要となる歯科医科連携は近年ますます重要視されている。一方、歯科医師やコメディカルが刺傷した際には、受傷者の HBs 抗体や曝露源患者の HBs 抗原の確認が必要となる。受傷者の HBs 抗体が陰性で曝露源患者の HBs 抗原が陽性、または曝露源患者が特定不能な場合には、感染予防を目的として受傷 48 時間以内に HB グロブリン製剤を投与する。しかし、自院に医科のない開業医（クリニック）では、これらの血液検査は自施設では対応困難であり、血液検査も医科クリニックによっては結果が出

るまでに 1 日以上時間を要することがあり、その結果として、感染予防目的の HB グロブリン製剤投与が遅れる可能性がある。歯科医師自身のみならずコメディカルの健康被害に対する不安を払拭するためにも、医科との連携を事前に整備しておくことが肝要であり、この体制の整備が喫緊の課題である。本動画では、肝炎患者の相談先や対応に苦慮した際の肝疾患拠点病院へのアクセス方法を、HP アドレスや QR コードとして明示した。これにより、コメディカルを含めた歯科医療従事者が安心した歯科治療に専念できることが期待される。

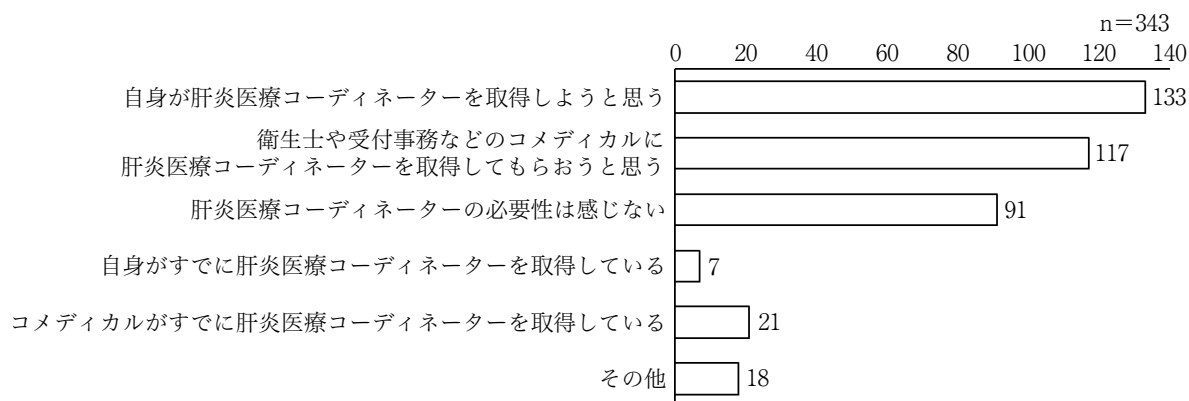
肝炎医療コーディネーターについては、歯科医師またはコメディカルがすでに取得していたのは 1 割弱で、今後取得を検討していたのは 7 割程度だった。その一方で、26.5%の歯科医師が肝炎医療コーディネーターの必要性を感じないと回答しており、年配の歯科医師で割合が多かった。肝炎医療コーディネーターは、肝炎患者等が適

a) 針刺し時の対応や肝炎患者を紹介できるクリニックとの連携（左円グラフ）と、連携していない場合の理由（右円グラフ）（設問 16, 17）

連携している（自院に内科がなく、他の病院やクリニックと連携する場合）



b) 「肝炎医療コーディネーター」について（設問 18）



c) 設問 18 「肝炎医療コーディネーターの必要性は感じない」と回答した年代の割合

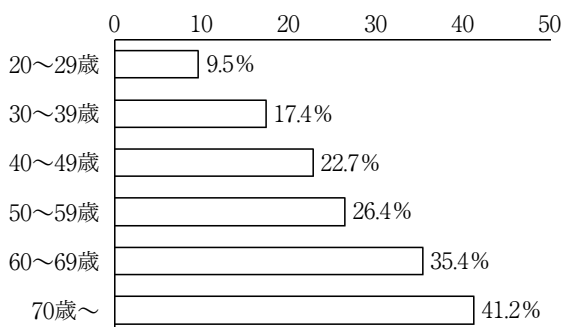


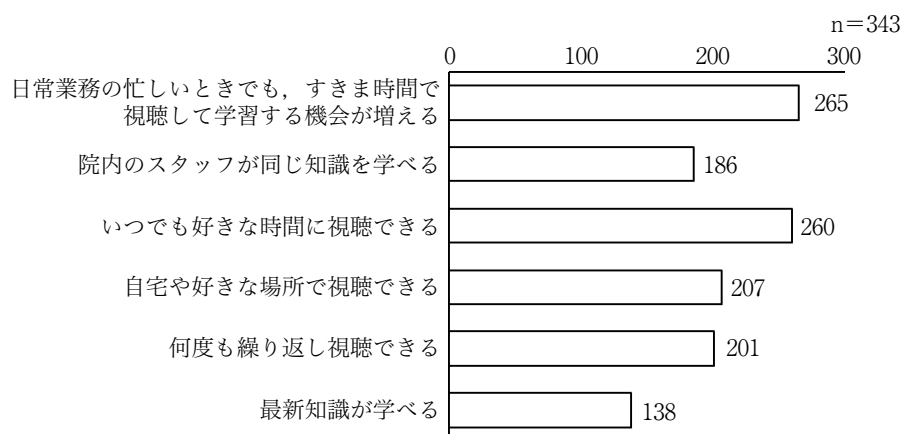
Fig. 6 アンケート調査結果（設問 16～18）

切な肝炎医療や支援を受けられるように、肝炎検査の推奨や治療に関する情報提供、肝炎に関する相談による橋渡しを行うもので、2011 年度より厚生労働省の事業として養成が勧められた。看護師や保健師、行政職員や薬剤師、臨床検査技師、管理栄養士など幅広い医療従事者がすでに取得しており、歯科医療従事者においてもその重要性が認識されているが、本調査結果からは、その認知度は十分とはいえなかった。一方、肝炎に関する知識や

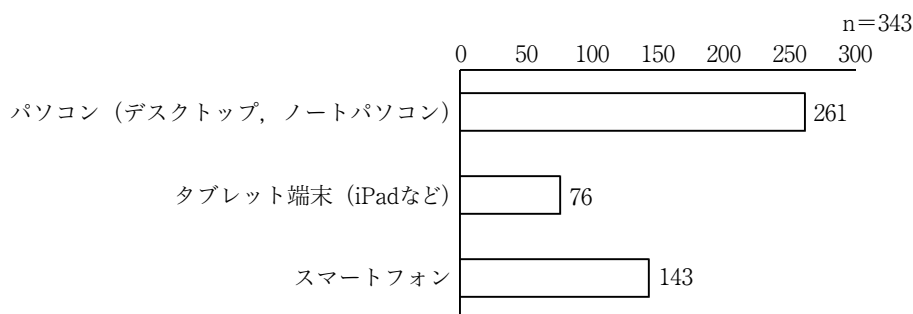
情報へのアクセス入手の簡便さとして、本動画が肝炎医療コーディネーターの補助的または端緒的な役割を担うような位置づけとして期待される。動画視聴で使用するデバイスとしては、約 4 割がスマートフォン、約 2 割がタブレット端末を利用すると回答しており、勤務中でも手軽に学習できることが期待された。

本動画の今後の改善点としては、肝炎患者への問診である。観血的処置を伴うことが多い歯科診療において、

a) e ラーニング視聴のメリットとして感じるもの（設問 19）



b) e ラーニング視聴で利用するデバイス（設問 20）



c) e ラーニング視聴するコンテンツの適切な長さ（設問 21）

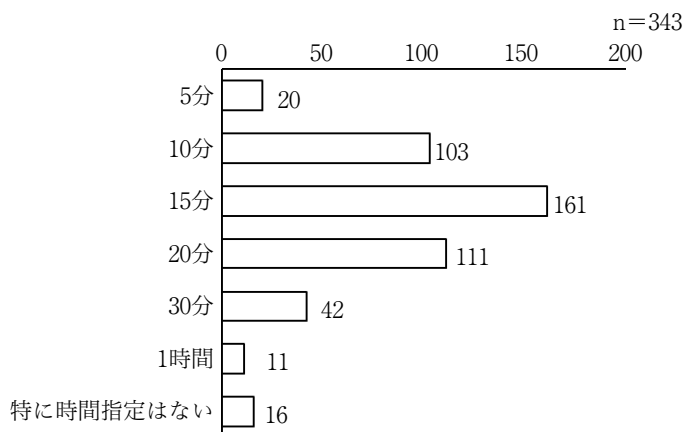


Fig. 7 アンケート調査結果（設問 19～21）

肝硬変のような慢性肝疾患を併存していると血小板減少や凝固因子産生低下をきたすため、出血や創傷治癒に影響を及ぼすことが予想される。このため、問診等で肝疾患を含めた全身疾患について聴取して把握することは、歯科医師が安全な歯科治療を行ううえで重要である。一方、患者自身が感染していることを気づかない無症候性のHBVキャリアの患者も一定数存在することから、問診のみでウイルス性肝炎患者すべてを拾い上げることは

限界がある。さらに、このような無症候性のHBVキャリアでは、肝機能が正常であることから、歯科治療そのものには大きな支障になる可能性は低い。患者と歯科医師が信頼関係を築くことは安心安全な歯科治療を行ううえで重要である。そのためには、患者のプライバシーを尊重しながら全身疾患を把握できるような問診票の作成などについて、さらに盛り込んだ動画を今後作成する予定である。

結 論

肝炎ウイルスや標準予防策に対する教育および肝炎患者への配慮に関する啓発を目的とした歯科医療従事者向けの動画を作成し、アンケート調査を行った結果、肝炎ウイルスや標準予防策に関する継続的な学習の必要性があることが判明し、本動画の視聴による一定の有用性が確認された。今後、本アンケート調査で得られた意見を基に動画内容をさらに改善させて、歯科医師にとってより効果的かつ効率的な動画コンテンツを完成させる予定である。

謝 辞

アンケート調査への協力を快く承諾いただきました、北海道医療大学病院の歯科医師の皆様、北海道医療大学歯学部同窓会の皆様、徳島大学病院の歯科医師の皆様および徳島県歯科医師会の歯科医師および関係者に厚く御礼申し上げます。また、本研究の計画初期に多大なご助言をくださいました、北海道医療大学 川上智史先生、徳島大学副学長 河野文昭先生に厚く御礼申し上げます。また、本動画の作成に際して多大なご意見をくださいました、東京肝臓友の会、北海道肝炎友の会、全国 B 型肝炎訴訟弁護団の関係者皆様に厚く御礼申し上げます。

本研究に際しての研究補助金等はない。

本研究に関して、開示すべき利益相反関係はない。

文 献

- 厚生労働省. 令和 4 (2022) 年医師・歯科医師・薬剤師統計の概況.
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/ishi/22/dl/R04_kekka-2.pdf (2024 年 4 月 2 日アクセス)
- Bond WW, Favero MS, Petersen NJ, Gravelle CR, Ebert JW, Maynard JE. Survival of hepatitis B virus after drying and storage for one week. *Lancet* 1981; 1: 550-551.
- Kumada H, Suzuki Y, Ikeda K, Toyota J, Karino Y, Chayama K, Kawakami Y, Ido A, Yamamoto K, Takaguchi K, Izumi N, Koike K, Takehara T, Kawada N, Sata M, Miyagoshi H, Eley T, McPhee F, Damokosh A, Ishikawa H, Hughes E. Daclatasvir plus asunaprevir for chronic HCV genotype 1b infection. *Hepatology* 2014; 59: 2083-2091.
- Chayama K, Suzuki F, Karino Y, Kawakami Y, Sato K, Atarashi T, Naganuma A, Watanabe T, Eguchi Y, Yoshiji H, Seike M, Takei Y, Kako K, Alves K, Burroughs M, Redman R, Pugatch DL, Pilot-Matias TJ, Krishnan P, Oberoi RK, Xie W, Kumada H. Efficacy and safety of glecaprevir/pibrentasvir in Japanese patients with chronic genotype 1 hepatitis C virus infection with and without cirrhosis. *J Gastroenterol* 2018; 53: 557-565.
- Kumada H, Watanabe T, Suzuki F, Ikeda K, Sato K, Toyoda H, Atsukawa M, Ido A, Takaki A, Enomoto N, Kato K, Alves K, Burroughs M, Redman R, Pugatch D, Pilot-Matias TJ, Krishnan P, Oberoi RK, Xie W, Chayama K. Efficacy and safety of glecaprevir/pibrentasvir in HCV-infected Japanese patients with prior DAA experience, severe renal impairment, or genotype 3 infection. *J Gastroenterol* 2018; 53: 566-575.
- Toyoda H, Chayama K, Suzuki F, Sato K, Atarashi T, Watanabe T, Atsukawa M, Naganuma A, Notsumata K, Osaki Y, Namamuta M, Takaguchi K, Saito S, Kako K, Pugatch D, Burroughs M, Redman R, Alves K, Pilot-Matias TJ, Oberoi RK, Fu B, Kumada H. Efficacy and safety of glecaprevir/pibrentasvir in Japanese patients with chronic genotype 2 hepatitis C virus infection. *Hepatology* 2018; 67: 505-513.
- Kobayashi M, Suzuki F, Fujiyama S, Kawamura Y, Sezaki H, Hosaka T, Akuta N, Suzuki Y, Saitoh S, Arase Y, Ikeda K, Kumada H. Sustained virologic response by direct antiviral agents reduces the incidence of hepatocellular carcinoma in patients with HCV infection. *J Med Virol* 2017; 89: 476-483.
- Innes H, Barclay ST, Hayes PC, Fraser A, Dillon JF, Stanley A, Bathgate A, McDonald SA, Goldberg D, Valerio H, Fox R, Kennedy N, Bramley P, Hutchinson SJ. The risk of hepatocellular carcinoma in cirrhotic patients with hepatitis C and sustained viral response: Role of the treatment regimen. *J Hepatol* 2018; 68: 646-654.
- Kanwai F, Kramer J, Asch SM, Chayanupatkul M, Cao Y, El-Serag HB. Risk of hepatocellular carcinoma in HCV patients treated with direct-acting antiviral agents. *Gastroenterology* 2017; 153: 996-1005.
- World Health Organization. Hepatitis B.
https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/67746/WHO_CDS_CSR_LYO_2002.2_HEPATITIS_B.pdf?sequence=1&isAllowed=y (cited 2024.4.2)
- 厚生労働省. 感染症法に基づく消毒・滅菌の手引きについて.
<https://www.mhlw.go.jp/content/000911978.pdf> (2024 年 4 月 2 日アクセス)

Questionnaire Survey on a Video about Viral Hepatitis in Dentistry

YUMOTO Hiromichi, MAIDA Tateo¹, KAWANO Yutaka^{2,6}, UEHARA Osamu³,
ABIKO Yoshihiro⁴, AOTA Keiko⁵, TAKAYAMA Tetsuji⁶ and YOTSUYANAGI Hiroshi⁷

Department of Periodontology and Endodontology, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences

¹Division of Advanced Prosthodontics, Department of Oral Rehabilitation, Health Sciences University of Hokkaido

²Department of Community Medicine and Medical Science, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences

³Division of Disease Control and Molecular Epidemiology, Department of Oral Growth and Development,
School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

⁴Division of Oral Medicine and Pathology, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

⁵Department of Oral Medicine, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences

⁶Department of Gastroenterology and Oncology, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences

⁷Department of Infectious Disease and Applied Immunology, the Institute of Medical Science, the University of Tokyo

Abstract

Objective: Dentists are always exposed to body fluids such as saliva and blood of patients during dental treatment. Though it is essential to comply with standard precautions for preventing infection with the hepatitis virus, inadequate knowledge about the virus and standard precautions would affect the dental examination of hepatitis patients. Therefore, we created a video about not only the hepatitis virus and standard precautions but also considerations for patients with hepatitis, and then conducted a questionnaire survey of dentists who viewed the video.

Method: A 20-minute video titled “What Dentists Should Know About Hepatitis B (HBV) and C (HCV)” was created, and after the video had been viewed, a questionnaire survey was conducted and the results were analyzed.

Results: Questionnaires from 343 dentists who consented to the survey were analyzed. Most dentists evaluated the video favorably. Fewer than half of the dentists knew about “routine hepatitis B vaccination”, “duration of possible HBV infection”, “subsidized hepatitis testing,” and “HCV antibody is not a neutralizing antibody”. A large proportion of younger dentists did not know that “hepatitis C can be cured.” Sodium hypochlorite, alcohol, and chlorhexidine were the most commonly used substances when disinfecting patient fluids on environmental surfaces, and younger dentists tended to use alcohol. About forty-five percent of general practitioners (clinics) were not able to coordinate with a physician when needle sticks and other puncture wounds happened, with the main reasons being “do not know how to coordinate with a physician” and “do not have a nearby physician”. Regarding hepatitis medical care coordinators, most dentists were willing to obtain the certification (including co-medicals), but some older dentists did not feel the need to do so.

Conclusion: The results of this study confirmed the importance of knowledge about the hepatitis virus and standard precautions for dentists. We plan to improve and complete the dental questionnaire so that it can play a role in safe dental treatment and considerations for hepatitis patients.

Key words: hepatitis virus, standard precaution, e-learning

Ni-Ti ファイル破折防止に対する新規往復回転駆動の有効性に関する研究

藤 巻 龍 治 鈴 木 二 郎 石 井 信 之

神奈川県立歯科大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野

抄録

目的：ニッケルチタン（Ni-Ti）ファイルは、加熱処理によって柔軟性と破折抵抗性が向上し疲労耐性が改善された。Ni-Ti ファイルの破折軽減のためにファイル材質が改良されているが、駆動モーターに対してもさまざまな改良が実施されている。トライオート ZX2+は Optimum Glide Path2 (OGP2) 機能が搭載され、時計回りと反時計回りの往復運動を繰り返す回転駆動で、ファイル破折軽減効果が期待されている。本研究は、Ni-Ti ファイルを供試して疲労破折に対する OGP2 回転駆動の有効性を検証するために、ねじれ疲労破折耐性と周期疲労破折耐性を各種 Ni-Ti ファイルの破折所要時間を測定し解析した。

方法：ねじれ疲労破折耐性試験はファイル先端から 3 mm の位置を固定し、最終根管形成に使用される Ni-Ti ファイル 3 群、ProTaper Next X2 (PTN)、WaveOne Gold Primary (WOG)、ProTaper Ultimate F2 (PTU) を供試し、破折所要時間を計測した。周期疲労破折耐性試験はステンレス製人工根管を用いて、各種 Ni-Ti ファイル 3 群 (PTN, WOG, PTU) の破折所要時間を計測した。根管形成に供試した駆動モーターは、正規回転駆動には X Smart Plus, OGP2 回転駆動にはトライオート ZX2+を用いた。

結果：ねじれ疲労破折耐性試験では、正規回転駆動に比べ OGP2 では PTN (4.09 ± 0.49 秒), WOG (29.87 ± 2.18 秒), PTU (38.15 ± 3.86 秒) の順で耐性が増強し、WOG, PTU の 2 群において破折所要時間の有意な延長効果が示された。周期疲労破折耐性試験では、正規回転駆動に比べ OGP2 では PTN, PTU で破折所要時間に有意な延長が認められた。

結論：OGP2 機能と G-wire 素材の WOG と PTU ファイルを使用することでファイル破折の軽減効果が示された。

キーワード：Ni-Ti ファイル, G-wire, ねじれ疲労破折, 周期疲労破折, Optimum Glide Path-2

緒 言

ニッケルチタン (Ni-Ti) ファイルは、ステンレススチール製ファイルと比較して優れた柔軟性を有し、解剖学的根管形態に追従した根管形成が可能である¹⁾。近年、Ni-Ti ファイルに加熱処理を施すことによって柔軟性と破折耐性が向上し、ファイル断面形態やファイル素材の改良によって疲労耐性の改善が報告された^{2,3)}。特に加熱処理により Ni-Ti 合金の結晶構造が変化し、物理的特性が変化した。Ni-Ti 合金にはオーステナイト相とマルテンサイト相の 2 相が存在し、この相変態に伴って超弾性や形状記憶が発揮される。またオーステナイト相とマルテンサイト相の中間相に R 相が存在する。オーステナイト相の Ni-Ti ファイルは柔軟性と根管への追従性が低く、超弾性が高いため周期疲労破折しやすい。一方、マルテンサイト相の Ni-Ti ファイルは柔軟性が高く複雑な根管形態に追従するが、弾性が低いため過剰負荷によって破折しやすい特徴がある⁴⁾。現在、柔軟性に優れた Ni-Ti ファイルとして R 相の M-wire を使用した ProTaper Next (2007 年)、2 段階の加熱処理工程によって M-wire から G-wire で構成された WaveOne Gold (2012 年) と ProTaper Ultimate (2022 年) が臨床で使用されている。Ni-Ti ファイルの根管形成中に生じるファイル破折は、適切な根管形成の障害となり治療成功率を低下させる原因となる⁵⁾。臨床使用での器具破折発生率は、これまでに 0.9~5.1% と報告されている⁶⁻¹³⁾。ステンレススチール製ファイルは、変形に伴い永久ひずみが視覚的に確認可能だが、Ni-Ti ファイルは永久ひずみを起こさずに突然破折を起こすことが多い。疲労破折の原因は、ファイル先端が根管に食い込む際の脆性破断である「ねじれ疲労破折」と、湾曲部分で回転することでファイル湾曲点の圧縮と伸張が加わり破断する「周期疲労破折」の 2 種類に大別されるが、周期疲労破折の発生頻度が高いことが報告された¹⁴⁾。そこで、破折リスクを軽減するため、ファイルに過剰応力が生じないように各種モーターの駆動様式が改良された。トライオート ZX2+ (モリタ) は、ウォッチワインディングモーションとバランスドフォーステクニックの動きを駆動モーターに再現させた Optimum Glide Path (OGP) 機能と、規定トルク発生時に反復運動に切り替わる Optimum Torque Reverse (OTR) 機能に加えて、新規回転駆動 (Optimum Glide Path2, 以下、OGP2) を搭載した。現在まで、OTR と OGP モードが周期疲労破折に高い抵抗性を示すことが報告された¹⁵⁾。OGP2 は時計回りと反時計回りの往復運動を繰り返す新たな回転駆動で、150° の正回転と 60° 逆回転を繰り返し、360° 正回転後に 150° 逆回転と 60° 正回転、さら

に 360° 逆回転し、累積回転角度がファイルの破折角度である 360° を超えることがないため、ファイルがねじれて破折することはないとされている。また駆動方法自体が、根管内のファイル食い込み防止によって破折リスクを軽減させた^{16,17)}。

本研究は、加熱処理された Ni-Ti ファイル 3 種類と OGP2 駆動の組合せによって、ファイル破折の軽減効果を検証することを目的とした。

材料および方法

1. 供試 Ni-Ti ファイル

実験には、ProTaper Next X2 (#25/06, Dentsply-Sirona, 以下、PTN)、WaveOne Gold Primary (#25/07, Dentsply-Sirona, 以下、WOG)、ProTaper Ultimate F2 (#25/08, Dentsply-Sirona, 以下、PTU) の 3 種 Ni-Ti ファイル (各 n=10) を供試した。

2. 根管形成用駆動モーターと回転様式

正規回転駆動には X Smart Plus (Dentsply-Sirona) を使用し、回転数 300 rpm、トルク 2.0 Ncm に設定した。OGP2 駆動にはトライオート ZX2+ (モリタ) を使用した (Fig. 1)。

なお正規回転駆動として PTN、PTU は正回転駆動、WOG は往復回転駆動にて行った。

3. 破折疲労試験

1) ねじれ疲労破折耐性試験

ファイル先端から 3 mm の位置を万力に固定した状態で (Fig. 2)、Ni-Ti ファイル 3 群 (PTN、WOG、PTU) について正規回転駆動と OGP2 駆動にて各ファイルの破折所要時間を計測した。

2) 周期疲労破折耐性試験

駆動モーター固定装置 (モリタ製作所, Fig. 3) を用いて、ステンレス製人工根管 (根管口部直径 1.4 mm/曲率半径 5.7 mm/湾曲角度 50 度) に装着し (Fig. 4)、作業長 16 mm に設定した Ni-Ti ファイル 3 群 (PTN、WOG、PTU) を固定し、正規回転駆動と OGP2 駆動にて各ファイルの破折所要時間を計測した。計測中は、Ni-Ti ファイルと人工根管との間の摩擦抵抗を防止するために、潤滑剤として EDTA アクアジェル (ペントロンジャパン) を使用した。なお破折所要時間は、デジタルカメラで記録した。

4. 統計処理

回転駆動の比較には Mann-Whitney U-test、ファイル間比較には Kruskal-Wallis H-test および Bonferroni 法による多重比較検定を行った。有意差検定は危険率 1% 未満 ($p < 0.01$) とした。

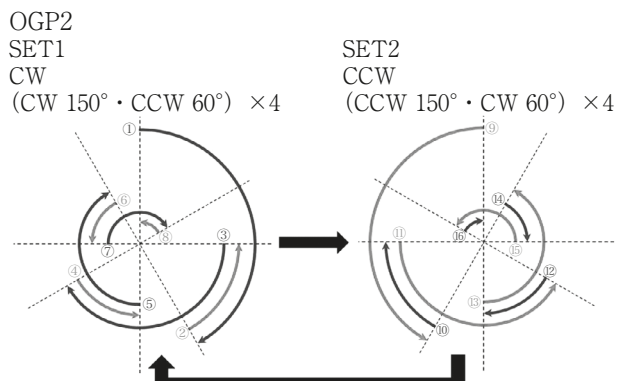


Fig. 1 Tri Auto ZX2+ new rotation style OGP2 mode
After rotating 150 degrees forward, rotate 60 degrees backward and rotate 360 degrees forward. Next, rotate 150 degrees backward, then rotate 60 degrees forward and rotate 360 degrees backward, and repeat this process.

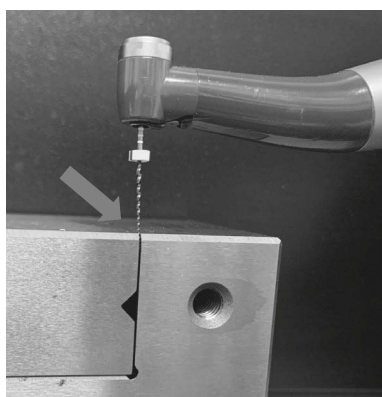


Fig. 2 Ni-Ti file is fixed in a vise with the tip at 3 mm

結 果

1. ねじれ疲労破折耐性試験

正規回転駆動にてファイルの破折所要時間を測定した結果, PTN (1.89 ± 0.33 秒), WOG (2.95 ± 0.57 秒), PTU (2.06 ± 0.08 秒) が示された. OGP2 機能によるファイル破折所要時間は, PTN (4.09 ± 0.49 秒), WOG (29.87 ± 2.18 秒), PTU (38.15 ± 3.86 秒) を示した. OGP2 機能において, WOG, PTU の 2 群で破折所要時間が延長し有意差が示された. またファイル群間において, 正規回転駆動ではファイル群間で破折所要時間の有意差は確認できなかったが, OGP2 機能使用時では PTN と比較して, WOG, PTU の 2 群で破折所要時間が延長し有意差が認められた (Fig. 5).

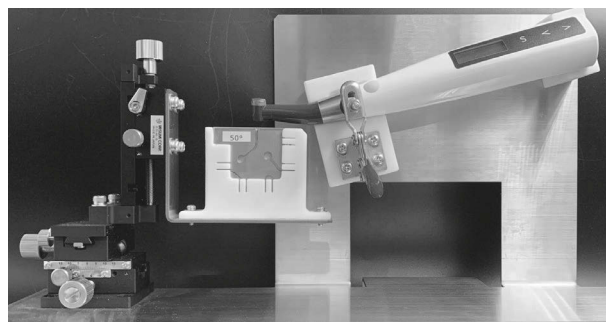


Fig. 3 Overall picture of the fixed model

The model for cyclic fatigue fracture measurements was used with a curvature of 50°. Tri Auto ZX2+ was used as the end motor for root canal formation.

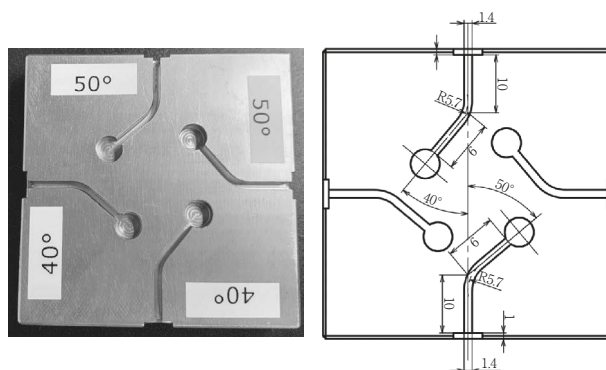


Fig. 4 Stainless steel metal block artificial root canal
Root canal orifice size : 1.4 mm/radius of curvature : 5.7 mm/angle of curvature : 50 degrees.

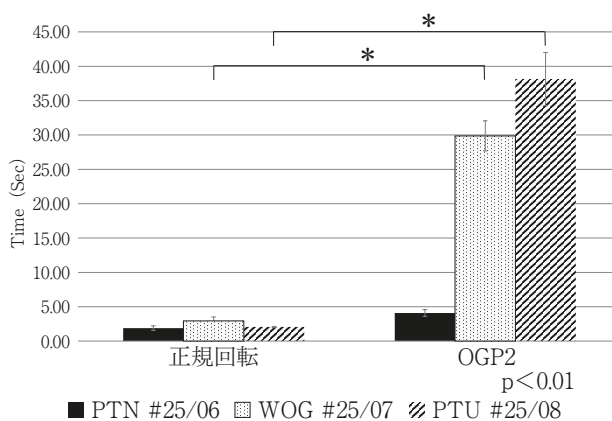


Fig. 5 Torsional fatigue fracture resistance test

2. 周期疲労破折耐性試験

正規回転駆動にてファイル破折所要時間を測定した結果, PTN (186 ± 4.2 秒), WOG (341 ± 4.0 秒), PTU (216 ± 5.6 秒) が示された. OGP2 機能によるファイル破折所要時間は, PTN (259.0 ± 2.6 秒), WOG (348.7 秒 ± 8.3),

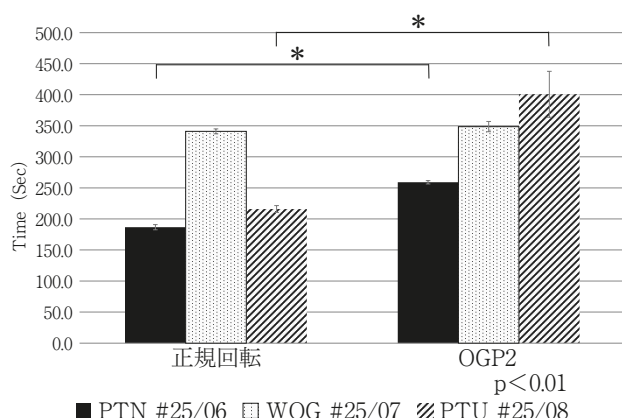


Fig. 6 Cyclic fatigue fracture resistance test

PTU (400.7 ± 37.0 秒)を示した。OGP2 機能において、PTN, PTU の 2 群で破折所要時間が延長し有意差が示された (Fig. 6)。

考 察

ファイル破折の原因は 2 つに大別され、ファイルが根管にロック (食い込み) 後に回転運動が継続した結果、破折にいたる「ねじれ疲労破折」は、細いファイル使用時に発生する。一方、ファイルが湾曲部で回転時にファイル外湾側の引張応力、内湾側の圧縮応力が繰り返されて破折にいたる「周期疲労破折」は、太いファイル使用時に発生することが報告された¹⁴⁾。ステンレスファイル破折率が 0.3~6.0% であるのに対して、Ni-Ti ファイルは 1.3~10.0% と高頻度を示すことが報告された¹⁸⁾。ファイル破折の好発部位は根尖部が 52.5% と最も多く、根中央部が 27.5%、歯冠側が 12.5% の順に減少する¹²⁾。Ni-Ti ファイル破折リスクの軽減には、根管洗浄と潤滑材の併用による目詰まり防止や機械的負荷と摩擦抵抗の低減が有効である。また使用回数を制限することや、加熱処理された Ni-Ti ファイルの使用、および往復回転駆動が有効であることが報告されている¹⁹⁾。

本研究では、加熱処理された最新 Ni-Ti ファイルと改良型往復駆動 (OGP2) モーターによるファイル破折軽減への有効性を明らかにした。本研究で使用した 3 種 Ni-Ti ファイルは、いずれもファイル材質とファイル形状に改良が加えられ、破折抵抗性に優れている。PTN は、ファイル断面形態が左右非対称の長方形で中心が回転軸から偏移した M-wire 素材のファイルで、正回転運動時に蛇行運動しながら根尖方向に進むことにより、刃部の一部が根管壁に接触することで食い込みが減少し、ファイルに対する応力低下によって破折抵抗性が高くなる。M-wire は合金結晶構造の R 相比率を高くすること

で、柔軟性と破折抵抗性を向上させた。WOG は 2 段階の熱処理工程を経由して M-wire から G-wire への金属特性を向上させたことで、M-wire を使用した WaveOne よりも金属疲労耐久性が 50%、柔軟性が 80% 増加し、ねじれ疲労抵抗性においては 53% 向上することが報告された²⁰⁾。PTU のフィニッシャー (F2) は、マルテンサイト相優位の G-wire と断面形態が平行四辺形に変更され、中心軸をずらしたことで、2 点と 1 点が交互に根管壁に接触する新形状により、ProTaper 系列の ProTaper Gold F2 と比較して柔軟性と周期破折抵抗が 30% 向上している。

本研究結果から、ねじれ疲労破折耐性試験では正規回転駆動と比較して、OGP2 使用時の WOG, PTU の 2 群が破折時間の有意な延長が確認され、また OGP2 使用時のファイル群の比較でも PTN 群と比較し、WOG と PTU で有意な破折時間の延長を認めた。OGP2 はファイルへの累積回転角度が 360° を超えないことから、ファイルに発生するねじり疲労が軽減され、金属特性が向上した G-wire 素材ファイルを組み合わせることによって、ねじれ破折軽減に有効であることが示された。周期疲労破折耐性試験は、WOG のような往復回転運動のファイルが正回転運動ファイルより周期疲労破折において破折抵抗性が高いという報告より⁵⁾、WOG に関しては正規回転駆動と OGP2 使用時では有意差が確認されなかったが、正規回転駆動に比べ、OGP2 使用時の PTN, PTU の 2 群において破折所要時間の有意な延長が確認された。加えて、PTN と PTU のファイル間に有意差が示された。本研究結果より、正回転運動ファイルに関して OGP2 使用で周期疲労破折軽減が確認され、さらに G-wire 素材ファイルの組合せは有効であることが示された。

駆動モーターを用いた Ni-Ti ファイルの根管形成は機械的に回転しているため、根管に食い込むとねじれ疲労が蓄積し²¹⁾、さらに根管壁の食い込みに応じて根尖方向へ引き込まれるスクリー効果が発動して、ファイル破折につながる²²⁻²⁴⁾。トルク値に関係なく切削回転方向および非切削回転方向への運動を一定の時間間隔 (回転角度) で繰り返す時間依存型往復回転運動は、スクリー効果を軽減することが報告されており²⁵⁾、本研究結果からも OGP2 機能が正回転運動 Ni-Ti ファイルへのねじれ疲労破折の軽減に有効であることが示された。

ファイル破折は、術者の経験や習熟度、トルクコントロールモードの設定など、多因子に影響することが報告されている^{26,27)}。本研究により、ファイル破折を軽減する Ni-Ti ファイル使用方法とし、加熱処理された柔軟性の高い Ni-Ti ファイルと OGP2 機能モーターの併用が有効であることが示された。

結 論

OGP2 機能と G-wire 素材ファイルを組み合わせること
とで、根管形成時に生じる Ni-Ti ファイルのねじれ疲労
破折と周期疲労破折を軽減することが示された。

謝 辞

本研究実施に御支援頂いた研究協力者（的場一成氏、竺原
浩文氏、勝田直樹氏、土方秀雄氏、加藤恭平氏（モリタ製作
所）の皆様に厚く御礼申し上げます。

本研究にあたり、開示すべき COI はない。

文 献

- 1) Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30: 559-567.
- 2) Hayashi Y, Yoneyama T, Yahata Y, Miyai K, Doi H, Hanawa T, Ebihara A, Suda H. Phase transformation behaviour and bending properties of hybrid nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2007; 40: 247-253.
- 3) Hou X, Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H. Phase transformation behaviour and bending property of twisted nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J* 2011; 44: 253-258.
- 4) Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006; 32: 1031-1043.
- 5) 武市 収, 石井信之, 木ノ本喜史. Ni-Ti ファイル自由自在. 1 版. デンタルダイヤモンド: 東京; 2023. 68-115.
- 6) Arens F, Hoen M, Steiman H, Dietzjr G. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2003; 29: 664-666.
- 7) Parashos P, Gordon I, Messer H. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod* 2004; 30: 722-725.
- 8) Alapati S, Brantley W, Svec T, Powers J, Nusstein J, Daehn G. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod* 2005; 31: 40-43.
- 9) Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005; 31: 845-850.
- 10) Iqbal MK, Kohli MR, Kim JS. A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a PennEndo database study. *J Endod* 2006; 32: 1048-1052.
- 11) Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. Separation incidence of ProTaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod* 2006; 32: 1139-1141.
- 12) Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the dental school of Athens: a five-year retrospective clinical study. *J Endod* 2008; 34: 675-678.
- 13) Shen Y, Haapasalo M, Cheung GS-P, Peng B. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. part 1: relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *J Endod* 2009; 35: 129-132.
- 14) 八幡祥生, 浦羽真太郎, 高林正行, 坂上 齊, 鈴木規元, 宮崎 隆. 臨床使用におけるニッケルチタンファイルの器具破折率. *日歯保存誌* 2017; 60: 299-305.
- 15) Terauchi Y, Ali WT, Abielhassan MM. Present status and future directions: Removal of fractured instruments. *Int Endo J* 2022; 55: 685-709.
- 16) 和田 健, 渡邊昂洋, 中澤弘貴, 伊澤真人, 辻本恭久. TriAutoZX2 を使用した根尖孔穿通の検討. *日歯内療誌* 2019; 40: 111-116.
- 17) 牛窪俊博, 長谷川智哉, 田中雅士, 木方一貴, 堺 ちなみ, 河野 哲. 根尖病変を有する狭窄根管においてトライオート ZX2 と手用ファイルを用いた場合の穿通性とグライドパス形成時間の比較検討. *日歯内療誌* 2024; 45: 106-111.
- 18) Gambarini G, Piasecki L, Miccoli G, Gaimari G, Giorgio RD, Nardo DD, Azim A, Testarelli L. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments. *Aust Endod J* 2019; 45: 154-162.
- 19) Ruivo LM, Rios MA, Villela AM, Martin AS, Kato AS, Pelegrine RA, Almeida Barbosa AF, Leal Silva EJN, Bueno CES. Fracture incidence of Reciproc instruments during root canal retreatment performed by postgraduate students: a cross-sectional retrospective clinical study. *Restor Dent Endod*; doi: 10.5395/rde.2021.46.e49
- 20) Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold nickel-titanium instruments. *J Endod* 2011; 42: 1536-1539.
- 21) Yum J, Cheung GS, Park JK, Hur B, Kim HC. Torsional strength and toughness of nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2011; 37: 382-386.
- 22) Ha JH, Kwak SW, Kim SK, Kim HC. Screw-in forces during instrumentation by various file systems. *Restor Dent Endod* 2016; 41: 304-309.
- 23) Ha JH, Cheung GS, Versluis A, Lee CJ, Kwak SW, Kim HC. 'Screw-in' tendency of rotary nickel-titanium files due to design geometry. *Int Endod J* 2015; 48: 666-672.
- 24) Ha JH, Park SS. Influence of glide path on the screw-in effect and torque of nickel-titanium rotary files in simu-

- lated resin root canals. Restor Dent Endod 2012; 37: 215-219.
- 25) Park SY, Cheung GS, Yum J, Hur B, Park JK, Kim HC. Dynamic torsional resistance of nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2010; 36: 1200-1204
- 26) Al-Omari MA, Aurich T, Wirtti SW, Jordan I. Shaping canals with ProFiles and K3 instruments: does operator experience matter?. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 110: e50-e55.
- 27) Yared GM, Bou Daagher FE, Machtou P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures. Int Endod J 2001; 34: 47-53.

Study on the Effectiveness of a Novel Reciprocating Rotational Drive in Preventing Ni-Ti File Fracture

FUJIMAKI Ryuji, SUZUKI Jiro and TANI-ISHII Nobuyuki

Department of Pulp Biology and Endodontics, Kanagawa Dental University

Abstract

Purpose: Nickel-titanium (Ni-Ti) files have improved flexibility, fracture resistance, and fatigue resistance through heat treatment. In addition to improvements to the material of Ni-Ti files to reduce fractures in the root canal, various improvements have also been made to the drive motor. The Tri Auto ZX2+ is equipped with the Optimum Glide Path2 (OGP2) function, which alternates between clockwise and counterclockwise reciprocating motion, and is expected to reduce file fractures.

In this study, the torsional fatigue fracture resistance and cyclic fatigue fracture resistance of Ni-Ti files were analyzed by measuring the fracture time of various Ni-Ti files to verify the effectiveness of the OGP2 rotary drive in preventing fatigue fracture of Ni-Ti files.

Method: The torsional fatigue fracture resistance test was performed using three groups of Ni-Ti files for final root canal formation, ProTaper Next X2 (PTN), WaveOne Gold Primary (WOG), and ProTaper Ultimate F2 (PTU), with the file apex position fixed at 3 mm. Cyclic fatigue resistance fracture tests were conducted using stainless steel artificial root canals to measure the time taken to fracture of the three groups of Ni-Ti files (PTN, WOG, and PTU). The X Smart Plus was used for regular rotational drive, while the Tri Auto ZX2+ was used for the OGP2 rotational drive.

Results: In the torsional fatigue fracture resistance test, the PTN (4.09 ± 0.49 s), WOG (29.87 ± 2.18 s), and PTU (38.15 ± 3.86 s) groups showed significantly longer fracture time in OGP2 than in the regular rotational drive. In the cyclic fatigue resistance test, the PTN and PTU groups showed significantly longer fracture time in OGP2 than in the regular rotational drive.

Conclusion: The use of the OGP2 function and WOG and PTU files, which are made of G-wire material, was shown to reduce file breakage.

Key words: Ni-Ti file, G-wire, torsional fatigue fracture, cyclic fatigue fracture, Optimum Glide Path-2

ラット歯髄組織由来細胞含有コラーゲンゲルに被包された 硬組織周囲に起きる歯髄由来細胞の分化

山 田 理 絵¹ 湊 華 絵¹ 清 水 公 太²
鎗 田 将 史¹ 新 井 恭 子¹ 佐 藤 友 則^{1,3}
五 十 嵐 勝⁴ 北 島 佳 代 子¹ 両 角 俊 哉¹

¹日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第1講座

²日本歯科大学新潟病院総合診療科

³日本歯科大学附属病院総合診療科1（歯内療法）

⁴日本歯科大学

抄録

目的：歯髄組織に含まれる未分化間葉系幹細胞は、多分化能を有することが知られている。本研究の目的は、歯髄由来細胞が象牙芽細胞や歯根膜細胞へ分化する可能性を検討することである。

材料と方法：全身麻酔下の5週齢のWistar系雄性ラットから切歯を抜去後、根尖部の歯髄組織を採取し、Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) に10%ウシ胎児血清 (FBS) を混合し調整した培養液で初代培養を行った。抜去歯の歯根膜組織を替刃メス (No. 15) で取り除き、約2×2 mmの大きさの象牙質片を作製し、移植実験までPenicillin/Streptomycin含有4℃リン酸緩衝液 (PBS) 中に保存した。歯髄由来細胞を含有したコラーゲンゲルを作製後、象牙質片をゲル内部に埋入させ被包体を作製した。実験1；全身麻酔を施した6週齢の雄性ヌードマウスの背部皮膚に切開を加え、被包体を移植したものを実験群、細胞を含まないコラーゲンゲルで象牙質片を被包し、移植したものを対照群とし、実験期間を6週間とした。実験2；8週齢のWistar系雄性ラットに全身麻酔を施し、上顎第一臼歯を抜去して近心根に逆根管充填を行った。歯根膜組織を可及的に取り除いた後、抜歯窩に歯髄由来細胞含有コラーゲンゲルを注入し、再植（復位・固定）した。実験期間は2週間とした。両実験とも、期間終了後に被験動物を安楽死させ、通法に従い連続パラフィン切片を作製後、組織染色および免疫組織化学染色を行い、光学顕微鏡にて観察した。

結果：【実験1】ヌードマウスに移植した実験群では、血管新生と象牙芽細胞様細胞が観察された。免疫組織化学染色所見では象牙芽細胞様細胞にDMP-1の発現がみられ、また一部でNestinの発現が観察された。【実験2】ラットに意図的再植した実験では、歯頸部付近で歯根膜様組織からセメント質に埋入するシャープピー線維様のコラーゲン線維が観察され、根尖部付近では骨様組織の形成が観察された。一方、炎症性細胞浸潤が観察された部位では歯根の吸収がみられた。

結論：歯髄由来細胞含有コラーゲンゲルに被包された象牙質片を背部皮下に移植すると、未分化細胞の一部が象牙芽細胞様細胞へ誘導される可能性が示された。一方、意図的再植を行うと歯根膜様組織および骨様組織に分化することが示唆された。

キーワード：歯髄細胞、移植、分化、象牙芽細胞様細胞、歯根膜組織

責任著者連絡先：山田理絵

〒951-8580 新潟市中央区浜浦町1-8 日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第1講座

TEL：025-211-8171, E-mail：gjt-softly@wing.ocn.ne.jp

受付：2024年7月12日/受理：2024年9月2日

DOI：10.11471/shikahozon.67.295

緒 言

外傷により過度な外力を受けて脱落した歯は、歯根膜線維と歯髓血管の断裂を早期に治癒させるために、可能な限り早急に歯を正しい位置に戻し、安静を保つことが大切である¹⁾。脱落後の経過時間が長く歯根膜に障害が及んだ場合や歯根膜汚染が顕著で保存不可能な場合、壊死歯根膜組織に対しデブライドメントを施した後に再植術が行われる。しかしながら、セメント質が剥き出しの状態となるため、術後に外部吸収や骨性癒着を生じやすくなり、その防止には歯根膜組織の介在が必要となる。

歯髓組織は象牙芽細胞、歯髓固有の線維芽細胞、未分化間葉系幹細胞および免疫担当細胞などから構成されており、未分化間葉系幹細胞は、石灰化やその他多くの機能をもつ細胞に分化する能力を有することが知られている²⁻¹⁰⁾。また幼若永久歯の根尖周囲に存在する幹細胞は、象牙芽細胞、骨芽細胞および神経細胞などに分化する多分化能を有すると報告され⁹⁾、歯髓幹細胞 (DPSCs) はヒアルロン酸と培養することによって象牙芽細胞に分化するとも報告¹⁰⁾されており、今後の再生医療への応用が期待されている。

本研究においてわれわれは、以下の2つの実験を行った。

実験1：ラット歯髓由来細胞を含有したコラーゲンゲルで被包した象牙質片の、ヌードマウス背部皮下組織への移植。

実験2：ラット臼歯の抜歯窩に同様のコラーゲンゲルを注入し、抜去歯の逆根管充填後歯の再植を行った。これらに対し組織学・免疫組織化学的観察を行い、歯髓由来細胞が象牙芽細胞や歯根膜細胞へ分化する可能性を検討した。

材料および方法

本研究は、日本歯科大学新潟生命歯学部動物実験委員会の承認 (承認番号: 188) を得て、動物実験規定を遵守して実施された。

1. 歯髓由来細胞の培養およびコラーゲンゲルの作製

歯髓組織の採取には、5週齢のWistar系雄性ラット (日本エスエルシー) を使用した。塩酸メデトミジン (ドミトール, 日本全薬工業) 0.375 mg/kg, ミダゾラム (ドルミカム, アステラス製薬) 2.0 mg/kg, 酒石酸ブトルファノール (ベトルファール, Meiji Seika ファルマ) 2.5 mg/kg の3種類の薬剤を混合^{11,12)}してラットの腹腔内に投与し、全身麻酔を施した。手術台に仰臥位で固定後、上下顎切歯に対し消毒を行い、春日井らの方法¹³⁾に準じ

てスプーンエキスカベーターを切歯近心側の歯根膜腔に挿入して脱臼し、歯根の湾曲に沿って抜去した。抜去した歯はただちに通常の2倍抗菌薬、抗真菌薬を含むリン酸緩衝液 (Penicillin 200 units/mL (Gibco, USA), Streptomycin 200 μ g/mL (Gibco), Amphotericin B 5 μ g/mL (Gibco) 添加 PBS) 内に浸して洗浄し、実体顕微鏡 (SMZ2800, Nikon) 下で替刃メス (No. 15) にて歯軸に沿って半切し、根尖部の歯髓組織を取り出した。歯髓組織を細切後、コラーゲンコートディッシュ (BioCoat collagen IV dish, Corning, USA) 内に静置し、5%CO₂を含む湿潤気相下で37°Cにて初代培養^{14,15)}を行った。培養液はDulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM, Sigma-Aldrich, USA) にウシ胎児血清 (FBS, Gibco) を10% (v/v) の割合で混合・調整し、Penicillin/Streptomycin (Pen/Strep, Gibco) を添加した10%FBS含有DMEMを用いた^{14,15)}。

歯髓由来細胞含有コラーゲンゲルの作製には、細胞培養用コラーゲンゲル (Cellmatrix, 新田ゼラチン) を用いた。3~4代継代した歯髓由来細胞を遠沈回収し、冷却下でCellmatrix Type I-A: 10倍濃度の濃縮培養液: 再構成緩衝溶液を8:1:1の割合で混和した後、小プレートに1.0 $\times$ 10⁵個/mLになるように分注し象牙質片を埋入静置し、37°Cで30分間静置しゲル化させた。

2. 象牙質片作製

歯髓を取り出した後の切歯の歯根膜組織を替刃メス (No. 15) で除去し、歯根表面から大きさ約2 $\times$ 2 mmの象牙質片を作製した。作製した象牙質片は再度PBSで洗浄後、次の移植実験までの約25週間、4°C Pen/Strep 添加 PBS 液中に保存した。

3. 実験1：ヌードマウス背部皮下への象牙質片の移植

実験動物として、ヌードマウス (雄性, 32~40 g, 6週齢, KSN/SLC, 日本エスエルシー) 10匹を使用した。塩酸メデトミジン 0.75 mg/kg, ミダゾラム 4.0 mg/kg, 酒石酸ブトルファノール 5.0 mg/kg の3種類の薬剤を混合してヌードマウスの腹腔内に投与し、全身麻酔を施した。ヌードマウスの背部皮膚を希ヨードチンキと消毒用アルコールで清拭し、背部皮膚両側に眼科用剪刀で長さ約2 cmの切開を入れ、鈍的に剝離し背部皮下に長さ約2 cmのポケットを形成^{16,17)}した。作製した歯髓由来細胞含有コラーゲンゲルで象牙質片を被包したものを切開部から約1 cm離して挿入し、筋膜上に静置 (Fig. 1) し実験群とした。細胞を含まないコラーゲンゲルで象牙質片を被包したものを、対照群とした。創部は、大きさ約1 $\times$ 2 cmの滅菌ガーゼに医療用接着剤 (アロンアルファ A「三共」, 東亜合成) を浸潤させて創面を被覆し、閉鎖創とした。

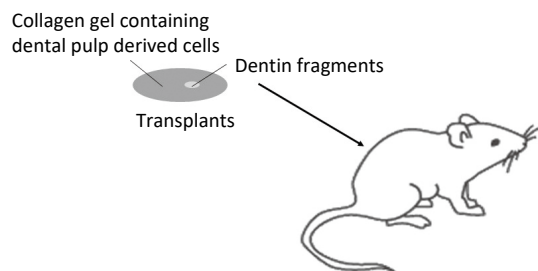


Fig. 1 Transplants were collagen gel containing 1.0×10^5 cells/mL of dental pulp derived cells and dentin fragments

The transplants were transplanted subcutaneously on the back of nude mice for 6 weeks.

4. 実験 2：ラットの意図的再植

実験動物として、Wistar 系ラット（雄性、230～260 g, 8 週齢, 日本エスエルシー）6 匹を使用した。塩酸メデトミジン 0.375 mg/kg, ミダゾラム 2.0 mg/kg, 酒石酸ブトルファノール 2.5 mg/kg の 3 種類の薬剤を混合してラットの腹腔内に投与し、全身麻酔を施し手術台に固定した。上顎第一臼歯を被験歯とし、希ヨードチンキで消毒した後スプーンエキスカベーターで脱臼し、根管充填用ピンセットで把持して抜去後、スケーラーで歯根膜組織を除去した。根管が最も太い近心根の根尖約 0.5 mm をダイヤモンドポイントで切断し、さらに深さ約 0.5 mm の逆根管充填用窩洞を形成した。窩洞内を乾燥後、MTA (ProRoot MTA, デンツプライシロナ) で逆根管充填を行った。生理食塩水で抜歯窩を洗浄し、滅菌済みペーパーポイントで乾燥した。ヌードマウスへの移植実験同様に 1.0×10^5 個/mL に調整した細胞含有コラーゲンゲルを抜歯窩に注入し、ただちに歯を再植した（実験群）。再植歯はボンドマーライトレス（トクヤマデンタル）で歯面処理し、エステコアブルー（トクヤマデンタル）で隣在歯である上顎第二臼歯と固定した。ラット歯髓由来細胞を含まないコラーゲンゲルのみを抜歯窩に注入、再植した群を対照群とした。

5. 組織学および免疫組織学的観察

1) 実験 1: 実験 6 週後に背部皮下組織に移植したヌードマウスを、三種混合麻酔薬（塩酸メデトミジン、ミダゾラム、酒石酸ブトルファノール）の過剰投与により安楽死させた。移植片と周囲組織を一塊として取り出し、4% パラホルムアルデヒド溶液に 48 時間浸漬固定した。10% EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid) 溶液で 10 日間脱灰した後、通法に従ってパラフィン包埋を行い、厚さ $5 \mu\text{m}$ の連続切片を作製し、ヘマトキシリン・エオシン (HE) 染色と免疫組織化学染色を行った。免疫組織化学染色は通法に従って脱パラフィン後、pH 8.0 に調整した 1 mM EDTA 溶液に 95°C 40 分間作用させ、抗

原賦活を行った。Tris-buffered Saline (TBS) 溶液で洗浄し、2.5% normal horse serum (s-2012-50, Vector, USA) で非特異的結合をブロックした。象牙芽細胞様細胞の分化の可能性を観察する目的で、象牙芽細胞分化マーカーである Nestin (マウス抗 Nestin 抗体, 1:1,000, Chemicon, USA) ならびに硬組織の石灰化誘導を観察する目的で DMP-1 (ラビット抗 DMP-1 抗体, 1:1,000, タカラバイオ) を、一次抗体としておのおの 4°C で 24 時間反応させた。TBS で洗浄後、Dako Envision FLEX Kit (K8024, Dako, USA) を用いて免疫組織化学染色を行った。すなわち、ブロッキング試薬（過酸化水素水）で室温 10 分間作用させて内在性ペルオキシダーゼの活性をブロックし、再度 TBS で洗浄後ポリマー試薬を 30 分間室温で作用させた。もう一度 TBS で洗浄後、3,3'-Diaminobenzidine (DAB) を室温で 3 分間作用させて発色させた。通法に従って、標本はアルコール系列で脱水後、透徹、封入した。

2) 実験 2: 意図的再植を行ったラットは術後 2 週間で三種混合麻酔薬の過剰投与により安楽死させ、被験歯を周囲組織ごと取り出した。4% パラホルムアルデヒド溶液に 48 時間浸漬固定し、10% EDTA 溶液で 30 日間脱灰した後、通法に従ってパラフィン包埋を行い、厚さ $5 \mu\text{m}$ の連続切片を作製し、HE 染色と AZAN 染色を行った。

結 果

1. 実験 1：ヌードマウス背部皮下への象牙質片の移植

象牙質片をラット歯髓由来細胞含有コラーゲンゲルで被包してヌードマウスの両側背部皮下組織に移植した実験のうち、標本作製中の失敗例を除いた 14 例を観察対象とした。実験群（8 例）では象牙質片と歯髓由来細胞含有コラーゲンゲルを取り囲むように線維性結合組織に被包されており、炎症性細胞浸潤は認められなかった。5 例で移植した象牙質片の象牙前質に沿って扁平な象牙芽細胞様細胞がみられ、そのうち 1 例で新生血管が観察された (Fig. 2-a)。免疫組織化学染色所見では象牙前質と象牙芽細胞様細胞で DMP-1 の発現がみられ (Fig. 2-b)、一部で Nestin の発現が観察された (Fig. 2-c)。対照群（6 例）では象牙質片とコラーゲンゲルは線維性結合組織に被包されており、一部コラーゲンゲルは吸収されていた (Fig. 2-d)。免疫組織化学染色所見では、ゲルに接する線維性組織に DMP-1 の発現がみられた (Fig. 2-e) が、Nestin の発現は観察されなかった (Fig. 2-f)。

2. 実験 2：ラットの意図的再植

歯髓由来細胞含有コラーゲンゲルを抜歯窩に注入し意図的再植を行った実験では、歯槽骨とセメント質の間に

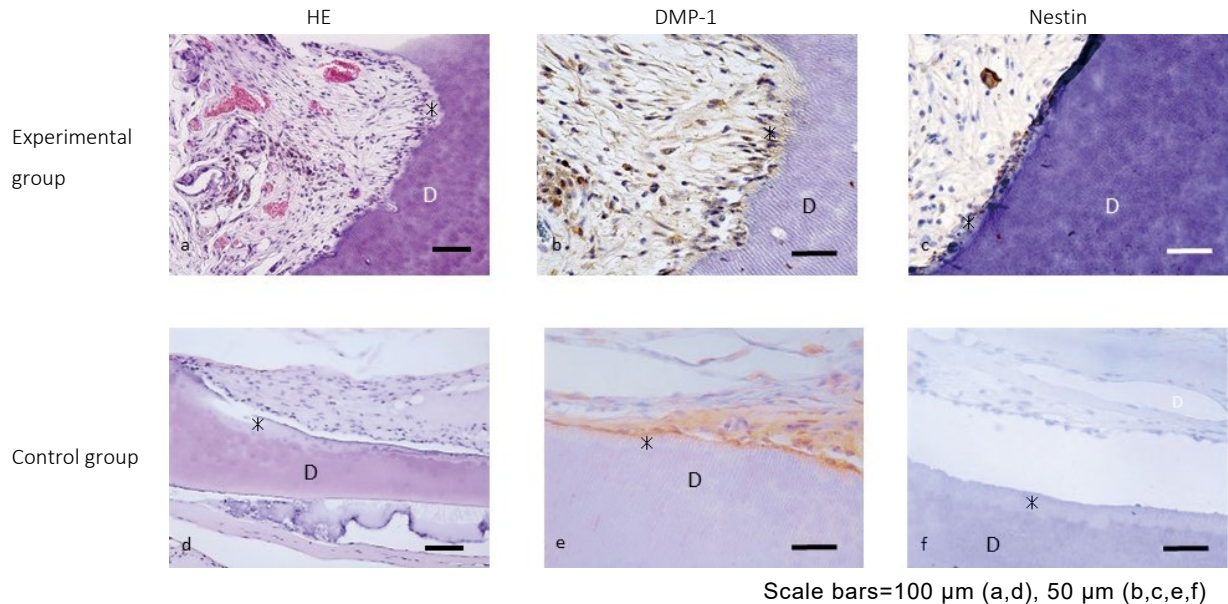


Fig. 2 Transplanted collagen gel containing dental pulp derived cells with dentin fragment (a) and collagen gel with dentin fragment transplants (d), 6 weeks post transplantation stained with hematoxylin and eosin

In transplants, DMP-1 expression was observed in the predentin (asterisks) and odontoblast-like cells (b) and collagen gel and dentin fragments, DMP-1 was observed in the fibrous connective tissue (e). Nestin expression was observed in some of the transplants (c) and was not observed in the gel and dentin fragment only (f). D : dentin fragments, asterisks : predentin

幅の広い歯根膜様組織が観察された (Fig. 3-a). また歯頸部付近で歯根膜様組織からセメント質に埋入するシャープ線維様のコラーゲン線維の不規則な走行が観察された (Fig. 3-b, c, e, f). 根尖部付近では骨様組織の形成が観察され、骨様組織を取り囲むような骨芽細胞の単層配列 (Fig. 3-d) がみられた。一方で、微細毛細血管の拡張や炎症性細胞浸潤が観察された部位ではセメント質や歯根の吸収がみられた (Fig. 4). 対照群では歯槽骨とセメント質の間に幅の広い歯根膜様組織は観察されず (Fig. 5-a), 歯頸部付近でセメント質に埋入するシャープ線維様のコラーゲン線維が観察された (Fig. 5-b, d). 歯根の吸収はみられなかったが、歯根中央部から根尖周囲で骨様組織と線維性結合組織が混在して観察された (Fig. 5-c).

考 察

歯髄組織の主要な構成細胞は象牙芽細胞、歯髄固有の線維芽細胞、未分化な間葉系幹細胞、および免疫担当細胞であり²⁾、細胞稠密層から歯髄中央部にかけて間葉系幹細胞が存在し、象牙芽細胞や線維芽細胞などに分化することができ、歯髄由来の結合線維細胞の供給源となっている¹⁸⁾。歯髄組織の血管周囲に DPSCs が存在することを Gronthos らが 2000 年に報告¹⁷⁾し、2006 年には

Sonoyama らが幼若永久歯の根尖周囲に象牙芽細胞、骨芽細胞や神経細胞などに分化する幹細胞が存在することを報告している⁹⁾。DMP-1 は細胞基質中の主要な非コラーゲン性タンパク質の一つであり、歯髄組織に存在する間葉系幹細胞が象牙芽細胞に分化する過程で発現し、幼若な象牙芽細胞で強い発現がみられるが、石灰化が開始されると発現が減少する^{19,20)}。生活歯髄切断後の硬組織形成の過程では歯髄切断直下で DMP-1 陽性マトリックスが認められ、経時的に増加²¹⁾し、非切削歯にレーザー照射すると原生象牙質と新生硬組織との境界部に DMP-1 タンパク質の局在が観察される²²⁾と報告されている。Nestin は象牙芽細胞分化マーカーであり、象牙前質と未分化な象牙芽細胞に発現、分化するに従って発現が上昇²³⁾し、直接覆髄ではデンチンブリッジ直下の象牙芽細胞様細胞に発現する²⁴⁾と報告されている。本研究は、歯髄由来細胞が象牙芽細胞や歯根膜細胞などへ分化する可能性を検索することを目的として行った。

実験 1 で、コラーゲングルのみで象牙質片を被包し移植した対照群では線維性組織に被包されていたのに対し、ラット切歯から得られた歯髄由来細胞を含有したコラーゲングルで被包した象牙質片をヌードマウスの背部皮下組織に移植すると、象牙芽細胞様細胞が移植象牙質片の表層に沿ってみられ、DMP-1 の発現と一部で Nestin の発現が観察された。これは多くの未分化細胞が含

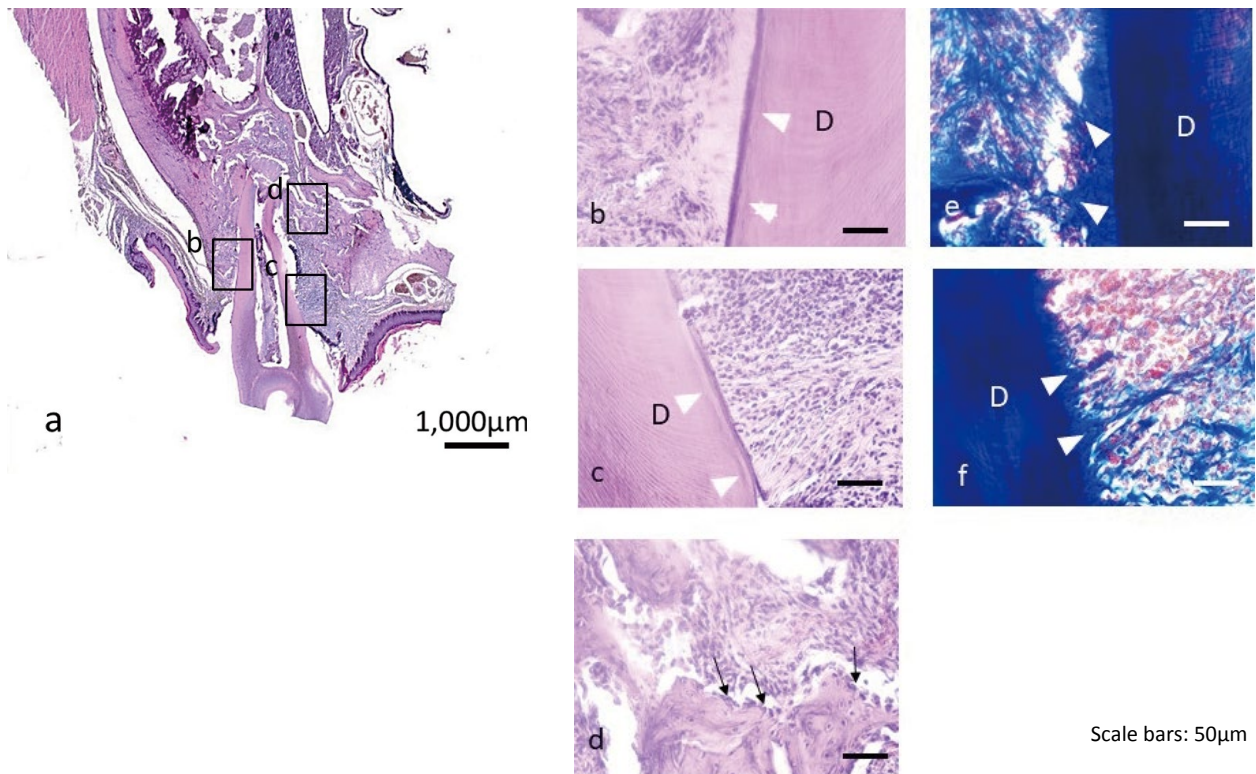


Fig. 3 Hematoxylin and eosin (a-d,) and AZAN (e, f) staining in the experimental group

In an intentional replantation model, collagen gel containing dental pulp derived cells was transplanted into the tooth socket of a rat maxillary first molar for 2-weeks (a-f). In the cervical teeth, Sharpey's fiber-like collagen fibers embedded in the cementum from the periodontal ligament-like tissue (b, c, e, f ; white arrowheads) and osteoblasts covering the new alveolar bone-like tissue surface (d ; black arrow) were observed. D : dentin

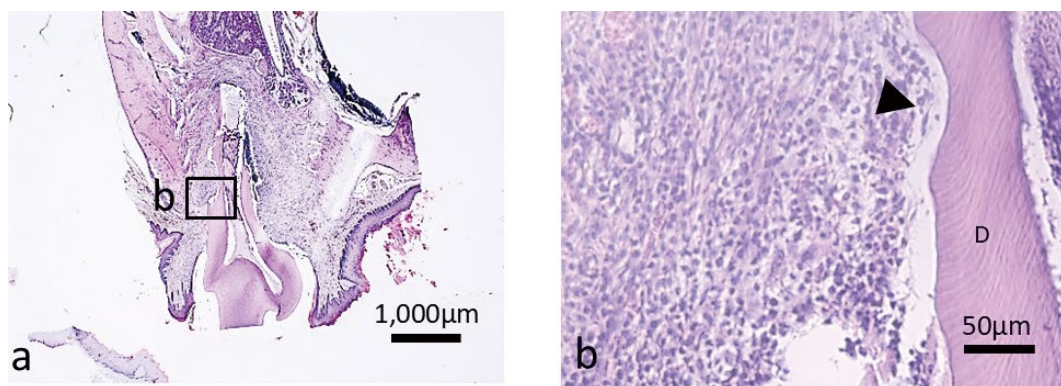


Fig. 4 Experimental group with inflammatory cells infiltration and root resorption

In an intentional replantation model, collagen gel containing dental pulp derived cells was transplanted into the tooth socket of a rat maxillary first molar for 2 weeks (a, b). Inflammatory cell infiltration and root resorption were observed (b ; black arrowhead). Stained with Hematoxylin and eosin. D : dentin

まれるラットの根尖 1/3 の歯髓組織から得た細胞を用いたため、移植した歯髓由来細胞がコラーゲンゲルと象牙質片を足場として象牙芽細胞様細胞に分化誘導されたた

めであると考えられ、DPSCs をヌードマウスの背部皮下に移植すると象牙質が形成されるという報告^{17,25-27)}と一致する。一方、Nestin の発現は一部で観察またはほとん

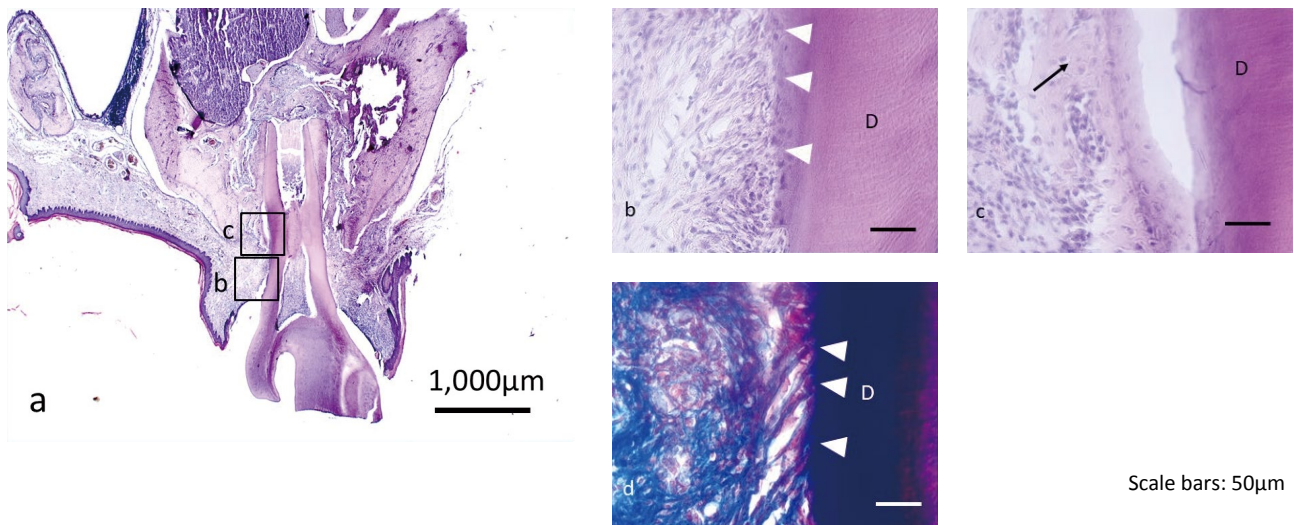


Fig. 5 Hematoxylin and eosin (a-c) and AZAN (d) staining in the control group

Only collagen gel was transplanted into the tooth socket of a rat maxillary first molar for 2 weeks (a-d). Sharpey's fiber-like collagen fiber embedded in the cementum from periodontal ligament-like tissue (b, d; white arrowheads) were observed. New alveolar bone-like tissue (c; black arrow) was observed. D: dentin

ど観察されなかった。これは、移植した歯髄由来細胞から象牙芽細胞様細胞に分化したが幼若な状態で石灰化が進まず象牙芽細胞様細胞の高度な分化が行われなかった可能性が示唆され、今後長期的に観察する必要がある。

実験2では、歯根膜再生の可能性を組織学的に検索することを目的としてラット上顎第一臼歯の意図的再植時に歯根膜組織を除去し逆根管充填を施した後、拔牙窩に歯髄由来細胞含有コラーゲンゲルを移植した。通常、再植すると再植直後から1日後で歯根膜周囲に出血、続いて血餅がみられる。血餅の主成分であるフィブリンは、炎症性細胞、歯根膜内の幹細胞および線維芽細胞の遊走のための足場として働く。3~5日経つと、付着した歯根膜内では未分化な幹細胞が増殖し、歯槽骨に向かって遊走し、3週間経つと新生骨および新生セメント質の厚みが増加し、血管も元のように修復される²⁸⁾。本研究では、宿主の影響を最小限にして移植したラット歯髄由来細胞の働きを観察するため、上顎第一臼歯を拔牙後、生理食塩水で拔牙窩を洗浄し滅菌ペーパーポイントで乾燥した後、近心根の歯根膜組織はメスで除去し、コラーゲンゲルとともに歯髄由来細胞を拔牙窩に注入し再植した。コラーゲンゲルのみを注入し再植した対照群では、歯頸側1/3はシャープピー線維様コラーゲン線維が認められたが、それ以外は歯根に接して骨様組織と線維性結合組織が混在して観察された。歯髄由来細胞を注入した実験群では歯槽骨とセメント質の間に幅の広い歯根膜様組織が観察され、歯頸部付近では歯根膜様組織からセメント質に埋入するシャープピー線維様コラーゲン線維が、根尖部付近では骨様組織の形成と取り囲むような骨芽細胞がみ

られた。佐藤の報告²⁹⁾では、ラットの上顎切歯に対し意図的再植を行うと術後3~5日で歯根膜断裂帯に肉芽組織の増生が顕著にみられ、術後2週で骨様組織が断裂帯に沿って歯根を取り囲むように互いに融合する。Andreasenの報告³⁰⁾では、移植後1週で歯根表面の吸収および炎症性吸収がみられはじめ2週で顕著になる。一方、意図的再植時、拔牙窩に細胞移植すると再植歯周囲の歯根膜組織内に多く生着するという報告³¹⁾もあり、本研究も同様に注入した細胞の一部が生着し、術後2週経過しても歯根膜様組織が維持されていたと考えられる。またラットから得た歯髄由来細胞を拔牙窩にコラーゲンゲルとともに注入したことにより、歯頸部付近ではコラーゲンゲルを足場としてだけでなく歯肉結合組織との相互作用によりシャープピー線維様コラーゲンゲルの線維が観察されたと考えられる。佐藤²⁹⁾は再植後歯根膜に形成された骨様組織にみられる多数の骨芽細胞は隣接する歯槽骨由来の骨形成能を有する幹細胞であると報告しており、本研究においても根尖部付近で骨様組織の形成と骨芽細胞がみられたのは歯槽骨由来の幹細胞と、意図的再植時に注入した歯髄由来細胞との相互作用によるものと考えられる。一方、炎症性細胞浸潤がみられた部位では歯根の吸収が確認でき、これは意図的再植時に注入した歯髄由来細胞がなんらかの原因で壊死・損傷し、接している歯根象牙質やセメント質に破歯細胞が付着し吸収されたと推測され、今後長期的な観察が必要であると考えられる。

結 論

歯髄由来細胞含有コラーゲンを被包させた象牙質片をヌードマウスの背部皮下組織に移植すると未分化細胞の一部が象牙芽細胞様細胞へ誘導され、意図的再植を行うと歯根膜様組織および骨様組織に分化する可能性が示唆された。これらのことから、歯髄由来細胞は環境の違いによって象牙芽細胞や歯根膜細胞へ分化する可能性が示された。

本研究はJSPS 科研費 16K20467 の助成を受けて行ったものである。

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ない。

文 献

- 1) 日本外傷歯学会. 歯の外傷治療のガイドライン. www.ja-dt.org/file/guideline.pdf (2023 年 11 月 9 日アクセス)
- 2) 横瀬敏志, 門倉弘志, 田島直人, 片山 直, 小野沢裕彦, 高橋慶壮, 村上幸生, 宮田 隆. 新たなクリニカルリサーチの展開を目指して 歯髄組織への挑戦. 日顎咬合会誌 咬み合わせの科学 2000 ; 21 : 232-236.
- 3) 細矢哲康, 森戸亮行, 山本 淳. 歯髄の再生療法における現状と展望—リバスクラリゼーションと tissue engineering を再考する—. 日歯保存誌 2019 ; 62 : 177-189.
- 4) Nakashima M. Establishment of primary cultures of pulp cells from bovine permanent incisors. Arch Oral Biol 1991; 36: 655-663.
- 5) 横瀬敏志, 大河内瑠夏, 和田隆史, 高橋一人, 金子友紀, 松浦芳久, 安達 仁, 天野義和. ラット切歯歯髄から分離した培養歯髄細胞に形成された石灰化結節の解析. 日歯保存誌 2007 ; 50 : 776-784.
- 6) Yokose S, Kadokura H, Tajima Y, Fujieda K, Katayama I, Matsuoka T, Katayama T. Establishment and characterization of a culture system for enzymatically released rat dental pulp cells. Calcif Tissue Int 2000; 66: 139-144.
- 7) Louvrier A, Euvrard E, Nicod L, Rolin G, Gindraux F, Pazart L, Houdayer C, Risold PY, Meyer F, Meyer C. Odontoblastic differentiation of dental pulp stem cells from healthy and carious teeth on an original PCL-based 3D scaffold. Int Endod J 2018; 51 Suppl 4: e252-e263.
- 8) Hilkens P, Gervois P, Fanton Y, Vanormelingen J, Martens W, Struys T, Politis C, Lambrichts I, Bronckaers A. Effect of isolation methodology on stem cell properties and multilineage differentiation potential of human dental pulp stem cells. Cell Tissue Res 2013; 353: 65-78.
- 9) Sonoyama W, Liu Y, Fang D, Yamaza T, Seo BM, Zhang C, Liu H, Gronthos S, Wang CY, Shi S, Wang S. Mesenchymal stem cell-mediated functional tooth regeneration in swine. PLoS One 2006; 1: e79.
- 10) Almedia LDF, Babo PS, Silva CR, Rodrigues MT, Hebling J, Reis RL, Gomes ME. Hyaluronic acid hydrogels incorporating platelet lysate enhance human pulp cell proliferation and differentiation. J Mater Sci Mater Med 2018; 29: 88.
- 11) 小泉 誠. マウス・ラットの麻酔法. Drug Delivery System 2022 ; 37 : 174-178.
- 12) 国立国際医療研究センター研究所 動物実験施設. 三種混合麻酔薬と拮抗薬. <https://www.ri.ncgm.go.jp/departement/lab/200/pdf/mouse> (2023 年 8 月 7 日アクセス)
- 13) 春日井昇平, 佐藤温重, 小椋秀亮. ラット切歯歯髄細胞の培養条件に関する研究. 歯基礎誌 1985 ; 27 : 146-151.
- 14) 五十嵐 勝, 北島佳代子, 横須賀孝史, 新井恭子, 川崎孝一. 歯根膜由来上皮細胞と線維芽細胞の三次元培養組織の組織学的観察. 再生歯誌 2004 ; 2 : 108-115.
- 15) Yamada R, Kitajima K, Arai K, Igarashi M. Cytokeratin expression of engrafted three-dimensional culture tissues using epithelial cells derived from porcine periodontal ligaments. J Oral Pathol Med 2014; 43: 637-645.
- 16) Kuznetsov SA, Krebsbach PH, Satomura K, Kerr J, Riminucci M, Benayahu D, Robey PG. Single-colony derived strains of human marrow stromal fibroblasts form bone after transplantation in vivo. J Bone Miner Res 1997; 12: 1335-1347.
- 17) Gronthos S, Mankani M, Brahimi J, Robey PG, Shi S. Post-natal human dental pulp stem cells (DPSCs) in vitro and in vivo. Proc Natl Acad Sci USA 2000; 97: 13625-13630.
- 18) 下野正基. 決定版 治療の病理 臨床の疑問に基礎が答える. 1 版. 医歯薬出版 : 東京 ; 2022. 235-263.
- 19) Xie X, Ma S, Li C, Liu P, Wang H, Chen L, Qin C. Expression of small integrin-binding ligand n-linked glycoproteins (SIBLINGs) in the reparative dentin of rat molars. Dent Traumatol 2014; 30: 285-295.
- 20) D'souza RN, Cavender A, Sunavala G, Alvarez J, Ohshima T, Kulkarni AB, Macdougall M. Gene expression patterns of murine dentin matrix protein 1 (Dmp1) and dentin sialophosphoprotein (DSPP) suggest distinct developmental functions in vivo. J Bone Miner Res 1997; 12: 2040-2049.
- 21) 荒井清司. 生活歯髄切断法における新規貼薬材料の検討—炭酸カルシウムの可能性について—. 小児歯誌 2011 ; 49 : 231-242.
- 22) 興地隆史, 重谷佳見, 吉羽邦彦, 大島勇人. GaAIs 半導体レーザーの象牙質・歯髄複合体に対する硬組織形成促進作用. 日レ医誌 2022 ; 43 : 113-119.
- 23) Quispe-Salcedo A, Ida-Yonemochi H, Nakatomi M,

- Ohshima H. Expression patterns of nestin and dentin sialoprotein during dentinogenesis in mice. *Biomed Res* 2012; 33: 119-132.
- 24) 藤野翔香, 濱野さゆり, 糸山知宏, 前田英史. 象牙芽細胞分化におけるドーパミンの発現. *日歯内療誌* 2020; 41: 31-34.
- 25) Kumabe S, Nakatsuka M, Kim GS, Jue SS, Aikawa F, Shin JW, Iwai Y. Human dental pulp cell culture and cell transplantation with an alginate scaffold. *Okajimas Folia Anat Jpn* 2006; 82: 147-156.
- 26) Cordeiro MM, Dong Z, Kaneko T, Zhang Z, Miyazawa M, Shi S, Smith AJ, Nör J. Dental pulp tissue engineering with stem cells from exfoliated deciduous teeth. *J Endod* 2008; 34: 962-969.
- 27) Hu L, Gao Z, Xu J, Zhu Z, Fan Z, Zhang C, Wang J, Wang S. Decellularized swine dental pulp as a Bioscaffold for pulp regeneration. *Biomed Res Int* 2017; 2017: 93442714.
- 28) 下野正基. 決定版 治癒の病理 臨床の疑問に基礎が答える. 1 版. 医歯薬出版: 東京; 2022. 422-423.
- 29) 佐藤泰生. ラット切歯再植時における歯根膜組織の修復過程に関する病理学的研究. *歯基礎誌* 1995, 37: 289-305.
- 30) Andreasen JO. A time-related study of periodontal healing and root resorption activity after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Swed Dent J* 1980; 4: 101-110.
- 31) 吉田晋一郎, 和田尚久, 長谷川大学, 御手洗裕美, 有馬麻衣, 友清 淳, 濱野さゆり, 杉井英樹, 前田英史. 骨組織上に播種した歯髄幹細胞は歯根膜関連遺伝子を発現する—接触する基質の硬さが細胞分化に及ぼす影響—. *日歯保存誌* 2018; 61: 343-353.

Differentiation of Rat Dental Pulp Derived Cells around Hard Tissue Encapsulated in Collagen Gel Containing Cells Derived from Dental Pulp Tissue

YAMADA Rie¹, MINATAO Hanae¹, SHIMIZU Kota²,
YARITA Masafumi¹, ARAI Kyoko¹, SATOH Tomonori^{1,3},
IGARASHI Masaru⁴, KITAJIMA Kayoko¹ and MOROZUMI Toshiya¹

¹Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

²Comprehensive Dental Care, Niigata Hospital, The Nippon Dental University

³Division of General Dentistry 1 (Endodontics), The Nippon Dental University Hospital

⁴The Nippon Dental University

Abstract

Purpose: Mesenchymal stem cells contained in dental pulp tissue are known to have multipotency. The purpose of this study was to investigate the potential of dental pulp derived cells to differentiate into odontoblasts and periodontal ligament cells.

Method: The incisors were extracted from 5-week-old male Wistar rats under general anesthesia, and the apical pulp tissue was collected. Primary culture was performed using Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) culture medium supplemented with 10% fetal bovine serum (FBS). The periodontal ligament tissue of the extracted tooth was removed, and dentin pieces approximately 2×2 mm in size were prepared and stored in phosphate buffer saline (PBS) with penicillin/streptomycin at 4°C until the next experiment. After preparing a collagen gel containing dental pulp derived cells, a piece of dentin was inserted inside the gel to prepare an encapsulated body. Experiment 1: The capsules were transplanted into the dorsal surface of 6-week-old nude mice. The transplants were recovered 6 weeks later and fixed with 4% paraformaldehyde. Experiment 2: The maxillary first molars were extracted from 8-week-old male Wistar rats under general anesthesia, and the periodontal ligament tissue was removed. Root end filling was performed on the mesial root, and dental pulp derived cells were transplanted in the tooth socket of a rat.

Results: When collagen gel containing dental pulp derived cells was transplanted into the dorsal subcutaneous tissue of nude mice, odontoblast-like cells were observed, and the expression of DMP-1 and Nestin was observed. When collagen gel containing dental pulp derived cells was intentionally transplanted in rats, Sharpey's fiber-like collagen fibers and new bone-like tissue were also observed.

Conclusion: It is suggested that dental pulp derived cells have the potential to differentiate into dentin or periodontal tissue depending on the environment.

Key words: dental pulp cells, transplantation, differentiation, odontoblast-like cells, periodontal ligament

CLSPN 遺伝子変異 rs115197921 の侵襲性歯周炎との関連性と 歯根膜細胞における機能解析

藤 原 千 春¹ 北 垣 次郎太^{1,2} 松 本 昌 大¹
榎 本 梨 沙¹ 島 袋 善 夫^{1,3} 村 上 伸 也^{1,4}

¹大阪大学大学院歯学研究科 口腔治療学講座

²社会医療法人愛仁会 愛仁会リハビリテーション病院

³しまぶくろ歯科医院

⁴関西女子短期大学歯科衛生学科

抄録

目的：ゲノムワイドアプローチを用いた遺伝子多型解析の結果，侵襲性歯周炎疾患関連候補遺伝子として同定された *Claspin* (*CLSPN*) の一塩基多型 (SNP) rs115197921 の侵襲性歯周炎との関連性を明らかにすること，ならびに，*CLSPN* が歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化に及ぼす影響を検討することを目的として研究を行った。

材料と方法：侵襲性歯周炎患者 44 名と日本人健常者データベース (*HGVD*) に登録された 1,209 名を対象に，*CLSPN* 遺伝子の SNP rs115197921 の遺伝子型の保有率を検討した。また，侵襲性歯周炎における *CLSPN* 遺伝子型と臨床的特徴との関連性を検討した。さらに，ヒト歯根膜細胞 (HPDL) における *CLSPN* タンパクの発現を，ウェスタンブロット法にて検討した。HPDL を石灰化誘導培地を用いて分化誘導した際の *CLSPN* 遺伝子の発現変化を real-time PCR 法にて検討した。加えて，siRNA 法を用いて *CLSPN* 遺伝子をノックダウンした HPDL を硬組織形成細胞へと分化誘導し，石灰化関連遺伝子の発現ならびにアルカリホスファターゼ (ALP) 活性を測定した。

成績：侵襲性歯周炎患者における *CLSPN* SNP rs115197921 のヘテロ型 (C/T) 保有者は，健常者に比べて有意に高い割合であった。さらに，*CLSPN* SNP rs115197921 保有者は，重度歯周炎に関連する臨床的特徴を示した。また，HPDL は *CLSPN* を恒常的に発現しており，*CLSPN* 遺伝子の発現は HPDL の分化に伴い上昇することが明らかとなった。加えて，*CLSPN* 遺伝子をノックダウンした HPDL では，アルカリホスファターゼの遺伝子発現および活性が有意に抑制されることが明らかとなった。

結論：*CLSPN* SNP rs115197921 は侵襲性歯周炎のリスクと関連しており，同変異は疾患の重症度と関連していることが示唆された。また，*CLSPN* は HPDL の硬組織形成細胞への分化に影響を与えることから，歯周組織の恒常性維持や再生に重要な役割を担うことが明らかとなった。これらの結果は，侵襲性歯周炎の診断と治療における新たなバイオマーカーとしての *CLSPN* の可能性を示唆している。

キーワード：*Claspin*，侵襲性歯周炎，歯根膜細胞

緒 言

侵襲性歯周炎 (AgP: Aggressive Periodontitis) は、新しい歯周炎分類ではステージⅢまたはⅣ、グレード C に分類され、歯周組織の急速な破壊 (歯槽骨の吸収とアタッチメントの喪失) と家族内集積を特徴とする歯周炎である^{1,2)}。一般に発症年齢は早く (10 歳代から 30 歳代)、口腔内の細菌性プラークは少ない。家族内集積という特徴は、同疾患の病因に遺伝的因子が強く関与していることを示唆している。

このような背景から、日本人における AgP 患者の遺伝子多型解析がこれまでに実施されてきた。一例として、Kobayashi らは、AgP 患者 172 名と健常者 303 名において、骨や炎症との関連が報告された 35 個の一塩基多型 (SNPs: Single-nucleotide Polymorphisms) の出現頻度 (MAF: Minor Allele Frequency) を比較検討した³⁾。しかしながら、いずれの SNP においても疾患群と対照群の間で MAF に有意差を認めず、疾患関連遺伝子を同定するにはいたらなかった。この理由として、機能が既知である遺伝子群の SNP に焦点を絞った「単一遺伝子解析法」を用いたため、ゲノム上において歯周炎との関連性が未知の領域を解析できなかったことが挙げられる。

AgP は多因子性疾患であるため、その疾患関連遺伝子の探索には、単一遺伝子解析ではなく、網羅的なゲノム解析が必要である。そこでわれわれはこれまでの研究において、ゲノムワイドアプローチ (GWAS: Genome-wide Association Study) を用いて日本人 AgP の疾患関連遺伝子の探索を実施した^{4,5)}。その結果、AgP 疾患群において健常日本人と比較して、SNP の発現頻度に統計学的有意差を認める 11 個の遺伝子を AgP の疾患関連候補遺伝子として同定するにいたった⁵⁾。興味深いことに、同定された AgP の疾患関連候補遺伝子のなかには、歯周組織において発現や機能が全く未知の遺伝子 *Claspin* (*CLSPN*) の SNP rs115197921 が含まれていた。

CLSPN の SNP rs115197921 は、1 番染色体上に位置し、990 番目の塩基がシトシン (C) からチミン (T) に置換することで、298 番目のアミノ酸がアルギニンからグルタミンに置換し、ミスセンス変異を生じる SNP である。*Claspin* は DNA 損傷やストレスに対する DNA 複製に関与するチェックポイントを制御するタンパク質で、複製ストレスや DNA 損傷にตอบสนองして細胞周期を停止させるチェックポイントキナーゼ (Chk1) を制御する働きをもつ⁶⁻⁸⁾。*CLSPN* は、がん組織において高い発現を認めるが、正常組織ではほとんど認められないことが報告されている⁹⁾。また *in vivo* において、*CLSPN* 遺伝子のヘテロ接合体のマウスでは、老化によりリンパ球の過形

成を引き起こし、非アルコール性脂肪性肝疾患に罹患しやすいことが報告されている¹⁰⁾。

われわれはこれまでに、GWAS 解析の結果同定された 11 個の AgP 疾患関連候補遺伝子に含まれる *Sphingomyelin Phosphodiesterase 3* (*SMPD3*)、*Paraoxonase-1* (*PON-1*) ならびに *Lipase A, Lysosomal Acid Type* (*LIPA*) 遺伝子の SNP の機能解析を行い、これら遺伝子の機能変調が歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化に影響を及ぼすことで、侵襲性歯周炎の発症や進行に関与することを明らかにしている^{5,11,12)}。これらの結果から、AgP 疾患関連候補遺伝子として同定された *CLSPN* も、*SMPD3*、*PON-1* ならびに *LIPA* 遺伝子と同様に歯根膜細胞の分化制御機構に関与することが推測されるが、この点について検討した研究はこれまでに実施されていない。そこで、*CLSPN* 遺伝子が歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化能に及ぼす影響を検討し、AgP の病態形成にどのように関与するのかを明らかにすることを目的として本研究を行った。

材料および方法

1. 侵襲性歯周炎の診断と臨床検査

大阪大学歯学部附属病院口腔治療・歯周科を受診し、以下に記す基準に基づき、複数の専門医により侵襲性歯周炎と診断された日本人患者のなかから、本研究への自主的な参加についてインフォームド Consent が得られた 44 名 (広汎型 41 名、限局型 3 名) を被験者とした⁴⁾。

侵襲性歯周炎の診断は、歯周治療の指針 2015 (日本歯周病学会) の定義に準じて行った¹³⁾。すなわち、初診時年齢が永久歯列完成後から 35 歳未満であり、歯周病が原因と考えられる垂直性骨破壊を 2 歯以上認める場合に (第二大臼歯部の遠心は除く)、侵襲性歯周炎と診断した。また、得られた臨床検査結果を基に、歯周組織の炎症面積 (PISA: Periodontal Inflamed Surface Area) を算出した¹⁴⁾。さらに、Schei のルーラーおよびデンタルエックス線画像を用いて、歯槽骨吸収率の計測を実施した¹⁵⁾。

2. サンガーシークエンス

本研究の参加に同意を得た侵襲性歯周炎患者 44 名より約 7 mL の末梢血を採取し、同末梢血より DNA blood tissue kit (QIAGEN, Germany) を用いてゲノム DNA を抽出した (大阪大学ヒトゲノム研究承認番号 629)。ゲノム DNA に対して、PrimeSTAR Max DNA polymerase (タカラバイオ) と *CLSPN* プライマー Forward (F) 5'-AGGAAGTGCAGGAAAAGCAA-3' Reverse (R) 5'-TACAAGCCCTCCAACCTGAC-3' (Thermo Fisher Scientific, USA) を用いて、PCR Thermal Cycler Dice

(タカラバイオ)にてPCR反応を行った。得られたPCR産物を1.5%アガロースゲル(ニッポンジーン)にMupid-2plus(タカラバイオ)を用いて電気泳動し、PCR産物の確認を行った後、サンガーシークエンス解析に供した(Macrogen Japan)。

3. 健常者におけるCLSPNの各遺伝子型の保有状況の検討

侵襲性歯周炎患者の対照群として、全身的に健常な日本人集団の遺伝子リファレンスライブラリーデータベース Human Genetic Variation Database (HGVD) の遺伝子データを利用した¹⁶⁾。

4. 細胞培養

初代培養ヒト歯根膜細胞(以下、HPDL, clone 1: ScienCell Research Laboratories, USA, clone 2: Lonza, USA)を実験に供した。HPDLの継代培養には10%ウシ胎仔血清(以下、FBS, Thermo Fisher Scientific), 60 µg/mL カナマイシン(富士フイルム和光純薬)を加えたα変法イーグル最小必須培地(以下、αMEM, 富士フイルム和光純薬)を用いた。HPDLの硬組織形成細胞への分化誘導には、石灰化誘導培地【10% FBS, 5 mM β-グリセロリン酸(以下、β-GP, 富士フイルム和光純薬), 50 µg/mL アスコルビン酸(富士フイルム和光純薬)を加えたαMEM】を用い、2または3日ごとに培地交換することにより行った。

5. 全RNAの抽出および相補鎖DNA(以下、cDNA)の作製

培養細胞からの全RNA抽出には、核酸抽出キット Maxwell RSC simplyRNA Cells/Tissue Kit (Promega, USA)を用いた。抽出した沈殿をジエチルピロカルボン酸処理水(以下、DEPC, ニッポンジーン)に溶解し、全RNAを抽出した。得られた全RNAを鋳型として、High Capacity RNA-to-cDNA Kit (Applied Biosystems, USA)を用いて逆転写反応を行って、cDNAを作製した。

6. Real-time PCR法による遺伝子発現解析

Real-time PCR法による解析は、cDNAを鋳型として、各遺伝子特異的なプライマー(タカラバイオ)を用いた。PCR反応はFast SYBR Green PCR Master Mix (Applied Biosystems)を用いて、StepOnePlus Real-time PCR System (Applied Biosystems)にて行った。各遺伝子の発現量は、ハウスキーピング遺伝子の一つである *Hypoxanthine Phosphoribosyltransferase* (HPRT)を内在性コントロール遺伝子として、同遺伝子の発現量に対する相対量として算出した。使用プライマーの配列を次に示す。CLSPN: F 5'-AACCACGGCTAGGTGCTGATG-3', R 5'-CGCTGCTTCAAGGCTTCCA-3', Alkaline phosphatase (ALPL): F 5'-GGACCATTCACGTC

TCAC-3', R 5'-CCTTGTAGCCAGGCCCATTTG-3', HPRT: F 5'-GGCAGTATAATCCAAAGATGGTCAA-3', R 5'-GTCAAGGGCATATCCTACAACAAAC-3', Runt-related transcription factor 2 (RUNX2): F 5'-CACTGGCGCTGCAACAAGA-3', R 5'-CATTCCGGA GCTCAGCAGAATA-3', Bone gamma-carboxyglutamate protein (BGLAP): F 5'-CCCAGGCGCTACCTGTATCAA-3', R 5'-GGTCAGCCAACTCGTCACAGTC-3'.

7. ウエスタンブロット法

培養細胞を4°Cのダルベッコ-リン酸緩衝生理食塩水(以下、PBS, 富士フイルム和光純薬)で1回洗浄した後に、プロテアーゼインヒビターカクテル Complete Mini (Roche Diagnostics, USA), 1 mM オルトバナジン酸ナトリウム (SIGMA-Aldrich, USA), 10 mM フッ化ナトリウム(富士フイルム和光純薬), 10 mM β-GPを添加したRIPA Lysis Buffer (Millipore, USA)を加え、4°Cで20分間処理し、細胞画分を溶解した。回収した全細胞溶解液を遠心分離(12,000 rpm, 4°C, 20分)し、上清をタンパク質溶解画分に精製した。次に、得られたタンパク質溶解画分に10% 2-メルカプトエタノール(富士フイルム和光純薬)含有のLaemmli 4×サンプルバッファー(BioRad Laboratories, USA)を加え、サンプルを95°C, 5分間加熱した。その後、サンプルを37°Cに戻し、Mini-PROTEAN Precast Gels (BioRad Laboratories)を用いたSDS-PAGEにて電気泳動を行った。泳動バッファーには、25 mM トリス (SIGMA-Aldrich)-塩酸(富士フイルム和光純薬)緩衝溶液(以下、Tris-HCl, pH 8.3), 192 mM グリシンを用いた。泳動終了後、Trans-Blot Turbo Transfer Pack 0.2 µM PVDF (BioRad Laboratories)にTrans-Blot Turbo Transfer System (BioRad Laboratories)を用いて転写した。メンブレンのブロッキングには、5%スキムミルク(雪印メグミルク), 0.05% TritonX-100(富士フイルム和光純薬)を含むトリス緩衝生理食塩水【以下、TBS, 50 mM Tris-HCl (pH 7.5), 150 mM 塩化ナトリウム(富士フイルム和光純薬)】を用い、室温、30分の条件で行った。一次抗体には、マウス抗-ヒトClaspin抗体(Santa Cruz Biotechnology, USA), マウス抗-ヒトβ-actin抗体(SIGMA-Aldrich)を用い、室温、2時間の条件で振盪させた。二次抗体にはHorseradish Peroxidase (HRP) 標識ヒツジ抗-マウスIgG抗体(GE Healthcare, UK)を用い、室温、45分の条件で振盪させた。メンブレンを0.05% TritonX-100含有TBSで洗浄後、基質としてSuperSignal West Dura Extended Duration Substrate (Thermo Fisher Scientific)を加えて発光シグナルを増幅させ、ImageQuant LAS4000 (GE Healthcare)を用いてバンドを検出した。

Table 1 Carriers of each genotype of *CLSPN* SNP rs115197921

	C/C	C/T	T/T	MAF (%)
Healthy subjects (control)	1,175	34	0	1.41
AgP patients (disease)	39	5	0	5.68

C/C: *CLSPN* wild type, C/T: *CLSPN* SNP hetero type, T/T: *CLSPN* SNP homo type

MAF: minor allele frequency, AgP: aggressive periodontitis

p value=0.0013 of the MAF between healthy subjects and AgP patients from a Chi-square test

8. *CLSPN* siRNA の導入

HPDL を 10% FBS 含有 aMEM を用いて培養し、24 時間後に *CLSPN* siRNA (Horizon Discovery, UK) あるいは ON-TARGETplus Non-targeting Control siRNA (Horizon Discovery) を、Lipofectamine 3000 (Life Technologies) を含む Opti-MEM (Life Technologies) を用いて導入した。

9. ALP 活性測定

HPDL を石灰化誘導培地にて培養後、継続的に細胞を粉砕回収し、ALP 活性の測定を行った。ALP 活性の測定は、Bessey らの方法に準じて行った¹⁷⁾。すなわち、細胞の培養上清を除去した後、細胞層を PBS にて 2 回洗浄し、0.01 M Tris-HCl (pH 7.4) を 500 μ L 加えた。Handy Sonic model UR-20P (トミー) を用いて 30 秒間超音波破碎した後に細胞破碎液を回収した後、4°C で 30 秒間超音波破碎し、遠心 (12,000 rpm, 4°C, 5 分) 後に得られた上清を測定に供した。上清 100 μ L 中に 50 μ L の 1 M Tris-HCl (pH 9.0), 10 μ L の 5 mM 塩化マグネシウム (富士フイルム和光純薬), 10 μ L の 50 mM パラ-ニトロフェニル-2-リン酸ナトリウム (以下、pNPP, 富士フイルム和光純薬) を添加した。さらに pNPP 添加後、室温にて 20 分間反応させ、25 μ L の 1 N 水酸化ナトリウム (富士フイルム和光純薬) 水溶液を添加することにより反応を停止させた。同溶液の波長 405 nm における吸光度を Thermo Scientific Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific) にて測定し、水解された pNPP 量を求めた。標準曲線の作成にはウシ腸管粘膜由来 ALP (SIGMA-Aldrich) を用い、室温にて毎分 1 μ mol の pNPP を加水分解する ALP 活性を 1 Unit (1 U) として、総 DNA 量 1 mg 当たりの Unit 値で示した。

10. 統計学的解析

in vitro 細胞培養実験のデータは 3 群以上の平均値 ± 標準偏差で示した。臨床データ解析における有意差検定には、カイ 2 乗検定または Mann-Whitney *U* 検定を用いた。また、*in vitro* 細胞培養実験における有意差検定は、2 群間の検定には Student's *t*-test を用い、3 群以上の検定には One-way ANOVA を用いた。有意水準は 0.05 とし、p 値がこれ未満の場合を統計的に有意と判定した。

結 果

1. 健常者と AgP 患者における *CLSPN* の各遺伝子型の保有者

AgP 患者と *CLSPN* SNP rs115197921 の関連をより詳細に検討するために、健常者と AgP 患者における *CLSPN* の各遺伝子型の保有者の割合を検討した。AgP 疾患群 44 名において、*CLSPN* 野生型 (C/C) 39 名、SNP rs115197921 のヘテロ型 (C/T) は 5 名、ホモ型 (T/T) は 0 名であり、疾患群における *CLSPN* SNP rs115197921 の MAF は 5.68% であった。対照群である健常日本人 1,209 名においては、*CLSPN* 野生型は 1,175 名、SNP rs115197921 のヘテロ型が 34 名、ホモ型が 0 名であり、対照群における *CLSPN* SNP rs115197921 の MAF は 1.41% であった (Table 1)。疾患群と対照群における *CLSPN* SNP rs115197921 の MAF を比較した結果、オッズ比は 4.22、95% 信頼区間は 1.61~11.08、p 値は 0.0013 で有意差を認めた。

2. *CLSPN* の遺伝子型別臨床データ

CLSPN の遺伝子型と AgP の病態との関連を検討するために、AgP 疾患群 44 名の *CLSPN* 野生型ならびに SNP rs115197921 ヘテロ型の臨床データを解析した (Table 2)。平均プロービングデプス (PPD) および PISA は、*CLSPN* 野生型保有者とヘテロ型保有者の間に有意差を認めなかった。興味深いことに、3 mm 以下の健全な歯周ポケットを有する部位の割合は、*CLSPN* 野生型保有者と比較して、ヘテロ型保有者では低い傾向を示した。一方、*CLSPN* ヘテロ型保有者は野生型保有者と比較して、有意差は認めなかったものの、7 mm 以上の深い PPD (ステージ III 以上に分類される) を有する部位の割合が高い傾向を示すことが明らかとなった。また、平均歯槽骨吸収率は、野生型保有者と比較して、ヘテロ型保有者では有意に高いことが明らかとなった。

3. HPDL における *CLSPN* タンパクの発現

HPDL における *CLSPN* の発現を検討するために、HPDL から総タンパクを抽出し、ウェスタンブロット法にて *CLSPN* のタンパク発現を解析した。ウェスタンブ

Table 2 Results of clinical examinations by *CLSPN* genotyping in patients with AgP

	C/C (n=39)	C/T (n=5)	p value
Age (years)	32.86±7.08	30.12±2.81	0.401
Sex	M: 15, F: 24	M: 0, F: 5	0.050
Mean of PPD (mm)	4.11±1.19	4.76±1.48	0.466
PPD≤3 mm (%)	52.39±24.56	32.38±22.77	0.112
3 mm<PPD<6 mm (%)	34.89±15.55	41.7±15.95	0.609
PPD≥7 mm (%)	12.72±14.77	25.95±123.52	0.297
Number of teeth	27.8±1.92	28.8±0.84	0.164
Mean of bone resorption rate (%)	35.62±14.91	51.91±12.29	0.018*
PISA (mm ²)	1,118.8±1,053.5	915.5±1,456.8	0.385

M: male, F: female

PPD: probing pocket depth, PISA: periodontal inflamed surface area

C/C: *CLSPN* wild type, C/T: *CLSPN* SNP hetero type

Results are indicated as mean±standard deviation (SD), *: p<0.05

The data were analyzed using Chi-square test for sex and Mann-Whitney *U* test for the others between C/C and C/T

ロット解析の結果, HPDL において *CLSPN* タンパクが恒常的に発現していることを確認した (Fig. 1). 加えて, clone 2 の HPDL は, clone 1 の HPDL と比較して *CLSPN* を高発現していた. そこで以降は, clone 2 の HPDL を用いて実験を実施した.

4. HPDL の硬組織形成細胞への分化過程における *CLSPN* mRNA 発現の変化

HPDL の硬組織形成細胞への分化と *CLSPN* 遺伝子の関連を検討するために, HPDL を石灰化誘導培地にて 24 日間培養し, HPDL の分化誘導過程における *CLSPN* mRNA 発現変化を real-time PCR 法にて解析した. また, 同細胞の硬組織形成細胞への分化が正常に行われていることを確認するため, 石灰化関連因子である *ALPL* の mRNA 発現を同様に検討した. Real-time PCR 解析の結果, HPDL の硬組織形成細胞への分化に伴い, 石灰化関連因子である *ALPL* mRNA 発現が上昇することを確認した (Fig. 2 上). 同様に, *CLSPN* mRNA 発現も HPDL が硬組織形成細胞へと分化するにつれて上昇することが明らかとなった (Fig. 2 下).

5. *CLSPN* 遺伝子をノックダウンした HPDL の作製

HPDL の硬組織形成細胞への分化過程における *CLSPN* 遺伝子の関与を検討するために, *CLSPN* 遺伝子を siRNA 法によりノックダウンした HPDL を作製した. Real-time PCR 法にて *CLSPN* 遺伝子発現を検討した結果, *CLSPN* siRNA を遺伝子導入した HPDL は, ネガティブコントロール siRNA (NC) を導入した HPDL と比較して, 70%以上の *CLSPN* 遺伝子発現の抑制を認めた (Fig. 3).

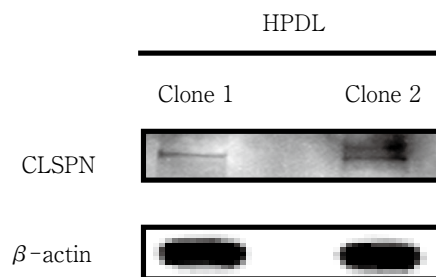


Fig. 1 *CLSPN* protein expression in human periodontal ligament cells (HPDL)

Total protein was extracted from two clones of HPDL (clone 1 and clone 2) collected from two different subjects, and protein expression of *CLSPN* (upper panel) and β -actin (lower panel) was analyzed by western blotting using anti-*CLSPN* antibody and anti- β -actin antibody. The representative images are shown. n=3

6. *CLSPN* ノックダウンが HPDL の硬組織形成細胞への分化に及ぼす影響

CLSPN ノックダウンが HPDL の硬組織形成細胞への分化に及ぼす影響を検討するために, *CLSPN* siRNA を導入した HPDL を硬組織形成細胞へと分化誘導させた際の *CLSPN*, *RUNX2*, *ALPL* および *BGLAP* 遺伝子発現の変化を real-time PCR 法にて検討した. 分化誘導 0, 3 日目ともに, *CLSPN* をノックダウンした HPDL では, *CLSPN* mRNA の発現抑制を確認した. 一方, *ALPL* 遺伝子の発現は, 分化誘導 0 日目は, コントロールと *CLSPN* をノックダウンした HPDL の間に有意な差を認めなかった. しかし, 分化誘導 3 日目において, コントロールと比して *CLSPN* をノックダウンした HPDL

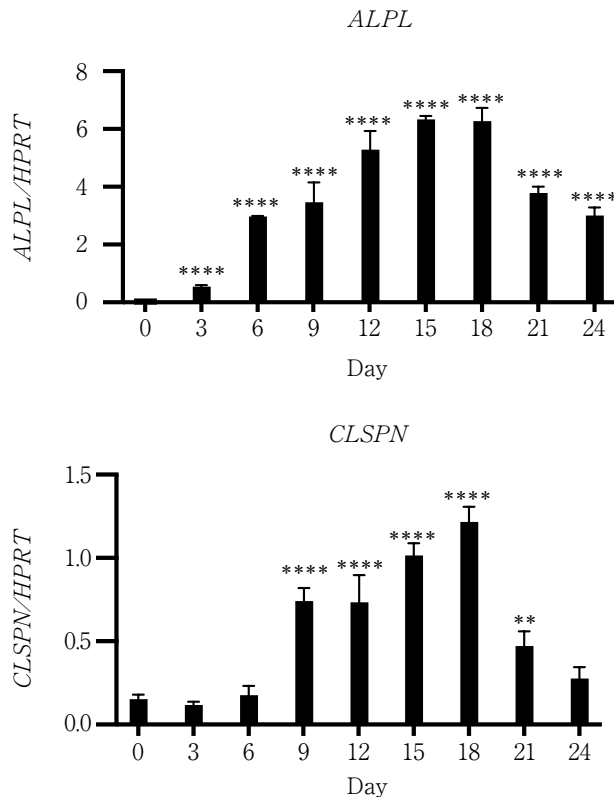


Fig. 2 *ALPL* and *CLSPN* mRNA expression during the cytodifferentiation of HPDL

HPDL was cultured in the calcification medium for 24 days, and the expression of *ALPL* (upper panel) and *CLSPN* (lower panel) gene was analyzed every 3 days by real-time PCR. The data were analyzed by one-way ANOVA. n=3, **: p<0.01, ****: p<0.0001 vs Day 0

では、*ALPL* mRNA 発現の有意な低下を認めた (Fig. 4A). *RUNX2* および *BGLAP* 遺伝子の発現は、分化誘導 0 日目と 3 日目のいずれにおいても、コントロールと *CLSPN* をノックダウンした HPDL の間で有意差を認めなかった (Fig. 4A). さらに、*CLSPN* をノックダウンした HPDL の分化誘導過程における ALP 活性を測定した。*ALPL* 遺伝子発現と同様に、分化誘導 0 日目は、コントロールと *CLSPN* をノックダウンした HPDL の間で ALP 活性に有意な差を認めなかったが、分化誘導 4 日目において、コントロール群と比較して *CLSPN* ノックダウンでは ALP 活性の有意な低下を認めた (Fig. 4B).

考 察

本研究は、われわれがこれまでに日本人 AgP との関連性を報告してきた疾患関連遺伝子の一つ *CLSPN* に焦点をあて、AgP との関連性ならびに歯根膜細胞における機能解析を行った。臨床データの解析結果より、*CLSPN*

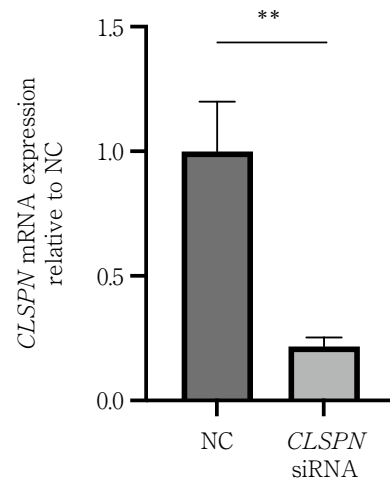


Fig. 3 The knockdown of *CLSPN* gene expression by siRNA

CLSPN gene in HPDL was knocked down by *CLSPN* siRNA. *CLSPN* gene expression was analyzed by real-time PCR. *CLSPN* mRNA expression in HPDL cells knocked down *CLSPN* was normalized to that in NC HPDL cells.

NC: negative control. The data were analyzed by Student's *t*-test. n=3, **: p<0.01 vs NC

SNP rs115197921 のヘテロ型保有者は、野生型保有者と比較して、3 mm 以下の健全な歯周ポケットを有する部位の割合が低く、7 mm 以上の深い歯周ポケット (ステージ III 以上に分類される) を有する部位の割合および平均歯槽骨吸収率が高くなる傾向を示すことが明らかとなった。さらに *in vitro* 解析の結果、*CLSPN* はタンパクレベルで恒常的に歯根膜細胞に発現しており、同細胞の硬組織形成細胞への分化に伴い *CLSPN* の mRNA 発現が上昇することが明らかとなった。そして、同遺伝子のノックダウンは、歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化過程において、*ALPL* 遺伝子の発現および ALP 活性を抑制させることが明らかとなった。一方、*RUNX2* および *BGLAP* 遺伝子の発現に関しては、*CLSPN* 遺伝子をノックダウンした HPDL と対照群の間で有意な差を認めなかった。

GWAS を用いて同定された *CLSPN* SNP rs115197921 は、AgP 疾患群において健常日本人と比較して、SNP の発現頻度に統計学的な有意差を認めた。この結果は、遺伝子型を優先した従来型の遺伝子多型解析では同定することができなかった疾患関連遺伝子を、GWAS を用いることで明らかにすることができたことを示す。本研究で対照群として用いた健常日本人の集団のゲノム情報は、HGVD のデータベースより引用した。データベースを構成する集団の歯周病の罹患状況については明らかにされていないため、対照群のなかに歯周病罹患者が一定数

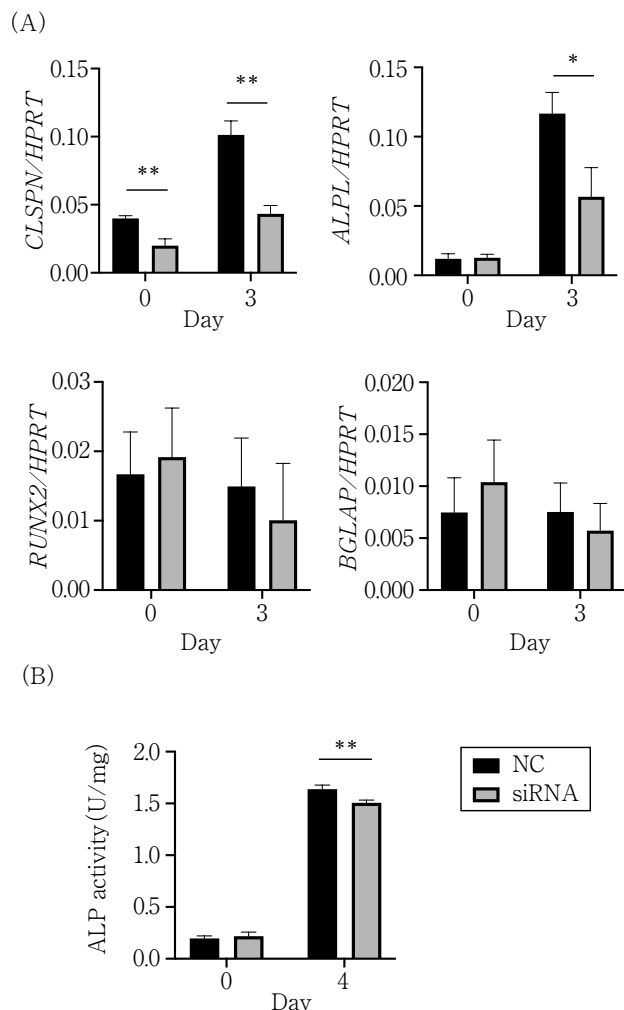


Fig. 4 Effects of *CLSPN* knockdown on the cytodifferentiation of HPDL

HPDL knocked down *CLSPN* gene by siRNA was cultured in the calcification medium.

(A) The gene expression of *CLSPN*, *RUNX2*, *ALPL*, and *BGLAP* was analyzed by real-time PCR on days 0 and 3 during the cytodifferentiation of HPDL.

(B) The ALP activity in HPDL was measured on days 0 and 4 of the cytodifferentiation.

NC: negative control, siRNA: *CLSPN* siRNA. The data were analyzed by Student's *t*-test. *n*=3, *: *p*<0.05, **: *p*<0.01 vs NC

存在している可能性があることを考慮して結果を解釈する必要がある。しかしながら、GWASを用いることで、これまでにいくつかのAgP疾患関連遺伝子が同定されていることから^{18,19)}、疾患の表現型から関連遺伝子を網羅的に探索するデータ駆動型の研究法であるGWASは、特定の遺伝子に着目した仮説に基づく従来の研究法と比

較して、より高い有用性と重要性があると考えられる。

AgPは、一定の地域で罹患率が高いことが報告されており、人種・民族的集積を認める²⁰⁾。疾患バリエーション探索ツールHaploRegを用いて*CLSPN* SNP rs115197921を探索すると、同バリエーションは、アフリカ人、アメリカ人、ヨーロッパ人ではほとんど保有を認めず（保有率0.00）、アジア人では保有者（保有率0.01）を認める。AgP疾患関連遺伝子を探索した先行研究では、ドイツ人、オランダ人、トルコ人を対象としてGWAS解析を実施している^{18,19)}。先行研究のAgP集団では*CLSPN*のSNP rs115197921保有者が検出されなかったことは、欧州において同SNPの保有者がほとんど存在しないことが原因として示唆される。遺伝子多型の分布は地域や人種によって大きく異なるため²¹⁾、特定の地域や人種に特有の遺伝子変異を見逃さないためにも、各人種を対象とした研究が必要である。特に、アジア人において*CLSPN*のSNP rs115197921が確認されたことは、この遺伝子変異がアジア人特有のものであり、アジア人のAgPの病態に関連している可能性を示唆している。したがって、今後の研究においては、アジア人を対象としたさらなる調査と、同SNPのさらなる機能解析を進めることが重要である。

*CLSPN*のSNP rs115197921は、RNAスプライシングの過程において重要な役割を担うSplicing Factor 1 (SF1)モチーフの構造を変化させることが予測される。これまでに、スプライシングの異常は、遺伝疾患やがんなどのさまざまな病気に関連することが報告されている²²⁾。そこで、バイオバンクジャパン (BBJ)に登録されているGWASデータを用いて、日本人の集団における*CLSPN* SNP rs115197921と関連のある疾患を検索した。その結果、同変異は、脳腫瘍 (0.93) および拡張型心筋症 (0.68) と強い相関を示した。本研究に参加した44名のAgP患者は、初診時において全身的に健康であり、これら疾患の症状や既往を認めなかった。一般的に、脳腫瘍のなかでも重症型のGlioblastomaの平均発症年齢は40歳以上²³⁾、拡張型心筋症の平均発症年齢は55.5歳とされている²⁴⁾。一方、AgPの発症年齢は10歳代から30歳代と比較的若年である²⁵⁾。本研究に参加したAgP患者44名も、平均年齢32.6歳と、上記疾患のリスクが上昇する年齢よりも若年者であった。そのため、これらのリスク疾患を発症していない可能性が考えられる。今後、*CLSPN* SNP rs115197921を保有するAgP患者の全身状態を長期的に観察していく必要がある。

本研究の機能解析で使用したHPDL clone2は、Lonzaから購入した細胞であり、個人情報保護の観点から細胞ドナーの人種についての情報は明らかにされていない。われわれは、サンガーシーケンシス解析を実施すること

により、HPDL clone2 の遺伝子型を解析し、同細胞が *CLSPN* 野生型 (C/C) 保有者の細胞であることを確認している (データ未発表)。本実験では、*CLSPN* SNP rs115197921 を保有しているアジア人由来のヒト初代培養歯根膜細胞を入手することができなかったため、同 SNP の機能を解明するにはいたらなかった。今後、*CLSPN* SNP rs115197921 を保有しているアジア人由来の HPDL を用いて解析を実施し、HPDL clone2 の機能解析の結果と比較することにより、*CLSPN* SNP rs115197921 の特徴を明らかにすることが可能であると考えている。

歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化には、Wnt/ β -catenin シグナルが重要な役割を担うことがこれまでに報告されている²⁶⁾。しかしながら、本研究では、コントロールと *CLSPN* をノックダウンした HPDL において、Wnt シグナル関連遺伝子の発現に有意な差を認めなかった (データ未発表)。歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化は、Wnt/ β -catenin シグナルの他に、BMP, Vitamin D, TGF- β , Notch シグナルの影響を受ける²⁷⁾。*CLSPN* は、これら Wnt/ β -catenin シグナル以外のシグナル経路に影響を及ぼすことで、歯根膜細胞の硬組織形成細胞への分化を制御している可能性がある。

これまで、主にがん細胞で高い発現が認められる *CLSPN* タンパクが、歯根膜細胞においても恒常的に発現していることが、本研究の結果より初めて明らかとなった。さらに興味深いことに、歯根膜細胞のクローンによってその発現レベルが異なることが明らかとなった。*CLSPN* は、細胞周期において DNA の複製停止シグナルを伝達する際に重要な役割を果たすことから²⁸⁾、歯根膜細胞においても細胞周期の調整、特に増殖停止に関連している可能性が考えられる。歯根膜細胞は、増殖停止後に硬組織形成細胞への分化が促進することが報告されている²⁹⁾。Fig. 2 において、clone 2 の HPDL が硬組織形成細胞へと分化する際に *CLSPN* 遺伝子の発現が上昇することは、増殖停止と分化の過程において *CLSPN* が関与することを示唆している。また、われわれは先行研究において、硬組織形成細胞への分化誘導の際、clone 2 の HPDL は、clone 1 と比較して、高 ALP 活性および高アリザリン染色を示す特徴をもつこと、ならびに、clone 1 の HPDL は clone 2 と比較して、高い増殖能を示すことを確認している (データ未発表)。高い *CLSPN* 発現を示す clone 2 の HPDL が高い分化能を有することから、*CLSPN* が HPDL の硬組織形成細胞への分化に寄与する可能性が示唆される。これに対して、clone 1 の HPDL は高い増殖能を示す一方で、*CLSPN* の発現が低いことから、*CLSPN* が歯根膜細胞の増殖と分化のバランスを調節する役割を担う可能性が考えられる。これらの知見は、*CLSPN* の機能ががん細胞だけでなく、歯根膜細胞の

細胞周期制御や分化にも関連している可能性を示しており、今後の研究でさらに詳細なメカニズムの解明が期待される。

本研究では、loss of function の手法を用いて、*CLSPN* 遺伝子の機能を解析した。そのため、*CLSPN* 遺伝子の発現をノックダウンした際に、対照群と比較してより明瞭な結果が得られるよう、*CLSPN* の遺伝子発現の高い HPDL clone 2 を機能解析に使用した。Gain of function の手法を用いた機能解析も試みたが、*CLSPN* タンパクのサイズが約 230 kDa, 1,339 aa と非常に大きいため、*CLSPN* SNP rs115197921 の変異ベクターを歯根膜細胞へ遺伝子導入することが困難であった。われわれと同様の理由から、昆虫細胞や大腸菌などを用いた既存の発現系では、遺伝子全長の精製画分を獲得することが困難なために、*CLSPN* 遺伝子の詳細な機能を示す生化学的なデータはこれまでにほとんど報告されていない³⁰⁾。今後、CRISPR-Cas9 技術を用いた遺伝子改変を実施することで、ヒト歯根膜細胞における *CLSPN* の SNP rs115197921 の変異株を樹立し、同遺伝子の SNP の歯根膜細胞の分化における機能を明らかにする必要があると考えている。

われわれが保有する AgP 患者 44 名の遺伝子多型解析の結果からは *CLSPN* SNP rs115197921, *SMPD3* SNP rs145416324, *PON1* SNP rs854560, *LIPA* SNP rs143793106 のすべてを保有する患者を検出することはできなかった。この理由として、各 SNP を保有する検体数が少ないことが原因であると考えている。日本人における AgP の罹患率は 0.05~0.1% であることから¹³⁾、単一の研究機関での検体数拡充には限界がある。そのため、現在、日本全国の歯科大学と連携することにより、日本人 AgP 患者のゲノム検体数を拡充することを目指して研究を推進している。今後、検体数の拡充を行うことにより、AgP 患者の疾患関連遺伝子として同定された SNP のコンビネーションを保有する正確な割合が明らかとなることで、新たな知見が得られることを期待している。さらに、これらの知見を基に、将来的には、これら AgP 疾患関連遺伝子のコンビネーションをバイオマーカーとした疾患の早期診断およびリスク診断に役立てることができると考えている。同疾患の早期診断に加えて、先制処置が可能となることで、AgP の発症と進行を阻止し、同疾患の重症化予防や早期介入に貢献することが期待できる。

結 論

本研究の結果から、AgP 患者と健常者の臨床データの結果より、*CLSPN* SNP rs115197921 は AgP の疾患関連遺伝子であることが示唆された。そして、*CLSPN* は歯

根膜細胞の硬組織形成細胞への分化を制御することにより、歯周組織の恒常性の維持に重要な役割を担うことが示唆された。さらに、同遺伝子発現の低下は、歯周組織の恒常性に変調をきたし、AgP の発症・進行に繋がることが示唆された。

本研究は JSPS 科研費 19H01069, 23H00437, 23H030810 の助成を受けたものである。本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Armitage GC. Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Ann Periodontol* 1999; 4: 1-6.
- 2) Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol* 2018; 89 Suppl 1: S159-S172.
- 3) Kobayashi T, Nagata T, Murakami S, Takashiba S, Kurihara H, Izumi Y, Numabe Y, Watanabe H, Kataoka M, Nagai A, Hayashi J, Ohyama H, Okamatsu Y, Inagaki Y, Tai H, Yoshie H. Genetic risk factors for periodontitis in a Japanese population. *J Dent Res* 2009; 88: 1137-1141.
- 4) Kitagaki J, Miyauchi S, Asano Y, Imai A, Kawai S, Michikami I, Yamashita M, Yamada S, Kitamura M, Murakami S. A putative association of a single nucleotide polymorphism in GPR126 with aggressive periodontitis in a Japanese population. *PLoS One* 2016; 11: e0160765.
- 5) Matsumoto M, Fujihara C, Nantakeeratipat T, Kitagaki J, Yamamoto Y, Yamada S, Kitamura M, Murakami S. Lipase-a single-nucleotide polymorphism rs143793106 is associated with increased risk of aggressive periodontitis by negative influence on the cytodifferentiation of human periodontal ligament cells. *J Periodontol Res* 2023; 58: 175-183.
- 6) Chini CC, Chen J. Human claspins are required for replication checkpoint control. *J Biol Chem* 2003; 278: 30057-30062.
- 7) Yang CC, Suzuki M, Yamakawa S, Uno S, Ishii A, Yamazaki S, Fukatsu R, Fujisawa R, Sakimura K, Tsurimoto T, Masai H. Claspins recruits Cdc7 kinase for initiation of DNA replication in human cells. *Nat Commun* 2016; 7: 12135.
- 8) Smits VAJ, Cabrera E, Freire R, Gillespie DA. Claspins-checkpoint adaptor and DNA replication factor. *FEBS J* 2019; 286: 441-455.
- 9) Tsimaratou K, Kletsas D, Kastrinakis NG, Tsantoulis PK, Evangelou K, Sideridou M, Lontos M, Poulas I, Venere M, Salmas M, Kittas C, Halazonetis TD, Gorgoulis VG. Evaluation of claspins as a proliferation marker in human cancer and normal tissues. *J Pathol* 2007; 211: 331-339.
- 10) Madgwick S, Luli S, Sellier H, Butterworth JA, Leslie J, Moore AJ, Corbin EK, Yemm AI, Chiremba RT, Tiniaikos D, Oakley F, Perkins ND, Hunter JE. Claspins haploinsufficiency leads to defects in fertility, hyperplasia and an increased oncogenic potential. *Biochem J* 2022; 479: 2115-2130.
- 11) Miyauchi S, Kitagaki J, Masumoto R, Imai A, Kobayashi K, Nakaya A, Kawai S, Fujihara C, Asano Y, Yamashita M, Yanagita M, Yamada S, Kitamura M, Murakami S. Sphingomyelin phosphodiesterase 3 enhances cytodifferentiation of periodontal ligament cells. *J Dent Res* 2017; 96: 339-346.
- 12) Masumoto R, Kitagaki J, Matsumoto M, Miyauchi S, Fujihara C, Yamashita M, Yamada S, Kitamura M, Murakami S. Effects of paraoxonase 1 on the cytodifferentiation and mineralization of periodontal ligament cells. *J Periodontol Res* 2018; 53: 200-209.
- 13) 日本歯周病学会. 歯周治療の指針 2015. 医歯薬出版: 東京; 2016.
- 14) Nesse W, Abbas F, van der Ploeg I, Spijkervet FK, Dijkstra PU, Vissink A. Periodontal inflamed surface area: Quantifying inflammatory burden. *J Clin Periodontol* 2008; 35: 668-673.
- 15) Schei OWJ, Lovdal A, Arno A. Alveolar bone loss as related to oral hygiene and age. *J Periodontol* 1959; 30: 7-16.
- 16) Higasa K, Miyake N, Yoshimura J, Okamura K, Niihori T, Saito H, Doi K, Shimizu M, Nakabayashi K, Aoki Y, Tsurusaki Y, Morishita S, Kawaguchi T, Migita O, Nakayama K, Nakashima M, Mitsui J, Narahara M, Hayashi K, Funayama R, Yamaguchi D, Ishiura H, Ko WY, Hata K, Nagashima T, Yamada R, Matsubara Y, Umezawa A, Tsuji S, Matsumoto N, Matsuda F. Human genetic variation database, a reference database of genetic variations in the Japanese population. *J Hum Genet* 2016; 61: 547-553.
- 17) Bessey OA, Lowry OH, Brock MJ. A method for the rapid determination of alkaline phosphates with five cubic millimeters of serum. *J Biol Chem* 1946; 164: 321-329.
- 18) Schaefer AS, Richter GM, Nothnagel M, Manke T, Domisch H, Jacobs G, Arlt A, Rosenstiel P, Noack B, Groessner-Schreiber B, Jepsen S, Loos BG, Schreiber S. A genome-wide association study identifies GLT6D1 as a susceptibility locus for periodontitis. *Hum Mol Genet* 2010; 19: 553-562.
- 19) Munz M, Willenborg C, Richter GM, Jockel-Schneider Y, Graetz C, Staufienbiel I, Wellmann J, Berger K, Krone B,

- Hoffmann P, van der Velde N, Uitterlinden AG, de Groot LCPGM, Sawalha AH, Direskeneli H, Saruhan-Direskeneli G, Guzeldemir-Akcakanat E, Keceli HG, Laudes M, Noack B, Teumer A, Holtfreter B, Kocher T, Eickholz P, Meyle J, Doerfer C, Bruckmann C, Lieb W, Franke A, Schreiber S, Nohutcu RM, Erdmann J, Loos BG, Jepsen S, Dommisch H, Schaefer AS. A genome-wide association study identifies nucleotide variants at SIGLEC5 and DEFA1A3 as risk loci for periodontitis. *Hum Mol Genet* 2017; 26: 2577-2588.
- 20) Albandar JM, Tinoco EMB. Global epidemiology of periodontal disease in children and young persons. *Periodontol* 2000 2002; 29: 153-176.
 - 21) Peterson RE, Kuchenbaecker K, Walters RK, Chen CY, Popejoy AB, Periyasamy S, Lam M, Iyegbe C, Strawbridge RJ, Brick L, Carey CE, Martin AR, Meyers JL, Su J, Chen J, Edwards AC, Kalungi A, Koen N, Majara L, Schwarz E, Smoller JW, Stahl EA, Sullivan PF, Vassos E, Mowry B, Prieto ML, Cuellar-Barboza A, Bigdeli TB, Edenberg HJ, Huang H, Duncan LE. Genome-wide association studies in ancestrally diverse populations: opportunities, methods, pitfalls, and recommendations. 2019; 179: 589-603.
 - 22) Yoshida K, Sanada M, Shiraishi Y, Nowak D, Nagata Y, Yamamoto R, Sato Y, Sato-Otsubo A, Kon A, Nagasaki M, Chalkidis G, Suzuki Y, Shiosaka M, Kawahata R, Yamaguchi T, Otsu M, Obara N, Sakata-Yanagimoto M, Ishiyama K, Mori H, Nolte F, Hofmann WK, Miyawaki S, Sugano S, Haferlach C, Koefler HP, Shih LY, Haferlach T, Chiba S, Nakauchi H, Miyano S, Ogawa S. Frequent pathway mutations of splicing machinery in myelodysplasia. *Nature* 2011; 478: 64-69.
 - 23) Grochans S, Cybulska AM, Simińska D, Korbecki J, Kojder K, Chlubek D, Baranowska-Bosiacka I. Epidemiology of glioblastoma multiforme-literature review. *Cancers (Basel)* 2022; 14: 2412.
 - 24) Coughlin SS, Comstock GW, Baughman KL. Descriptive epidemiology of idiopathic dilated cardiomyopathy in Washington County, Maryland, 1975-1991. *J Clin Epidemiol* 1993; 46: 1003-1008.
 - 25) Demmer RT, Papapanou PN. Epidemiologic patterns of chronic and aggressive periodontitis. *Periodontol* 2000 2010; 53: 28-44.
 - 26) Lim JC, Bae SH, Lee G, Ryu CJ, Jang YJ. Activation of β -catenin by TGF- β 1 promotes ligament-fibroblastic differentiation and inhibits cementoblastic differentiation of human periodontal ligament cells. *Stem Cells* 2020; 38: 1612-1623.
 - 27) Rutkovskiy A, Stensl kken KO, Vaage IJ. Osteoblast differentiation at a glance. *Med Sci Monit Basic Res* 2016; 22: 95-106.
 - 28) Freire R, van Vugt MA, Mamely I, Medema RH. Claspins: timing the cell cycle arrest when the genome is damaged. *Cell Cycle* 2006; 5: 2831-2834.
 - 29) Zheng W, Wang S, Wang J, Jin F. Periodontitis promotes the proliferation and suppresses the differentiation potential of human periodontal ligament stem cells. *Int J Mol Med* 2015; 36: 915-922.
 - 30) Uno S, Masai H. Efficient expression and purification of human replication fork-stabilizing factor, Claspins, from mammalian cells: DNA-binding activity and novel protein interactions. *Genes Cells* 2011; 16: 842-856.

Association of *CLSPN* Variant rs115197921 with Aggressive Periodontitis and its Functional Analysis in Periodontal Ligament Cells

FUJIHARA Chiharu¹, KITAGAKI Jirouta^{1,2}, MATSUMOTO Masahiro¹,
MASUMOTO Risa¹, SHIMABUKURO Yoshio^{1,3} and MURAKAMI Shinya^{1,4}

¹Department of Periodontology and Regenerative Dentistry, Osaka University Graduate School of Dentistry

²Aijinkai Rehabilitation Hospital

³Shimabukuro Dental Clinic

⁴Department of Dental Hygiene, Kansai Women's College

Abstract

Purpose: The present research aimed to investigate the association of the aggressive periodontitis (AgP)-candidate variant, *Claspin* (*CLSPN*) single nucleotide polymorphism (SNP) rs115197921, with AgP. Additionally, we explored the function(s) on *CLSPN* in the cytodifferentiation of periodontal ligament cells into hard tissue-forming cells.

Method: We examined the prevalence of *CLSPN* SNP rs115197921 with a cohort containing 44 Japanese patients diagnosed with AgP and 1,209 healthy Japanese individuals from the Japanese Genetic Variation Database (*HGVD*). We assessed the correlation between the *CLSPN* genotype and clinical manifestations of AgP. In addition, we analyzed *CLSPN* protein expression in human periodontal ligament cells (HPDL) by western blotting. We examined alteration of *CLSPN* mRNA during the cytodifferentiation of HPDL by real-time PCR. Furthermore, we knocked down the *CLSPN* gene in HPDL by siRNA, and examined the gene expression of *CLSPN* and cytodifferentiation-related genes by real-time PCR and also measured alkaline phosphatase (ALP) activity during the cytodifferentiation of HPDL.

Results: A significant increase in the heterozygous (C/T) genotype frequency of *CLSPN* (SNP rs115197921) was found among the Japanese patients with AgP compared to the healthy Japanese controls. Carriers of this variant demonstrated clinical characteristics associated with severer periodontitis. The western blotting showed that *CLSPN* protein expression was constitutively detected in HPDL. Notably, *CLSPN* gene knockdown in HPDL significantly curtailed the HPDL cytodifferentiation into hard tissue-forming cells.

Conclusion: The findings validated a strong association between *CLSPN* SNP rs115197921 and the risk of AgP, with implications for disease severity. The essential role of *CLSPN* in the cytodifferentiation of HPDL into hard tissue-forming cells underscores its potential as a pivotal factor in periodontal tissue destruction caused by AgP. These insights highlight the possibility of *CLSPN* as a novel biomarker for AgP diagnosis and treatment.

Key words: *Claspin*, aggressive periodontitis, periodontal ligament cells

歯学部生によるニッケルチタンロータリーファイルを用いた根管形成の評価

木 方 一 貴 河 野 哲

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

抄録

目的：オーステナイト相のニッケルチタンロータリーファイル（以下、Ni-Ti RF）とマルテンサイト相を有する Ni-Ti RF の 2 種類の金属性質を有するファイルで、360° 連続回転と反復回転の 2 つの回転方式、合計 4 種類の器具を用いて歯学部 5 学年の学生が根管模型の形成を行い、トレーニング前後での根管形成時間や変位量、レッジの形成頻度、ファイルにかかる負担やファイル破折の要因を比較し、検討した。

方法：根管形成術者は、朝日大学歯学部 5 学年の学生 40 名とした。根管形成には湾曲度 30° の J 型エポキシレジン製透明根管模型を使用し、ステンレススチール K ファイル (SSK) およびオーステナイト相の Ni-Ti RF である、NEX NiTi ファイル (NE)、RECIPROC (RE)、マルテンサイト相を含む Ni-Ti RF である、NEX NiTi ファイル Ms (NM)、ソフト RECIPROC (RB) の 4 種類を用い、各群 10 名をランダムに配置した。なお、術者は SSK と指定された Ni-Ti RF の 2 種類の器具により根管形成を行った。SSK は 1 根管、Ni-Ti RF はトレーニングの前後でそれぞれ 3 根管の形成を行った。根管形成に要した時間と根尖から 1~10 mm の位置における根管変位量を測定し、トレーニング前後は Wilcoxon signed-rank test、トレーニング後は Kruskal-Wallis test 後に Bonferroni 補正 Mann-Whitney *U* test により群間比較を行った ($p < 0.05$)。さらに、使用後の Ni-Ti RF の状態の確認と、電子顕微鏡による表面性状の確認、およびレッジ形成の有無を確認した。

結果：根管形成時間は、NE、NM、RB 群ではトレーニング前後で有意に減少した。SSK は、すべての Ni-Ti RF より有意に長かった。根管変位量は、トレーニング前後での比較では NE、NM 群は根尖に近い位置で、RE、RB 群は湾曲の中央から歯冠側で有意差を認めた。トレーニング後の NE、RE 群は根尖に近い位置で外湾方向を形成する傾向を、NM 群は湾曲中央部より歯冠側の位置の根管変位量が有意に少ないことが確認された。ファイル破折は SSK では 7 名、トレーニング前の Ni-Ti RF では各群数名認めたが、トレーニング後は RE 群の 4 名のみであった。その破折様式は、トレーニング前の RE、RB 群はねじれ疲労破折のみであったが、NE、NM 群ではねじれ疲労破折と周期疲労破折が混在していた。レッジの形成は、SSK で 31 名、トレーニング前の RE 群で 1 名認めた。ファイルののびは、トレーニング前の NM、RB 群および、トレーニング後の NE、RB で確認された。NE 群以外の使用後の Ni-Ti RF の一部で、マイクロクラックが確認された。

結論：歯学部生であっても、適切な使用方法を学び、マルテンサイト相を有する Ni-Ti RF を用いることにより、短時間で、安全に正確な根管形成が可能であると推察した。

キーワード：ニッケルチタンロータリーファイル、歯学部学生、マルテンサイト相

責任著者連絡先：木方一貴

〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851 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

TEL & FAX : 058-329-1447, E-mail : k-kiho@dent.asahi-u.ac.jp

受付：2024 年 7 月 2 日/受理：2024 年 9 月 3 日

DOI : 10.11471/shikahozon.67.315

緒 言

1988 年に Walia らが初めてニッケルチタン (Ni-Ti) ファイルを試作し、優れた根管追従性を報告した¹⁾。その後、1990 年代よりニッケルチタンロータリーファイル (以下、Ni-Ti RF) が発売され、その切削効率の良さにより治療時間短縮や、根管追従性の良い根管形成が可能となった²⁻⁸⁾。

一方、Ni-Ti RF は破断トルクが低く容易に破折することが問題であった。それに対し、ファイルの形態や、金属の特性、切削様式などを改良し、ファイルの食い込みや負荷を低減させ、また金属の破折抵抗性を向上する試みがされている。ファイルの形態はその断面形態やピッチ、回転軸の位置、テーパーなどの改良により、ねじり剛性の向上や、ファイルの食い込みや負担の低減、切削したデブリの効率的な排出を目的とした製品などが販売されている。金属特性の改良として、加熱加工により結晶構造の変化を得た。これにより、従来の超弾性を有するオーステナイト相の Ni-Ti RF から R 相やマルテンサイト相を有するファイルへと変化し、超弾性ではなく、柔軟な、破折抵抗性の高いファイルなどが登場した。切削様式は、従来の 360° 連続回転でのファイルの負荷減少のため、反復回転運動も採用されている。これらのさまざまな改良により、初期の Ni-Ti RF と比較し、破折疲労耐性が向上した⁹⁻¹³⁾。同時にファイルの柔軟性も向上したことにより、さらに根管追従性の良い根管形成が可能となった^{14,15)}。

2020 年に行われた American Association of Endodontists の active member への Ni-Ti RF 使用に関するアンケートでは、98.3% の回答者が Ni-Ti RF を使用していた¹⁶⁾。本邦においては、2019 年に行われた歯学教育機関に対するアンケート調査で「NiTi 製手用またはロータリーファイル」の診療室での使用が 90% であった¹⁷⁾。これは手用ファイルとロータリーファイルの両方での回答のため、実際に 90% ではないが、高い数字であることは推測される。Ni-Ti RF は広く普及しており、歯内療法の専門医のみが使用する器具ではなく、一般的な器具として認知されてきている。歯科界の流れに呼応する形で、令和 4 年度の社会保険診療報酬改定において、一定の条件を満たした治療に対し「加圧根管充填処置 Ni-Ti ロータリーファイル加算」が算定可能となった¹⁸⁾。社会保険診療点数の導入を受け、今後さらに普及率が向上すると考えられる。

また、Ni-Ti RF は歯科医学教育でも認知されており、前述の国内の歯学教育機関へのアンケート調査¹⁷⁾では、2019 年時点で 55% の大学で NiTi 製ファイルを用いた実

習を行っている。また、2021 年の歯学教育機関へのアンケート調査では、11.1% の大学が臨床実習で Ni-Ti RF を使用していた¹⁹⁾。これらの状況を踏まえると、今後共用試験を合格した Student Dentist が Ni-Ti RF を使用する機会が増えると想定されるが、Student Dentist による Ni-Ti RF を用いた根管治療では、治療時間や精度、安全性などが危惧される。これまでにわれわれは、歯学部²⁰⁾の学生であっても、歯科医師と同等の根管形成が可能であることを報告してきた²⁰⁾。しかし、どのような Ni-Ti RF をどのように用いるかで結果が異なることも予測され、その要因として、金属の性質と回転方式、ハンドリング方法の 3 つに着目した。

そこで本研究では、従来の超弾性を有する Ni-Ti RF とマルテンサイト相を有する Ni-Ti RF の 2 種類の金属性質を有するファイルで、360° 連続回転と反復回転の 2 つの回転方式、合計 4 種類の器具を用いて歯学部 5 学年の学生が根管模型の形成を行い、トレーニング前後での根管形成時間や変位量、レッジの頻度、ファイルにかかる負担やファイル破折の要因を比較し、検討した。

材料および方法

1. 術者および材料

根管形成術者は朝日大学歯学部 5 学年の学生 40 名とし、各群 10 名となるよう乱数を用いてランダムに配置した。根管形成にはステンレススチール K ファイル (以下、SSK, Micro Mega, France) および Ni-Ti RF を用いた。Ni-Ti RF は、NEX NiTi ファイル (以下、NE, ジーシー), NEX NiTi ファイル Ms (以下、NM, ジーシー), RECIPROC (以下、RE, VDW, Germany), ソフト RECIPROC (以下、RB, VDW) の 4 種類を用いた。根管模型は、グライドパスによる根管形成に差が生じないように、根尖孔径が #20 である J 型エポキシレジン製透明根管模型 (湾曲度 30°, Endo1001-30-#20, NIS-SIN) を用いた。

2. 根管形成方法

根管形成はまず、SSK を用いて 1 根管の形成を行った。その後、器具の操作方法と形成に必要な事項 (作業長 18 mm, SSK#15 によるグライドパス, 根管洗浄方法) および、安全上必要な事項 (模型の把持方法, レストの設置) のみを伝え、指定された Ni-Ti RF を用いて 3 根管の根管形成を行った。次に、インストラクター (Ni-Ti RF 使用歴 8 年) による Ni-Ti RF の操作方法の説明および注意事項 (Table 1) を確認しながら 2 根管の根管形成トレーニングを行い、再度指定の Ni-Ti RF を用いて 3 根管の形成を行った。なお、根管形成中は常に根管内に精製水を満たして実施した。

Table 1 Instructions for operating of nickel-titanium rotary files

After reaching the working length, immediately move to the next file.
Use a pecking motion with small vertical movements.
Avoid vertical movement in areas where there is no resistance.
Take into consideration the screw in force.
Conduct frequent irrigation in 3 to 4 cycles.

1) NE, NM 群

トルクコントロールが可能なハンドピース (ENDO-MATE TC2, ナカニシ) を, 回転数: 500 rpm, トルク値: 1.2 Ncm に設定し, オートリバース機能使用下にて根管形成を実施した.

NE, NM ともに, #15/0.04 テーパー, #25/0.04 テーパー, #25/0.06 テーパー, #35/0.04 テーパー, #40/0.04 テーパーの順に, フルレングス法による根管形成を行った.

2) RE, RB 群

診療ユニットにエンド用往復回転コントラ 150°/30° (Reciproc Direct, VDW) を装着し, 回転数 20,000 rpm に固定, 被験者にはフットペダルを踏み込むように指導し, 往復反復運動 (Reciprocating motion: 反時計回りに 150°, 時計回りに 30°) による根管形成を行った. RE 群は, R25 (#25, 0.04~0.08 テーパー) による根管形成終了後に R40 (#40, 0.04~0.06 テーパー) による根管形成を, RB 群は, ソフト R25 (#25, 0.04~0.08 テーパー) による根管形成終了後にソフト R40 (#40, 0.04~0.06 テーパー) による根管形成を行った. 根管形成はそれぞれのファイルで 3 回の上下動作を 1 サイクルとして, 1 サイクルごとの根管洗浄を行いながら 3 サイクルで作業長に到達させた. RE および RB は, 通常 R25 もしくはソフト R25 により根管形成を終了するシングルファイルシステムではあるが, 必要に応じて R40 もしくはソフト R40, R50 もしくはソフト R50 (ファイル先端径 #50, 0.04~0.05 テーパー) を用いて根管形成を行うことが可能である. 本研究では, NE, NM との条件を揃えるため, R25 もしくはソフト R25 を用いて根尖部まで根管形成を行い, 引き続き R40 もしくはソフト R40 にて根管形成を実施した.

3. 評価方法

1) 根管形成時間

根管形成に要した作業時間は術者以外の計測者が測定し, 根管洗浄ならびにファイル交換に要した時間は根管形成時間から除外した. なお, 術者がレジを形成し, 根管形成の続行が不可能と判断した場合は, 自己申告させ, それまでに要した時間を根管形成時間とした.

トレーニング前後での根管形成時間の中央値を, Wil-

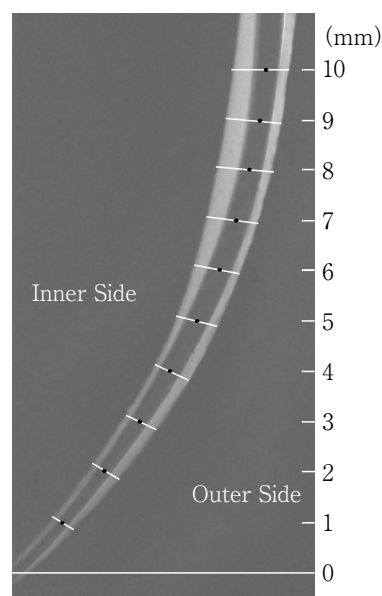


Fig. 1 Measurement of root canal width increase on outer and inner sides
The root canal displacement was measured at 1 to 10 mm from the apical area.

coxon signed-rank test にて評価した ($p < 0.05$). また, トレーニング後の各群および SSK 間での比較には, Kruskal-Wallis test 後に Bonferroni 補正 Mann-Whitney U test を用いて評価した ($p < 0.05$).

2) 根管変位量

根管形成前および Ni-Ti RF による根管形成後の根管模型にう蝕検知液 (カリエスチェック, 日本歯科薬品) を満たした状態で, 実体顕微鏡 (SZX16, OLYMPUS) 観察し, 写真撮影 (DP26, OLYMPUS) を行った. その後, 写真編集ソフト (Photoshop Elements13, Adobe, USA) 上にて根管形成前後の写真を重ね合わせ, 画像解析ソフト (ImageJ, NIH, USA) にて, 根尖 1~10 mm の位置での外湾側と内湾側における根管幅径増加量を測定し (Fig. 1), 外湾側増加量と内湾側増加量の差を根管変位量とした.

トレーニング前後での根管変位量の中央値を Wilcoxon signed-rank test にて評価した ($p < 0.05$). また, トレーニング後の各群間での比較には, Kruskal-Wallis

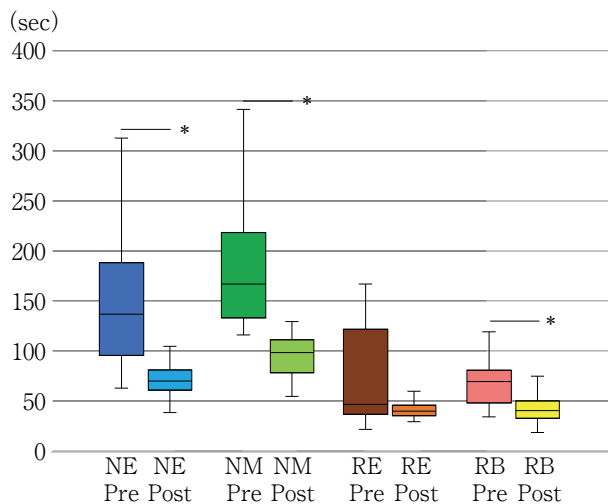


Fig. 2 Comparisons of the working time between pre- and post-training groups
Bars indicate significant differences (* : $p < 0.05$).

test 後に Bonferroni 補正 Mann-Whitney U test を用いて評価した ($p < 0.05$).

3) レッジの確認

根管形成後の根管模型に #15 のファイルを挿入し、根尖までファイルの穿通ができるか確認することによりレッジの有無を評価した。

4) 使用後の Ni-Ti RF の検証

実験に使用したすべての Ni-Ti RF は、15 分間の超音波洗浄およびオートクレーブ滅菌後に実体顕微鏡を用いて、のびや破折の確認を行った。なお、オートクレーブ滅菌に伴う温度変化により元の形状に回復したものは、のびなしと判定した。破折していない Ni-Ti RF はファイル先端から 3 mm の位置を、破折があった Ni-Ti RF は破折断面を、走査型電子顕微鏡 (S-4500, 日立ハイテク) にて観察した。

結 果

1. 根管形成時間 (秒)

Ni-Ti RF を用いた根管形成時間の中央値 (25%, 75%, パーセンタイル) (秒) としては、トレーニング前が、NE : 136.9 (96.3, 185.4), NM : 167.0 (133.8, 198.7), RE : 46.6 (37.0, 121.3), RB : 69.5 (51.0, 80.6) であった。トレーニング後が、NE : 70.1 (61.2, 80.1), NM : 98.3 (78.8, 110.1), RE : 39.9 (36.1, 44.0), RB : 40.3 (32.9, 49.6) であった。SSK を用いた根管形成時間は 914.9 (499.4, 1,143.8) であり、Ni-Ti RF すべての群との間に有意差を認めた。トレーニング前後の根管形成時間の比較を、Fig. 2 に示す。NE, NM, RB 群では有意に

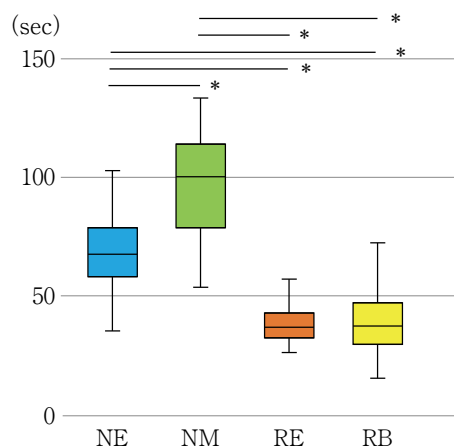


Fig. 3 Comparisons of the post-training working time between each group
Bars indicate significant differences (* : $p < 0.05$).

減少したが、RE 群では有意差はなかった。トレーニング後の根管形成時間の比較を、Fig. 3 に示す。RE, RB 群では NE, NM 群と比較し、有意に短い時間で根管形成が終了した。NM 群は NE 群と比較し、根管形成時間が長かった。

2. 根管変位量 (μm)

トレーニング前後の根管変位量を、Fig. 4 に示す。NE 群においてはトレーニング前後で 1~3 mm の位置で、NM 群においては 3 mm の地点に有意差が生じた。RE 群では 10 mm の位置に、RB 群は 4~7 mm の位置にトレーニング前後で有意差を認めた。

トレーニング後の各種ファイルでの比較を示す (Fig. 5)。1 mm 地点では RE 群と NM, RB 群と比較し外側を形成する傾向が認められた。2 mm で NE, RE 群と NM, RB 群間、3 mm で NE 群と他群間、4, 5 mm で NE, NM 群と RE, RB 群間、5~8 mm で NM 群と他群間、9 mm で NE 群と NM, RB 群間、NM 群と RE 群間、10 mm では NE 群と NM, RB 群間において有意差を認めた。

3. レッジの形成

レッジを生じた術者数 (名) を、Table 2 に示す。レッジの形成は、トレーニング前の RE 群において 1 名認めた。その他の Ni-Ti RF 群においては、レッジの形成を認めなかった。SSK においては 31 名がレッジを形成し、根管形成の続行を断念した。

4. 使用後の Ni-Ti RF

破折していない使用後の Ni-Ti RF ののび発生頻度を、Table 3 に示す。NE 群はトレーニング前にはのびが発生しなかったが、トレーニング後では 4 名に生じた。一方、

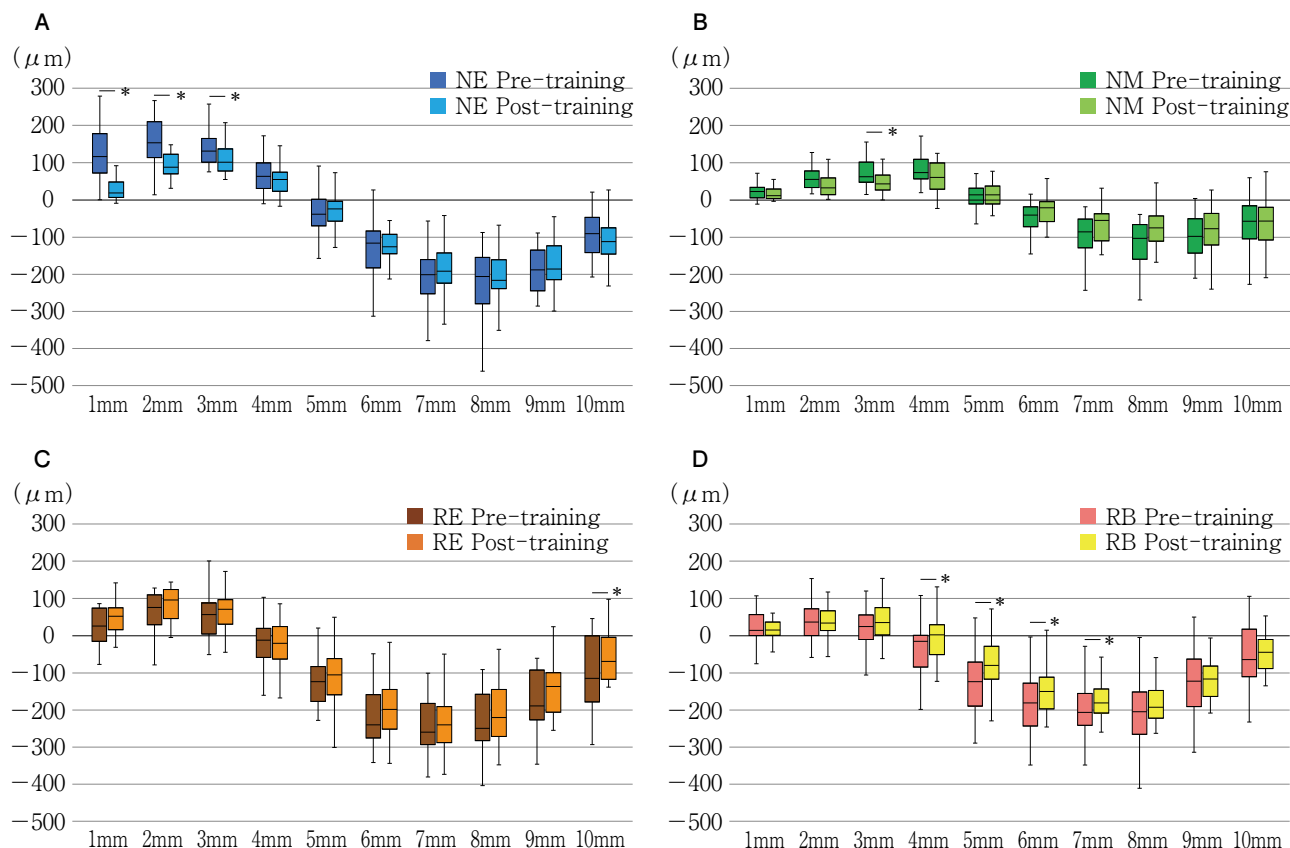


Fig. 4 Amount of root canal transportations (mm) pre- and post-training groups

A : NEX NiTi file, B : NEX NiTi file Ms, C : RECIPROC file, D : RECIPROC blue file

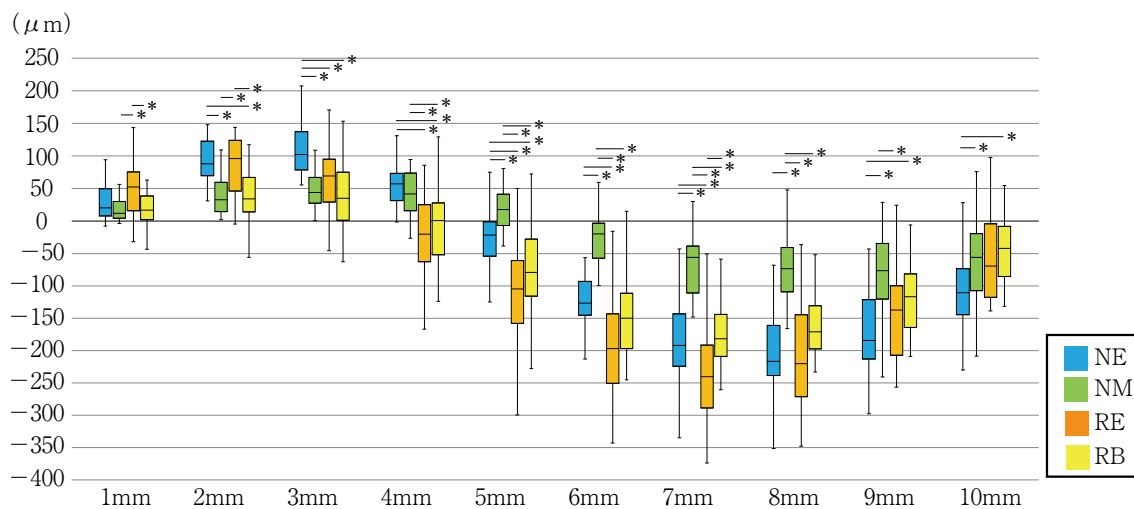


Fig. 5 Comparisons of post-training root canal transportations (mm) between each group

Bars indicate significant differences (* : $p < 0.05$).

NM 群はトレーニング前に 2 名生じていたが、トレーニング後には生じなかった。RE 群では、トレーニング前後ともにのびは確認されなかった。RB 群ではトレーニング前に 5 名、トレーニング後に 8 名がのびを生じてお

り、高い確率でファイルにのびを生じた。Ni-Ti RF におけるマイクロクラックの発生頻度を Table 4 に、その走査型電子顕微鏡所見を Fig. 6 に示す。

ファイル破折を生じた術者数(名)を Table 5 に示す。

Table 2 Frequency of ledge (Number of people)

category	Pre-training	Post-training
NE	0/10	0/10
NM	0/10	0/10
RE	1/10	0/10
RB	0/10	0/10
SSK	31/40	

Table 3 Frequency of distortion (Number of people)

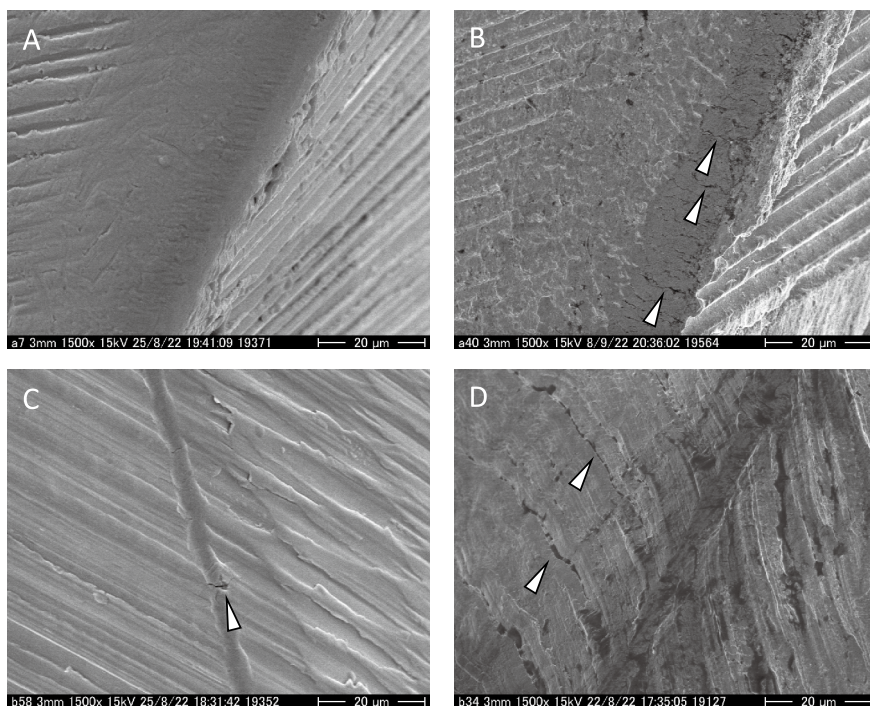
category	Pre-training	Post-training
NE	0/7	4/10
NM	2/8	0/10
RE	0/7	0/6
RB	5/9	8/10

Table 4 Frequency of microcrack (Number of people)

category	Pre-training	Post-training
NE	0/7	0/10
NM	5/8	7/10
RE	4/7	2/6
RB	6/9	3/10

Table 5 Frequency of fracture (Number of people)

category	Pre-training	Post-training
NE	3/10	0/10
NM	2/10	0/10
RE	3/10	4/10
RB	1/10	0/10
SSK	7/40	

**Fig. 6** Scanning electron microscopy image of nickel-titanium rotary file surface at 3 mm from the tip

A : NEX NiTi file, B : NEX NiTi file Ms, C : RECIPROC file, D : RECIPROC blue file
Arrowheads indicate a microcrack.

ファイル破折は、トレーニング前の Ni-Ti RF ではすべての群において1~3名確認された。トレーニング後では RE 群は4名であったが、その他の3群には認めなかった。SSK 使用では7名であった。

また、破折した Ni-Ti RF の断面像を Fig. 7 に示す。トレーニング前の NE, NM 群では周期疲労破折とねじ

り疲労破折が混在していたが、トレーニング前の RE, RB 群ではねじれ疲労破折のみであり、トレーニング後の RE 群においては4本中2本に関してはねじれ疲労破折の特徴に合致したが、残りの2本に関しては非典型的な破折断面を呈しており、破折様式の特定が困難であった。

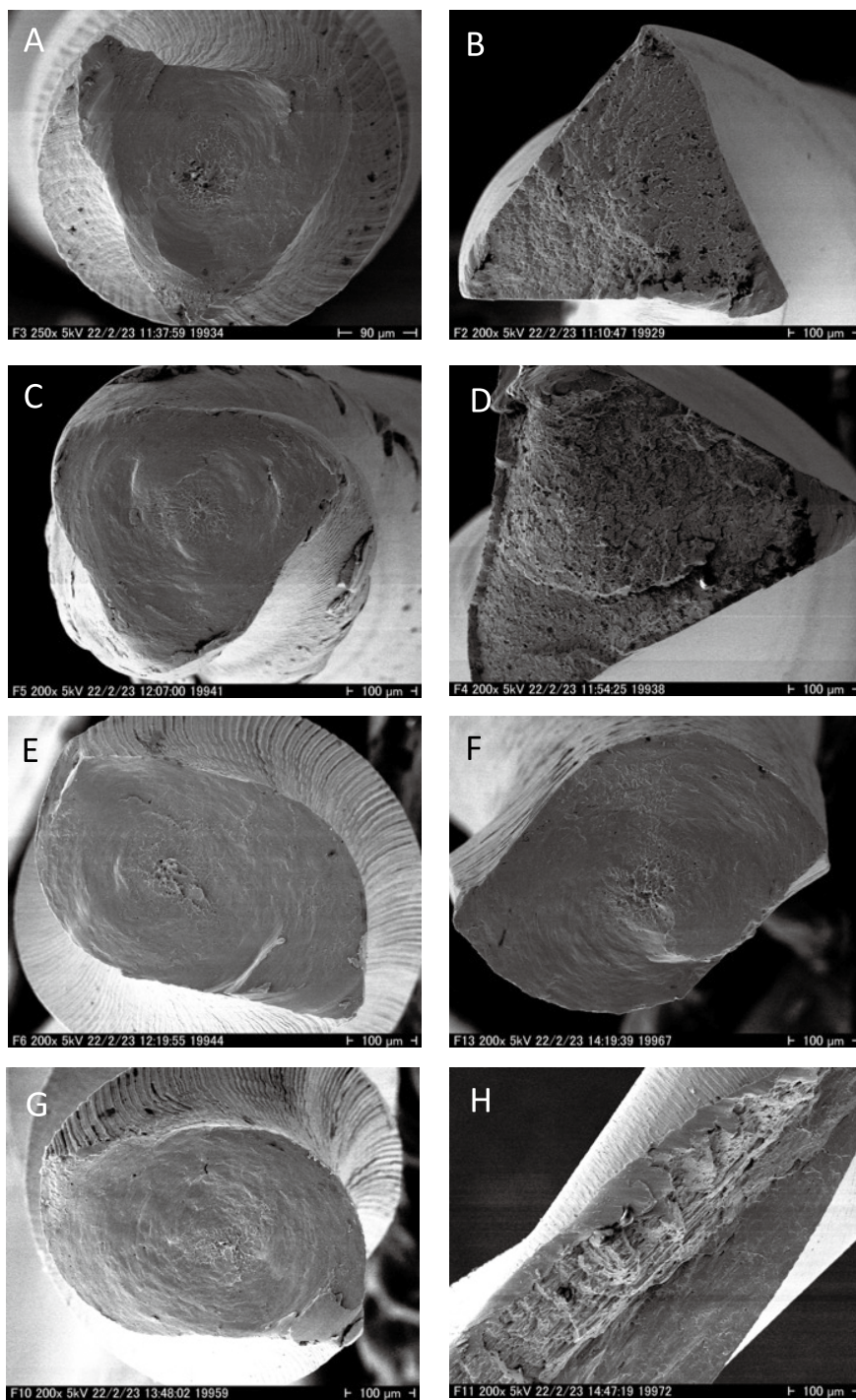


Fig. 7 Scanning electron microscopy image of fracture surface

A, B : NEX NiTi file (Before), C, D : NEX NiTi file Ms (Before), E : RECIPROC file (Before), F : RECIPROC blue file (Before), G, H : RECIPROC file (After).

A, C, E, F and G shows the typical cross-sectional aspects of cyclic fatigue fracture, such as numerous dimples. B and D shows the cross-sectional aspects with typical features of torsional resistance fractures, such as fibrous dimples and circular abrasion marks. H indicates an atypical cross-section that does not apply to either torsional fracture or cyclic fatigue fracture.

考 察

Ni-Ti RF はその切削効率および根管追従性の良さから広く普及しており^{16,17)}、根管治療に必要不可欠な器具となっている一方、破折しやすいことが問題であった。根管形成時のベッキングモーション中に Ni-Ti RF が根管壁に拘束されると、Ni-Ti RF にのびが生じる。先端が強度に食い込み拘束されると、非拘束部との間にねじれが生じ、その結果ねじれ疲労破折にいたる。湾曲根管の形成時には Ni-Ti RF に引張応力と圧縮応力が繰り返され、マイクロクラックが生じる。また、さらに金属疲労が蓄積することにより、周期疲労破折にいたる。これらの破折様式に対応し、さまざまな改良が施され破折抵抗性が向上した製品が多く登場した。そのなかで、われわれは金属性質と切削様式の 2 つの変化に着目した。1 つ目の金属性質の変化のうち、加熱処理により室温においても結晶構造をマルテンサイト相に変態させた製品の出現は大きな変化であると考え、マルテンサイト相を含む Ni-Ti RF は、周期疲労破折に対する抵抗性が向上した⁹⁻¹³⁾。また、マルテンサイト相への変態により高い柔軟性と非超弾性となったことによりスプリングバックの影響が小さくなり、根管追従性も向上した^{14,15)}。2 つ目の変化としては、切削様式が挙げられる。Ni-Ti RF は 360°連続回転による切削がはじまりであり、初期の Ni-Ti RF は先端の食い込みを回避するため、クラウンダウンによる形成が主流であったが、使用ファイル本数が多く操作が煩雑であった。ファイルの改良による破折抵抗の向上に伴い、フルレンジ法による形成や、シングルファイルシステムの応用により、シンプルな形成が可能となった。シングルファイルシステムは 1 本もしくは少ないファイル本数により比較的大きなテーパーにて根管形成を行う方法であり、ファイルにかかる負担が大きかった。そのため、反復回転運動により、ファイルが食い込むことによる負荷をリリースする方法が考案され²¹⁾、製品化された。

本研究では、金属性質と切削様式の 2 つの変化およびハンドリング方法が、歯学部生が行う根管形成にどのような影響を与えるのかを検討した。金属の性質が異なるがファイルの形態は同一である、NE と NM、RE と RB を用いて、連続回転と反復回転の 2 種類の駆動方式により 3 根管の計測を行い、比較検討を行った。また、術者である学生が複数の種類・方法で根管形成することにより、研究中に技術が向上し、ハンドリング方法に変化が生じるのを避けるため、共用試験を合格した同一学年の術者 40 名に 4 種類のファイルをランダムに配置し、比較した。なお、本研究では大白歯 1 歯を想定し、3 根管の

形成を行っており、Ni-Ti RF はトレーニング前に 1 セット、トレーニング後で 1 セットの新品を使用した。Ni-Ti RF は使用を重ねるたびに刃部に劣化が生じ、切削効率や追従性に影響を及ぼす可能性は否定できないが、3 根管の形成終了後でのファイルの状況を評価するため、3 根管ごとの使用とした。

まず、根管形成時間に関しては、トレーニング前はファイルに抵抗がない状態でのベッキングモーションや、作業長到達後に何度もファイル操作やブラッシングモーションを行っている学生が多くいたため、形成時間が長い傾向となった。Ni-Ti RF、特にオーステナイト相を主体とするファイルは反発力が強く、スプリングバックによる根管の外湾を形成するため、極力短い時間で形成することが必要であること、また、操作時間の延長は周期疲労破折の原因となるため、根管形成時間は極力短くするよう努める必要があることを説明し、トレーニングを行ったところ、トレーニング前後で NE、NM、RB 群で有意に根管形成時間の短縮が確認された。トレーニング後の各群間での根管形成時間の比較では、RE、RB 群が NE、NM 群より短い傾向にあった。RECIPROC システムは使用本数が少なく、また切削時の推進力が強いいため、根管形成時間が短い。一方、連続回転の器具はファイルの使用本数が多いため、RE、RB 群と比較すると作業時間が延長した。また、同一システム内では、マルテンサイト相を含む RB、NM 群が、オーステナイト相主体の RE、NE 群と比較して根管形成時間が長い傾向が認められ、マルテンサイト相の柔軟性による切削効率の低下が確認された。SSK 群の根管形成時間の中央値は 914.9 秒であり、どの群とも有意差が認められており、Ni-Ti RF の効率の良さが明確となった。

次に根管追従性に関しては、トレーニング前後での根管変異量の変化は、NE 群で根尖から 1~3 mm に、NM 群で 3 mm に、RE 群で 10 mm に、RB 群で 4~7 mm に有意差を生じた。連続回転により切削する器具、特に超弾性材料である NE 群において根尖付近に有意差が生じた。根尖付近での変位はスプリングバックの影響が強く、ファイルの柔軟性が低く超弾性器具で操作時間が延長することによりこのような現象が生じるため、トレーニング前の NE 群で外湾側への変位が顕著に生じた。RE 群においては前述のとおり、根管形成時間に大きな変化がなかったため、変位量には有意差が生じなかったと考える。一方、反復回転運動の器具では、これまでの報告²²⁾と同様に、湾曲中央から歯冠側で内湾に変位する傾向が認められたが、トレーニングにより柔軟性の高い器具では内湾側への変位を減少することが可能であった。トレーニング後の各種ファイル比較においても、根尖部付近では柔軟性が低く超弾性材料である NE 群および

RE 群が外側に変位し、湾曲の中央から歯冠側においては、反復回転運動の器具の内側への変位傾向に加え、ファイルの柔軟性も影響を与えたため、RE 群が最も内側に変位する結果となり、NM 群が最も変位が少ない傾向となったと考える。

根管形成術者である朝日大学歯学部 5 学年の学生は、3 年次基礎実習内で SSK により根管付き歯牙模型を前歯 1 本、小臼歯 2 本、大臼歯 2 本根管拡大形成を行っているにもかかわらず、本研究では約 94% (ファイル破折 7 名を除く 33 名中 31 名) の学生が SSK による根管形成中にレッジの形成により根管形成を断念する結果となった。他大学での試みでも SSK では高い頻度でレッジやジップの形成が報告されており^{23,24)}、また歯科医師が湾曲根管に根管形成を実施した研究でも SSK ではジップが高頻度に生じることが報告されている²⁵⁾。一方、Ni-Ti RF を用いた根管形成は、トレーニング前で 1 名の術者にレッジ形成が確認されたが、トレーニング後は認められなかった。これまでに歯学部学生が根管形成を行った研究において、シングルレングス法による根管形成や、加熱処理された Ni-Ti RF での根管形成でも、術前に見学や講義、デモンストレーションのみでトレーニングを実施していないものではレッジの形成が確認されており^{23,24,26)}、レッジの形成は根管形成法や器具の特性ではなく、ハンドリング方法が影響すると考える。SSK を用いた根管形成実習から 2 年経過していることや、エポキシレジン模型が目詰まりを生じやすいことも考慮が必要ではあるが、Ni-Ti RF は SSK と比較すると根管形成の技術の習得が容易であることが示唆される。

次に使用後のファイルへの負担に関しては、破折頻度の計測、破折の兆候として、ファイルののびと電子顕微鏡を用いたクラックの有無の確認および、破折形式の特定を行った。クラックの有無の確認に関しては電子顕微鏡にて根尖から 3 mm の 1 断面を観察したため、検出できていないクラックも多くあると考えるが、全体の比較のため定点での観測を行った。NE 群はトレーニング前では破折が 3 名 (周期疲労破折 1 名、ねじれ疲労破折 2 名)、のびが 0 名、クラックが 0 名であった。トレーニング後では破折が 0 名に減少した一方、のびが 4 名に増加、クラックは 0 名であった。トレーニングにより根管形成時間が大きく短縮しており、これによる金属疲労が軽減し、周期疲労破折が減少している。また、周期疲労破折にいたる時間の 75% の周期疲労を与えた器具ではねじれ疲労破折が早期に生じることが報告されており²⁷⁾、根管形成時間の短縮がねじれ疲労破折の予防にも効果があったと考える。さらに、トレーニングにより適切なベッキングモーションを獲得し、押し込みによる器具の拘束が改善されたことも、破折を防止できた要因と考え

る。トレーニング前後でののびの増加に関しては、トレーニング前には破折していた形成モーションが、トレーニング後では改善され、破折ではなくファイルののびでとどまったと推測する。電子顕微鏡像において、トレーニング前でもマイクロクラックは確認されており、金属疲労によるクラックが早期に破折につながっていると考える。NM 群は、トレーニング前では破折が 2 名 (周期疲労破折 1 名、ねじれ疲労破折 1 名)、のびが 2 名、クラックが 5 名生じた。トレーニング後では破折および伸びともに 0 名に減少したが、マイクロクラックは 7 名に生じた。破折やのびに関しては、トレーニングにより NE 群と同様な効果があったと考える。電子顕微鏡像ではトレーニング後のファイルにおいてもマイクロクラックが多数確認されているが、ファイル破折が生じておらず、マルテンサイト相を有するファイルではマイクロクラックは早期に生じるが、破折抵抗性が高いと考えられた。RE 群はトレーニング前では破折が 3 名 (ねじれ疲労破折 3 名)、のびが 0 名、クラックが 4 名に生じていた。トレーニング後では破折が 4 名 (ねじれ疲労破折 2 名、非典型例 2 名)、のびが 0 名、クラックが 2 名であった。RE は根尖方向に引き込まれる Screw in effect²⁸⁾ が強いことが報告されており^{15,29)}、それによりファイルの拘束が強くなる。また、オーステナイト相主体の RE 群はその特徴の超弾性によりもともと のびが生じにくいファイル材料であるため、のびが確認されず、破折が確認されたと考える。電子顕微鏡像ではマイクロクラックが確認されているが、トレーニング前ではすべてねじれ疲労破折であった。ファイルが食い込むことを回避するための反復回転運動ではあるが、トレーニング前の使用ではねじれ疲労破折が生じやすいことが示された。反復回転運動での根管形成は連続回転と比較して、周期疲労破折が生じにくいことが報告されており^{30,31)}、周期疲労は生じているが、破折にいたる前にねじれ疲労破折が生じていると考える。トレーニングにより、形成時の食い込みに関する注意を促したことにより、斜め方向に引く動きが加わったことで、トレーニング後では破折断面がファイル長軸に対して垂直ではなく、イレギュラーな破折断面が確認されたと推測する。RB 群はトレーニング前では破折が 1 名 (ねじれ疲労破折)、のびが 5 名、クラックが 6 名に生じた。トレーニング後では破折が 0 名、のびが 8 名、クラックが 3 名であった。トレーニング前後での形成時間の短縮により周期疲労が減少した結果、クラックが減少している。周期疲労の減少およびハンドリング操作の改善により、ねじれ疲労破折が生じなかったと考える。また、RE ではトレーニング後でもファイル破折が生じたが、マルテンサイト相が含まれる RB では破折頻度が著しく低くなっており、金属性質の改良に

よる Screw in effect の減少や¹⁵⁾、周期疲労破折に対する抵抗性の向上が大きな効果をもたらしていると考ええる。

トレーニング前の根管形成では、すべての群において複数の術者でファイル破折が確認された。優れた材料やシステムであっても、ハンドリング方法を誤るとファイル破折という重大なアクシデントにつながるおそれがある。破折様式と使用後のファイル状況から、Ni-Ti RF のトレーニングでは、根管形成時間の短縮とベッキングモーションなどのハンドリング方法の教授が重要と考える。トレーニング後においては NE、NM、RB 群では破折が生じていないため、適正な使用方法を守れば破折のリスクは大きく低減できる一方、オーステナイト相主体でレシプロケートモーションによる形成を行う場合は、ファイルに対する負荷に常に注意が必要である。また、SSK 群では 40 名中 7 名にファイル破折が確認されており、歯学部生が根管形成をする際は、事前にトレーニングを行い、マルテンサイト相を有するファイルを用いることにより、ファイル破折のリスクを低減できる可能性も示唆された。

本研究では 5 本のファイルを連続回転のシングルレンジス法により #40/0.04 テーパーまで根管形成するシステムと、2 本のファイルを反復回転で使用し、#40/0.04～0.06 テーパーまで拡大するシステムとを比較検討した。金属の性質や駆動方式以外にもファイルの断面形状や、使用ファイル本数などの影響は考慮できていない。また、樹脂製透明根管模型と、ヒトの歯では硬さなどが異なり、さらに、明視下での根管形成と口腔内での根管形成とは異なることも考慮が必要であり、これらの要因に対する検討は今後の課題と考える。

結 論

今回、Ni-Ti RF の異なる金属性質と切削様式およびハンドリング方法に着目した。加熱加工された Ni-Ti RF は破折のリスクを低減しており、根管追従性が良好であった。特に使用ファイル本数が多く連続回転により用いる NM 群が、最も根管追従性に優れることが確認された。一方、反復回転を用いたシングルファイルシステムは、根管形成時間が有意に短いことが確認された。NE、NM、RB 群では効率的な根管形成方法やベッキングモーションに関するトレーニングを行うことにより、破折のリスクを低減した根管形成が可能であり、レッジ形成のリスクもきわめて低いと考える。

本研究より、Ni-Ti RF の使用経験がない歯学部生であっても、改良された器具を正しく用いることにより、SSK と比較してきわめて短い時間で、安全に、根管追従性のよい根管形成が可能であることが示唆された。

本論文に関して開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988; 14: 346-351.
- 2) Glossen CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod* 1995; 21: 146-151.
- 3) Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995; 21: 173-176.
- 4) Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91: 715-718.
- 5) Schäfer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2003; 36: 199-207.
- 6) Schäfer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2003; 36: 208-217.
- 7) Schäfer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod* 2004; 30: 432-435.
- 8) Taşdemir T, Aydemir H, Inan U, Unal O. Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. *Int Endod J* 2005; 38: 402-408.
- 9) Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011; 37: 997-1001.
- 10) Peters OA, Gluskin AK, Weiss RA, Han JT. An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2012; 45: 1027-1034.
- 11) Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel-titanium alloys: a comparative study. *Odontology* 2014; 102: 31-35.
- 12) De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, Grande NM. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc Files. *J Endod* 2017; 43: 462-466.
- 13) Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G. Cyclic fatigue resistance

- of Reciproc Blue and Reciproc Files in an S-shaped canal. *J Endod* 2017; 43: 1679-1682.
- 14) Gu Y, Kum KY, Perinpanayagam H, Kim C, Kum DJ, Lim SM, Chang SW, Baek SH, Zhu Q, Yoo YJ. Various heat-treated nickel-titanium rotary instruments evaluated in S-shaped simulated resin canals. *J Dent Sci* 2017; 12: 14-20.
- 15) Maki K, Ebihara A, Kimura S, Nishijo M, Tokita D, Miyara K, Okiji T. Enhanced root canal-centering ability and reduced screw-in force generation of reciprocating nickel-titanium instruments with a post-machining thermal treatment. *J Dent Mater* 2020; 39: 251-255.
- 16) Logsdon J, Dunlap C, Arias A, Scott R, Peters OA. Current trends in use and reuse of nickel-titanium engine-driven instruments: A survey of endodontists in the United States. *J Endod* 2020; 46: 391-396.
- 17) 田中利典, 河野 哲, 海老原 新, 佐藤暢也, 田中弘顕, 西谷佳浩, 廣瀬和人, 松崎英津子, 中田和彦, 北村知昭. 歯学教育機関における歯内療法に使用する器具・材料・薬剤の調査—2019 年アンケート調査結果—. *日歯内療誌* 2021; 42: 31-40.
- 18) 厚生労働省. 令和 4 年 厚生労働省告示第 54 号 別表第二. <https://www.mhlw.go.jp/content/12404000/000907835.pdf> (2024 年 5 月 1 日アクセス)
- 19) Suzuki M, Watanabe T, Ishii M, Tsujimoto Y. Current status of education about endodontic treatment with nickel-titanium files in Japanese universities with dental schools. *Int J Micro* 2023; 14: 26-32.
- 20) 赤堀裕樹, 木方一貴, 長谷川智哉, 田中雅士, 堺 ちなみ, 小畠莉里, 和仁 護, 加藤友也, 伊藤智美, 瀧谷佳晃, 吉田隆一, 河野 哲. Ni-Ti ロータリーファイルを用いた根管形成の術者間比較—ソフトレシプロックによる根管形成能の評価—. *日歯保存誌* 2020; 63: 207-213.
- 21) Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J* 2008; 41: 339-344.
- 22) 松田浩一郎, 新井恭子, 北島佳代子, 五十嵐 勝. シングルファイル法とマルチファイル法における湾曲根管に対する拡大形成の切削特性に関する研究. *日歯保存誌* 2013; 56: 526-536.
- 23) 牧 圭一郎, 海老原 新, 中務太郎, 木村俊介, 興地隆史. ニッケルチタンロータリーファイルを用いた各種根管形成方法における根管形成能の比較—学生による形成に対する評価—. *日歯内療誌* 2019; 40: 179-185.
- 24) 牧 圭一郎, 海老原 新, 中務太郎, 木村俊介, 興地隆史. ニッケルチタン製ロータリーファイルと手用 K ファイルの湾曲根管形成能—未経験者による根管形成の評価—. *日歯保存誌* 2020; 63: 305-311.
- 25) 新井恭子, 松田浩一郎, 山田理絵, 北島佳代子, 北野芳枝, 朝比奈壮郎, 五十嵐 勝. Ni-Ti ロータリーファイルの切削能に関するマルチファイル法とシングルファイル法の比較. *日歯保存誌* 2018; 61: 40-47.
- 26) 下島かおり, 渡邊亮一郎, 佐藤生野, 武藤徳子, 石井信之. ProTaper Next による湾曲根管形成法修得における教育効果. *日歯保存誌* 2016; 59: 287-292.
- 27) Kim JY, Cheung GS, Park SH, Ko DC, Kim JW, Kim HC. Effect from cyclic fatigue of nickel-titanium rotary files on torsional resistance. *J Endod* 2012; 38: 527-530.
- 28) Ha JH, Cheung GS, Versluis A, Lee CJ, Kwak SW, Kim HC. 'Screw-in' tendency of rotary nickel-titanium files due to design geometry. *Int Endod J* 2015; 48: 666-672.
- 29) Ha JH, Kwak SW, Kim SK, Kim HC. Screw-in forces during instrumentation by various file systems. *Restor Dent Endod* 2016; 41: 304-309.
- 30) De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elisa CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J* 2010; 43: 1063-1068.
- 31) 牛窪敏博, 渡邊浩章. ニッケルチタンファイルへ連続回転運動あるいは反復運動を負荷時に生じる周期疲労破折特性. *日歯内療誌* 2016; 37: 150-155.

Evaluation of Root Canal Preparation Using Nickel-titanium Rotary Files by Dental Students

KIHO Kazuki and KAWANO Satoshi

Department of Endodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry

Abstract

Purpose: We asked dental students to use various types of nickel-titanium rotary files (Ni-Ti RFs) to conduct root canal preparation using model root canals, and investigated the effects of metal properties, cutting patterns, and presence or absence of training on the time required for preparation, amount of deviation, wear on the file, and frequency of accidents.

Method: Forty fifth-year students at the Asahi University School of Dentistry carried out root canal preparation of model root canals with a 30° curve by using a stainless-steel K file (SSK) and Ni-Ti RFs. Four different types of Ni-Ti RFs were used: NEX NiTi file (NE), NEX NiTi file Ms (NM), RECIPROC (RE), and RECIPROC blue (RB). We measured the time required for root canal preparation and the amount of root canal deviation with each type of file, and compared the results. We also checked whether ledge formation had occurred and observed the condition of the Ni-Ti RFs after use.

Results: Root canal preparation time with the NE, NM, and RB decreased significantly post-training. It took significantly longer with the SSK than with any of the Ni-Ti RFs. The amount of root canal deviation differed significantly pre- and post-training close to the apex with the NE and NM and from the central part of the curve to the coronal side with the RE and RB. Post-training, root canal preparation with the NE and RE tended to shift toward the outer curve close to the apex, and the amount of root canal deviation on the coronal side of the central part of the curve during preparation with the NM decreased significantly. File fractures occurred with the SSK and with the Ni-Ti RFs pre-training, but post-training, fractures were only seen with the RE. Pre-training, the RE and RB only suffered torsional fatigue fractures, whereas both torsional fatigue and cyclic fatigue fractures of the NE and NM occurred. Ledge formation was observed with the SSK and with the RE pre-training. File extension of the NM and RB was seen pre-training and of the NE and RB post-training. Microcracks after use were seen in all of the Ni-Ti RFs except for the NE.

Conclusion: Our results imply that dental students can safely and accurately carry out root canal preparation in a short amount of time by using Ni-Ti RFs with a martensite phase if they learn the correct method of use.

Key words: nickel-titanium rotary files, dental student, martensite

在宅歯科訪問診療における歯科衛生士業務の実態調査

市 川 清 香 野 村 玲 奈 久 世 恵 里 子 土 藏 明 奈
堀 十 月 長 屋 優 里 菜 西 口 梨 紗 高 橋 明 里
渡 邊 友 美 日 下 部 修 介¹ 横 矢 隆 二² 岩 尾 慧²
 間 下 文 菜² 藤 原 周² 二 階 堂 徹¹

朝日大学医科歯科医療センター歯科衛生部

¹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

²朝日大学医科歯科医療センター包括支援歯科医療部

抄録

目的：在宅歯科訪問診療における歯科衛生士の業務内容について調査する。

対象と方法：朝日大学医科歯科医療センターにて歯科訪問診療を実施する、介護認定を受けた 50 歳以上の在宅患者 458 名（男性 234 名，女性 224 名，平均年齢 76.3 歳）を対象とした。患者の診療録と口腔ケア業務記録から、患者情報（年齢，性別，介護度，残存歯数，認知症の有無）と歯科衛生士の業務内容について調査した。

成績：対象患者の残存歯数は 20 本以下が 56% を占めた。また，要支援・要介護度のレベルは，要介護度 4 以上が半数以上を占め，認知症患者は全体の 29% であった。業務内容は，歯面清掃 (31.8%)，粘膜ケア (26.9%)，口腔機能訓練 (17.7%)，義歯管理指導 (15.2%)，歯周処置 (4.4%)，摂食機能療法 (2.3%)，嚥下内視鏡検査補助 (1.0%)，口腔機能精密検査 (0.4%)，ミールラウンド (0.3%) であった。

結論：在宅歯科訪問診療における対象患者の半数以上が残存歯数 20 歯以下であり，半数以上が要介護度 4 以上，認知症の割合が全体の約 1/3 であった。歯科衛生士業務は，口腔環境の維持・管理が中心であった。

キーワード：歯科衛生士，在宅歯科訪問診療，高齢者

責任著者連絡先：日下部修介

〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851 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

TEL & FAX 058-329-1442, E-mail : kusakabe@dent.asahi-u.ac.jp

受付：2024 年 6 月 24 日/受理：2024 年 9 月 17 日

DOI : 10.11471/shikahozon.67.327

緒 言

近年、わが国は超高齢社会を迎え高齢者の介護需要はますます増加している。一方、重度な介護状態であっても在宅での療養を希望する高齢者は多い。わが国においては、地域包括ケアシステムの推進に伴い、歯科訪問診療の需要も年々高まっている¹⁾。そのなかで歯科衛生士が行う口腔健康管理は、高齢者の QOL の維持・向上にとって非常に重要な業務として位置づけられる²⁾。

朝日大学医科歯科医療センター包括支援歯科医療部では、2016 年 4 月より周辺施設ならびに在宅患者を対象に歯科訪問診療を実施してきた³⁾。渡邉ら⁴⁾は、同センターで実施した施設入居高齢者に対する歯科訪問診療における歯科衛生士の業務内容について実態調査を行った。歯科衛生士業務の内容を 6 項目に分類し、さらに調査対象者を要支援・要介護度レベル別に解析した。その結果、施設入居高齢者に対する歯科衛生士の業務内容は、要支援・要介護度レベルの違いによって大きく異なることを報告した。一方、当センターにおいては在宅高齢者に対する歯科訪問診療も行っているが、それらについての情報は乏しく不明な点も多い。そこで本研究では、在宅訪問患者を対象に歯科衛生士業務の実態調査を行ったので報告する。

対象および方法

本研究の調査対象者は、介護認定を受け、在宅歯科訪問診療を行った 50 歳以上の患者 458 名（男性 234 名、女性 224 名、平均年齢 76.3 歳）である。年代別の人数構成を Fig. 1 に示す。調査期間は 2021 年 1 月 4 日～12 月 28 日であり、対象患者の「診療録」および「口腔ケア業務記録」から、患者情報（介護度、残存歯数、認知症の有無）と歯科衛生士の業務内容（歯面清掃・粘膜ケア・口腔機能訓練・義歯管理指導・歯周処置・摂食機能療法・嚥下内視鏡検査補助・口腔機能精密検査、ミールラウンド）について調査した。なお、本調査は、朝日大学歯学部倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：34029）。

結 果

対象患者の残存歯数の結果を Fig. 2 に示す。対象者の残存歯数は、0～5 本（12%）、6～10 本（14%）、11～15 本（14%）、16～20 本（16%）、21～25 本（16%）、26～32 本（28%）であり、残存歯数が 20 本以下の患者は全体の 56%を占めた。対象患者の要支援・要介護度レベル

別に分類した結果を、Fig. 3 に示す。要支援 1（4%）、要支援 2（12%）、要介護 1（5%）、要介護 2（16%）、要介護 3（9%）、要介護 4（21%）、要介護 5（33%）であり、要介護 4 以上が半数以上であった。Fig. 4 に、対象患者の認知症の有無を示す。認知症の割合は全体の約 1/3 であった。

在宅歯科訪問診療における歯科衛生士業務の割合を項目別に分類した結果を、Table 1 に示す。業務の割合は、歯面清掃（31.8%）、粘膜ケア（26.9%）、口腔機能訓練（17.7%）、義歯管理指導（15.2%）、歯周処置（4.4%）、摂食機能療法（2.3%）、嚥下内視鏡検査補助（1.0%）、口腔機能精密検査（0.4%）、ミールラウンド（0.3%）であり、歯面清掃と粘膜ケアを組み合わせた業務が最も多い結果となった。

考 察

患者の高齢化とともに外来での通院が困難となり、在宅療養を望む高齢者はますます増加傾向にある⁵⁾。わが国においては、地域包括ケアシステムの推進も歯科訪問診療の需要を高める大きな要因である¹⁾。しかし、外来診療と訪問診療を比較した場合、診療環境には大きな違いがある。歯科衛生士による口腔健康管理は、高齢者の良好な口腔衛生状態を保ち、口腔機能低下を防止するうえで大変重要である⁶⁾。渡邉ら⁴⁾は、施設入居高齢者に対する歯科訪問診療における歯科衛生士業務の実態調査を行い、歯科衛生士の業務内容が患者の要支援・要介護度レベルによって影響を受けることを報告した。本研究においては、在宅高齢者を対象に歯科衛生士業務についての実態調査を行った。

本調査対象者の平均年齢は 76.3 歳であり、その半数以上の患者の残存歯数が 20 本以下であった（Fig. 2）。また患者の半数以上が要介護度 4 以上（Fig. 3）、約 1/3 が認知症の既往（Fig. 4）を有することから、口腔衛生状態が不良なケースが多いことは容易に想像できる。要介護度レベルが高い患者や認知症の既往のある患者の場合、患者自身が自分で開口を維持することが困難な場合も多く、歯科衛生士による口腔ケアの介入が困難となる。さらに、サポートをする家族の高齢化によっても介助がより難しくなる^{7,8)}。

施設入居高齢者を対象に調査を行った際、歯科衛生士の業務内容を 6 項目（歯面清掃・義歯管理指導・粘膜ケア・口腔機能訓練・ミールラウンド・摂食機能療法）に分類した⁴⁾。本調査においては、それに加えて新たに 3 項目（歯周処置、嚥下内視鏡検査補助、口腔機能精密検査）を追加して 9 項目とした（Table 1）。「歯周処置」の主な業務はスケーリングであるが、歯科医師が行ったスケー

リングについては本調査対象には含んでいない。「口腔機能訓練」や「摂食機能療法」は、「ミールラウンド」や「口腔機能精密検査」「嚥下内視鏡検査補助」に伴って実

施されるものである⁹⁻¹¹⁾。

本調査の実施期間は、新型コロナウイルス感染症の拡大時期であり¹²⁾、施設入居者の場合に院内感染を防ぐ配慮からミールラウンドや摂食機能療法の実施はなかった⁴⁾。一方、在宅診療においては施設入居者と違い、院内感染を懸念することなくミールラウンドや摂食機能療法が実施可能である。このため、本調査においては「嚥下内視鏡検査補助」と「口腔機能精密検査」の項目を追加した。実際に在宅診療においては、ミールラウンド(6件)や口腔機能精密検査(8件)、嚥下内視鏡検査補助(19件)を実施し、それに伴って口腔機能訓練(327件)、摂食機能療法(43件)を行うケースも認められた。これは施設入居者の場合とは異なる点である。

Table 1 に示すとおり、在宅歯科訪問診療における歯科衛生士業務は、歯面清掃・粘膜ケア・義歯管理指導を中心とする口腔環境の維持・管理に関する業務が多く、歯周処置の割合は比較的少なかった。この傾向は、施設

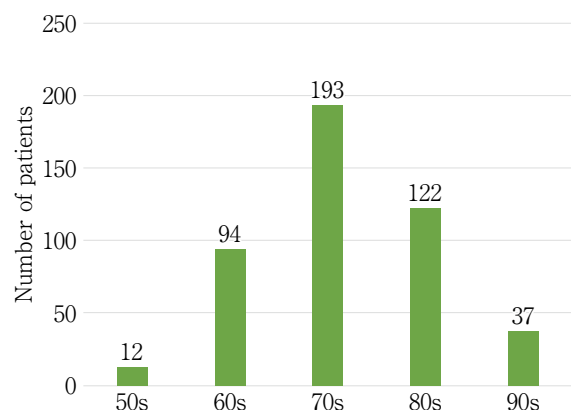


Fig. 1 Age of the patients in distribution

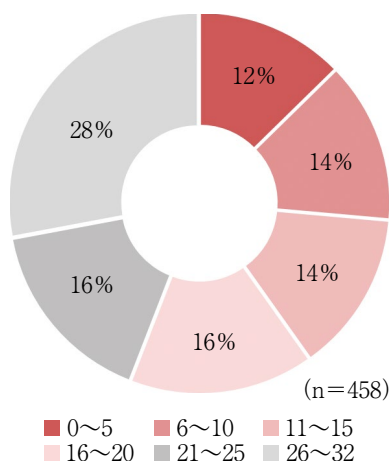


Fig. 2 Percentage of the residual teeth for each patient

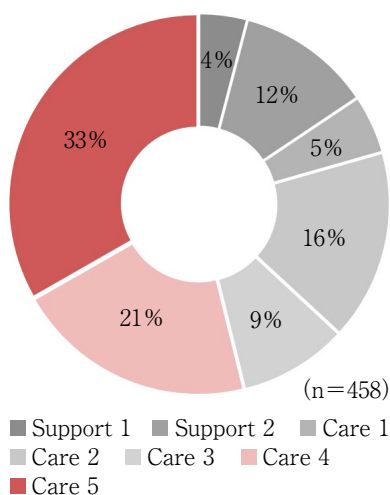


Fig. 3 Percentage of the patients with support/care level

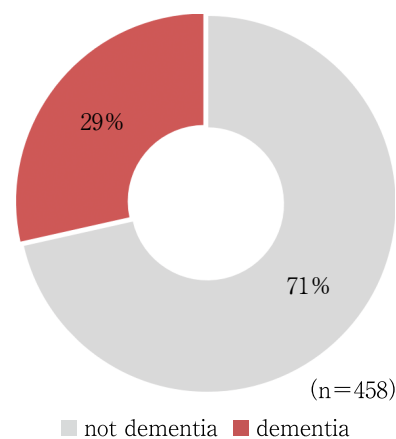


Fig. 4 Percentage of the patients with dementia

Table 1 Number of duties performed by dental hygienists in home-visit services

Items on Dental Hygienist Activities	Number of Cases (%)
Tooth Cleaning	589 (31.8)
Care of Oral Mucosa	497 (26.9)
Oral Functional Training	327 (17.7)
Denture Maintenance	280 (15.2)
Periodontal Treatment	82 (4.4)
Feeding Function Training	43 (2.3)
Swallowing Endoscopy Assistance	19 (1.0)
Complete Examination of Oral Function	8 (0.4)
Meal Rounds	6 (0.3)
Total	1,851 (100)

入居高齢者の結果とも一致している⁴⁾。歯周処置は、患者とその家族との協力が必要不可欠である。上述のように患者の介護度レベルが高い場合や認知症の既往を有する患者の場合、患者との円滑なコミュニケーションが難しくなるケースが多い¹³⁾。本調査項目には含んでいないが、脳血管障害や神経・筋疾患などを有する患者においては、それに伴う嚥下障害のためにスケーリングのように水を使用する処置が制限される場合がある¹³⁾。また患者の体調を考慮して、歯周処置を中止せざるをえない場合もある。スケーリングについては、口腔衛生管理におけるその重要性について、患者と家族から十分に理解が得られずに実施できないケースもある。そのため患者と家族に対して、口腔衛生管理とスケーリングの重要性について啓蒙する努力も必要である。このように歯周処置の実施にはさまざまな障害があるのが現状であるが、今後は歯周処置を実施しやすい環境の改善について検討する必要がある。

歯科訪問診療における歯科衛生士の業務内容について、施設⁴⁾および在宅での実態調査の実施より、訪問診療の環境は、外来診療とは全く異なり、課題も多いことがわかった。また本調査では、在宅における介護度や年代別での業務内容については把握できていないため、今後追加調査が必要である。歯科衛生士が歯科訪問診療を実施する際、患者家族からの「口から食べさせたい」という強い希望があって口腔ケアを実施するケースもある。口から食べることを支援するためにも、今回実施した調査を基に、訪問診療に携わる歯科衛生士の技術の向上や状況に応じた的確な準備物の選定につなげ、患者の生活環境に配慮したより効率的で安心・安全な介入計画の立案や業務を実施する必要性が考えられる。

結 論

1. 在宅歯科訪問診療における対象患者の半数以上が残存歯数 20 歯以下であり、約半数が要介護度 4 以上、認知症の割合が全体の 29%であった。

2. 在宅歯科訪問診療における歯科衛生士業務は、歯面清掃・粘膜ケア・義歯管理指導を中心とした口腔環境の維持・管理に関する業務であったが、歯周処置は少なかった。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

1) 厚生労働省. 要介護認定の仕組みと手順. [https://www.](https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11901000-Koyoukintoujidou)

- mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11901000-Koyoukintoujidou_kateikyoku-Soumuka/0000126240.pdf. (2024 年 4 月 19 日アクセス)
- 2) 金澤紀子. 歯科衛生士の展望と課題. 医療・介護との連携を目指して. 日補綴会誌 2014; 6: 267-272.
 - 3) 小島千栄子, 服部景太, 横矢隆二, 小川雅之, 堤 由希子, 若村全仁, 中川晃輔, 藤原 周. 朝日大学 PDI 岐阜 歯科診療所における訪問歯科診療の現状と課題. 岐阜学誌 2018; 45: 29-33.
 - 4) 渡邊友美, 野村玲奈, 土藏明奈, 堀 十月, 高橋明里, 日下部修介, 高垣智博, 横矢隆二, 服部景太, 岩尾 慧, 藤原 周, 池田正臣, 二階堂 徹. 施設入居高齢者の訪問歯科衛生士における歯科衛生士業務の実態調査. 日歯保存誌 2023; 66: 173-178.
 - 5) 市川伸彦, 小林 梢, 宮 福子, 水橋庸子, 春川麻美, 鈴木紗都子, 涌井英恵, 椎谷 恵, 五十嵐有沙, 八幡加奈子, 牧野真理, 白井貴美, 小暮ミカ. 本学歯科診療所における訪問歯科診療の実態調査—訪問件数の動向および患者から見た訪問診療の評価. 明倫紀要 2018; 21: 95-98.
 - 6) 杉原直樹, 真木吉信, 高江洲義矩, 関口 基, 金子充人, 砂川 豊, 伊藤 卓, 大木保秀, 喜多詰規雄, 後藤佳文, 白鳥 修, 土田和由, 湯浅太郎, 小林健一. 千葉市における在宅要介護老人の歯科保健に関する実態調査 (第 2 報) 在宅要介護老人歯科保健医療のニーズ. 老年歯学 1993; 8: 53-63.
 - 7) 角 保徳, 道脇幸博, 三浦宏子, 中村康典. 介護者の負担軽減を目指す要介護高齢者の口腔ケアシステムの有効性. 老年歯学 2002; 16: 366-371.
 - 8) 水上美樹, 白田祐子, 平塚 薫, 早川かつ枝, 細野 純, 佐藤甫幸, 向井美恵. 歯科衛生士の行う在宅療養者訪問指導事業における食生活にかかわるサービスの実態. 昭歯誌 2002; 21: 295-301.
 - 9) 大岡貴史, 拝野俊之, 弘中祥司, 向井美恵. 日常的に行う口腔機能訓練による高齢者の口腔機能向上への効果. 口腔衛生会誌 2008; 58: 88-94.
 - 10) 古屋純一, 織田展輔, 長谷理恵, 阿部里紗子, 鈴木哲也. 大学病院歯科医療センターにおける摂食・嚥下リハビリテーションの現状とその効果. 老年歯学 2009; 24: 37-47.
 - 11) 千田恵子, 佐藤敏光, 藤原香織. 摂食機能療法への取り組み. 日農医誌 2013; 62: 34-40.
 - 12) 蕨 陽子, 林 健太郎, 森嶋 亮, 井上智之, 清水俊夫, 高橋一司. COVID-19 回復期における基礎疾患のある高齢患者に対する摂食機能療法の効果の検討. 神経治療 2022; 39: 799-802.
 - 13) 花形哲夫. 地域歯科診療所の立場から歯科訪問診療の現状と課題への対応を考える. 老年歯学 2022; 36: 293-298.

A Clinical Survey on Dental Hygienist Activity for the Elderly People at Home Care

ICHIKAWA Sayaka, NOMURA Rena, KUZE Eriko, TSUCHIKURA Akina,
HORI Kanna, NAGAYA Yurina, NISHIGUCHI Risa, TAKAHASHI Akari,
WATANABE Yumi, KUSAKABE Shusuke¹, YOKOYA Ryuji², IWA O Satoshi²,
MASHITA Ayana², FUJIWARA Shu² and NIKAI DO Toru¹

Department of Dental Hygiene, Asahi University Medical and Dental Center

¹Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry

²Department of Comprehensive Dental Support, Asahi University Medical and Dental Center

Abstract

Purpose: This study aimed to investigate the activities of dental hygienists for elderly people receiving home care.

Methods: A total of 458 patients (234 men, 224 women, mean age: 76.3 years) with certified degree levels of long-term support or care, who received home-visiting dental services from the Department of Comprehensive Dental Support, Asahi University Medical and Dental Center, were surveyed. Information of the patients (age, sex, support/care level, number of residual teeth and presence/absence of dementia) and number of items concerning dental hygienist activities (tooth cleaning, care of oral mucosa, oral functional training, denture maintenance, periodontal treatment, feeding function training, swallowing endoscopy assistance, complete examination of oral function, and meal rounds) were retrieved from the patients' clinical records and dental hygienists' daily work records.

Results: Fifty-six percent of the patients had less than 20 residual teeth. More than half of the patients were categorized as above care level 4. Twenty nine percent of the patients were diagnosed with dementia. Items included tooth cleaning (31.8%), care of oral mucosa (26.9%), oral functional training (17.7%), denture maintenance (15.2%), periodontal treatment (4.4%), feeding function training (2.3%), swallowing endoscopy assistance (1.0%), complete examination of oral function (0.4%) and meal rounds (0.3%).

Conclusion: More than half of the patients who received the home-visiting dental services had less than 20 residual teeth. One third of the patients were diagnosed with dementia. More than half of the patients were categorized as above care level 4. The dental hygienist activities were mainly for maintenance and management of the oral environment.

Key words: dental hygienist, home-visit dental services, elderly people

日本歯科保存学雑誌 第 67 巻総目次
(2024 年)

**THE JAPANESE JOURNAL
OF CONSERVATIVE DENTISTRY
VOLUME 67, 2024**

第 1 号（令和 6 年 2 月 29 日発行）

総 説

ケイ酸カルシウム系セメントの生体機能性と歯髄創傷治癒

吉羽 邦彦 （ 1 ）

歯周治療による咀嚼機能回復は血糖コントロール改善に寄与するか？

ー特に食習慣・食栄養バランス改善の点からの考察ー

三辺 正人, 山本 裕子, 河野 寛二
中澤 正絵, 山本 龍生 （ 10 ）

ミニレビュー

歯肉上皮細胞の多彩な役割ー防御と破壊の二面性ー

白井 通彦 （ 20 ）

Fatigue Bond Strength 試験

辻本 暁正 （ 24 ）

原 著

色調適合性を有するシングルシェードコンポジットレジンの色調安定性

塚原 弾, 谷本 安浩, 永田 俊介
平山 聡司 （ 29 ）

ニッケルチタンロータリーファイルによる彎曲根管模型の根管形成

ーフルレンジステックとクラウンダウンテクニックの比較ー

新井 恭子, 湊 華絵, 佐藤 友則
横須賀孝史, 松田浩一郎, 清水 公太
両角 俊哉, 北島佳代子 （ 40 ）

第 2 号（令和 6 年 4 月 30 日発行）

総 説

歯科保存専門医が備える歯周病管理

佐藤 聡 （ 75 ）

歯科保存専門医：現状と今後

北村 知昭 （ 80 ）

誌上シンポジウム「接着を活用した歯の保存戦略」

シンポジウム概要.....斎藤 隆史 （ 85 ）

歯科接着を活用して歯の保存を目指そう.....坪田 有史 （ 86 ）

垂直歯根破折の接着治療と長期予後.....菅谷 勉 （ 89 ）

パーシャルデンチャー補綴における接着性コンポジットレジンへの応用.....大久保力廣 （ 94 ）

原 著

エナメル質酸蝕モデルに対するユニバーサルアドヒージブシステムの接着性評価

鈴木 美穂, 若松 賢吾, 陸田 明智, 杉村 留奈
庄司 元音, 新井 広幸, 武藤 玲
石倉（河津）真実, 宮崎 真至 （ 99 ）

高 pH 環境誘導歯科材料による液体培地中の Lipopolysaccharide 濃度の変化

佐古 亮, 岩澤 弘樹, 倉持 仁, 原田（中里）晴香
石束（鈴木）穂, 丹沢 聖子, 浅井 知宏, 古澤 成博 （ 109 ）

症例報告

歯根形態異常および歯根吸収を呈する根尖膿瘍に対して意図的再植を行った 1 症例

.....堅田 千裕, 岡本 基岐, 栗木菜々子, 泉井 陽菜
井上 愛弓, 藤原 茉優, 木ノ本喜史, 林 美加子 (117)

第 3 号 (令和 6 年 6 月 30 日発行)

総 説

歯科保存治療に適用する漢方薬—立効散と排膿散及湯—.....王 宝禮 (131)

原 著

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臨床評価と再生予測因子の検討

.....吉永 泰周, 丸尾 直樹, 大城希美子, 大和 寛明
土持那菜子, 中上 昌信, 坂上 竜資 (139)

ホームホワイトニング期間中の着色性飲食物摂取と喫煙に対する規制の有無と

歯磨きペーストの種類が漂白効果と後戻りに及ぼす影響

.....新海 航一, 海老原 隆, 鈴木 雅也, 佐藤 史明
吉井 大貴, 若木 卓, 關 秀明, 加藤 千景 (147)

非外科的歯内療法が行われた根尖性歯周炎罹患歯の予後についての後ろ向き研究

—根管充填時の根尖サイズが ISO 規格 55 号以上の根尖性歯周炎罹患歯の予後に影響を及ぼす因子の探索—

.....平田-土屋 志津, 古玉 大祐, 西藤-中山 法子, 成瀬 友哉
川柳 智暉, 西濱 早紀, 宮田-有田 彩加, 貞岡 直樹
白輪地聡美, 王 楚天, 吉田 和真, 中西 惇
松田 真司, 武田 克浩, 柴 秀樹 (157)

歯髄創傷治癒および歯髄再生過程におけるリン酸トランスポーター (Pit-1) の免疫組織学的解析

.....大倉 直人, BALDEON GUTIERREZ Rosa Edith, 高原信太郎
GOMEZ KASIMOTO Susan Kiara, 枝並 直樹, 井田 貴子, 外園 真規
永田 量子, 竹中 彰治, 吉羽 邦彦, 吉羽 永子, 野杵由一郎 (165)

セルフケアにおける水流洗浄器の臨床的機能評価

.....生川 由貴, 柏木陽一郎, 前田 昂佑, 富永翔太郎
野崎 一徳, 村上 伸也 (174)

第 4 号 (令和 6 年 8 月 31 日発行)

総 説

根面う蝕処置に対するフッ化ジアンミン銀の有効性

—基礎的エビデンスに基づく臨床的アプローチ—.....二階堂 徹 (187)

原 著

歯肉上皮のバリア機能に及ぼすスルフォラファンの影響.....菅野真莉加, 田中 準一, 美島 健二

山本 松男 (193)

新規単一シェードフロアブルコンポジットレジン着色性

.....河合 貴俊, 西口 瑞, 関口 詠子
森田 翔平, 山本 陸矢, 多村 美希
中澤 美和, 河本 芽, 高橋 彬文
渡邊 慧子, 前野 雅彦, 北 大樹
光安 廣記, 新田 俊彦, 柵木 寿男 (204)

症例報告

インプラント治療を併用した限局型慢性歯周炎患者の 1 症例	中村 卓, 各務 秀明, 古屋 智紀 野上 琴代, 金 奈賢, 郭 子揚 小山 尚人, 吉成 伸夫	(214)
-------------------------------	---	---------

第 5 号 (令和 6 年 10 月 31 日発行)

総 説

根管充填用シーラーと根管充填法に関する基礎知識	諸富 孝彦	(245)
-------------------------	-------	---------

誌上シンポジウム「保存修復学領域における臨床研究の最前線」

シンポジウム概要	北村 知昭	(251)
Concentrated Growth Factors を併用した歯根端切除術の多施設臨床共同研究	半田 慶介	(252)
臨床研究が示す Bioactive glass 配合歯内治療用材料の有用性	鷺尾 絢子	(256)
歯周病検査の生涯ポータビリティ	高柴 正悟	(261)
接着歯学研究多施設臨床研究の成果からデジタル技術を活用した 次世代型コンポジットレジン修復への展開	保坂 啓一	(266)

原 著

X-Smart Pro+ と WaveOne Gold による湾曲根管形成の切削特性に関する研究	附田 孝仁, 山崎 詩織, 林 玲緒奈, 山根 雅仁, 石井 信之, 武藤 徳子	(269)
歯科領域におけるウイルス性肝炎に関する動画に対するアンケート調査	湯本 浩通, 舞田 健夫, 河野 豊, 植原 治 安彦 善裕, 青田 桂子, 高山 哲治, 四柳 宏	(276)
Ni-Ti ファイル破折防止に対する新規往復回転駆動の有効性に関する研究	藤巻 龍治, 鈴木 二郎, 石井 信之	(288)
ラット歯髓組織由来細胞含有コラーゲンゲルに被包された硬組織周囲に起きる歯髓由来細胞の分化	山田 理絵, 湊 華絵, 清水 公太, 鎗田 将史, 新井 恭子 佐藤 友則, 五十嵐 勝, 北島佳代子, 両角 俊哉	(295)
CLSPN 遺伝子変異 rs115197921 の侵襲性歯周炎との関連性と歯根膜細胞における機能解析	藤原 千春, 北垣次郎太, 松本 昌大, 榎本 梨沙, 島袋 善夫, 村上 伸也	(304)
歯学部生によるニッケルチタンロータリーファイルを用いた根管形成の評価	木方 一貴, 河野 哲	(315)
在宅歯科訪問診療における歯科衛生士業務の実態調査	市川 清香, 野村 玲奈, 久世恵里子, 土藏 明奈, 堀 十月 長屋優里菜, 西口 梨紗, 高橋 明里, 渡邊 友美, 日下部修介 横矢 隆二, 岩尾 慧, 間下 文菜, 藤原 周, 二階堂 徹	(327)

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、原則として原著論文（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）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。12 月には英文誌 “Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology” として発行する。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. 機関リポジトリへは、掲載号の電子公開時点から著者最終原稿あるいは出版社版（PDF）の登録を認める。出典表示を行うこととする。
16. 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。

13. 本規程は令和 3 年 6 月 9 日から一部改正し施行する.
14. 本規程は令和 6 年 5 月 16 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

●本稿執筆当日は東海道新幹線開通 60 周年とのことで、新聞で取り上げられておりました。世界初的高速鉄道として還暦を迎えるまで延べ 70 億人もの人々を運び続け、この間、乗客が亡くなる事故が 1 件も起きていないことは、世界的に高い評価を受けています。時速 285 km もの列車を毎時最大で上下合わせて 34 本も運行可能とのことで、名古屋駅のホームに立つと、最短わずか 3 分間隔という通勤電車かと思う頻度で列車が到着、発車していきます。

●現在、他国にも高速鉄道が開通していますが、これほどの高頻度で大量輸送を安全に行っているものはありません。このようなシステムを 60 年も前に作り上げた先達に、頭の下がる思いです。昭和 30 年代当時は航空機や自動車の発展が予測され、国内外で鉄道斜陽論が唱えられていたそうです。そのようななか、先人達の常識を超えた発想が、私たちの生活を便利なものにしてくれました。

●同じ紙面にはもう一つ、世間の常識を超えたニュースがありました。大谷翔平選手の偉業達成についてです。投手であり主力打者という常識では考えられない二刀流を世界最高の舞台で実現し、故障により投手として活躍できなかった「リハビリ中」の今年、本塁打王と打点王の 2 冠、さらには過去に誰もなしえなかった本塁打数と盗塁数の「50-50」（最終成績：54 本塁打-59 盗塁）を達成したというものです。プロ野球入団時に多くの人から二刀流など不可能だと揶揄され、しかしそれをものともせず、「不可能」を実現した力に驚愕させられます。研究も人知を超えたところに大きな発見があり、常識にとらわれることなく取り組まなければなりません。

●別の項に目を移せば、イスラエルによるパレスチナやレバノンへの攻撃が報じられています。ウクライナでの戦火も収まる兆しがみえません。東海道新幹線の開通は、かつて軍事産業に従事し航空機などの開発に携わっていた技術者達の力によってなされたとのことです。ドローンをはじめ多くの新技術が開発されても、それらが人々の暮らしをより良くするためではなく破壊のために用いられるのなら、科学の発展は悲しいものです。

●日本歯科保存学雑誌および ODEP に投稿していただく論文は、歯科医学の発展を通じて人々の QOL 向上に貢献できるものであり、本誌の編集に携われることに感謝しております。

(諸富孝彦 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	西 谷 佳 浩 (鹿児島大学大学院医歯学総合研究科)
	亀 山 敦 史 (松本歯科大学)
	北 村 和 夫 (日本歯科大学)
	小 牧 基 浩 (神奈川歯科大学)
	高 橋 慶 壮 (奥羽大学歯学部)
	武 市 収 (日本大学歯学部)
	野 田 守 (岩手医科大学歯学部)
	保 坂 啓 一 (徳島大学大学院医歯薬学研究部)
	諸 富 孝 彦 (愛知学院大学歯学部)
	山 本 松 男 (昭和大学歯学部)
	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)

(50 音順)

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
英文誌	9 月 15 日	12 月末日

令和 6 年 10 月 31 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

林 美 加 子

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
イボクラールビバデント株式会社	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
エンピスタジャパン株式会社	140-0001	東京都品川区北品川 4-7-35 御殿山トラストタワー 13F	(0800)111-8600
カボプランメカジャパン株式会社	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	(0800)100-6505
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 2-6-4 常盤橋タワー	(03)6701-1700
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
株式会社ジーシー昭和薬品	113-0033	東京都文京区本郷 1-28-34	(03)5689-1580
株 式 会 社 松 風	605-0983	京都市東山区福稲上高松町 11	(075)561-1112
ソルベントム合同会社	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
ビヤス株式会社	132-0035	東京都江戸川区平井 6-73-9	(03)3619-1441
マニ ー 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
Y A M A K I N 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)

(第 卷 号掲載希望)

- [illegible]

-

年 月 日

・論文タイトル _____

・ 著者（全員）	印	印	印
	印	印	印
	印	印	印
	印	印	印
	印	印	印

(次頁にチェックリストがあります)

貴稿が日本歯科保存学雑誌の投稿規程に沿ったものであるかを確認し、1～12の項目については、必ず著者チェック欄にチェック（✓印）して下さい。さらに、その項目について、所属機関の編集連絡委員のチェックを受けてから投稿して下さい。（編集連絡委員名簿は各巻1・4号に掲載しています）

なお、13～20の項目については該当する場合にチェックして下さい。

チェック 著者 編集連絡委員	チェック 編集委員会
☐ ☐ 1. 保存学会 HP 掲載の最新の投稿票を用いていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 2. 原稿（図、表を含む）は A4 サイズで作成していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 3. 原稿は和文（英文）表紙、和文（英文）抄録、本文、文献、英文（和文）表紙、英文（和文）抄録の順になっていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 4. 和文抄録、英文抄録には、見出しが付いていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 5. 和文・英文各表紙の末尾に責任著者連絡先が記入してありますか。	☐ ☐
☐ ☐ 6. 和文・英文各キーワード（索引用語）を3語程度、和文抄録・英文抄録の末尾に記入してありますか。	☐ ☐
☐ ☐ 7. 表紙には、ランニングタイトルが記入してありますか。	☐ ☐
☐ ☐ 8. 原稿には通しページ番号（表紙から文献まで）が記載されていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 9. 文献は所定の書き方で、引用順になっていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 10. 図表にはそれぞれ番号が記入してありますか。	☐ ☐
☐ ☐ 11. 図表とその説明は英語で表記していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 12. 投稿論文に関わる利益相反（COI）自己申告書を添付していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 13. トレースの必要な図は、余白にその旨記載してありますか。	☐ ☐
☐ ☐ 14. カラー掲載希望の場合にはカラーデータを、モノクロ掲載希望の場合にはモノクロデータを添付していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 15. 英文論文の場合は、ネイティブスピーカー等による英文校閲証明書を添付していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 16. ヒトを対象とする研究について、所属機関の長もしくはその長が委託する倫理委員会等の承認を得ていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 17. 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症例発表については、その法に従い患者に提供された技術であることを明記していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 18. 適応外使用の薬剤・機器あるいは国内未承認の医薬品、医療機器、再生医療等製品を用いた治療法を含む症例発表については、所属機関の長もしくはその長が委託する倫理審査委員会、未承認新規医薬品等審査委員会等の承認を得ていますか。	☐ ☐
☐ ☐ 19. 患者資料（臨床写真、エックス線写真など）を症例報告論文に掲載するにあたり、患者（保護者・代諾者）から同意を得ていることを明記していますか。	☐ ☐
☐ ☐ 20. 論文発表に際して、研究対象者（患者）個人が特定できないよう、個人情報保護していますか。	☐ ☐

編集連絡委員名 _____ (印)

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

Thinking ahead. Focused on life.



Spaceline EX

スペースライン EXが iFデザイン賞の金賞を受賞

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



発売

株式会社 モリタ

大阪本社 大阪府吹田市垂水町3-33-18
〒564-8650 T 06. 6380 2525
東京本社 東京都台東区上野2-11-15
〒110-8513 T 03. 3834 6161
お問合せ お客様相談センター 歯科医療従事者様専用
T 0800. 222 8020（フリーコール）

製造販売・製造

株式会社 モリタ製作所

本社工場 京都府京都市伏見区東浜南町680
〒612-8533 TEL 075-611-2141
久御山工場 京都府久世郡久御山町市田新珠城190
〒613-0022 TEL 0774-43-7594

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

www.dental-plaza.com



SHOFU BLOCK PEEK

強く、
しなやかに



新しいCAD/CAM冠

PEEK冠接着システム

PEEK冠の接着には、サンドブラスト処理と前処理材の塗布を行い、接着性レジンセメントで接着する必要があります。

内面
処理

CAD/CAMレジン用 アドヒーシブ

(内面処理加算45点)

管理医療機器 認証番号 304AKBZX00039000

※保険適用必須要件

■PEEKに対するせん断接着強さ

初期 **29.7**MPa

(サーマルサイクル5000回後:29.6MPa)

※使用レジンセメント:ビューティリンクSA
※自社試験結果



CAD/CAM冠用材料(I)~(IV)同様、松風ブロック PEEK にも無機フィラーが含有されていますが、素材が異なるため通常のシランカップリング剤では十分な接着強さが得られません。松風ブロック PEEKを構成する樹脂成分に対し、すぐれた濡れ性を有し高い接着強さを発現する前処理材として、「CAD/CAMレジン用アドヒーシブ」をご使用ください。

必ずサンドブラスト処理してください。

CAD/CAM冠用材料(V)の保険適用必須要件です。

セメント 塗布

ビューティリンク SA

管理医療機器 認証番号 304AKBZX00032000

推奨レジンセメント

※接着性レジンセメント使用が保険適用必須要件



支台歯 処理

ビューティボンド Xtreme

管理医療機器 認証番号 302AKBZX00026000

1液型のボンディング材

※より高い接着性能を発揮させるためご使用ください。



松風ブロック PEEK (CAD/CAM冠用材料(V))

[サイズ] 1種: サイズ14 [色調] 1色: アイボリー 5個入.....¥28,000

保険適用
について
説明動画▶



製品の詳細はこちらまで...

松風



www.shofu.co.jp

販売名	一般的名称	承認・認証・届出番号
松風ブロック PEEK	歯科切削加工用レジン材料	管理医療機器 医療機器認証番号 303AGBZX00083A01

価格は2024年10月現在の標準医院価格(消費税抜き)です。



世界の歯科医療に貢献する

株式会社 松風

●本社:〒605-0983京都市東山区福福上高松町11 お客様サポート窓口(075)778-5482 受付時間8:30~12:00 12:45~17:00(土日祝除く) www.shofu.co.jp

●支社:東京(03)3832-4366 ●営業所:札幌(011)232-1114/仙台(022)713-9301/名古屋(052)709-7688/京都(075)757-6968/大阪(06)6330-4182/福岡(092)472-7595

う蝕病変を明確に捉える**咬翼法**の規格撮影に



デンタルフィルム、イメージングプレート用
クイックバイト/フィルムホルダー



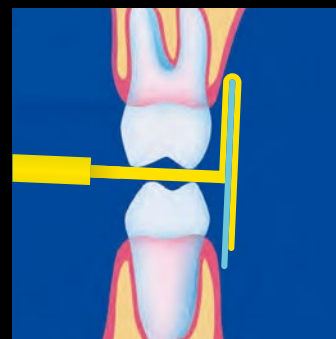
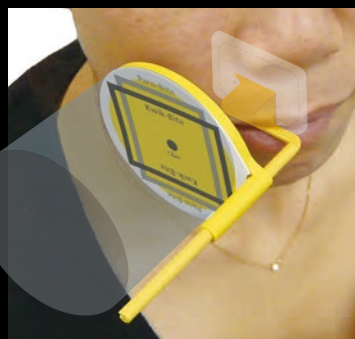
CCDセンサー用
クイックバイト/センサーホルダー

咬翼法は臼歯部の隠れたう蝕や隣接面う蝕、咬合面う蝕など、視診だけでは検出が困難な病変の補助的診査として優れた撮影方法です。

クイックバイトを用いるとフィルムタブは不要で、毎回正しい位置と角度の咬翼法による規格撮影を簡単に行うことができます。



クイックバイトの使用方法を
動画でチェック



クイックバイトによる撮影ポジション

フィルムホルダー 一般医療機器 歯科用X線ビームアラインメント装置 医療機器製造販売届出番号:13B1X10405100100
センサーホルダー 一般医療機器 歯科用X線ビームアラインメント装置 医療機器製造販売届出番号:13B1X10405102700

Customer's
Voiceのご案内



伊藤 直人 先生、藤森 直子 先生ご執筆、
咬翼法に関する臨床レポートを公開中。
是非、ご覧ください。



エンビスタジャパン
Webサイト

Envista エンビスタジャパン株式会社

〒140-0001 東京都品川区北品川 4-7-35 御殿山トラストタワー

TEL:0800-111-8600 FAX:03-6866-7273

www.envistaco.jp

Concept

SMOOTH

急な引き込まれを大幅軽減

FLEXIBLE

本来の根管から逸脱しづらい
刃部構造と柔軟性

SIMPLE

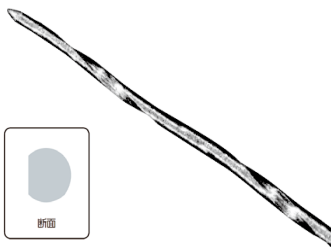
I・II・III の3本で終了
簡単な手順、使用方法を採用



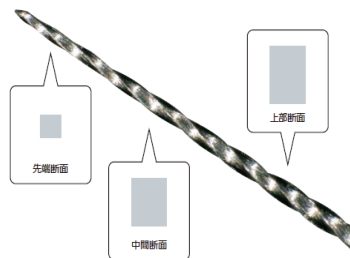
ホームページより
動画をご覧ください



D ファインダー



グライドファインダー



- 過剰な切削・食い込みを軽減できる。
- 刃部強度を高め、穿通力を UP。
- 石灰化、狭窄した根管にも折れにくく有効。

穿通性 + 切削性

- 先端部テーパを強化し力が伝わりやすい。
- 断面形状の変化による優れた切削性と柔軟性。
- 穿通のみならずグライドパス形成も可能。

医療機器届出番号 09B1X00006011050 一般医療機器 一般名称：歯科用ファイル 販売名 マニー®D ファインダー

医療機器届出番号 09B1X00006011010 一般医療機器 一般名称：歯科用ファイル 販売名 マニー®K ファイル

ESTECER II

BONDMER Lightless II で 簡単前処理、術式の統一



CR充填時の
ボンディング



支台築造時の
前処理



補綴物・補綴装置の
前処理



セメンティング時の
前処理



補綴物も歯質も操作はひとつ



塗布後の待ち時間も光照射も不要！

エステセム II

- CAD/CAMハイブリッドレジンも安定した接着力。
- 垂れにくく、余剰セメントも除去しやすいペースト。
- 無機フィラー74wt%で高強度を実現。

歯科接着用レジンセメント

エステセム II

ボンドマー ライトレス II セット

(管理医療機器) 認証番号228AFBZX00129000



オートミックスセット

標準医院価格 ¥20,500 / セット



ハンドミックスセット

標準医院価格 ¥20,500 / セット



詳細は特設サイトで！

<https://www.tokuyama-dental.co.jp/bondmer2>



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