

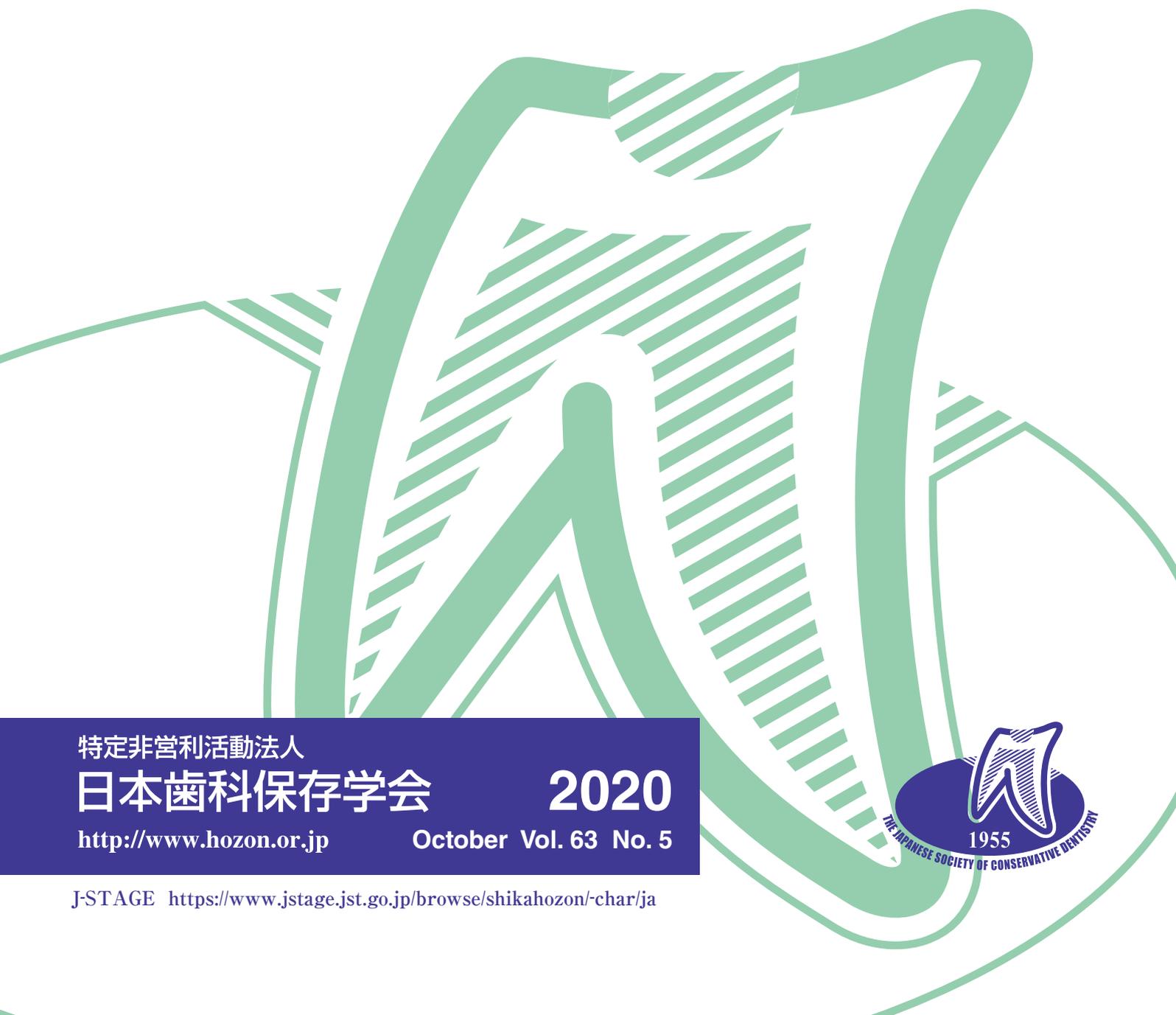
昭和47年10月30日学術刊行物認可289号 令和2年10月31日発行（年6回発行）

ONLINE ISSN 2188-0808

日本歯科保存学雑誌

*THE JAPANESE JOURNAL OF
CONSERVATIVE DENTISTRY*

日歯保存誌 Jpn J Conserv Dent



特定非営利活動法人

日本歯科保存学会

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

2020

October Vol. 63 No. 5



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

Vitapex[®]

黄色は強さ! Dr.イエロー!



イメージです。実際の製品は黄色のペーストです。

ビタペックス[®]

水酸化カルシウム・ヨードホルムパスタ

高度管理医療機器 医療機器承認番号 16300BZZ00918000

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

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

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

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

W **ダブルで働くDr.イエロー**



黄色いヨードホルムが治療をバックアップ。

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

 **ネオ製薬工業株式会社**
東京都渋谷区広尾3丁目1番3号

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

jizai
—自在—

Be
Flexible.



MANI®

製造販売 **マニー株式会社**

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

発売 **株式会社モリタ**

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

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

シェードの無い世界へ ようこそ



フィラーによる構造色で歯質の色と同化します。

オムニクロマ特設ページはこちら

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



VITA16色が1本で。
歯科充填用コンポジットレジン(光硬化型)

オムニクロマ

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

2020年
11月24日
新発売

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

全医療従事者が知っておくべき 歯周病と全身のつながり

不健口が寝たきり・糖尿病・アルツハイマー病を招く 西田 互 著

歯周病菌が糖尿病やアルツハイマー病に関与——不健口が全身を蝕む?!
必見! 誕生間近のアルツハイマー病新薬〈ジンジパイン阻害薬〉の解説は本邦初!!

■ B5判/114頁/2色 ■ 定価(本体3,500円+税)

人生100年時代は
口腔の健康から!



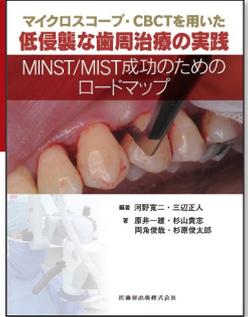
マイクロスコープ・CBCT を用いた 低侵襲な歯周治療の実践 MINST/MIST 成功のためのロードマップ

河野寛二・三辺正人 編著

MINST/MIST 成功のために具体的な術式や治療症例などビジュアルにわかりやすく解説した一冊。

■ A4判変型/174頁/カラー ■ 定価(本体13,000円+税)

体に負担の少ない
低侵襲な歯周治療が
注目を集めています!



デンタルプラークのすべて

歯科疾患の予防と治療はバイオフィームとの戦い

奥田克爾 著

口腔内の *Porphyromonas gingivalis* から COVID-19 まで、
歯科の目線から感染や免疫の機序を理解する一冊です。

■ A4判/188頁/2色 ■ 定価(本体7,700円+税)

デンタルプラークを探り続けてきた
著者の畢生の大作がここに!



カリエスブック

5ステップで結果が出るう蝕と酸蝕を予防するカリオロジーに基づいた患者教育

伊藤直人 著

う蝕になりやすい理由が理解できる、カリオロジーのエビデンスが満載!
う蝕になりにくくする、シンプルなう蝕予防システム NICCS を紹介。

■ A5判/120頁/カラー ■ 定価(本体4,000円+税)

う蝕に

「なりやすい人」
を
「なりにくい人」に...



MB2

上顎大白歯近心頬側第2根管の歯内療法 牛窪敏博 著

MB2 を見落とさないための根管口の探索方法などにポイントを置き、
根管解剖の基礎も盛り込みながら、その治療法についてわかりやすく解説した実践書。

■ A4判変型/72頁/カラー ■ 定価(本体5,400円+税)



日本歯科保存学会 2021 年度春季学術大会（第 154 回）案内

日本歯科保存学会 2021 年度春季学術大会（第 154 回）は、2021 年 6 月 10 日（木）・11 日（金）、鹿児島県鹿児島市（担当校：鹿児島大学大学院医歯学総合研究科先進治療科学専攻顎顔面機能再建学講座歯科保存学分野、大会長：西谷佳浩教授）において、下記のとおり開催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。

2020 年 10 月
特定非営利活動法人 日本歯科保存学会
理事長 田上 順次

1. 会 期 2021 年 6 月 10 日（木）・11 日（金）
2. 会 場 川商ホール（鹿児島市民文化ホール）
〒 890-0062 鹿児島県鹿児島市与次郎 2-3-1
TEL：099-257-8111

3. 発表形式

発表形式は、口演・ポスター発表です。口演は 20 題、ポスター発表は 160 題程度を予定しております。発表可能な演題形式および数には限りがあります。演題申込み時には「口演」「ポスター」「口演、ポスターどちらでも」を選択してください。一つの発表形式に希望が集中した場合、変更をお願いすることがあります。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よう、口演およびポスター発表においても、症例報告や検査・診断・治療テクニック・新材料・新技術の紹介など、臨床に即した内容の発表も歓迎します。

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

1) 口 演

- ◆発表時間は 8 分、質疑応答が 2 分です。なお、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。
- ◆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。詳細につきましては、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。その他の詳細は、演題採用の通知時にご案内いたします。

4. 発表の申込み

学術大会ホームページ（<http://www.kokuhoken.jp/jscd154>）による受付となります。

1) 演題申込方法

- ・一般発表における筆頭発表者には、演題登録時に COI (conflicts of interest) に関する自己申告書の提出が求められます。様式等の詳細については学術大会ホームページをご参照ください。
- ・演題発表には、本会機関誌と同等の倫理規程が適用されます。詳細については、学会ホームページをご確認願います。

http://www.hozon.or.jp/member/ethics_code.html#meeting_ethics

2) 演題申込期間

2020 年 12 月 14 日（月）正午～2021 年 2 月 5 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」「口演、ポスターどちらでも」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。
エントリー演題には審査用の新分野の選択が必要です。詳細は演題登録ページをご参照ください。
- ・『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：質の高い治療法や機器等の活用法についての情報共有化を図るために、本学術大会では「ポスター」発表において、『専門医優秀症例発表賞』と『認定医優秀症例発表賞』を設け、それぞれ1演題の選考と表彰を行いますので奮って登録願います。

4) 演題・抄録提出時の注意点

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

5) その他

- ・学会当日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154回学術大会に関する問い合わせ先

日本歯科保存学会 2021年度春季学術大会（第154回）大会事務局

(一財) 口腔保健協会内

〒170-0003 東京都豊島区駒込1-43-9

TEL: 03-3947-8761 FAX: 03-3947-8873

E-mail: jscd154@kokuhoken.jp

HP: <http://www.kokuhoken.jp/jscd154>

6. ポスター発表掲示形式

- 1) ポスターパネルは、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、演題番号は大会主管校が用意します。
- 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。



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。事前登録の詳細は次号にてご案内いたします。

8. 会員懇親会について

本学術大会における会員懇親会は、現在検討中です。

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。

認定医申請のお知らせ

下記の要領で2020年度第2回認定医認定審査を開催致します。認定医認定の審議を希望される先生は下記の要領で応募されますようお願いいたします。なお、研修単位管理システム（バーコードシステム）への登録が必須です。詳細は、学会HP (http://www.hozon.or.jp/member/training_unit.html) をご覧下さい。

認定医試験のタイムスケジュール

2020年 12月1日(火)：申請受付開始

12月18日(金)：締め切り(消印有効)

2021年 1月下旬(予定)：申請書類審査会開催

3月上旬(予定)：筆記試験、提出症例の書類審査(東京での開催を予定。但し、新型コロナウイルス感染症の感染状況によってはオンラインでの実施の可能性あり)

認定医申請書類ならびに「しおり」について

学会HPよりダウンロードして下さい。

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

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

※申請書類については、所定のフォーマットを使用して下さい(改変は不可)。

認定医申請料・受験料・登録料

認定医申請料：1万円

認定医受験料：2万円

認定医登録料：1万円

*申請時には、申請料と受験料(計3万円)をお振り込み願います。

*郵便局備え付けの郵便振替用紙(青色)にて下記の口座にお振り込み願います。

口座番号：00130-8-552710

加入者名：日本歯科保存学会認定医審議会

- ・詳細は本会機関誌63巻4号に同封の認定医制度規則・認定医制度施行細則をご参照ください。
- ・本会認定医制度および認定試験の最新情報については、そのつどホームページおよび本機関誌の緑色の頁でお知らせしています。

2020年10月

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会 認定委員会

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

日本歯科保存学会 2020 年度第 2 回専門医試験を、下記の要領で実施いたします。詳細につきましては、本誌に同封の「本制度規則」をご参照下さい。なお、研修単位管理システム（バーコードシステム）への登録が必須です。詳細は、学会 HP (http://www.hozon.or.jp/member/training_unit.html) をご覧下さい。

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

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

専門医申請

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

詳細は制度規則第 2 章第 2 条をご参照下さい。認定医資格登録後、3 年以上本会員である方が対象となります。(認定医番号 No.1~361 の方)

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

(研修施設において取得すべき業績)

第 15 条 研修施設において取得すべき業績は次の各号を満たすものであること

- (1) 研修施設において通算 5 年以上の認定研修を修了すること
- (2) 研究論文を 1 編以上日本歯科保存学雑誌に発表すること (共同著者可)

→入会から専門医申請までの業績

- (3) 本会学術大会で 1 回以上演者として発表を行うこと (共同発表可)

→認定医取得後から専門医申請までの業績

2020 年度第 2 回専門医試験実施要綱

2021 年 3 月上旬(予定)に東京で実施予定です。詳細は、学会 HP に掲載されている「専門医制度のしおり」をご参照下さい。(但し、新型コロナウイルス感染症の感染状況によっては、オンラインでの実施の可能性あり)

- ・ 2020 年度第 2 回指導医および専門医申請受付期間：2020 年 12 月 1 日～12 月 18 日 (消印有効)
- ・ 研修施設名、主任指導医名は後に記載してあります。

—以下、指導医・専門医申請ともに共通です—

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

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

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

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

（注）郵便振替領収のコピーを申請用紙に必ず添付して下さい。

- ・申請書類送付先（本学会事務局内）

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

- ・入会年月日および受験資格などの問い合わせ

本学会事務局へメールまたはFAX(03-3947-8341)にてお問い合わせ下さい。(e-mail: gakkai5@kokuhoken.or.jp)

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

(2020年7月3日現在)

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

新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻
口腔健康科学講座う蝕学分野

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

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第1講座

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第2講座

日本歯科大学新潟生命歯学部歯周病学講座

日本歯科大学新潟病院総合診療科

松本歯科大学歯科保存学講座(修復)

(歯内)

(歯周)

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯冠修復学

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯内療法学

朝日大学歯学部口腔感染医療学講座歯周病学分野

愛知学院大学歯学部保存修復学講座

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

愛知学院大学歯学部歯周病学講座

大阪歯科大学歯科保存学講座

大阪歯科大学口腔治療学講座

大阪歯科大学歯周病学講座

大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座
(歯科保存学教室)

大阪大学大学院歯学研究科口腔分子免疫制御学講座
(口腔治療学教室)

大阪大学歯学部附属病院口腔総合診療部

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

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

岡山大学病院総合歯科

広島大学大学院医歯薬保健学研究院

統合健康科学部門歯髄生物学研究室

広島大学大学院医歯薬保健学研究院

応用生命科学部門歯周病態学研究室

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

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

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

九州歯科大学口腔機能学講座歯周病学分野

九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座
歯周病学研究分野

九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座
歯科保存学研究分野

九州大学病院口腔総合診療科

福岡歯科大学口腔治療学講座歯科保存学分野

福岡歯科大学口腔治療学講座歯周病学分野

長崎大学病院歯科系診療部門保存・補綴歯科
虫歯治療室

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科
歯周歯内治療学分野

長崎大学病院口腔管理センター

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

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

京都府立医科大学附属病院歯科

兵庫医科大学病院歯科口腔外科

日本医科大学千葉北総病院歯科

野 杵 由一郎

北 島 佳代子

新 海 航 一

佐 藤 聡

江 面 晃

亀 山 敦 史

増 田 宜 子

吉 成 伸 夫

二 階 堂 徹

河 野 哲

中 田 和 彦

三 谷 章 雄

山 本 一 世

前 田 博 史

梅 田 誠

林 美 加 子

村 上 伸 也

野 崎 剛 徳

吉 山 昌 宏

高 柴 正 悟

鳥 井 康 弘

柴 秀 樹

湯 本 浩 通

北 村 知 昭

中 島 啓 介

西 村 英 紀

前 田 英 史

和 田 尚 久

阿 南 壽

坂 上 竜 資

久 保 至 誠

吉 村 篤 利

鵜 飼 孝

西 谷 佳 浩

野 口 和 行

金 村 成 智

本 田 公 亮

鴨 井 久 博

日本歯科保存学会 2020 年度指導医合格者（登録順）

○登録日：2020 年 7 月 3 日

指導医 (1) なし

指導医 (2) 島田康史, 稲本京子

指導医 (3) 尾崎和美

※指導医 (1)：専門医歴 10 年以上

※指導医 (2)：専門医歴 5 年以上

※指導医 (3)：その他

2021 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(63 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, 奮ってご応募下さい.

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: 2020 年 12 月末日(必着)

* 申請書提出先: 本会事務局

(〒170-0003 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 63 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

2020 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 田上 順次

日本歯科保存学雑誌

第 63 巻第 5 号

令和 2 年 10 月

目 次

総 説

マイクロテンサイル法（微小引張接着試験）について……………西谷 佳浩, 星加 知宏 (351)

原 著

Study on Rehardening of Demineralized Dentin with Resin-modified Pulp-capping Agents Containing MTA……………TSUTANI Kayo, YASUO Kenzo, TANIMOTO Hiroaki, YOSHIKAWA Kazushi and YAMAMOTO Kazuyo (356)

ジルコン粉末を用いた噴射研削による小窩裂溝齲蝕除去について……………堀田 正人, 瀧谷 佳晃, 河野 哲 (368)

高度テーパー加工フィラメント植毛歯ブラシヘッドの大きさの違いが人工プラーク除去に及ぼす影響……………堀田 正人, 佐野 晃, 清水翔二郎, 石樽 大嗣, 日下部修介, 二階堂 徹 (377)

第 3 次産業勤労者の口腔保健行動と意識
—大阪府堺市西区における 2016 年度アンケート調査—……………志倉 興紀, 志倉 敬章, 内川竜太郎, 山本 昭夫, 富田美穂子 (385)

トモシンセシス法を用いたパノラマ X 線画像における歯周組織所見の主観的および物理学的画質評価……………杉原俊太郎, 両角 俊哉, 香西 雄介, 印南 永泉, 泉 雅浩, 田村 利之, 櫻井 孝, 三邊 正人 (396)

Evaluation of Root Canal Wall Displacement and Working Time in Simulated Curved Root Canals Using Various Reciproc Files……………SEKIYA Miki, MAEDA Munehiro, NISHIDA Taro and IGARASHI Masaru (405)

ポリエチレングリコール鎖を有する機能性モノマー配合接着材の象牙質接着性と弾性率……………英 將生, 木村紗央里, 大川 一佳, 山本 雄嗣 (414)

pH 調整による EDTA 溶液の根管象牙質に及ぼす影響……………藤巻 龍治, 鈴木 二郎, 石井 信之 (425)

症例報告

〔優秀症例発表賞受賞演題〕

露髄を伴う前歯部破折症例への加圧直接覆髄処置と即日接着修復の応用……………片平 信弘, 稲井 紀通, 田上 順次 (432)

歯内-歯周治療を基本とした包括的治療症例……………冨永 尚宏, 木庭 大槻, 石井 信之 (438)

非穿孔型の広範な歯根内部吸収を認めた上顎右側中切歯の 1 症例……………大墨 竜也, 竹中 彰治, 野村由一郎 (445)

歯周組織の炎症と不妊の関連性を示唆する, ある侵襲性歯周炎患者の病態生理……………大森 一弘, 河野 隆幸, 小林 寛也, 新井 英雄, 山本 直史, 高柴 正悟 (451)

慢性根尖性歯周炎に罹患した下顎第二大臼歯槌状根に非外科処置にて対応した 1 症例……………川西 雄三, 前薮 葉月, 林 美加子 (461)

広汎型重度慢性歯周炎患者に対しリグロスを用いた歯周組織再生療法を行い, 包括的歯科治療を行った 1 症例……………須藤 瑞樹 (467)

投稿規程…………… (474)

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. 63, No. 5

OCTOBER 2020

CONTENTS

Review

- A Microtensile Test to Measure Bond Strengths.....NISHITANI Yoshihiro and HOSHIKA Tomohiro (351)

Original Articles

- Study on Rehardening of Demineralized Dentin with Resin-modified Pulp-capping
Agents Containing MTA.....TSUTANI Kayo, YASUO Kenzo, TANIMOTO Hiroaki,
YOSHIKAWA Kazushi and YAMAMOTO Kazuyo (356)
- Removal of Pit and Fissure Caries by an Air Abrasive Unit Using Zircon Powder
.....HOTTA Masato, TAKITANI Yoshiaki and KAWANO Satoshi (368)
- Artificial Plaque Removal Efficacy of Different Sizes of Toothbrush Bristles
with Highly Tapered Filaments.....HOTTA Masato, SANO Akira, SHIMIZU Shoujiro,
ISHIGURE Hiroshi, KUSAKABE Shusuke and NIKAIDO Toru (377)
- Oral Health Behavior and Awareness of Tertiary Industry Workers: A 2016 Questionnaire
Survey in Nishi-ku, Sakai-shi, Osaka.....SHIKURA Okinori, SHIKURA Takaaki, UCHIKAWA Ryutaro,
YAMAMOTO Akio and TOMIDA Mihoko (385)
- Subjective and Physical Image-quality Evaluation of Periodontal Tissue Findings
with Panoramic X-radiography Using Tomosynthesis
.....SUGIHARA Shuntaro, MOROZUMI Toshiya, KOZAI Yusuke,
INNAMI Hisashi, IZUMI Masahiro, TAMURA Toshiyuki,
SAKURAI Takashi and MINABE Masato (396)
- Evaluation of Root Canal Wall Displacement and Working Time in Simulated Curved
Root Canals Using Various Reciproc Files.....SEKIYA Miki, MAEDA Munehiro, NISHIDA Taro
and IGARASHI Masaru (405)
- Dentin Adhesion and Elastic Modulus of Adhesives Containing a Functional Monomer
Having Polyethylene Glycol Chains.....HANABUSA Masao, KIMURA Saori,
OKAWA Kazuyoshi and YAMAMOTO Takatsugu (414)
- The Effect of pH-regulated EDTA on Root Canal Dentin
.....FUJIMAKI Ryuji, SUZUKI Jiro and TANI-ISHII Nobuyuki (425)
- ### Case Reports
- Direct Pulp Capping with Condenses and Adhesive Restoration on Fracture Teeth
with Pulp Exposure.....KATAHIRA Nobuhiro, INAI Norimichi and TAGAMI Junji (432)
- A Case Report : Comprehensive Treatment Approach Based on Endodontic
and Periodontal Therapy.....TOMINAGA Naohiro, KOBA Taiki and TANI-ISHII Nobuyuki (438)
- Endodontic Management of the Maxillary Right Central Incisor with Extensive Internal
Root Resorption without Perforation.....OHSUMI Tatsuya, TAKENAKA Shoji and NOIRI Yuichiro (445)
- Pathophysiologic Consideration for a Patient with Aggressive Periodontitis Suggesting
a Relationship between Periodontal Inflammation and Infertility
.....OMORI Kazuhiro, KONO Takayuki, KOBAYASHI Hiroya,
ARAI Hideo, YAMAMOTO Tadashi and TAKASHIBA Shogo (451)

A Nonsurgical Approach to a C-shaped Mandibular Second Molar with Chronic Apical Periodontitis:
A Case Report.....KAWANISHI Yuzo, MAEZONO Hazuki and HAYASHI Mikako (461)
A Case Report of Comprehensive Periodontal Therapy Using REGROTH for Generalized
Severe Chronic Periodontitis.....SUTO Mizuki (467)

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

マイクロテンスイル法（微小引張接着試験）について

西谷佳浩 星加知宏

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

A Microtensile Test to Measure Bond Strengths

NISHITANI Yoshihiro and HOSHIKA Tomohiro

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Field of Oral and Maxillofacial Rehabilitation,
Course for Developmental Therapeutics, Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences

キーワード：マイクロテンスイル法，象牙質，試料作製

はじめに

日本歯科保存学会の認定医制度では、認定医を取得してから専門医の申請を行う際に、日本歯科保存学雑誌への研究論文発表および学術大会での発表が必要とされており、専門医を志す会員は自身の研究活動を報告することになる。

「保存修復学」「歯内療法学」「歯周病学」の三分野からなる日本歯科保存学会で発表される研究分野は多岐にわたっており、研究テーマが異なれば、試料作製や実験方法を直接目にする機会は少ないと思われる。他分野の研究活動を身近に感じていただく、あるいは今後の研究の参考になればという思いから、2019年度秋季学術大会（第151回）認定研修会において、筆者らがこれまで行ってきた歯科用接着材料の接着に関する研究の一部について紹介した。

マイクロテンスイル法における試料の作製法については、論文や学会発表では文字や図説で示されることが多いことから、接着試験を行うための試料作製や破壊試験法について紹介するにあたり、複数の大学研究室の協力を得てこれらの手法の全工程を動画で撮影した。

象牙質の接着試験

今回紹介したレジンと象牙質の接着試験では、コンポジットレジンとヒト抜去歯をボンディング材で接着して試料を作製する。レジンと象牙質の接着試験では、引張接着試験やせん断接着試験が行われる（図1）が、従来法と呼ばれる接着面積が7 mm²以上の接着面で行う試験では、付加した応力が接着界面に均等に分布しないことが指摘されている¹⁾。

Sanoらは、1994年に接着面積と引張接着強さの関係について報告し、接着面積が0.5~1.0 mm²ぐらいの小さな接着面に試料を作製する微小引張接着試験（マイクロテンスイル法、図2）を導入した²⁾。このマイクロテンスイル法を用いて接着試験を行った研究成果が、現在まで多数報告されている³⁻⁶⁾。せん断接着試験についてもマイクロシェアー法が提唱されている⁷⁾。マイクロテンスイル法が開発されたことによる福音として、それまで測定が困難であった同一歯内での異なる部位やう蝕に罹患した部位についても接着試験を行うことが比較的容易になったことがある^{8,9)}。さらには1本の歯から複数の試料が得られることにもなった。また新たな知見として、同一の接着システムを使用してレジンと象牙質の接着試験を行う場合に、接着面積の違いによって得られる接着強

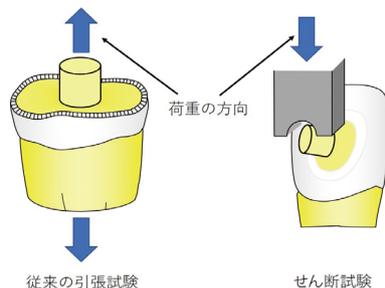


図1 従来の引張試験とせん断試験
 接着操作は同様であるが、荷重の方向、加え方が異なる。

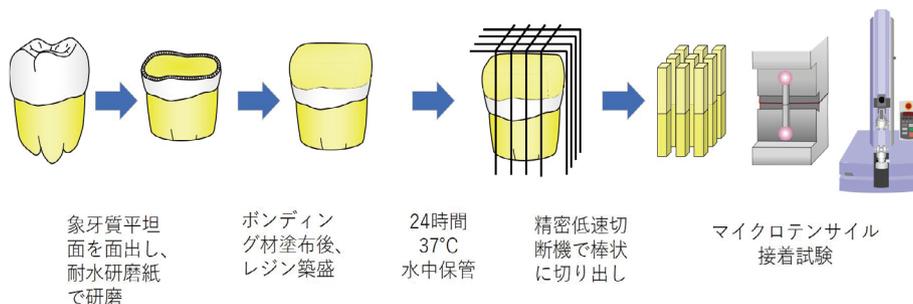


図2 マイクロテンシル法
 典型的なコンポジットレジン接着試料のマイクロテンシル法による試験方法。

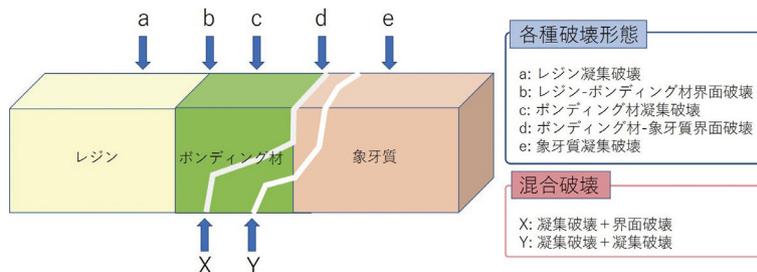


図3 引張試験試料の破壊形態分類
 引張試験後の試料の破壊形態は図のように分類できる。接着材料の接着力、強度、被着体の材質、負荷のかかり方によって破壊箇所が異なる。

さや試料の破壊形態が異なることに留意する必要があることがわかった。

試料の破壊形態については、肉眼または顕微鏡で必ず把握するものであり、およそ図3に示す破壊形態に分類される。特に近年の接着システムで得られる象牙質に対する接着強さでは、接着界面ではなく被着体（象牙質）の内部で破壊（象牙質凝集破壊）が生じて、本来の目的とする接着システムの性能評価が得られない場合がある（図4）。マイクロテンシル法は、破壊試験の応力が接着界面に加わることによって接着界面の破壊試験が行える利点を有していることから、今日にいたるまで世界中で採用されていると考える。

マイクロテンシル法の試料作製

マイクロテンシル法の試料作製については、北海道大学大学院歯学研究院歯科保存学教室と東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科う蝕制御学分野の協力を得て、実際の試料作製を動画撮影した。

試料作製の手順は、①歯冠中央付近の象牙質平坦面の露出、②象牙質の歯面処理、③コンポジットレジンの築盛、④試料の保管、⑤試料の切り出し、⑥接着強さの測定、記録となる。

①技工用サベイヤーを模した動作でおおよその歯冠部

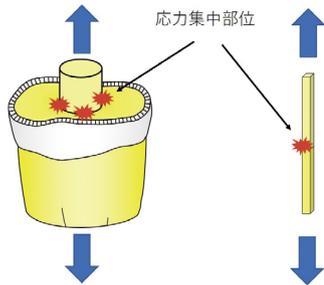


図4 従来の引張試験とマイクロテンサイル法による
応力集中部位の比較

従来の引張試験では特定の部位に強い応力の集中が起こるため、象牙質破壊が起こりやすい。一方、マイクロテンサイル法では応力集中部位が接着界面となることで、接着界面における接着強さの評価が行いやすい。



図5 歯冠切削部の印記
適切に象牙質平坦面が露出するように、歯冠中央部における切削対象部位を印記する。



図6 象牙質平坦面の露出
技工用モデルトリマーで切削し、象牙質平坦面を露出させ、注水下で耐水研磨紙で均一な被着面を得る。

における中央部を印記する。その印記を目印に技工用モデルトリマーで大まかに歯冠部中央付近までの象牙質平坦面を露出するが、その際に得られた平坦面の中心部分

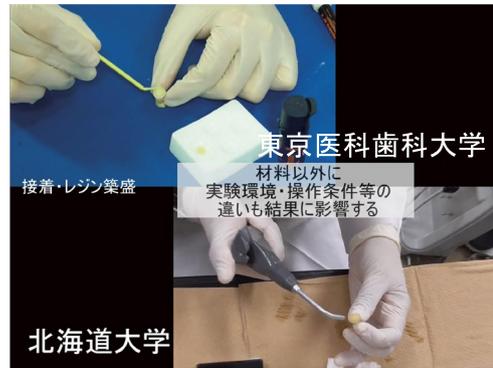


図7 歯面処理
メーカー指示どおり、あるいは設定した処理条件で歯面処理を行う。



図8 コンポジットレジンの築盛
一度に築盛するコンポジットレジンの厚みは2 mm 以下とし、気泡が入らないよう築盛する。

にはエナメル質が残る場合があるので注意が必要である(図5, 6)。

②1ステップまたは2ステップの接着システムをメーカー指示どおりに用いて、露出した象牙質平坦面を歯面処理する(図7)。

③歯の歯冠相当部にコンポジットレジンを築盛する。その際に一度に築盛するコンポジットレジンの厚みは2 mm 以下として、築盛ごとに光重合させる必要がある(図8~10)。

④試料を37°Cのインキュベーター内で24時間水中保管後に、接着試験を実施する。

⑤試料は、注水下で低速精密切断機を用いて接着面が0.5~1.0 mm²ぐらいになるように棒状に切り出す(図11)。

⑥棒状に切断された試料は、専用の治具に装着して、接着試験機で接着強さを測定する。また破壊後の試料の破断面を、肉眼あるいは顕微鏡で観察する(図12~14)。



図 9 光照射

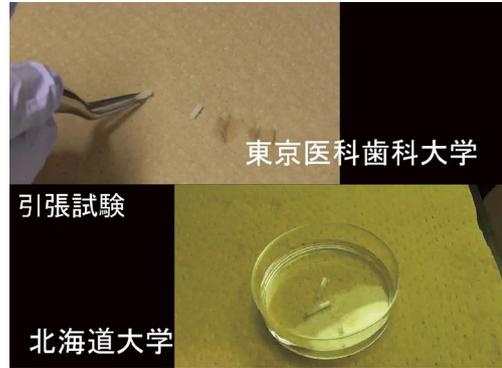


図 12 接着試料



図 10 コンポジットレジンの築盛完了

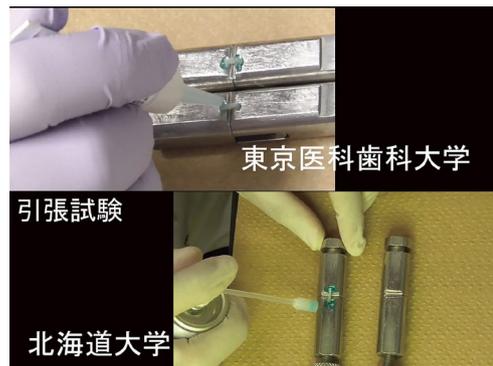


図 13 接着試料の治具への固定
引張試験を行うにあたり治具に固定する
必要があり、一定の厚みが必要となる。

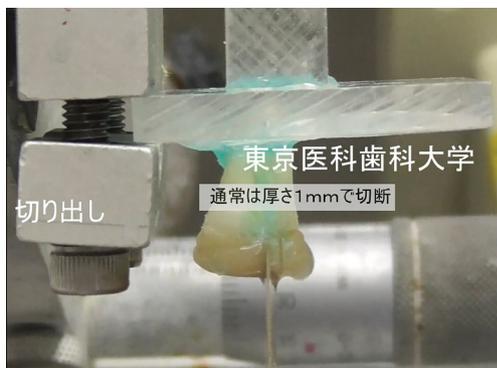


図 11 切り出し
注水下で低速精密切断機を用いて棒状に
なるように切り出す。

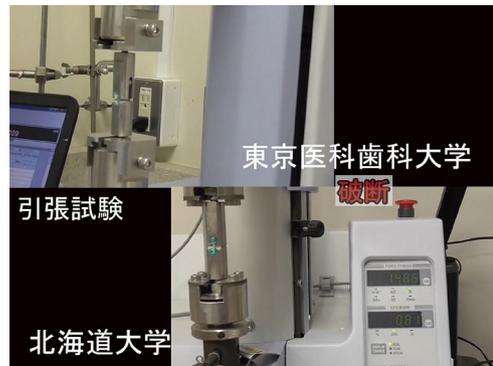


図 14 引張試験
破断する際の最大応力が記録される。

おわりに

現在の歯科治療において「接着」は欠かせない領域であり、保存治療であれば修復物と歯質が一体化して接着することだけでなく、歯質の保存や歯髄保護にも貢献している。近年はマルチユース化された接着システムが多数開発されており、それらを使用した治療の長期的な経

過を把握することは重要である。

エナメル質、象牙質のほかに金属やセラミックスなど、被着体の材質が多岐にわたるため、今回紹介したマイクロテンシル法がすべての材質に適するわけではない。そのため筆者らの教室では、マイクロテンシル法¹⁰⁾と従来からの試験法¹¹⁾を使い分けている。

謝 辞

接着試験の動画撮影についてご快諾くださいました北海道大学大学院歯学研究院歯科保存学教室ならびに東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科う蝕制御学分野の研究室の皆様深く感謝いたします。

本研究に関連し開示すべきCOI関係にある企業などはありません。

文 献

- 1) Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent* 1989; 17: 61-67.
- 2) Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley D. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994; 10: 236-240.
- 3) Taguchi K, Hosaka K, Ikeda M, Kishikawa R, Foxton R, Nakajima M, Tagami J. The effect of warm air-blowing on the microtensile bond strength of one-step self-etch adhesives to root canal dentin. *J Prosthodont Res* 2018; 62: 330-336.
- 4) Hosaka K, Tichy A, Ikeda M, Nakagawa K, Sadr A, Tagami J, Takahashi M, Sato K, Nishitani Y, Klein-Junior CA, Pashley DH, Nakajima M. Ultra-high-speed videography of resin-dentin interface failure dynamics under tensile load. *Dent Mater* 2019; 35: 153-161.
- 5) Hoshika S, Kameyama A, Suyama Y, De Munck J, Sano H, Van Meerbeek B. GPDM- and 10-MDP-based self-etch adhesives bonded to bur-cut and uncut enamel—“immediate” and “aged” μ TBS. *J Adhes Dent* 2018; 20: 113-120.
- 6) Manso A, Grande R, Bedran-Russo A, Reis A, Loguercio A, Pashley D, Carvalho R. Can 1% chlorhexidine diacetate and ethanol stabilize resin-dentin bonds? *Dent Mater* 2014; 30: 735-741.
- 7) McDonough W, Antonucci J, He J, Shimada Y, Chiang M, Schumacher G, Schultheisz C. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials* 2002; 23: 3603-3608.
- 8) Nakajima M, Sano H, Urabe I, Tagami J, Pashley DH. Bond strengths of single-bottle dentin adhesives to caries-affected dentin. *Oper Dent* 2000; 25: 2-10.
- 9) Yoshiyama M, Tay F, Doi J, Nishitani Y, Yamada T, Itou K, Carvalho R, Nakajima M, Pashley D. Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *J Dent Res* 2002; 81: 556-560.
- 10) Hoshika T, Nishitani Y, Takahashi K, Ogata H, Ohara N, Kajihara T, Yoshiyama M. Mineralization of resin using experimental adhesives containing hydroxyapatite in long term. *J Oral Tissue Engineering* 2015; 13: 85-95.
- 11) 星加知宏, 勝俣愛一郎, 丁 群展, 西谷登美子, 高 裕子, 勝俣 環, 根本 章, 伊藤誠之, 岩田知幸, 林 宏昌, 永山雅大, 永山祥子, 西谷佳浩. 新規覆髄剤の細胞増殖ならびに象牙質剪断接着強さへの影響について. *日歯保存誌* 2019; 62: 208-214.

Study on Rehardening of Demineralized Dentin with Resin-modified Pulp-capping Agents Containing MTA

TSUTANI Kayo, YASUO Kenzo, TANIMOTO Hiroaki,
YOSHIKAWA Kazushi and YAMAMOTO Kazuyo

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

Abstract

Purpose: Based on the concept of minimal intervention (MI), temporary indirect pulp capping (IPC) is used to preserve the deep parts of dentin adjacent to the pulp and avoid pulp exposure when caries advances deep into the dentin close to the dental pulp. The purpose of this study was to measure the Knoop hardness of softened dentin applied with cured bodies of resin-modified pulp-capping agents containing MTA at 1 month and 3 months postoperatively.

Methods: We measured the hardness on the side of the enamel of dentin samples with Cariotester, and used those with enamel side hardness of around 60 KNH as healthy dentin samples. We decalcified the healthy samples according to the method of Matsuda et al., and used those whose hardness decreased to around 20 KNH as softened dentin samples. As pulp-capping agents, we applied TMR-MTA cement (TMR) and NEX MTA cement (NEX), which are conventional MTA cements, and TheraCal LC (TCL) and Super MTA Paste (SMP), which are resin-modified pulp-capping agents containing MTA, on softened dentin samples and coated each with base cement to use them as the pulp-capping samples. We measured the Knoop hardness of the softened dentin after storing the prepared pulp-capping samples in a container at 100% humidity for 1 month and 3 months. We prepared three samples for each condition, and subjected the obtained values to statistical analysis using repeated measure analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$).

Results: After application of pulp-capping agents, the Knoop hardness was 32.8 ± 2.7 KNH after 1 month and 33.2 ± 0.4 KNH after 3 months in the TMR group. The hardness values improved significantly after 1 month and 3 months compared to the softened dentin samples, but were significantly lower than those of the healthy samples. In the NEX group, the hardness was 41.1 ± 2.3 KNH after 1 month and 41.6 ± 4.0 KNH after 3 months. The hardness values improved significantly after 1 month and 3 months compared to the softened dentin samples, but were significantly lower than those of the healthy samples. In the TCL group, the hardness was 20.1 ± 0.5 KNH after 1 month and 27.7 ± 4.4 KNH after 3 months. There was no significant difference in hardness after 1 month or 3 months compared to the softened dentin samples, and the values were significantly lower than those of the healthy samples. In the SMP group, the hardness was 56.5 ± 5.9 KNH after 1 month and 62.0 ± 2.5 KNH after 3 months. The hardness improved significantly after 1 month and 3 months compared to the softened dentin samples. Compared to the healthy samples, hardness improved to a level where there was no significant difference both after 1 month and 3 months. The results of this experiment showed that application of resin-modified pulp-capping agents containing MTA on softened dentin induced recalcification and hardened the softened dentin.

Conclusion: It was concluded that the application of chemical-cured type resin-modified pulp-capping agents containing MTA improved the hardness of the softened dentin to a level that was not significantly different from that of healthy dentin after 1 month and 3 months.

Key words: Knoop hardness, resin modified pulp-capping agent, MTA, remineralization

Corresponding author: Dr. YOSHIKAWA, Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University, 8-1, Kuzuha-hanazono-cho, Hirakata, Osaka 573-1121, Japan

TEL: +81-72-864-3077, FAX: +81-72-864-3177, Email: kazushi@cc.osaka-dent.ac.jp

Received for Publication: June 10, 2020/Accepted for Publication: July 1, 2020

DOI: 10.11471/shikahozon.63.356

Introduction

As a result of advances in pathological research on carious dentin and dramatic improvements in adhesion and restoration methods, the concept of minimal intervention (MI) to preserve as much healthy dentin as possible and minimize invasion has become widespread in caries treatment in recent years. However, there are many cases in which pulp exposure will occur if the infected dentin is removed entirely as caries reaches deep into the dentin and is adjacent to the pulp, and in which pulp extirpation is inevitable¹⁾. In such cases, it is recommended to use atraumatic indirect pulp capping (IPC), in which sterilization and recalcification of the infected dentin that is left and formation of tertiary dentin (reparative dentin) are facilitated to preserve the pulp, while intentionally leaving the infected dentin adjacent to the dental pulp and applying carboxylate cement containing calcium hydroxide preparation or tannin-fluoride preparation in order to avoid pulp extirpation even in adhesive restoration²⁾.

Meanwhile, it has been reported that mineral trioxide aggregate (MTA)³⁾, which is used in direct pulp capping, provides excellent sealing property and biocompatibility⁴⁾ with relatively low probability of causing inflammatory reactions, and it is considered that favorable therapeutic effects can be expected, including early induction of the formation of new dentin bridges with regular dentinal tubule-like structures^{5,6)} even though MTA is strongly basic⁷⁾. A characteristic of these cements is that they provide sustained release of mineral ions such as calcium ions and hydroxide ions when they come into contact with moisture⁸⁾. In addition, it has been discovered that calcium phosphate precipitates including apatite crystals form on the material surface through their reaction with calcium ions under an environment in which phosphate ions are also present⁹⁻¹²⁾, and it is considered that this phenomenon explains the favorable biocompatibility and sealing properties of these materials¹³⁾. MTA has therefore attracted attention as an excellent direct pulp-capping agent to replace the conventional calcium hydroxide preparation^{14,15)}, and its use in direct pulp capping was approved under the Pharmaceutical Affairs Law in April 2007. However, there are several disadvantages of MTA, including operability during filling, long curing

period and high price^{5,16)}. To resolve these issues, resin-modified pulp-capping agents containing MTA, which are calcium silicate and Portland cement, the main components of MTA, added with resin monomers, have been developed in recent years¹⁷⁻²⁰⁾.

We hypothesized that IPC of various resin-modified pulp-capping agents containing MTA was beneficial for remineralization of dentin. The purpose of this study was to measure the Knoop hardness of softened dentin applied with cured bodies of resin-modified pulp-capping agents containing MTA at 1 month and 3 months postoperatively.

Materials and methods

1. Experiment samples

As test subject teeth, we used human molars that had been extracted at the Department of Dental Surgery, Osaka Dental University Hospital and stored in a freezer at -40°C . We defrosted the human molars under running water immediately before use, observed the occlusal surface of each tooth with the naked eye, and excluded any teeth with caries, white spots, coloring or cracks.

This study was conducted with the approval of the Medical Ethics Committee, Graduate School of Dentistry, Osaka Dental University (Approval No. 111093, April 6, 2020).

2. Experiment methods

1) Preparation of samples

We prepared the samples for this study according to the method of Matsuda et al²¹⁾. We extracted the pulp by cutting the root of the human molar at a position 3 mm toward the root apex from the anatomical cervical line, and cut the dental enamel and the root dentin with a model trimmer perpendicular to the tooth axis direction. We ground the side of the enamel and the side of the pulp cavity of the exposed dentin with waterproof abrasive paper of #1000 to prepare a dentin sample of 10 mm diameter and 2 mm thickness. We prepared only one dentin sample from one tooth. We measured the hardness of the side of the enamel in each dentin sample with Cariotester (SUK-971, SaneiME), and used those samples with hardness of around 60 KNH as healthy dentin samples (hereafter referred to as "healthy samples"). We made 24 healthy samples to be used for preparing the softened dentin samples (3 sam-

Table 1 Materials

Brand	Code	Component	Manufacturer	Lot No.
TMR-MTA Cement	TMR	Powder : Calcium carbonate, Silicon dioxide, Aluminum oxide, Zirconia Liquid : Purified water	YAMAKIN	1041809
NEX MTA Cement	NEX	Powder : Calcium oxide, Bismuth oxide, Silicon dioxide, Aluminum oxide Liquid : Purified water	GC	1808031
TheraCal LC	TCL	Light-curable paste : Calcium oxide, Silicon dioxide, Aluminium oxide, Barium zirconate, Strontium glass, Polyethylene glycol dimethacrylate Bis-GMA, Photo initiator	Bisco	1800007022
Super MTA Paste	SMP	Chemically-curable paste : Portland cement, Zirconium dioxide, Hydroxypropyl methacrylate Catalyst : TBBO, n-Hexane, Ethanol	Sun Medical	TV5
Base Cement	BC	Powder : Fluoroaluminosilicate glass Liquid : Acrylic acid-Tricarboxylic acid copolymer solution, Tartaric acid	SHOFU	Powder : 011621 Liquid : 031620

ples for each group×4 materials×2 storage periods).

2) Preparation of softened dentin

To decalcify the healthy samples, we used lactic acid (Kishida), which is one of the major organic acids generated by cariogenic bacteria. According to the method of Matsuda et al²¹⁾, we soaked the side of the enamel of a healthy sample in 50 ml of 20 mmol/l lactic acid solution, and let it stand for 10 hours while conducting suction at 0.01 MPa from the side of the pulp cavity using an aspirator (MDA-006, ULVAC). After rinsing the healthy sample well with distilled water, we measured the hardness of the side of the enamel with Cariotester, and used the samples whose hardness decreased to around 20 KNH as softened dentin samples. We made 24 softened dentin samples for preparing the pulp-capping samples

3) Preparation of pulp-capping samples

Table 1 lists the pulp-capping agents and cements that were used in the experiment to prepare the pulp-capping samples. As pulp-capping agents, we used TMR-MTA Cement (YAMAKIN, hereafter "TMR") and NEX MTA Cement (GC, hereafter "NEX") which are conventional mineral trioxide aggregate (MTA) cements, and TheraCal LC (Bisco, hereafter "TCL") and Super MTA Paste (Sun Medical, hereafter "SMP")

as the resin-modified pulp-capping agents containing MTA. We left the TMR, NEX, or SMP agent standing to cure inside a rubber mold after mixing according to the manufacturer's instructions, and left the TCL agent inside a rubber mold, and cured it by irradiating light for 40 seconds each from two directions. Then we shaped each into a disc with 3 mm diameter and 2 mm thickness, placed it in a storage box at 100% relative humidity and stored it for 24 hours in an incubator at 37°C to prepare the pulp-capping agent disc. We placed each disc on the surface of the decalcified part in a softened dentin sample, and coated it with a Base Cement (SHOFU, hereafter "BC") to use it as the pulp-capping sample. We stored the pulp-capping samples in distilled water inside an incubator at 37°C for 1 month or 3 months, respectively, after BC curing. We made 24 pulp-capping samples (12 stored for 1 month and 12 stored for 3 months).

4) Hardness measurement

To examine the temporal changes in hardness caused by the application of a pulp-capping agent, we measured the hardness of the healthy dentin, softened dentin, and dentin 1 month and 3 months after pulp capping with Cariotester. We specified the measurement range to be within 3 mm diameter from the center of

Table 2 Knoop hardness of dentin in each condition after 1 month and 3 months

	TMR	NEX	TCL	SMP
Sound dentin	62.4 (1.8)	63.6 (0.7)	61.6 (2.1)	62.8 (2.1) ^c
Demineralized dentin	21.8 (2.2)	20.1 (1.1)	20.4 (2.7) ^a	23.0 (2.6)
1M	32.8 (2.7)	41.1 (2.3)	20.1 (0.5) ^a	56.5 (5.9) ^c
Sound dentin	63.2 (0.7)	60.8 (2.8)	63.2 (1.4)	62.8 (1.2) ^d
Demineralized dentin	23.7 (0.8)	23.9 (1.1)	21.5 (1.0) ^b	22.0 (0.6)
3M	33.2 (0.4)	41.6 (4.0)	27.7 (4.4) ^b	62.0 (2.5) ^d

The unit Knoop hardness of dentin in each condition. () means SD of Knoop hardness. The number of samples was three for each condition. In each group, values with the same superscript letters are not significantly different ($p > 0.05$).

the enamel side of a healthy sample and within 3 mm diameter from the center of the decalcified part of a softened dentin sample. For pulp-capping samples at 1 month or 3 months after pulp capping, we specified the measurement range to be within 3 mm diameter from the center of the part applied with pulp-capping agent after removing the BC and pulp-capping agent disc from the pulp-capping sample which had been stored for the specified period while trying not to touch the part to which the pulp-capping agent had been applied. We took measurements at five points per sample, and used the mean value of the five points as the hardness of the sample; three samples were used for each condition.

3. Observation of SEM images

To observe the surface of the pulp-capping sample after hardness measurement, we fixed the sample according to the general method, conducted alcohol-based dehydration, then freeze-dried the sample using a t-butyl alcohol freeze dryer (VFD21S, VD). Then we conducted Os deposition using an osmium coater (HPC-20, VD), and observed the SEM images using a field emission-type scanning electron microscope (S-4800, Hitachi). We also observed the surfaces of the healthy samples and softened dentin samples in a similar fashion.

4. Statistical processing

We subjected the measurement values obtained from each sample to statistical analysis using repeated measure analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$).

Results

1. Hardness measurement results

Table 2 shows the hardness of each sample that was measured using Cariotester.

1) Hardness of sound dentin and demineralized dentin

The mean hardness of the 24 healthy samples for preparing pulp-capping samples (3 samples \times 4 materials \times 2 conditions) was 62.6 ± 1.7 KNH, and the mean hardness of softened dentin samples was 22.1 ± 1.9 KNH. The hardness of softened dentin samples was significantly lower than that of the healthy samples ($p < 0.001$).

2) Hardness of pulp-capping samples

(1) TMR group

Hardness after 1 month was 32.8 ± 2.7 KNH and after 3 months was 33.2 ± 0.4 KNH. Hardness was significantly higher both 1 month and 3 months after application than that of softened dentin samples ($p < 0.05$). Hardness values after 1 month and 3 months were significantly lower than those of the healthy samples ($p < 0.001$).

(2) NEX group

Hardness after 1 month was 41.1 ± 2.3 KNH and after 3 months was 41.6 ± 4.0 KNH. Hardness was significantly higher both 1 month and 3 months after application than that of softened dentin samples ($p < 0.01$). Hardness values after 1 month and 3 months were significantly lower than those of the healthy samples ($p < 0.001$).

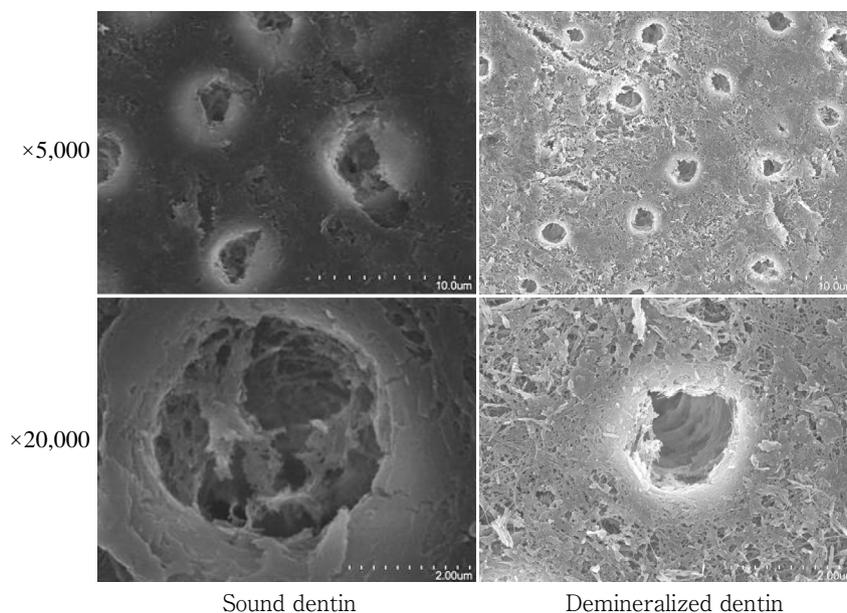


Fig. 1 SEM images of sound dentin and demineralized dentin

Left shows the results of SEM image observation for sound dentin. The surface of the sample is finely covered with crystal deposits assumed to be hydroxyapatite and so forth, and exposure of collagen fiber was not observed.

Right shows the results of SEM image observation for demineralized dentin. Collagen fibers were exposed due to decalcification by lactic acid.

(3) TCL group

Hardness after 1 month was 20.1 ± 0.5 KNH and after 3 months was 27.7 ± 4.4 KNH. Hardness did not show a significant difference from that of the softened dentin samples either 1 month or 3 months after application. Hardness values after 1 month and 3 months were significantly lower than those of the healthy samples ($p < 0.001$).

(4) SMP group

Hardness after 1 month was 56.5 ± 5.9 KNH and after 3 months was 62.0 ± 2.5 KNH. Hardness was significantly higher both 1 month and 3 months after application than that of softened dentin samples ($p < 0.01$). Hardness was also improved to a level at which there was no significant difference from that of the healthy samples both 1 month and 3 months after application ($p > 0.05$).

2. Observation of SEM images

1) Observation of sound dentin

Figure 1 (left) shows the results of SEM image observation for healthy samples. The surface of the sample is finely covered with crystal deposits assumed to be hydroxyapatite, and exposure of collagen fiber was not

observed.

2) Observation of demineralized dentin

Figure 1 (right) shows the results of SEM image observation for softened dentin samples. Collagen fibers were exposed due to decalcification by lactic acid.

3) Observation of pulp-capping samples

(1) TMR group

Figure 2 shows SEM images of the TMR group.

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with fine crystal deposits observed at the opening of dentinal tubules, and the intertubular dentin had become even finer after 3 months due to calcification, with fine crystal deposits at the opening of dentinal tubules.

(2) NEX group

Figure 3 shows SEM images of the NEX group.

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with minute crystal deposits observed, and the intertubular dentin had become even finer after 3 months due to calcification, with minute crystal deposits.

(3) TCL group

Figure 4 shows SEM images of the TCL group.

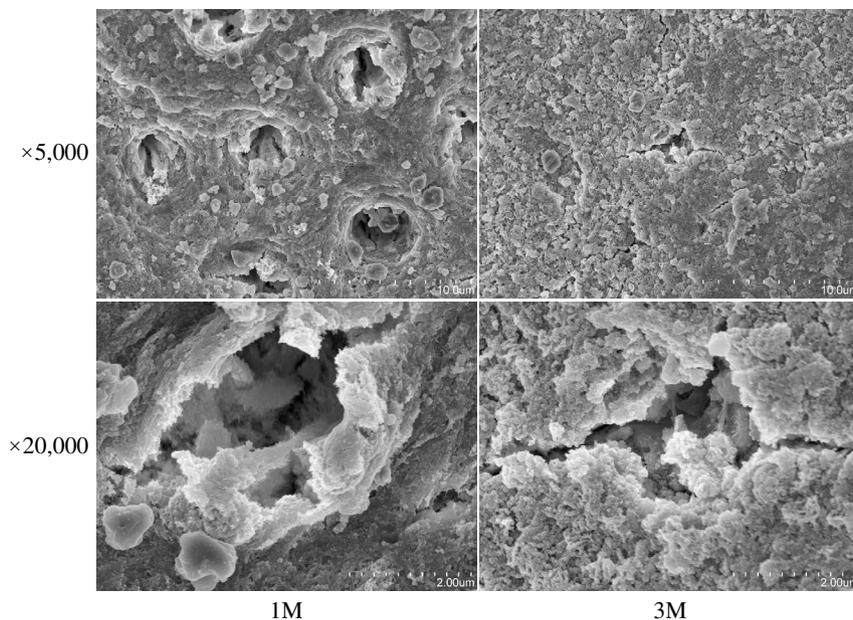


Fig. 2 SEM images of dentin applied with TMR

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with fine crystal deposits observed at the opening of dentinal tubules, and the intertubular dentin had become even finer after 3 months due to calcification, with fine crystal deposits at the opening of dentinal tubules.

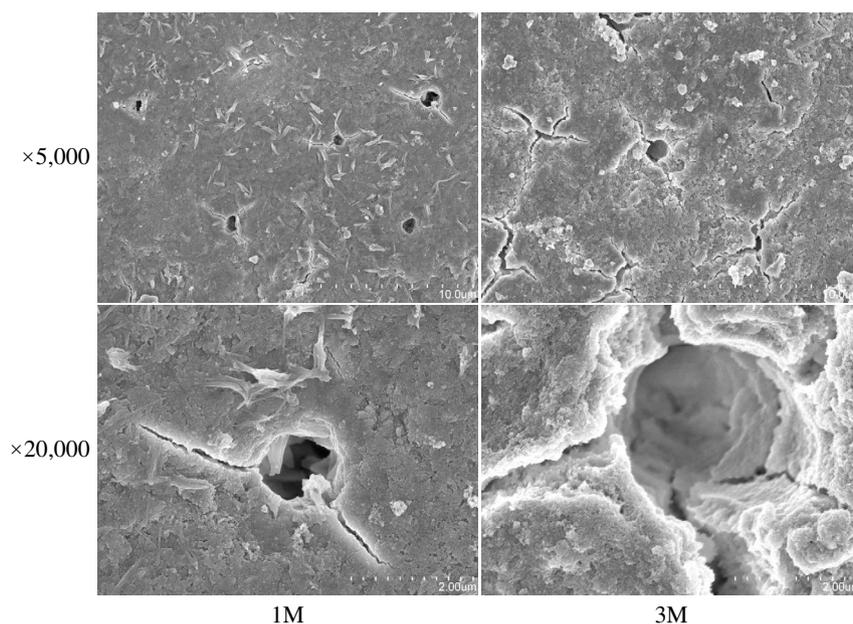


Fig. 3 SEM images of dentin applied with NEX

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with minute crystal deposits observed, and the intertubular dentin had become even finer after 3 months due to calcification, with minute crystal deposits.

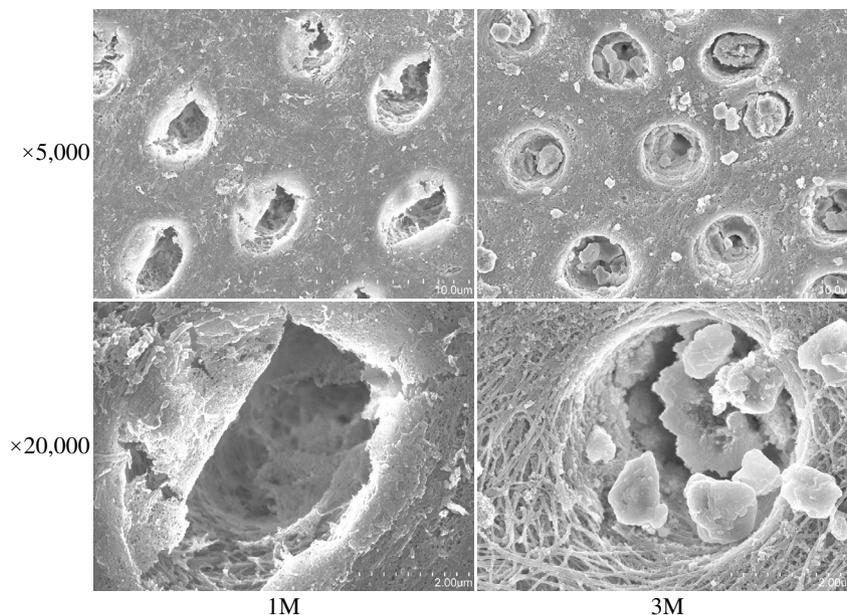


Fig. 4 SEM images of dentin applied with TCL

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with granular crystal deposits observed. On the other hand, the intertubular dentin had become coarser after 3 months than 1 month after application due to decalcification, with exposure of collagen fiber observed in peritubular dentin.

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with granular crystal deposits observed. On the other hand, the intertubular dentin had become coarser after 3 months than 1 month after application due to decalcification, with exposure of collagen fiber observed in peritubular dentin.

(4) SMP group

Figure 5 shows SEM images of the SMP group.

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with minute crystal deposits observed, and the intertubular dentin had become even finer after 3 months due to calcification, with minute crystal deposits.

Discussion

It is considered that the application of biofunctional materials that provide sustained release of various ions would be effective for the recalcification of carious dentin that is left in IPC. The application of carboxylate cement containing calcium hydroxide preparation or tannin-fluoride preparation²¹⁻²⁶, calcium phosphate²⁷, bioactive glass²⁸, and surface pre-reacted glass ionomer (S-PRG) filler^{29,30} has been examined by various meth-

ods, including hardness, X-ray, bacteriological and histopathological methods. In addition, mineral trioxide aggregate (MTA) is Portland cement modified for use in dental applications^{13,31}, and has been applied in various treatments including direct pulp capping, retrograde filling of root canal, root perforation sealing, and root canal filling (apexification, apical plug, etc.)³². There has also been an attempt to use calcium silicate-based cements as a source of calcium ions to induce dentin calcification while focusing on their calcium ion releasing capacity³³, and their ability to induce recalcification in decalcified dentin has been confirmed^{34,35}. Furthermore, application of the sustained release of various ions by MTA may also be an effective way to induce recalcification of carious dentin that is left in IPC, as recalcification through uptake of calcium ions, phosphate ions, and fluorine ions occurs in carious dentin³⁶. Meanwhile, disadvantages of MTA include difficulty in powder/liquid mixing and application to the affected area, as well as clinical operability due to the time required to achieve sufficient strength⁵. These pulp-capping agents also have no adhesiveness to dentin or restoration materials, with the risk of insufficient strength and small leakage after

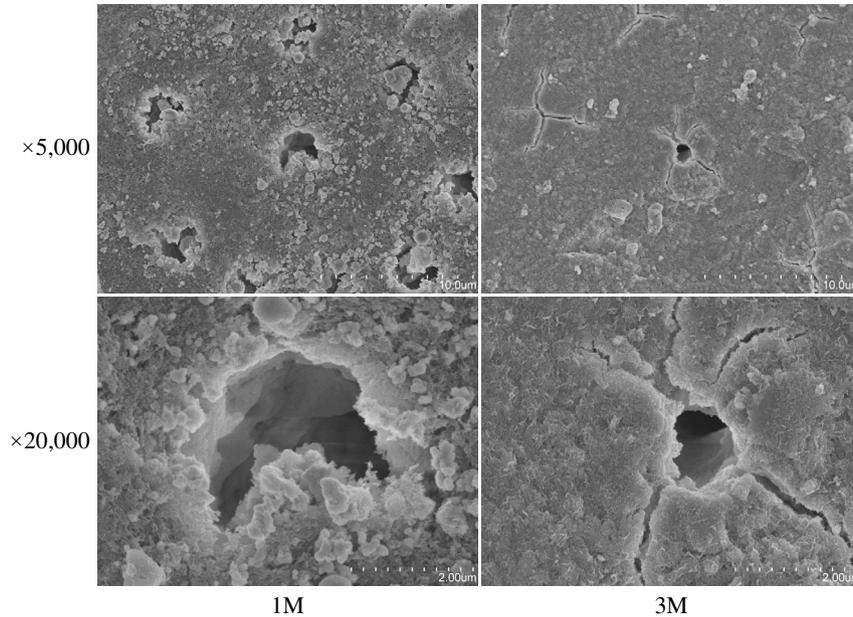


Fig. 5 SEM images of dentin applied with SMP

The intertubular dentin had become finer after 1 month due to calcification, with minute crystal deposits observed, and the intertubular dentin had become even finer after 3 months due to calcification, with minute crystal deposits.

restoration treatment. To overcome these disadvantages, there have been various studies in recent years on materials with MTA-like compositions with resins added^{17,18,37-40}, but no study has examined the temporal changes in hardness after applying resin-modified pulp-capping agents containing MTA on decalcified dentin.

In this study, we examined the effectiveness of various resin-modified pulp-capping agents containing MTA by measuring the Knoop hardness 1 month and 3 months after application of the pulp-capping agents and comparing the results with conventional MTA cements, and also observing SEM images of the surfaces to which the agents were applied.

TMR and NEX are MTA cements whose main component is Portland cement, and they are clinically used as pulp-capping materials and root canal filling agents. In this study, TMR and NEX, which are conventional MTA cements, did not improve the hardness to an equivalent level of healthy dentin, even though they improved it significantly compared to the hardness of softened dentin after 1 month and 3 months. Sawai et al. observed that the hardness improved to a level that was not significantly different from that of healthy dentin after 1 month and 3 months when NEX was applied

to softened dentin immediately after mixing and before curing, and also observed the application surface to be finely calcified in SEM images³⁰. We assume that different experiment results were obtained as we applied NEX as a cured body in this experiment. The effects on softened dentin surface within 24 hours of mixing need to be examined in the future.

TCL is a photocuring flowable resin containing calcium silicate, which was developed as a material for direct and indirect pulp capping. TCL is attracting attention as a material which has both excellent biocompatibility equivalent to MTA and favorable operability of photocuring flowable resin. According to the results of this experiment, TCL, which is a photo-polymerizable resin-modified pulp-capping agent containing MTA, did not improve the hardness to an equivalent level of healthy dentin, even though it showed a tendency to improve the hardness to a higher level than that of softened dentin in 3 months. A possible reason for this is the high polymerization rate by photopolymerization; when a cured body was applied, its effect may have been suppressed, as an *in vitro* study by Gandolfi et al.⁴¹ showed that its solubility was lower than that of MTA. In the present experiment, we placed the pulp-capping agent that had been cured in

advance on top of the artificially softened dentin to observe the changes in sample hardness. However, the method in this experiment varied from actual clinical practice; in clinical IPC, the paste of the pulp-capping agent is applied before curing over the softened dentin and cavity basing with glass ionomer cement is provided after it has cured. We adopted this method because we observed the formation of a resin impregnated layer-like structure on the surface in our preliminary experiment and found that it was likely to affect the results of hardness measurement when we applied a resin-curing pulp-capping agent before curing over softened dentin. To avoid its effect, we cured the pulp-capping agents in advance in this study. We plan to examine the conditions including preparation of pulp-capping samples immediately after photocuring in the future.

SMP employs a mechanism to polymerize and cure the paste containing MTA with tri-n-butylborane (TBB). TBB is the polymerization initiator for "Super-Bond," a dental adhesive resin cement, and has been reported to have characteristics such as a small amount of monomers that remain unreacted⁴²⁾ and more effective progress of polymerization reaction in environments where a small amount of water is present⁴³⁾. Furthermore, a resin-based MTA has a lower ratio of Portland cement in the material compared to hydraulic MTA. It is therefore expected that the amount of calcium ions and OH^- released, which is an important property of MTA, will decrease. However, it has also been claimed that the high-purity white Portland cement used for dental applications which is contained in SMP has a larger calcium ion releasing capacity than the conventional cements, and SMP has been reported to release calcium ions and to form calcium phosphate at an equivalent level to hydraulic MTA-based materials⁴⁴⁾. Since SMP significantly improved the hardness compared with softened dentin after 1 month and 3 months to a level that was not significantly different from healthy dentin in this study, we were able to confirm that it affected decalcified dentin even when it was a cured body. Meanwhile, some MTA-based materials use Portland cement that is manufactured by using natural minerals as raw materials, causing concern over the effects of heavy metals contained as impurities⁴⁵⁾. However, SMP is expected to have higher biocompatibility, since it uses high-purity white Portland cement

for dental applications which is produced in Japan and has been reported to contain no heavy metals²⁰⁾.

Conclusion

We conducted experiments in which we applied cured MTA cements on softened dentin and obtained the following findings:

1. TMR and NEX, which are conventional MTA cements, did not improve the hardness to an equivalent level of healthy dentin, even though they significantly improved the hardness compared with softened dentin after 1 month and 3 months.
2. TCL, which is a photo-polymerizable resin-modified pulp-capping agent containing MTA, did not improve the hardness to an equivalent level of healthy dentin, even though it improved the hardness compared with softened dentin after 3 months.
3. SMP, which is a chemical polymerization type resin-modified pulp-capping agent containing MTA, significantly improved the hardness compared with softened dentin to a level that was not significantly different from that of healthy dentin after 1 month and 3 months.

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

References

- 1) The Japanese Society of Conservative Dentistry. Clinical guidelines for treating caries in adults following a minimal intervention policy—Evidence and consensus based report. 1st ed. Nagasue Shoten: Kyoto; 2009. 52-69. (in Japanese)
- 2) Bjorndal L, Larsen T, Thylstrup A. A clinical and microbiological study of deep carious lesions during stepwise excavation using long treatment intervals. *Caries Res* 1997; 31: 411-417.
- 3) Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993; 19: 591-595.
- 4) Hilton TJ. Keys to clinical success with pulp capping: A review of the literature. *Oper Dent* 2009; 34: 615-625.
- 5) Kuratate M, Yoshihara K, Shigetani Y, Yoshihara N, Ohshima H, Okiji T. Immunohistochemical analysis of nestin, osteopontin and proliferating cells in the reparative process of exposed dental pulp capped with mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2008; 34: 970-974.

- 6) Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: A randomized controlled trial. *Int Endod J* 2009; 42: 422-444.
- 7) Trabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 349-353.
- 8) Dammaschke T, Gerth HUV, Zuchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005; 21: 731-738.
- 9) Bozeman TB, Lemon RR, Eleazer PD. Elemental analysis of crystal precipitate from gray and white MTA. *J Endod* 2006; 32: 425-428.
- 10) Tay FR, Pashley DH, Rueggeberg FA, Loushine RJ, Weller RN. Calcium phosphate phase transformation on produced by the interaction of the Portland cement component of white mineral trioxide aggregate with a phosphate-containing fluid. *J Endod* 2007; 33: 1347-1351.
- 11) Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white Portland cement with a dentine in a phosphate containing fluid. *J Endod* 2009; 35: 731-736.
- 12) Han L, Okiji T, Okawa S. Morphological and chemical analysis of different precipitates on mineral trioxide aggregate immersed in different fluids. *Dent Mater J* 2010; 29: 512-517.
- 13) Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2008; 41: 408-417.
- 14) Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002; 35: 245-254.
- 15) Dominguez M, Witherspoon D, Gutmann J, Opperman L. Histological and scanning electron microscopy assessment of various vital pulp-therapy materials. *J Endod* 2003; 29: 324-333.
- 16) Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod* 2010; 36: 400-413.
- 17) Bisco. TheraCal SDS. https://www.bisco.com/assets/1/22/TheraCal_LC_SDS_US_English1.pdf (access: 2020/5/31)
- 18) Hoshika T, Katsumata A, Ting CC, Nishitani T, Takahashi Y, Katsumata T, Nemoto A, Ito M, Iwata T, Hayashi H, Nagayama M, Nagayama S, Nishitani Y. Effects of a new pulp-capping material on cell proliferation and shear bond strength to dentin. *Jpn J Conserv Dent* 2019; 62: 208-214. (in Japanese)
- 19) Inami C, Endoh C, Ichinohe H, Itsuno S. Effect of direct pulp capping with a novel chemically curable mineral trioxide aggregate material using tri-butylborane as a polymerization initiator. *J Hard Tissue Biol* 2019; 28: 383-390.
- 20) Inami C, Iwasaki S, Tsuchikawa M. Resin-modified MTA-based material “Super MTA Paste” using TBB as a polymerization initiator. *J Jpn Assoc Regenerative Dent* 2020; 18: 9-13. (in Japanese)
- 21) Matsuda T, Onda K, Tanimoto H, Yoshikawa K, Yamamoto K. Study on rehardening of demineralized dentin with pulp-capping agents using a new hardness determination system. *Jpn J Conserv Dent* 2014; 57: 29-42. (in Japanese)
- 22) Leung RL, Loesche WJ, Charbeneu GT. Effect of dycal on bacteria in carious lesions. *J Am Dent Assoc* 1980; 100: 193-197.
- 23) Leksell E, Ridell K, Cvek M, Mejare I. Pulp exposure after stepwise versus direct complete excavation of deep carious lesions in young posterior permanent teeth. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12: 192-196.
- 24) Bjorndal L, Thylstrup A. A clinical and microbiological study of deep carious lesions during stepwise excavation using long treatment interval. *Caries Res* 1997; 31: 411-417.
- 25) Bjorndal L, Thylstrup A. A practice-based study on stepwise excavation of deep carious lesions in permanent teeth: a 1-year follow-up study. *Community Dent Oral Epidemiol* 1998; 26: 122-128.
- 26) Bjorndal L, Larsen T. Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. *Caries Res* 2000; 34: 502-508.
- 27) Dickens S, Flaim G, Takagi S. Mechanical properties and biochemical activity of remineralizing resin-based Ca-PO₄ cements. *Dent Mater* 2003; 19: 558-566.
- 28) Yli-Urpo H, Narhi M, Narhi T. Compound changes and tooth mineralization effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4), an in vivo study. *Biomaterials* 2005; 26: 5934-5941.
- 29) Ito S, Iijima M, Hashimoto M, Tsukamoto N, Mizoguchi I, Saito T. Effects of surface pre-reacted glass-ionomer fillers on mineral induction by phosphoprotein. *J Dent* 2011; 39: 72-79.
- 30) Sawai K, Yasuo K, Komasa R, Yoshikawa K, Yamamoto K. Study on rehardening of demineralized dentin with the new pulp-capping agents containing bioactive glass. *Jpn J Conserv Dent* 2019; 63: 1-13. (in Japanese)
- 31) Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010; 36: 16-27.
- 32) Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of min-

- eral trioxide aggregate. *J Endod* 1999; 25: 197-205.
- 33) Tay FR, Pashley DH. Guided tissue remineralization of partially demineralized human dentine. *Biomaterials* 2008; 29: 1127-1137.
- 34) Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J* 2013; 46: 808-814.
- 35) Han L, Okiji T. Remineralization of artificially-demineralized dentin by calcium silicate-based endodontic materials. *JJEA* 2013; 34: 128-134. (in Japanese)
- 36) Bertassoni LE, Habelitz S, Kinney JH, Marshall SJ, Marshall Jr GW. Biomechanical perspective on the remineralization of dentin. *Caries Res* 2009; 43: 70-77.
- 37) Horie T, Katada K, Kawai T, Matsui O, Katada H, Fujitani M, Senda A. Behavior of element transfer and elution in light-cured calcium silicate-based direct pulp-capping materials. *Jpn J Conserv Dent* 2015; 8: 373-380. (in Japanese)
- 38) Gandolfi MG, Sauro S, Mannocci F, Watson TF, Zanna S, Capoferri M, Prati C, Mongiorgi R. New tetrasilicate cements as retrograde filling material: An in vitro study on fluid penetration. *J Endod* 2007; 33: 742-745.
- 39) Gandolfi MG, Taddei P, Siboni E, Modena E, Ciapetti G, Prati C. Development of the foremost light-curable calcium-silicate MTA cement as root-end in oral surgery. Chemical-physical properties, bioactivity and biological behavior. *Dent Mater* 2011; 27: e134-e157.
- 40) Matsumoto H, Yoshimine Y, Arai Y, Kihara T, Isobe R, Akamine A. Ex vivo evaluation of light-curing MTA-like resin as root-end filling material. *Jpn J Conserv Dent* 2004; 57: 563-569. (in Japanese)
- 41) Gandolfi MG, Siboni E, Prati C. Chemical physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *Int Endod J* 2012; 45: 571-579.
- 42) Hirabayashi C, Imai Y. Studies on MMA-TBB resin I. Comparison of TBB and other initiators in the polymerization of PMMA/MMA resin. *Dent Mater J* 2002; 21: 314-321.
- 43) Okamoto Y, Takahata K, Saeki K. Studies on the behavior of partially oxidized tributylborane as a radical initiator for methylmethacrylate (MMA) polymerization. *Chem Lett* 1998; 27: 1247-1248.
- 44) Inami C, Nishitani Y, Itsuno S. The development of new cement with apatite-forming ability. The 66th Annual Meeting of Japanese Association for Dental Research 2018; P086.
- 45) Chang SW, Shon WJ, Lee W, Kum KY, Baek SH, Bae KS. Analysis of heavy metal contents in gray and white MTA and 2 kinds of Portland cement: a preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109: 642-646.

レジン添加型 MTA 配合覆髄剤の有効性の検討

津谷佳代 保尾謙三 谷本啓彰
吉川一志 山本一世

大阪歯科大学歯科保存学講座

抄録

目的：Minimal Intervention (MI) の概念に基づき、齲蝕が深部にまで進行し歯髄に近接する場合、歯髄に近接する深部象牙質を保存し、露髄を回避する目的で暫間的間接覆髄法 (IPC) が行われる。本研究では、Knoop 硬さ測定システムであるカリオテスターを用いて象牙質試料の硬さを測定し、レジン添加型 MTA 配合覆髄剤が軟化象牙質へ与える影響を検討した。

材料と方法：象牙質試料のエナメル質側面の硬さを測定し、硬さが 60 KNH 前後となったものを健全象牙質試料とした。健全象牙質試料を松田らの方法により脱灰し、硬さが 20 KNH 前後となったものを軟化象牙質試料とした。軟化象牙質試料に、覆髄剤として従来型 MTA セメントの TMR-MTA セメント、NEX MTA セメント、レジン添加型 MTA 配合覆髄剤としてセラカル LC、スーパー MTA ペーストを貼付し、ベースセメントで被覆し、覆髄試料とした。作製した覆髄試料は、湿度 100% 容器中で 1 カ月および 3 カ月保管後、覆髄した象牙質の Knoop 硬さを測定した。試料数は各条件につき 3 試料とし、得られた値は一元配置分散分析および Tukey の検定にて統計解析を行った ($p < 0.001$)。

成績：覆髄剤貼付後の硬さ測定の結果、TMR-MTA セメント群では 1 カ月後の硬さは 32.8 ± 2.7 KNH、3 カ月後の硬さは 33.2 ± 0.4 KNH となった。軟化象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意に向上した。健全象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意に低かった。NEX MTA セメント群では 1 カ月後の硬さは 41.1 ± 2.3 KNH、3 カ月後の硬さは 41.6 ± 4.0 KNH となった。軟化象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意に向上した。健全象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意に低かった。セラカル LC 貼付群では 1 カ月後の硬さは 20.1 ± 0.5 KNH、3 カ月後の硬さは 27.7 ± 4.4 KNH となった。軟化象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さに有意差は認められなかった。健全象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意に低かった。スーパー MTA ペースト貼付群では 1 カ月後の硬さは 56.5 ± 5.9 KNH、3 カ月後の硬さは 62.0 ± 2.5 KNH となった。軟化象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意に向上した。健全象牙質試料と比較して、1 カ月後および 3 カ月後の硬さは有意差が認められない硬さに向上した。本実験により、レジン添加型 MTA 配合覆髄剤を軟化象牙質に貼付することによって、再石灰化を促し、軟化象牙質の硬化が認められた。

結論：以上の結果により、MTA を配合したレジン添加型覆髄剤の軟化象牙質の硬化への有効性が示唆された。

キーワード：Knoop 硬さ、レジン添加型覆髄剤、MTA、再石灰化

責任著者連絡先：吉川一志

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

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

受付：2020年6月10日/受理：2020年7月1日

ジルコン粉末を用いた噴射研削による小窩裂溝齲蝕除去について

堀田 正人 瀧谷 佳晃* 河野 哲*

朝日大学

*朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯内療法学

抄録

目的：ジルコン粒子による噴射研削によりヒト抜去小白歯部の小窩裂溝齲蝕の除去を行い、3種類の噴射研削材（アルミナ、炭酸水素ナトリウム、桃の種粉碎粒子）による小窩裂溝齲蝕除去と比較検討した。

材料と方法：各種噴射研削材の研削能力については、ヒト抜去上顎前歯の健全エナメル質と健全象牙質の研削深さを電子線三次元粗さ解析装置により測定した。小白歯小窩裂溝部齲蝕除去の評価には、齲蝕除去の指標としてDIAGNOdentと齲蝕検知液を用い、各種噴射研削材にて着色部または齲蝕部を除去した。さらに、除去後の最も深い窩洞の部分に歯軸に平行にかつ頬舌的に縦断した試料の窩底部をビッカース硬さ測定器にて測定し、確認した。

結果：各種噴射研削材の研削深さ (μm) は、エナメル質（平均値）、象牙質（平均値）ともにアルミナ (132.26, 162.03) > ジルコン (49.72, 63.09) > 炭酸水素ナトリウム (7.81, 10.46) > 桃の種粉碎粒子 (2.79, 5.50) の順に深さの値は小さくなった。健全エナメル質に比べると、健全象牙質のほうが各噴射研削材ともに研削深さはより深かった。アルミナ・ジルコン粒子においてはすべての着色または齲蝕部が除去されていた。桃の種粉碎粒子と炭酸水素ナトリウム粒子を用いた場合は、すべての着色または齲蝕部は除去できなかった。また、アルミナ粒子では窩底部健全象牙質が過剰に研削されたが、ジルコン粒子では過剰の研削は抑えられていた。

結論：ジルコン粒子を用いた噴射研削によるヒト抜去小白歯部の小窩裂溝齲蝕除去は、アルミナ粒子と同様にエナメル質を除去でき、齲蝕部を完全に除去することが可能であった。さらにアルミナ粒子に比べて健全歯質の削除量を抑えることができた。

キーワード：噴射研削, ジルコン粒子, 小窩裂溝齲蝕

責任著者連絡先：堀田正人

〒501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851 朝日大学

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

受付：2020年6月29日/受理：2020年8月6日

DOI : 10.11471/shikahozon.63.368

緒 言

噴射研削は、MI (Minimal Intervention) の理念に基づいた齲蝕除去法である^{1,2)}。最近、各種パウダーを用いた噴射研削 (エアポリッシング) によって、インプラント周囲炎や歯肉縁下デブライドメントなどに臨床応用されるようになってきた^{3,4)}が、齲蝕除去には各種パウダーの制御が困難なためかほとんど用いられなくなってきている。1945年、Black⁵⁾によって試みられた噴射研削 (エアブレーション) は、先端の細いノズルから圧搾空気によってアルミナ粒子を噴出し、歯質を研削する方法である。歯科臨床においては、アルミナ粒子を吸引する付属のバキューム装置や口腔内の軟組織保護のためのラバーダムが必要であるが、回転切削に伴う不快感や痛みによる患者の負担を解消できることや接着修復が可能となったことから、1990年代にリバイバルへとつながった。エアブレーションによる窩洞形成には熟練を要し、露髄を招く危険性があるものの、小窩裂溝部のシーラント充填や初期齲蝕処置 (コンポジットレジン充填修復) には有効であるとされている⁶⁾。しかし、感染象牙質のような軟らかい物質にはアルミナ粒子の運動エネルギーが吸収されてしまい^{7,8)}、研削が困難なことから、感染象牙質を選択的に除去する可能性がある桃の種の殻を粉碎した粒子や炭酸水素ナトリウム粒子、キトサン粉末、亜硫酸ナトリウムなどが検討され、臨床的に有用であることが報告されている⁹⁻¹³⁾。

しかし、感染象牙質を選択的に除去できるとされる桃の種粉碎粒子、炭酸水素ナトリウム粒子はエナメル質を研削することができず、ほかの器械・器具を使用して齲蝕窩の開拓を行うことが必要で、小窩裂溝部の着色または齲蝕部を完全に除去することはできないと予想される。また、アルミナ粒子は研削能率が高く、研削力の強さのコントロールが難しいために健全なエナメル質や健全象牙質を多量に研削してしまい、エアブレーション中に偶発露髄が起こる可能性がある。

そこで、ヒトエナメル質が除去でき、アルミナ粒子に比べて健全歯質の削除量を抑えることができるのではないかと考えられたジルコン粒子を用いて、ヒト抜去小白歯部の小窩裂溝部着色または齲蝕の除去を行い、3種類の噴射研削材 (アルミナ、炭酸水素ナトリウム、桃の種) による小窩裂溝部着色および齲蝕の除去を行ったものと比較検討した。各種噴射研削材の研削能力については、健全エナメル質と健全象牙質の研削深さを測定した。また、噴射研削前後にレーザー齲蝕診断装置と齲蝕検知液を使用し、さらに、小窩裂溝部着色または齲蝕部除去後の最も深い窩洞部分のマイクロピッカース硬さを測定し、確認した。

材料および方法

1. 供試材料

噴射研削材は粒形 $50\ \mu\text{m}$ のアルミナ粒子 (アルファアルミナ 50, ヨシダ)、粒形 $10\sim 40\ \mu\text{m}$ のジルコン粒子 (フジジルコンビーズ, 不二製作所)、粒形 $100\sim 300\ \mu\text{m}$ の炭酸水素ナトリウム粒子 (小堺製薬)、粒形 $50\sim 106\ \mu\text{m}$ の桃の種粉碎粒子 (新東ブレード) を用いた (Fig. 1)。

各種噴射研削材の健全エナメル質と健全象牙質の研削深さを評価するために抜去後、ただちに生理食塩水に浸漬し、 -20°C で冷凍保存しておいたヒト抜去健全上顎前歯を 37°C 蒸留水中にて保管後、MMA レジンにて包埋した。その後、耐水研磨紙 #800~ #2,000 にて研磨し、アルミナ粉末 ($1.00\sim 0.03\ \mu\text{m}$) にてバフ研磨した。各種噴射研削材ごとに鏡面研磨した健全エナメル質と健全象牙質を各 6 試料、作製して用いた。さらに、咬合面の小窩裂溝部着色または齲蝕を有するヒト抜去小白歯を各種噴射研削材ごとに 10 歯選択し、被験歯とした。なお、本研究は朝日大学歯学部倫理委員会の承認 (承認番号 20066 号) の下に行った。

2. 噴射条件

噴射研削装置は Painless jet (ヨシダ) を使用し、噴射圧を $0.5\ \text{MPa}$ 、試料表面との噴射研削距離は $1.0\ \text{mm}$ とし、健全上顎前歯を用いた研削深さの実験には試料表面に対して 90° で噴射した。小白歯咬合面の小窩裂溝齲蝕除去の評価の実験には、試料表面に対して $45\sim 90^\circ$ で噴射した。ノズル先端の内径は $0.35\ \text{mm}$ のものを使用し、噴射はエアのみが 1 秒間、続いてエアと粒子の混合が 2 秒間噴射されるパルスモード 3 を繰り返す方法で行った。研削深さの実験はアルミナ粒子とジルコン粒子は 3 秒間、炭酸水素ナトリウム粒子と桃の種粉碎粒子の噴射時間は 30 秒間とした。小白歯咬合面の小窩裂溝齲蝕除去の実験は着色または齲蝕部分がすべて除去できるまで、もしくは最高 5 分間までは除去することとした。噴射研削は臨床経験 10 年以上の歯科医師 1 名がすべて行った。

3. 健全歯質の研削深さの測定

鏡面研磨したエナメル質、象牙質の各試料は各種噴射研削材で研削後、スリーウェイシリンジにてエアブローを行い、電子線三次元粗さ解析装置 (ERA-4000, ELI-ONIX) を使用し、鳥瞰図と窩洞中央部の断面プロフィールにより研削深さを測定した。

4. 齲蝕除去後の裂溝部観察と裂溝部窩洞周辺の表面硬さ測定

噴射研削前後にレーザー齲蝕診断装置として DIAG-NOdent (KoVo) を指標として用い、着色および齲蝕部

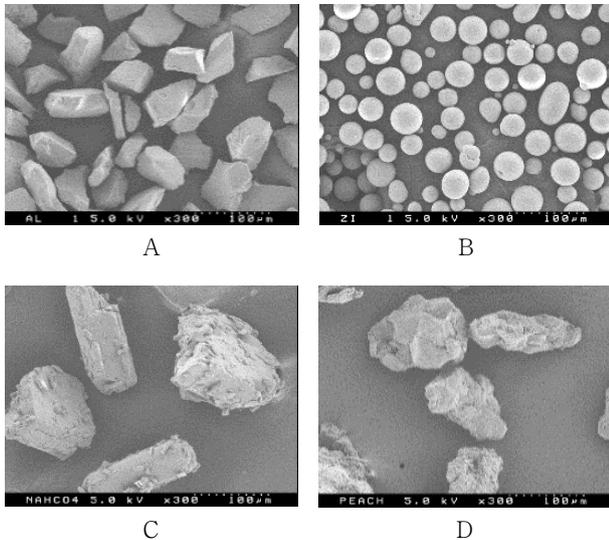


Fig. 1 SEM images of the four powder particles used for air abrasion

A : Alumina powder, B : Zircon powder, C : Sodium bicarbonate powder, D : Pulverized peach stone powder

分が除去されているかどうか確認した。また、齲蝕検知液（カリエスディテクター，クラレノリタケデンタル）も用いて肉眼で確認した。その後，研削された試料は最も深い部分を歯軸と平行に精密低速切断機 ISOMET（Buehler，USA）で頰舌的に縦断し，小型試料鏡面研磨用ダイヤモンド（ML-150P，マルトー）にて #2,000 まで逐次研磨し，その断面をデジタルマイクロスコープ（VH-6200，KEYENCE）で観察し，写真撮影を行った。さらに，研削後の窩底部周辺について，マイクロビッカース硬さ測定器（MVK-H2，Akashi）にて硬さを測定した。

5. 統計学的分析

得られたデータは，一元配置分散分析（ANOVA， $p < 0.05$ ）と多重比較検定 Scheffé を用いて有意差検定を行った。

結 果

1. 健全歯質の研削深さ

各種噴射研削材によって研削されたエナメル質と象牙質の電子線三次元粗さ解析装置による鳥瞰図と窩洞中央部の断面プロファイルの代表例を，Fig. 2 に示す。鳥瞰図と窩洞中央部の断面プロファイルから，アルミナとジルコン粒子で研削されたエナメル質と象牙質は皿状の窩洞が認められた。また，炭酸水素ナトリウムと桃の種粉砕粒子で研削されたエナメル質と象牙質の表面は粗れて

おり，微小な凹みが観察された。

各種噴射研削材の研削深さ（ μm ）は Table 1 に示すとおりであった。エナメル質（平均値），象牙質（平均値）ともにアルミナ（132.26，162.03）>ジルコン（49.72，63.09）>炭酸水素ナトリウム（7.81，10.46）>桃の種粉砕粒子（2.79，5.50）の順に深さの値は小さくなった。有意差検定の結果，エナメル質，象牙質ともにアルミナが有意に最も深かった。次にジルコンが有意に深く，炭酸水素ナトリウムと桃の種粉砕粒子は有意に浅かった。炭酸水素ナトリウムと桃の種粉砕粒子との間には有意差はなかった。また各種研削材とも，エナメル質と象牙質との研削深さに有意差はなかった。

2. 齲蝕除去後の裂溝部評価

1) 研削前後の DIAGNOdent 測定値

桃の種粉砕粒子と炭酸水素ナトリウム粒子を用いた場合，多少の着色または齲蝕部を除去することができたが，すべてを除去することはできず，研削前後の DIAGNOdent 測定値（Peak 値）は，ほとんど変化がなかった。また，黒褐色に着色した着色部は齲蝕検知液の赤染が判別できなかったものも多かった。したがって，アルミナ粒子・ジルコン粒子についてのみ評価した。研削後にエナメル質内に限局したものを C0 または C1，象牙質まで達していたものを C2 とし，C0 または C1 と C2 が各 5 試料，合計 10 試料になるように調整し，研削前後の DIAGNOdent 測定値は C0 または C1 と C2 に分類して示した（Table 2）。各種噴射研削材で研削する前の DIAGNOdent 測定値（Peak 値）は，C0 または C1 の最小値～最大値（平均値）はアルミナが 10～24（16.0），ジルコンは 8～20（14.6）を示したのに対して，C2 の最小値～最大値（平均値）はアルミナが 25～36（29.0），ジルコンは 25～35（28.6）を示した。研削後の DIAGNOdent 測定値（Peak 値）は，C0 または C1 の最小値～最大値（平均値）はアルミナが 1～8（6.0），ジルコンは 1～8（4.8）を示したのに対して，C2 の最小値～最大値（平均値）はアルミナが 5～8（6.2），ジルコンは 5～9（7.2）を示した。有意差検定の結果，アルミナとジルコンの噴射研削前の C0 または C1 と C2 の試料において C2 の試料のほうが有意に DIAGNOdent 測定値は高く，研削後では C0 または C1 と C2 の試料との間には有意差はなかった。

2) 研削前後の小白歯咬合面裂溝部観察像と研削後の頰舌的断面観察像

解剖学的形態から，齲窩が広く開口している場合や幅径の狭い棍棒状で深い裂溝の場合があり，単純に比較するのは困難であった。幅径が狭く，棍棒状の深い裂溝の場合はもちろんのこと，裂溝が浅く，幅径が広くて齲窩が開口している場合（U，V 字型裂溝）でも炭酸水素ナトリウムや桃の種粉砕粒子では着色部または齲蝕部を完

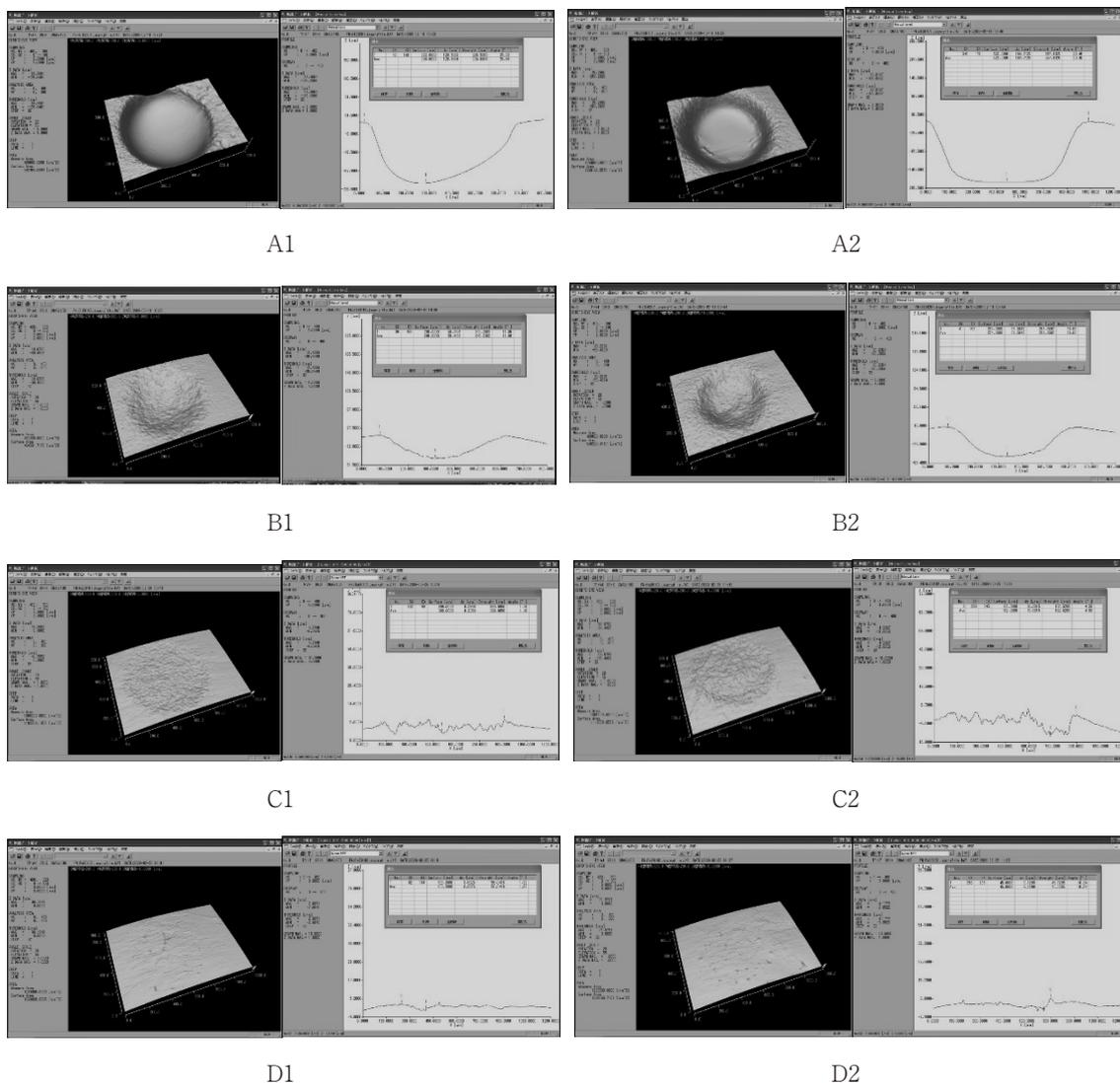


Fig. 2 Typical surface topography (bird's eye view) and cross-sectional profile (the middle portion) after abrasion with the four powder particles on enamel and dentin

A1: Alumina (Enamel), A2: Alumina (Dentin), B1: Zircon (Enamel), B2: Zircon (Dentin), C1: Sodium bicarbonate (Enamel), C2: Sodium bicarbonate (Dentin), D1: Pulverized peach stone (Enamel), D2: Pulverized peach stone (Dentin)

Table 1 The depth of enamel and dentin (means and standard deviation) after abrasion with the four powder particles

	Alumina	Zircon	Sodium bicarbonate	Pulverized peach stone
Enamel	132.26±16.24 ^a	49.72±9.17 ^b	7.81±0.83 ^c	2.79±0.92 ^c
Dentin	162.03±59.77 ^a	63.09±12.84 ^b	10.46±1.91 ^c	5.50±1.89 ^c

The same superscript letters are not significantly different ($p < 0.05$).

Unit: μm , $n=6$

全に取り除くことは難しく、小窩裂溝部の着色または齲蝕は残存していた。また、アルミナ粒子では窩底部健全象牙質において過剰に研削されたと思われる様相が認め

られたが、ジルコン粒子ではアルミナ粒子に比べるとそれほど過剰には研削されていなかった (Fig. 3)。

Table 2 Occlusal pit and fissure carious lesion with laser fluorescence values (DIAGNOdent, peak values) before and after abrasion

	Alumina powder		Zircon powder	
	C0 or C1	C2	C0 or C1	C2
Before abrasion	16.0±5.4 ^b	29.0±4.2 ^a	14.6±4.7 ^{b,c}	28.6±4.0 ^a
After abrasion	6.0±2.9 ^{c,d}	6.2±1.3 ^{c,d}	4.8±3.1 ^d	7.2±1.6 ^{b,c,d}

The same superscript letters are not significantly different ($p < 0.05$).
mean±SD, n=5

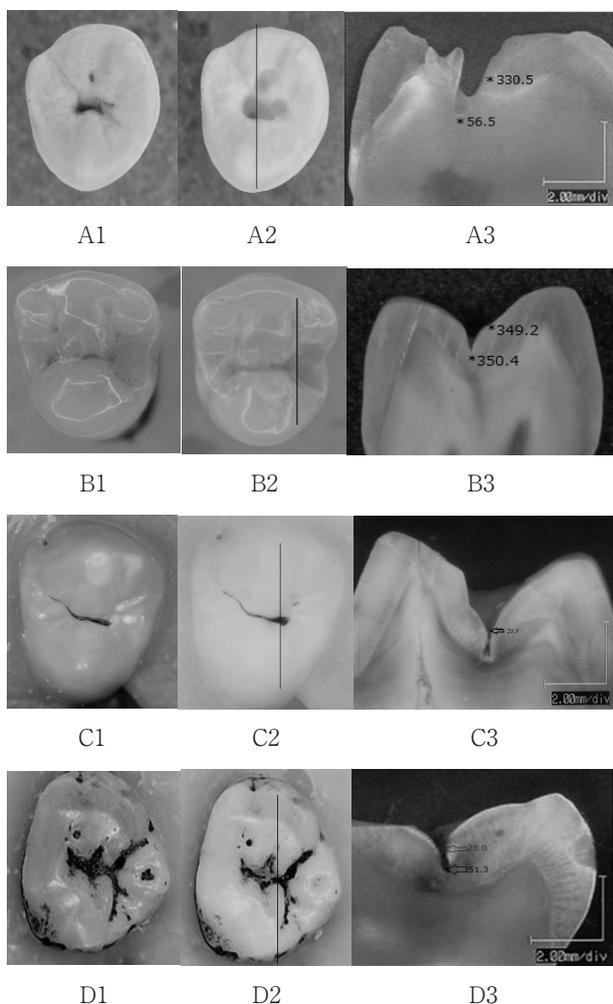


Fig. 3 Typical photographs of removal of occlusal pit and fissure carious lesions with air abrasion using the four powder particles

A : Alumina powder, B : Zircon powder, C : Sodium bicarbonate powder, D : Pulverized peach stone powder

1 : Before abrasion, 2 : After abrasion (Cutting line—) 3 : After abrasion (Bucco-lingually sectional views)

3) 研削後の窩洞窩底部周囲のマイクロビッカース硬さ

桃の種粉碎粒子、炭酸水素ナトリウム粒子では着色または齲蝕部は明らかに研削できなかったため、アルミナ粒子とジルコン粒子のマイクロビッカース硬さの値を示した (Table 3)。C0 または C1 では窩底部において健全エナメル質の硬さを示し、C2 では健全象牙質の硬さを示しており、すべての着色・齲蝕部を除去できていることが確認できた。また、桃の種粉碎粒子、炭酸水素ナトリウムについては、Fig. 3 の代表例に示したように、研削できなかった黒褐色に着色した残留物のマイクロビッカースの値は 20VHN 前後のものから 50VHN 以上を示した。

考 察

小窩裂溝初期齲蝕の切削基準は、患者自身の口腔清掃状態や齲蝕活動試験などのカリエスリスクを考慮して治療方針が決定される¹⁴⁾。早まって無用の切削になるのか、手遅れになってしまうのかの判断が求められる。また現在、MI の理念に基づき、歯質接着技法の進歩により歯の切削を最小限に抑え、歯質を可及的に保存する治療が実践され、エナメル質に局限した齲蝕の処置は行わない傾向にあるが、小窩裂溝部の齲蝕はエナメル質に局限しているかどうかの臨床判断が難しい。このような判断が困難な場合の予防的処置や進行抑制を含めた処置も考えられている。さらに、小窩裂溝部の沈着物の除去は困難を極めることが多く、解剖学形態や裂溝内部の歯石沈着 (石灰化) の問題¹⁵⁾から、石灰化した着色物は清掃等では確実に除去できないことがある。

DIAGNOdent の測定値は齲蝕除去前後に測定することができることから齲蝕除去の客観的な指標とはなるが、齲蝕除去前の DIAGNOdent の測定値から C0, C1, C2 を決定することは困難であった。Lussi らは DIAGNOdent による測定値から 0~4 : 健全歯, 初期齲蝕 (エナメル質 1/2 以内の齲蝕), 4~10 : エナメル質齲蝕, 10~18 : 象牙質 1/2 以内の齲蝕¹⁶⁾としており、さらに、0~

Table 3 Vickers hardness of the abraded cavity floor at the deepest portion

	Alumina powder		Zircon powder	
	C0 or C1	C2	C0 or C1	C2
The abraded cavity floor at the deepest portion	362.1±31.4 ^a	59.9±3.2 ^b	357.0±37.1 ^a	59.4±3.5 ^b

The same superscript letters are not significantly different ($p < 0.05$).
mean±SD, n=5

13：処置の必要なし，14～20：予防的処置，21～29：予防的処置・修復¹⁷⁾としているが，篠原ら¹⁸⁾は DIAGNOdent による測定値から小窩裂溝齲蝕度第1度 (C1)：4～30 (平均 17.1)，小窩裂溝齲蝕度第2度 (C2)：6～45 (平均 26.9) であったと報告している。今回われわれが用いた小窩裂溝齲蝕の抜去歯においては，C0～C1：8～24，C2：25～36 であった。今回，実験に供したヒト抜去小白歯をアルミナ粒子とジルコン粒子による噴射研削で小窩裂溝齲蝕を取り除いた後の DIAGNOdent の測定値は，除去前の齲蝕度が C0，C1，C2 にかかわらず，平均 5～7 前後の値を示した。これは，五十嵐ら¹⁹⁾が象牙質齲蝕を有するヒト抜去歯でダイヤモンドポイントにて齲窩の開拡後，齲蝕検知液を指標にして，マイクロモーターにより低速でラウンドバーを用いて齲蝕象牙質を除去した場合の DIAGNOdent の測定値 5～6 の値と近似していた。したがって，Iwami ら²⁰⁾が述べているように，齲蝕除去の際の客観的評価に DIAGNOdent は十分使用できると考えられた。

永野は，小窩裂溝を頬舌的に縦断した一平面における形態から 5 型 (V, U, I, IK, その他) に分類し，齲蝕の初期発生部位との関係を調査した結果，齲蝕の初発点は開口部が高く，次に中間部，最も少ないのは，細菌が存在するのに必要な栄養源を口腔内環境から摂取しにくい底部と報告²¹⁾し，白戸も同様の結果を報告²²⁾している。しかし，底部に歯石 (リン酸オクタカルシウム，水酸化アパタイト，ウイトロカイトなど) が形成されやすいとの報告²³⁾や，窩溝の深部は歯牙形成期の残遺物によって満たされている場合があり，内容物は石灰化しやすい部位であるとする報告もある¹⁵⁾。今回噴射研削材として用いた炭酸水素ナトリウム粒子と桃の種粉碎粒子 (炭酸水素ナトリウム粒子：新モース硬度 2.5，桃の種粉碎粒子：新モース硬度 4.0) は，感染象牙質を選択的に除去できるとされている^{10,12)}が，小窩裂溝齲蝕の着色または齲蝕部を完全に除去することはできなかった。小窩裂溝が深く，幅径が狭い I 型・IK 型はもちろんのこと，小窩裂溝の幅径が広く，深さが浅い V 型や U 型でも桃の種や炭酸水素ナトリウム粒子のみではすべての着色または齲蝕部分を除去することはできなかった。除去できな

かった理由として，まず，炭酸水素ナトリウム粒子と桃の種粉碎粒子の大きさが考えられた。それぞれ 100～300 μm と 50～106 μm の粒子を使用した。小窩裂溝齲蝕にアプローチするには大きすぎ，細く深い裂溝には侵入できない粒形であった可能性がある。次に，炭酸水素ナトリウム粒子と桃の種粉碎粒子では除去できなかった裂溝内部の内容物の硬さを測定した結果，20VHN 前後から 50VHN 以上を示す残留物であった。ヌープ硬さ (KHN) はビッカース硬さ (VHN) に近似した値をとることが知られており²⁴⁾，KHN は VHN と同様に横断面が菱形の四角錐になっているダイヤモンド圧子を用いた押し込み硬さを示す。KHN の圧子は頂角が 175.5°，VHN の圧子は 136° で，両者とも圧痕表面積を試験荷重で割って硬さを算出する²⁵⁾。したがって，齲蝕検知液に染まる感染象牙質の硬さは 20KHN 以下であること^{26,27)}を考えれば，それより硬い小窩裂溝内部の内容物は炭酸水素ナトリウムや桃の種粉碎粒子では除去できなかったものと推測できた。

一方，アルミナ粒子 (新モース硬度 12.0) は，齲蝕象牙質を除去し健全象牙質に達すると急激に深く研削してしまう傾向にあり，過剰に健全歯質を研削してしまう²⁸⁾とされている。そこで，アルミナ粒子に比べて健全歯質の削除量を抑えることができると考えられるジルコン粒子 (新モース硬度 11.0，結晶質ジルコニアと非結晶質酸化珪素を電融法により融解したもの) に着目した。ジルコン粒子を用いて，健全歯質のエナメル質と象牙質の研削深さの測定，小窩裂溝部の着色および齲蝕の除去を行った。その結果，アルミナ粒子とジルコン粒子の健全エナメル質に対する研削深さ (μm) はそれぞれ 132.26±16.24，49.72±9.17 で，健全象牙質がそれぞれ 162.03±59.77，63.09±12.84 とジルコン粒子はアルミナ粒子の 40% 程度の研削深さであった。また，小白歯部の小窩裂溝齲蝕除去実験では小窩裂溝齲蝕を取り残さず，完全に除去し，アルミナ粒子よりジルコン粒子を用いたほうが研削深さを制御しやすいと思われた。幅径が狭い I 型や細くて深い IK 型の裂溝の着色または齲蝕部で，エナメル質を除去しなければならないもの (齲窩の開拡が必要な小窩裂溝齲蝕) もジルコン粒子の使用で完全に除去することができ，小窩裂溝齲蝕の除去に有用であると思わ

れた。今後、今回用いたジルコン粒子による噴射研削を小窩裂溝齲蝕の除去に応用するだけでなく、平滑面齲蝕の除去においても過剰に健全歯質を研削することなく制御でき、噴射研削することが可能かどうか詳細に検討したいと考えている。

また、噴射研削後のコンポジットレジン修復において、アルミナでの噴射研削後とダイヤモンドポイントで切削したエナメル質や象牙質との接着強さには有意差はないことが報告²⁹⁾されているが、ジルコンによる噴射研削後の歯質に対する接着強さについても今後、検討しなければならぬと思われる。

さらに、炭酸水素ナトリウムや桃の種の粉碎粒子で除去できなかった裂溝部の石灰化沈着物の着色層は酸抵抗性を示し、齲蝕抵抗性を示すとの報告³⁰⁾もあることから、安易に研削しないで管理していくことも重要であると考えている。

結 論

ジルコン粒子を用いた噴射研削によるヒト抜去小白歯部の小窩裂溝齲蝕除去は、アルミナ粒子と同様にエナメル質を除去でき、齲蝕部を完全に除去することが可能であった。さらに、ジルコン粒子はアルミナ粒子に比べて健全歯質の削除量を抑えることができた。

本論文の一部は2019年度宮田研究奨励金Aにより行った。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- Motisuki C, Lima LM, Bronzi ES, Spolidorio DM, Santos-Pinto L. The effectiveness of alumina powder on carious dentin removal. *Oper Dent* 2006; 31: 371-376.
- Honda K, Kinoshita N, Abe T, Hasegawa M, Shimizu A. Efficacy of new jet nozzle for removal carious dentin with an air abrasion system. *Dent Mater J* 2008; 27: 835-841.
- Muller N, Moene R, Cancela JA, Mombelli A. Subgingival air-polishing with erythritol during periodontal maintenance: randomized clinical trial of twelve months. *J Clin Periodontol* 2014; 41: 883-889.
- Toma S, Brex MC, Lasserre JF. Clinical evaluation of three surgical modalities in treatment of peri-implantitis: A randomized controlled clinical trial. *J Clin Med* 2019; 8: 966. <https://doi.org/10.3390/jcm8070966> (cited 2020. 5. 11)
- Black RB. Technic for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis. *J Am Dent Assoc* 1945; 32: 955-965.
- 後藤譲治, 張野, 一瀬暢宏. Kinetic Energy の小児歯科領域への応用に関する研究 第1報 形成窩洞のSEMによる観察. *小児歯誌* 1995; 33: 129-137.
- Goldstein RE, Parkins FM. Air-abrasive technology. *J Am Dent Assoc* 1994; 125: 551-557.
- Laurell KA, Hess JA. Scanning electron micrographic effects of air-abrasion cavity preparation on human enamel and dentin. *Quintessence Int* 1995; 26: 139-144.
- 堀口尚司, 山田敏元, 猪越重久, 佐野英彦, 佐藤暢昭, 二階堂 徹, 田上順二. 人工軟化象牙質を用いたAbrasion法による齲蝕歯質の選択的除去に関する研究. *日歯保存誌* 1996; 39: 715-725.
- 本田公亮. 噴射式歯面研削法による隣接面歯頸部齲蝕象牙質の選択的除去と修復. *日歯保存誌* 1999; 42: 485-506.
- 熱田 互, 内山敏一, 河野善治, 平山聡司, 渡邊珠江, 藤田 光, 池見宅司. キトサン粉末を用いた噴射式歯質研削装置の軟化象牙質研削性. *日歯保存誌* 2001; 44: 265-271.
- 屋我嗣彦, 堀田正人, 関根一郎. 噴射研削材として桃の種を応用した軟化象牙質の選択的除去. *日歯保存誌* 2002; 45: 629-642.
- 田川剛士. 新規S-01粉末の噴射による歯質研削効果. *日歯保存誌* 2007; 50: 415-424.
- Axelsson P. 齲蝕の診断とリスク予測: 実践編. 1版. クインテッセンス出版: 東京; 2003.
- 中川武幸. 小窩裂溝エナメル質の齲蝕抵抗性に関する形態学的研究. *歯基礎誌* 1983; 25: 481-502.
- Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res* 1999; 33: 261-266.
- Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001; 109: 14-19.
- 篠原 崇, 高瀬保晶, 平井義人. レーザー応用による齲蝕の臨床的診断基準. *日歯保存誌* 2004; 47: 22-30.
- 五十嵐 公, 荒木孝二, 俣木志朗, 黒崎紀正. DIAGNOdentの臨床的有用性. *日歯保存誌* 1999; 42: 783-785.
- Iwami Y, Shimizu A, Narimatsu M, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. Relationship between bacterial infection and evaluation using a laser fluorescence device. *DIAGNOdent. Eur J Oral Sci* 2004; 112: 419-423.
- 永野敏郎. 白歯咬合面の小窩裂溝の形態と齲蝕の初発部位との関係. *歯科学報* 1960; 60: 1178-1188.
- 白戸勝芳. 若年者からの抜去小白歯における小窩裂溝の初期齲蝕について. *口腔衛生会誌* 1980; 29: 34-43.
- Galil K, Gwinnett AJ. Human tooth-fissure contents and their progressive mineralization. *Arch Oral Biol* 1975; 20: 559-562.

- 24) Ghorbal GB, Tricoteaus A, Thuault A, Louis G, Chicot D. Comparison of conventional Knoop and Vickers hardness of ceramic material. *J Eur Ceram Soc* 2017; 37: 2531-2535.
- 25) 田中淳一, 原 義則, 塗膜の物性評価 (2) —塗膜表層物性: 硬度—. *塗料の研究* 2010; 152: 37-40.
- 26) Yamada T, Nakamura K, Iwaku M, Fusayama T. The extent of the odontoblast process in normal and carious human dentin. *J Dent Res* 1983; 62: 798-802.
- 27) Meredith N, Sherriff M, Setchell DJ, Swanson SAV. Measurement of the microhardness and Young's modulus of human enamel and dentin using an indentation technique. *Arch Oral Biol* 1996; 41: 539-545.
- 28) 本田公亮, 清水明彦, 夏目淑子, 長谷川誠実. 2種の研削材を用いた Airbrasive 法の比較—人工齲蝕象牙質に対する研削効果について—. *日歯保存誌* 2000; 43: 398-406.
- 29) Cehreli ZC, Yazici AR, Akca T, Ozgunaltay G. A morphological and micro-tensile bond strength evaluation of a single-bottle adhesive to caries-affected human dentine after four different caries removal techniques. *J Dent* 2003; 31: 429-435.
- 30) Robinso C, Hallaworth AS, Wethrell JA, Kunzel W. Arrest and control of carious lesions. *J Dent Res* 1976; 55: 812-818.

Removal of Pit and Fissure Caries by an Air Abrasive Unit Using Zircon Powder

HOTTA Masato, TAKITANI Yoshiaki* and KAWANO Satoshi*

Asahi University

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

Abstract

Purpose: Pit and fissure caries in extracted human premolars were removed by an air abrasive unit with zircon particles, and compared with removal using three types of air abrasive materials (alumina, sodium bicarbonate, and pulverized peach stone).

Methods: Grinding abilities of the air abrasive materials were investigated by measuring the depth of ground healthy enamel and dentin in the human extracted upper frontal tooth using a three-dimensional electron beam roughness analyzer. For evaluating the removal of premolar pit and fissure caries, DIAGNOdent and a caries detector were used as indices of caries removal, and the colored region or caries region was removed using the air abrasive materials. In addition, the cavity floor was confirmed in samples prepared by grinding the deepest region of the cavity after removal in the buccolingual vertical direction in parallel with the tooth axis using a Vickers hardness tester.

Results: The depth (μm) of either enamel (mean) or dentin (mean) ground with the air abrasive materials decreased in the order of alumina (132.26, 162.03) > zircon (49.72, 63.09) > sodium bicarbonate (7.81, 10.46) > pulverized peach stone (2.79, 5.50). Healthy dentin ground with either air abrasive material was deeper than ground healthy enamel. In samples ground with alumina and zircon particles, the colored or caries region was entirely removed. When pulverized peach stone or sodium bicarbonate particles were used, the colored or caries region was not entirely removed. Moreover, the cavity floor of healthy dentin was excessively ground with alumina particles, but no excessive grinding with zircon particles was observed.

Conclusion: Removal of pit and fissure caries in human extracted premolars by an air abrasive unit with zircon particles may also remove enamel, similar to alumina particles, which are capable of completely removing the caries region. In addition, the amount of tooth substance removed was less than when using alumina particles.

Key words: air abrasive, zircon powder, occlusal pit and fissure carious lesions

高度テーパー加工フィラメント植毛歯ブラシヘッドの大きさの違いが人工プラーク除去に及ぼす影響

堀田正人 佐野晃¹ 清水翔二郎²
石榑大嗣² 日下部修介² 二階堂徹²

朝日大学

¹デンタルプロ株式会社

²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

抄録

目的：機械的なプラーク除去は、齲蝕や歯周病の予防に最も重要な役割を果たしている。最近、隣接面や歯肉溝内に到達しやすいようにするためにさまざまな形態の歯ブラシが開発されている。また、ブラッシング方法としてはバス法が、軟らかめの歯ブラシを使用して歯肉縁周辺のプラークを除去する方法として有効であると考えられている。そこで本研究では、高度テーパー加工されたフィラメントが植毛されたワイドヘッドとコンパクトヘッドの歯ブラシを用いて、ブラッシングマシンによる人工プラーク除去効果について検討した。

材料と方法：使用した歯ブラシは、デンタルプロ・ブラック超コンパクト、デンタルプロ・ブラックダイヤコンパクト、デンタルプロ・ブラックダイヤワイドの3種類である。各種歯ブラシは、顎模型人工歯の歯肉縁上と歯肉縁下の人工プラーク除去効果をみるためにバス法に準じて使用した。歯軸に対して45度の方向で歯ブラシヘッドの植毛中央部先端を歯肉溝に合わせて、荷重200g、60秒間（190ストローク）ブラッシングを行うことで判定した。得られたデータは、一元配置分散分析（ANOVA）と多重比較検定（Scheffè）にて有意差検定（有意水準5%）を行った。

結果：使用した歯ブラシ間に、歯肉縁下における人工プラーク除去能に有意差は認められなかった。しかし、歯ブラシヘッドが超コンパクトのものに比べて、より大きいサイズのコンパクトとワイドは歯肉縁上の頬（唇）面と隣接面の人工プラーク除去能に優れていた。

結論：高度テーパー加工されたフィラメントが植毛された歯ブラシは歯肉縁下に到達した。歯ブラシヘッドを大きくすることで、さらにそのフィラメントが歯肉縁上の歯面や歯間部隣接面にも到達しやすくなることが示唆された。

キーワード：歯肉縁下と歯間部隣接面、人工プラーク除去効果、高度テーパー毛、ワイドヘッド歯ブラシ

責任著者連絡先：堀田正人

〒501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851 朝日大学

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

受付：2020年6月1日/受理：2020年8月25日

DOI : 10.11471/shikahozon.63.377

緒言

日常のブラッシングによるプラーク除去は、齲蝕や歯周病の予防と治療に重要な役割を果たしている。現在、さまざまな形態の歯ブラシが市販されている^{1,2)}。毛先を高度テーパ加工されたものは、毛先がフラットなものや丸く加工されたものに比べて、毛先が隣接面や歯周ポケット内に到達しやすい³⁾と考えられている。軟らかめの歯ブラシを使用して歯肉縁周辺のプラークを除去するのに有効とされているバス法⁴⁾に適した歯ブラシである⁵⁾。近年、ブラッシング時間が短縮でき、効率的にプラーク除去ができるのではないかの考えから、ワイドヘッドの歯ブラシも市販されるようになった。そこで本研究では、ブラッシングマシンに人工プラークをコートした人工歯を顎模型に装着して、高度テーパ加工したフィラメントが植毛されたワイドヘッドとコンパクトヘッドの歯ブラシを用いて、歯ブラシヘッドの大きさの違いによって、人工プラークの除去性に影響を与えるかどうかについて *in vitro* で検討した。

材料および方法

1. 使用した歯ブラシ

使用した3種類の歯ブラシヘッドの大きさの異なる歯ブラシはすべて超極細毛のタイプで毛の性状、形状は同じで、デンタルプロ・ブラック超コンパクト (A, デンタルプロ), デンタルプロ・ブラックダイヤコンパクト (B, デンタルプロ), デンタルプロ・ブラックダイヤワイド (C, デンタルプロ) である (Fig. 1)。使用した歯ブラシの超極細毛はすべて直径 7mil (0.178 mm) の PBT (ポリブチレンテレフタレート) で、片側高度テーパ型の単一植毛である。3種類の歯ブラシヘッドの仕様を Fig. 2~4 と Table 1 に示す。

2. 歯ブラシの座屈強度と硬さの測定

使用した3種類の歯ブラシ (毛丈 11 mm) の座屈強度と硬さを、万能試験機 (オートグラフ AGS-X, Shimadzu) にてクロスヘッドスピード 1.0 mm/min で垂直方向に圧縮して測定した (n=4)。座屈強度については ISO 基準に準じて行い、硬さの計算は JIS 規格に準じた。なお、室温 23±2 °C、相対湿度 50±5% で行い、硬さは座屈強度の値 (N) を植毛面積 (cm²) で除した値とした。それらの値は、一元配置分散分析 (ANOVA) と多重比較検定 (Scheffé) を用いて有意差検定 (有意水準 5%) を行った。

3. 各種歯ブラシの清掃効果の比較実験

各種歯ブラシの *in vitro* における人工プラーク除去効

果を判定するために、人工歯は上顎左右側中切歯、上顎右側第二小白歯、上顎右側第一大臼歯を用いた。各人工歯は、咬合印記用エアブル (オクルード, パスカル) を用いてコートした。このコート材はブラッシング操作により、歯ブラシの毛先がコートされた人工歯の各部位に到達していることが容易に確認できる利点がある。しかし、実際のバイオフィルムのように、人工歯に付着してはいないが人工プラークとした。コートした人工歯は顎模型 (P-15D-004, ニッシン) に装着し、ブラッシングマシン (大平工業) のジグに固定した。ブラッシング操作はバス法を想定し、著者らの報告^{6,7)}に準じた方法で行った。上顎左右側中切歯部については唇側面に対して歯軸に 45度の方向で、上顎右側第二小白歯と第一大臼歯は頬側面に対して歯軸に 45度の方向で歯ブラシヘッド植毛部分の縦中央の先端を歯肉溝に合わせた。荷重 200 g, ストローク幅 20 mm, 毎分 190 ストローク (往復) で 1 分間ブラッシングを行った。清掃効果の判定は、残存するコーティングが剥がれないように注意深く人工歯を取り出して行った。その後、ブラッシングにより除去されたコーティング部分をマイクロスコープ (VH-6200, キーエンス) にて 20 倍で撮影した人工歯の規格写真データ (n=5) を、Image J (NIH, USA) にて画像解析した。人工歯の唇側 (La)・頬側 (Bu) 面と隣接面 (Ap) を歯肉縁上 (Supra) と歯肉縁下 (Sub) に分類して、コーティングが除去された被験面の面積を求めた。さらに、その値を一元配置分散分析 (ANOVA) と多重比較検定 (Scheffé) を用いて有意差検定 (有意水準 5%) を行った。

結果

1. 歯ブラシの座屈強度と硬さ

各種歯ブラシの座屈強度と硬さを Fig. 5 に示す。歯ブラシの座屈強度の平均値は 9.3~9.7 (N) で、各歯ブラシ間に有意差はなかった。また、硬さの平均値は 3.4~9.6 (N/cm²) で、A (平均値±SD: 9.6±0.6 N/cm²), B (平均値±SD: 5.7±1.7 N/cm²), C (平均値±SD: 3.4±0.3 N/cm²) 間にそれぞれ有意差があり、C が最も軟らかかった。

2. 各種歯ブラシの清掃効果

Fig. 6 に各種歯ブラシによってコーティングが除去された上顎左右側中切歯と上顎右側第二小白歯・第一大臼歯の規格写真の代表例を示す。

プラーク除去面積は、上顎左右側中切歯の 45度方向で Supra・La と Supra・Ap の平均値は 151.2~175.8 (mm²) と 23.7~36.6 (mm²) であった。Supra・La は有意に B (平均値: 175.8 mm²) が大きく、Supra・Ap では有意に



Fig. 1 The three toothbrushes examined in this study
(A) DENTALPRO black super compact. (B) DENTALPRO black diamond compact. (C) DENTALPRO black diamond wide.

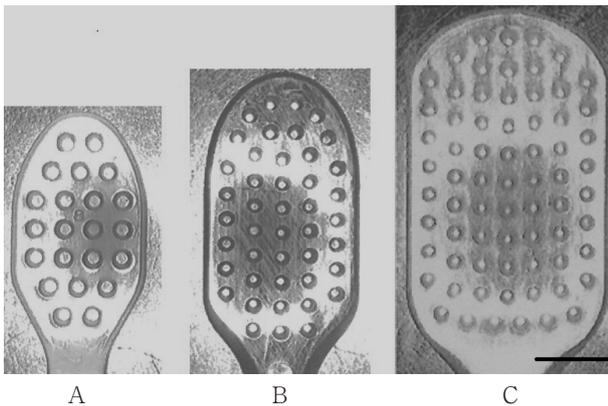


Fig. 2 The brush head design and bristle configuration of the three toothbrushes
(A) DENTALPRO black super compact. (B) DENTALPRO black diamond compact. (C) DENTALPRO black diamond wide.

C (平均値: 36.6 mm^2) が最も大きかった。Sub・La と Sub・Ap の平均値は $13.8 \sim 16.8 \text{ (mm}^2)$ と $4.7 \sim 5.2 \text{ (mm}^2)$ で、有意差はなかった (Fig. 7)。

45度方向の上顎右側第二小白歯と第一大白歯は、Supra・Bu と Supra・Ap の平均値が $109.0 \sim 119.4 \text{ (mm}^2)$ と $40.6 \sim 50.3 \text{ (mm}^2)$ であった。Supra・Bu と Supra・Ap で有意に、A (平均値: 109.0 mm^2 と 40.6 mm^2) の除去面積は小さかった。Sub・Bu と Sub・Ap の平均値は $32.8 \sim 39.3 \text{ (mm}^2)$ と $13.2 \sim 15.8 \text{ (mm}^2)$ で、有意差はなかった (Fig. 8)。

考 察

歯ブラシの主な目的は、歯質と周辺の軟組織に対して最小の侵襲で、歯と歯肉縁周辺部歯面のデンタルプラークをできるかぎり除去することであると思われる。毛先を用いる代表的なブラッシング法であるバス法は歯肉縁下に毛先を挿入しやすいため、歯肉縁下のプラークを除去することが可能と考えられる。そこで、バス法を想定

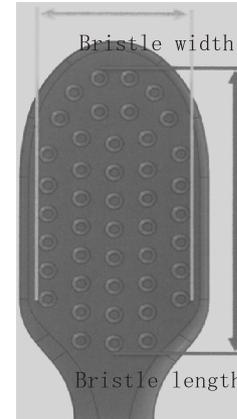


Fig. 3 Bristle width and bristle length

した方法でブラッシングマシンにより、歯肉縁下の領域を含めた人工プラーク除去効果を評価した。

一般にブラッシングによるプラーク除去効果は、使用する歯ブラシの毛 (フィラメント) の材質、直径、長さ、先端形態、毛束 (タフト) のフィラメント数、配列などにより影響されるとされている⁸⁻¹⁰⁾。これは言い換えると、歯ブラシの硬さを決定する要因が基本的にプラーク除去効果に影響している^{11,12)}と考えられる。そこで、今回使用した3種類の歯ブラシにおいて、その硬さを測定した。JIS規格では毛の長さを7.0 mmに揃えて測定した際の座屈強度の値を、植毛面積で除した値を示すことになっている。60 N/cm²以下が軟らかめ、50~85 N/cm²がふつう、75 N/cm²以上が硬めと表示される¹³⁾。一方、ISO規格 (ISO 8627:1987) では毛の長さは切断して揃えず、実際に使用する毛の長さで測定する。ブロックで固定した歯ブラシヘッドに対して平行になるように毛 (フィラメント) 先を揃えて測定した際の座屈強度の値を、植毛した毛束の穴の面積で除した値を硬さとしている。試験条件として、乾燥状態 (23±2 °C、相対湿度 50±5%) での試験と湿潤状態 (23±4 °C の水中に 90 秒間浸漬し、3分間±15秒間後に取り出した後) でそれぞれ座屈試験 (n=5) を行い、乾燥状態の値と湿潤状態の値の平均値を硬さ (Stiffness) とし、7 cN/mm²以下が Soft, 6~9 cN/mm²が Medium, 8 cN/mm²以上を Hard と表示している¹⁴⁾。今回われわれは、実際の感覚としては毛の長さが短いほど毛がしならず硬く感じ、長さが長くなるとしなりやすく、軟らかく感じることを、さらに、大多数の歯ブラシの毛丈 (毛の長さ) は 10~12 mm であることから、7.0 mm に揃えず、歯ブラシヘッドを切断し、MMA レジンにて歯ブラシヘッドに対して毛先が平行になるように固定し、ISO規格のように使用する際の毛の長さ 11 mm で座屈強度を測定し、植毛面積で除した値を硬さとして測定した。その結果、毛の太さ・長さは 3

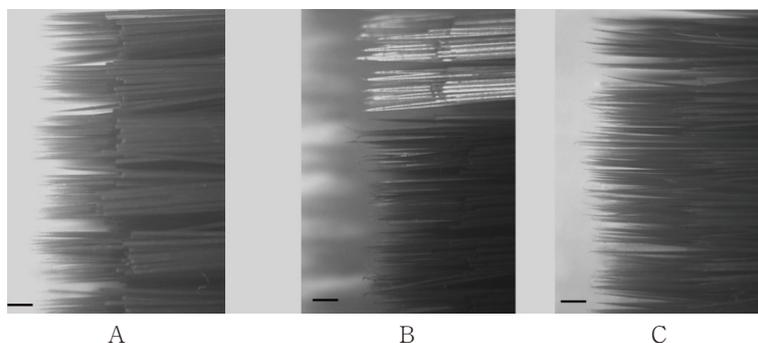


Fig. 4 Combination of flat and extremely high-tapered filaments
(A) DENTALPRO black super compact.(B) DENTALPRO black diamond compact.(C) DENTALPRO black diamond wide. — : 1 mm

Table 1 Specifications of three toothbrush heads used in this study

Code	Brand Name	Hole diameter (mm)	Number of holes	Number of tufts	Bristle width (mm)	Bristle length (mm)	Bristle area (mm ²)
A	DENTALPRO black super compact	Φ1.6	22	22±3	8.4	15.4	101.7
B	DENTALPRO black diamond compact	Φ1.2	44	11±2	9.6	19.6	166.9
C	DENTALPRO black diamond wide	Φ1.2	70	11±2	12.9	22.7	270.5

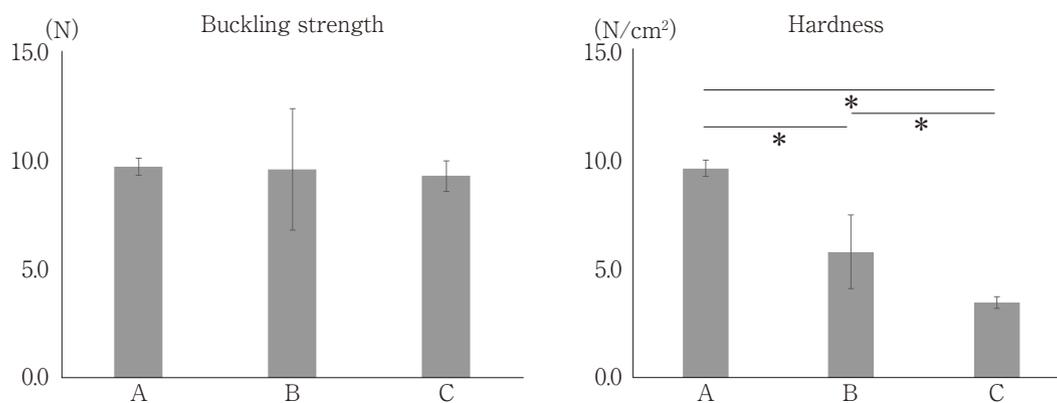


Fig. 5 The buckling strength (deflection force) and the hardness (degree of stiffness) of the A, B, and C tooth bristles

The filament length : 11.0 mm, n=4, * : p<0.05.

種類とも同じであることから、植毛面積が小さくて一穴に植毛されている毛束のフィラメントの数が多く、毛束間隔が狭く、歯ブラシヘッドが小さい A の歯ブラシが最も硬く、歯ブラシヘッドのサイズが A より大きいコンパクトの B とワイドヘッドである C の歯ブラシがより軟らかめで、毛束のフィラメントはしなりやすかった。このことから、実際に使用する歯ブラシの毛の長さで硬さを

評価したほうが、実際のブラッシング時の感覚が反映されやすいと思われた。

人工プラーク除去効果については、歯肉縁下部に関して上顎左右側中切歯、上顎右側第二小白歯と第一大臼歯の唇側側面・隣接面ともに各 3 種類の歯ブラシ間の人工プラークの除去面積に有意差は認められなかった。また、各 3 種類の歯ブラシとも、上顎左右側中切歯で歯肉

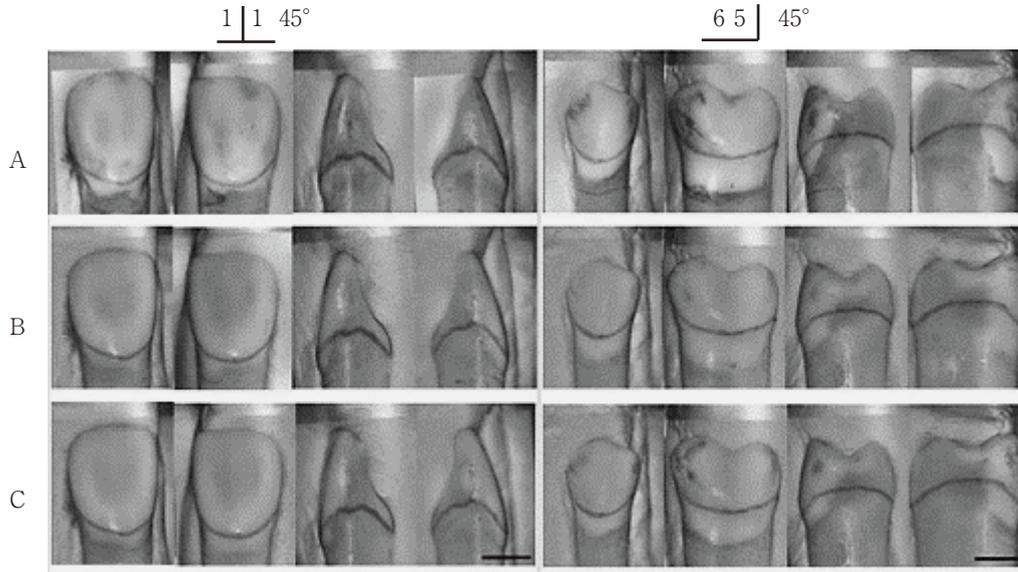


Fig. 6 The photographs of artificial plaque (OCCLUDE Pascal) removal after brushing by using the A, B, and C tooth brushes
— : 5 mm.

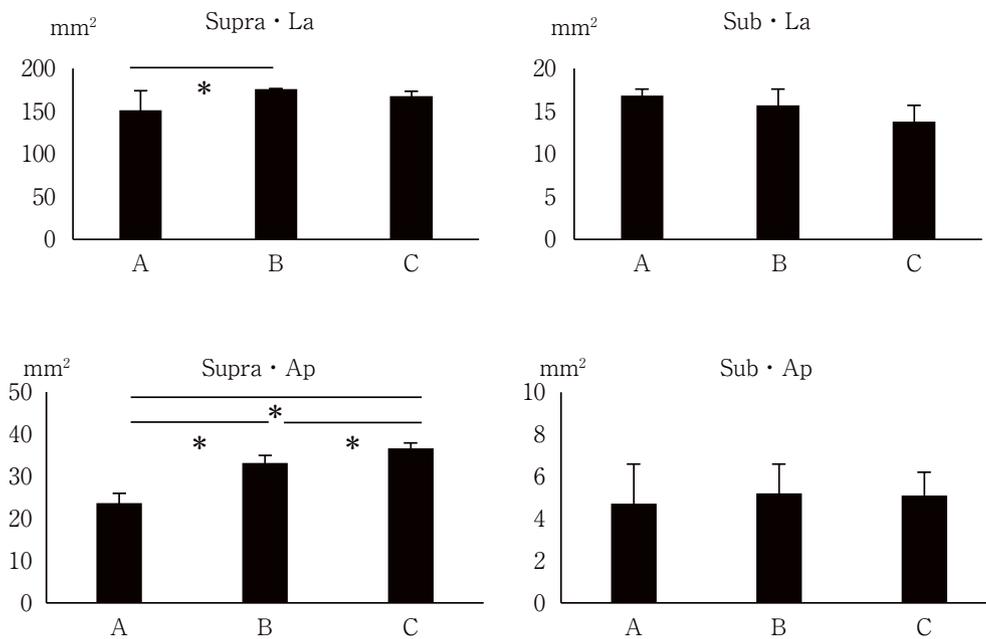


Fig. 7 The artificial plaque removal at 45 degrees to the dentition of maxillary central incisor
n=5, unit : mm², mean (SD), * : p<0.05.
Supra·La (Supragingival Labial), Supra·Ap (Supragingival Approximal), Sub·La (Subgingival Labial), Sub·Ap (Subgingival Approximal).

縁下約 1.2 mm, 上顎右側第二小臼歯で歯肉縁下約 1.5 mm, 上顎右側第一大臼歯で歯肉縁下約 2.9 mm 程度まで到達していた。臨床経験 3~11 年 (平均 5.8 年) の 5 名の歯科医師によって、顎模型の上顎左右中切歯, 上顎右

側第二小臼歯, 上顎右側第一大臼歯の唇・頬側の近心部, 中央部, 遠心部の各歯周ポケット深さをコンタクトプローブ (CO-12, 日本歯研工業) にて測定したところ, 歯周ポケット深さの平均値 (mm) は上顎左側中切歯で

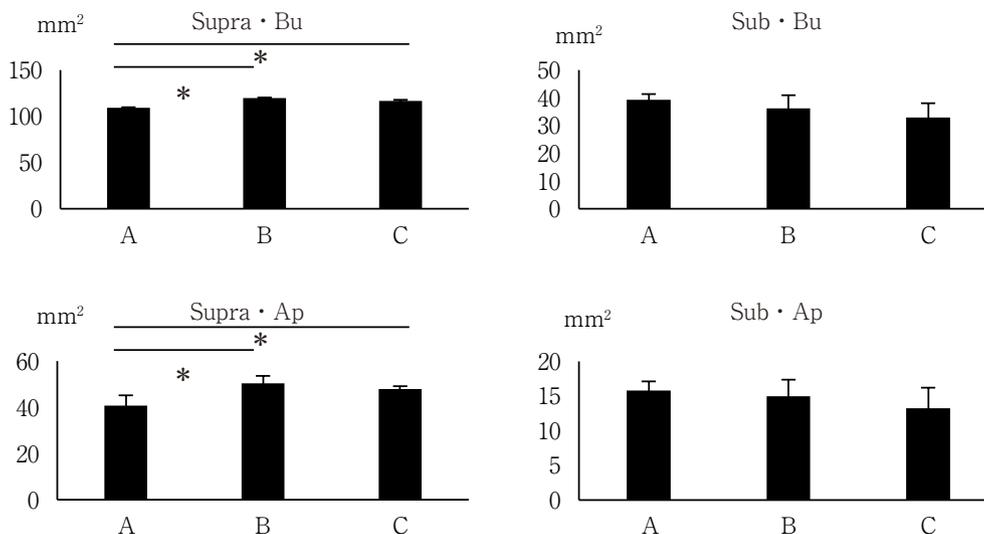


Fig. 8 The artificial plaque removal at 45 degrees to the dentition of maxillary right second premolar and first molar

n=5, unit : mm², mean (SD), * : p<0.05.

Supra · Bu (Supragingival Buccal), Supra · Ap (Supragingival Approximal), Sub · Bu (Subgingival Buccal), Sub · Ap (Subgingival Approximal).

は3, 4, 2, 上顎右側中切歯では2, 5, 3, 上顎右側第二小臼歯では3, 7, 4, 上顎右側第一大臼歯では5, 6, 3であった。各人工歯とも中央部のポケット深さが深く設定されており、歯ブラシの高度テーパー加工フィラメントもポケットの深い中央部により深く到達していた。このように、白歯部では高度テーパー加工フィラメント植毛によりポケット深部まで達しているにもかかわらず、ワイドヘッドであるCの除去面積は少なかった。これは、歯肉縁下部の歯肉に覆われた狭い空間においてはヘッドサイズが大きく、ホール数が多くなると毛束が邪魔し合って、逆に除去効果が低下した可能性が考えられた。次に、歯肉縁上プラーク除去効果は歯ブラシヘッドのサイズが最も小さいAに比べて、より大きいヘッドの歯ブラシのほうが唇頬側面・隣接面ともに有意に人工プラーク除去面積が大きい値を示し、除去効果に優れていた。これは歯ブラシヘッドのサイズが小さく、硬めの歯ブラシであるAに比べて軟らかめのBやCの歯ブラシは毛束がしなりやすく、毛束のホール数も多いことから、歯肉縁上においては唇頬側面・隣接面の清掃に有用であったと思われる。

今回は、すでに市販されている高度テーパー加工されたフィラメントが植毛されたワイドヘッドとコンパクトヘッドの歯ブラシを用いての実験結果である。歯ブラシヘッドの仕様を比較すると用いたフィラメントはすべて同じものだが、歯ブラシヘッドの大きさが異なるだけでなく、植毛部のフィラメントの密度、毛束のホール径な

どが異なっている。今後は、歯ブラシの仕様条件を統一して実験を行う必要があると考えている。また、人工プラークとして用いたのは咬合印記用のエアゾルパウダーである。このパウダーがコートされた顎模型人工歯に歯ブラシの毛先が到達し、歯ブラシ圧200gの条件で、5~10回のストロークでブラッシングすれば、明らかに除去されたかどうかを確認できる。したがって、除去された部分を測定することで歯ブラシの毛先が人工プラークに到達していることは確実である。しかし、実際の歯に付着したプラークではないので、口腔内のプラーク(バイオフィルム)が同じように除去されるかの判断は難しい。現在、実際の歯に付着したプラークと同程度の接着強さを示すコート材を開発中である。

結 論

本研究では、高度テーパー加工されたフィラメントが植毛されたワイドヘッドとコンパクトヘッドの歯ブラシを用いて、ブラッシングマシンによる人工プラーク除去効果について検討した。その結果、使用した3種類の歯ブラシ間に歯肉縁下における人工プラーク除去能に有意差は認められなかった。しかし、歯肉縁上の頬(唇)面と隣接面の人工プラーク除去能については、歯ブラシヘッドが超コンパクトのものに比べて、より大きいサイズのコンパクトとワイドが優れていた。これらのことから、高度テーパー加工フィラメント植毛の歯ブラシは歯

肉縁下に到達し、歯ブラシヘッドを大きくすることで、さらにフィラメントが歯肉縁上の歯面や歯間部隣接面にも到達しやすくな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状態はない。

文 献

- 1) 小野山美穂, 谷 芳子, 岩崎由佳, 小西詩一葉, 山岸敦, 前田晃嗣, 矢作和行, 原 宜興, 加藤伊八. 植毛の形状の異なる歯ブラシの臨床効果について. 日歯保存誌 2000; 43: 470-475.
- 2) Beals D, Ngo T, Feng Y, Cook D, Grau DJ, Weber DA. Development and laboratory evaluation of a new toothbrush with a novel brush head design. *Am J Dent* 2000; 13: 5A-14A.
- 3) Hotta M, Yoshida T, Sekine I, Imade S, Sano A. Evaluation of tapered-end toothbrushes regarding subgingival access efficacy. *J Clin Dent* 1997; 8: 156-158.
- 4) Bass CC. An effective method of personal oral hygiene Part II. *J Louisiana State Med Soc* 1954; 106: 100-112.
- 5) 吉永美穂, 鶴飼 孝, 吉永泰周, 白石千秋, 金子高士, 岸本隆明, 佐藤佳昌, 吉村篤利, 原 宜興. テーパー毛歯ブラシの臨床効果に関する研究. 日歯保存誌 2012; 55: 158-164.
- 6) Hotta M, Sekine I, Imade S, Sano A. Evaluation of tapered-end toothbrush bristles regarding efficacy of access to occlusal fissures. *J Clin Dent* 2002; 13: 225-227.
- 7) Hotta M, Imade S, Kotake H, Sano A, Yamamoto K. Artificial plaque removal from interproximal tooth surface (maxillary premolar and molar) of a jaw model. *Oral Health Prev Dent* 2009; 7: 283-287.
- 8) Bergenholtz A, Gustafsson LB, Sagerlund N, Hagberg C, Ostby N. Role of brushing technique and toothbrush design in plaque removal. *Scand J Dent Res* 1984; 92: 344-351.
- 9) Yankell SL, Shi X, Emling RC. Laboratory evaluations of two toothbrushes for removal of artificial plaque above, around and below the gingival margin. *J Clin Dent* 2003; 14: 19-22.
- 10) Dorfer CE, von Bethlenfalvy ER, Kugel B, Pioch T. Cleaning efficacy of a manual toothbrush with tapered filaments. *Oral Health Prev Dent* 2003; 1: 111-118.
- 11) Gallob J, Petrone DM, Mateo LR, Chaknis P, Morrison Jr BM, Williams M, Panagakos F. Comparative efficacy of a soft toothbrush with tapered-tip bristles and ADA reference toothbrush on established gingivitis and supragingival plaque over a 12-week period. *J Clin Dent* 2016; 27: 39-47.
- 12) Otsuka R, Nomura Y, Okada A, Uematsu H, Nakano M, Hikiji K, Hanada N, Momoi Y. Properties of manual toothbrush that influence on plaque removal of interproximal surface in vitro. *J Dent Sci* 2020; 15: 14-21.
- 13) 徳井 香, 佐久間徹郎. 歯ブラシの成り立ち・構造・製作方法. 日歯理工誌 2012; 31: 221-224.
- 14) International Organization for Standardization: Dentistry—Stiffness of the tufted area of tooth-brushes. 1st ed. ISO 8627: Geneva, ; 1987. 1-4.

Artificial Plaque Removal Efficacy of Different Sizes of Toothbrush Bristles with Highly Tapered Filaments

HOTTA Masato, SANO Akira¹, SHIMIZU Shoujiro²,
ISHIGURE Hiroshi², KUSAKABE Shusuke² and NIKAIDO Toru²

Asahi University

¹Dentalpro Co., Ltd.

²Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation,
Asahi University School of Dentistry

Abstract

Purpose: Effective mechanical plaque removal is the most important measure for preventing dental caries and maintaining periodontal health. More recently, toothbrush heads with various bristle designs have been developed in an attempt to better reach the interproximal and gingival margin areas. The Bass technique is effective for removing plaque adjacent to and directly beneath the gingival margins with the combined use of a soft toothbrush. The present study evaluated the artificial plaque removal efficacy of a new manual toothbrush with large bristles with highly tapered filaments as compared to small bristles with highly tapered filaments by using a brushing machine.

Methods: Three different toothbrushes (DENTALPRO black super compact, DENTALPRO black diamond compact, and DENTALPRO black diamond wide) were used in this study. Supra and subgingival access was determined by measuring when brushing using the Bass technique (the toothbrush is positioned in the gingival sulcus at a 45°-angle to the tooth apex and brushed with a force of 200 g at a rate of 190 strokes per 60 s for one minute) on the artificial plaque of a jaw model. The resulting data were analyzed by ANOVA and the Scheffé test ($\alpha = 0.05$).

Results: No statistically significant differences were founded among the three toothbrushes in terms of artificial plaque removal efficacy in the subgingival facial and subgingival interproximal areas, however, the large brush head bristles provided significantly greater artificial plaque removal efficacy in the supragingival facial and supragingival interproximal areas when compared to the small bristles.

Conclusions: It is suggested that the highly tapered filaments accessed the subgingival pockets and that the large bristles were more efficient at accessing the supragingival and interproximal regions.

Key words: subgingival and interproximal area, artificial plaque removal efficacy, highly tapered filaments, large manual toothbrush bristles

第3次産業勤労者の口腔保健行動と意識

—大阪府堺市西区における2016年度アンケート調査—

志 倉 興 紀 志 倉 敬 章¹ 内 川 竜 太 朗²
山 本 昭 夫³ 富 田 美 穂 子

松本歯科大学大学院歯学独立研究科 健康増進口腔科学講座 口腔健康政策学

¹関西医療大学保健医療学部はり灸スポーツトレーナー学科

²松本歯科大学歯科保存学講座

³松本歯科大学病院総合口腔診療部門

抄録

目的：近年、定期歯科検診を受診する人は増加してきたが、いまだ勤労者の受診率は低い。そこで、第3次産業勤労者の定期歯科検診への意識と口腔保健行動を調査し今後の啓蒙活動を検討した。さらに、歯科医師が職場を訪問して実施するブラッシング指導（TBI：Tooth Brushing Instruction）の効果を明らかにし、保健指導の対策を考察した。

材料と方法：第3次産業の勤労者を対象に業種、年齢、性別、定期歯科検診受診の有無と受診しない理由、齲蝕の有無、ブラッシングの知識・回数・時間、補助器具（歯間ブラシ・フロス）の使用、定期検診を受診するためのシステムに関する要望、8020への関心度のアンケート調査を実施し、定期歯科検診を受診している（検診有群）こととの関連項目を検討した。また歯科定期検診を受診していない群（検診無群）のなかから抽出した研究対象者を、ブラッシング指導をする群（TBI群：11名）としない群（コントロール群：10名）に分け、半年ごとに計4回各研究対象者の職場を訪問してPCR（Plaque Control Record）計測を実施した。そして、両群の初回と各回のPCR値を比較することでTBIの効果を検討した。

結果：アンケート総配布数647枚に対して、回答が得られたのは378枚（回収率は58.4%）であった。また、検診有群は107名、検診無群は269名であり、定期歯科検診を受診しない主な理由は「時間がない」であった。定期歯科検診に関する希望のシステムは、検診有群では「リコールの連絡」で、検診無群では「訪問による検診」であった。定期歯科検診を受診していることは、年齢（オッズ比1.61）、女性（オッズ比1.83）、齲蝕なし（オッズ比2.24）、ブラッシングの知識（オッズ比3.62）、歯間ブラシの使用（オッズ比2.41）、フロスの使用（オッズ比2.09）と有意な関連を示し、ほかの項目とは関連が認められなかった。職場訪問によるPCRの結果は、TBI群では初回に対して2回目（ $p<0.05$ ）、3回目（ $p<0.01$ ）、4回目（ $p<0.005$ ）の値が有意に低下し、コントロール群においても初回に対して3回目（ $p<0.05$ ）、4回目（ $p<0.01$ ）の値は有意に低下した。

結論：定期歯科検診を受診することは、「口腔保健に関する知識」「女性であること」「40歳以上の年齢」「補助器具の使用」が強く関与していた。また、勤務先へ出向いて実施するTBIや検査は、口腔清掃に対する行動変容に影響力があることが明らかとなった。今後、40歳未満の勤労者や男性の意識改革を強化するとともに、訪問指導をするなどの歯科医師の能動的なアプローチが重要である。

キーワード：定期歯科検診、訪問指導、第3次産業勤労者

責任著者連絡先：志倉興紀

〒399-0781 長野県塩尻市広丘郷原1780 松本歯科大学大学院歯学独立研究科健康増進口腔科学口腔健康政策学

TEL：0263-52-3100, FAX：0263-53-3456, E-mail：o.shikura@outlook.jp

受付：2020年5月27日/受理：2020年8月31日

DOI：10.11471/shikahozon.63.385

緒言

わが国は高齢化が進み、労働年数が長くなることが予想されるため産業保健の充実が必要である¹⁾。1978年から厚生労働省が国民の健康づくりとして推進しているのは、疾患予防を重視し、一生を通して定期的な健康診断や適切な保健指導を受けることが可能な体制である。口腔の健康の維持が全身の健康に多大な影響を与えているとの観点から、健康な高齢期を過ごすためには、若年期から十分な口腔ケアを心がけ、良好な咀嚼ができる口腔機能の保持が重要である^{2,3)}。

2011年に制定された「歯科口腔保健の推進に関する法律」では、生涯を通じた歯科疾患の予防、正常な口腔機能の保持などにより、すべての国民が心身ともに健やかで心豊かな生活ができる社会を目指すとしている⁴⁾。また、2013年からスタートした10年計画の「健康日本21(第2次)」では、口腔の健康の維持として歯・口腔の健康に関する生活習慣および社会環境の改善を示しており、各ライフステージに応じた目標値が定められている⁵⁾。このように、歯科領域の法律や政策は整いつつある。

さらに、40歳を超えると歯周病の罹患率が急に上昇するとの報告があるため^{6,7)}、歯科疾患の予防と早期発見が強化されるべき年齢層への歯科保健活動が重要となる。しかし、現在勤労者を対象とした産業保健としての口腔保健活動は、硝酸・硫酸・塩酸などを取り扱う有害業務従事者を対象に義務付けられている特殊診断しか実施されていない⁸⁾。また、成人に対する法定化された健康診断は、企業や保健センターなどの公的な場で行われている医科検診のみで、歯科検診は含まれていない^{8,9)}。健康増進法による市町村健康増進事業には歯周疾患検診はあるが、その検診は年齢が限定されている¹⁰⁾。したがって、勤労者に対する口腔保健活動や教育などの産業歯科保健活動は低迷しており、成人における歯科検診は個人の意識に任されているのが現状である⁸⁻¹⁰⁾。

近年、口腔保健行動のセルフケアとプロフェッショナルケアの意義や定期歯科検診の重要性がさまざまなツールを通して謳われている¹¹⁻¹³⁾。その結果、2016年の日本歯科医師会による一般生活者意識調査では、定期歯科検診のために歯科医院を受診する人が以前より増加していた¹⁴⁾。このように一次予防を目的とした歯科受診が定着してきたにもかかわらず^{15,16)}、依然として口腔内の自覚症状を主訴に来院する者の割合が一番高く、現在の歯科検診率は、健康日本21の目標値である65%には到達していない。定期歯科検診を受けることは、齲蝕や歯周病、あるいは口腔粘膜疾患、口腔癌等の早期発見にも役立

つ、そして修復物のメンテナンスのために非常に重要である^{17,18)}と理解していても、定期歯科検診を受診しない¹⁹⁾。さらに、口腔保健行動が「知識」「生活習慣」「経済性」と関与している^{20,21)}との報告を踏まえると、定期歯科検診を受診しない人に対して、口腔の健康を維持するために必要な行動を十分に理解していただき、生活習慣の改善を促す方法を考える必要がある。

このように、口腔保健を理解していない人に対する課題があるなかで、これまでに勤労者に限定して口腔保健行動を実施した調査は少なく、定期歯科検診を受診しない人に対するアプローチをしている報告はない。そこで今回、まず勤労者の現状を把握するために、大阪府堺市の第3次産業勤労者²²⁾に対して定期歯科検診受診の有無や受診しない理由および口腔保健行動の意識についてのアンケートを実施した。さらに、職場訪問でのブラッシング指導(TBI: Tooth Brushing Instruction)に効果があるかを調べ、勤労者の口腔保健行動の変容を促す効果的な方法と医療者側からのアプローチを検討した。

対象および方法

1. アンケート調査

1) 研究対象者

本研究の対象者は、大阪府堺市西区に所在する第3次産業(電気業・ガス業・卸売業・小売業・銀行業・不動産業・専門サービス業・飲食サービス業・生活関連サービス業・情報サービス業・運輸業・教育業)のうち、研究協力が得られた中小企業や個人商店27カ所の勤労者男女647名とした。

2) 方法

2016年10月～2018年3月にアンケートの配布を実施した。アンケートの配布方法は、研究協力が得られた企業へ直接赴き配布する直接法(24カ所)と、レターパックを使用して郵送配布する郵送法(3カ所)を用いた。どちらの方法を採択するかは、事前に企業へ電話連絡をしたときに先方の希望で決定した。

3) 調査内容

アンケートの内容は、「年齢」「性別」「定期歯科検診受診の有無」「定期歯科検診を受診しない理由」「歯科医院を訪れる理由」「患者が望む定期歯科検診を受診するためのシステム」「虫歯の有無」「ブラッシングの知識」「1日のブラッシング回数」「1回のブラッシング時間」「補助器具の使用(フロス・歯間ブラシ)」「口腔内への関心(8020を目指しているか)」とした(Fig. 1)。直説法や郵送法でのアンケート調査であるため、業種に関しては検者が把握していた。

1. Age :
2. Sex : ①male ②female
3. Do you have regular dental examination?
①yes→5 ②no→4
4. What is the reason why you do not receive regular dental examination?
①no time ②high cost ③no necessity
④no family dentist ⑤others ()
5. What is the reason why you visit the dental clinic? (multiple answers)
①pain ②moving tooth ③caries
④regular examination ⑤others ()
6. What is the system which you expect to receive regular examination? (multiple answers)
①information of the recall ②reservation on the internet
③visit dental examination
④others ()
7. How many cavities do you have now?
①no caries ②one ③two ④over three
8. Do you know the right brushing knowledge?
①yes ②no
9. How many times do you brush your teeth every day?
①0 ②1 time ③2 times ④3 times ⑤over 4 times
10. How many minutes is your tooth brushing time?
①within 1 minute ②2-minute ③3-minute ④4-minute ⑤over 5-minute
11. Do you use supporting tools, dental floss or interdental brush?
①yes (i . dental floss ii . interdental bush) ②no
12. Do you have a consciousness of 8020 campaign?
①yes ②no

Fig. 1 Questionnaire

4) 統計解析

上記の調査内容の「定期歯科検診受診の有無」について、定期歯科検診を受診している群（検診有群）と定期歯科検診を受診していない群（検診無群）の2群に分けた。両群の比較は、「虫歯の有無」「ブラッシングの知識」「補助器具の使用」にはカイ二乗検定、「ブラッシングの回数」「1回のブラッシング時間」には Mann-Whitney *U* 検定を用いた。また、「患者が望む定期歯科検診を受診するためのシステム」においては、検診有群と検診無群の2群間をカイ二乗検定にて比較した。「定期歯科検診の有無」を従属変数、その他の項目および業種を独立変数としてロジスティック回帰分析（強制投入法）を行い、「定期歯科検診有」と関連がある項目を調べた。また解析には SPSS ver. 23 (IBM, USA) を使用し、有意水準は5%とした。

2. TBI の効果

1) 研究対象者

検診無群から無作為に28名を抽出し、Plaque Control Record (PCR) を計測した際に TBI を毎回実施する TBI 群 (14名)、TBI を実施しないコントロール群 (14名)

に分けた。このうち7名 (5名は退職、1名は休職、1名は多忙のため) は継続観察が不可能となり、最終的に21名 (TBI 群11名、コントロール群10名) の結果となった。

2) 方法

1名の歯科医師が研究対象者の企業に直接赴き、歯垢付着量を調べた。評価方法は、全歯を近心・遠心・頬側 (唇側)、舌側の4ブロックに分割し、歯頸部歯面を探針にて擦過し歯垢が付着していたブロックの数を全体のブロック数で割り、歯垢の付着割合を百分率で求める O'Leary の PCR 法を用いた。PCR の計測は2016年10月～2018年3月の期間での初回から6カ月ごとに計4回 (2年間) 実施した。

TBI 群には、PCR の計測に加え各個人の歯垢付着状態を考慮したうえで個人に適したブラッシング方法 (スクラビング法・パス法・1歯縦磨き法) を毎回指導し、フロスや歯間ブラシの励行は TBI 群の全員に施行した。コントロール群には、特に指導をせず6カ月おきに PCR の計測のみを実施した。

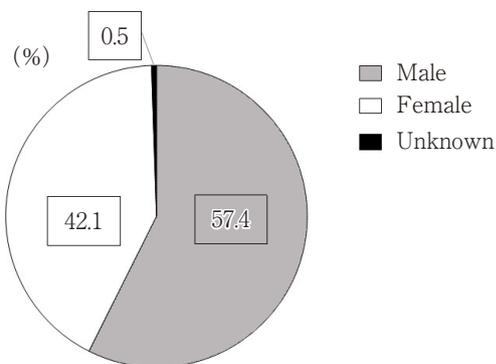


Fig. 2 Gender ratio

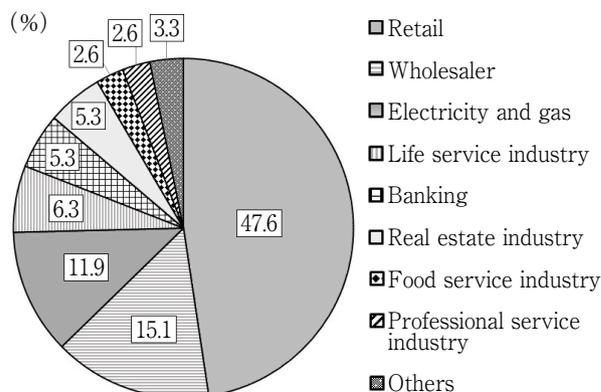


Fig. 4 Industry type ratio

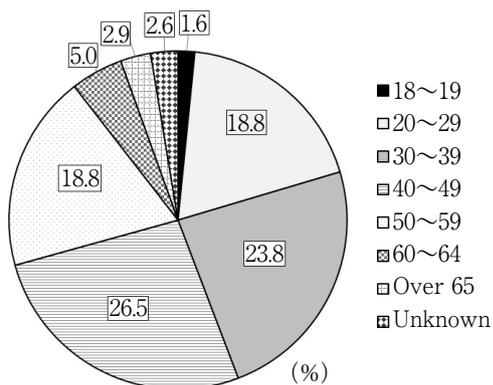


Fig. 3 Age ratio

結果

1. アンケート調査

1) 性別と年齢

総配布数 647 枚に対して回収数は 378 枚（回収率は 58.4%）であった。378 枚の内訳は男性が 217 名（57.4%）、女性が 159 名（42.1%）、未記入 2 名（0.5%）であった（Fig. 2）。年齢は 18 歳から 84 歳で、内訳は 40 歳代が 26.5% と一番高く、次に 30 歳代 23.8%、20 歳代・50 歳代 18.8%、60~64 歳 5.0%、65 歳以上 2.9%、18~19 歳 1.6% と続き、未記入が 2.6% であった（Fig. 3）。

2) 業種

小売業が 180 名（47.6%）と一番高く、卸売業 57 名（15.1%）、ガス・電気業 45 名（11.9%）、生活関連サービス業 24 名（6.3%）、不動産業・銀行業 20 名（5.3%）、飲食サービス業・専門サービス業 10 名（2.6%）、その他（情報サービス業・運輸業・教育業）12 名（3.3%）であった（Fig. 4）。

3) 定期歯科検診の受診

定期歯科検診受診の有無に関しては検診有群が 107 名（28.3%、男性：47 名、女性：59 名、性別未記入：1 名）、検診無群が 269 名（71.2%、男性：169 名、女性：99 名、性別未記入：1 名）、無回答が 2 名であり、男性全体の 78.2%、女性全体の 62.7% が定期歯科検診を受診していなかった。無回答の者については統計解析からは除外した。

検診無群での定期歯科検診を受診しない理由は「時間がない」が 155 名（男性 101 名、女性 54 名）と一番多く、「必要性が不明」40 名（男性 25 名、女性 15 名）、「治療費が高い」39 名（男性 22 名、女性 17 名）、「かかりつけ歯科医がない」17 名（男性 7 名、女性 10 名）、「その他」29 名（男性 11 名、女性 18 名）で「面倒くさい」「症状がないため」「怖い」などと記載されていた（Table 1）。

3) 統計解析

TBI 群とコントロール群の各個人の初回の値を 100% とし、それに対する各回の PCR 値を百分率で示した。それらを Wilcoxon の符号付順位検定を用いて比較し、TBI の効果を検討した。解析は SPSS ver. 23 を使用し、有意水準は 5% とした。

3. 倫理的配慮

本研究は、松本歯科大学研究等倫理審査委員会の承認（承認番号 233）を得て実施した。研究を実施するにあたり、研究の概要および個人情報保護等の内容を口頭と文章で説明し、本研究への参加の同意が本人から得られた者を研究対象者とした。本研究で得られた情報と資料などは、対応表を作成して研究対象者が特定できる形の匿名化を行うことにより、研究対象者の個人情報を保護した。さらに、介入研究のために UMIN-CTR に情報を公開している。研究対象者の経済的負担はなく、アンケート調査に回答していただいた人に謝礼として歯ブラシ（alca レギュラータイプ）を 1 本進呈した。

Table 1 The reason not to receive regular dental examination in the non-dental examination group

	Total (n=268)	Male (n=169)	Female (n=99)
No time	155 (57.8%)	101 (54.8%)	54 (20.1%)
No necessity	40 (14.9%)	25 (9.3%)	15 (5.6%)
High cost	39 (14.6%)	22 (8.2%)	17 (6.3%)
No family doctor	17 (6.3%)	7 (2.6%)	10 (3.7%)
Others	29 (10.8%)	11 (4.1%)	18 (6.7%)

歯科医院を訪れる主な理由は、疼痛 269 名 (71.2%)、定期歯科検診 80 名 (21.5%)、齲蝕 71 名 (18.7%)、動揺 21 名 (5.6%)、その他 15 名 (4.0%) で「歯石除去・クリーニングのため」「かぶせ物が外れた時」「歯が欠けた時」「歯肉が腫れた時」「歯科矯正のため」と記載されていた。

4) 定期歯科検診を受診するためのシステム

患者が望む定期歯科検診を受診するためのシステムは「リコールの連絡」が一番多く、検診有群 73.8%・検診無群 46.1%、「インターネット等で予約」は検診有群 20.6%・検診無群 30.1%、「訪問による検診」は検診有群 1.9%・検診無群 9.7%であった。「その他」(検診有群 8.4%・検診無群 11.2%)には「検診は希望しない」「受診料の明確化」「料金の割引」「自己管理をしているのでシステムなど不要」「自身でチェックできる簡易なキットがある」「社内検診のような強制的な検診」「予防歯科に対する告知」などの記載が得られた。検診有群は検診無群に比べて「リコールの連絡」を強く望んでおり ($p < 0.001$)、検診無群は検診有群よりも「訪問による検診」を希望していた ($p < 0.05$, Fig. 5)。

5) 口腔保健行動

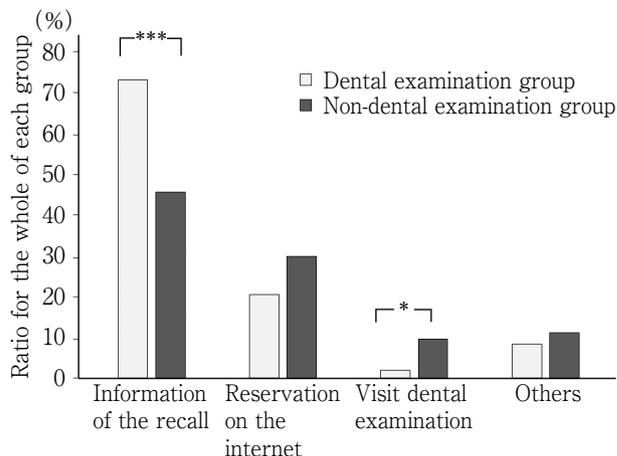
アンケートの結果を Table 2 に示す。検診有群での「虫歯がない」人は 68.9%、検診無群では 46.6%であり、検診有群が有意に高かった。「正しいブラッシング方法を知っている」人は検診有群では 72.6%、検診無群では 38.8%で検診有群が有意に高かった。

補助器具の使用においては、検診有群で歯間ブラシ 38.7%、フロス 34.0%、検診無群では歯間ブラシ 15.3%、フロス 14.9%であり、検診有群が有意に高かった。

また、8020 を目指しているかの問いには、「はい」と回答した人は検診有群では 24.3%、検診無群では 11.6%であった。

6) 定期歯科検診との関連項目

「定期歯科検診有」を従属変数としたロジスティック回帰分析の結果を Table 3 に示す。「年齢 (40 歳以上) (オッズ比 1.61)」、「女性」(オッズ比 1.83)、「虫歯なし」(オッズ比 2.24)、「ブラッシング方法の知識あり」(オ

**Fig. 5** The system which the patient expects to receive dental examination.

χ^2 test; * : $p < 0.05$, *** < 0.001

ズ比 3.62)、「歯間ブラシの使用あり」(オッズ比 2.41)、「フロスの使用あり」(オッズ比 2.09) が定期歯科検診有と有意な関連を示した。一方「業種」「歯ブラシ回数(回/日)」「歯ブラシ時間(分/日)」「8020 を目指している」には有意な関連は認められなかった。

2. TBI の効果

TBI 群の初回の PCR 値 (平均値 \pm SD) は 71.8 \pm 12.4, 2 回目は 64.8 \pm 11.2, 3 回目は 51.9 \pm 12.3, 4 回目は 45.3 \pm 13.0 であった。コントロール群の初回は 60.1 \pm 13.2, 2 回目は 54.1 \pm 14.2, 3 回目は 54.8 \pm 13.2, 4 回目は 51.9 \pm 14.3 であった。

TBI 群の初回に対する各回の値 (%) は、2 回目 90.4 \pm 8.0 ($p < 0.05$)、3 回目 73.1 \pm 17.8 ($p < 0.01$)、4 回目 64.2 \pm 18.6 ($p < 0.005$) であり、2 回目以降は初回に比べて PCR 値が有意に低下し、2 回目に比較し 3 回目 ($p < 0.01$)、4 回目 ($p < 0.005$) の値は有意に低下していた。コントロール群では、初回に対する各回の値 (%) は、2 回目 90.4 \pm 17.4, 3 回目 91.0 \pm 8.9, 4 回目 84.0 \pm 11.7 であり、3 回目 ($p < 0.05$) と 4 回目 ($p < 0.01$) は初回に比べて PCR 値が有意に低下した (Fig. 6)。

考 察

研究対象者の業種別では、小売業・卸売業の労働者の割合が高かった。これは、現在堺市の第 3 次産業企業数が急速に増加しており、そのなかでの産業分類労働者数の内訳として小売業・卸売業が 17.8%²²⁾ と多いためと考えられる。

本研究では「定期歯科検診」のために歯科医院を訪れる者は 21.5% であり、2016 年の歯科医療に関する一般生活者意識調査¹⁴⁾の 52.9% と比較すると非常に低い。定期

Table 2 The comparison of the oral health behavior in the both groups

	Dental examination group (n=106)	Non-dental examination group (n=268)	p-value
No caries	73 (68.9%)	126 (46.6%)	<0.001 ^{a)}
Brushing knowledge (+)	77 (72.6%)	104 (38.8%)	<0.001 ^{a)}
The brushing number of time/day			0.121 ^{b)}
0	2 (1.9%)	5 (1.9%)	
1	10 (9.4%)	37 (13.8%)	
2	50 (47.2%)	140 (52.2%)	
3	42 (39.6%)	73 (27.2%)	
4	2 (1.9%)	13 (4.9%)	
Brushing time/one time			0.091 ^{b)}
1 mim	9 (8.5%)	33 (12.3%)	
2 mim	29 (27.4%)	64 (23.9%)	
3 mim	31 (29.2%)	110 (41.0%)	
4 mim	6 (5.7%)	18 (6.7%)	
5 mim or more	29 (27.4%)	38 (14.6%)	
Supporting tool (+)			
Interdental brush	41 (38.7%)	41 (15.3%)	<0.001 ^{a)}
Dental floss	36 (34.0%)	40 (14.9%)	<0.001 ^{a)}

a) χ^2 test b) Mann-Whitney *U* test**Table 3** The relation of regular dental examination

Independent variable	OR	95%CI	p-value
Age (more than 40 years old)	1.61	(1.02-2.54)	0.043
Female	1.83	(1.06-3.17)	0.032
No caries	2.24	(1.32-3.80)	0.003
Brushing knowledge (+)	3.62	(2.04-6.44)	0.000
Interdental brush (+)	2.41	(1.33-4.37)	0.004
Dental floss (+)	2.09	(1.09-4.02)	0.027
Industry type			
Retail	1		
Life service industry	0.65	(0.23-1.84)	0.414
Wholesaler	1.11	(0.58-2.11)	0.761
Electricity and gas	0.43	(0.18-1.02)	0.056
Banking	1.56	(0.60-4.02)	0.362
Real estate industry	0.58	(0.19-1.83)	0.355
Food service industry	1.00	(0.25-4.01)	1.000
Professional service industry	2.33	(0.65-8.39)	0.194
The brushing number of times/day	1.01	(0.71-1.45)	0.945
Brushing time	0.92	(0.74-1.13)	0.416
Consciousness of 8020 campaign	1.39	(0.69-2.80)	0.364

CI : confidence interval, OR : odds ratio

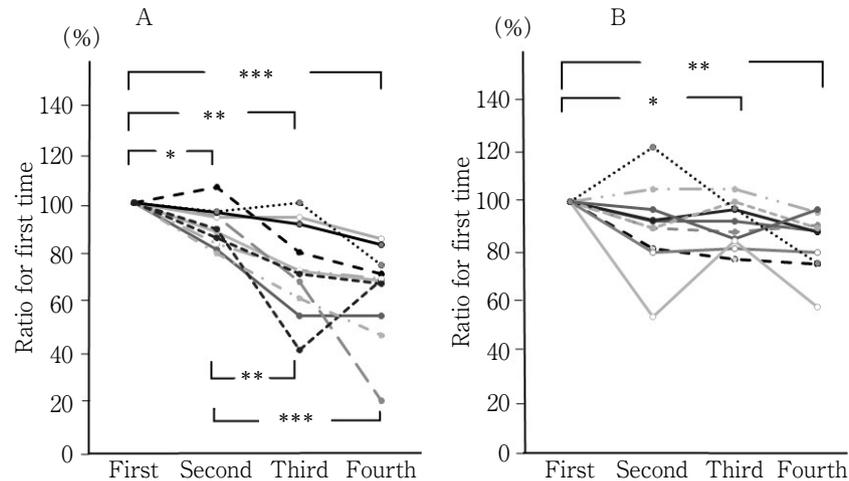


Fig. 6 The ratio of PCR value for the first time in the both groups
The ratio in each time when the PCR value of first time is set 100%.
A : TBI group, B : control group
Wilcoxon test ; * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.005$

歯科検診を受診しない理由は、「時間がない」「必要性が不明」「治療費が高い」と、大学生の意識調査の結果と同様であった²³⁾。今回の対象者は社会人であるにもかかわらず大学生の意識と同様であり、年齢を重ねても理由は変化しないことがわかった。今回の対象者の勤務形態は、各業種で時間的な勤務時間の相違はあるものの男女での勤務時間の差は認められなかったが、男性全体の78.2%、女性全体の62.7%が定期歯科検診を受診していなかった。深夜の仕事に従事している勤労者は定期歯科検診を受診していない人が多く、日勤の勤労者と比較して齲蝕が多く、歯周病も進行しているとの報告がある²⁴⁻²⁶⁾。本研究の対象者は、深夜の勤労者はいないうえ、勤務時間外に歯科医院を受診することが可能な勤務形態であった。このような時間的に問題がないことを踏まえたうえで全国の定期歯科検診受診率52.9%²⁷⁾と比較すると、堺市西区の第3次産業の勤労者は口腔保健行動に関心が低いことが疑われる。今後、ほかの地域での調査も実施し、比較検討する必要がある。

患者が望む定期検診を受診するためのシステムは、「リコールの連絡」が多く、次に「インターネットでの予約」であり、検診無群では「訪問による検診」を強く望んでいた。これらの結果より、リコールの連絡や簡便な予約システムは、定期歯科検診受診への動機付けに大いに役立つことが示唆された。また、訪問による定期歯科検診は現在の医療保険で認められていないため、今後、自費診療による訪問歯科検診の希望を確認する必要がある。

ロジスティック解析の結果から、「定期歯科検診」を受けていることは、「40歳以上の年齢」「女性」「虫歯なし」

「ブラッシング方法の知識あり」「歯間ブラシの使用あり」「フロスの使用あり」と関連していた。「業種」「歯ブラシ回数」「歯ブラシ時間」「8020を目指している」とは関連が認められなかった。

以上の結果より、年齢的には40歳を境に定期歯科検診受診への意識が高まることが示唆された。40歳以下の勤労者を対象とした歯周病罹患率の調査では、男性の罹患率は女性に比較して3倍も高いことが証明されている²⁸⁾。これは、女性が男性より歯周病予防に対する知識をもち口腔ケアに取り組んでいるためと考えられる²¹⁾。ところが、定期歯科検診受診に関する大学生の調査では、男女差が認められていない²³⁾。会社などに就職して時間が制限されると、男性は口腔保健行動への意識が低下することで歯周病罹患率が増加すると考えられた。これらの結果より、今後特に若年男性に対して定期歯科検診と口腔保健指導を実施する必要があると考えられる。

以前にも定期歯科検診を受診している人は、欠損歯が少なく²⁹⁾、口腔内の状態がよい³⁰⁾との報告があり、今回も定期歯科検診を受診している人と「虫歯がない」との関連が認められた。定期歯科検診は、予防だけではなく疾患の早期発見が可能であるため、この結果は当然である。しかしながら、検診無群の半数以上が虫歯を自覚しているにもかかわらず、定期歯科検診を受診しないのは疾患予防に対する口腔保健行動が不足していると考えられる。

本研究での検診有群の補助器具使用率は61.7%であり、2016年歯科疾患実態調査での平均38.5%⁶⁾と比較するとかなり高い。堺市西区の第3次産業勤労者は、定期歯科検診を受診している人と受診していない人の歯科

保健活動に大きな相違があることがわかった。また、先行研究^{31,32)}と同様に定期検診を受けている人は歯間ブラシやフロスを使用していた。大学生でのフロスの使用率は9%と低く、使用した経験はあるものの継続していない人が多い³³⁾。補助器具の使用の継続を促すには、定期歯科検診時には補助器具の説明をする必要がある。また定期歯科検診を受診していることは、「ブラッシング方法の知識あり」「補助器具の使用あり」が強く関連していた。定期歯科検診を受診している人は、歯科医院で正しいブラッシング方法や補助器具の使用方法を聞いており、その重要性を認識しているために補助器具を併用しながら、口腔疾患予防や進行抑制のための口腔ケアに力を注いでいることが示唆された。

1997年の職種別調査において、販売職（小売業）に従事している者の定期歯科検診受診率は2.3%と最も低く、職種間に相違が認められている³⁴⁾。今回業種間に相違が認められなかったのは、本研究では小売業と卸売業の割合が非常に大きくバイアスを十分に排除しきれていないこと、そしてこの20年間に口腔ケアの重要性が国民に普及したことが考えられる。

ブラッシングの回数と時間は、定期歯科検診有との関連は認められなかった。これは、一般的な清掃方法であるブラッシングに対する歯科医療従事者の啓蒙活動の結果、1日3回3分間の概念を誰もがもっているためと考えられた。ただ、両群において1日にブラッシングを全くしていない者が存在している現状を考えると、いまだ堺市西区民には口腔清掃の概念が浸透していない可能性があることが明らかとなった。

1989年に8020運動が提唱されて、1994年の達成者は11.7%であったが、2016年には健康日本21（第2次）の目標値である50%を超えた⁶⁾。このように80歳で20本以上の歯を保有している人は年々増加している。しかし、今回の調査で8020を目指している人は、検診有群では26.1%、検診無群では11.7%と非常に少なかった。堺市西区民は8020運動を認知しているがそれを目指しているわけではなく、個人的に口腔保健行動を心がけていると示唆された。

口腔保健行動の意識の相違は、両親などの家族が口腔の健康に関心が高い者ほど良い¹⁵⁾と報告があるように、小児期から継続した口腔保健指導や口腔管理を受けられる環境と支援が必要である³⁵⁾。また、口腔内の衛生環境を良好に保つには、日々の口腔ケアが重要である。そのためには、まず口腔清掃の意義や歯の保存の重要性を認識させる動機付けが必要である。このモチベーションを向上させ維持していくためには、模型などの教材を使用した指導、または「位相差顕微鏡」³⁶⁾を活用して実際にブランク中の細菌を確認していただく方法で、各個人に適

した指導方法を考慮する必要がある。歯科医師は最初に患者と信頼関係を築き³⁷⁾、歯科受診への不安を解消させ、定期歯科検診の重要性を理解させることが必須である。このような工夫とともに地域に密着した歯科医療を目指し、定期歯科検診を通じて住民の口腔管理をしていくことが求められる。

さらに、歯科医師が勤労者の職場へ直接出向いてTBIを4回実施したTBI群では、回数を重ねるごとにPCR値は有意に低下した。この結果から、職場を訪問して実施するTBIでも、口腔清掃状態に効果を発揮することがわかった。TBIを実施せずPCR計測のみを4回課したコントロール群においても、3回目以降はPCR値が有意に低下した。これは、検査をする行為が研究対象者の意識を変化させ、口腔清掃に対する行動変容に影響を与えたと示唆された。

これらの結果より、今後の歯科医師自身の取組として40歳未満の勤労者や男性への意識改革の強化が提案される。また、定期歯科検診を受診しない勤労者に対して、歯科医師自身が直接勤労者の職場や居住地へ赴き口腔ケアの重要性を説き、歯科診療所へ来院できない勤労者に対しては自費診療での訪問による定期歯科検診を受診するよう提案するべきである。今来、事業者は勤労者に1年以内に1回、医科の「定期健康診断」を行わなければならない。しかし歯科関係では、特殊環境における勤労者にのみに6カ月以内に1回「特殊検診」が課されているだけで、いわゆる「定期歯科健康診断」の法的義務はない⁸⁾。現在歯数が多い高齢者ほど生活の活動度が高い^{38,39)}ことは明らかであるため、高齢期のQOLの向上を期待するためにも、生涯多くの歯を残すために必要な30代から60代での口腔保健活動の改善を再度見直す必要がある。そのためには、労働安全衛生規則を見直し、1年に1回の「定期歯科健康診断」を法的に導入するとともに簡単な保健指導ができる体制作りが必須である。また、企業に勤めていない人に対しては、市町村が住民の疾患や予防に対する行動を調査したうえで、その地域に必要な歯科保健指導や環境整備が必要である。

歯科医師は、疾患に対する治療や処置だけではなく、患者等に疾病の状態を把握させ、日常生活でのコミュニケーションなどを通じて自律的な健康作りを確立させる保健指導をしなければならない。さらに、通院が困難な人に対しても訪問検診や訪問指導を実施して定期的な診察が行える工夫が必要である。また定期歯科検診では、口腔診査やプロフェッショナルケアおよびブラッシング指導だけでなく、健康維持に努められるような意識改革や生活習慣の指導も望まれる。健康の一環として生涯を通じた歯科保健の管理体制を強化するとともに、行政と歯科医療従事者が手を携え、健康増進に対する指導教育

体制を設立することが期待される。

結 論

定期歯科検診の有無は、第3次産業労働者の業種にかかわらず「口腔保健に関する個人の知識」「女性であること」「補助器具の使用」「40歳以上の年齢」が強く関与していた。さらに、会社へ出向いて実施するTBIの効果も十分に期待できること、TBIを実施しなくても検査をする行為だけでも、口腔ケアに影響力があることが明らかとなった。今後、40歳未満の労働者や定期歯科検診を受診していない男性の意識改革を強化するとともに、時間がなく定期歯科検診を受診できない人に対して、訪問指導をするなどの歯科医師の能動的なアプローチも重要であることが示唆された。

本研究の遂行および本論文の作成に関して、開示すべき一切の利益相反はない。

文 献

- 1) 内閣府. 令和元年版高齢社会白書 2019; 2-6, 21-26.
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf, https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s2s_01.pdf (2020年8月26日アクセス)
- 2) 小山俊朗, 高橋一平, 乾 明成, 田村好祐, 長内俊之, 佐竹杏奈, 野口貴雄, 石崎 博, 徳田糸代, 相馬優樹, 村下公一, 中路重之, 小林 恒. 口腔環境が健康関連QOLに及ぼす影響について. 体力・栄養・免疫学雑誌 2016; 26: 123-125.
- 3) 葭内朗裕, 兼平 孝, 栗田啓子, 竹原順次, 高橋太郎, 本多丘人, 秋野憲一, 相田 潤, 森田 学. 北海道における高齢者の歯の状況と全身の健康に関する研究—医科診療費からの分析—. 北海道歯誌 2011; 32: 12-24.
- 4) 厚生労働省. 歯科口腔保健の推進に関する法律 法律第95号 平成23年8月10日.
https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=78ab2261&dataType=0&pageNo=1 (2020年8月26日アクセス)
- 5) 厚生労働省. 健康日本21(第2次)国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針 厚生労働省告示第430号. 平成24年7月10日.
https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf (2020年8月26日アクセス)
- 6) 厚生労働省. 平成28年歯科疾患実態調査結果の概要 2016; 21-23, 35.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf> (2020年8月26日アクセス)
- 7) 伊藤有花, 林 睦代. 成人歯科健康診査受診結果からみる歯周疾患の実態について. 千葉県市町村歯科衛生士業務研究集 2019; 30: 1-5.
- 8) 厚生労働省. 労働安全衛生規則. 省令第32号. 昭和47年9月30日.
https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=74003000&dataType=0&pageNo=1 (2020年8月26日アクセス)
- 9) 厚生労働省. 高齢者の医療の確保に関する法律. 法律第80号. 昭和57年8月17日.
https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=82115000&dataType=0&pageNo=1 (2020年8月26日アクセス)
- 10) 厚生労働省. 健康増進事業実施要領. 2016; 15-18.
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10901000-Kenkoukyoku-Soumuka/14.pdf> (2020年8月26日アクセス)
- 11) 窪田明久, 坂本 亮, 相馬親良, 小林武士, 磯谷美重, 日野優理, 堀内 登, 柏木 勝, 北村中也, 清水秋雄. 歯科健康づくり推進事業(30歳歯周病検診)の推移. 日歯医療管理誌 2019; 54: 120-128.
- 12) Kobayashi Y, Niu K, Guan L, Momma H, Guo H, Cui Y, Nagatomi R. Oral health behavior and metabolic syndrome and its components in adults. J Dent Res 2012; 91: 479-484.
- 13) Reisine ST, Fertig J, Weber J, Leder S. Impact of dental condition on patients' quality of life. Community Dent Oral Epidemiol 1989; 17: 7-10.
- 14) 日本歯科医師会. 歯科医療に関する一般生活者意識調査 2016. 12-48.
- 15) Marin GH, Urdampilleta P, Zurriaga O. Determinants of dental care utilization by the adult population in Buenos Aires. Med Oral Pathol Oral Cir Bucal 2010; 15: 316-321.
- 16) 大隈千里, 佐藤 勉. 労働者における定期的な歯科検診受診の有無と歯間清掃器具に対する認知度・使用実態との関連性. 日歯大東短誌 2014; 4: 91-96.
- 17) Axelsson P, Lindhe J. The significance of maintenance care in the treatment of periodontal disease. J Clin Periodontol 1981; 8: 281-294.
- 18) Westfelt E, Nyman S, Socransky S, Lindhe J. Significance of frequency of professional tooth cleaning for healing following periodontal surgery. J Clin Periodontol 1983; 10: 148-156.
- 19) 深井稜博. 我が国の成人集団における口腔保健の認知度および歯科医療の受容度に関する統計的解析. 口腔衛生学会誌 1998; 48: 120-142.
- 20) 杉浦 剛, 岸 光男, 相澤文恵, 阿部晶子, 南 健太郎, 稲葉大輔, 佐藤一裕, 米満正美. データマイニングの手法を用いた定期歯科受診者の受診中断に関わる要因の分析. 口腔衛生学会誌 2011; 61: 225-232.
- 21) 佐藤絵梨. 40~50代就労者における歯周疾患に関する意識調査. 日歯大東短誌 2012; 2: 35-41.
- 22) 堺市市長公室企画部. 国勢調査でみる堺 平成27年度国勢調査結果 2015. 34-44.
<https://www.city.sakai.lg.jp/shisei/tokei/tokeisho/>

- kokutyou/H27kokutyo.files/H27kokutyo_all.pdf (2020年8月26日アクセス)
- 23) 守田紘子, 須田真理. 非医療系大学生の定期歯科検診受診に関する意識調査. 日歯大東短誌 2015; 5: 68-73.
 - 24) Suzuki S, Sugiyama S, Okamoto M, Tanaka M, Takayanagi A, Yoshino K, Ishizuka Y, Satou R, Kamijo H, Sugihara N. Working environment factors associated with regular dental attendance. Bull Tokyo Dent Coll 2017; 58: 193-197.
 - 25) Ishizuka Y, Yoshino K, Takayanagi A, Sugihara N, Maki Y, Kamijyo H. Comparison of the oral health problems and behavior of male daytime-only and night-shift office workers: An Internet survey. J Occup Health 2016; 58: 155-162.
 - 26) Knutsson A. Health disorders of shift workers. Occup Med 2003; 53: 103-108.
 - 27) 厚生労働省. 平成28年国民健康・栄養調査結果の概要 2016; 54.
https://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/kekkgaiyou_7.pdf (2020年8月26日アクセス)
 - 28) 高田康光, 前田友希, 磯田千賀, 中西理恵子. 中高年前勤労者への口腔衛生教育の効果. 松仁会医学誌 2004; 43: 61-65.
 - 29) Thomson WM, Williams SM, Broadbent JM, Poulton R, Locker D. Long-term dental visiting patterns and adult oral health. J Dent Res 2010; 89: 307-311.
 - 30) 笹原妃佐子, 西村瑠美, 前原朝子, 高橋綾香, 二川浩樹, 杉山 勝. 口腔内状態良好な集団における歯科保健行動と口腔内状態との関連—8020達成者が50%を超えた時代における歯科保健指導について. 広歯誌 2019; 51: 15-22.
 - 31) 田畑悦子, 細田江美子, 菊池恵子, 三田理絵, 小井沼知佳, 小川洋子, 森田十誉子. 職域成人における歯間清掃用具の使用に関連する要因分析. 日歯衛会誌 2006; 1: 124-125.
 - 32) 安藤 歩, 岸 光男, 相澤文恵, 米満正美. アンケート調査による早期歯科検診受診者と非受診者の歯科保健行動の比較. 口腔衛生会誌 2003; 53: 3-7.
 - 33) 中村文彦, 青木佑佳, 青木実香, 森田一三, 犬飼順子, 中垣晴男. 大学生におけるデンタルフロスの継続的使用に関する要因の研究. 学校保健研 2012; 54: 72-78.
 - 34) 深井穂博, 眞木吉信, 高江洲義矩. 成人の口腔保健行動と職種との関連. 口腔衛生会誌 1997; 47: 89-97.
 - 35) 佐藤公子, 小田 慈. 学童の定期歯科検診に関わる要因の検討 口腔の健康維持に対する支援方法. 小児保健研 2009; 68: 463-469.
 - 36) 川俣晴海, 大森みさき, 深井浩一, 長谷川 明. プラークコントロールに関する検討 初期治療中における意識調査とモチベーション効果について. 歯学 1995; 82: 1409-1417.
 - 37) 笹原妃佐子, 河村 誠, 清水由紀子. 定期歯科検診への受診行動に影響する要因について. 口腔衛生会誌 2004; 54: 196-207.
 - 38) Yoshida Y, Hatanaka Y, Imaki M, Ogawa Y, Miyatani S, Tanada S. Epidemiological study on improving the QOL and oral conditions of the aged—Part 2: Relationship between tooth loss and lifestyle factors for adult men. J Physiol Anthropol Appl Human Sci 2001; 20: 369-373.
 - 39) Sugihara N, Tsuchiya K, Hosaka M, Osawa H, Yamane GY, Matsukubo T. Dental-care utilization patterns and factors associated with regular dental check-ups in elderly. Bull Tokyo Dent Coll 2010; 51: 15-21.

Oral Health Behavior and Awareness of Tertiary Industry Workers: A 2016 Questionnaire Survey in Nishi-ku, Sakai-shi, Osaka

SHIKURA Okinori, SHIKURA Takaaki¹, UCHIKAWA Ryutaro²,
YAMAMOTO Akio³ and TOMIDA Mihoko

Department of Oral Health Promotion, Graduate School of Oral Medicine, Matsumoto Dental University

¹Department of Acupuncture, Moxibustion and Sports Trainer, Kansai University of Health Sciences

²Department of Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology, School of Dentistry, Matsumoto Dental University

³Department of Oral Sciences, Matsumoto Dental University Hospital

Abstract

Purpose: Recently, the number of people receiving a regular dental examination has increased, but the consultation rate among workers remains low. Therefore, we explored the awareness of and health actions for regular dental examinations of tertiary industry workers and discussed awareness-raising activities in future. Furthermore, we clarified the effects of tooth-brushing instruction (TBI) carried out by a dentist at the subject's workplace.

Methods: We investigated type of industry, age, sex, whether receiving a regular dental examination or not, reasons in case of not receiving, presence of caries, knowledge of brushing, number of times and duration of brushing, requests about the system of consultation for dental examination, and awareness of the 8020 campaign among workers in tertiary industries using a questionnaire. Logistic regression analyses were performed to evaluate the correlation between regular dental examination (examination group) and the others. In addition, we divided the 21 subjects who did not receive dental examination (non-examination group) into the TBI group (11 subjects) who received oral health instruction and the control group (10 subjects) without instruction. A plaque control record (PCR) was made for all subjects four times every 6 months at each workplace. We compared the PCR value in both groups and discussed the effect of TBI.

Results: Of the 647 questionnaires which we distributed, 378 were returned (dental examination group: 107, non-examination group: 269, no answer: 2). The main reason for not receiving a dental examination was "no time". The desired systems for dental examination were "information of recall" in the examination group and "visit dental examination" in the non-examination group. Age, woman, no caries, brushing knowledge, and use of interdental brush or floss were significantly associated with regular dental examination. The PCR value after the second time in the TBI group significantly decreased compared with the first time, and the value after the third time in the control group significantly decreased compared with the first time.

Conclusion: Receiving regular dental examinations might improve awareness of oral care and acquisition of knowledge about brushing. In addition, it was found that TBI and examinations conducted at the workplace led to a change in behavior toward oral cleaning. These results suggested that an active approach by dentists is important for workers and men under 40 years old.

Key words: regular dental examination, visit instruction, tertiary industry workers

トモシンセシス法を用いたパノラマ X 線画像における 歯周組織所見の主観的および物理学的画質評価

杉原 俊太郎 両角 俊哉 香西 雄介*
印南 永* 泉 雅浩* 田村 利之
櫻井 孝* 三邊 正人

神奈川県立歯科大学大学院歯学研究科 口腔統合医療学講座 歯周病学分野

*神奈川県立歯科大学大学院歯学研究科 顎顔面病態診断治療学講座 放射線学分野

抄録

目的：口内法 X 線撮影は鮮明な画像を得られる一方で、全顎撮影では検査時間が長く、患者の不快感および唾液による交叉感染のリスクもある。本研究では、パノラマ X 線撮影の断層域の形状や位置を変化させて画像を再構成できるトモシンセシス法に着目し、歯科診断における同手法の有用性を検討した。

材料と方法：歯科用頭部ファントムを用いてパノラマおよび全顎口内法 X 線撮影を行った。パノラマ X 線撮影は標準位置と前後（±10 mm, ±20 mm）に変位させた計5つの位置づけて撮影し、それぞれをトモシンセシス法で補正した。標準位置で撮影したパノラマ X 線画像を基準として、変位させたパノラマ X 線画像、トモシンセシス法で補正した画像および口内法 X 線画像の各3種類の画像における主観評価を20名の歯科医師が行った。評価対象は上顎前歯部、上顎左側臼歯部とし、おのおのの歯槽頂線の連続性、セメント-エナメル境の視認性、歯根膜腔の判別、根尖部付近の歯髓腔形態、歯槽硬線の判別とした。画像は0~4点で評価した（4：かなり鮮明, 3：鮮明, 2：視認可, 1：一部不可, 0：全く視認不可）。また、客観評価として各位置づけ画像と補正画像に対し Modulation Transfer Function (MTF) を解析した。

成績：前方10 mm 変位撮影した画像では前歯部において、前方20 mm 変位撮影では前歯部と臼歯部において補正画像の主観評価が有意に高かった ($p < 0.001$)。補正画像と口内法画像の間に有意な差はなかった。一方、後方10 mm 変位では前歯部において、後方20 mm 変位では前歯部と臼歯の一部項目において補正画像の主観評価が有意に高かった ($p < 0.001$)。補正画像と口内法 X 線画像の比較では後方10 mm, 20 mm 変位とも根尖部付近の歯髓腔形態を除いたすべての項目において口内法 X 線画像のほうが有意に高評価であった ($p < 0.001$)。MTF 解析では後方10 mm 前歯部において、補正により有意な鮮鋭度の改善を示した ($p < 0.0001$)。

結論：前後に変位した位置で撮影し半影が大きな画像でも、トモシンセシス法補正により前歯部は有意に主観的診断レベルが改善した。とりわけ、前方に大きく変位して撮影した場合は前歯部・臼歯部ともに改善が顕著であり、口内法 X 線画像に劣らない良質な画像が得られることが示唆された。

キーワード：トモシンセシス法, パノラマ X 線画像, 主観評価, MTF 解析

責任著者連絡先：両角俊哉

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

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

受付：2020年7月15日/受理：2020年8月31日

DOI : 10.11471/shikahozon.63.396

緒言

歯周病、う蝕、根尖病変などさまざまな歯科疾患の診断には X 線写真による評価が主に用いられてきた。X 線写真は硬組織の状態をとらえる歯科疾患の診断ツールとして広く用いられている。現在、全国の歯科診療施設のほぼすべてに X 線撮影装置が設置されており、その内容はパノラマ X 線撮影、口内法撮影および CBCT がほとんどである^{1,2)}。

パノラマ X 線撮影は口腔内の全体像をとらえることができるが、部位により拡大率が異なり画像に歪みが生じたり、頸椎や反対側の下顎枝などによる障害陰影が発生したりすることで診断の妨げになる場合がある³⁾。一方、口内法は障害陰影が現れることはなく鮮鋭度の高い画像を取得できるが、高精度に撮影するためには撮影者の高い技術を要する。また、撮影用フィルムを口腔内に設置する必要があるため、患者へ苦痛や負担を与え、さらに唾液を介した感染リスクが発生する⁴⁾。超高齢社会を迎えた本邦では、車いすのまま撮影せざるをえない患者や撮影時の体位の維持が困難な患者も増加しており、精度の高い口内法の撮影はますます困難になっている。CBCT 撮像はコンピュータ処理により画像データを三次元的に構築し、硬組織の状態をとらえることができる⁵⁾。しかしながら、被曝線量がほかの撮影法と比較して高く、医療費負担も大きいため頻回の撮影には適さない。大多数の歯科医院では放射線技師や歯科放射線専門医は常駐していないため、これら検査から読影、診断までを 1 人の歯科医師で担当しなければならないのが現状である⁶⁾。

近年、デジタルテクノロジーの発展が著しく、歯科のあらゆる分野においてデジタル新技術が活用されている⁷⁾。とりわけ、デジタルパノラマ X 線撮影におけるトモシンセシス (tomosynthesis) 法の応用が注目されている^{8,9)}。トモシンセシス法はフォーカス位置の異なる複数の画像から、細かく区切った部位ごとにフォーカスの合った画像を自動的に抽出して 1 枚の画像を合成する技術である。収集されたデータはコンピュータにより画像再構成され、任意のスライス面で良質な画像が取得できる。医科領域においては、その乳癌検出能の高さからマンモグラフィ検査への応用が最も広く普及している¹⁰⁾。一方、歯科領域においては、唾石¹¹⁾や歯根吸収¹²⁾などへの診断応用が報告されているにすぎない。

パノラマ X 線画像にトモシンセシス法を応用することで、口内法の欠点である感染リスクを低減しつつ、良質な画像が得られる可能性がある。また、嘔吐反射のため口内法での撮影が困難な患者や、脳血管系障害や加齢

によりバランス能力や筋力が低下し姿勢の保持が困難な患者のパノラマ X 線撮影時に撮影角度がずれた場合にも、トモシンセシス法による補正を行うことで、診断可能なレベルの画像を得られるのではないかとわれわれは考えた。そこで本研究では、歯科用頭部ファントムに対しパノラマ X 線撮影およびトモシンセシス法補正を行い、主観ならびに客観評価により画質を評価し、歯科臨床における同手法の有用性を検討した。

材料および方法

1. 撮影装置と撮影条件

人体と同等の骨格形状と硬組織(エナメル質, 象牙質, 皮質骨, 海綿骨) の X 線吸収をもち、歯列や歯根、歯髄腔が忠実に再現された歯科用頭部ファントム (PH-47 41301-200, 京都科学) に対し、パノラマおよび全顎口内法 X 線撮影を行った。パノラマ X 線は歯科用デジタルパノラマ X 線装置 (PanoACT-ART Plus, アクシオン・ジャパン) を用いて撮影した。撮影条件は管電圧 70 kV, 管電流 8 mA, 照射時間 12.5 sec であり、ファントムを標準位置と前後に変位 (検出管が頭部の 10 mm 前方・後方, 20 mm 前方・後方) させた計 5 つの位置づけて撮影し (Fig. 1), それぞれをトモシンセシス法で補正した。口内法 X 線撮影はデンタル X 線撮影装置 (Xspot-TS 床固定型, 朝日レントゲン工業) により、管電圧 70 kV, 管電流 6 mA, 照射時間 0.06~0.2 sec の撮影条件で標準位置において行った。

2. 主観評価

標準位置で撮影したパノラマ X 線画像を基準として、変位させたパノラマ X 線画像、トモシンセシス法で補正した画像および口内法 X 線画像の各 3 種類の画像における主観評価を、神奈川歯科大学付属病院に勤務している 20 名の歯科医師 (臨床経験 5 年未満の者 10 名および 5 年以上の者 10 名: 歯周病専門医 4 名, 歯周病認定医 2 名, 歯科放射線専門医 3 名, 口腔診断認定医 1 名) が行った。画像評価は DICOM モニター (RadiForce MX215, EIZO) を用いた。主なスペックは 54 cm (21.3) 型, 1,200×1,600 pix, 輝度 420 cd/m², コントラスト 1,500:1 であった。評価対象は、下顎に比べ歯根形態がより複雑な上顎とした。具体的には上顎前歯部および上顎左側臼歯部の歯槽頂線の連続性、セメント-エナメル境の視認性、歯根膜腔の判別、根尖部付近の歯髄腔形態、歯槽硬線の判別とした。画像は 0~4 点で評価した (4: かなり鮮明, 3: 鮮明, 2: 視認可, 1: 一部不可, 0: 全く視認不可)。各画像において評価シートを 1 枚ずつ作成し、同一の説明者が評価対象部位、評価項目、評価基準について一律の文言で各評価者に説明し、評価者自身が記載



Fig. 1 Indicator line for phantom position of shifted panoramic radiography

した。

3. 客観評価

各位置づけ画像と補正画像に対し、既報の方法¹³⁾を参考として Modulation Transfer Function (MTF) を解析した。すなわち、ファントムとして直径 10 mm、長さ 150 mm の中空アルミ棒を使用した。歯列弓上の撮影部位の参考として、下顎歯列弓が描写されているアクリル板を使用し、前歯部に設置部位を確定して撮影した。撮影は標準位置と前後に変位（検出管が頭部の 10 mm 前方・後方、20 mm 前方・後方）させた計 5 つの位置づけで行った。ファントムのエッジが最も際立った部分の grey level (GL) から edge spread function (ESF) を求め、ESF を line spread function (LSF) に変換後、LSF をフーリエ変換して MTF を求めた。

4. 統計分析

それぞれのデータにおいて、記述的分析（平均値±標準偏差）を行った。主観および客観評価の 2 群間比較にはスチューデントの *t* 検定を用い、有意水準は 5% に設定した。主観評価の 3 群間比較はマン・ホイットニーの *U* 検定により解析し、多重比較のためボンフェローニ補正を行った（有意水準 $p < 0.017$ ）。

結 果

1. 主観評価

標準位置で撮影しトモシンセシス法で補正した画像と口内法 X 線画像における比較結果を、Table 1 に示す。口内法 X 線画像における歯槽頂線の連続性は、前歯部 ($p = 0.027$) と臼歯部 ($p = 0.01$) において有意に評価点数が

高かった。臼歯部におけるその他 4 項目も口内法で有意性を示した ($p < 0.001$)。

10 mm 前方変位で撮影したパノラマ X 線画像および補正した X 線画像の比較結果を、Table 2 に示す。前歯部では歯根膜腔の判別を除く 4 項目が、臼歯部では歯槽頂線の連続性が補正画像において有意に評価点数が高かった ($p < 0.01$)。一方、補正画像と口内法画像の比較においては、臼歯部の歯根膜腔の判別のみが口内法画像において有意に評価点数が高かった ($p = 0.003$)。

Table 3 は、20 mm 前方変位させ撮影したパノラマ X 線画像および補正画像の比較データを示す。前歯および臼歯部の全項目において、補正により有意に評価点数が高くなった ($p < 0.01$)。また、補正画像と口内法画像の比較ではいずれにおいても有意な差はなかった。

10 mm 後方変位で撮影したパノラマ X 線画像と補正画像の比較結果を、Table 4 に示す。前歯部における全 5 項目が、補正画像において有意に高得点であった ($p < 0.001$)。補正画像と口内法画像の比較においては、前歯部における根尖部付近の歯髓腔形態を除くすべてが口内法画像において有意に高かった ($p < 0.01$)。

Table 5 は、20 mm 後方変位撮影によるパノラマ X 線画像と補正画像の比較を示す。前歯部の全項目および臼歯部の歯槽頂線の連続性とセメント-エナメル境の視認性は、補正画像において有意に高かった ($p < 0.01$)。一方、前歯部における根尖部付近の歯髓腔形態と歯槽硬線の判別を除くすべてが、口内法画像において有意に点数が高かった ($p < 0.001$)。

変位撮影したパノラマ X 線画像と比べて、口内法 X 線画像はほぼすべてにおいて有意に点数が高かった ($p < 0.01$)。しかしながら、10 mm 前方変位撮影における臼歯部の根尖部付近の歯髓腔形態のみが有意差を示さなかった。

標準位置と 4 種類の変位にて撮影したパノラマ X 線画像およびそれらをトモシンセシス法で補正した画像の典型的な例を、Fig. 2 に示す。変位撮影により鮮鋭度や歯冠幅径などが変化し、トモシンセシス補正によりそれらは是正が認められる。たとえば、基準画像における上顎左側中切歯の歯冠幅径を 100% とすると、20 mm 前方変位画像では 149% であり、トモシンセシス補正により 94% に是正されていた。

2. 客観評価

標準位置と 4 種類の変位にて撮影したパノラマ X 線画像 (Fig. 3) およびそれらをトモシンセシス法で補正した X 線画像 (Fig. 4) に対し、MTF 解析を行った。後方 10 mm で撮影した場合、前歯部において補正により有意な鮮鋭度の改善を示した ($p < 0.0001$, Table 6)。

Table 1 Subjective comparison between panoramic images converted by tomosynthesis and intraoral radiographs

		Panoramic radiography converted by tomosynthesis	Intraoral radiography	p-value
Anterior maxillary	Continuity of alveolar line	3.10±0.45	3.45±0.51	0.027
	Cemento-enamel junction	3.30±0.57	3.55±0.69	0.218
	Periodontal space	3.40±0.50	3.60±0.60	0.260
	Pulp cavity form of near the apex	3.40±0.68	3.20±0.89	0.431
	Lamina dura	3.50±0.51	3.40±0.60	0.574
Molar left side maxillary	Continuity of alveolar line	2.80±0.70	3.35±0.59	0.01
	Cemento-enamel junction	2.50±0.69	3.50±0.69	p<0.001
	Periodontal space	2.40±0.75	3.55±0.51	p<0.001
	Pulp cavity form of near the apex	2.45±0.69	3.45±0.76	p<0.001
	Lamina dura	2.45±0.69	3.55±0.60	p<0.001

Data shown as mean±SD.

Table 2 Subjective comparison among panoramic radiographs shifted 10 mm forward, panoramic images converted by tomosynthesis and intraoral radiographs

		Panoramic radiography forward shift 10 mm (A)	Panoramic radiog- raphy forward shift 10 mm converted by tomosynthesis (B)	Intraoral radiography (C)	p-value		
					between A and B	between A and C	between B and C
Anterior maxillary	Continuity of alveolar line	2.80±0.62	3.40±0.60	3.45±0.51	0.003	0.001	0.865
	Cemento-enamel junction	2.70±0.73	3.55±0.60	3.55±0.69	p<0.001	0.001	0.862
	Periodontal space	3.10±0.55	3.50±0.51	3.60±0.60	0.028	0.007	0.434
	Pulp cavity form of near the apex	2.30±0.73	3.45±0.69	3.20±0.89	p<0.001	0.002	0.406
	Lamina dura	2.75±0.55	3.50±0.51	3.40±0.60	p<0.001	0.002	0.643
Molar left side max- illary	Continuity of alveolar line	2.75±0.64	3.35±0.49	3.35±0.59	0.003	0.001	0.524
	Cemento-enamel junction	2.50±0.61	3.05±0.69	3.50±0.69	0.017	p<0.001	0.200
	Periodontal space	2.50±0.61	2.90±0.72	3.55±0.51	0.099	p<0.001	0.003
	Pulp cavity form of near the apex	2.70±0.47	3.10±0.72	3.45±0.76	0.550	0.018	0.522
	Lamina dura	2.75±0.55	3.05±0.76	3.55±0.60	0.181	0.002	0.135

Values represent mean±SD.

考 察

本研究の目的は、歯科用頭部ファントムに対しパノラマ X 線撮影およびトモシンセシス法補正を行い、主観ならびに客観評価により画質を評価し、歯科臨床における同手法の有用性を検討することであった。われわれは、前方に大きく変位して撮影した場合はトモシンセシス法補正により前歯部・臼歯部ともに主観的診断レベルが改善することを明らかにした。本研究は、パノラマ X 線を変位撮影し、歯および歯周組織の主要特徴における診断

レベルに対し、トモシンセシス法がもたらす影響や、撮影の際に変位した場合の補正効果の有用性を検討した最初の報告である。

全般的に、変位撮影しトモシンセシス法で補正すると、前歯部における評価点数がいずれも有意に高かった。とりわけ、標準位置で撮影し補正した画像は口内法 X 線画像と比べても前歯部ではほとんどの項目において差がなかった。これは、トモシンセシス法補正によりパノラマ X 線画像などによくみられる障害陰影などのノイズを、とりわけ前歯部では著しく除去することができ、より鮮明な画像が得られることで診断レベルが改善

Table 3 Subjective comparison among panoramic radiographs shifted 20 mm forward, panoramic images converted by tomosynthesis and intraoral radiographs

		Panoramic radiography forward shift 20 mm (A)	Panoramic radiography forward shift 20 mm converted by tomosynthesis (B)	Intraoral radiography (C)	p-value		
					between A and B	between A and C	between B and C
Anterior maxillary	Continuity of alveolar line	1.55±0.83	3.35±0.49	3.45±0.51	p<0.001	p<0.001	0.524
	Cemento-enamel junction	2.10±0.72	3.40±0.60	3.55±0.69	p<0.001	p<0.001	0.320
	Periodontal space	1.40±0.94	3.75±0.44	3.60±0.60	p<0.001	p<0.001	0.446
	Pulp cavity form of near the apex	1.25±0.79	3.35±0.59	3.20±0.89	p<0.001	p<0.001	0.789
	Lamina dura	1.45±0.69	3.70±0.47	3.40±0.60	p<0.001	p<0.001	0.097
Molar left side maxillary	Continuity of alveolar line	2.25±0.55	3.25±0.64	3.35±0.59	p<0.001	p<0.001	0.635
	Cemento-enamel junction	2.30±0.73	3.00±0.65	3.50±0.69	0.003	p<0.001	0.018
	Periodontal space	2.45±0.83	3.35±0.49	3.55±0.51	p<0.001	p<0.001	0.209
	Pulp cavity form of near the apex	2.50±0.61	3.30±0.66	3.45±0.76	0.001	p<0.001	0.370
	Lamina dura	2.70±0.47	3.25±0.55	3.55±0.60	0.003	p<0.001	0.082

Values represent mean±SD.

Table 4 Subjective comparison among panoramic radiographs shifted 10 mm backward, panoramic images converted by tomosynthesis and intraoral radiographs

		Panoramic radiography backward shift 10 mm (A)	Panoramic radiography backward shift 10 mm converted by tomosynthesis (B)	Intraoral radiography (C)	p-value		
					between A and B	between A and C	between B and C
Anterior maxillary	Continuity of alveolar line	1.45±0.51	2.95±0.39	3.45±0.51	p<0.001	p<0.001	0.002
	Cemento-enamel junction	1.55±0.69	2.85±0.67	3.55±0.69	p<0.001	p<0.001	0.002
	Periodontal space	1.10±0.55	3.00±0.32	3.60±0.60	p<0.001	p<0.001	p<0.001
	Pulp cavity form of near the apex	1.45±0.51	2.80±0.70	3.20±0.89	p<0.001	p<0.001	0.079
	Lamina dura	1.15±0.67	2.95±0.39	3.40±0.60	p<0.001	p<0.001	0.007
Molar left side maxillary	Continuity of alveolar line	1.90±0.64	2.05±0.76	3.35±0.59	0.720	p<0.001	p<0.001
	Cemento-enamel junction	1.85±0.75	1.80±0.77	3.50±0.69	0.744	p<0.001	p<0.001
	Periodontal space	1.40±0.50	1.25±0.55	3.55±0.51	0.405	p<0.001	p<0.001
	Pulp cavity form of near the apex	1.25±0.55	1.25±0.79	3.45±0.76	0.823	p<0.001	p<0.001
	Lamina dura	1.50±0.76	1.15±0.81	3.55±0.60	0.251	p<0.001	p<0.001

Values represent mean±SD.

したためと推測される。

10 mmの変位撮影では前方および後方とも補正により前歯部では改善されたが、口内法と比較するといずれも低いレベルであった。また、20 mm後方撮影では前歯部の全項目が改善したが、やはり口内法のほうがほとん

ど優れていた。それに対し、20 mmの前方変位においては、前歯部・臼歯部の全項目が有意に改善したことに加え、それらは口内法と比較してもほとんど差がなかったことは注目すべき結果であった。10 mm変位と20 mm変位において差がある原因は、10 mm変位では補正前

Table 5 Subjective comparison among panoramic radiographs shifted 20 mm backward, panoramic images converted by tomosynthesis and intraoral radiographs

		Panoramic radiography backward shift 20 mm (A)	Panoramic radiography backward shift 20 mm converted by tomosynthesis (B)	Intraoral radiography (C)	p-value		
					between A and B	between A and C	between B and C
Anterior maxillary	Continuity of alveolar line	0.15±0.37	2.75±0.55	3.45±0.51	p<0.001	p<0.001	p<0.001
	Cemento-enamel junction	0.20±0.41	2.55±0.69	3.55±0.69	p<0.001	p<0.001	p<0.001
	Periodontal space	0.10±0.31	2.65±0.59	3.60±0.60	p<0.001	p<0.001	p<0.001
	Pulp cavity form of near the apex	0.30±0.47	2.55±0.89	3.20±0.89	p<0.001	p<0.001	0.220
	Lamina dura	0.00±0.00	2.70±0.86	3.40±0.60	p<0.001	p<0.001	0.007
Molar left side maxillary	Continuity of alveolar line	0.95±0.51	1.95±0.76	3.35±0.59	p<0.001	p<0.001	p<0.001
	Cemento-enamel junction	1.05±0.51	1.65±0.75	3.50±0.69	0.008	p<0.001	p<0.001
	Periodontal space	0.55±0.60	1.00±0.65	3.55±0.51	0.031	p<0.001	p<0.001
	Pulp cavity form of near the apex	0.40±0.60	0.75±0.72	3.45±0.76	0.100	p<0.001	p<0.001
	Lamina dura	0.55±0.60	0.80±0.77	3.55±0.60	0.313	p<0.001	p<0.001

Values represent mean±SD.

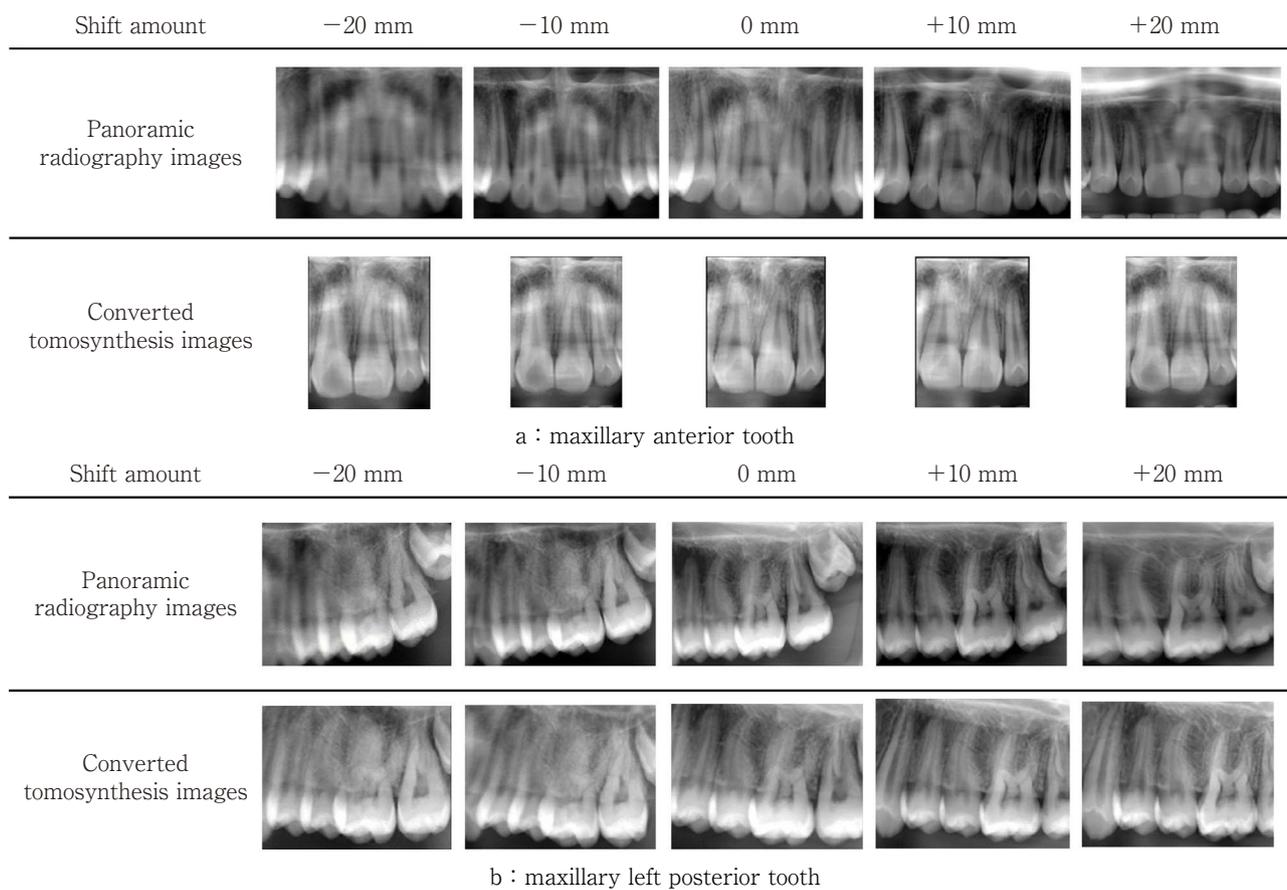


Fig. 2 A typical images of panoramic radiography and converted by tomosynthesis

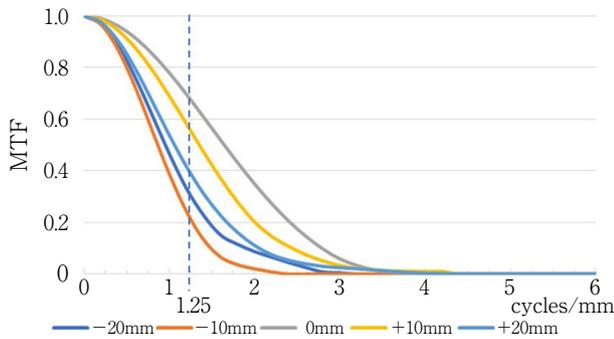


Fig. 3 MTF of each shift position in panoramic radiograph

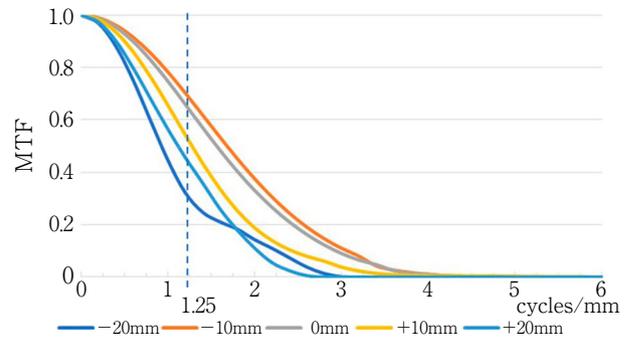


Fig. 4 MTF of each shift position in panoramic radiograph converted by tomosynthesis

Table 6 Comparison of MTF value for spatial frequency between panoramic radiographs and panoramic images converted by tomosynthesis

Position	Panoramic radiography	Panoramic radiography converted by tomosynthesis	p-value
+20 mm shift	0.39±0.14	0.43±0.19	0.718
+10 mm shift	0.56±0.105	0.51±0.09	0.578
0 mm	0.67±0.07	0.64±0.16	0.654
-10 mm shift	0.25±0.03	0.68±0.04	p<0.0001
-20 mm shift	0.30±0.26	0.26±0.16	0.800

Values represent mean±SD. 1.25 cycles/mm (thickness : 0.4 mm)

も一定のスコアであったため、トモシンセシス補正の影響が小さかったためと考えられる。また、20 mm 前方変位撮影が同距離の後方撮影に比べてはるかに補正力が発揮された理由は、適切な撮影・補正が可能な範囲内において、検出器から最も近い距離にあったためとわれわれは推測した。

特に前歯部において歯冠幅径は、変位で撮影すると基準の画像に比べ拡大率の違いが顕著に出ていたが、トモシンセシス法で補正することによって診断可能なレベルまで拡大率が是正されていた。この拡大率の違いに対する補正が、主観評価に寄与しているものと考えられる。

MTF解析では、後方10 mmで撮影したときに前歯部において補正により有意な鮮鋭度の改善を示した。この結果は、同変位撮影における主観的評価の結果と一致している。一方で、ほかの変位撮影においてはMTF解析で有意性を示さなかった。鮮鋭度は画質の一要素ではあるが、粒状性や障害陰影、水平的X線入射方向¹⁴⁾などほかの要素も大きく影響してくる。したがって、それら要素の改善もトモシンセシスによる主観評価に影響した可能性がある。さらなる原因分析については、今後の課題として調べていきたい。また、本研究では20 mmを最大の変位量としたが、これ以上の変位は撮影装置の回転機構に接触するため計測しておらず、臨床的な許容範囲は詳しくは計測していない。

近年、COVID-19を含むウイルスによる感染症が世界的な社会問題となっている。これらウイルスは鼻腔や咽頭に多く存在すると報告されており¹⁵⁾、飛沫感染の防止対策は歯科医療関係者において非常に重要な問題である。トモシンセシス法ではパノラマX線装置を用いるため口腔内に検出器を入れることなく撮影可能であり、画像診断における感染防止対策の一助となると考えられる。

超高齢社会であるわが国における2018年の高齢化率は28.1%であり、内閣府の試算によると2065年には高齢化率は38.4%になることが報告されている¹⁶⁾。このような社会的背景から、車いす利用者など姿勢を保つことが難しい患者がさらに増え、従来の撮影法では固定された位置づけを得られず画像精度に大きく影響する状況が増加すると予想される。この問題に対し、本研究で得られた結果は、ある程度の位置ズレならばトモシンセシス法を用いて画像補正を行うことで、診断レベルを担保できる可能性が示唆された。

トモシンセシス法の応用は被曝線量の面でも利点がある。まず、歯科においては医科のマンモグラフィーのような追加撮影を必要としないため、従来のパノラマ撮影と同等の被曝線量ですむ。また、岡野ら¹⁷⁾によると全顎口内法撮影をフィルム14枚で撮影した場合の実行線量は約66.2 μSv、デジタル検出器を用いてパノラマ撮影した場合では約16.3 μSvであり、パノラマ撮影に必要な線

量は口内法約4枚分となる。

本研究の限界としては、正常解剖モデルを用いているため確定診断に使用できるレベルかどうかという判断にはいたっていない。今後の展望として、病変モデルを作成し、より臨床に近い状態を作り臨床診断においてもトモシンセシス法が使用できるかを検討する必要があると考える。

結 論

前後に変位した位置で撮影し解像力が低下した画像でも、トモシンセシス法補正により前歯部は有意に主観的診断レベルが改善した。とりわけ、前方に大きく変位して撮影した場合は前歯部・臼歯部ともに改善が顕著であり、口内法 X 線画像に劣らない良質な画像が得られることが示唆された。

本研究は JSPS 科研費 20K18547 の助成を受けたものである。

本論文に関して、株式会社アクション・ジャパンより Pano-ACT-ART Plus の貸与を受けましたが、開示すべき利益相反関係はありません。

文 献

- 勝又明敏. 歯科画像診断の最新事情. 医用画像情報誌 2014; 31: 65-69.
- 勝又明敏. パノラマ X 線撮影のルネサンスをめざして. 岐阜歯会誌 2012; 38: 117-128.
- 犬飼啓介, 飯田幸弘, 勝又明敏, 永原國央. デジタルパノラマ X 線画像の拡大率を評価できる特殊ファントムの開発. 歯放 2012; 52: 47-60.
- Bhakdinaronk A, Manson-Hing LR. Effect of radiographic technique upon prediction of tooth length in intraoral radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1981; 51: 100-107.
- Adarsh K, Sharma P, Juneja A. Accuracy and reliability of tooth length measurements on conventional and CBCT images: An *in vitro* comparative study. J Orthod Sci 2018; 7: 17.
- 勝又明敏. 歯科画像情報の現状と将来展望. 日歯保存誌 2019; 62: 238-242.
- 有地榮一郎, 勝又明敏, 小林 馨, 櫻井 孝, 藤田広志, 本田和也. デジタルデンティストリー 医療情報とデジタル画像 超入門. 1版. 永末書店: 京都; 2015.
- Ogawa K, Langlais RP, McDavid WD, Noujeim M, Seki K, Okano T, Yamakawa T, Sue T. Development of a new dental panoramic radiographic system based on a tomosynthesis method. Dentomaxillofac Radiol 2010; 39: 47-53.
- Katsumata A, Ogawa K, Inukai K, Matsuoka M, Nagano T, Nagaoka H, Yamakawa T. Initial evaluation of linear and spatially oriented planar images from a new dental panoramic system based on tomosynthesis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2011; 112: 375-382.
- 鯉淵幸生. トモシンセシスを用いた乳がん画像診断. 医用画像情報誌 2012; 29: 82-84.
- 中山美和, 内藤宗孝, 勝又明敏, 有地淑子, 木瀬祥貴, 有地榮一郎. トモシンセシス機能を有するパノラマ X 線装置を用いて撮影した唾石症の X 線所見. 歯放 2013; 53: 32-33.
- Rahmel S, Schulze RKW. Accuracy in detecting artificial root resorption in panoramic radiography versus tomosynthetic panoramic radiographs. J Endod 2019; 45: 634-639. e2.
- 瀬崎雄介, 小泉伸秀, 岸田尚樹, 齊藤嘉大, 齋藤圭輔, 小澤智宣, 高橋伸年, 奥村泰彦. トモシンセシスによるパノラマ断層面再構成画像の MTF. 明海歯学 2015; 44: 145-156.
- 横井みどり, 勝又明敏, 内藤宗孝, 後藤賢一, 蛭川亜紀子, 松尾綾江, 奥村信次, 有地榮一郎. パノラマ X 線撮影の水平的入射方向に関する再検討. 歯放 2012; 52: 9-14.
- Zou L, Ruan F, Huang M, Liang L, Huang H, Hong Z, Yu J, Kang M, Song Y, Xia J, Guo Q, Song T, He J, Yen HL, Peiris M, Wu J. SARS-CoV-2 viral load in upper respiratory specimens of infected patients. N Engl J Med 2020; 382: 1177-1179.
- 内閣府. 令和元年版高齢社会白書 高齢化の現状と将来像. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf (2020年6月30日アクセス)
- 岡野恒一, 松尾綾江, 後藤賢一, 横井みどり, 蛭川亜紀子, 奥村信次, 小山修司. 口腔および顎顔面エックス線撮影における唾液腺に着目した実効線量評価. 日放線技会誌 2009; 65: 594-602.

Subjective and Physical Image-quality Evaluation of Periodontal Tissue Findings with Panoramic X-radiography Using Tomosynthesis

SUGIHARA Shuntaro, MOROZUMI Toshiya, KOZAI Yusuke*,
INNAMI Hisashi*, IZUMI Masahiro*, TAMURA Toshiyuki,
SAKURAI Takashi* and MINABE Masato

Division of Periodontology, Department of Oral Interdisciplinary Medicine,
Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

*Division of Radiology, Department of Dentomaxillofacial Diagnosis and Treatment,
Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

Abstract

Purpose: Intraoral X-ray generates clear images; however, full-mouth X-rays are time-consuming and involve the risk of discomfort to the patient as well as cross-infection by saliva. This study focused on tomosynthesis, in which the shapes and positions of the sections in panoramic X-rays are changed, and images are reconstructed.

Methods: Panoramic and full-mouth intraoral X-rays were performed using a dental radiography head phantom. Panoramic X-rays involved imaging at five positions, which were the standard positions with displacements of 10 and 20 mm backwards and forwards, followed by correction by tomosynthesis. Taking as the reference a panoramic X-ray from the standard position, a dentist subjectively evaluated each of the following types of images for all 20 subjects: (i) displaced panoramic image; (ii) tomosynthesis-corrected image; and (iii) intraoral image. Evaluation parameters were alveolar crest line continuity, cement-enamel boundary visibility, root canal identifiability, pulp cavity morphology close to the apical region, and alveolar hard line identifiability, in the maxillary anterior dental region and left maxillary molar region. Each of the images was evaluated on a scale of 0 to 4 as follows: 4: very distinct; 3: distinct; 2: visible; 1: partly visible; and 0: completely invisible. In addition, as an objective evaluation, the modulation transfer function (MTF) was analyzed in relation to images at each position and corrected images.

Results: In the anterior dental region in images displaced 10 mm forwards and the anterior dental and molar regions in images displaced 20 mm forwards, the subjective evaluation was significantly higher with the corrected images ($p < 0.001$). No significant differences were found between the corrected and intraoral images. However, in the anterior dental region in images displaced 10 mm backwards and the anterior dental region and some molar parameters in images displaced 20 mm backwards, the subjective evaluation was significantly higher with the corrected images ($p < 0.001$). Comparison of the corrected images and intraoral X-rays showed that, with backward displacements of both 10 and 20 mm, all parameters other than pulp cavity morphology close to the apical region were significantly higher in the intraoral X-rays ($p < 0.001$). The MTF analysis showed that in the anterior dental region with backward displacement of 10 mm, correction significantly increased the sharpness ($p < 0.0001$).

Conclusions: Even in images with a large penumbra, from positions with displacement backwards and forwards, significant improvement in sharpness in the anterior dental region was achieved by correction using tomosynthesis. In particular, in the case of imaging with large displacement forwards, correction improved sharpness in both the anterior dental and molar regions, suggesting that images of a quality not inferior to that achieved by intraoral X-rays can be obtained.

Key words: tomosynthesis, panoramic X-radiography, subjective evaluation, MTF analysis

Evaluation of Root Canal Wall Displacement and Working Time in Simulated Curved Root Canals Using Various Reciproc Files

SEKIYA Miki, MAEDA Munehiro,
NISHIDA Taro and IGARASHI Masaru

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

Abstract

Purpose: To compare the shaping ability of the combination of the R-PILOT (RP) Reciproc glide path file and the conventional Reciproc (RC) or the more flexible Reciproc Blue (RC Blue) by investigating root canal wall displacement on the inner and outer sides of the curvature and the working time.

Methods: The curvatures of J-shaped curved root canal model blocks were scanned as image files. All canals were negotiated with a #10 stainless steel K-file (KF), randomly divided into six blocks in each of five groups, and prepared to size 25 as follows: group A (#15 KF-#25 KF), group B (RP-R25 RC), group C (#15 KF-R25 RC), group D (RP-R25 RC Blue), and group E (#15 KF-R25 RC Blue). The displacement of the root canal wall on the inner and outer sides of the curvature from the superimposed images before and after preparation and the working time for each group, process, and file were measured. Statistical analysis was performed using the Wilcoxon signed-rank test, one-way analysis of variance, or the Kruskal-Wallis test followed by Dunn's post hoc test. Values of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

Results: In group A, the root canal wall displacement was the largest on the outer side of the curvature at 1 mm from the apex. In the groups using RP, root canal wall displacement was smaller on the inner side of the curvature at 1 and 2 mm from the apex compared with #15 KF. The groups using RC Blue had less root canal wall displacement on the inner side of the curvature compared with RC, and the displacement on the inner and outer sides of the curvature was almost equal. Total working time was as follows (in decreasing order): $A > E > C > B > D$. The working time during glide path preparation was $\#15 \text{ KF} > \text{RP}$, and during root canal shaping was $\text{RC} > \text{RC Blue}$.

Conclusion: The combination of RP and RC Blue maintained the original root canal curvature and shortened the working time.

Key words: nickel-titanium rotary file, reciprocating single-file system, Reciproc, root canal wall displacement, working time

Introduction

For successful endodontic treatment, it is important to disinfect the root canal system thoroughly and prevent reinfection of the pulp cavity. The key to removing the source of infection from the root canal system is root canal preparation (mechanical preparation of the root canal), irrigation (chemical cleaning of the root canal), and filling. In particular, the purpose of root canal preparation is not only to remove the infection source (cleaning), but also appropriate shaping of the root canal (shaping) for efficient irrigation and hermetic filling¹⁻³). Ideally, root canal preparation minimizes apical transportation and forms a continuous taper from the root canal orifice to the apical foramen while maintaining the original root canal system. In particular, the success rate of curved root canal treatment greatly differs depending on whether the original root canal morphology can be followed or not⁴).

Stainless steel (SS) hand instruments have traditionally been used for root canal preparation. However, in recent years, numerous root canal preparation methods using nickel-titanium (Ni-Ti) rotary instruments have been reported as being more efficient⁵⁻⁷). Ni-Ti rotary instruments, which are recognized as being effective for preparing constricted and curved root canals, can complete root canal preparation mechanically and rapidly by using a larger taper file than the ISO standard 0.02 taper design attached to a low-speed rotary engine. For this reason, the proportion of using Ni-Ti files depending on the case has been increasing⁸). Among such instruments, Reciproc (RC; VDW, Munich, Germany), which is used in a reciprocating motion that rotates 150° counterclockwise and then 30° clockwise, has been shown to improve fracture resistance. Therefore, RC appears to be a simple and revolutionary system that can complete root canal preparation with only one file using a dedicated engine with an established rotary speed and torque value⁹). RC exhibits high centering ability and safety¹⁰). In addition, R-PILOT (RP; VDW), a Reciproc file for glide path preparation, has been developed to require less displacement glide path preparation. Furthermore, Reciproc Blue (RC Blue; VDW), which was introduced in 2017, has higher flexibility and cyclic fatigue resistance than the conventional RC because of an innovative heat treatment tech-

nique^{11,12}). Therefore, previous studies have reported the usefulness of RC Blue in complex root canal systems based on a comparison with RC in regard to shaping ability and cyclic fatigue resistance^{13,14}). However, to our knowledge, no report has examined the shaping ability and working time for root canal preparation when combining RP with the above techniques.

The purpose of this study was to compare the shaping ability of the combination of RP and RC or RC Blue on curved root canal preparation by investigating root canal wall displacement on the inner and outer sides of the curvature and the working time for each group, process and file.

Materials and Methods

1. Materials for the Preparation

J-shaped curved root canal models (root canal length: 16 mm, 0.02 taper, Endo Training Bloc J-Shape 15; Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) were used in this study. A #15 SS hand K-file (KF; 0.02 taper, 21 mm, MANI, Tochigi, Japan) and the RP (tip size 12.5, 0.04 taper, 21 mm) were used for glide path preparation. For subsequent root canal shaping, #15 KF-#25 KF, R25 RC (tip size 25, 0.08 taper, 21 mm), and R25 RC Blue (tip size 25, 0.08 taper, 21 mm) were used.

2. Preparation of the curved root canal model blocks

The curved surface of each root canal model block was scanned as an image file using a high-resolution flatbed color image scanner (GT-X970; EPSON, Tokyo, Japan) before root canal preparation. During scanning, the position conditions were unified so that the blocks could always be scanned in the same position. The scanned blocks were negotiated with #10 21 mm KF, and a working length of 15 mm was determined. The circumference of the blocks was covered by opaque tape to mask the root canal system. Then, all blocks were randomly divided into six blocks in each of five groups, and the apical preparation size was set to 25 as follows: group A (#15 KF-#25 KF), group B (RP-R25 RC), group C (#15 KF-R25 RC), group D (RP-R25 RC Blue), and group E (#15 KF-R25 RC Blue). The canals were always filled with distilled water, and all canal preparations were completed by one operator (7 years of clinical experience) following the manufacturers' instructions.

The pre-curved KFs were inserted to the full working length along the external form of the root canal orifice. The main preparation method was a quarter-turn/pull motion. A #15 KF was inserted to the working length and used until the file was loose in the canal. Frequent, copious irrigation with distilled water using a 2.5-ml syringe (Terumo Medical Corp., Tokyo, Japan) and a 25 G needle (Nishika, Shimonoseki, Japan), and frequent recapitulation with the #10 KF to the working length were performed after each instance. In group A, the same operation as that with a #15 KF was performed up to size 25.

All Reciproc files were attached to an X-Smart Plus endodontic motor (Dentsply Sirona) set to the RECIPROC mode of the reciprocating system. The Reciproc files were passively inserted into the canal along the external form of the root canal orifice or the glide path. An in-and-out pecking motion with an amplitude of 3 mm using light apical pressure was considered to be one peck; three pecks were performed. Frequent, copious irrigation with distilled water, debris removal from the flutes, and frequent recapitulation with the #10 KF to the working length were performed after every three pecks. This process was considered to be one cycle, and three cycles were repeated until 1 mm short of the working length. As soon as the working length was reached, the Reciproc files were removed from the canal and the process was considered complete.

3. Evaluation of root canal preparations

After the root canal preparations, each block was scanned by the flatbed color image scanner, and the images obtained were superimposed on images scanned before root canal preparation using Photoshop CS6 (Adobe Systems, San Jose, CA, USA). Measurement points were determined at 1, 2, 3 mm, and 4 mm from the apex. A line perpendicular to the long axis of the root canal was drawn at each measurement point, and the amount of root canal wall displacement (distance of the root canal wall before and after preparation) on the inner and outer sides of the curvature was measured^{15,16)}, as shown in Fig. 1. The measurement of working time started after confirming negotiation with the #10 KF. The irrigation and file exchange times were excluded from the measurement time¹⁵⁾. In addition, the working time was measured for each process and each file used in groups B to E.

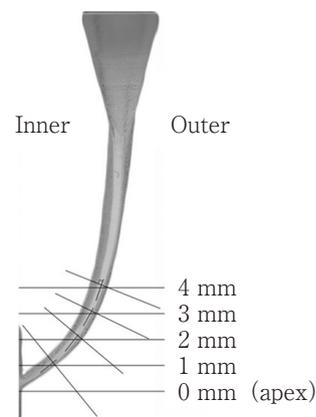


Fig. 1 Measurement positions of root canal wall displacement in this study

4. Statistical analysis

All values were expressed as mean \pm standard deviation (SD). Statistical analyses were performed using SPSS Statistics (version 25; IBM Japan, Tokyo, Japan). Statistically significant differences were assessed using the Wilcoxon signed-rank test, one-way analysis of variance, or the Kruskal-Wallis test followed by Dunn's post hoc test. Values of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

Results

No file fractures, perforations, apical blockages, or loss of working length were observed in any of the groups.

1. Root canal wall displacement

The root canal wall displacement at each measurement point on the inner and outer sides of the curvature in each group is shown in Table 1. In addition, comparisons of each group are shown in Fig. 2. The root canal wall displacement was significantly greater at 1 mm from the apex on the outer side of the curvature in group A than in the other groups ($p < 0.05$). In the groups that used RP for glide path preparation, the root canal wall displacement was significantly smaller at 1 mm and 2 mm from the apex on the inner side of the curvature compared with #15 KF ($p < 0.05$). The groups that used RC Blue for root canal shaping had significantly smaller root canal wall displacement on the inner side of the curvature compared with RC ($p < 0.05$). Furthermore, the root canal wall displacement was significantly different at each measurement point

Table 1 Root canal wall displacement at each measurement point on the inner and outer sides of the curvature in each group.

Inner/Outer (mm)	A	B	C	D	E
4 mm	0.22±0.03/ 0.14±0.04**	0.28±0.04/ 0.09±0.03**	0.27±0.05/ 0.14±0.02**	0.20±0.03/ 0.19±0.04	0.18±0.05/ 0.18±0.04
3 mm	0.21±0.02/ 0.14±0.04**	0.25±0.03/ 0.11±0.03**	0.25±0.04/ 0.14±0.03**	0.17±0.03/ 0.19±0.03	0.16±0.03/ 0.18±0.04
2 mm	0.13±0.03/ 0.18±0.04*	0.19±0.03/ 0.11±0.02**	0.23±0.02/ 0.12±0.04**	0.13±0.03/ 0.17±0.03*	0.15±0.03/ 0.16±0.03
1 mm	0.11±0.04/ 0.26±0.03**	0.16±0.05/ 0.09±0.02**	0.20±0.04/ 0.11±0.06**	0.10±0.02/ 0.12±0.02	0.14±0.04/ 0.08±0.02**

Statistically significant differences between the inner and the outer were observed (Wilcoxon signed-rank test, * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$)

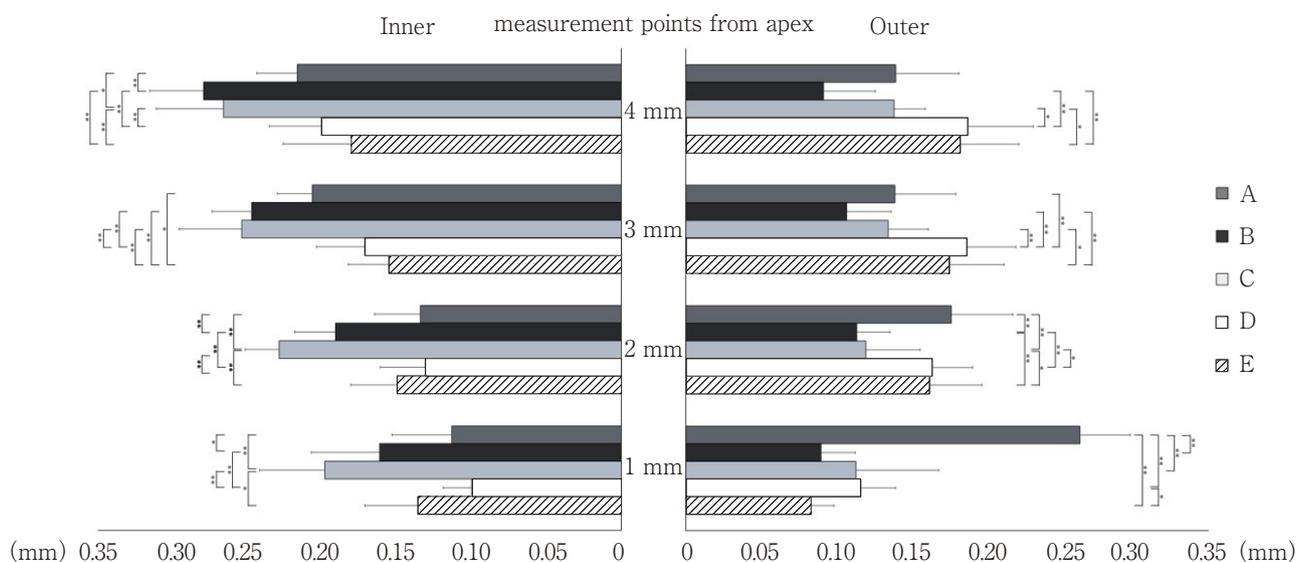


Fig. 2 Comparison of root canal wall displacement among each group (Kruskal-Wallis test followed by Dunn's test, * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$)

on the inner and outer sides of the curvature, except for group D at 1 mm from the apex and group E at 2 mm from the apex ($p < 0.05$).

2. Working time

The total working time was as follows (in decreasing order): A (112.67 ± 5.36 s) > E (72.79 ± 9.32 s) > C (71.32 ± 7.72 s) > B (38.08 ± 3.11 s) > D (31.02 ± 1.54 s). The group that used the Reciproc files for root canal preparation required significantly less time than the groups using only hand instruments ($p < 0.05$, Fig. 3). For groups B to E, the working time for each process and each file used is shown in Fig. 4. The working time during glide path preparation was #15 KF > RP, and during root canal shaping was RC > RC Blue. A signifi-

cant difference was observed between the total working time and the glide path preparation time ($p < 0.05$). In addition, significant differences were observed between the glide path preparation time and the root canal preparation time and between the files in each process ($p < 0.05$).

Discussion

Two types of instruments are typically used for mechanical root canal preparation: SS and Ni-Ti instruments. SS hand instruments, which have conventionally been used, have excellent cutting ability, but lack flexibility. When performing flare preparation on a curved

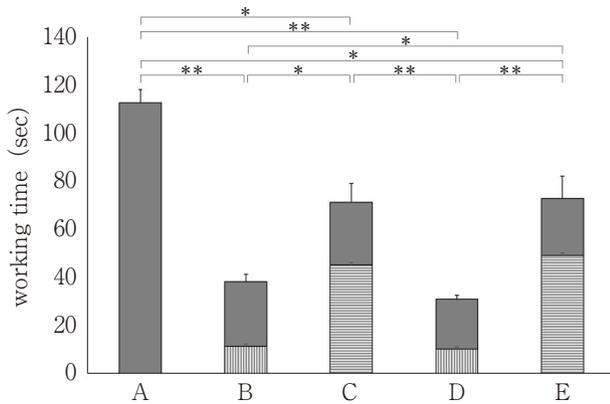


Fig. 3 Total working time for each group

The areas with vertical lines show the working time during glide path preparation using R-PILOT (RP) and the areas with horizontal lines show the working time during glide path preparation using a #15 stainless steel hand K-file (KF), (Kruskal-Wallis test followed by Dunn’s test, * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$)

root canal with SS hand instruments, the files tend to deviate from the original root canal system and straighten the root canal because the outer side of the curvature of the root canal is cut as the size increases. This instrumentation causes ledge, zip, and strip perforations easily⁸⁾. These inadequate preparations not only lead to portions of the root canal remaining uncut, but also make tight root canal filling difficult and cause a poor prognosis. In this study, group A, which was prepared using only SS hand instruments, had greater root canal wall displacement than the other groups at 1 mm from the apex on the outer side of the curvature. This result suggests that the outward displacement and straightening of the root canal near the apical foramen is the largest in the case of root canal preparations for a curved root canal using only SS hand instruments. Hand instruments, especially when the size is #30 or larger, quickly reduce flexibility. Eldeeb et al. reported that regardless of file type, zipping in a curved root canal increases significantly with increase in file size, especially from size 30 to 35, so apical canal preparation should be limited to size 25 or 30¹⁷⁾. Therefore, it is considered better to select step-back preparation for apical preparation of a curved root canal with files larger than size #25. In addition, root canal preparation by hand instruments is not only time-consuming and labor-intensive, but also affected by the operator’s tactile sensation. Therefore, to reduce the working time and stress

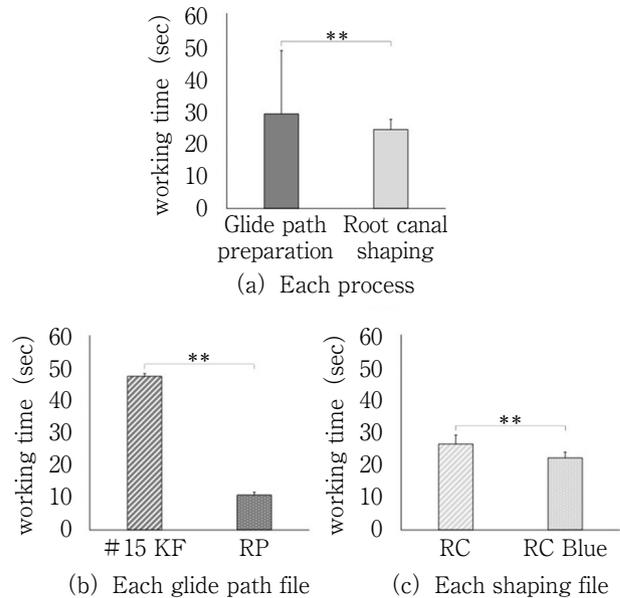


Fig. 4 Working time for each process and each file used

(a) Comparison of the time taken for glide path preparation and root canal shaping, (b) Comparison of the glide path preparation time between using a #15 stainless steel hand K-file (KF) and R-PILOT (RP), (c) Comparison of the root canal shaping time between using R25 Reciproc (RC) and R25 Reciproc Blue (RC Blue). Tukey’s test, ** : $p < 0.01$

and obtain a uniform root canal preparation method that is not affected by the operator, mechanical preparation has attracted increasing attention.

Ni-Ti alloy has a shape memory effect and superelasticity. Currently, the use of Ni-Ti rotary instruments has become indispensable for root canal treatment because these can rapidly shape root canal walls using a tapered design file and mechanical root canal preparation with a low-speed rotary engine^{5,8,18)}. Ni-Ti instruments are more flexible than SS instruments, so they have superior centering ability and are better suited for curved root canal preparation. Esposito et al. reported that Ni-Ti instruments are more effective for maintaining the original path of curved root canals when apical preparation is enlarged beyond size 30¹⁹⁾. Also, a study on the comparison of root canal preparation by K-files or Ni-Ti rotary files between operators reported that Ni-Ti rotary files performed with superior root canal followability in a shorter time than K-files even for operators with poor clinical experience²⁰⁾. From the above report, we considered that variation of the proce-

ture among operators was unlikely, and so the present study was performed by one operator. The early-generation Ni-Ti rotary instruments produced in the early 1990 s fractured easily because of low torque values at fracture. Therefore, to prevent the fracture of Ni-Ti rotary instruments, improvements have been made in the design of the cutting blade, heat treatment, and rotary motion. In contrast to the typical Ni-Ti file, RC has an S-shaped cross-sectional design. In addition, RC is made with an M-wire Ni-Ti alloy, which was developed by transforming an Ni-Ti wire in the austenite phase into the R-phase using a special heat treatment technique. M-wire has higher flexibility and cyclic fatigue resistance than conventional Ni-Ti rotary instruments²¹). In addition, a continuous rotary motion with engagement between the dentin walls and the cutting edges of files easily occurred, applying excessive torque to the file at that time. This mechanism was a major cause of file fractures²²). RC prevented the file from over-engagement and released any excessive torque using a reciprocating motion based on Roane's balanced force technique to avoid straightening of the root canal curvature²³). As a result, fracture resistance was improved about fivefold compared with conventional continuous rotary instruments, and RC can now prepare root canals with only one file^{24,25}). RC Blue transformed the molecular structure of the alloy through an innovative heat treatment technique that gave the file a blue color. RC Blue had 40% higher flexibility and 2.3 times more cyclic fatigue resistance than RC, and gained the ability to pre-curve^{11,12}). In this study, when comparing groups B and D or groups C and E, the groups that used RC Blue had less root canal wall displacement on the inner side of the curvature than the groups that used RC. In addition, the displacement on the inner and outer sides of the curvature was almost equal. In groups A, B, and C, root canal wall displacement on the inner and outer sides of the curvature was significantly different at all measurement points. On the other hand, except for group D at 1 mm from the apex and group E at 2 mm from the apex, no significant differences were observed in groups D and E. These results suggest that the superior centering ability of RC Blue, which has improved flexibility, affected the uniform preparation of the curved root canals. However, because the root canal stenosis and bending become stronger at the apical level, it is considered that the

root canal wall displacement on the inner and outer sides of the curvature differed even when using RC Blue.

Glide path preparation is an essential step for the safe and effective use of Ni-Ti rotary instruments²⁶). Glide path preparation refers to the establishment of working length and the patency of root canals using #10 or #15 hand instruments prior to the use of Ni-Ti rotary instruments^{26,27}). Virtually all manufacturers of Ni-Ti rotary instruments recommend glide path preparation. Cassim et al. reported that creating a glide path reduces the risk of torsional stress and instrument fracture and maintains the original canal anatomy with less modification of canal curvature and fewer canal aberrations²⁸). In addition, Keskin et al. reported that glide path preparation improves the shaping ability of Ni-Ti instruments²⁹). RP is a Reciproc file for mechanical glide path preparation that enables accurate glide path performance in a short time, which is a characteristic of Reciproc files. In this study, when comparing groups B and C and groups D and E, the groups that used RP for glide path preparation had less root canal wall displacement on the inner side of the curvature at 1 mm and 2 mm from the apex than the groups that used #15 KF. This result was the same as that reported by Berutti et al.³⁰). Therefore, it is considered that the mechanical glide path made possible by RP improved the shaping ability of Ni-Ti instruments by preparing smooth patency from the canal orifice to the apex for the next shaping file because of the limited modification and aberration of the curved root canal compared with the manual glide path with #15 KF.

Regarding the effect on the working time of each file, it was significantly shortened in the groups that used Reciproc files compared with the groups that used hand files. Furthermore, in groups B to D, a significant difference was observed between the glide path preparation time and the total working time, which suggests that glide path preparation time influences the total working time in the case of root canal preparation using Ni-Ti instruments¹⁵).

The findings of this study suggest that the combination of RP and RC Blue can reduce the risk of transportation and strip perforation, maintain the original root canal curvature, and shorten the working time in curved root canal preparation. However, it is still impossible to complete root canal preparation using

only Ni-Ti instruments. Before creating a mechanical glide path, an initial canal negotiation using #08 through #10 or 15 hand instruments is necessary to confirm a reproducible glide path and ensure that there are no contraindications for the use of Ni-Ti instruments³⁰⁾. Furthermore, prior to negotiation, an access cavity must be prepared to insert files into the root canal successfully³¹⁾. From the above, it appears indispensable for root canal preparation to follow the path to the apical foramen based on the operator's tactile sensation using hand instruments. By gaining a better understanding of the operation methods for conventional hand instruments and performing pretreatment correctly, root canal preparation that fully utilizes the characteristics of Ni-Ti instruments can be realized.

Conclusion

This study suggests that the combination of RP and RC Blue maintains the original root canal curvature and shortens the working time.

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- 1) Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-296.
- 2) Zehnder, M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389-398.
- 3) Rodrigues RCV, Zandi H, Kristoffersen AK, Enersen M, Mdala I, Ørstavik D, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2017; 43: 1058-1063.
- 4) Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005; 10: 30-76.
- 5) Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001; 14: 324-333.
- 6) Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments from past to future. *Endod Topics* 2013; 29: 3-17.
- 7) Ruddle CJ, Machtou P, West JD. The shaping movement: fifth-generation technology. *Dent Today* 2013; 32: 96-99.
- 8) Igarashi M, Kitajima K, Arai K. Current of NiTi rotary files reached to single file system. *J Jpn Dent Assoc* 2014; 35: 3-15. (in Japanese)
- 9) Yared G, Ramli GA. Single file reciprocation: a literature review. *Endod Pract Today* 2013; 7: 171-178.
- 10) Bartols A. Clinical experiences with Reciproc. *Endod Pract Today* 2013; 7: 179-187.
- 11) 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.
- 12) Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang ZJ, Shen Y. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal instruments. *J Endod* 2015; 41: 1134-1138.
- 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) Belladonna FG, Carvalho MS, Cavalcante DM, Fernandes JT, de Carvalho Maciel AC, Oliveira HE, Lopes RT, Silva E, De-Deus G. Micro-computed tomography shaping ability assessment of the new blue thermal treated Reciproc instrument. *J Endod* 2018; 44: 1146-1150.
- 15) Hinata G, Shigetani Y, Yoshida K, Okiji T. Shaping ability of reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. *Jpn J Conserv Dent* 2012; 55: 381-388. (in Japanese)
- 16) Arai K, Matsuda K, Yamada R, Kitajima K, Kitano Y, Asahina T, Igarashi M. Comparison of multi- and single-file system of Ni-Ti rotary file on shaping ability. *Jpn J Conserv Dent* 2018; 61: 40-47. (in Japanese)
- 17) Eldeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation of severely curved canals. *Int Endod J* 1985; 18: 1-7.
- 18) Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2000; 33: 297-310.
- 19) Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995; 21: 173-176.
- 20) Maki K, Ebihara A, Nakatsukasa T, Kimura S, Okiji T. A comparative evaluation of the shaping ability of different nickel-titanium rotary root canal preparation techniques performed by undergraduate students. *J Jpn Dent Assoc* 2019; 40: 179-185. (in Japanese)
- 21) Al-Hadlaq SMS, Aljarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2010; 36: 305-307.
- 22) Cheung GSP. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endod Topics* 2007; 16: 1-26.
- 23) Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J*

- Endod 1985; 11: 203-211.
- 24) De-Deus G, Brandão MC, Barino B, Di Giorgi K, Fidel RA, Luna AS. Assessment of apically extruded debris produced by the single-file ProTaper F2 technique under reciprocating movement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 3: 390-394.
- 25) Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2013; 39: 258-261.
- 26) Patino PV, Biedma BM, Liebana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod* 2005; 31: 114-116.
- 27) Dhingra A. Glide path in endodontics. *Endodontology* 2014; 26: 217-222.
- 28) Cassim I, Van der Vyver PJ. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. *South African Dent J* 2013; 68: 324-327.
- 29) Keskin C, Saryılmaz E, Demiral M. Shaping ability of Reciproc Blue reciprocating instruments with or without glide path in simulated S-shaped root canals. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2018; 12: 63-67.
- 30) Berutti E, Cantatore G, Castellucci A. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod* 2009; 35: 408-412.
- 31) Adams N, Tomson PL. Access cavity preparation. *Br Dent J* 2014; 216: 333-339.

各種レシプロックファイルを用いた湾曲根管拡大形成時の根管壁偏位 および作業時間に及ぼす影響

関谷美貴 前田宗宏
西田太郎 五十嵐勝

日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座

抄録

目的：Reciproc (VDW, Germany, 以下, RC) は高い根管追従性を有し, 反復回転運動により破折抵抗性が向上することから, 1本のファイルのみで根管形成が完了できるニッケルチタン製ロータリーファイルである。本研究は, RC と, 柔軟性が向上した Reciproc Blue (RC Blue) について, グライドパス形成用 Reciproc ファイルである R-PILOT (RP) の併用が湾曲根管の拡大形成時の根管壁偏位および作業時間に及ぼす影響を比較検討した。

材料と方法：J字型透明湾曲根管模型ブロックの湾曲面を画像ファイルとしてスキャナー (GT-X970, EPSON) で撮影した後, すべての根管に対して #10 Stainless Steel K-file (MANI, 以下, KF) で穿通を確認した。根管模型をランダムに5群：A群 (#15 KF→#25 KF), B群 (RP→R25 RC), C群 (#15 KF→R25 RC), D群 (RP→R25 RC Blue), E群 (#15 KF→R25 RC Blue) に分け, 各25サイズまで拡大形成を行った (各群 n=6)。拡大形成後, 根管模型を再度スキャナーで撮影し, 画像処理ソフト (Photoshop CS6, Adobe Systems, USA) を用いて根管形成前の画像と重ね合わせた。計測箇所は根尖から 1 mm・2 mm・3 mm・4 mm とし, 内湾側・外湾側それぞれの根管壁偏位量 (拡大形成前後の根管壁の距離) を計測した。また, 各群・各ファイルの作業時間を計測した。計測結果は, 統計処理ソフト (SPSS Statistics version 25, IBM Japan) を用いて統計学的分析を行った。

成績：A群は, 根尖から 1 mm の位置における外湾側で他群より根管壁偏位量が大きかった。B群とC群, およびD群とE群を比較して, グライドパス形成に RP を用いた群は, 根尖から 1, 2 mm の位置における内湾側で, #15 KF を用いた群より根管壁偏位量が小さかった。また, B群とD群, およびC群とE群を比較して, RC Blue を用いた群は RC 群より内湾側の根管壁偏位量が小さく, かつ内湾側と外湾側をほぼ均等に切削していた。全体の作業時間は, A>E>C>B>D の順に長い時間を要し, 手用ファイル群よりも Reciproc ファイルを使用した群で拡大形成時間が大幅に短縮された。B~E群において, グライドパス形成に要した時間は #15 KF>RP であり, グライドパス形成後に Reciproc ファイルを使用した時間は RC>RC Blue であった。

結論：RP と RC Blue の組合せは, 元の根管の湾曲を維持し, 作業時間を短縮した。

キーワード：ニッケルチタン製ロータリーファイル, 往復回転シングルファイルシステム, Reciproc, 根管偏位, 作業時間

責任著者連絡先：関谷美貴

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

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

受付：2020年7月6日/受理：2020年9月8日

ポリエチレングリコール鎖を有する機能性モノマー配合接着材の 象牙質接着性と弾性率

英 將 生 木 村 紗 央 里
大 川 一 佳 山 本 雄 嗣

鶴見大学歯学部保存修復学講座

抄録

緒言：ポリエチレングリコール鎖（PEG 鎖）を有する機能性モノマー配合1ステップセルフエッチングシステムの象牙質接着性を検討するとともに、接着強さに影響を及ぼす接着材層の弾性率について検討した。

材料と方法：ヒト抜去大白歯の象牙質露出面を耐水研磨紙 #600 で研削し、被着面とした。作製した被着面を、PEG 鎖を有する機能性モノマー配合1ステップセルフエッチングシステム：CFA-2.0（CFA）およびアイゴスボンド（iGOS）、1ステップセルフエッチングシステム：クリアフィルトライエスボンド ND クイック（NDQ）、2ステップセルフエッチングシステム：クリアフィルムメガボンド（MB）で接着処理し、コンポジットレジンで築盛した。試料を 37°C 水中に 24 時間浸漬後、試片を作製して万能試験機にて微小引張り接着試験を行った。また、耐水研磨紙 #600 で研削した象牙質面に 4 種類の接着システムをそれぞれ被着面に塗布した後、光照射し、この接着操作を接着材ごとに 5 回繰り返した。試料を 37°C 水中に 24 時間浸漬後、接着材表面をエタノールで清拭し、超微小押し込み硬さ試験機で接着材の弾性率を測定した。その他、各接着材の歯質脱灰性能を知るために象牙質接着処理面の SEM 観察、接着界面の状態を観察するために TEM 観察を行った。

結果：各接着材の微小引張り接着強さの平均値は、23.1~61.7 MPa であった。CFA の接着強さは iGOS より有意に高く、NDQ とは同等であった。MB と比較すると有意に低い値であった。各接着材の弾性率の平均値は、2.83~5.67 GPa であった。CFA の弾性率は、iGOS および NDQ より有意に高く、MB との間には有意差がなかった。象牙質接着処理面の SEM 観察では CFA の処理面から一部の象牙細管のみが開口する軽度な脱灰が観察された。接着界面の TEM 観察では、CFA の接着材層にはフィラーが観察され、iGOS の接着材層には観察されなかった。

結論：PEG 鎖を有する機能性モノマー配合1ステップセルフエッチングシステムの象牙質接着性は、MDP 配合1ステップセルフエッチングシステムに匹敵する接着性能を有し、接着材の接着強さと弾性率の間には正の相関が認められた。

キーワード：機能性モノマー、接着強さ、機械的性質、象牙質、弾性率

責任著者連絡先：英 將生

〒230-8501 横浜市鶴見区鶴見 2-1-3 鶴見大学歯学部保存修復学講座

TEL : 045-581-1001, FAX : 045-573-9599, E-mail : hanabusa-m@tsurumi-u.ac.jp

受付 : 2020 年 7 月 14 日 / 受理 : 2020 年 9 月 10 日

DOI : 10.11471/shikahozon.63.414

緒言

近年、コンポジットレジン修復での接着処理には、接着操作の簡便性から1ステップセルフエッチングシステムが多用されている。1ステップセルフエッチングシステムは、従来のエッチング、プライミングおよびボンディングの接着にかかわるすべての成分を1ボトルに配合している¹⁻³⁾。コンポジットレジンに歯質に接着させるため、主な成分として機能性モノマー、親水性モノマーおよび疎水性モノマーなどが配合されており、この機能性モノマーが歯質脱灰を示すには水が必要であり、成分を混合、均一にするために、エタノール、アセトンなどの溶媒が配合されている。1ステップセルフエッチングシステムは、初期に開発された当初の製品から改良が重ねられ、現在では良好な接着を示す製品が市販されている⁴⁻⁶⁾。しかしながら、この1ステップセルフエッチングシステムの接着は、接着強さあるいは接着耐久性などにおいて2ステップセルフエッチングシステムには及んでいない^{7,8)}。この原因の一つには、1ステップセルフエッチングシステムに配合されている水や溶媒の影響が考えられてきた⁹⁻¹¹⁾。良好な接着を示すには、接着材が歯質に浸透拡散し質の良い樹脂含浸層を形成することが重要であるが、それとともに堅固な接着材層が形成されなければならない。1ステップセルフエッチングシステムの水や溶媒は、歯質脱灰時に役割を果たすが、堅固な接着材層の形成には不要となる。そのため、エアブローにより可及的に水分や溶媒を接着界面から除去するが、この水や溶媒の残存は、接着材層内部に気泡として残留する、あるいは接着材の重合を阻害するなどによって接着材層の機械的性質の低下を招き、接着強さならびに接着耐久性に影響を及ぼす^{12,13)}。このようなことから、いまだ1ステップセルフエッチングシステムの接着に対する懸念は完全に払拭できていないと考えられる。

現在、優れた機能性モノマーとしてMDPが多くの接着材に配合されており、MDPを配合した接着材は良好な接着強さと接着耐久性を備えていることが示されている^{14,15)}。近年、MDPと同様、極性基にリン酸基を有し、スパーサー部にはポリエチレングリコール鎖を有する機能性モノマーMTEP (M-TEG-P)が開発された (Fig. 1)。この機能性モノマーは、親水性が強く、接着材の吸水が高いことが報告されている¹⁶⁾。この機能性モノマーを配合した接着材の歯質に対する接着強さ、また、接着材層に残存する水分、溶媒量や外部からの吸水量は不明であり、これらが潜在した接着材層の機械的性質が接着強さに与える影響はいまだ検討されていない。

そこで本研究では、ポリエチレングリコール鎖を有す

る機能性モノマー配合1ステップセルフエッチングシステムの歯質接着性能を検討するとともに、接着強さに影響を及ぼす接着材層の弾性率との関係について検討した。

材料および方法

1. 接着システム

使用した歯質接着システムは、MTEP (Fig. 1-a)としてヤマキンで合成されたM-TEG-Pを配合した試作1ステップセルフエッチングシステムのCFA-2.0 (CFA, ヤマキン) およびアイゴスボンド (iGOS, ヤマキン)、1ステップセルフエッチングシステムのクリアフィルトライエスボンドNDクイック (NDQ, クラレノリタケデンタル)、および、2ステップセルフエッチングシステムのクリアフィルムガボンド (MB, クラレノリタケデンタル)の4製品である (Table 1)。コンポジットレジンには、アイゴスフロー A3 (ヤマキン) を使用した。

2. 微小引張り接着試験

本研究は、鶴見大学倫理審査委員会の承認を得て実施した (倫理審査委員会承認番号: No 1306)。抜去後ただちに4°C水中保管した20本のヒト抜去大白歯を使用し、無作為に4グループに分けた。歯冠中央部を歯軸に対し垂直方向にマイクロカッターMC-201 (マルトー) で切断後、象牙質露出面を耐水研磨紙 #600で研削し被着面とした。作製した象牙質被着面に、各接着システムCFA, iGOS, NDQおよびMBをメーカー指示どおりに使用し接着処理を行った。接着材の光照射にはOptilux 501 (Kerr) を使用した。接着材の光照射後、コンポジットレジンに築盛し光照射した。試料を24時間37°C水中に浸漬後、接着界面と垂直に1.0×1.0 mmとなるようにマイクロカッターで短冊状に切断し、1歯から9試片を作製して各接着材の接着試験の試片 (n=45) とした。その後、万能試験機 Type 4443 (インストロン) を使用し、クロスヘッドスピード 1.0 mm/minにて微小引張り接着試験を行った。得られた結果は、一元配置分散分析後、Tukeyの多重比較 ($\alpha=0.05$) で統計処理した。また、微小引張り接着試験後の破断面をSEM観察し、象牙質の凝集破壊、界面破壊、コンポジットレジンの凝集破壊および混合破壊に破壊様式を分類した。

3. 接着材の弾性率測定

実験には4本のヒト抜去大白歯を使用した。歯冠中央付近を歯軸に対し垂直方向にマイクロカッターMC-201で切断し、厚さ2 mmのディスク状試片を採取後、歯頂側の象牙質露出面を耐水研磨紙 #600で研削し被着面とした。作製した象牙質被着面に4種類の接着システムをメーカー指示どおりに塗布し、指定時間光照射した。測定に十分な厚径を得るため、この接着操作を1ステップ

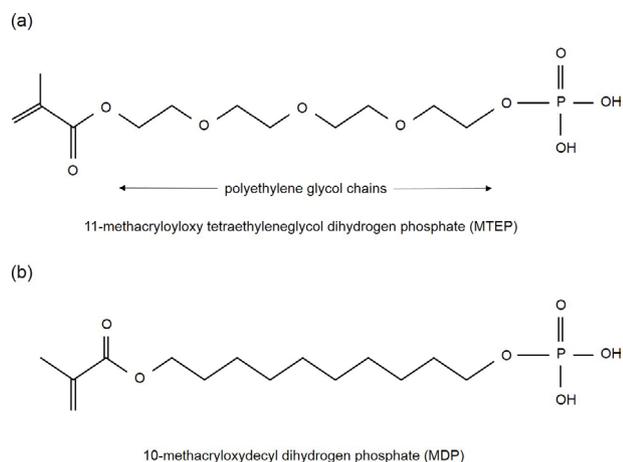


Fig. 1 Molecular structures of (a) 11-methacryloyloxy tetraethyleneglycol dihydrogen phosphate (MTEP) and (b) 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP)

セルフエッチングシステムでは5回繰り返して接着材層を5層とし、2ステップセルフエッチングシステムではボンド塗布操作を5回繰り返して接着材層を5層とした。試料を37°C水中に24時間浸漬後、接着材表面をエタノールで10秒間清拭し、接着材の弾性率測定試料とした。接着材の弾性率測定には、超微小押し込み硬さ試験機ENT-1100a(エリオニクス)を使用し、測定条件は、試験荷重1mN、負荷および除荷速度0.1mN/sec、荷重保持時間1秒、測定点は各接着材1試料からランダムに20点とし、複合弾性率(E_r)を測定した。各接着材の弾性率(E_s)は、以下の式から算出した。

$$\frac{1}{E_r} = \frac{(1-\nu_i^2)}{E_i} + \frac{(1-\nu_s^2)}{E_s}$$

E_i : ダイヤモンド圧子の弾性率 (1,141 GPa)

ν_s : 試料のポアソン比 (0.56, Drummondら¹⁷⁾)

ν_i : 圧子のポアソン比 (0.07)

得られた結果は、一元配置分散分析後、Tukeyの多重比較($\alpha=0.05$)で統計処理した。

また、微小引張り接着強さと接着材の弾性率間の回帰分析を行った。

Table 1 Compositions and application procedures for the adhesives tested

Adhesive (classification, code)	Lot No	Manufacturer	Composition	Application procedure
CFA-2.0 (one-step, CFA)	01081618	YAMAKIN, Osaka, Japan	MTEP, 4-MET, HEMA, Bis-GMA, 3 G, CQ, Ethanol, Water, Initiators, Thixotropic thickener, Others	Apply adhesive for 20 s Gently air blow Light cure for 10 s
iGOS BOND (one-step, iGOS)	01021617	YAMAKIN, Osaka, Japan	MTEP, 4-MET, HEMA, Bis-GMA, 3 G, CQ, Ethanol, Water, Initiators, Others	Apply adhesive for 10 s Dry with mild pressure Air blow for 5 s Light cure for 10 s
CLEARFIL S ³ BOND ND Quick (one-step, NDQ)	BM0006	Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japan	MDP, HEMA, Bis-GMA, Hydrophilic aliphatic dimethacrylate, Hydrophobic aliphatic methacrylate, Colloidal silica, Sodium fluoride, CQ, Accelerators, Initiators, Ethanol, Water, Others	Apply adhesive and immediately dry with mild pressure air blow for 5 s Light cure for 10 s
CLEARFIL MEGABOND (two-step, MB)	Primer 6J0154 Bond 6J0247	Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japan	Primer MDP, HEMA, Hydrophilic aliphatic dimethacrylate, CQ, Water, Accelerators, Dyes, Others Bond MDP, HEMA, Bis-GMA, Hydrophobic aliphatic dimethacrylate, Colloidal silica, CQ, Initiators, Accelerators, Others	Apply primer for 20 s Gently air blow Apply bonding agent Gently air blow Light cure for 10 s

MTEP: 11-methacryloyloxy tetraethyleneglycol dihydrogen phosphate; 4-MET: 4-methacryloxyethyl trimellitic acid; HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate; Bis-GMA: 2,2-bis [(3-methacryloyloxy-2-hydroxypropoxy) phenyl] propane; 3 G: methacryloyloxytriethyleneglycol; CQ: dl-camphorquinone; MDP: 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate

Table 2 Means (standard deviations) of the micro-tensile bond strengths of adhesives (in MPa)

CFA	iGOS	NDQ	SE
50.3 (16.8) ^a	23.1 (9.7) ^b	45.6 (9.9) ^a	61.7 (12.6) ^c

Values with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

4. 象牙質接着処理面のSEM観察

接着材の弾性率測定のための試料作製方法及と同様に、象牙質露出面を耐水研磨紙 #600 で研削した厚さ 2 mm のディスク状試片を 5 試片作製した。1 試片は、耐水研磨紙 #600 で研削した場合のスミヤーの状態を確認するための試片とした。残りの 4 試片は Table 1 に示す 4 種類の接着材をメーカー指示に従って塗布し、光照射は行わず 99.5% アセトン溶液で十分洗浄し観察面を得た。その後、これら 5 試片をエタノール上昇系列で段階的に脱水、さらに、*t*-ブチルアルコールで置換し凍結乾燥機 ID-2 (Eiko Engineering) で凍結乾燥した。その試片を通常に従い、イオンコーター Quick Coater Type SC-701AT (サンヨー電子) で金蒸着後、走査電子顕微鏡 JSM-5600 (JEOL) にて象牙質表面を観察した。

5. 接着界面のTEM観察

ヒト抜去大白歯を使用し、歯冠中央部を歯軸に対し垂直方向にマイクロカッターで切断後、象牙質露出面を耐水研磨紙 #600 で研削し被着面とした。作製した象牙質被着面に、4 種類の接着材でメーカー指示に従ってそれぞれ接着処理を行った。接着処理後、フロアブルコンポジットレジンのアイゴスフロー (ヤマキン) を築盛りし 20 秒間光照射した。接着界面を含む $0.8 \times 1.0 \times 5.0$ mm の試片を切り出し、2.5% グルタルアルデヒドで 12 時間固定した。カゴジル酸緩衝液で洗浄後、エタノール上昇系列で段階的に脱水、エポキシ樹脂に包埋し、ダイヤモンドナイフおよびウルトラマイクロトーム Ultracut E (Reichert-Jung) を使用して超薄切片を作製した。この超薄切片の接着界面を、透過型電子顕微鏡 JEM-1200EX II (JEOL) にて TEM 観察した。

結 果

1. 微小引張り接着試験

各接着材の微小引張り接着試験の結果を、Table 2 に示す。各接着材の微小引張り接着強さの平均値は、23.1~61.7 MPa であった。CFA の微小引張り接着強さは、既存の 1 ステップセルフエッチングシステムの iGOS と比較して有意に高い値を示し ($p < 0.001$)、NDQ とは有意差がなく同等であった ($p = 0.277$)。2 ステップセル

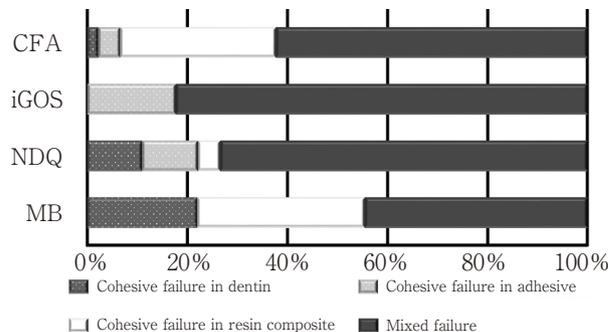


Fig. 2 Relative proportions of failure modes after the micro-tensile bond strength test

フエッチングシステムの MB と比較すると有意に低い値であった ($p < 0.001$).

微小引張り接着試験後の破壊様式の分類結果を、Fig. 2 に示す。今回使用したいずれの接着システムも、混合破壊が最も高い割合で観察された。次いで、CFA および MB ではコンポジットレジンの凝集破壊が、iGOS では接着材の凝集破壊が多く観察された。微小引張り接着試験後の破断面の SEM 写真を、Fig. 3 に示す。混合破壊を示した試料では、象牙質、接着材およびコンポジットレジンにおける各破断部位が確認された。

2. 接着材の弾性率測定

各接着材の弾性率測定結果を Table 3 に示す。各接着材の弾性率の平均値は、2.83~5.67 GPa であった。CFA の弾性率は、既存の 1 ステップセルフエッチングシステムの iGOS および NDQ と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.001$, $p = 0.018$)。また、2 ステップセルフエッチングシステムの MB とは有意差を認めなかった ($p = 0.059$)。

微小引張り接着強さと接着材の弾性率との回帰分析の結果を、Fig. 4 に示す。微小引張り接着強さと接着材の弾性率の間には、強い正の相関が認められた ($r = 0.9899$)。

3. 象牙質接着処理面のSEM観察

耐水研磨紙 #600 で研削した象牙質面と各接着材で処理した後の象牙質面を、Fig. 5 に示す。

Fig. 5-a の SEM 写真から、耐水研磨紙 #600 での研削面はスミヤーに覆われ、象牙細管もスミヤーにより塞がれている様子が観察された。

CFA と NDQ の象牙質接着処理面 (Fig. 5-b, d) では、ほとんどの象牙細管が開口しておらず、一部の象牙細管のみ開口していた。管間象牙質上ではわずかに耐水研磨紙 #600 の研削痕が確認され、細かな堆積物が観察された。

iGOS での象牙質接着処理面 (Fig. 5-c) では、ほぼす

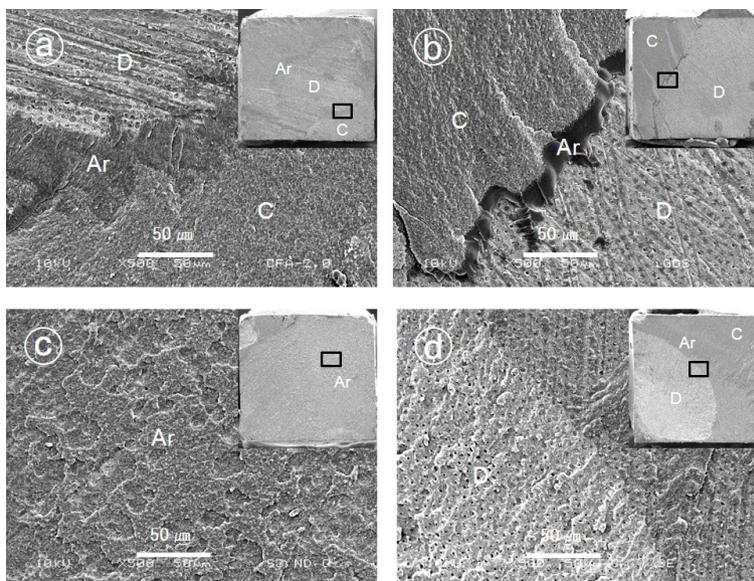


Fig. 3 Representative SEM of failed specimens used for failure analysis

(a) Mixed failure of CFA (dentin side); the specimen failed mainly within the dentin and resin composite, with involvement of the adhesive-dentin and adhesive-composite interface and adhesive. (b) Mixed failure of iGOS (dentin side); the specimen failed mainly within the dentin and resin composite, with involvement of the adhesive-dentin and adhesive-composite interface and adhesive. (c) Cohesive failure in the adhesive of NDQ (dentin side). (d) Mixed failure of MB (dentin side); the specimen failed mainly within the dentin and resin composite, with involvement of the adhesive-dentin and adhesive-composite interface and adhesive. Ar : adhesive resin, C : composite, D : dentin.

Table 3 Means (standard deviations) of the elastic modulus of adhesives (in GPa)

CFA	iGOS	NDQ	SE
5.02 (0.40) ^a	2.83 (1.36) ^b	4.25 (0.32) ^c	5.67 (0.67) ^a

Values with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

すべての象牙細管が開口していなかった。管間象牙質上は堆積物で覆われている像が観察された。

MBでの象牙質接着処理面 (Fig. 5-e) では、ほとんどの象牙細管が開口しているが、一部の象牙細管内部は封鎖されているような像が観察された。管間象牙質上では堆積物は観察されず、耐水研磨紙 #600 での研削痕とともに象牙質表層に一部コラーゲンの露出が観察された。

4. 接着界面の TEM 観察

各接着材の象牙質接着界面の TEM 写真を、Fig. 6, 7 に示す。CFA で接着処理された象牙質接着界面では緊密な接着界面像が示され、比較的薄い樹脂含浸層が観察された (Fig. 6-a, 7-a)。また接着材層にはフィラーが散在している様子が確認され、象牙質表層にはハイドロキ

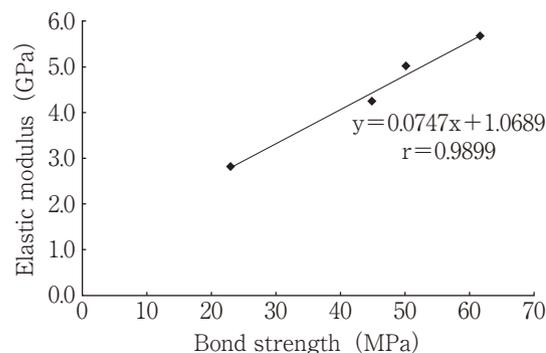


Fig. 4 Regression analysis between bond strength and elastic modulus, demonstrating a linear positive correlation with $r = 0.9899$

シアパタイトの結晶が観察された。iGOS で接着処理された象牙質接着界面でも緊密な接着界面を示す像が観察され、CFA と同程度の厚みの比較的薄い樹脂含浸層が観察された (Fig. 6-b, 7-b)。CFA 同様に、象牙質表層にはハイドロキシアパタイトの結晶が観察されたものの接着材層にフィラーの存在は確認されず、一様な接着材

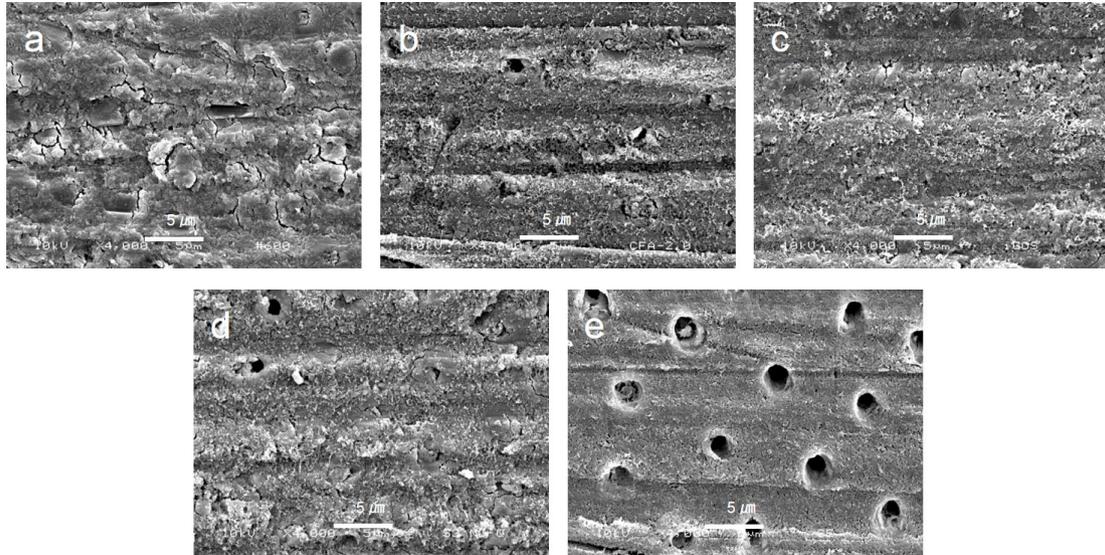


Fig. 5 SEM images of primer/adhesive-treated dentin specimens

(a) Dentin surface ground with 600 grit SiC paper; the surface is covered with the smear layer and plugs. (b) Dentin surface treated with CFA; the deposits supposed to be the smear partially remain on the intertubular dentin and in the dentinal tubules. (c) Dentin surface treated with iGOS; the deposits remain on the intertubular dentin and in the dentinal tubules. (d) Dentin surface treated with NDQ; the deposits partially remain on the intertubular dentin and in the dentinal tubules. (e) Dentin surface treated with the primer of MB; the smear layer and plugs have been dissolved, and the intact dentin surface underneath the smear layer has been slightly demineralized to the extent that collagen fibrils can be identified.

層が観察された。NDQで接着処理された象牙質接着界面では、CFAと同様に緊密な接着界面像が示され、同程度の比較的薄い樹脂含浸層が観察された (Fig. 6-c, 7-c)。接着材層にはフィラーが散在している様子が確認され、象牙質表層にはハイドロキシアパタイトの結晶が観察された。MBで接着処理された象牙質接着界面では緊密な接着界面を示す像が観察されたが、ほかの1ステップセルフエッチングシステムよりやや幅の広い樹脂含浸層が観察された (Fig. 6-d, 7-d)。接着材層にはフィラーの散在が確認され、樹脂含浸層の象牙質側から接着材側に移行的にアパタイトが散在する様子が観察された。

考 察

最近の研究から、1ステップセルフエッチングシステムは臨床においても良好な歯質接着性を示すことが示唆されている⁴⁻⁶⁾。本研究では、ポリエチレングリコール鎖を有する機能性モノマーの歯質接着性能を微小引張り接着試験から検討するとともに、接着強さに影響を及ぼす接着材層の機械的物性を測定し、その相関について検討した。接着界面の接合状態に関しては電子顕微鏡にて観察した。

今回MTEP配合の1ステップセルフエッチングシステムCFAとiGOSの2種類の接着材を使用し、機能性モノマーMTEPの歯質接着性能を検討した。CFAとiGOSはおおよその配合成分は同じであるが、フィラー配合の有無が大きな相違点である (Table 1)。接着界面のTEM観察から、CFAの接着材層にはフィラーが散在している様子 (Fig. 6-a) が観察され、iGOSの接着材層にはフィラーが存在していない様子 (Fig. 6-b) が確認できる。このCFAとiGOSを供試することにより、接着材層の機械的性質が接着強さに及ぼす影響を検討できると考えた。また、構成成分は異なるものの代表的なMDP配合の1ステップセルフエッチングシステムNDQおよび2ステップセルフエッチングシステムMBと比較することにより、機能性モノマーMTEPの歯質接着性能を検討することとした。

CFAの微小引張り接着強さはiGOSと比較して有意に高い値を示し、NDQとは有意差を認めず、2ステップセルフエッチングシステムのMBと比較した場合には有意に低い値であった。一方、iGOSの微小引張り接着強さは、試験したほかのすべての接着システムより有意に低い値であった。iGOSは、微小引張り接着試験後の破壊様式の種類結果から、ほかの接着システムと比較して接着

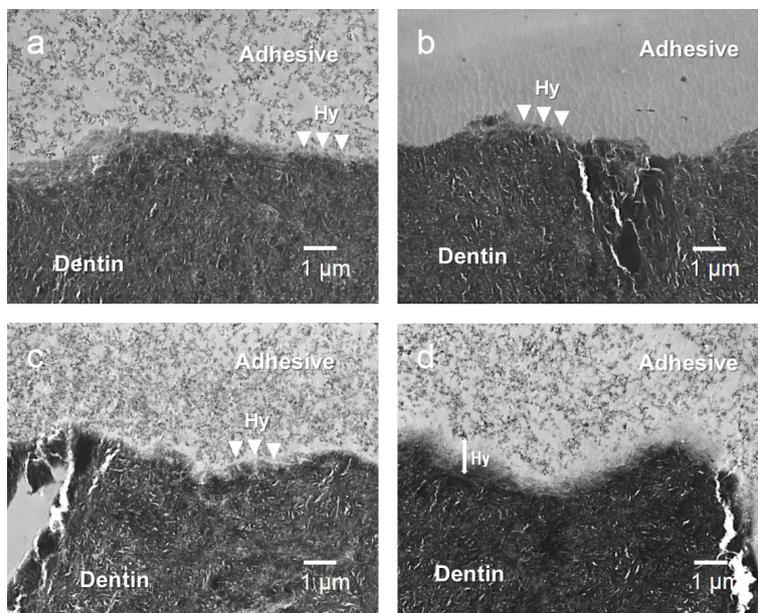


Fig. 6 Representative TEM photomicrographs of one-step and two-step self-etch adhesives bonded to dentin specimens (Original magnification : $\times 6,000$)

(a) Image of the CFA adhesive interface. A relatively thin hybrid layer was formed without clear surface demineralization. Filler particles are observed scattered throughout the adhesive layer. (b) Image of the iGOS adhesive interface. A relatively thin hybrid layer was formed without clear surface demineralization. Filler particles are not observed in the adhesive layer. (c) Image of the NDQ adhesive interface. A relatively thin hybrid layer was formed without clear surface demineralization. Filler particles are observed scattered throughout the adhesive layer. (d) Image of the MB adhesive interface. A hybrid layer was formed with surface demineralization. Hy : hybrid layer.

材での凝集破壊が多くみられた。この結果は、iGOSの接着材層の機械的性質が劣ることを示すと考えられる。その他の接着システムの破壊様式では、象牙質あるいはコンポジットレジン凝集破壊、また混合破壊が大半を占めることから、iGOSと比較して接着材層の機械的性質が優れていると考えられた。また、2ステップセルフエッチングシステムのMBで接着材層の凝集破壊が観察されなかった一方で、CFA、iGOSおよびNDQの1ステップセルフエッチングシステムで凝集破壊が確認された結果より、フィラー配合による接着材層への効果だけでなく、1ステップセルフエッチングシステムで懸念される水や溶媒の残存による接着材層の機械的性質の低下が考えられた¹⁸⁾。

接着材の弾性率測定結果では、CFAとMB間には有意差が認められなかった。この結果は、親水性成分と疎水性成分を分けたボトルで配合できる2ステップ接着システムと同等の接着材層の弾性率を1ステップセルフエッチングシステムで獲得できたことを示すと考えられた。破壊様式では接着材層での凝集破壊がわずかであることから、2ステップセルフエッチングシステムの接

着材層に迫る優れた弾性率が推測された。一方、iGOSの弾性率は、試験したほかのすべての接着システムより有意に低い値であった。これは前述のように、フィラー未配合と水や溶媒の残存が原因として考えられた。

本研究では、接着材の接着強さに影響を及ぼすと考えられている接着材層の弾性率を測定し、接着強さと接着材層の弾性率の相関を検討した。各接着システムの微小引張り接着強さと接着材層の弾性率の結果から、接着強さと接着材層の弾性率との間には強い正の相関があることが認められた。これまでに、フィラーを配合すると接着材の機械的特性が向上すること¹⁹⁻²¹⁾や、接着材の機械的性質が接着強さを補強できること^{22,23)}などが報告されており、接着材の機械的性質は接着強さに影響を及ぼすと考えられている²⁴⁾。したがって、接着材層の機械的性質向上を図ることは、良好な接着性能を実現するための重要な要因であることが考えられた。

象牙質接着処理面のSEM観察から、CFAおよびiGOSの接着処理面は1ステップセルフエッチングシステムのNDQとほぼ同様の様相を呈し、象牙細管の大半は封鎖され、管間象牙質上には細かな堆積物が観察された。こ

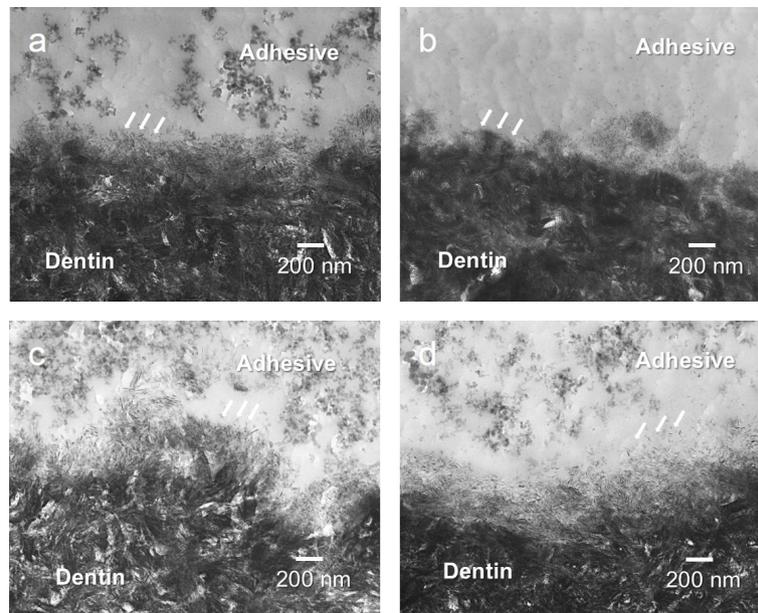


Fig. 7 Representative TEM photomicrographs of one-step and two-step self-etch adhesives bonded to dentin specimens (Original magnification : $\times 25,000$)

(a) Image of the CFA adhesive interface. Hydroxyapatite crystals can be seen throughout the thin hybrid layer. (b) Image of the iGOS adhesive interface. Hydroxyapatite crystals can be seen throughout the thin hybrid layer. (c) Image of the NDQ adhesive interface. Hydroxyapatite crystals can be seen throughout the thin hybrid layer. (d) Image of the MB adhesive interface. Hydroxyapatite crystals can be observed throughout the hybrid layer. White arrow : hydroxyapatite crystals.

の堆積物はスミヤーの一部ではないかと考えられた。2ステップセルフエッチングシステムのMBの接着処理面では、象牙細管のほとんどが開口しており、管間象牙質上での堆積物は少なく、象牙質表層に一部コラーゲンの露出が観察された。これは、CFAおよびiGOSの歯質脱灰力が今回試験した既存の1ステップセルフエッチングシステムとはほぼ同等で、2ステップセルフエッチングシステムよりは弱いことを示している。

接着界面のTEM観察から、CFAおよびiGOSの接着界面では象牙質表層が脱灰され、薄い樹脂含浸層内にハイドロキシアパタイトの結晶が残存している様子が観察された。CFAとiGOSを比較すると、前述のようにCFAの接着材層にはフィラーが散在している様子 (Fig. 6-a) が観察され、iGOSの接着材層にはフィラーが存在していない様子 (Fig. 6-b) が確認できる。Table 1に示したCFAとiGOSの構成成分の相違の一つを、これらのTEM写真から確認することができた。これらのTEM写真は、CFAがiGOSと比較して有意に高い弾性率を示した結果と一致する。フィラーを配合する接着材層の弾性率は高くなることが示された。

また、CFAとiGOSでは、比較的薄い樹脂含浸層を形成し、同じ1ステップセルフエッチングシステムのNDQ

の樹脂含浸層とほぼ同程度の厚みであった。一方、2ステップ接着システムのMBでは、CFAとiGOSの樹脂含浸層と比較して厚い樹脂含浸層を形成していた。この樹脂含浸層の厚みに関しては、象牙質接着処理面のSEM観察から得られた歯質脱灰力の結果と一致していた。

機能性モノマーMTEPは、象牙質およびコンポジットレジンの両方に対し接着性を向上させるため、スペーサー部をポリエチレングリコール鎖として設計・開発された^{25,26)}。しかしながら、スペーサー部が疎水性のMDPと比べてこの部分の親水性が強いため、水の影響を受けて良好な接着材層を形成できず、機械的性質に影響を及ぼすことが懸念されていた¹⁶⁾。今回、このMTEP配合1ステップセルフエッチングシステムCFAが、微小引張り接着試験でMDP配合1ステップセルフエッチングシステムのNDQと接着強さに有意差がなかったことは、MTEPが象牙質およびコンポジットレジンに対する接着と接着材層の機械的性質においてMDPと同等に働いたと考えられた。この接着材層の機械的性質に関しては、弾性率測定で有意に高い結果を示したことからも同等以上に働いたことが推測された。また、象牙質接着処理面のSEM観察および接着界面のTEM観察の結果では、NDQと同様の処理面および接着界面の様相を呈し

ていたことから、MTEPの特徴であるポリエチレングリコール鎖の親水性は、象牙質に対しMDPと同等に脱灰・浸透し、懸念された接着材層の機械的性質への影響はほとんどなかったことが考えられた。しかし、歯質接着材料の親水性は長期の接着耐久性に影響を及ぼすことが考えられるため、今後の検討を考慮せねばならないと思われる。

今回の結果から、良好な接着に必要とされる脱灰・浸透・硬化についてこの1ステップセルフエッチングシステムを検討した場合、機能性モノマー MTEP 配合1ステップセルフエッチングシステムは、歯質脱灰力がMDP配合1ステップセルフエッチングシステムとほぼ同等であり、歯質浸透性も樹脂含浸層の厚み等から同程度と考えられた。また、接着強さが低下しなかったことから、フィラーの存在はモノマーの歯質浸透性を妨げないといえるかもしれない。接着材の硬化については、接着材層の弾性率等の結果から、2ステップセルフエッチングシステムに匹敵する硬化が推測され、フィラーの存在はその機械的性質を向上させていた。今後、長期接着耐久性などを含めたさらなる検討が必要である。

結 論

ポリエチレングリコール鎖を有する機能性モノマー配合1ステップセルフエッチングシステムの象牙質接着性を検討するとともに、接着強さに影響を及ぼす接着材層の弾性率との関係について検討し、以下の結論を得た。

1. ポリエチレングリコール鎖を有する機能性モノマー配合1ステップセルフエッチングシステムは、MDP配合1ステップセルフエッチングシステムと同等の接着強さを示した。

2. 微小引張り接着強さと接着材の弾性率との間には相関が認められ、接着材層の弾性率は、歯質接着強さに影響を及ぼすことが示唆された。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003 ; 28: 647-660.
- 2) Dunn JR. iBond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24: 14-18.
- 3) Frankenberger R, Pashley DH, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials* 2005; 26: 2043-2052.
- 4) Kuno Y, Hosaka K, Nakajima M, Ikeda M, Klein Junior CA, Foxton RM, Tagami J. Incorporation of a hydrophilic amide monomer into a one-step self-etch adhesive to increase dentin bond strength: Effect of application time. *Dent Mater J* 2019; 38: 892-899.
- 5) Hanabusa M, Kimura S, Hori A, Yamamoto T. Effect of irradiation source on the dentin bond strength of a one-bottle universal adhesive containing an amide monomer. *J Adhes Sci Technol* 2019; 33: 2265-2280.
- 6) Peumans M, Wouters L, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt K. Nine-year clinical performance of a HEMA-free one-step self-etch adhesive in noncarious cervical lesions. *J Adhes Dent* 2018; 20: 195-203.
- 7) Ahmed MH, Yoshihara K, Mercelis B, Van Landuyt K, Peumans M, Van Meerbeek B. Quick bonding using a universal adhesive. *Clin Oral Investig* 2020; 24: 2837-2851.
- 8) Takamizawa T, Barkmeier WW, Sai K, Tsujimoto A, Imai A, Erickson RL, Latta MA, Miyazaki M. Influence of different smear layers on bond durability of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2018; 34: 246-259.
- 9) Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, Inoue S, Peumans M, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 2005; 84: 183-188.
- 10) Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Origin of interfacial droplets with one-step adhesives. *J Dent Res* 2007; 86: 739-744.
- 11) Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater* 2008; 24: 1412-1419.
- 12) Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Calvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002; 30: 371-382.
- 13) Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent* 2004; 17: 315-322.
- 14) Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, Inoue S, Tagawa Y, Suzuki K, De Munck J, Van Meerbeek B. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004; 83: 454-458.
- 15) Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, Sano H, Van Meerbeek B. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent*

- Res 2005; 84: 1160-1164.
- 16) Feitosa VP, Sauro S, Ogliari FA, Stansbury JW, Carpenter GH, Watson TF, Sinhoreti MA, Correr AB. The role of spacer carbon chain in acidic functional monomers on the physicochemical properties of self-etch dental adhesives. *J Dent* 2014; 42: 565-574.
 - 17) Drummond JL. Nanoindentation of dental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 78: 27-34.
 - 18) Hosaka K, Nakajima M, Takahashi M, Itoh S, Ikeda M, Tagami J, Pashley DH. Relationship between mechanical properties of one-step self-etch adhesives and water sorption. *Dent Mater* 2010; 26: 360-367.
 - 19) Mortazavi V, Fathi M, Ataei E, Khodaeian N, Askari N. Shear bond strengths and morphological evaluation of filled and unfilled adhesive interfaces to enamel and dentine. *Int J Dent* 2012; 2012: 1-9.
 - 20) Tani C, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. Effect of filler content on bonding efficacy of 4-META MMA/TBB bonding agent. *Dent Mater J* 1994; 13: 131-137.
 - 21) Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Onose H, Moore BK. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent Mater* 1995; 11: 234-238.
 - 22) Takahashi A, Sato Y, Uno S, Pereira PN, Sano H. Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dent Mater* 2002; 18: 263-268.
 - 23) Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Effect of fracture strength of primer-adhesive mixture on bonding effectiveness. *Dent Mater* 2005; 21: 413-420.
 - 24) Tagami J, Nikaïdo T, Nakajima M, Shimada Y. Relationship between bond strength tests and other in vitro phenomena. *Dent Mater* 2010; 26: e94-e99.
 - 25) Feitosa VP, Ogliari FA, Van Meerbeek B, Watson TF, Yoshihara K, Ogliari AO, Sinhoreti MA, Correr AB, Cama G, Sauro S. Can the hydrophilicity of functional monomers affect chemical interaction? *J Dent Res* 2014; 93: 201-206.
 - 26) Ogliari FA, da Silva Ede O, Lima Gda S, Madruga FC, Henn S, Bueno M, Ceschi MA, Petzhold CL, Piva E. Synthesis of phosphate monomers and bonding to dentin: esterification methods and use of phosphorus pentoxide. *J Dent* 2008; 36: 171-177.

Dentin Adhesion and Elastic Modulus of Adhesives Containing a Functional Monomer Having Polyethylene Glycol Chains

HANABUSA Masao, KIMURA Saori,
OKAWA Kazuyoshi and YAMAMOTO Takatsugu

Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the dentin bond strength and elastic modulus of adhesives having polyethylene glycol chains.

Methods: Flat dentin surfaces were made in non-carious extracted human molars using a diamond saw and 600-grit SiC paper. The surfaces were treated with one of the three one-bottle self-etch adhesives: CFA-2.0 (CFA), iGOS BOND (iGOS), and CLEARFIL S³ BOND ND Quick (NDQ), or a two-step self-etch adhesive; CLEARFIL MEGABOND (MB). The adhesives were applied to the surfaces, and a resin composite was incrementally built on the adhesive. Following 37°C water immersion for 24 h, the specimens were sectioned and subjected to micro-tensile bond strength tests. Four extracted human molars were used to evaluate the elastic moduli of the adhesives. Two mm-thick discs of the coronal dentin were cut and smoothed with 600-grit SiC paper. The four adhesives were applied to the surfaces, then five replicate applications of each adhesive were performed, with irradiation after each application. After 24 h storage in 37°C distilled water, the surfaces of the adhesive layers were assessed using a nanoindenter to determine the elastic modulus. In addition, the primer/adhesive-treated dentin was observed by SEM and the resin-dentin interface was ultra-morphologically characterized by TEM.

Results: The bond strength of CFA was significantly higher than that of the iGOS and lower than that of MB. There was no significant difference between CFA and NDQ. The elastic modulus of CFA was significantly greater than those of iGOS and NDQ. There was no significant difference between the moduli of CFA and MB. SEM observations of the primer/adhesive-treated dentin confirmed that CFA partially demineralized the dentin surface. TEM revealed that a relatively thin hybrid layer was formed without noticeable demineralization and filler particles were dispersed in the adhesive layer of CFA.

Conclusion: The bond strength of the adhesive CFA containing a functional monomer having polyethylene glycol chains was equivalent to that of the existing one-step adhesive NDQ containing functional monomer MDP. The bond strength and the elastic modulus were linearly correlated with a high correlation coefficient (0.9899).

Key words: functional monomer, bond strength, mechanical property, dentin, elastic modulus

pH 調整による EDTA 溶液の根管象牙質に及ぼす影響

藤 卷 龍 治 鈴 木 二 郎 石 井 信 之

神奈川県立歯科大学大学院歯学研究科 口腔統合医療学講座 歯髄生物学分野

抄録

目的：本研究は、pH 12.2 に調整した 3%EDTA（以降 pH 12.2 EDTA）溶液の根管洗浄剤としての臨床応用を目的として、ヒト抜去歯根管象牙質に対する象牙質脱灰能とスミヤー層除去効果について解析した。

方法：pH 12.2 EDTA 溶液の無機質溶解作用は、ヒト単根抜去歯 10 本を使用して解析した。pH 9.0 の 3% EDTA 溶液（スメアクリーン）を対照群として比較した。試料は歯根を垂直切断後、象牙質断面にスミヤー層を実験的に誘導した。象牙質脱灰能の解析には、pH 12.2 EDTA 溶液を試料に対して 1~60 分間経時的に作用させ、所定時間経過後の根管象牙質表面硬さについて、超微小押込み硬さ試験機にて、押込み硬さ（HIT）、押込み弾性率（EIT）を測定した。スミヤー層除去効果は、pH 12.2 EDTA 溶液を経時的に作用後、根管象牙質表面を SEM にて観察し、スミヤー層残存状態を Hülsmann の方法に従って 5 段階法で判定した。化学的安定性は、pH 12.2 EDTA 溶液を 25°C、40°C 保管群に分類し、6 カ月間保管後に pH 変動および EDTA 含有量の変化を解析した。

結果：象牙質脱灰能を HIT、EIT の測定によって評価した結果、いずれの測定値も作用前と比較して統計学的有意差を認めなかった。pH 12.2 EDTA 溶液による根管洗浄後にスミヤー層の残存は認められず、対照群と比較して、スミヤー層除去効果に有意差は認められなかった。さらに、根管歯冠部、中央部および根尖部において、洗浄後の根管象牙質表面硬さとスミヤー層除去効果に有意差は認められなかった。pH 12.2 EDTA 溶液を 6 カ月間保存後、いずれの保存条件においても pH の変化、および EDTA 含有量に変化は認められなかった。

結論：pH 12.2 EDTA 溶液は適切なスミヤー層除去効果を有し、60 分間作用後にも過剰脱灰を示さなかった。さらに、25°C、40°C の保管条件で 6 カ月間、色調・性状に変化は認められなかった。

キーワード：根管洗浄剤、EDTA 溶液、象牙質脱灰能、スミヤー層除去効果

責任著者連絡先：藤巻龍治

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82 神奈川県立歯科大学大学院歯学研究科口腔統合医療学講座歯髄生物学分野

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

受付：2020年7月15日/受理：2020年9月10日

DOI : 10.11471/shikahozon.63.425

緒言

根管の化学的清掃は、根管形成による機械的清掃後に残存する感染源を除去するための重要な治療術式である。根管形態は解剖学的に複雑性を有するため、根管形成で感染源を除去できるのは全体の約30~65%と報告されている^{1,2)}。

一方、根管の化学的清掃と洗浄は根管内に残存する壊死組織、感染象牙質、および根管形成後の象牙質切削片を除去する必須操作であり、歯内療法成功率を高くするために重要である³⁾。

現在、根管の化学的清掃剤は有機質溶解剤の次亜塩素酸ナトリウム(NaClO)溶液と、無機質溶解剤の ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) 溶液の併用による根管洗浄が最も有効であることが報告され、米国では2.5~5.25%NaClO溶液と15~17%EDTA溶液が頻用され、スミヤー層除去効果はEDTA溶液のpHと作用時間によって影響することが報告された⁴⁾。さらに、象牙質から遊離するリン酸量はEDTA濃度と作用時間に比例し、pH 9.0よりも中性の7.0で促進されることが報告され⁵⁻⁷⁾、根管洗浄に使用されるEDTA溶液は中性領域に調整されている⁸⁾。一方、NaClO溶液は優れた有機質溶解性を有するが、軟組織傷害性、化学的不安定性、および薬物刺激臭を有することが臨床使用時の短所である。さらに、NaClO溶液とEDTA溶液の併用時にEDTAが有するキレート作用の阻害効果が報告されている^{9,10)}。17%EDTA溶液は優れたスミヤー層除去作用を有するが、高濃度での使用は根管象牙質の過剰脱灰を引き起こす可能性が報告された¹¹⁻¹³⁾。現在、国内で使用されている市販EDTA溶液は15~18%であるが、15%EDTA溶液の使用によって根管充填時に垂直性歯根破折を起こすことが報告され、根管内の作用時間を2分間程度にすることが推奨されている¹⁾。

pH 9.0の3%EDTA(スメアクリーン、日本歯科薬品、以後、pH 9.0 EDTA)溶液が15%EDTA溶液と同等のスミヤー層除去効果を有し、根管象牙質の過剰脱灰を防止することが報告された^{14,15)}。また、pH 9.0 EDTA溶液はハイドロキシアパタイトに結合した有機質成分を溶解することが確認された¹⁶⁾。EDTA溶液をアルカリ性領域に調整することによって、3%EDTA溶液は、過剰脱灰防止と有機質溶解作用が期待されている。さらに、pHを強アルカリ性領域に調整することでEDTA溶液は細菌細胞壁を破壊し、細菌増殖を抑制することが報告された¹⁷⁾。

本研究は、3%EDTA溶液をpH 12.2の強アルカリ性領域に調整し、無機質および有機質溶解作用を有する単

独使用可能な多機能根管洗浄剤の開発を目的とした最初の報告として、象牙質脱灰能とスミヤー層除去効果について解析した。

材料および方法

1. 被験歯

実験には、矯正治療のために抜歯したヒト健全単根歯10本を供試した。抜歯後ただちに生理食塩水中に浸漬し、冷暗所に保管後、歯根長を歯根尖を含め16 mmに設定しダイヤモンドディスクで歯冠を切除後、象牙質脱灰能とスミヤー層除去作用の実験に供試した。本研究は、神奈川歯科大学研究倫理審査委員会承認の下(2018年12月7日、承認番号548)実施した。

2. 供試根管洗浄剤

本研究に使用した根管洗浄剤は、EDTA・2Naと水酸化ナトリウム(NaOH)を精製水に溶解し、その際NaOH含有量を増加させNaClO溶液と同等の酸緩衝能に調整したpH 12.2の3%EDTA・4Na(以降、pH 12.2 EDTA)溶液を研究対象とした。pH 12.2 EDTA溶液の根管洗浄剤としての機能解析は、根管象牙質に対する象牙質脱灰能と象牙質スミヤー層除去効果から評価した。スミヤー層除去効果の解析は、対照群をpH 9.0 EDTA溶液として比較評価した。さらにpH 12.2 EDTA溶液の臨床応用時に必要な化学的安定性に対して、pH変動値およびEDTA残量濃度を測定した。

3. 試料の調製

調製した歯根部を、垂直方向に割断し、切断面を上面として歯科用レジン(オストロンII、ジーシー)に包埋した。耐水研磨紙(#600~#2000, KOVAX)を用いて健康象牙質を露出させ、象牙質表面を研磨してスミヤー層を実験的に形成し象牙質脱灰能とスミヤー層除去作用の解析試料とした¹⁰⁾。

1) 象牙質脱灰能の解析

スミヤー層を形成した根管象牙質試料に対して、pH 12.2 EDTA溶液を1, 2, 5, 10, 60分間と経時的に作用後、過剰脱灰の有無を解析した。pH 12.2 EDTA溶液作用後の根管象牙質表面硬さについて、超微小押込み硬さ試験機(ENT-1100a, エリオニクス)を用いてパーコピッチ圧子($\alpha=65.03^\circ$ 標準, 最大荷重50 mN, 荷重保持時間30 sec)に設定し、塑性変形の指標として押込み硬さ(HIT)、弾性変形の指標として押込み弾性率(EIT)の測定を行った。なお、pH 12.2 EDTA溶液作用前の象牙質試料についてもHIT, EITの測定を行った。

2) 根管壁スミヤー層除去効果の評価

象牙質脱灰試験後のスミヤー層除去後の根管象牙質試料に対して、白金蒸着後に根管象牙質内壁をSEM(SS-

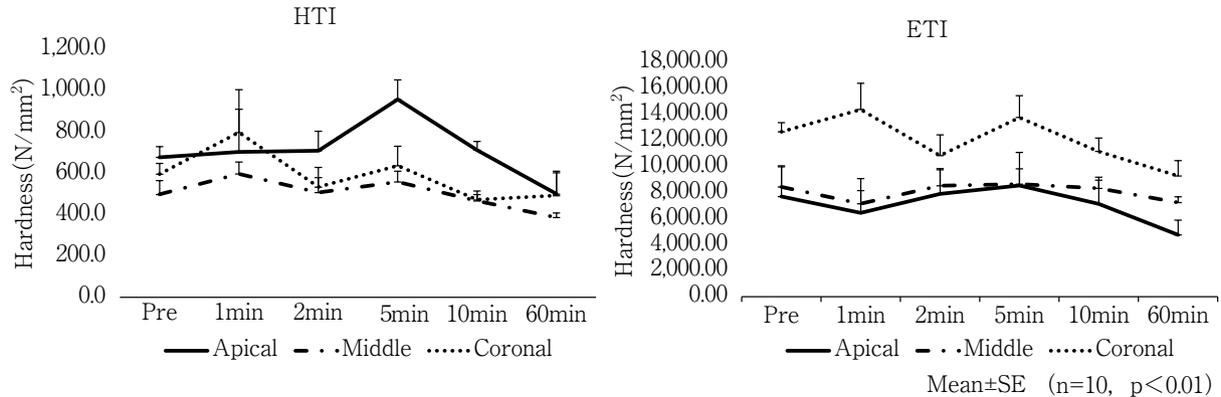


Fig. 1 Evaluation of demineralization of dentin by nano-indentation method

No statistically significant difference was observed in the change over time before and after 60 minutes of action.

Table 1 Hülsmann classification for the conditions of root canal dentine

Score 1 : No smear layer, dentinal tubules open.
Score 2 : Small amount of smear layer, some dentinal tubules open.
Score 3 : Homogeneous smear layer covering the root canal wall, only few dentinal tubules open.
Score 4 : Complete root canal wall covered by homogenous smear layer, no open dentinal tubules.
Score 5 : Heavy, non-homogenous smear layer covering the complete root canal wall.

550, 島津製作所) にて, 解剖学的根尖より 1 mm (根管根尖部: Apical), 6 mm (根管中央部: Middle), 10 mm (根管歯冠側部: Coronal) の 3 カ所をスマヤー層除去効果の計測部位とした, 根管象牙質内壁を 500 倍および 1,000 倍で撮影し, スマヤー層残存度を Hülsmann の方法¹⁸⁾ に従って 5 段階法で判定した (Table 1).

4. 化学的安定性の評価

pH 12.2 EDTA 溶液 100 ml をポリプロピレン (PP) 容器に密閉し, 日本薬局方に準じ定めた 25°C, 40°C 保管群の 2 群に分け 1, 6 カ月間保管後に pH 変動および EDTA 含有量の変化を解析した. pH 値の測定方法は JIS (日本工業規格) に準じ, ガラス複合 pH 電極 (Thermo Fisher Scientific) を EDTA 溶液に直接浸漬させて測定した. EDTA 含有量の測定は pH 12.2 EDTA 溶液を, pH 10.7 アンモニア・塩化アンモニウム緩衝液とエリオクロムブラック T 試液 (指示薬) を加え, 0.1 mol/l 亜鉛溶液で滴定した. 滴定の終点は指示薬が青色から赤色に変化した時点とし, 製材 1 ml 中の EDTA・2Na 重量 (w/v%) を測定値とした.

5. 統計処理

象牙質脱灰能の統計学的解析は, Friedman's X²r-test および Bonferroni 法による多重比較検定, 根管壁スマヤー層除去効果の統計学的解析には Mann-Whitney U-test を行った. 有意差検定には危険率 1% 未満 (p < 0.01) を有意差ありとした.

結 果

1. 象牙質脱灰能の解析

pH 12.2 EDTA 溶液作用後の根管象牙質表面の押し込み硬さ (HIT) 測定した結果, 作用前 (Apical : 678.0 ± 145.9 (N/mm²), Middle : 498.7 ± 66.5 (N/mm²), Coronal : 596.8 ± 51.2 (N/mm²)) と比較し 2 分間作用後 (Apical : 710.3 ± 143.5 (N/mm²), Middle : 507.9 ± 72.2 (N/mm²), Coronal : 534.8 ± 93.8 (N/mm²)) から 60 分間作用後 (Apical : 500.7 ± 65.4 (N/mm²), Middle : 387.0 ± 22.0 (N/mm²), Coronal : 493.1 ± 110.3 (N/mm²)) において測定値の減少傾向が確認されたが, 作用前と 60 分間作用後の経時変化において, 統計学的有意差は認められなかった. また, 押し込み弾性率 (EIT) においても, 作用前 (Apical : 7.7 ± 2.4 (10³ N/mm²), Middle : 8.4 ± 1.5 (10³ N/mm²), Coronal : 12.7 ± 0.7 (10³ N/mm²)) と比較し 2 分間作用後 (Apical : 7.9 ± 2.0 (10³ N/mm²), Middle : 8.5 ± 1.2 (10³ N/mm²), Coronal : 10.9 ± 1.6 (10³ N/mm²)) から 60 分間作用後 (Apical : 4.7 ± 1.1 (10³ N/mm²), Middle : 7.2 ± 0.4 (10³ N/mm²), Coronal : 9.3 ± 1.2 (10³ N/mm²)) において測定値の減少傾向が確認されたが, いずれも処理前と 60 分間作用後の経時変化を比較して統計学的有意差は認められなかった. さらに HIT・EIT 測定値において, 象牙質の根尖側, 中央側, 歯冠側の各群間においても有意差が認められなかった (Fig. 1).

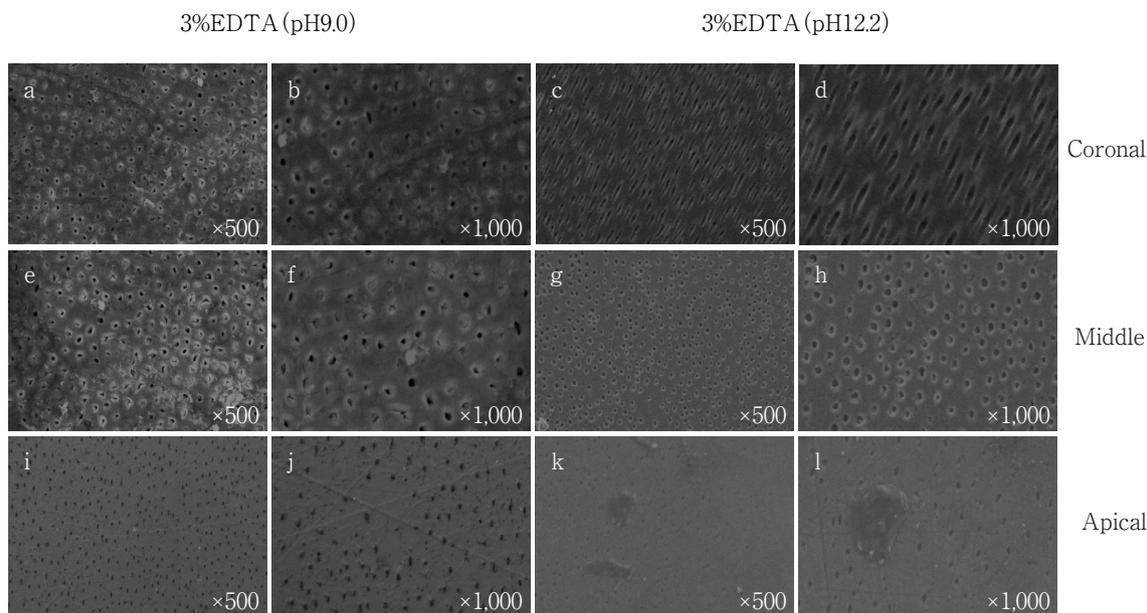


Fig. 2 SEM images of dentin surface

3%EDTA (pH9.0) : a, b, e, f, i, j. 3%EDTA (pH12.2) : c, d, g, h, k, l.

Demineralization of numerous perivascular dentin was observed in the dentin smear layer after the pH 12.2 EDTA solution was acted for 60 minutes, but no residual smear layer was observed, and dentinal tubule opening findings were clearly confirmed.

Table 2 Remaining smear layer evaluated by Hülsmann score

	Coronal	Middle	Apical
3%EDTA (pH12.2)	1.1±0.3	1.2±0.4	1.2±0.4
3%EDTA (pH9.0)	1.2±0.4	1.1±0.3	1.2±0.4

Mean±SD (n=10, p<0.01)

There was no statistically significant difference in the smear layer removal effect compared to the control.

Table 3 Chemical stability of alkaline EDTA solution

	Storage Temperature	Storage Period (month)		
		Start	1	6
pH	25°C	12.2	12.2	12.3
	40°C	12.2	12.2	12.3
EDTA (W/V%)	25°C	3.0	3.0	3.0
	40°C	3.0	3.0	3.0

The pH ranged from 12.2 to 12.3, the EDTA concentration remained unchanged from 3.0% and no change over time was observed.

2. 根管壁スミヤー層除去効果の評価

pH 12.2 EDTA 溶液を 60 分間作用後の象牙質スミヤー層は、多数の管周象牙質の脱灰を認めたが、スミヤー層の残存は認められず、象牙細管開口所見が明瞭に確認された (Fig. 2)。对照群の pH 9.0 EDTA と比較し、スミヤー層除去効果に統計学的有意差は認められなかった (Table 2)。

3. 化学的安定性の評価

pH 12.2 EDTA 溶液を 25°C, 40°C 保管条件において 6 か月間経過後に pH と EDTA 含有量を測定した結果、いずれも経時的な変化は認められなかった (Table 3)。

考 察

根管壁に形成されたスミヤー層および象牙細管内に侵入したスミヤープラグは残存細菌による再感染や根管充填材の封鎖不全を引き起こすため、根管洗浄による除去の重要性が報告されている^{3,19)}。過去、根管洗浄には種々の器具や機器、根管洗浄剤などが使用されている²⁰⁾。しかし、15%EDTA 溶液の使用によりスミヤー層除去だけではなく、象牙質の過剰脱灰が起こることが報告された¹³⁾。一方、低濃度 EDTA 溶液の使用は過剰脱灰を防止

できるが、Self-limiting 効果による EDTA 溶液の pH が低下し、キレート反応の抑制によってスミヤ層の除去が不十分と考えられている⁸⁾。本実験では、pH を 12.2 に調製することで 3% の低濃度 EDTA 溶液を使用し pH 9.0 EDTA 溶液と同様のスミヤ層除去効果が得られることが確認された。

スミヤ層除去には、3~17% の EDTA 溶液が頻用され²¹⁻²⁵⁾、根管内に適用する EDTA 濃度が低いと、水素原子がカルシウムイオンとの交換に水素イオンを放出、酸性環境では EDTA-Na はさらに水素化反応が進行し、EDTA 溶液の pH が酸性に傾き象牙質脱灰能が低下することが報告されている^{14,26)}。本研究では pH 12.2 EDTA 溶液の根管象牙質の過剰脱灰の有無を評価するため、超微小押し込み硬さ試験機による評価を行った。これまでに根管象牙質に対する pH 9.0 EDTA 溶液の浸食性変化は軽微であると報告されている¹⁵⁾。本実験では、pH 12.2 EDTA 溶液を 60 分間作用させても、押し込み硬さ (HIT)・押し込み弾性率 (EIT) の測定値は、作用前と比較していずれも有意差は認められなかった。しかしながら、いずれの測定項目においても使用時間の 5 分間を境に計測値の減少傾向が認められ、pH 12.2 EDTA 溶液の根管洗浄時間は最小限で実施することが望ましいと考えられた。また、スミヤ層除去効果を根管象牙質の SEM 観察で評価した結果、17% EDTA 溶液に比べ 3% EDTA 溶液はスミヤ層除去低下が危惧されたが、pH 12.2 EDTA 溶液は、強アルカリ領域に調整することで pH 9.0 EDTA 溶液と同等のスミヤ層除去効果が確認された。また、EDTA は強アルカリ領域において細菌細胞壁中金属イオンと結合して細胞壁を可溶化し¹⁷⁾、細菌が酵素合成時の必須金属を奪うことで増殖を抑制し抗菌効果を期待できる。著者らはすでに、pH 12.2 EDTA 溶液による有機質溶解作用によって *Enterococcus faecalis* によるバイオフィルムを破壊することを報告し、同時に殺菌作用を有することを確認した²⁷⁾。

現在、根管洗浄は有機質溶解作用と殺菌作用に優れる NaClO 溶液の使用が必須であるが、NaClO 溶液の化学的安定性は、紫外線や温度上昇による分解が促進し、濃度依存的に有効塩素濃度が低下することが報告されている²⁸⁾。pH 12.2 EDTA 溶液は、化学的安定性に優れ、6 カ月間保管においても化学的変性を認めなかった。pH 12.2 EDTA 溶液は、今後の抗菌作用と有機質溶解作用において効果的であることが確認された際は、無機質および有機質溶解作用を有する多機能根管洗浄剤として臨床応用の可能性が期待される。

結 論

pH 12.2 EDTA 溶液は、根管象牙質の過剰脱灰を認めず、優れたスミヤ層除去効果を示した。さらに、25°C・40°C の保管条件で 6 カ月間、色調・性状に変化は認められなかった。以上の結果から、pH 12.2 EDTA 溶液はスミヤ層除去と化学的安定性に優れた根管洗浄剤であることが示された。

本研究の一部は、科学研究費 (課題番号 19K19041) の助成を受けて行われた。

本研究にあたり、開示すべき COI はない。

文 献

- 1) 和達礼子. 根管洗浄のコンセプトの変遷とテクニックの進化. 日歯内療誌 2016; 37: 144-149.
- 2) Paque F, Balmer M, Attin T. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. J Endod 2010; 36: 703-707.
- 3) Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. J Endod 2007; 33: 96-105.
- 4) Dotto L, Sarkis Onofre R, RoCha Pereira GK. Effect of root canal irrigants on the mechanical properties of endodontically treated teeth: A scoping review. J Endod 2020; 5: 596-604.
- 5) Okiji T. Controversies in endodontics: Etiology and clinical management of treatment-resistant apical periodontitis. Niigata Dent J 2006; 36: 1-15.
- 6) Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. J Endod 2005; 31: 669-671.
- 7) Maurer JK, Molai AL, Parker RD, Li L, Carr GJ, Petroll WM, Cavanagh HD, Jester JV. Pathology of ocular irritation with bleaching agents in the rabbit low-volume eye test. Toxicol Pathol 2001; 29: 308-319.
- 8) Gokan Y, Mizukami E, Tani C, Manabe A. Evaluation of EDTA conditioners of various pHs on dentin surfaces. Jpn J Conserv Dent 2014; 57: 137-144.
- 9) Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. Int Endod J 2009; 42: 335-343.
- 10) Poggio C, Dagna A, Vinci A, Beltrami R, Cucca L, Giar-

- dino L. Decalcifying capability of irrigating solutions on root canal dentin mineral content. *Contemp Clin Dent* 2015; 6: 201-205.
- 11) 石井隆資, 勝海一郎, 中村恭政. ラテラル・コンデンセーション法による根管充填時の歯根破折に関する研究. *日歯保存誌* 1991; 34: 1252-1267.
 - 12) 長谷川誠実, 日生下剛一, 常深伸介, 本田公亮, 清水明彦, 吉岡 済. 根管象牙質の硬さと根管の封鎖性に及ぼす NaOCl および EDTA の影響. *日歯保存誌* 1989; 32: 1646-1652.
 - 13) Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod* 2011; 37: 1437-1441.
 - 14) 小澤寿子, 越野孝行, 新井 高. 弱アルカリ性3%EDTA液の根管壁スミヤ層除去効果. *日歯保存誌* 2003; 46: 435-438.
 - 15) 川島伸之, 戸村淳嗣, 横田兼欣, 興地隆史. 低濃度EDTA溶液のスミヤ層除去効果と象牙質脱灰に対する影響. *日歯保存誌* 2017; 60: 32-39.
 - 16) 山口博康, 矢作保澄, 新井 高, 高水正明. EDTA水溶液の有機質除去への影響. 第132回日本歯科保存学会春季学術大会抄録集 2010; 48: A16.
 - 17) 木田 中, 田口文章. 細菌とキレート剤. *防菌防黴* 2007; 35: 567-581.
 - 18) Hülsmann M. Dens invaginatus: aetiology, classification, prevalence, diagnosis, and treatment considerations. *J Endod* 1997; 30: 79-90.
 - 19) Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics—a review. *Int Endod J* 2010; 43: 2-15.
 - 20) 石井信之. 第12章 根管形成, 3 根管の化学的清掃. 興地隆史, 石井信之, 小木曾文内. *エンドドンティクス*, 5版. 永末書店: 京都; 2018. 134-136.
 - 21) 中村 洋, 須田英明, 勝海一郎, 興地隆史. *歯内療法学*, 4版. 医歯薬出版: 東京; 2012. 134-135.
 - 22) 片岡博樹, 須田英明. スメア層・根管治療における臨床的意義. *QE* 1996; 15: 446-448.
 - 23) 吉岡隆知, 片岡博樹, 須田英明. EDTAを用いた根管洗浄. *歯科評論* 1998; 669: 175-180.
 - 24) Jamleh A, Suda H, Adorno CG. Irrigation effectiveness of continuous ultrasonic irrigation system: An *ex vivo* study. *Dent Mater J* 2018; 37: 1-5.
 - 25) İriboz E, Bayraktar K, Türkaydın D, Tarçın B. Comparison of apical extrusion of sodium hypochlorite using 4 different root canal irrigation techniques. *J Endod* 2015; 41: 380-384.
 - 26) 中島 薫, 寺田林太郎, 久保田 捻, 常川勝由. pH調整EDTA水溶液による根管壁スメア層の除去効果. 日本臨床歯内療法学会. 2001別冊 the Quintessence エンドドンティクス 21世紀への展望. クインテッセンス. 東京. 2001. 155-158.
 - 27) 佐藤武則, 鈴木二郎, 藤巻龍治, 石井信之, 合田征司, 浜田信城. アルカリ性根管洗浄液が *E. faecalis* バイオフィルムに与える影響. 第60回歯科基礎医学学会学術大会抄録集, 福岡, 2018. p1-91.
 - 28) 木津純子, 高木 奏, 黒田裕子, 前澤佳代子, 松本一明, 堀 誠治. 複合塩素系除菌・洗浄剤の安定性と色調の変化. *環境感染誌* 2014; 29: 411-416.

The Effect of pH-regulated EDTA on Root Canal Dentin

FUJIMAKI Ryuji, SUZUKI Jiro and TANI-ISHII Nobuyuki

Division of Pulp Biology and Endodontics, Department of Oral Interdisciplinary Medicine,
Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the dentin demineralization and smear layer removal ability of 3% EDTA of pH 12.2 (pH 12.2 EDTA) as a root canal irrigant.

Method: The demineralization effect of the pH 12.2 EDTA was analyzed using 10 human permanent teeth with a single root canal. The test samples were prepared by inducing a smear layer on the cross section of dentin after vertically cutting the teeth, and 3% EDTA of pH 9.0 was used as a control group. The pH 12.2 EDTA was used to irrigate the test samples for 1 to 60 minutes, and the surface hardness of the root canal dentin at each working time was measured by the indentation hardness test (HIT) and the indentation elastic modulus test (EIT). The effect of removing the smear layer was determined by observing the dentin surface by SEM after the pH 12.2 EDTA was applied for each irrigation time, and the state of the remaining smear layer was determined by the 5-step method according to the method of Hülsmann. Regarding the chemical stability analysis, the pH 12.2 EDTA solution was classified into storage groups at 25°C and 40°C, and the pH changes and changes of EDTA content were analyzed after storage for 6 months.

Results: No statistically significant differences of dentin demineralization were found by measuring HIT and EIT. The residual smear layer in the test samples was not observed, and there was no significant difference compared with the pH 9.0 EDTA control group. Furthermore, no significant difference was found in change in dentin hardness after irrigation and the removing effect of the smear layer in the coronal, middle and apical of the root canal. Furthermore, no change was observed in color tone or properties for 6 months under the conditions of storage at 25°C and 40°C.

Conclusion: The pH 12.2 EDTA solution was shown to have excellent smear layer removal effect and chemical stability as a root canal irrigant.

Key words: root canal irrigant, EDTA, dentin demineralization, smear layer removal

症例報告

日歯保存誌 63 (5) : 432~437, 2020

露髄を伴う前歯部破折症例への加圧直接覆髄処置と即日接着修復の応用

片平信弘 稲井紀通¹ 田上順次²

片平歯科医院

¹農林水産省診療所歯科²東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科 医歯学系専攻 口腔機能再構築学講座 う蝕制御学分野

抄録

目的：直接覆髄法は、窩洞形成や外傷による偶発的な露髄が生じたときに行われる。今回、外傷による露髄を伴う前歯部破折症例に、MTAを用いた直接歯髄覆髄およびフロアブルコンポジットレジンによる破折片の接着を行い、その臨床経過を観察した。

症例：患者は32歳、女性。外傷にて上顎右側中切歯の歯冠約1/2が水平的に破折し、破折断面には点状露髄、軽度の自発痛と冷水痛が認められた。露髄面にケミカルサージェリーを行い、MTAを軽度に加圧して覆髄、硬化を確認した後セルフエッチングプライマーにて残存歯質と破折片へ接着処理を行い、フロアブルコンポジットレジンにて接着した。

結果：術後3週、3、6カ月に不快症状は認められず、歯髄の生活反応が存在し、歯冠部の審美性は維持されていた。

結論：外傷歯の直接歯髄覆髄の1症例において、MTAを歯髄側に向かって加圧後、歯質接着性材料を使用して破折片を接着させて、微小漏洩を遮断することで良好な予後が得られた。本法により、歯髄保護と審美的な修復を同時に行うことができた。

キーワード：直接覆髄, 接着修復, MTA

責任著者連絡先：片平信弘

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目7-12 虎ノ門3丁目アネックス1階 片平歯科医院

TEL：03-3431-6090, E-mail：info@katahira-dental.jp

受付：2020年3月16日/受理：2020年8月24日

本稿は2019年度専門医優秀症例発表賞受賞演題の内容をまとめたものである。

DOI：10.11471/shikahozon.63.432

緒言

前歯部の外傷・打撲による歯科医院受診は一定頻度で発生し、迅速かつ適切な対応にて良好な結果が得られることが多い。日本外傷歯学会「歯の外傷治療のガイドライン」においては、露髄を伴う歯冠破折では、歯髄の生活力を維持し、正常な外見と機能を回復するとあり、初期対応としてコンポジットレジン修復を積極的に推奨している¹⁾。またMTA (Mineral trioxide aggregate) は、「歯科用覆髄材料」として薬事承認され、高い封鎖性と優れた生体適合性を有している²⁻⁴⁾。今回、外傷により偶発的に露出した歯髄への直接歯髄覆髄材料としてMTA (Pro Root MTA, Dentsply) を使用した歯髄保存療法 (Vital pulp therapy : VPT) に加え、フロアブルコンポジットレジンによって破折片を接着することにより良好な結果が得られたので報告する。本症例においては、患者の同意を得たうえで実施した。本修復に際し、抜髄の可能性があること、また使用したMTAによる歯冠変色の可能性があるため、その場合は侵襲性の大きい修復処置への移行が可能であることを説明した。

症例

患者：32歳，女性。

初診：2019年2月。

主訴：上の前歯が欠けた。抜歯しないで治してほしい。

全身的既往歴：特記事項なし。

現病歴：約1時間前に転倒の際に、トレーニングマシンに顔面を強打し急患来院。

診断：上顎中切歯の露髄を伴う歯冠破折。

1. 現 症

上顎右側中切歯の歯冠約1/2が水平的に破折し、軽度の自発痛と冷水痛が認められた。受傷した破折面には、歯角相当部位に直径1mm程度の露髄を認めた。打診、根尖部触診には強度の反応が存在した。PPDが3mm以上の部位はなかった。また病的な動揺は認められなかった (Fig. 1, Table 1)。

2. 治療経過

局所麻酔下、ラバーダム防湿を行い、患者が持参した破折歯冠部を生理食塩水にて洗浄後、復位することを確認。マイクロスコープ下にて、露髄面に3~6%次亜塩素酸ナトリウム液 (歯科用アンチホルミン、日本歯科薬品) を使用した消毒洗浄によるケミカルサージェリーを行った。止血を確認し、露髄面へMTA (Pro Root MTA, Dentsply Sirona) の充填を行った。充填に際し、封鎖性の低下や崩壊の懸念があることから、MTA練和泥の固

定と窩洞内に安定させるため、弱圧にて露髄面へ加圧を行った (Fig 2)。

15分程度養生のため待機した後に、コントラアングルに小径のラウンドスチールバーを装着し低速にて余剰なMTAを除去した。接着阻害因子の排除および被着面積の確保のため、新鮮象牙質面を露出させた後、セルフエッチングシステム (Clearfil SE Bond, Kuraray Noritake Dental) にて歯面処理を行った (Fig 3)。

破折片側についても同様にセルフエッチングシステムにて歯面処理を行い、フロアブルレジン (Clearfil Majesty LV flow E, Kuraray Noritake Dental) を用い破折片を接着させた (Fig 4)。

経過観察を行うなかで、自発痛や冷水痛は消失。術後3週間で歯髄の生活反応を確認し、3、6カ月を経過した現在まで安定した状態を確認している (Fig 5, 6, Table 2)。

考 察

これまでに直接覆髄におけるMTA使用の妥当性に関して、水酸化カルシウムとの比較検討が数多く報告されている⁵⁻⁷⁾。Aeinehchiらの研究ではヒト健全歯に対して水酸化カルシウム製剤 (Dycal) とMTAとを覆髄剤として使用した場合の比較を行っており、MTAはDycalより短期間で厚いデンティンブリッジが形成され、歯髄炎症の消退や象牙芽細胞層の出現も早期から高頻度で確認されている⁵⁾。ほかの研究の報告も総じてMTAの優位性が論じられていることから^{6,7)}、本症例においても覆髄剤としてMTAを選択した。

本症例において、露髄面にはケミカルサージェリーのみで直接覆髄を行っているが、表層部で断髄を行う部分断髄 (Cvek pulpotomy) も今回のような症例では選択されることがある。これらの方法の違いが予後に及ぼす影響を調べた臨床研究があり、Aguilarら⁸⁾が行ったSystematic reviewによると、MTAを使用した場合、部分断髄法より直接覆髄のほうが予後が良いという結果が報告されている。しかし、この結果は研究デザインから議論の余地があり、現在どちらが優れているかの結論を出すことは困難である。本症例においては比較的若い患者であることに加えて、MTAを置くスペースが十分確保できる露髄面があり、ケミカルサージェリー後の出血のコントロールが可能であったため、直接覆髄を選択した。

外傷歯の場合は、亜脱臼を併発している可能性も考慮に入れるべきである。脱臼の場合にはEPT (Electric pulp tester) に反応がないのが通例であるが、本症例では来院時に歯髄の生活反応が確認できており、動揺も認められなかったため、脱臼はしていないと考えられた。仮に脱臼していた場合であっても、一過性歯根尖吸引

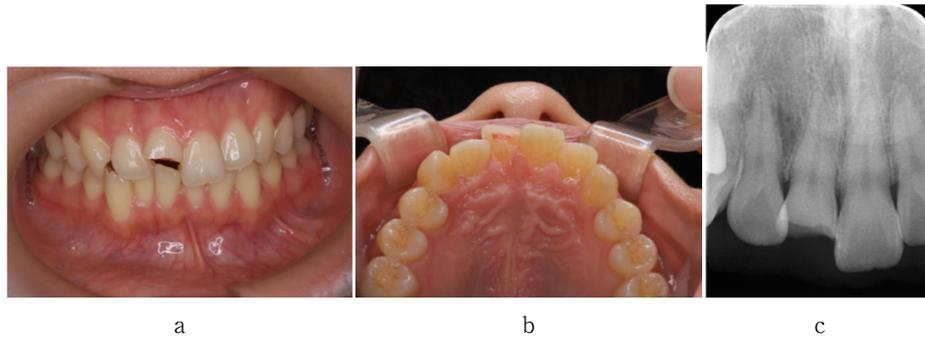


Fig. 1

Frontal (a) and occlusal (b) view of complicated fracture of permanent maxillary central incisor. (c) The periapical radiograph shows there is no evidence of root fracture and that the apex is open.

Table 1 Immediately evaluation and scored of the #11, #12, #21

Exam	Perc	Palp	Cold	Hot	EPT	Probing depth (mm)	Mobility
#11	+	+	+	+	+	B : 2 M : 2 D : 2 P : 2	none
#12	-	-	+	+	+	B : 2 M : 3 D : 2 P : 2	none
#21	-	-	+	+	+	B : 2 M : 2 D : 2 P : 2	none

Tooth were determined by perc, palp, cold and hot irritation, EPT.

Perc : Percussion pain, Palp : Palpation, Cold : Cold stimuli, Hot : Hot stimuli, EPT : Electric pulp tester, B : Buccal, M : Mesial, D : Distal, P : Pulpal

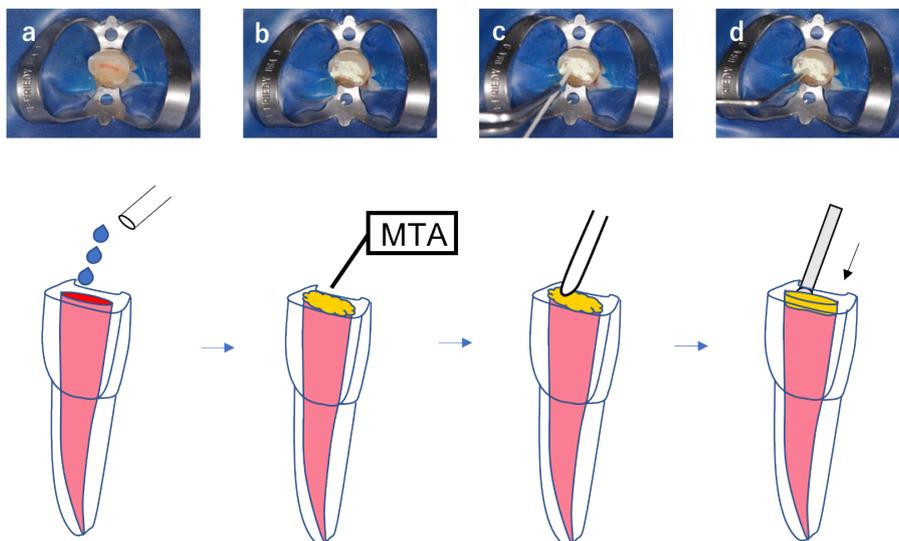


Fig. 2

- a. Using rubber dam isolation, the complicated fractured teeth are cleaned and disinfected.
- b. MTA (Mineral trioxide aggregate) was placed over the exposed pulp.
- c. Removed the excess water with the paper points.
- d. Gentle pressure was applied in order to condensed to MTA with plugger.

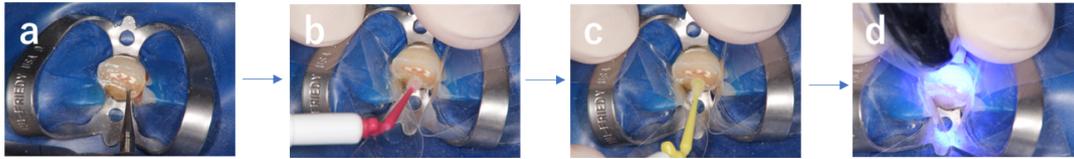


Fig. 3

- a. Cavity was prepared at low speed steel bur.
- b. Apply the self-etching primer 20 seconds. And dry with mild air for 5 seconds.
- c. Apply the bonding agent. And make uniform bond film with mild air.
- d. Light-cured for 20 seconds.

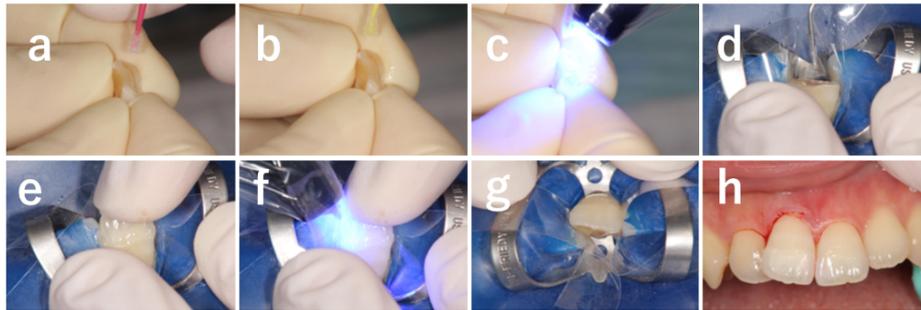


Fig. 4

- a. Apply the primer to the fragment.
- b. Apply the bonding agent to the fragment.
- c. Light cured for 20 seconds.
- d. Flowable composite is applied to the tooth.
- e. The fragment was positioned on the tooth.
- f. Light cured for 30 seconds.
- g. Incisal view after bonding procedure.
- h. Frontal view after finishing and polished.

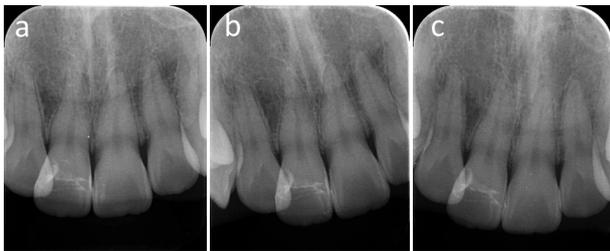


Fig. 5

The periapical radiograph recorded (a) after 3 weeks after direct capping does not show any apical pathological findings of tooth. (b) 3 months follow-up. (c) 6 months follow-up.



Fig. 6

Postoperative view after 6 months
The advantages of this approach are the ease of application and excellence esthetics.

Table 2 At the 6-month recalls evaluation and scored of the #11, #12, #21

Exam	Perc	Palp	Cold	Hot	EPT	Probing depth (mm)	Mobility
#11	—	—	+	+	+	B : 2 M : 2 D : 2 P : 2	none
#12	—	—	+	+	+	B : 2 M : 3 D : 2 P : 2	none
#21	—	—	+	+	+	B : 2 M : 2 D : 2 P : 2	none

Tooth were determined by perc, palp, cold and hot irritation, EPT

(Transient apical breakdown) の後、歯髄の生活反応が戻る場合があるとされているので⁹⁾、まずは歯髄の保存を進めるべきである。

本症例では破折片を患者が持参し適合が良好であったため、残存歯質と破折片にセルフエッチングシステムを用いて接着操作を行い、コンポジットレジンをは着材として使用した。破折片を患者が紛失した場合、直接法で歯冠を修復することになるが、本症例のように破折片の状態が良好であれば、残存歯質との色調適合性や舌側形態の賦形といった、ダイレクトボンディング特有の煩雑な手順から解放されるため、大変有用な手段であると考ええる。また近年、接着審美 (Adhesion+Esthetics=Adhesthetics) という概念が普及しており、間接法の合着材料として加温したコンポジットレジンを使用し、従来のレジンセメントと同等の接着強さが報告されている¹⁰⁻¹³⁾ ことから、今回合着に使用したフロアブルレジンにはレジンセメント同等の接着力が期待できると考えられる。またレジンセメントよりも多くのシェードを選択することが可能で、接着界面付近の審美性の回復にも寄与していると考えられる。

本症例で歯髄の保存を試みることなく抜髄処置を行えば、長い通院期間、またポストスペース形成による残存歯質量減少に伴う歯根破折のリスクも高くなる。現在の歯質接着システム、特に2-ステップセルフエッチングシステムは象牙質との優れた接着性が報告されており^{14,15)}、エナメル象牙境の破壊強さをはるかに上回る接着強さが得られるので、臨床応用に十分な性能を有しているといえる。

結 論

天然歯を長期間保存し、生涯にわたって機能させるために、MTAによる直接覆髄は有効である。その予知性を高めるために、露髄部の確実な封鎖とその後の微小漏洩を防ぐことはきわめて重要である。そのために、優れた接着性レジン材料の活用は有効で、同時に審美的な回復が可能となる。

謝 辞

有益なご助言およびご討論を戴いた、虎の門病院歯科 陶山雄司先生、東京歯科大学保存修復学講座 中村圭喜先生に深謝いたします。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

1) 日本外傷歯学会. 歯の外傷治療のガイドライン. 日本外

傷歯学会: 北九州市; 2012.

- 2) 興地隆史, 韓 臨麟, 重谷佳見, 吉羽邦彦. MTA の理化学的・生物学的特性と臨床. 日歯内療誌 2012; 33: 3-13.
- 3) 興地隆史. Mineral trioxide aggregate (MTA) の可能性. 興地隆史, 井澤常泰, 石井信之, 木ノ本喜史. ライフステージと歯内療法 歯の長期保存のために. 46-51. デンタルダイヤモンド: 東京; 2013.
- 4) Parioikh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part 2: leakage and biocompatibility investigations. J Endod 2010; 36: 190-192.
- 5) Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. Int Endod J 2002; 36: 225-231.
- 6) Cox CF, Sübay RK, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. Oper Dent 1996; 21: 4-11.
- 7) Pitt Ford TR, Roberts GJ. Immediate and delayed direct pulp capping with the use of a new visible light-cured calcium hydroxide preparation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1991; 71: 338-342.
- 8) Aguilar P, Linsuwanont P. Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. J Endod 2011; 37: 581-587.
- 9) Andreasen FM. Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. Endod Dent Traumatol 1986; 2: 9-19.
- 10) Ferraris F. Posterior indirect adhesive restorations (PIAR): preparation designs and adhesthetics clinical protocol. Int J Esthet Dent 2017; 12: 482-502.
- 11) Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the Morphology Driven Preparation Technique. Int J Esthet Dent 2017; 12: 204-230.
- 12) Del Curto F, Saratti CM, Krejci I. CAD/CAM-based chairside restorative technique with composite resin for full-mouth adhesive rehabilitation of excessively worn dentition. Int J Esthet Dent 2018; 13: 50-64.
- 13) Goulart M, Borges Veleda B, Damin D, Bovi Ambrosano GM, Coelho de Souza FH, Erhardt MCG. Preheated composite resin used as a luting agent for indirect restorations: effects on bond strength and resin-dentin interfaces. Int J Esthet Dent 2018; 13: 86-97.
- 14) Giannini M, Makishi P, Ayres AP, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, Tagami J. Self-etch adhesive systems: a literature review. Braz Dent J 2015; 26: 3-10.
- 15) Urabe I, Sano H, Inokoshi S, Tagami J. Study on biological bond strength of enamel and dentin at dentino-enamel junction. Cohesive strength of the dentinoenamel junction. Adhes Dent 16; 1-6: 1998.

Direct Pulp Capping with Condenses and Adhesive Restoration on Fracture Teeth with Pulp Exposure

KATAHIRA Nobuhiro, INAI Norimichi¹ and TAGAMI Junji²

Katahira Dental Office

¹Medical Office, Welfare Division, Minister's Secretariat, The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan

²Department of Cariology and Operative Dentistry, Division of Oral Health Sciences, Medical and Dental Sciences Track, Graduate School of Medical and Dental Science, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

Abstract

Purpose: The direct pulp capping procedure is performed when the dental pulp is accidentally exposed. In this case report of pulp exposure caused by fracture, direct pulp capping using MTA and attachment of the tooth fragment was applied and the prognosis was followed-up.

Case: A 32-year-old female patient presented with the upper right central incisor horizontally fractured in approximately half of the crown, with pulp exposure, mild spontaneous pain and cold-water pain. Chemical treatment of the exposed pulp surface was performed, and MTA was lightly pressed to the exposed pulp. Subsequently, a self-etching primer was used on both the residual dentin and the fragment, and finally they were bonded to each other with flowable composite resin.

The prognosis after 3 weeks, 3 months and 6 months was good. Long-term follow-up observation of this case is planned.

Conclusions: An excellent clinical prognosis was obtained with direct pulp capping in traumatic teeth using MTA compressed toward the pulp side, combined with adhesive attachment of the tooth fragment to prevent microleakage. Protection of the pulp and esthetic restoration were achieved simultaneously with this technique.

Key words: direct pulp capping, adhesive restoration, MTA

歯内-歯周治療を基本とした包括的治療症例

富永尚宏^{1,2} 木庭大槻² 石井信之²¹富永歯科クリニック²神奈川歯科大学大学院歯学研究科 口腔統合医療学講座 歯髄生物学分野

抄録

目的：歯根破折や歯内・歯周疾患を伴った症例は、臨床症状と原因との関連性が不明確なために診断と治療計画の立案に苦慮する。今回、全顎的歯科治療および咬合回復を主訴とする患者に対して、歯内および歯周治療を基本とした包括的治療を行い、良好に推移した症例について報告する。

症例：52歳、女性。口腔内の全顎的歯科治療の受診を目的に来院した。全顎的歯科治療終了後にメンテナンスに移行後、再度27部の咬合回復を希望した。咬合回復時に、27部の挺出改善と慢性化膿性根尖性歯周炎に対する感染根管治療、および37のインプラント治療を必要とした。

第1期治療概要：基本治療として、歯周治療後に感染根管治療を行った。36の根分岐部病変は自家骨移植とEMDを応用した歯周再生療法を行った。26は根管治療終了後、最終補綴を考慮してクラウンリングスニング手術を行い、歯冠長の延長およびクリアランスを確保した。23は歯根破折のため、抜歯後にインプラント治療を行った。基礎治療終了後、16-26、46-36部の全顎的咬合再建治療を実施した。27は根管治療の困難性や対合歯欠損に起因する歯牙挺出によるクリアランス不足から、咬合再建は困難と考え積極的治療を実施しないことを患者に伝え、第1期治療を終了した。その後メンテナンスに移行した。

第2期治療概要：メンテナンス期間中に27の咬合回復を希望したため、感染根管治療と、37のインプラント治療による咬合再建治療を開始した。27は歯科用実体顕微鏡下で感染根管治療を実施後、支台築造を行い対合のインプラントとのクリアランス確保のためクラウンリングスニング手術をしてクリアランスを確保した。

経過：27の感染根管治療の経過は良好に推移し、37インプラントは上部構造が咬合平面上に並ぶように埋入した。上下顎歯肉の健康状態を確認後、27、37上部構造を作製し左側第二大臼歯までの咬合回復が完了した。現在、メンテナンスを継続的に実施し、治療終了から4年が経過し順調に経過している。

結論：適切な術前診断と治療計画に従った治療が包括的治療において最も重要で、最終的な咬合構築は自然に導かれると考えられる。歯科用実体顕微鏡によって再感染根管治療、歯冠修復および補綴治療においても精度の高い治療が可能となり、臨床成績の向上に寄与すると考えられる。

キーワード：歯周-歯内治療、根尖病変、包括的治療

責任著者連絡先：富永尚宏

〒850-0877 長崎市築町5-7 富永歯科クリニック

TEL：095-827-8000, FAX：095-827-5000, E-mail：clinic@tominaga-dental.jp

受付：2020年3月30日/受理：2020年9月14日

本稿は2019年度専門医優秀症例発表賞受賞演題の内容をまとめたものである。

DOI：10.11471/shikahozon.63.438

緒言

歯根破折や歯内・歯周疾患を伴った症例は頻りに遭遇する疾患であるが、治療を行ううえで診断と治療計画の立案に苦慮することが多い。すなわち、歯根破折や歯内・歯周疾患の臨床症状は、病変発症時期、破折部位および歯内・歯周病変部位によってもさまざまに変化するため、臨床症状と疾患原因の関連性を明確に判断することが困難なためである。また、初期の歯根破折は初診時のエックス線やCT画像においても確定診断は困難¹⁾で、治療開始後の歯科用実体顕微鏡や歯周外科処置時の直視下による術野観察で確定診断されることがあり、治療計画の変更にいたることがある。今回、全顎的な咬合回復を主訴とする患者に対して、歯内および歯周治療を基本とした包括的治療を行い、良好な経過に推移した症例の治療経過について報告する。

症例

1. 症例の概要

初診日：2006年6月，患者：52歳，女性。

主訴：他院で埋入された16部インプラントへの不安、歯周病を含めた口腔内の全顎的検査および治療を希望。

現病歴：約10年前より、他院で全顎にわたるう蝕治療・根管治療・補綴治療を受けてきた。その後2003年、16部にインプラント埋入手術を受けたが放置、本年になり、同部インプラントに対する不安、歯周病の検査と治療およびその他治療必要部位の全顎的治療を希望して当院に来院した。

診査・臨床所見：初診時のペリオチャート、口腔内写真、パントモ、デンタル14枚法X線画像をFig.1に示す。全体の約62%の歯に4~7mmの歯周ポケットが認められた。歯周チャート上にピンク色で示すように、10カ所でBOPを認めた。23に5~7mmと36頰側分岐部に6mmの歯周ポケットが認められたが、他部位は4mm以下の歯周ポケットであり、全顎的に軽度の慢性歯周炎所見が認められた。

36は頰舌側の近遠心部には病的歯周ポケットは認められなかったが、根分岐部に水平的に頰側から6mm、舌側から4mmの歯周ポケットが認められた。

また、15、14、23、25、26、27、35、36、46、45、44に不適切な根管充填所見が認められ、根尖歯周組織のX線所見において歯根膜腔拡大、歯槽硬線の消失および根尖部透過像が認められた。23は頰側に近心側から5~7mmの歯周ポケットがあり、X線所見では歯根を取り囲む骨吸収所見が認められ歯根破折が強く疑われた。

口腔内所見において、37欠損による27の挺出が認められた。さらに、15、14、21、23、25、26、27、35、36、46、45、44部位の歯冠補綴に辺縁部不適合を認めた。12にわずかに舌側転移を認めるものの、歯列所見は良好である。咬合所見において、12、42の近心部に2mmのクロスバイトを認めるが、他部位に顕著な異常所見は認められなかった。また、顎関節にも特記すべき所見は認められなかった。

既往歴：特記病歴なし、家族歴：特記事項なし。

2. 臨床診断

#1 軽度広汎型慢性歯周炎、#2 36根分岐部病変(Lindhe & Nymanの根分岐病変分類2度)、#3 15、14、25、26、27、35、36、46、45、44慢性化膿性根尖性歯周炎、#4 23歯根破折、#5 17、16、22、24、34、37、47欠損歯、#6 15、14、21、23、25、26、27、35、36、46、45、44冠不適合。

3. 治療計画

37欠損による27の挺出と同部位の慢性化膿性根尖性歯周炎のため、27は抜歯を前提として保存治療は行わず、上下顎左右第一大臼歯までの咬合再建を治療目標とした。なお、歯内療法と歯周治療は歯科用実体顕微鏡下で実施することとした。

1) 歯周基本治療

(1) TBIの習熟を強化し、口腔清掃に対するモチベーションの向上に努める。

(2) 全顎にスケーリング・ルートプレーニング施行。

(3) 歯内療法

①15、14、25、26、35、36、46、45、44感染根管治療。

②27は経過観察。補綴治療必要時に感染根管治療。

2) 歯周外科治療

(1) 36歯周組織再生療法。

(2) 23は抜歯、骨造成手術。

(3) 16、22、23インプラント治療。

3) 口腔機能回復治療

27を除く全顎的な歯冠補綴による咬合再建治療。

4) メンテナンス

4. 治療経過および予後

1) 第1期治療

2006年6月～ 全顎的歯周基本治療、スケーリング・ルートプレーニング。

2006年10月～ 再評価。全顎的に歯周ポケットは3mm以内。23は歯根破折により抜歯。22の歯槽骨幅が狭小のため、インプラントを前提として同部の骨造成手術を23の抜歯、ソケットプリザベーションと同時にを行った。順次25、26、15、14、46、45、44、35、36の感染根管治療を行った。26の根管治療の経過と予後をFig.2に示す。

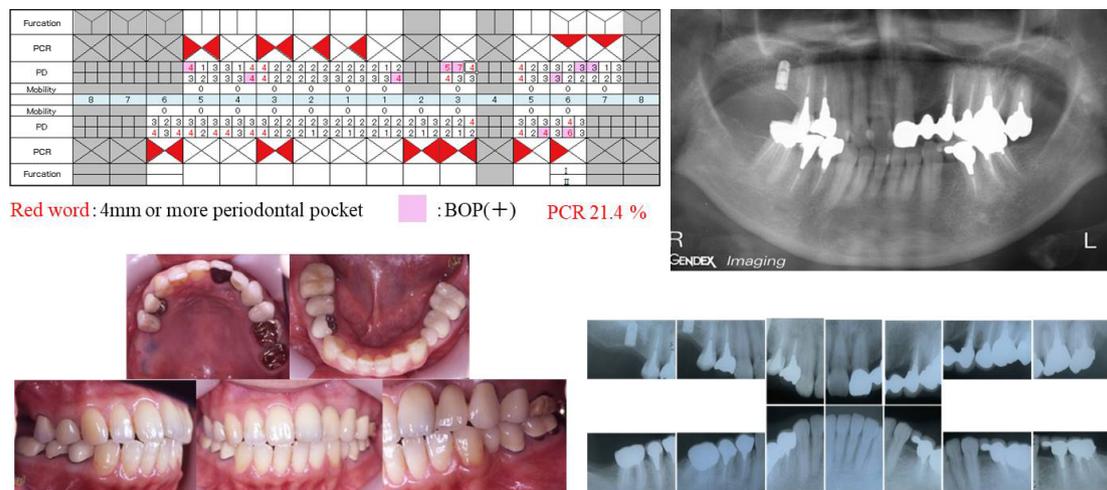


Fig. 1 The periodontal chart, intraoral photographs and X-ray at initial visit

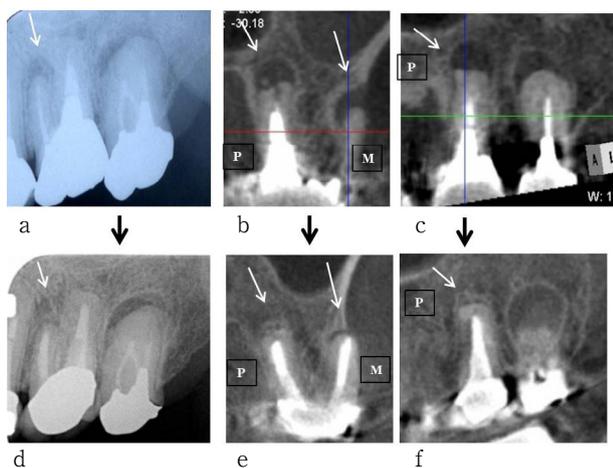


Fig. 2 2D and 3D X-ray of 26 periapical lesion

a, b, c : Before root canal treatment. d, e, f : 2 years after root canal treatment, 26 periapical lesion disappeared.



Fig. 3 Tissue regenerative therapy for 36 furcation involvement

明瞭な透過像を認めていたが、術後2年で透過像は消失した。歯内療法が良好に推移していたためカンペル平面を基準に咬合平面を決定し、インプラント上部構造を含めた27を除いた全顎的咬合再建治療を実施した。15, 14, 46, 45, 44の最終歯冠補綴, 25, 26, 35, 36の最終歯冠補綴, 22, 23インプラント上部構造作製・装着。前歯部咬合および前方ガイドを付与するため21舌側にセラミックベニア修復を行った。その後、ナイトガードを作製し装着した。

2009年1月～ 根尖部も含めた歯周組織所見および咬合関係も良好のためメンテナンスへ移行した。

2) 第1期治療終了

Fig. 4に第1期治療終了時のX線パントモ画像と口腔内写真を示す。

27は根管治療の困難性や対合歯欠損に起因する歯牙挺出によるクリアランス不足から、咬合再建は困難と考え積極的治療を実施しないことを患者に伝え、将来的に抜歯する可能性を前提に第1期治療を終了した。その後1~2カ月に1回のメンテナンスを継続的に行い5年間良好に経過した。

2007年3月～ 他院で埋入の16インプラント二次手術後上部構造装着。

2007年6月～ 22, 23インプラント一次手術。

2008年1月～ 22, 23インプラント二次手術+結合組織移植術施行。暫間上部構造を装着し経過観察。

2008年7月～ 26のフェルール効果確保のため、クラウンレンジスニング手術²⁾を行った。36根分岐部病変(Lindhe & Nymanの根分岐病変分類2度)は自家骨移植による歯周組織再生療法を行った (Fig. 3)。

2008年12月～ 再評価。すべての箇所の歯周ポケットが3mm以内、その他の歯周組織所見も良好、根管治療部位の経過良好。特に26根尖病変についてはFig. 2に示すように根管治療前のX線所見では根尖歯周組織に

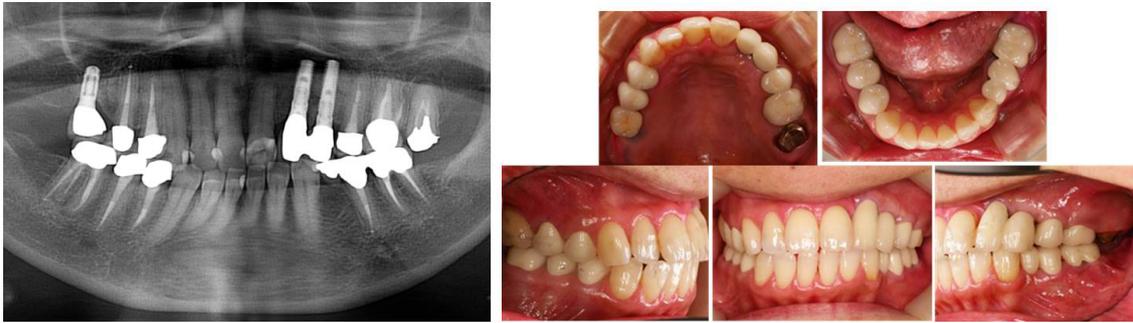


Fig. 4 At the end of the Phase 1 treatment : X-ray, intraoral photographs

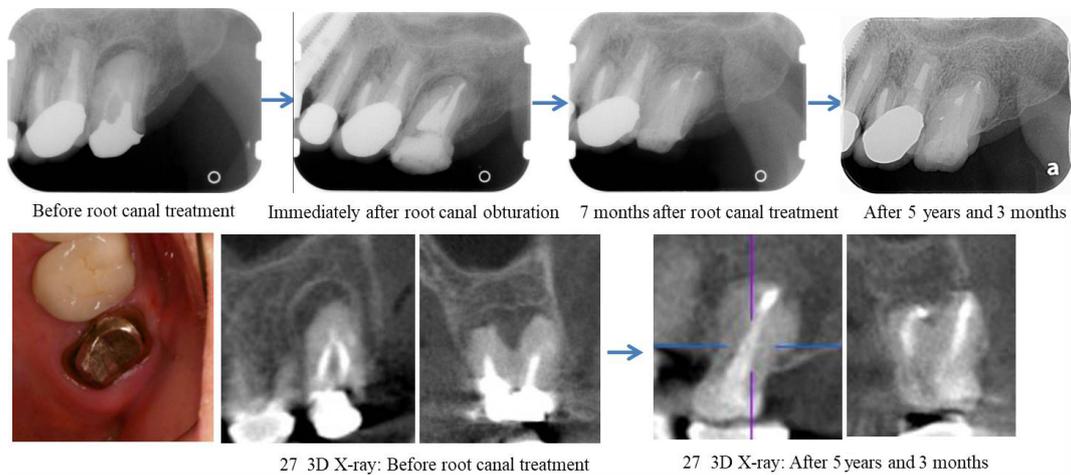


Fig. 5 The periapical lesion of 27 teeth disappeared after root canal treatment
It is shown in a 2D and 3D X-ray

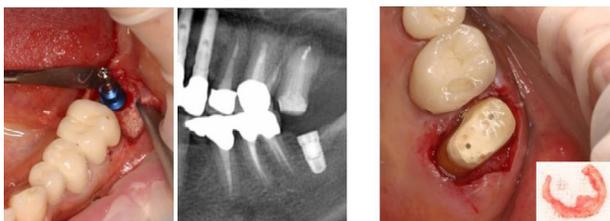


Fig. 6 37 implant primary surgery and 27 crown lengthening procedure

3) 第2期治療 27, 37 咬合再建への治療経過

第1期治療終了後のメンテナンスが5年を経過した頃、患者が左側第二大臼歯部咬合回復を再度希望したため、27に感染根管治療を実施し、37にインプラント導入後、同部の咬合再建治療を行うこととなった。

2014年1月～ 27感染根管治療実施。根管治療後、ファイバーポストとコア用レジンで支台築造後に暫間被覆冠を装着。27は根管充填後7カ月で、ほぼ根尖部透過像は消失した (Fig.5)。

2014年4月～ 37インプラント一次手術 (Fig.6)。

2014年6月～ 27クラウンレングスニング手術 (Fig.6)。

2014年9月～ 37インプラント二次手術

2014年11月～ 27冠, 37上部構造完成装着。ナイトガード作製・装着。第2期治療終了。

2014年12月～ メンテナンスへ移行。

2015年10月～ メンテナンス中、45歯根破折にて抜歯。

2016年2月～ 45インプラント一次手術。

2017年1月～ 45インプラント上部構造完成装着。メンテナンス。

4) 第2期治療の詳細および予後

27は根尖部透過像が歯冠大と大きく、解剖学的根管形態が複雑と診断し、マイクロスコープ下で感染根管治療を実施した。感染根管治療後ファイバーポストによる支台築造を行い、対合のインプラントとのクリアランス確保のためクラウンレングスニング手術²⁾を施行して歯肉のマーzin位置を約2mm根尖側へ移動させた後、支台歯咬合面側を削除して咬合平面上に合わせてクリアランスを確保した (Fig.6)。

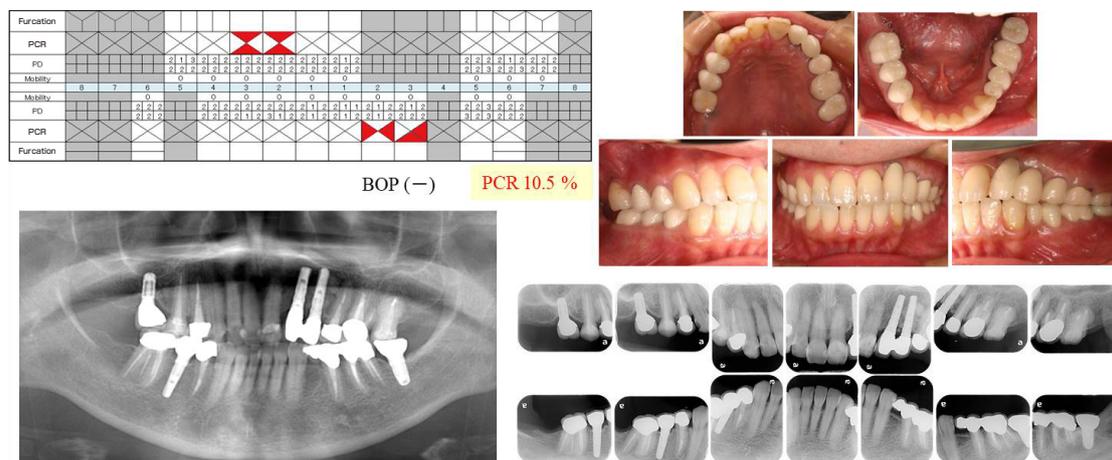


Fig. 7 4 years and 7 months after the Phase 2 treatment : periodontal chart, intraoral photographs and X-ray

感染根管治療の経過は良好で、根管充填後7カ月で根尖部透過像は消失し、9カ月後には歯根膜腔の拡大もなく、歯槽硬線の回復が認められた (Fig. 5)。根管治療後5年3カ月においても、二次元および三次元X線画像に示すように透過像もなく良好に経過している (Fig. 5)。

37インプラントは上部構造が咬合平面上に並ぶようにやや深めに埋入した (Fig. 6)。

その後37インプラントの二次手術を行い、上下顎歯周組織の良好な健康状態を確認した後、27, 37の上部構造を作製して左側第二大臼歯までの咬合再建治療を完了した。

現在、メンテナンスを継続的に実施しており、途中2015年10月、45に歯根破折が生じたため抜歯後インプラント治療を実施したが、現在第2期治療終了から4年7カ月が経過し全顎的に歯内・歯周疾患の再発はなく順調に経過している (Fig. 7)。

考 察

全顎的な治療を進めるうえで良好な予後を得るためには、術前の詳細な検査・診断・治療計画とともに歯内-歯周治療等の基礎治療が必須の条件であることはいうまでもない。確実な治療成績を得るためには、診断と基礎治療が最も重要であると考えている。従来、予後不良と考えられていた根分岐部病変もエムドゲインを使用した歯周再生療法により良好な結果が得られるようになった^{3,4)}。本症例の第1期治療における36の根分岐部病変にも自家骨移植による歯周組織再生療法を施行し、良好な経過が得られた。一方、歯内療法においても歯科用実体顕微鏡を使用した治療が良好な治療成績が得られる方法として位置づけられつつある^{5,6)}。従来から全顎的治療においては、基礎治療の確実性が重要にもかかわらず比

較的軽視されていた。しかしながら、難症例と考えられていた全顎的治療も正確な診断と治療計画によって、治療経過が予測可能で一口腔単位の治療計画立案が容易になり、予知性の高い治療が可能になった。

第2期治療において、27の挺出によるクリアランス不足を改善するためクラウンレンジング手術²⁾を行い、インプラントも約2mm歯槽骨深部に埋入した。このように咬合基準平面上に上部構造を設置するためには、27の歯肉マーキングの高さと37部Fixtureの埋入深度を細かく計測、診断して術前に詳細な治療計画を立案したうえで、27の根管治療から支台歯の調整と37インプラント治療による咬合再建治療が成り立っている。第1期治療から10年、第2期治療から4年7カ月が過ぎ、経過良好に推移しているがメンテナンス中に起こった45の歯根破折を考慮すると、咬合力の制御が今後の課題と思われる。咬合力の制御は歯周治療、インプラントの予後にも直接関与していると考えられているため⁷⁾、今後のメンテナンス、予後観察では、口腔ケアはもとより、歯冠補綴や修復に使用したセラミックのチッピングや歯肉マーキングの退縮等を指標に細かくチェックし、咬合力の制御を常に把握しておく必要があると考える⁸⁾。全顎的な包括治療は治療期間が長くなるため、患者自身による口腔衛生管理の協力が治療の成功に不可欠であると考えられる。

結 論

包括的治療において、術前の診断および治療計画と基礎治療が最も重要であり、最終的な咬合再建は詳細な診断と治療計画によってスムーズに導かれると考えられる。本症例の歯内療法と歯周治療は歯科用実体顕微鏡で行ったが、複雑な根管形態を伴う感染根管治療と歯周

外科手術は特に有効であった。さらに、歯科用実体顕微鏡は、歯冠修復や補綴治療時においても精度の高い治療が可能となり、臨床成績向上に貢献すると考えられる。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in endodontics—a review of the literature. *Int Endod J* 2019; 52: 1138-1152.
- 2) Cohen ES, 鴨井久一, 太田紀雄, 小鷲悠典. 審美再建歯周外科アトラス. 2版. 西村書店:東京;1997. 80-85.
- 3) 末田 武, 星野二郎, 山村准男. 多施設におけるエムドゲイン®の使用成績調査報告. *日歯周誌* 2004; 46: 152-160.
- 4) 塩山秀裕, 水谷幸嗣, 青山典生, 須田智也, 田中敬子, 遠藤亜希子, 楠 侑香子, 山脇史寛, 藤原-高橋 香, 木下淳博, 荒川真一, 小田 茂, 和泉雄一. エナメルマトリックスデリバティブを用いた先進医療の臨床評価と歯周組織再生予測因子の検討. *日歯周誌* 2014; 56: 302-313.
- 5) Kitajima K, Minato H, Igarashi, M. Microscopic removal of a broken nickel-titanium file protruding from a root apex along the maxillary sinus floor. *Int J Microdent* 2018; 1: 20-27.
- 6) Kasahara A, Odontogenic maxillary sinusitis improved by the use of mineral trioxide aggregate under microscopic observation: A case report. *Int J Microdent* 2018; 1: 34-38.
- 7) 石幡伸雄, 野村義明, 水谷 紘. 咬合力のコントロール その1 顎口腔系にとっての危険な力の捉え方. *日本顎咬合学会誌 咬み合わせの科学* 2004; 24: 109-119.
- 8) 石幡伸雄, 野村義明, 水谷 紘. 咬合力のコントロール その2 咬合力をコントロールするために知っておくべきこと. *日本顎咬合学会誌 咬み合わせの科学* 2004; 24: 302-315.

A Case Report : Comprehensive Treatment Approach Based on Endodontic and Periodontal Therapy

TOMINAGA Naohiro^{1,2}, Koba Taiki² and TANI-ISHII Nobuyuki²

¹Tominaga Dental Clinic

²Division of Pulp Biology and Endodontics, Department of Oral Interdisciplinary Medicine,
Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

Abstract

Objective: It is difficult to make a diagnosis and treatment plan for clinical cases involving root fracture and endodontic/periodontal diseases because the relationship between clinical symptoms and causes is unclear. This time, we report a case in which comprehensive treatment based on endodontic and periodontal therapy was performed successfully for a patient who had a chief complaint of full-mouth dental therapy.

Case: A 52-year-old female, with the chief complaint of full-mouth dental treatment at the first visit. After the completion of treatment, she moved to maintenance and hoped for occlusal recovery of the upper-left second molar (27). At the time of occlusal recovery, improvement of extension of 27, root canal treatment for periapical periodontitis, and implant treatment for 37 were required.

Overview of first-stage treatment: As a basic treatment, the infected root canal was treated after periodontal treatment. For root bifurcation lesions of 36, periodontal regenerative therapy using autologous bone graft and EMD was performed. After the root canal treatment, crown lengthening surgery was performed for 26 in consideration of the final prosthesis, and the crown length extension and clearance were secured. Root fracture was observed in 23 and alveolar bone resorption was progressing, so the tooth was extracted and implant treatment was performed. After periodontal and root canal therapy, occlusal reconstruction treatment was performed on teeth 16-26 and 46-36.

Overview of second-stage treatment: Since the patient hoped for occlusal recovery during the maintenance period, occlusal reconstruction treatment with infected root canal treatment for 27 and implant treatment for 37 were started. For 27, after performing root canal treatment under an operative microscope, an abutment was built and a crown lengthening operation was performed to secure clearance with a mating implant.

The progress of infected root canal treatment of 27 was favorable, and the implant for 37 was placed with the superstructure aligned on the occlusal plane. After confirming the health of the upper and lower gingiva, superstructures for 27 and 37 were prepared and occlusal recovery up to 27 was completed. Currently, maintenance is being carried out continuously, and 4 years have passed since the end of treatment, with smooth progress.

Conclusion: It is considered that the most important and final occlusal construction is smoothly guided by comprehensive basic treatment based on an exact preoperative diagnosis and treatment plan. It is considered that the operative dental microscope enables highly accurate treatment for infected root canals, crown restoration, and prosthodontic treatment, and contributes to the improvement of clinical results.

Key words: periodontal and endodontic treatment, periapical lesion, comprehensive treatment

非穿孔型の広範な歯根内部吸収を認めた上顎右側中切歯の1症例

大 墨 竜 也 竹 中 彰 治 野 杵 由 一 郎

新潟大学大学院医歯学総合研究科 口腔健康科学講座 う蝕学分野

抄録

目的：外傷に起因すると考えられる非常に緩慢な進行かつ広範な歯根内部吸収を伴うにもかかわらず穿孔を認めなかった上顎右側中切歯に対し、非外科的対応にて処置を行い、良好な治療経過を得た症例を経験したので報告する。

症例：40歳男性。かかりつけ歯科医院にて、上顎右側中切歯に内部吸収を指摘され、精査目的に当科を紹介された。約15年前に自転車で転倒し、前歯部を強打、亜脱臼と思われる歯の変位があったため、自分の手指にて整復したとのことだった。患歯には、処置時期は明確ではないが、隣接面・唇面にコンポジットレジン修復を認めた。自覚症状ならびに、水平垂直ともに打診痛はなく、頬側根尖相当部歯肉に sinus tract を認めた。歯科用コーンビーム CT (CBCT) による画像検査の結果、歯髓腔は内部吸収によると思われる拡大像を呈しており、唇側の皮質骨の膨隆および断裂を伴う根尖病変が認められた。根管壁に穿孔は認められなかった。

治療経過：CBCT 所見より、根管壁に穿孔がなかったため、通法に従い根管治療を行った。根管内に残存した壊死歯髓などの有機質を次亜塩素酸ナトリウムで溶解除去しつつ、手術用顕微鏡下で根尖へのアプローチを図った。歯面処理などが到達困難と思われる根尖部根管を含めた歯髓腔の根尖側およそ 1/3 を、オブチュレーションによりガッタパーチャを充填した。その上部にファイバーポストとポストレジンにて築造を行い、口蓋側の髓腔開拓部にコンポジットレジン修復を行った。

結論：症例は、広範囲に空洞化した歯根部の脆弱化が予想され、破折リスクも高いと考えられた。そのため、接着性修復により機械的物性の向上を図った。CBCT の使用は、広範囲に及ぶ内部吸収の診断と治療にきわめて有効であることが示された。

キーワード：歯根内部吸収、歯科用コーンビーム CT、手術用顕微鏡

責任著者連絡先：大墨竜也

〒951-8514 新潟市中央区学校町通二番町 5274 新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔健康科学講座う蝕学分野

TEL & FAX : 025-227-2864, E-mail : osumi@dent.niigata-u.ac.jp

受付：2020年7月2日/受理：2020年8月25日

本稿は2019年度専門医優秀症例発表賞受賞演題の内容をまとめたものである。

DOI : 10.11471/shikahozon.63.445

緒言

歯根吸収は、吸収部位により、外部吸収と内部吸収に分類される。前者は、外傷などによる炎症性吸収・腫瘍・嚢胞などの圧力による表面吸収、移植などに起因する骨置換性吸収がある。それに対し、後者は、歯髄腔内から発症するもので、発症機構の詳細は十分に解明されていない¹⁾。内部吸収は、炎症性内部吸収と内部置換吸収に大別される。炎症性内部吸収は、歯髄の肉芽組織化に加えて、象牙芽細胞層と象牙前質が傷害を受けた場合に生じる。その原因として、外傷、歯髄炎を惹起するう蝕、歯周病変が考えられている²⁾。抜髄により破歯細胞を除去しないかぎり進行は止まらず、歯冠部で吸収が進行すると歯髄が透けて見え、ピンクスポットが出現する。日常的なデンタルエックス線検査で診断可能であるが、通常、このプロセスは無症候性で、臨床的には隣在歯などのエックス線検査で偶然発見されることが多い。しかし、エックス線画像では、吸収性欠損の位置と性質、および残存する根管象牙質の厚さを明らかにすることができない³⁾。吸収部の精査には、歯科用コーンビームCT (CBCT) が有用であり、治療方針の決定に大きく寄与する⁴⁾。本症例では、CBCT 所見より、非常に広範囲な吸収にもかかわらず穿孔を認めなかったため、非外科的対応にて処置する方針とした。外傷性傷害に起因し、進行が非常に緩慢であった歯根内部吸収に細菌感染を伴った症例で、非外科的対応にて処置を行い、良好な治療経過を得たので報告する。

症例

患者：40歳，男性。

主訴：上顎右側中切歯に内部吸収を指摘され、精査依頼。

家族歴：特記事項なし。

既往歴：特記事項なし。

現病歴：右下奥歯から臭いがするとのことで、近隣の歯科医院を受診。パノラマエックス線検査による下顎右側埋伏智歯の精査時に、上顎右側中切歯に内部吸収を指摘され、精査目的に当科を紹介され、2014年2月初診となった（口腔内写真正面観，Fig. 1-a）。埋伏智歯の確認のため、パノラマエックス線写真（Fig. 1-c）を撮影したところ、上顎右側中切歯に内部吸収を指摘され、2014年2月当科受診となった。約15年前に自転車で転倒し、前歯部を強打、亜脱臼と思われる歯の変位があったため、自分の手指にて整復したという。患歯は、処置時期は明確ではないが、隣接面・唇面にコンポジットレジン修復

を認めた。

1. 現症

自覚症状はなく、水平垂直ともに打診痛はなかった。歯髄電気診で生活反応は認められず、頬側根尖相当部歯肉に sinus tract を認めた。歯周ポケットは全周3mm以内であった。

エックス線所見：上顎右側中切歯歯根部に広範囲に及ぶ辺縁不整のエックス線透過像が認められた（Fig. 1-b）。根管壁は部分的に菲薄化していた。

CBCT 所見：術前に CBCT を撮影し、内部吸収が穿孔性か否かを確認した。上顎右側中切歯の根尖部唇側の皮質骨の膨隆および断裂を伴う根尖病変が認められる。歯髄腔は内部吸収によると思われる拡大像を呈している。根管壁に穿孔は認められない。病変内の根尖部は軽度の吸収像を呈し、病変周囲の海綿骨には軽度のびまん性硬化像がみられる（Fig. 2-a 水平断，2-b 冠状断，2-c 矢状断）。

診断：歯髄壊死，慢性根尖膿瘍，内部吸収（米国歯内療法学会（AAE）の提唱する臨床診断名に基づく⁵⁾）。

治療方針：CBCT 所見にて、内部吸収は広範囲に及び、根管壁は菲薄化していたが、穿孔は認めなかった。根管壁に穿孔を認めなかったため、通法に従い感染根管治療を行う。感染根管治療後、吸収された髄腔をコアレジンなどで充填し、可及的に、脆弱化した歯質の補強を図る。歯冠修復に関しては、歯冠形成を行うと歯頸部の歯質の厚みがさらに薄くなり、破折リスクが増強することを考慮し、コンポジットレジン修復の方針とした。

2. 治療経過

髄腔開拓については、歯冠・歯根部ともに歯質の菲薄化をきたしており、髄腔開拓時の歯質の切削は、ラウンドバー（MI ステンレスバー #1/2, MANI）とゲーツグリッドドリル（#1-3, MANI）を用いて手術用顕微鏡下にて慎重に行い、最小限にとどめた（Fig. 3-a, b）。髄腔開拓時に手術用顕微鏡下で、唇側中央部にマイクロリーケージを認めた。同部のレジン修復物を除去し、再充填を行った後に根管治療を開始した。根管内容物を次亜塩素酸ナトリウムで溶解除去した（Fig. 3-b, c）。吸収窩内には壊死組織が多く存在し、超音波を併用した次亜塩素酸ナトリウム洗浄時に発泡がみられた（Fig. 3-b）。さらに、手術用顕微鏡下で、根尖へのアプローチを図った（Fig. 4-a）。有機成分の除去を図るため、水酸化カルシウム製剤（カルシペックスプレーン II，日本歯科薬品）を用い、グラスアイオノマー系セメント（ベースセメント，松風）で仮封を行った。2回目の受診時には、sinus tract は消失していた。根尖2mm程度に解剖学的形態が温存されており、04 テーパーの Ni-Ti ファイルでアピカルストップを形成した。根尖部根管を含めた歯髄腔の根

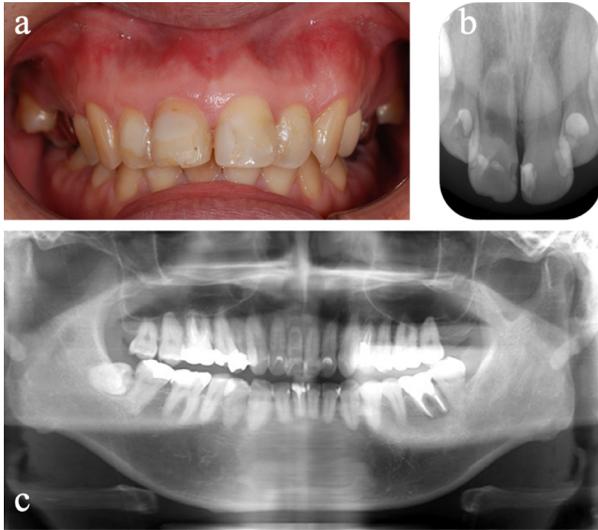


Fig. 1 Intraoral photograph, dental radiographic image, and panoramic x-ray at the first-time visit

- a : Sinus tract is observed in labial gum.
- b : Extensive absorption is observed inside the root.
- c : An internal absorption of the upper right central incisor was found by a radiograph taken by the referring dental clinic to confirm the lower right impacted molar.

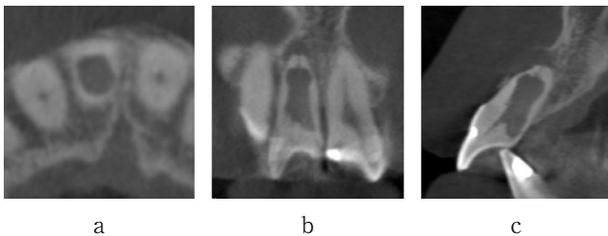


Fig. 2 Preoperative CBCT images of right central incisor

- a : Coronal slice. The root canal wall is thinned from the apex side of the root to the neck.
- b : Axial slice. Absorption range is widely spread over the entire root. The original root canal is found in the root apex.
- c : Sagittal slice. A large undercut is formed on the palate side of the tooth neck. The original root canal is found in the root apex.

尖側およそ3分の1に、シーラー (AH プラス, Dentsply DeTrey, Germany) を用い、Obtura II (Obtura corp, USA) によりガッタパーチャを充填した。根管充填後、デンタルエックス線撮影を行った (Fig. 4-b)。その後、根管上部を i-TFC ポンド (サンメディカル) にて髄腔内の接着処理を行い、ファイバーポストとポストレジ

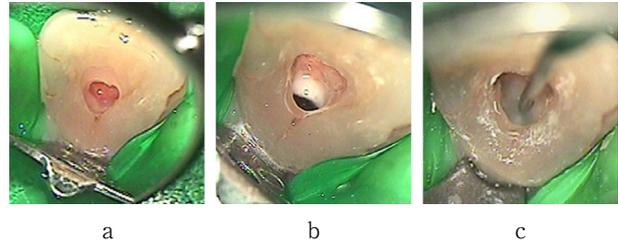


Fig. 3 Operating microscope findings

- a : Access cavity preparation. There was necrotic tissue.
- b : Foaming during irrigation with sodium hypochlorite.
- c : Using ultrasonic waves together, repeated irrigation was performed to remove necrotic tissue.

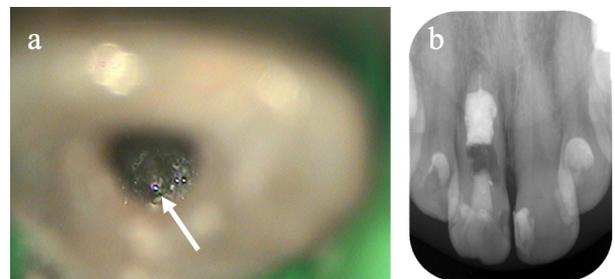


Fig. 4 Observation of the apex with a microscope and dental radiograph after root canal filling

- a : Observation of the apical foramen (white arrow) with a microscope.
- b : Post-operative periapical radiograph taken immediately after root canal filling

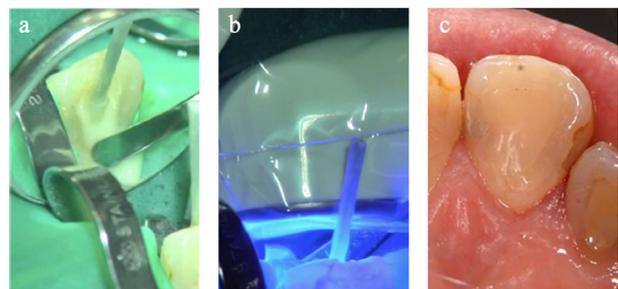


Fig. 5 Restoration procedure using adhesion between fiber post and core resin

- a : Insertion of fiber post. The i-TFC system sleeve is used to increase the fiber volume fraction.
- b : Careful light irradiation.
- c : Restoration of the palate side with a composite resin.

(i-TFC システム, サンメディカル) にて築造を行った (Fig. 5-a, b)。余剰のファイバーポストを切断し、形態

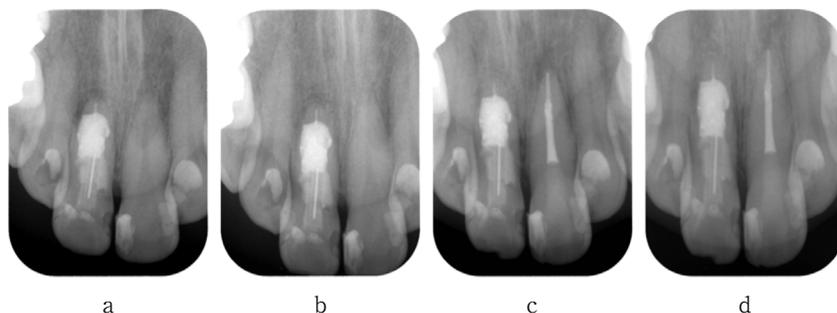


Fig. 6 Dental radiograph of postoperative course after root canal filling

- a : Upper right central incisor after composite resin restoration.
 b : Postoperative 12 months
 c : Postoperative 4 years. Postoperative periapical radiograph taken immediately after root canal filling of the upper left central incisor.
 d : 4 years 9 months. An unusual view is not seen of the right maxillary central incisor. A sinus tract was found in the root apex of the left maxillary central incisor, and the infected root canal was treated. Infected dentin was found under the resin restoration on the distal side.

を修正した。さらに、口蓋側の髓腔開拓部のポストレジジン表面を、リン酸エッチング (K エッチャント GEL, クラレノリタケデンタル), シランカップリング処理 (PZ プライマー, サンメディカル) を行った。続いて、クリアフィルムメガボンド (クラレノリタケデンタル) にて接着処理し、コンポジットレジジン修復 (MI ローフロー A3, ジーシー) を行った (Fig. 5-c)。

根管充填から1カ月後の歯冠修復後のデンタルエックス線写真 (Fig. 6-a) と比較して1年後 (Fig. 6-b) では、根尖透過像は縮小傾向を示した。そのおよそ3年後の2017年2月に上顎左側中切歯に違和感の訴えがあり、診査を行ったが、歯髄電気診・冷温診査での明らかな異常は認めず経過観察としていた。2018年5月に上顎左側中切歯根尖相当部に sinus tract を認め、感染根管治療を行った。上顎左側中切歯の遠心隣接面のレジジン修復物下に感染象牙質を認め、髓角部からの歯髄感染が起きていた。上顎左側中切歯の根管充填時のデンタルエックス線写真 Fig. 6-c に示す。根管充填後4年9カ月後のデンタルエックス線写真を Fig. 6-d に示す。Fig. 6-c にみられる上顎左側中切歯根尖の透過像も縮小し、周囲歯肉の異常や臨床症状はなく、経過良好である。

考 察

本症例は内部吸収が広範囲であったが、幸いにも根管壁の穿孔を伴っていなかった。通常、内部吸収では歯髄は生活反応を示す。進行性の歯根内部吸収では、吸収性病変の歯冠側の根管は通常壊死性であるが、根尖側は歯髄の血行により破歯細胞に栄養素を供給することで、吸

収性病変の進行を可能にしている。しかし、歯髄の失活が根管系全体へ及ぶと吸収は停止する^{6,7)}。本症例では、歯髄は失活していた。髓腔開拓時に手術用顕微鏡下で、う蝕検知液 (カリエスディテクター, クラレノリタケデンタル) で窩洞内を染色、観察した。近遠心隣接面のレジジン充填には漏洩・二次齲蝕は認めなかったが、唇側中央レジジン修復相当部の象牙質にわずかにう蝕検知液による染色を認めた。唇側中央部に感染象牙質が残存したことで、レジジン修復物の接着不良を招くとともに、内部吸収の進行が象牙質を菲薄化し、マイクロリーケージをもたらしたと考えられる。さらに、歯髄感染が併発し、歯髄が失活することで、穿孔する寸前で内部吸収が停止したと推察される。根管治療にあたり、マイクロリーケージを補修するために唇側のレジジン修復物を除去、再充填を行った。

また、診断において、デンタルエックス線写真に代表される二次元的な観察は、近遠心方向では許容できる範囲での情報を示すが、頬舌方向での詳細な観察には不十分である。CBCTシステムによる3D評価は、治療方針の立案のための助けとなり⁷⁾、いくつかの症例報告や研究は吸収性病変の診断および管理におけるCBCTの有用性を確認している⁸⁾。本症例では、内部吸収による穿孔をきたしているかどうか、治療方針の決定に大きく影響した。穿孔を有する場合には、外科的な対応を考慮する必要性が高くなる。または、根管充填時に、根充材が穿孔部から溢出する可能性を把握したうえでの根充材の選択が必要である。本症例では、CBCTの精査により、穿孔がないことを確認し、次亜塩素酸ナトリウムによる根管内容物の除去をより入念に行い、ガッタパーチャの

充填, それに続くレジン修復についても穿孔がないことが各処置のステップに有利に働いたと考える。

処置方針としては, まず, 内部吸収部の壊死歯髄などの有機物の除去が必要となる。内部吸収はその構造が複雑で機械的な清掃を十分に行き届かせることが困難なため, 組織溶解と感染源の除去を目的に洗浄を次亜塩素酸ナトリウムと超音波器具を組み合わせることが推奨される⁹⁾。さらに, 水酸化カルシウムの貼葉が, 有機物除去に相乗効果を有することが示されている¹⁰⁾。根管内の有機物の除去が完了した後に, 歯面処理などが到達困難と思われる根尖部根管を含めた歯髄腔の根尖側およそ1/3にObtura IIによりガッタパーチャを充填した。

内部吸収への充填処置において, 特に穿孔を伴う場合, 軟化ガッタパーチャを用いる垂直加圧法を応用する際には, 材料の溢出に十分注意を払うなどの難易度の増加を伴い, 穿孔部の確実な閉鎖のためには外科的歯内治療を併用せざるをえない場合も出てくる。それらの解決策として, 封鎖性の高さや機械的物性の高さにより充填材料としてMTAが選択されることが多くなってきている^{11,12)}。本症例では, 髄腔の容積が大きく, 大量のMTAを充填することはMTAの操作性と根管窩洞の形態を考慮するとデッドスペースが生じる可能性が高いと判断した。また, 空洞化した髄腔(根管)の脆弱化が容易に予想されたため, 破折リスクも高いと考えた。その対策として, 接着性修復による機械的物性の向上が必要と考えた。そこで, 流動性のあるフロアブルレジンを流し込むことにより, 可能なかぎり死腔を排除することを試みた。接着処理前の窩洞内の乾燥は, ペーパーポイントとスリーウェイシリンジの先に25G洗浄針を装着したエアブローにて, 手術用顕微鏡下で確認しながら行った。吸収窩表層は次亜塩素酸ナトリウムで有機物の除去を可及的に行ったとしても, 通常の根管象牙質の構造とは異なることが考えられる。そのため, 吸収窩表層を機械的に切削するためにMIステンレスパーや超音波切削器具(ST21, オサダ)を用いたが, 窩洞内には吸収窩の形態としてアンダーカットが存在し, 窩洞内の一部に限られるため, 接着処理の効果が十分に得ることが困難であることも予想された。

i-TFCシステム付属のスリーブを用いてファイバーの径を可及的に拡大し, ファイバーポストとポストレジン, 歯質を一体化させることで可及的に機械的物性の向上を図った。

本論文に関して, 開示すべき利益相反状態はない。

結 論

本症例は内部吸収の範囲が非常に大きかったが, 幸いにも, 根管壁の穿孔を伴っていなかった。CBCTの使用は, 広範囲に及ぶ内部吸収の診断と治療にきわめて有効であることが示された。空洞化した歯根部の脆弱化が予想され, 破折のリスクが高いと考えられた。そのため, 接着性修復により機械的物性の向上を図った。現在約5年経過したが, 良好な予後である。

文 献

- 1) Levin L, Trope M. Root resorption. Hargreaves KM, Goodis HE, Seltzer and Bender's dental pulp. 2nd ed. Quintessence Publishing: Chicago: 2002. 425-448.
- 2) Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. J Endod 2010; 36: 1107-1121.
- 3) Kiarudi AH, Eghbal MJ, Safi Y, Aghdasi MM, Fazlyab M. The applications of cone-beam computed tomography in endodontics: a review of literature. Iran Endod J 2015; 10: 16-25.
- 4) Takita T, Tsurumachi T, Ogiso B. Endodontic treatment of a maxillary lateral incisor with a perforating internal resorption by using cone beam computed tomography as a diagnostic aid: a case report. Quintessence Int 2011; 9: 745-752.
- 5) Glickman GN. AAE Consensus Conference on Diagnostic Terminology: background and perspectives. J Endod 2009; 35: 1619-1620.
- 6) Tronstad L. Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations. Endod Dent Traumatol 1988; 4: 241-252.
- 7) Patel S, Pitt Ford T. Is the resorption external or internal? Dent Update 2007; 34: 218-229.
- 8) Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography: An *in vivo* investigation. Int Endod J 2009; 42: 831-838.
- 9) van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. Int Endod J 2007; 40: 415-426.
- 10) Turkun M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. Int Endod J 1997; 30: 335-342.
- 11) Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod 1993; 19: 541-544.
- 12) Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod 1995; 21: 349-353.

Endodontic Management of the Maxillary Right Central Incisor with Extensive Internal Root Resorption without Perforation

OHSUMI Tatsuya, TAKENAKA Shoji and NOIRI Yuichiro

Division of Cariology, Operative Dentistry and Endodontics, Department of Oral Health Science,
Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

Abstract

Purpose: The pathogenesis of internal root resorption is not fully understood, and trauma and chronic pulpitis are considered to be major risk factors. Usually, this process is asymptomatic and is diagnosed by routine X-rays. This case report describes a very slow progression of internal absorption associated with traumatic injury. Dental cone beam CT (CBCT) results showed that the internal absorber had not been drilled out, so we decided on a non-surgical treatment. The combination of CBCT and microscopy gave a good prognosis.

Case: The patient was a 40-year-old man with the chief complaint of suspected internal absorption of #11, who was referred for examination by a general dental clinic. The patient had a history of trauma to the maxillary anterior teeth, having fallen from a bicycle about 15 years ago. The patient was less aware of symptoms and had no pain to date. In the buccal periapical tissue of #11, a sinus tract was observed. According to clinical findings and CBCT imaging, the case was diagnosed as apical abscess caused by irregular internal absorption. The treatment strategy was to treat the infected root canal, and after filling the root canal, we selected resin filling as the adhesive repair.

Conclusion: Since the internal absorption was widespread in the case, it was expected that the roots would become weakened. Moreover, the risk of root fracture was considered to be high. Therefore, the mechanical properties were improved by making the adhesive into a monobloc. The use of CBCT was shown to be extremely effective in the diagnosis and treatment of widespread internal absorption.

Key words: internal root resorption, dental cone beam computed tomography, surgical operation microscope

歯周組織の炎症と不妊の関連性を示唆する、 ある侵襲性歯周炎患者の病態生理

大森一弘¹ 河野隆幸² 小林寛也³
新井英雄^{1,4} 山本直史³ 高柴正悟³

¹岡山大学病院歯周科

²岡山大学病院総合歯科

³岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 病態制御科学専攻 病態機構学講座 歯周病態学分野

⁴国立療養所邑久光明園歯科

抄録

緒言：歯周病原細菌の感染と歯周組織の炎症が、妊娠に影響を与える可能性が報告されている。今回、不妊治療の経過が思わしくない侵襲性歯周炎患者に感染源除去の観点から専門的歯周治療を行い、自然妊娠から正常出産にいたった症例の経過をふまえ病態を考察する。

症例：33歳、女性、既婚（不妊治療中）。2016年9月、26の動揺および同部の自発痛を自覚し、かかりつけ歯科医院を受診した。同院でエックス線検査を受けて、重度の歯槽骨吸収があると説明された。早期の専門的歯周治療を勧められ、当科を紹介された。既往歴の特記事項はなく、不妊検査においても患者本人および夫ともに異常所見はなかった。歯周組織検査において、probing pocket depthが4 mm以上の部位の割合は49.5%、bleeding on probingは47.9%、plaque control recordは3.1%、歯周炎症表面積（PISA）は2,392 mm²であった。エックス線検査所見では、主訴部の26部を中心に根尖に及ぶ骨吸収像が多数存在した。歯周病原細菌に対する血清抗体価検査および歯周ポケット内細菌DNA検査ともに、*Porphyromonas gingivalis*の感染が強く疑われた。診断は広汎型侵襲性歯周炎（ステージIV、グレードC）、二次性咬合性外傷とした。治療方針として、患者の妊娠希望に配慮して、できるかぎり早期（1年以内）の歯周環境の改善を目指すこととした。また、歯周外科治療が終了するまでの不妊治療を含めた妊娠活動を控える必要性について説明し、同意を得た。治療計画は、①歯周基本治療（患者教育、抜歯、局所抗菌療法を併用したスケーリング・ルートプレーニング、暫間固定）、②歯周組織再生療法、③口腔機能回復治療、④歯周病安定期治療（SPT）とした。治療経過として、歯周治療に対する宿主反応性は非常に良く、炎症改善と歯槽骨の再生を確認した（歯周外科治療後PISA：43 mm²）。口腔機能回復治療中に自然妊娠し、35歳時に男児を正常出産（経陰分娩、3,240 g、出産週数：38週+5日）した。

考察および結論：重度の*P. gingivalis*感染および歯周炎症を伴う侵襲性歯周炎の罹患が、妊娠成立に影響を及ぼす可能性が示唆された。本症例のように不妊治療の経過が思わしくない場合には、歯周組織を含めた口腔状態を一度精査することが望まれる。

キーワード：侵襲性歯周炎、不妊、*Porphyromonas gingivalis*

責任著者連絡先：大森一弘

〒700-8525 岡山市北区鹿田町2-5-1 岡山大学病院歯周科

TEL：086-235-6677, FAX：086-235-6679, E-mail：kazu@okayama-u.ac.jp

受付：2020年3月31日/受理：2020年8月17日

本稿は2019年度認定医優秀症例発表賞受賞演題の内容をまとめたものである。

DOI：10.11471/shikahozon.63.451

緒言

症例

少子超高齢社会を迎えたわが国において、人口は年々減少しており、出生数の増加は喫緊の課題となっている。しかし、近年の晩婚化・晩産化に伴い、加齢に伴う不妊に悩む夫婦が増加している。不妊とは、妊娠を望む健康な男女が避妊をしないで性交をしているにもかかわらず、一定期間（約1年）妊娠しないものと定義されている¹⁾。近年、不妊の夫婦は約5.5組に1組と報告されており²⁾、社会情勢等の影響によって妊娠を希望する年齢が上昇していることもあり、この割合はさらに上昇する傾向にある。

不妊の原因は、男性側、女性側あるいはその両方にある場合がある。一方、従来の不妊検査では何も原因が見つからない場合もあり、余計に不安を感じる夫婦も存在する。不妊検査をしても明らかな原因が見つからない原因不明不妊は、不妊症の約3割を占めると報告されている³⁾。そのため、不妊治療を受ける夫婦は、身体的苦痛・精神的な落ち込み・経済的な負担などの悩みを多く抱えており、特に原因不明の不妊に対する新たなアプローチを模索することが社会から強く求められている。

不妊のリスクファクターとして、従来から年齢・肥満・栄養バランス・ストレス・喫煙などが報告されている⁴⁾。一方、口腔疾患の一つである歯周病が妊娠成立に悪影響を及ぼす可能性が近年報告されはじめている。歯周病は、口の中に常在する歯周病原細菌 (*Porphyromonas gingivalis* など) が歯周ポケットに感染し続けることによって発症する口腔感染症である。妊娠成立に及ぼす影響として、*P. gingivalis* に対する唾液中の immunoglobulin (Ig) G 抗体価が高い女性においては、抗体価が低い女性に比べ妊娠成立までに長い期間を要することが報告されている⁵⁾。さらに、オーストラリアの疫学調査において、歯周病に罹患している女性の妊娠を希望してから実際に妊娠成立するまでの平均期間 (7.1 カ月) は、歯周病を罹患していない女性の平均期間 (5.1 カ月) に比較して有意に延長することが報告されている⁶⁾。これら疫学研究は、歯周病を罹患していることによって妊娠成立になんらかの悪影響がある可能性を示唆している。

今回、医科的に不妊原因がはっきりとしない *P. gingivalis* 感染を主体とした広汎型侵襲性歯周炎患者に対して、徹底的な感染源除去を主体とした専門的歯周治療を行うことによって、口腔 (歯周) 状態の改善とともに、自然妊娠から正常出産にいたった症例の経過をふまえて病態を考察する。

患者：33歳，女性，会社員，既婚。

初診日：2016年9月下旬。

主訴：26の動揺および自発痛。

現病歴：

- ・20歳代前半から疲労時に歯肉の疼痛，腫脹，そして排膿を自覚していたが，栄養ドリンクおよび市販の鎮痛剤を内服するのみで我慢していた。
- ・2016年9月上旬に26の動揺と自発痛を自覚したため，かかりつけ歯科医院を受診した。同院でのパノラマエックス線検査において，全顎的な重度の歯槽骨吸収が確認され，侵襲性歯周炎の疑いを指摘された。早期に専門的な歯周治療を受けるため，2016年9月下旬，岡山大学病院歯周科を紹介されて受診した。

全身所見：

- ・身長164 cm，体重68 kg，body mass index (BMI) 25.3 kg/m²。
- ・特記すべき全身疾患，喫煙歴はない。
- ・年齢的な背景から早期の妊娠を希望して，不妊治療を2015年から開始している。不妊検査において，夫婦ともに特記すべき異常所見は指摘されていない。そのため，まずタイミング法による妊娠活動を試みたが妊娠成立しなかったため，2016年夏頃から人工授精を検討していた。

家族歴 (家系図，Fig. 1)：

- ・家族構成は，父，母，妹の4人である。
- ・54歳の父親が総義歯を使用しており，侵襲性歯周炎の疑いがある。
- ・父方・母方の祖父母が総義歯を使用しており，歯周炎の家族内集積が疑われた。

1. 初診時現症

1) 口腔内所見 (Fig. 2)

- (1) 歯の喪失はなく，現在歯数は32本であった。
- (2) O'Leary らの plaque control record (PCR)⁷⁾ は3.1%で口腔衛生状態は良好であり，視診上の全顎的な辺縁歯肉の発赤と腫脹は軽度であった。しかし，主訴部の26口蓋側辺縁歯肉は退縮しており，歯間乳頭部歯肉を含め浮腫性腫脹を呈していた。また，26口蓋根の根面には歯肉縁下歯石の沈着がみられた。
- (3) 臼歯関係と犬歯関係は，左右ともに Angle III級であった。オーバージェットは0 mm，オーバーバイトは0 mmであり，前歯部の咬合接触は弱く，切端咬合であった。また，下顎前歯部は右側に1

Table 1 Changes in various examination values

		First visit (September, 2016)	After IP (January, 2017)	After surgery (September, 2017)	SPT (March, 2019)
WBC	($\times 10^3/\text{ml}$)	5.54	4.95	4.83	Not Done
Neutrophils	($\times 10^3/\text{ml}$)	3.5	2.9	2.8	Not Done
Lymphocytes	($\times 10^3/\text{ml}$)	1.7	1.7	1.7	Not Done
CRP	mg/dl	0.45	0.07	0.05	Not Done
HbA1c	%	5.8	5.8	5.6	Not Done
Present teeth number		32	31	30	30
PCR	%	3.1	7.3	1.7	2.5
Average PPD	mm	4.7	3.3	2.4	2.3
PPD \geq 4 mm	%	49.5	38.2	5.0	3.9
BOP	%	47.9	16.1	2.2	6.1
PISA	mm ²	2,392	351	43	80
Bacteria examination (Quantitative RT-PCR)	total	1.3×10^8			5.2×10^6
	Pg	2.7×10^7			3.8×10^1
*Sampling site : #16 BM	Aa	Undetectable			1.0×10^2
	Pi	9.2×10^3			Undetectable
Plasma IgG titer (ELISA)	Pg, FDC381	1.92	-0.02		-0.82
	Pg, SU63	9.46	1.96		-0.37
	Aa, SUNY67	1.54	1.54		0.21
	Fn, ATCC25586	1.60	1.68		0.15
	Cr, ATCC33238	10.31	7.86		2.37

WBC : white blood cells, CRP : C-reactive protein, HbA1c : hemoglobin A1c, PCR : plaque control record, PPD : probing pocket depth, BOP : bleeding on probing, PISA : periodontal inflamed surface area, Pg : *Porphyromonas gingivalis*, Aa : *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, Pi : *Prevotella intermedia*, Fn : *Fusobacterium nucleatum*, Cr : *Campylobacter rectus*, RT-PCR : reverse transcription-polymerase chain reaction, BM : buccal mesial, ELISA : enzyme-linked immunosorbent assay, IgG : immunoglobulin G, IP : initial preparation, SPT : supportive periodontal therapy

5) 血液検査 (一般, 生化学, 免疫血清, 疾患関連, Table 1)

全身疾患のスクリーニングのために血液検査を行うため, 岡山大学病院総合内科へ院内紹介した.

(1) C反応性タンパク (C-reactive protein : CRP) が軽度上昇 (0.45 mg/dl) していた.

(2) 他に特記すべき異常所見はなかった.

2. 診 断

患者の年齢と歯周炎の (進行) 状態を考慮して, 二次性咬合性外傷を伴う広汎型侵襲性歯周炎 (ステージIV, グレードC) と診断した.

3. 治療方針

1) 患者の早く妊娠したいという希望に配慮して, できるだけ早期 (1年以内) の歯周環境の改善を目指す.

2) 重度の歯周感染と炎症が, 妊娠成立そして母体および胎児に及ぼす悪影響について説明し, 観血的処置が終了するまで不妊治療を含めた妊娠活動を

控える必要性についても説明する.

3) 疾患活動性を低下させるために, 早期に可及的な感染源除去療法と咬合性外傷のコントロールを行う. さらに, 歯周外科治療によって感染源の徹底除去を行うとともに, 若い年齢を考慮し支持歯槽骨の回復を目指した歯周組織再生療法を行う. その後, 適切な咬合関係の獲得を目的とした矯正歯科治療を行い, 口腔機能回復治療へと移行する. 保定と外傷力の緩和を考慮した連結固定範囲および口腔衛生の自己管理が容易な口腔内環境を配慮した最終補綴物を装着して, SPT へ移行するという方針を立てた.

4) 上記治療方針については, 患者に十分に説明を行い, 同意を得た後に治療を開始した.

4. 治療計画

以下の治療項目を計画した.

1) 歯周基本治療

(1) 患者に侵襲性歯周炎の特徴的な病態を説明すると

ともに、重度の歯周感染および炎症が、妊娠成立および母体・胎児に及ぼすリスク（早産および低体重児出産）を説明して、早期感染源除去の必要性を理解させる。

- (2) 歯肉縁上の感染源除去を目的としたブラッシング方法の確認と歯肉縁上スクレーリングを実施し、口腔衛生管理状態を向上させる。
- (3) 主訴部である26および47は、根尖まで歯槽骨の吸収が進行して感染のコントロールが不可能と判断し、抜歯を行う。
- (4) 歯肉縁下の感染源除去を目的として抗菌剤の局所投与を併用したスクレーリング・ルートプレーニング（SRP）を行う。感染源を除去して、炎症を可及的に消退させた後に動揺度を評価して、咬合調整や暫間固定を行う。
- (5) う蝕処置（13, 12, 11, 22, 23, 36）および21の感染根管治療を行う。
- (6) 就寝時の咬合性外傷力緩和を目的としたナイトガードの装着を行う。

2) 再評価

- (1) PPDが4mm以上で感染のコントロールができない歯周ポケットを確認する。
- (2) 再評価結果を基に歯周外科治療の計画を立案する。
- 3) 歯周外科治療（歯周組織再生療法）
 - (1) 歯根面および歯槽骨面に存在する感染源を徹底的に除去する。
 - (2) 歯槽骨形態に合わせて歯周組織再生療法〔自家骨移植または塩基性線維芽細胞増殖因子（fibroblast growth factor-2:FGF-2）製剤の適用〕を行う。

4) 再評価

- (1) 歯肉炎症の消退、歯周ポケットの減少、そして歯槽硬線の明瞭化の観点で、臨床症状の改善を評価する。
- (2) 血清IgG抗体価検査によって歯周病原細菌感染度の低下を評価する。

5) 口腔機能回復治療（矯正歯科治療）

咬合関係の改善および歯槽骨頂部の平坦化を目指す。

6) 再評価

- (1) 矯正歯科治療後の歯周ポケットの確認および歯周組織形態の評価を行う。
- (2) 動揺歯の連結固定範囲を決定する。
- 7) 口腔機能回復治療（補綴修復治療）

二次性咬合性外傷のコントロール、26と47欠損部の機能回復、21審美面の回復を目的とした補綴修復治療を行う。

8) 歯周病安定期治療（Supportive Periodontal Therapy: SPT）

良好なプラークコントロールと咬合の状態を維持し、歯周組織の安定を図る。

- (1) 定期的な歯周組織検査やデンタルエックス線検査に合わせて、血清IgG抗体価検査および細菌DNA検査を用いて、歯周炎の疾患活動性を評価し、歯周炎の再発に対して早期に対応する。
- (2) 露出根面に対してはフッ化物を応用して根面カリエスの抑制を行う。

なお、歯周外科治療後の再評価において、歯周組織の感染および炎症が改善される傾向を確認でき次第、不妊治療を含めた妊娠活動の再開を勧める予定とする。

5. 治療経過

1) 歯周基本治療

20歳代頃から疲労時に歯肉からの出血および腫脹、さらに歯の動揺を自覚しており、口腔の不快感がストレスとなっていた。2016年9月上旬、口腔症状の悪化を自覚し、かかりつけ歯科医院を受診した頃には白歯部の動揺のため、同部で咬んで食事をすることができずにいた。2016年9月下旬に当院を最初に受診した際に、上記各種検査を行った後、10月から歯周基本治療を開始した。

- (1) まず、侵襲性歯周炎の特徴を十分説明した。
- (2) そして、今後の治療方針について、二つの方針を軸に患者説明を行った。

①一つ目は、重度の歯周感染と炎症が妊娠成立^{5,6)}、母体および胎児に及ぼすリスク（早産および低体重児出産の可能性）^{12,13)}について説明した。このまま不妊治療を継続して妊娠することができたとしても、現状の口腔状態のままであると胎児に悪影響を与える可能性が高い点を入念に説明した。また、悪阻による口腔衛生環境の悪化や、女性ホルモンバランスの変化に伴い歯周炎症が急性化する可能性も高く、患者自身の口腔環境のさらなる悪化（歯の喪失など）につながるリスクについても説明した。

②二つ目は、妊娠希望を十分に配慮した治療計画を立案して提案した。すなわち、歯肉縁下に重度の感染が存在しており、歯周基本治療のみでは感染源を徹底除去することは困難なため、歯周外科治療の実施は必要不可欠であると考えた。そこで、観血的処置に伴う術後の抗菌薬および鎮痛剤内服が必要となる歯周外科治療までの行程を初診日から1年以内に完了する治療スケジュールを立案し、提案した。なお、本治療計画を提案する際、歯周外科治療が完了するまでは不妊治療を含めた妊娠活動を中断することを前提に説明した。

③専門的歯周治療途中における予定外の妊娠に伴う治

療中断は、患者、術者ともにメリットがない（不完全な感染制御および治療時間）ことを十分に説明し、同意が得られない場合は専門的歯周治療を実施しないことも併せて説明した。患者は上記2点の治療方針について十分に考えた末、本治療計画に同意した。

- (3) 口腔衛生状態はおおむね良好で、PCR は約3%を維持していた。可及的な感染源除去として、超音波スケーラー装置（バリオス、ナカニシ）を用いて歯肉縁上歯石の除去を行った。そして、主訴である26の抜歯を行い、シーネを装着した。その後、局所浸潤麻酔（リドカイン塩酸塩/アドレナリン酒石酸水素塩、オーラ注歯科用カートリッジ、昭和薬品化工）下での全顎のSRPを6ブロックに分けて行った。また、毎回のSRP後に、歯周ポケット内細菌数や臨床的パラメーターの改善を目的とした補助的療法として、塩酸ミノサイクリン軟膏（ペリオクリン、サンスター）を歯周ポケット内に貼薬した（日本歯周病学会「歯周病患者における抗菌療法の指針」¹⁴⁾を参考に実施）。
- (4) 上顎前歯部のう蝕治療ならびに21と47の感染根管治療を行った。なお、47は治療計画立案時において早期の抜歯を計画していたが、挺出に伴う歯槽骨の平坦化を目指し、感染根管治療を行って自然挺出させた後、歯周外科治療時に抜歯することとした。
- (5) 全顎的な歯肉縁下の感染源を可及的に除去し、視診上の炎症所見の改善を確認した後、支持歯槽骨の少ない13-16, 33-35, 31-42, 45-46部に対し、歯間部のエナメルボンディングレジンを固定（スーパーボンド、サンメディカル）を行った。そして、就寝時の咬合性外傷力緩和を目的としたナイトガード（ハードプレスタイプ、厚み1.5mm、上顎型）を装着した。

2) 再評価

歯周基本治療後の再評価において、PPDが3mm以下の部位の割合は50.5%から61.8%に、BOP陽性率は47.9%から16.1%に、PISAは2,392mm²から351mm²に改善していることを確認した。血清IgG抗体価検査では、初診時と比較し、*P. gingivalis* FDC381, *P. gingivalis* SU63, *C. rectus* ATCC33238の抗体価が減少した（Table 1）。

3) 歯周外科治療

4mm以上の歯周ポケットが残存し、歯肉縁下の感染のコントロールが困難な部位に対して、徹底した感染源除去および年齢を考慮した歯槽骨の再生を目的とした歯周外科治療を計画した。歯周外科治療は13-23部、24-28部には歯肉剥離搔爬術を行い、34-38部には自家骨移植

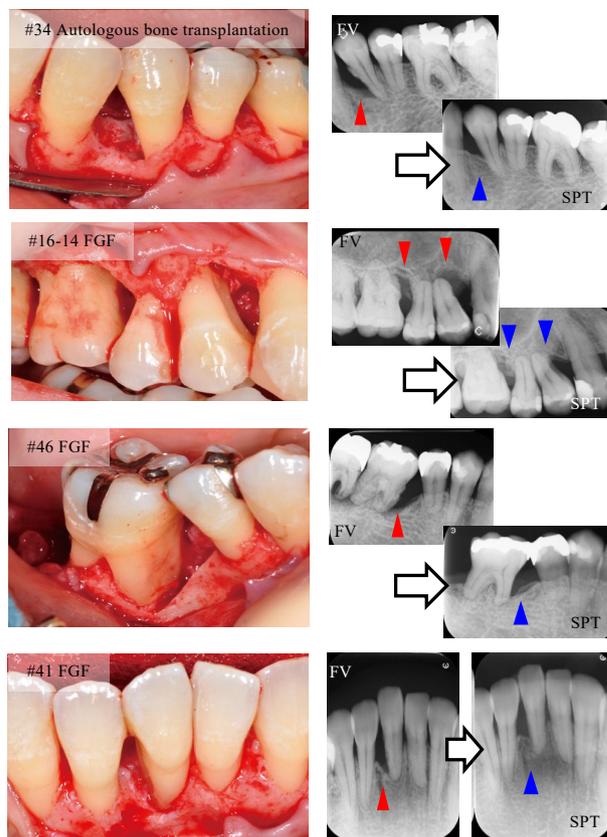


Fig. 3 Oral photo during the periodontal regeneration therapy, and dental radiography at first visit (FV) or supportive periodontal therapy (SPT, at least 9 months of postsurgery)

(34部)を併用した歯肉剥離搔爬術を行い、14-17部、31-42部、44-48部にはFGF-2製剤（リグロス、科研製薬）を用いた歯周組織再生療法を行った（Fig. 3）。根面に対しては残存歯肉縁下歯石の徹底除去を行うとともに過度なルートプレーニングは避けるように配慮した。そして、骨面に付着した肉芽組織は徹底的に除去した。

4) 再評価

歯周外科治療後の再評価において、PCRは1.7%を維持しており、PPDが3mm以下の部位の割合は95%に改善した。全顎的に歯肉の発赤および腫脹はなく、BOPは2.2%、PISAは43mm²と初診時と比較し大幅に改善していることを確認した。

以上の再評価検査結果から、治療の目的とした感染源除去および二次性咬合性外傷のコントロールが達成され、臨床的に歯周組織の改善が得られたと判断した。なお、患者自身も初診時に自覚していた口腔不快症状が消失し、ストレスは激減したと言われた。さらに歯の動揺が改善することで、咬んで食事することが可能になり、少し痩せたとの報告を受けた（BMIが25.3kg/m²から24.1kg/m²に低下）。そのため、本時点において、当初計

環境を整えることを目的に歯周組織再生療法を主体とした歯周外科治療を初診受診後から1年以内に完了する計画を立案し、計画どおり実施した。そして、口腔（歯周）環境の大幅な改善とともに、初診から1年7カ月に自然妊娠し、無事正常出産にいたることができた。

女性の卵子は加齢につれて質・量ともに低下するため、30歳を超えると妊娠率が徐々に低下し、35歳を超えると明らかに低下することが報告されている¹⁵⁾。本症例の患者も、初診受診時の年齢が33歳であり、32歳時から不妊検査および治療を開始した背景がある。このことから、妊娠に対する焦る気持ちが十分に感じられた。不妊検査において不妊の原因となりうる異常は夫婦ともに指摘されず、原因不明不妊の診断の下、タイミング法から実施していた。しかし、タイミング法では妊娠にいたり、人工授精を検討している段階で口腔症状の悪化を自覚し、当院を紹介受診するにいたった。初診時の歯周状態は、視診上の口腔衛生状態はPCRが3.1%と非常に良好であったが、歯肉縁下には多量の感染源が残存しており、PISAが2,392 mm²という結果からも重度の炎症が存在していたことがわかる。

本患者が今回の治療方針および計画に同意した背景には、20歳代前半から疲労時に自覚していた不快な口腔症状（歯肉腫脹および排膿）がストレスになっていた点、また、臼歯部の歯の動揺に伴う咀嚼障害が栄養バランスの悪化に伴う肥満傾向につながっていると考えている点が影響したものと考える。ストレスおよび肥満（BMI > 25 kg/m²）はともに不妊のリスクファクターであり、妊娠成立に悪影響を及ぼすことが示唆されている⁴⁾。患者自身も、ストレスの改善および食生活の改善（肥満の改善）が望ましいと自覚はしていたものの、なかなか対応できなかった実情がある。

今回、患者年齢を考慮し、感染しにくい歯周環境の構築を目指して歯周組織再生療法を主とした専門的歯周治療を行い、歯槽骨の再生を含め歯周環境は大幅に改善した（初診時PISA：2,392 mm²→最新SPT時PISA：80 mm²）。患者自身も今回の歯周治療の効果を自覚しており、口腔不快症状に伴うストレスが劇的に減少するとともに、栄養バランスも改善したと言われる。その結果、体重が減少するとともにBMIも25.3 kg/m²から24.3 kg/m²に減少した。このような身体をとりまく環境の変化も、自然妊娠および正常出産に好影響を与えた可能性が高いと考える。

また、本症例の病態には歯周病原細菌の一つである*P. gingivalis*の感染が大きく関与していると考えられる。近年、*P. gingivalis*の感染が妊娠成立に悪影響を及ぼす可能性が報告されている。フィンランドの疫学研究において、妊娠しなかった女性では唾液中の*P. gingivalis*の検出率

が有意に高く、さらに、唾液中および血清中の*P. gingivalis*に対する抗体価も有意に高く、不妊率を高める可能性が報告されている⁵⁾。本症例においても、初診時の歯周ポケット内細菌DNA検査において、総菌数に占める*P. gingivalis*の割合は高く（約21%）、また、*P. gingivalis*に対する血清IgG抗体価も高値（*P. gingivalis* FDC381：1.92、*P. gingivalis* SU63：9.46）を示しており、重度の*P. gingivalis*感染が疑われた。本患者は、結婚後、すぐに妊娠活動を始めたものの、妊娠にはいたりせず不妊治療を開始した。しかし、不妊検査において夫婦ともに異常がみられず、原因不明不妊の診断となった背景がある。一方、徹底的な感染源除去を主体とした歯周治療に伴い、DNA検査および抗体価検査において*P. gingivalis*感染の減少を確認した後、自然妊娠するにいたった。すなわち、*P. gingivalis*感染を主体とした侵襲性歯周炎の発症が不妊環境の構築に関与していた可能性が示唆され、重度の歯周疾患の罹患が不妊のリスク要因の一つとなりうると思われる。しかし、*P. gingivalis*感染と不妊との関連はいまだ不明な点が多く、今後、基礎研究レベルでのさらなるメカニズムの検証が必要であると考える。さらに、侵襲性歯周炎の発症が、ほかの不妊リスク要因（ストレス、炎症、栄養バランスなど）に及ぼす影響も十分考えられるため、今後、不妊治療中患者の口腔状態を調査する臨床研究の推進が望まれる。

結 論

本症例では、不妊治療中の重度の*P. gingivalis*感染に伴う広汎型侵襲性歯周炎患者に対して、徹底的な感染源除去を主体とした専門的歯周治療を行い良好な歯周環境を獲得した。さらに、口腔（歯周）環境の改善に伴い自然妊娠し、正常出産にいたることができた。本症例のように不妊治療の経過が思わしくない場合には、歯周炎を含めた口腔感染症の状態を一度精査することが望まれる。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本報告の遂行に種々のご協力を頂きました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯周病態学分野の先生方に深く御礼申し上げます。

本報告は、日本歯科保存学会2019年度春季学術大会（第150回、2019年6月24日、金沢市）において発表した。

本論文で開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) 久具宏司. 不妊とは? 日本産科婦人科学会. HUMAN+女と男のディクショナリー. 2版. 日本産科婦人科学会:東京;2018. 63.
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所. 2015年社会保障・人口問題基本調査(結婚と出産に関する全国調査)現代日本の結婚と出産—第15回出生動向基本調査(独身者調査ならびに夫婦調査)報告書—2017:14.
- 3) 日本生殖医学会. 不妊症Q & A(平成25年4月). http://www.jsrm.or.jp/document/funinshou_qa.pdf (2020年3月17日アクセス)
- 4) Meldrum DR, Casper RF, Diez-Juan A, Simon C, Domar AD, Frydman R. Aging and the environment affect gamete and embryo potential: can we intervene? *Fertil Steril* 2016; 105: 548-559.
- 5) Paju S, Oittinen J, Haapala H, Asikainen S, Paavonen J, Pussinen PJ. *Porphyromonas gingivalis* may interfere with conception in women. *J Oral Microbiol* 2017; 9: 1330644.
- 6) Hart R, Doherty DA, Pennell CE, Newnham IA, Newnham JP. Periodontal disease: a potential modifiable risk factor limiting conception. *Hum Reprod* 2012; 27: 1332-1342.
- 7) O'Leary TJ, Drake RB, Naylor JE. The plaque control record. *J Periodontol* 1972; 43: 38.
- 8) 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.
- 9) Murayama Y, Nagai A, Okamura K, Kurihara H, Nomura Y, Koikeguchi S, Kato K. Serum immunoglobulin G antibody to periodontal bacteria. *Adv Dent Res* 1988; 2: 339-345.
- 10) 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.
- 11) Maeda H, Fujimoto C, Haruki Y, Maeda T, Koikeguchi S, Petelin M, Arai H, Tanimoto I, Nishimura F, Takashiba S. Quantitative real-time PCR using TaqMan and SYBR Green for *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *tetQ* gene and total bacteria. *FEMS Immunol Med Microbiol* 2003; 39: 81-86.
- 12) 日本歯周病学会. 歯周病と全身の健康. 1版. 医歯薬出版:東京;2016. 27-37.
- 13) Taniguchi-Tabata A, Takeuchi N, Uchida Y, Ekuni D, Morita M. Association between maternal periodontal status and ultrasonographic measurement of fetal growth: A longitudinal study. *Sci Rep* 2020; 10: 1402.
- 14) 日本歯周病学会. 歯周病患者における抗菌療法の指針. 1版. 医歯薬出版:東京;2011. 13.
- 15) 厚生労働省雇用均等・児童家庭局母子保健課. 不妊に悩む方への特定治療支援事業のあり方等について. 内閣府男女共同参画局. 共同参画(平成26年2月号). <http://www.gender.go.jp/public/kyodosankaku/2013/201402/pdf/201402.pdf> (2020年6月18日アクセス)

Pathophysiologic Consideration for a Patient with Aggressive Periodontitis Suggesting a Relationship between Periodontal Inflammation and Infertility

OMORI Kazuhiro¹, KONO Takayuki², KOBAYASHI Hiroya³,
ARAI Hideo^{1,4}, YAMAMOTO Tadashi³ and TAKASHIBA Shogo³

¹Department of Periodontics and Endodontics, Okayama University Hospital

²Department of Comprehensive Dentistry, Okayama University Hospital

³Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Division of Biopathological Sciences, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

⁴Department of Dentistry, National Sanatorium of Oku Komyo-en

Abstract

Background: Infection by periodontopathic bacteria and inflammation of periodontal tissue may affect conception. In this case report, we describe a specialized periodontal treatment focusing on removing the source of infection for a patient with aggressive periodontitis during infertility treatment. After the periodontal treatment, the patient had a natural pregnancy and a normal delivery.

Case: The patient was a 33-year-old married female undergoing infertility treatment. In September 2016, she became aware of looseness of tooth 26 and spontaneous pain, and visited a dental clinic. An X-ray examination indicated that severe alveolar bone resorption was progressing, and she requested specialized periodontal treatment at the University Hospital. There was no special medical history, and there were no abnormal findings in both the patient and her husband on infertility examinations. Periodontal examination revealed that the proportion of periodontal pockets of 4 mm or more was 49.5%, bleeding on probing was 47.9%, plaque control record was 3.1%, and periodontal inflamed surface area (PISA) was 2,392 mm². On X-ray imaging, there were many images showing bone resorption extending to the apex, including tooth 26. Infection by *Porphyromonas gingivalis* was high in both serum immunoglobulin G antibody titers test and DNA tests for periodontal pathogens in periodontal pockets. The diagnosis was aggressive periodontitis (Stage IV, Grade C) and secondary traumatic occlusion. The treatment policy was to improve the periodontal environment as early as possible (within one year), taking into consideration the patient's desire for pregnancy. In addition, we explained and obtained consent for the necessity of refraining from pregnancy activities including infertility treatment until periodontal surgery was completed. The treatment plan was: (1) Initial periodontal treatment (patient education, tooth extraction, scaling and root planing with topical antibacterial therapy, temporary fixation), (2) Periodontal tissue regeneration therapy, (3) Oral function recovery treatment, and (4) Supportive periodontal therapy. The host response to periodontal treatment was very good, and improvement of inflammation and regeneration of alveolar bone were confirmed (PISA after periodontal surgery: 43 mm²). She had a spontaneous pregnancy during oral function recovery treatment, and gave birth to a normal boy (3,240 g, birth week: 38 weeks+5 days) at the age of 35.

Conclusion: It is suggested that severe *P. gingivalis* infection and periodontal inflammation may affect pregnancy. If the course of infertility treatment is not good, it is desirable to examine the oral condition including periodontal tissue.

Key words: aggressive periodontitis, infertility, *Porphyromonas gingivalis*

慢性根尖性歯周炎に罹患した下顎第二大臼歯槌状根に 非外科処置にて対応した1症例

川 西 雄 三 前 蘭 葉 月 林 美 加 子

大阪大学大学院歯学研究科 口腔分子感染制御学講座 (歯科保存学教室)

抄録

緒言：槌状根は複雑な根管形態を有することが多く、感染源の残存により治療が困難となることも多い。今回、慢性根尖性歯周炎に罹患した下顎左側第二大臼歯槌状根に歯科用コーンビームCT (以下, CBCT) による画像診断を基に、歯科用実体顕微鏡 (以下, マイクロスコープ) を用いた拡大視野下で再根管治療を行い、根管内の感染源を除去したことで良好な治癒経過を得られた症例を報告する。

症例：患者は42歳男性。約1年前から左下奥歯に鈍い痛みがあり、噛むと痛みが生じていた。しばらく様子をみていたが、症状の改善を認めないため精査・加療を希望し大阪大学歯学部附属病院保存科を受診した。下顎左側第二大臼歯に装着されているメタルインレーの適合が不良で、打診痛および咬合痛を認めた。デンタルおよびパノラマエックス線写真, CBCTより下顎左側第二大臼歯根尖部に透過像を認め、不良な根管充填と、根管内に破折ファイル様不透過像を認めた。また、歯根形態は槌状根であり、根尖では根管が遠心頬側へ湾曲していることを確認した。以上より、下顎左側第二大臼歯慢性根尖性歯周炎と診断し、同歯の再根管治療を行うこととした。マイクロスコープ下で根管内に残存していた感染源を除去し、根管形態に沿った形成をしたところ、主訴の改善を認め根管充填を行った。経過良好であったため、根管充填9カ月後に全部鑄造冠にて最終補綴を行った。根管充填後に特記すべき症状は認めず、根管充填1年後に撮影したデンタルエックス線写真およびCBCTでは、下顎左側第二大臼歯根尖部透過像の消失を認め、臨床症状も認めず経過良好である。

考察および結論：下顎第二大臼歯における槌状根の頻度は、白人に比べアジア人で多く、日本人では3割から6割程度と報告されている。槌状根は、根管口から根尖まで同一の形態であることは少なく、分岐や合流が多いため治療に苦慮することもある。さらに、根管上部に比べ、根管中央部や根尖部にアンダーカットが存在し、感染源の残存につながることもある。今回の症例では、再根管治療に際して適切な髓腔開拓および根管上部の拡大を行った。さらに、術前のCBCT画像を参考に解剖学的形態を考慮しマイクロスコープ下にて根管形態に沿った根管形成を行うことで、感染源を除去できたことが、良好な治癒につながったと考えられる。

キーワード：下顎第二大臼歯, 槌状根, 歯科用コーンビームCT (CBCT), 歯科用実体顕微鏡 (マイクロスコープ)

責任著者連絡先：林 美加子

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-8 大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座 (歯科保存学教室)

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

受付：2020年6月2日/受理：2020年8月31日

本稿は2019年度認定医優秀症例発表賞受賞演題の内容をまとめたものである。

DOI : 10.11471/shikahozon.63.461

緒 言

日常の臨床において、下顎第二大臼歯の根管治療を行う機会が多い。下顎第二大臼歯の歯根形態は多様であり、槌状根の割合が多いことが知られている¹⁻⁹⁾。槌状根は、近遠心の2根が頬側において癒合しており、舌側に陥凹が生じるという解剖学的特徴を有している。

根尖性歯周炎の主な原因は根管内への細菌感染であるが¹⁰⁾、槌状根の複雑な形態のために^{11,12)}、感染源の除去が不十分となり期待した根管治療の結果につながらないことも多い。

今回、慢性根尖性歯周炎を有する下顎左側第二大臼歯槌状根に対し、CBCT 画像診断で得られた情報を基にマイクロスコープを用いて再根管治療を行い、根管内の感染源を適切に除去し、緊密に根管を封鎖することで、良好な治癒が得られた症例の治療経過について報告する。なお、本症例の報告については患者の同意を得ている。

症 例

1. 主訴、現病歴、現症

患者は42歳男性。主訴は、左下奥歯に鈍い痛みがあり、噛むと少し痛むということであった。約1年前から症状が出現し様子を見ていたが、症状が改善しないため精査・加療を希望し大阪大学歯学部附属病院保存科を受診した。全身的既往歴、アレルギー、その他特記事項はなかった。処置開始後の口腔内写真を Fig. 1 に示す。

下顎左側第二大臼歯に装着されているメタルインレーに適合不良を認め、水平・垂直打診痛および咬合痛を認めた。デンタルおよびパノラマエックス線写真、CBCT 画像 (Fig. 2) より下顎左側第二大臼歯根尖部に透過像を認め、根管充填状態が緊密度、到達度ともに不良な既根管治療歯で、根管内に感染源の残存が疑われた。また、根管内に約5 mm の破折ファイル様不透過像を認めた。さらに、槌状根であること、および根尖では根管が遠心頬側へ湾曲していることが確認された。

2. 診断、処置方針

下顎左側第二大臼歯：慢性根尖性歯周炎 (AAE による推奨診断名 Pulpal : Previously treated / Apical : Symptomatic apical periodontitis) と診断し、同歯の再根管治療を行うこととした。

3. 治療経過

処置はすべて、ラバーダム防湿下でマイクロスコープ (OPMI pico MORA/S100, Carl Zeiss, Germany) 観察下にて行った。



Fig. 1 Intraoral photograph during the treatments (2017. 11)

1) 根管治療1回目 (2017年9月)

メタルインレーおよびガラスイオノマーセメント築造を除去したところ、軟化象牙質は認めなかったものの、髓腔開拡が不十分であり、アンダーカット部に残存している壊死歯髓様組織を確認した (Fig. 3A)。2.5%次亜塩素酸ナトリウム溶液 (ネオクリーナー, ネオ製薬 4倍希釈液) による洗浄に続いて水酸化カルシウム製剤 (カルシベックスプレーンII, 日本歯科薬品) を貼薬し、水硬性セメント (キャビトン, ジーシー) にて仮封を行った。

2) 根管治療2回目 (2017年10月)

ダイヤモンドおよびスチールバーを用いて十分な髓腔開拡を行い、超音波ファイル (AM ファイル, Satelec, France) およびエクスカベータ (NEW O・K マイクロエクスカ, 背戸製作所) を用いて、根管内の残存壊死歯髓様組織、ガッタパーチャポイントおよび破折ファイルの除去を行った (Fig. 3B, C)。2.5%次亜塩素酸ナトリウム溶液、3%EDTA 溶液 (スメアクリーン, 日本歯科薬品) および超音波ファイルを用いて根管洗浄を行い、ペーパーポイント (VDW, Germany) にて乾燥させた後、水酸化カルシウム製剤を貼薬、水硬性セメントにて仮封を行った。

3) 根管治療3回目 (2017年12月)

打診痛、咬合痛の消失を認めた。電気的根管長測定器 (Root ZX, モリタ) を用い作業長を解剖学的根尖孔-1 mm として設定し、主根管を Ni-Ti ローターファイル (WaveOne Gold, Dentsply Sirona, USA) を用いて45号まで形成後、超音波ファイルを用いて根管形態に沿っ

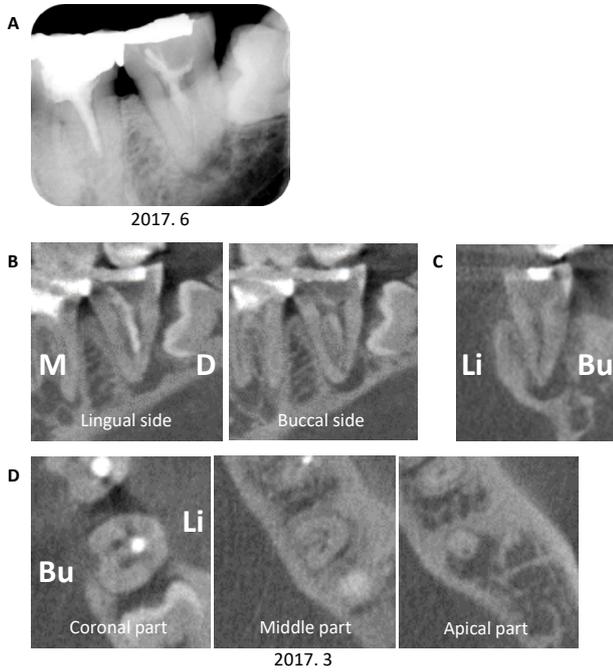


Fig. 2 Preoperative dental radiography (A) and cone-beam computed tomography (CBCT) images (B: sagittal plane, C: coronal plane, D: axial plane)

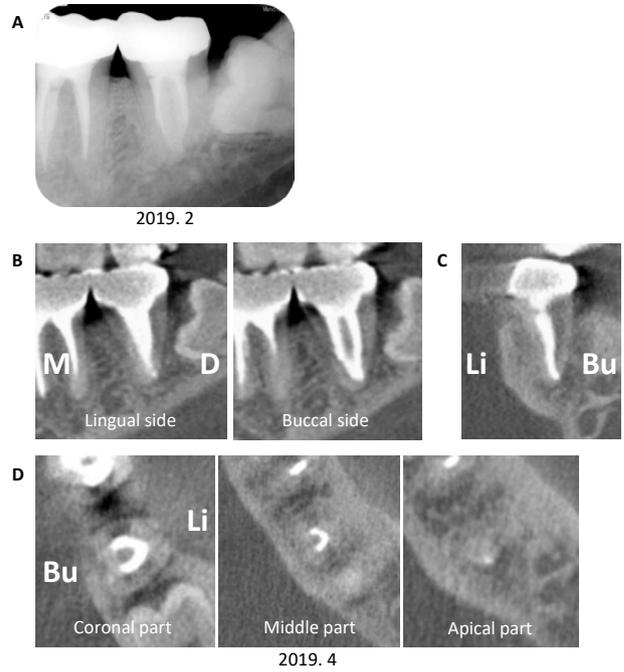


Fig. 4 Dental radiography (A) and cone-beam computed tomography (CBCT) images (B: sagittal plane, C: coronal plane, D: axial plane) 1-year after the treatment

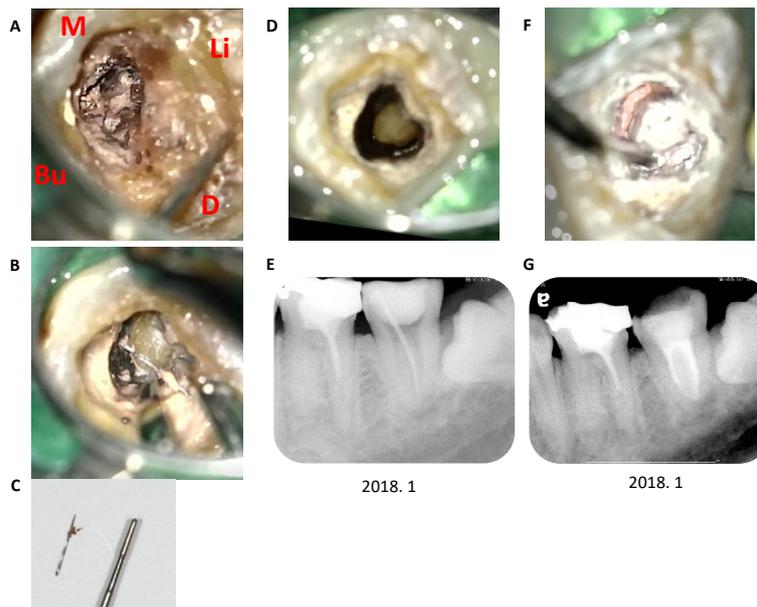


Fig. 3 Photograph and dental radiographic images during endodontic treatment

Removing necrotic pulp-like tissue, gutta percha (A) and the separated file (B, C). Before (D, E) and after (F, G) root canal obturation.

たC字状に形成した (Fig. 3D). 根管洗浄および乾燥, 貼薬, 仮封は前回同様に行った.

4) 根管治療4回目 (2018年1月)
 エックス線の根管長測定により, 作業長およびメインポイントの適合を確認した (Fig. 3E). 根管洗浄, 乾燥

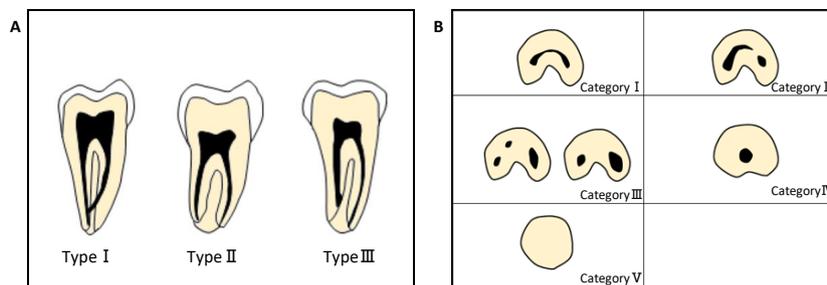


Fig. 5 Classification of C-shaped root canal (A: radiographic type, B: canal configuration) referred and modified from Fan et al., 2004^{11, 12)}

を行い、酸化亜鉛非エージノール系シーラー（キャナルシーラー N, 日本歯科薬品）、ガッタパーチャポイントおよび Super endo α^2 , Super endo β (B & L Biotech, Korea) による continuous wave condensation technique¹³⁾ (以下, CWCT) を応用した方法にて根管充填を行った (Fig. 3F)。水硬性セメントにて仮封後、デンタルエックス線写真撮影を行い、充填材の到達度、緊密度ともに適切であることを確認した (Fig. 3G)。

4. 経 過

コンジットレジンを用い直接法にてコア築造後、暫間被覆冠を装着し、7カ月間経過観察を行った。水平・垂直打診痛および咬合時痛は消失しており、デンタルエックス線写真にて根尖部透過像が縮小したため、根管充填9カ月後に全部鋳造冠で歯冠修復を行った。根管充填1年後の経過観察時にも臨床症状はなく、デンタルエックス線写真および CBCT 画像より根尖部透過像の消失を認め (Fig. 4)、経過良好である。

考 察

下顎第二大臼歯における槌状根の頻度に関しては、白人に比べアジア人多く 10~44.5%と報告されており、日本人では男性で 36.7%、女性で 54.0%と述べられている^{14,15)}。

槌状根は術前のデンタルエックス線写真において、歯根の癒合や近接、幅の広い遠心根管と幅の狭い近心根管およびその間の不明瞭な第3根管が確認されるといった特徴が認められるとされている¹⁶⁾。Fanらは槌状根をデンタルエックス線写真により3つのタイプに (Fig. 5A)¹¹⁾、槌状根を水平断したときに現れる根管形態についても5つに分類している (Fig. 5B)¹²⁾。本症例ではデンタルエックス線写真では Type I、水平断での根管形態は術前に撮影した CBCT より根尖 1/3 までは C1、根尖 1/3 以降は C4 であると診断した。

槌状根ではその形態から、髓腔開拓時には舌側分歧部に穿孔を生じる危険性があり、根管上部拡大時には C 字

の内湾へ、また根管中央から根尖部では湾曲外湾へ穿孔をきたさないように注意が必要である。根管上部を形成する際には、器具を C 字状に動かすことで根管の形態に沿った根管上部拡大が可能となる。また、根管中央から根尖部を形成する際には、まず主根管の作業長を設定し、ファイルで形成後、イスマス・フィンを超音波ファイルもしくは手用ファイルを用いて形成することとなる。今回は術前の CBCT 画像より根尖で根管が遠心頰側に湾曲していたため、根尖部の形成を行う際には超音波ファイルにプレカーブを付与し注意深く形成を行った。

術前のデンタルエックス線写真にて破折ファイル様不透過像を認めたが、その周囲に空間が存在したこともあり、比較的容易に破折ファイルを除去できると予想された。術中に顕微鏡にて壊死歯髓様組織およびガッタパーチャポイントを除去したところ、破折ファイルの上部 1/3 が確認でき、根管内で拘束されていなかったためエキスカベータで除去することが可能であった。破折器具の有無によって根管治療の成功率に有意差は生じないとされている¹⁷⁾が、本症例では破折ファイルが細く、根管形成の初期に破折が生じたと考えられ、同部に残存した感染源も根尖性歯周炎を誘発したと考えている。

根管充填については、1994年に Buchanan が提唱した CWCT を応用した術式¹³⁾で行った。CWCT は、根管に適合したガッタパーチャポイントをヒートプラグで軟化させて根尖部 1/3 を加熱しながら充填するダウンパックと、加熱軟化させた流動体のガッタパーチャポイントをシリンジから流し込み歯冠側 2/3 を充填するバックパックの2つのステップからなる。CWCT により、シーラー層を薄くし、ガッタパーチャの充填率を高めることで側方加圧充填と比較して緊密な根管充填が可能となる¹⁸⁻²⁰⁾とされており、とりわけ槌状根のような複雑な形態を有する歯根の根管充填では有効である。槌状根ではメインポイントの維持が十分でなく、ヒートプラグを用いる際にメインポイントが引き抜けてくるエラーが生じやすい。そのため、本症例ではメインポイントを挿入した後にスプレッダーによる加圧を行わずアクセサリー

ポイントを複数本挿入することでメインポイントの維持を高め、ヒートプラグを用いる際のメインポイントの脱落や可動を防止した。また、槌状根でCWCTを行う際にはダウンバックおよびバックバックをC字の60~90°ずつ2~3回に分けて行うことで、気泡の巻き込みを防止することが可能となる。これらの術式を用いることで、本症例でも根管充填後のデンタルエックス線写真およびCBCT画像より、槌状根の根管形態に沿って緊密に充填されていることが確認できた。

結 論

今回の症例では、再根管治療に際して適切な髄腔開拓および根管上部の拡大を行った。さらに、術前のCBCT画像を参考に解剖学的形態を考慮しマイクロスコープ下にて根管形態に沿った根管形成を行うことで、感染源を除去できたことが、良好な治癒につながったと考えられる。

本報告に関連し、開示すべき利益相反関係にある企業などはありません。

文 献

- 1) Gulabivala K, Opananon A, Ng YL, Alavi A. Root and canal morphology of Thai mandibular molars. *Int Endod J* 2002; 35: 56-62.
- 2) Al-Qudah AA, Awawdeh LA. Root and canal morphology of mandibular first and second molar teeth in a Jordanian population. *Int Endod J* 2009; 42: 775-784.
- 3) Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. *J Endod* 1982; 8: 555-557.
- 4) Zaatari EI, al-Kandari AM, Alhomaidah S, al-Yasin IM. Frequency of endodontic treatment in Kuwait: radiographic evaluation of 846 endodontically treated teeth. *J Endod* 1997; 23: 453-456.
- 5) Demirbuga S, Sekerci AE, Dinçer AN, Cayabatmaz M, Zorba YO. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular first and second molars in Turkish individuals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013; 18: 737-744.
- 6) Plotino G, Tocci L, Grande NM, Testarelli L, Messineo D, Ciotti M, Glassman G, D'ambrosio F, Gambarini G. Symmetry of root and root canal morphology of maxillary and mandibular molars in a white population: a cone-beam computed tomography study in vivo. *J Endod* 2013; 39: 1545-1548.
- 7) Torres A, Jacobs R, Lambrechts P, Brizuela C, Cabrera C, Concha G, Pedemonte ME. Characterization of mandibular molar root and canal morphology using cone beam computed tomography and its variability in Belgian and Chilean population samples. *Imaging Sci Dent* 2015; 45: 95-101.
- 8) Tassoker M, Sener S. Analysis of the root canal configuration and C-shaped canal frequency of mandibular second molars: a cone beam computed tomography study. *Folia Morphol* 2018; 77: 752-757.
- 9) Kato A, Ziegler A, Higuchi N, Nakata K, Nakamura H, Ohno N. Aetiology, incidence and morphology of the C-shaped root canal system and its impact on clinical endodontics. *Int Endod J* 2014; 47: 1012-1033.
- 10) Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 20: 340-349.
- 11) Fan B, Cheung GS, Fan M, Gutmann JL, Fan W. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part II—Radiographic features. *J Endod* 2004; 30: 904-908.
- 12) Fan B, Cheung GS, Fan M, Gutmann JL, Bian Z. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part I—Anatomical features. *J Endod* 2004; 30: 899-903.
- 13) Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dent Today* 1994; 13: 80, 82, 84-85.
- 14) Jafarzadeh H, Wu YN. The C-shaped root canal configuration: a review. *J Endod* 2007; 33: 517-523.
- 15) Suzuki M, Tsujimoto Y, Kondo S. Morphological variations of the root canal system in C-shaped roots of the mandibular second molar in a Japanese population. *Int J Oral-Med Sci* 2015; 13: 81-88.
- 16) Haddad GY, Nehme WB, Ounsi HF. Diagnosis, classification, and frequency of C-shaped canals in mandibular second molars in the Lebanese population. *J Endod* 1999; 25: 268-271.
- 17) Panitvisai P, Parunnit P, Sathorn C, Messer HH. Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2010; 36: 775-780.
- 18) Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod* 2005; 31: 37-39.
- 19) Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *J Endod* 2001; 27: 362-364.
- 20) DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ Jr, Hatton JF. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J Endod* 1999; 25: 376-380.

A Nonsurgical Approach to a C-shaped Mandibular Second Molar with Chronic Apical Periodontitis: A Case Report

KAWANISHI Yuzo, MAEZONO Hazuki and HAYASHI Mikako

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

Abstract

Purpose: A C-shaped root canal has a complex configuration and sources of infection remaining in it make nonsurgical root canal treatment difficult. Here we report a case of endodontic retreatment with good prognosis by using cone-beam computed tomography (CBCT) and a dental operating microscope on a C-shaped mandibular second molar with chronic apical periodontitis.

Case: A 42-year-old male visited our hospital due to a dull and biting pain in his lower left posterior tooth for approximately one year. The metal inlay on the mandibular left second molar did not fit well and there were percussion pain and occlusal pain at the same tooth. Dental radiography and CBCT of the mandibular left second molar revealed a radiolucent area at the apex, poor root canal filling and separated file-like radiopacity in the root canal. Also, a C-shaped root canal was curved distobuccally at the apex area. Based on the diagnosis of chronic apical periodontitis, the mandibular left second molar was retreated. After removing the infected tissue and shaping the root canal along the C-shape under the microscope, the chief complaint was improved. Root canal obturation was performed and the final restoration with full cast crown was placed 9 months later. At one year after the root canal obturation, the radiolucent area had disappeared and there were no clinical symptoms.

Discussion and conclusion: It has been reported that the frequency of a C-shaped root canal in the mandibular second molar is higher in Asians than in Caucasians, and that the ratio in Japanese is about 30 to 60%. A C-shaped root canal rarely has the same shape from the orifice to the apex, and there are many branches and confluences, which often cause clinical difficulties. Moreover, compared to the coronal part of the root canal, an undercut exists in the middle and apical part, which often leads to residual infection. In this case, proper access cavity preparation, enlargement of the coronal part of the root canal, and preparation of the middle and apical part were performed under the microscope while referring to the preoperative CBCT images. This process enabled removal of the sources of infection, including residual necrotic pulp-like tissue, and led to good healing.

Key words: mandibular second molar, C-shaped root canal, cone-beam computed tomography (CBCT), dental operating microscope

広汎型重度慢性歯周炎患者に対しリグロスを用いた歯周組織再生療法を行い、 包括的歯科治療を行った1症例

須藤 瑞樹

東北大学大学院歯学研究科 口腔生物学講座 歯内歯周治療学分野

抄録

目的：広汎型重度慢性歯周炎患者に対して、垂直性骨欠損部位にリグロスを用いて歯周組織再生療法を行い、上顎前歯部の審美障害および臼歯部咬合を回復させた包括的歯科治療を行った症例を報告する。

症例：患者は62歳女性。歯周病が進行したため、専門的な治療を希望し来院した。全顎的に多量のプラーク、歯石の沈着を認め、辺縁歯肉および歯間乳頭歯肉の発赤・プロービング時の出血を認めた。4 mm以上の歯周ポケットは76.3%で、特に上顎前歯部および43には6 mm以上の歯周ポケットが認められ、広汎型慢性歯周炎 Stage IV, Grade bと診断した。17・27・24・25, 34・35・36, 46・47に欠損部があり、17・27以外にはインプラントによる補綴がされていた。X線上下では全顎的に軽度水平性骨吸収が存在し、21・23・26に歯根破折を認め、43遠心には垂直性の骨吸収像を認めた。歯周基本治療後の再評価で4 mm以上のポケットが残存した43・44部位には歯周外科手術を行った。垂直性骨吸収を有する43は術前の歯周ポケット深さが5 mm、術中の骨欠損の深さは5 mmで3壁性の骨欠損であったため、リグロスを用いた歯周組織再生療法を行った。歯周組織の安定後、最終補綴を装着し、再評価後にSPTへ移行した。

成績：現在歯周組織はPCR値を含めて安定している。歯周組織再生療法を施行した部位はデンタルX線上下で垂直性骨欠損部の骨の新生が認められ、歯周ポケットも2 mmと安定しており良好な経過が得られている。また患者は2019年6月から高血圧症によりカルシウム拮抗薬を服用しているため、歯肉増殖症に対して注意深く観察していく必要がある。本症例は良好な経過を経ているが、今後も引き続き残存歯・インプラントに対してプラークコントロールを行い、注意深いSPTが必要であると考えられる。

結論：本症例では3壁性の垂直性骨欠損にリグロスを併用して、良好な歯周組織再生を得ることができ、現在でも長期に安定した状態を維持することができている。歯周外科手術において、リグロスを用いた効果的な歯周組織の再生が示された1症例となった。

キーワード：慢性歯周炎、包括的歯周治療、リグロス、Supportive periodontal therapy (SPT)

責任著者連絡先：須藤瑞樹

〒980-8575 仙台市青葉区星陵町4-1 東北大学大学院歯学研究科口腔生物学講座歯内歯周治療学分野

TEL: 022-717-8336, FAX: 022-717-8339, E-mail: mizuki-s@dent.tohoku.ac.jp

受付：2020年6月30日/受理：2020年9月10日

本稿は2019年度認定医優秀症例発表賞受賞演題の内容をまとめたものである。

DOI: 10.11471/shikahozon.63.467

緒 言

歯周病は世界中で蔓延している感染症であり、細菌・宿主および環境因子が複雑にかかわる多因子性の生活習慣病である¹⁾。日本国内においても成人の約8割がなんらかの歯周疾患に罹患しており、う蝕罹患率に比べると歯周疾患の罹患率は上昇している²⁾。歯周疾患は基本的には歯周ポケットからの細菌感染により発症する炎症性病変であるため、感染源の除去が基本となる。それに伴い、プラークコントロールしやすい環境を整え、安定した咬合関係を付与し、なおかつ審美的な改善を図ることが重要である³⁾。

歯周組織再生医薬品である遺伝子組換えヒト塩基性線維芽細胞増殖因子 (bFGF, FGF-2) 製剤「リグロス」が2017年に保険適用となって、歯周組織再生療法がより身近な治療法となり多くの患者が歯周組織再生療法を受ける機会が増えた。

今回、広汎型重度慢性歯周炎患者に対して垂直性骨欠損部位にリグロスを用いて歯周組織再生療法を行い、抜歯即時義歯により上顎前歯部の審美障害および臼歯部咬合を回復させ、良好な結果が得られた症例について報告する。

症 例

患者：62歳，女性。

初診：2016年9月。

主訴：近医で歯周病の治療、メンテナンスを行ってきた。しかし上顎前歯部の動揺・審美障害および歯周病が進行したため、本格的に専門的な治療を希望し当院に来院した。

1. 現病歴

近医歯科医院で歯周病の治療、メンテナンスを行ってきた。しかし、1年くらい前から上顎前歯部の動揺および歯肉腫脹を自覚し経過を追っていた。ここ最近さらに歯周病が進行してしまったため、専門的な治療を希望し当院に来院した。

2. 全身既往歴

2002年に乳がんを発症し手術。乳管内腫瘍であったため抗がん剤・放射線治療は回避でき、その後2017年まで経過観察を行い、2018年の乳がん検診で再発はみられなかった。また2019年6月より高血圧症 (150台/90台 mmHg) のため、アムロジピン 2.5 mg を1日1回服用開始。投薬後は130 mmHg 台後半/80 mmHg 台で推移している。

3. 喫煙歴

なし。

4. 口腔既往歴

30歳代から定期的に歯科医院を受診し、その都度口腔清掃や必要なう蝕治療などを受けていた。40歳代後半に、歯周病により左右側下顎臼歯部を抜歯してインプラント治療を受けた。その後も定期的に歯科医院を受診していたが、2015年に左側上顎臼歯部も歯周病により抜歯してインプラント治療を行った。しかしその後2016年に歯周病の悪化、歯根破折などが生じたため専門的な治療を希望して当院受診となった。

5. 家族歴

特記事項なし。

6. 初診時現症

1) 口腔内所見

全顎的に多量のプラーク、歯石の沈着を認め、辺縁歯肉および歯間乳頭歯肉の発赤を認めた。23・26歯周ポケットからは排膿を認め、12・13、11・12、23・24間で不適合な暫間固定をされていた (Fig. 1-a)。

2) 歯周組織検査

4 mm以上のProbing pocket depth (PPD) の割合は76.3%で、特に上顎前歯部および43には6 mm以上のPPDが認められた。Bleeding on Probing (BOP) を認める部位の割合は85.1%、O'Leary plaque control record (PCR) は81.7%であった (Fig. 1-b)。

3) エックス線所見

全顎的に軽度水平性骨吸収が存在し、11・22に歯根を取り囲む透過像、21・23・26に歯根破折を認め、43遠心には垂直性の骨吸収像を認めた (Fig. 1-c)。

7. 診 断

広汎型慢性歯周炎 (Stage IV, Grade b)。21・23・26歯根破折。

8. 治療計画

1) 歯周基本治療 (口腔清掃指導、スケーリング・ルートプレーニング、抜歯、治療用即時義歯)

2) 再評価

3) 歯周外科処置 (垂直性骨欠損部に歯周組織再生療法)

4) 再評価

5) 口腔機能回復治療 (補綴治療)

6) メンテナンスまたはSupportive periodontal therapy (SPT) へ移行

9. 治療経過

1) 歯周基本治療 (2016年9月～2017年8月)

歯周組織検査ならびにデンタルエックス線写真10枚法の撮影を行い、その検査結果に基づき歯周治療方針を提示して患者の理解を得た。初診時PCRが81.7%であっ

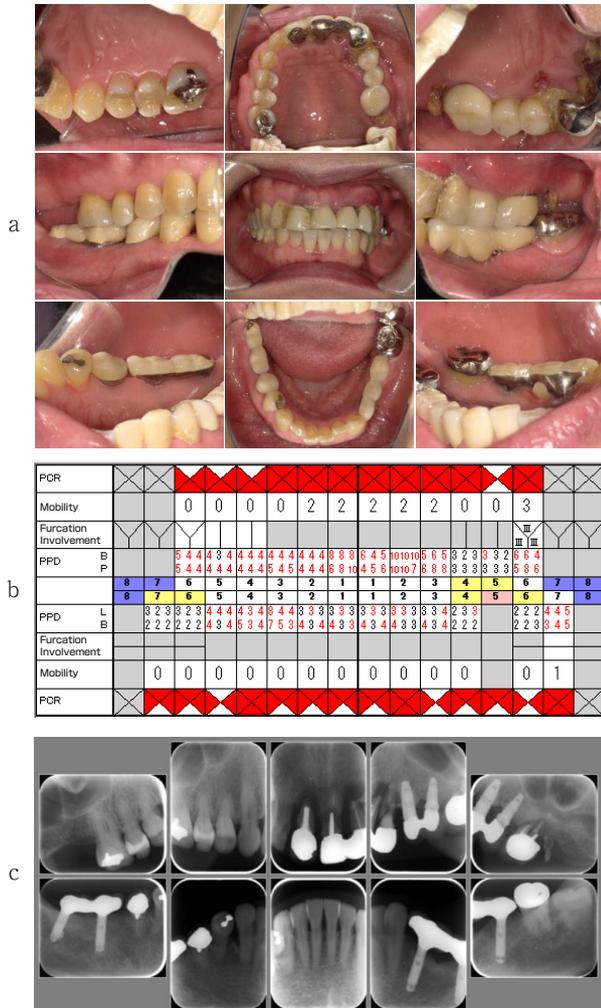


Fig. 1

a) Oral photographs, b) Periodontal pocket chart and c) Dental radiographic images at first visit.

たため口腔清掃指導 (TBI) に注力し、それと並行して超音波スケーラーを用いて歯肉縁上スケーリングを行った。11・21・22・23・26 歯は歯根破折のため保存不可能と診断し、抜歯対象となった。抜歯即時義歯により、上顎前歯部の審美障害および臼歯部咬合を回復させた。プラークコントロールが良好 (PCR 20%台以下) になったところで、スケーリング・ルートプレーニングを行った。2017年8月の歯周基本治療後の再評価において、全顎的な歯肉辺縁の発赤および歯肉腫脹は軽減していた。また、PPDが4 mm以上の部位の割合は76.3%から8.3%になり、BOPは85.1%から9.5%、プラークスコアは81.7%から4.8%に改善した。

歯周病の状態は大きく改善されたが、43・44 歯に深いポケットと炎症の残存が確認された。この部位に対しては歯周外科を行うこととした (Fig. 2)。

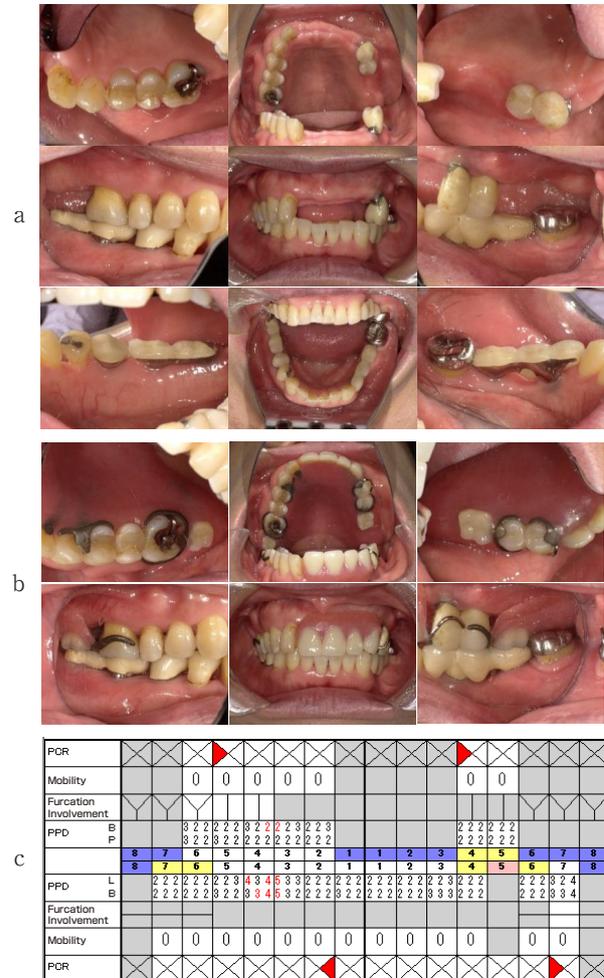


Fig. 2

a) Oral photographs (No denture), b) Oral photographs (denture) and c) Periodontal pocket chart after initial periodontal therapy.

2) 歯周外科治療

歯周基本治療後深いポケットが残存した43・44 歯の部位に対し、歯周外科治療の計画を立て、歯肉剥離搔爬術およびリグロスを用いた歯周組織再生療法を行った。術前のPPDは43 歯遠心で5 mm、44 歯近心で4 mmであり (Fig. 3-a)、術中の骨欠損の深さは5 mm、3壁性であった。このためリグロスを併用して再生療法を行った (Fig. 3-b, c)。歯周組織の安定後、最終補綴として上顎欠損に新たに部分床義歯を装着し、2018年5月に再評価後にSPTへ移行した。

3) SPT

全顎的に歯肉の炎症がみられず、上顎は部分床義歯による補綴を行っているため、咬合状態の確認もSPTごとに行っている (Fig. 4-a, b)。歯周組織検査の結果は、4 mm以上のPPDの割合およびBOPを認める部位の割合

部分欠損症例における残存歯とインプラントの混在は、歯周病はインプラント周囲炎のリスクファクターと考えられているように、歯周病原細菌の供給源となり、インプラントへの感染のリスクを増加させる^{11,12)}。現在、インプラント周囲は問題なく経過しているが、24 歯相当部インプラントはインプラント体およびアバットメントが露出している。このためインプラント周囲炎を惹起させないよう、歯間ブラシやスーパーフロスなどのプラークコントロールを行っていくことが重要となる¹³⁾。また、37 歯は挺出傾向にあるため、今後も対合となる部分床義歯と干渉を起さぬよう咬合状態の確認も必要と思われる。Nyman らは歯周外科手術の術式にかかわらず歯肉縁上のプラークコントロールが伴わなければ歯周病は再発する¹⁴⁾としており、質の高い適切な SPT を行っていくことは歯周病やう蝕の再発を抑制する¹⁵⁾。このため、全身状態と局所的なリスクを把握して SPT を継続することが重要である。現在3カ月ごとの SPT にて良好な経過を辿っているが、歯周炎の再発とインプラント周囲炎のリスクを考慮しながらセルフケアとプロフェッショナルケアによる感染のコントロールを行うとともに、咬合状態の確認も行っている。

結 論

本症例では3壁性の垂直性骨欠損にリグロスを併用して、良好な歯周組織再生を得ている。現在でも長期に安定した状態を維持することができている。歯周外科手術において、リグロスを用いた効果的な歯周組織の再生が示された1症例となった。

本報告の要旨は、2019 年度日本歯科保存学会秋季学術大会(第151回、2019年11月8日、福岡)にて発表した。

本論文に関連して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 厚生労働省. 平成28年歯科疾患実態調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf> (2020年4月3日アクセス)
- 勝沼隆之. 2型糖尿病を有する広汎型重度歯周炎患者に対し、包括的治療を行った1症例. 日歯周誌 2019; 61: 95-105.
- 松本ゆみ, 新井英雄. 1型糖尿病を有する広汎型侵襲性歯周炎患者に対して包括的歯周治療を行った10年経過症例. 日歯周誌 2020; 62: 16-26.
- Kitamura M, Akamatsu M, Machigashira M, Hara Y, Sakagami R, Hirofuji T, Hamachi T, Maeda K, Yokota M, Kido J, Nagata T, Kurihara H, Takashiba S, Sibutani T, Fukuda M, Noguchi T, Yamazaki K, Yoshie H, Irooi K, Arai T, Nakagawa T, Ito K, Oda S, Izumi Y, Ogata Y, Yamada S, Shimauchi H, Kunimatsu K, Kawanami M, Fujii T, Furuichi Y, Furuuchi T, Sasano T, Imai E, Omae M, Yamada S, Watanuki M, Murakami S. FGF-2 stimulated periodontal regeneration: Results of Multi-center randomized clinical trial. J Dent Res 2011; 90: 35-40.
- Freudenheim JL, Genco RJ, LaMonte MJ, Millen AE, Hovey KM, Mai X, Nwizu N, Andrews CA, Wactawski-Wende J. Periodontal disease and breast cancer: Prospective cohort study of postmenopausal women. Cancer Epidemiology Biomarkers Prev 2015; 25: 43-50.
- Barak S, Engelberg IS. Gingival hyperplasia caused by nifejipine—Histopathologic findings. J Periodontol 1987; 58: 639-642.
- 岩倉政城, 渋谷芳郎, 小原陽子, 島田義弘. ニフェジピン(血圧降下剤)療法を受けている患者の歯肉増殖状況について. 口腔衛生会誌 1987; 37: 574-575.
- Bondon-Guitton E, Bagheri H, Montastruc JL. Drug-induced gingival overgrowth: a study in the French Pharmacovigilance Database. J Clin Periodontol 2012; 39: 513-518.
- 小林雅実, 太田典子, 高橋健作, 小林偉紀夫, 伊藤公一, 村井正大. カルシウム拮抗薬服用患者の歯肉増殖症に関する調査研究. 日歯周誌 1991; 33: 146-153.
- 長谷川 明. 歯周疾患と治療. 1版. クインテッセンス出版: 東京; 2000. 35-59.
- Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. Scand J Plast Reconstr Surg 1969; 3: 81-100.
- Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants 1986; 1: 11-25.
- 口腔インプラント治療指針 2016. 2版. 医歯薬出版: 東京; 2018. 60-64.
- Nyman S, Rosling B, Lindhe J. Effect of professional tooth cleaning on healing after periodontal surgery. J Clin Periodontol 1975; 2: 80-86.
- Axelsson P, Nyström B, Lindhe J. The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. J Clin Periodontol 2004; 31: 749-757.

A Case Report of Comprehensive Periodontal Therapy Using REGROTH for Generalized Severe Chronic Periodontitis

SUTO Mizuki

Division of Periodontology and Endodontology, Department of Oral Biology, Tohoku University Graduate School of Dentistry

Abstract

Purpose: This report describes comprehensive periodontal therapy, including periodontal regenerative surgery (using REGROTH) for vertical bone defect and the difficulty of reviving the esthetics of the maxillary anterior tooth part and molar tooth part occlusion for generalized severe chronic periodontitis.

Methods: A 62-year-old woman who visited the Department of Periodontology and Endodontology, Tohoku University Hospital, with the chief complaints of tooth mobility and gingival swelling. She had been diagnosed with breast cancer in 2002, undergone surgery, and received follow-up treatment thereafter, without recurrence. In 2019, she was diagnosed with high blood pressure and prescribed anti-hypertension drugs. Intrabony defects of over 6-mm probing pocket depth (PPD) in the upper anterior teeth and lower right side mandibular canine and first premolar were detected. After the initial periodontal therapy, the PPD was 4-5 mm with bleeding on probing (BOP) in the lower right side mandibular premolars, leading to surgical intervention, incision and debridement of the root surface and bone defects using REGROTH.

Results: After 3 years, PPD had reduced to 2-3 mm, BOP (–). Radiographically, newly-formed bone was observed in the intrabony defects as well. With supportive periodontal therapies performed every 3 months including implant maintenance, the periodontal tissue was maintained for 4 years.

Conclusion: Periodontal treatment was successfully performed using REGROTH to treat intrabony defects with filled bone, and the periodontal tissue was maintained for 4 years. The case has been progressing smoothly since SPT treatment.

Key words: chronic periodontitis, comprehensive periodontal therapy, REGROTH, supportive periodontal therapy (SPT)

日本歯科保存学雑誌投稿規程

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

附則

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

複写をご希望の方へ

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

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

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

Reprographic Reproduction outside Japan

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

編集後記

- SARS-COVID19の影響により、甚大な被害を受けた歯科界の皆様にお見舞いを申し上げます。SARS-COVID19のパンデミックが公表されて以来、唾液による感染、歯科医院が一時的に閉鎖、歯科離れの増加、国内老舗歯科材料工場の閉鎖など、景気の悪いニュースばかりです。一方で、歯科離れによるう蝕・歯周病が増える「コロナむし歯」が話題になっています。在宅勤務が増えて自己管理が注目されているなか、歯科医院での定期受診によるう蝕、歯周病の予防・治療が見直されています。
- また最近では、歯周病が炎症性腸疾患の原因になることが、世界で最も権威のある生命科学雑誌のCell誌に掲載されました。この論文で、炎症性腸疾患の原因となる細菌は口腔内由来であり、この菌は歯周病になると口腔内で増え、腸内へ移動し定着すると炎症性腸疾患を引き起こすという仕組みが明らかにされました。
- 今や口腔内環境は、医学および細菌学の研究者から新たな治療および研究領域として注目されています。「コロナむし歯」「炎症性腸疾患と口腔管理」をキーワードに、全身健康管理における歯科医療の重要性をアピールし、歯科界に対する逆風を乗り越えwithコロナの時代における新たな歯科医療を展開できればと考えています。
- 日本歯科保存学会では歯科界に有益な学術情報を継続的に発信し、国民生活と経済活動における重要性を示していきます。ご支援のほど、よろしくお願いいたします。

(齋藤正寛 記)

日本歯科保存学雑誌編集委員会

委員長	中田和彦 (愛知学院大学歯学部)
副委員長	前田英史 (九州大学大学院歯学研究院)
	北村和夫 (日本歯科大学)
	齋藤正寛 (東北大学大学院歯学研究科)
	柴秀樹 (広島大学大学院医系科学研究科)
	新海航一 (日本歯科大学新潟生命歯学部)
	平山聡司 (日本大学松戸歯学部)
	村松敬 (東京歯科大学)
	八重柏隆 (岩手医科大学歯学部)
	山本一世 (大阪歯科大学)
	山本松男 (昭和大学歯学部)
	湯本浩通 (徳島大学大学院医歯薬学研究部)
幹事	稲本京子 (愛知学院大学歯学部)

編集・発行予定

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

(50音順)

令和2年10月25日 印刷

令和2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

田上順次

一般財団法人 口腔保健協会

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

三報社印刷株式会社

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会
日本歯科保存学雑誌編集委員会

〒170-0003 東京都豊島区駒込1-43-9

(一財) 口腔保健協会内

電話 03 (3947) 8891

FAX 03 (3947) 8341

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会賛助会員名簿

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

(五十音順)

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

なお、13～18の項目については該当する場合にチェックして下さい。

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

編集連絡委員名 _____ (印)

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

Thinking ahead. Focused on life.



Spaceline EX

スペースライン EXが iFデザイン賞の金賞を受賞

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



発売

株式会社 **モリタ**

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

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

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

製造販売・製造

株式会社 **モリタ製作所**

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

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

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

www.dental-plaza.com

歯科用多目的超音波治療器

MERSSAGE E-PICK 2in1

メルサーージュ エピック 2in1



超音波スケーラーとパウダーデバイス。

幅広いプロフェッショナルケアに対応する2つの高機能を、この1台に凝縮。

製品紹介動画はコチラ▼

標準医院価格: ¥490,000

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

掲載の価格は2020年7月現在の標準医院価格(消費税抜き)です。



保険算定項目が拡大!

象牙質
レジンコーティング **46点**
(1歯につき)

生活歯の支台歯形面に象牙質レジンコーティング法(略称:Rコート)を行った場合、技術料として1歯につき1回に限り46点を算定

多目的光重合型1液性ボンディング材

ジーシー G-プレミアオ ボンド

高い **接着力** に加え
操作性 もさらに向上

高い接着力^{※1}

歯質との接着に

4-MET

歯質・非貴金属・
ジルコニアとの接着に

※10- methacryloyloxydecyl
dihydrogen phosphate

MDP

貴金属との接着に

MDTP



操作性向上^{※2}

使えばわかる
プッシュ!ポン!カチッ!な
プッシュオープンキャップ

※1 全米で最も信頼されている製品調査機関「THE DENTAL ADVISOR」から最高評価「★★★★★」を獲得
The Dental Advisor, Volume 33, No 04, May 2016

※2 2018日本パッケージングコンテスト【医薬品・医療用具包装部門賞】入賞
『片手で簡単に開閉操作できる歯科用ボンディング材容器』

発売元 **株式会社 ジーシー** / 製造販売元 **株式会社 ジーシーデンタルプロダクツ**
東京都文京区本郷3丁目2番14号 愛知県春日井市鳥居松町2丁目285番地

歯科用象牙質接着材 管理医療機器 226AABZX00098000

DIC(デンタルインフォメーションセンター) お客様窓口 ☎ 0120-416480 受付時間 9:00a.m.~5:00p.m.(土曜日、日曜日、祝日を除く)
東京都文京区本郷3丁目2番14号 〒113-0033 ※アフターサービスについては、最寄りの営業所へお願いします。 www.gcdental.co.jp/
支店 ●東京 (03)3813-5751 ●大阪 (06)4790-7333 営業所 ●北海道 (011)729-2130 ●東北 (022)207-3370 ●名古屋 (052)757-5722 ●九州 (092)441-1286

この1本が、多用途ユースを よりスムーズに。

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



保険適用* 象牙質レジンコーティングに適用

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

※保険適用には条件があります。ご確認の上、ご使用ください。

管理医療機器 歯科用象牙質接着材

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

医療機器認証番号：228ABBZX00065000

クリアフィル®ユニバーサルボンド Quick ER

単品

メーカー希望小売価格 13,400円

- 掲載商品のメーカー希望小売価格は2020年4月現在のものです。メーカー希望小売価格には消費税等は含まれておりません。
- 仕様及び外観は、製品改良のため予告無く変更することがありますので、予めご了承ください。●ご使用に際しましては添付文書を必ずお読みください。

製品・各種技術に関するお問い合わせ

クラレノリタケデンタル インフォメーションダイヤル

0120-330-922

月曜～金曜 10:00～17:00

ホームページ

www.kuraraynoritake.jp

クラレノリタケデンタル公式アプリ



Download on the
App Store

Google Play
で手に入れよう

クラレノリタケデンタル

検索

サポート OS バージョン iOS 9.0 以上 / Android 5.0 以上

連絡先 **クラレノリタケデンタル株式会社**
〒100-0004 東京都千代田区大手町1-1-3 (大手センタービル)
フリーダイヤル：0120-330-922

製造販売元 **クラレノリタケデンタル株式会社**
〒959-2653 新潟県胎内市倉敷町2-28

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