

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>

2023

April Vol. 66 No. 2



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

バイオセラミックス系シーラーによる シングルポイント根管充填

すぐれた封鎖性・高い生体親和性

歯科用覆髄材料・歯科用根管充填シーラ

ニシカキャナルシーラー[®] BGmulti **ペスト**

管理医療機器

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



覆髄にも



パウダー を混ぜて
お好みの性状に

シンプルな操作で根管充填

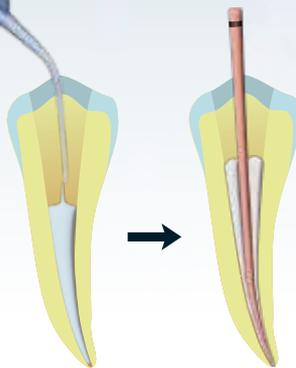
シングルポイント根管充填用ツール

BGフィル

一般医療機器

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

臨床試用医療機器あります。



[シーラー注入] [ポイント1本]

＼ 動画でご覧いただけます /
シングルポイント根管充填



【包装・標準価格】

ニシカキャナルシーラー BG multi	<ul style="list-style-type: none"> ・ペスト…1本 [A材 4.5g(2.5mL)、B材 4.5g(2.5mL)]・12,000円 ・パウダー…1個 [2g]・9,800円 ・セット…ペスト1本、パウダー1個・21,000円
BGフィル	<ul style="list-style-type: none"> ・セット…チップ、ガスケット各20本入、シリンジ1本入・3,800円 ※別売品もございます。



Calibra® Ceram Adhesive Resin Cement キャリブラ セラム



さまざまな補綴症例をこの1本で。セメントの使い分け不要。

- 光照射での半硬化時間に余裕があり、余剰セメントの固まり過ぎを防止
- 変色リスクの少ない重合開始剤の配合により、長期にわたって色調が安定

販売名	一般的名称	認証番号	クラス分類
キャリブラ セラム	歯科接着用レジンセメント	230AGBZX00026000	II (管理医療機器)

Concept

SMOOTH

急な引き込まれを大幅軽減

FLEXIBLE

本来の根管から逸脱しづらい
刃部構造と柔軟性

SIMPLE

I・II・IIIの3本で終了
簡単な手順、使用方法を採用



ホームページより
動画をご覧ください

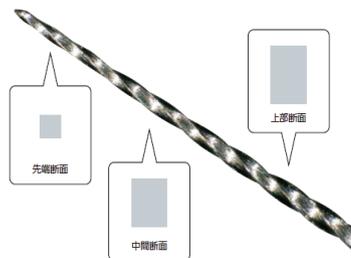


D ファインダー



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

グライドファインダー



穿通性 + 切削性

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

医療機器届出番号 09B1X00006011050 一般医療機器 一般的名称：歯科用ファイル 販売名 マニー®D ファインダー
 医療機器届出番号 09B1X00006011010 一般医療機器 一般的名称：歯科用ファイル 販売名 マニー®K ファイル

BONDMER Lightless II

いつものふたつで ひとつの操作

接着修復の
プラットフォーム



CR充填時の
ボンディング



支台築造時の
前処理



補綴物・補綴装置の
前処理



セメンティング時の
前処理

ひとつの操作で様々な材質に！様々な用途に！



混和



塗布



エアブロー

塗布後の待ち時間も光照射も不要！

使用可能な材質

- エナメル質 ■象牙質
- CAD/CAMハイブリッドレジン ■ニケイ酸リチウム
- その他シリカ系セラミックス
- ジルコニア ■アルミナ ■陶歯 ■ファイバーポスト
- ハイブリッド型硬質レジン ■コンポジットレジン
- 金銀パラジウム合金 ■コバルトクロム合金
- チタン合金 ■ニッケルクロム合金
- ステンレス合金 ■金合金 ■銀合金



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

ボンドマー ライトレス II 標準医院価格 **¥9,700** / セット

(管理医療機器) 認証番号303AFBZX00024000

セット構成

A液	3mL
B液	2.4mL
ミニブラシ(ファイン)	25本
ボンドマー用混和皿	1個
1穴デイスボ混和皿	5個



BoSE
Technology



Contact
Cure



詳細は特設サイトで！

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

株式会社トクヤマデンタル

本社 〒110-0016 東京都台東区台東1-38-9

お問い合わせ・資料請求
インフォメーションサービス

0120-54-1182

受付時間

9:00~12:00/13:00~17:00(土日祝日は除く)

Webにもいろいろ情報載っています!!

トクヤマデンタル

検索



NEO DENTAL CHEMICAL
PRODUCTS CO., LTD.



カタログ PDF



添付文書 PDF

NEW

覆髄+裏層 2in1

素材の品質も
性能の一部です。

1本で覆髄から裏層まで！

DirectCapping+BaseLiner CAVIOS with MTA

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

ALP：アルカリフォスファターゼ
HAP：ハイドロキシアパタイト



高い操作性を有するキャビオスがMTA系製材として生まれかわりました。スムーズで切れが良く、歯質へのなじみが高いペーストに、MTA系成分「ネオホワイトピュア®」を配合。MTAの効果発現を促す新処方により光重合裏層材としての工学的性質に加え、直接覆髄材としての性能を獲得しました。1本で覆髄にも裏層にも使える2in1製材です。

MTA系覆髄+裏層材

D-Cavios® MTA

ネオホワイトピュア® 配合

1.5g入シリンジ 1本
先端チップ 15本
標準価格 6,500円

D-キャビオス®MTA

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

製造販売業者



ネオ製薬工業株式会社

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

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

Super Low

NEW

1色^{*}で天然歯色に親和するフロアブルCR

※白歯部の場合

Low

High

NEW

クリアフィル[®] マジェスティ[®] ES フロー-

Super Low Low High

Universal

なぜ色が親和するのか？物性は？操作性は？詳しい特長は特設サイトへ！ →



単品 クリアフィル[®] マジェスティ[®] ES フロー-

Universal

管理医療機器 歯科充填用コンポジットレジン 医療機器認証番号：224ABBZX00170000

○本品は、袋包装です。

Super Low

- レジン充填材
(Super Low) (U, UD) 各2.7g (1.5mL)
- 付属品 ニードルチップ (N)(5個)
ニードルチップキャップ (5個)



Low

- レジン充填材
(Low) (U, UD, UOP, UW) 各2.7g (1.5mL)
- 付属品 ニードルチップ (N)(5個)
ニードルチップキャップ (5個)



High

- レジン充填材
(High) (U, UD, UOP) 各2.7g (1.5mL)
- 付属品 ニードルチップ (N)(5個)
ニードルチップキャップ (5個)



クラレノリタケ デンタル株式会社

〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6-4 常盤橋タワー

お問い合わせ | ☎ 0120-330-922 月曜～金曜 10:00～17:00

ホームページ | www.kuraraynoritake.jp

- 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。
- 印刷のため実際の色調と異なる場合があります。
- ご使用に際しましては添付文書を必ずお読みください。

【製造販売元】クラレノリタケデンタル株式会社 【販売元】株式会社モリタ
〒959-2653 新潟県胎内市倉敷町2-28 〒564-8650 大阪府吹田市垂水町3-33-18 お客様相談センター：0800-222-8020 (医療従事者様向窓口)

・「クリアフィル」及び「マジェスティ」は株式会社クラレの登録商標です。

スタンダードな方法から応用まで、
5つの術式を網羅！

隔壁形成のやり方と注意点について
も余すことなく解説！

ラバーダム防湿法の、
入門編にして**完結編**！



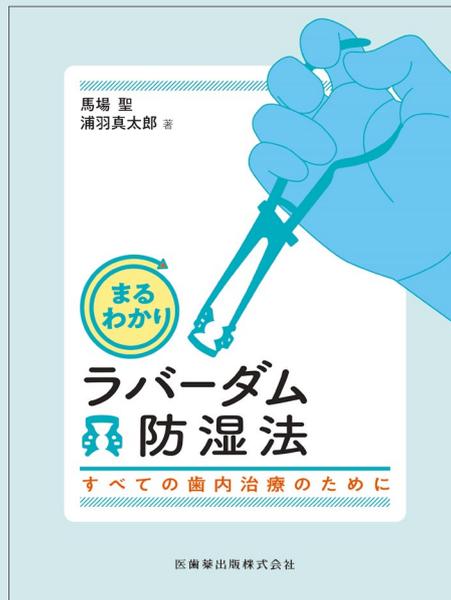
ラバーダム防湿法

すべての歯内治療のために

馬場 聖・浦羽真太郎 著

- A4判変 / 76頁 / カラー
- 定価 4,950円 (本体 4,500円 + 税 10%)
- ISBN978-4-263-44669-0
- 注文コード：446690

ラバーダム防湿における、**シーンごとの困りごと**に対する具体的かつ豊富な**解決策**を提示。本書を通じて、診療スタイルや症例に合わせた**最適な方法**が見つかるはず。歯内治療を行う、**すべての歯科医師**のための一冊です。



詳しい情報は
こちらの
QRコードから！



医歯薬出版株式会社

〒113-8612 東京都文京区本駒込1-7-10
TEL.03-5395-7630 FAX.03-5395-7633
<https://www.ishiyaku.co.jp>

『人生 100 年時代』の歯の保存

日本歯科保存学会 2023 年度秋季学術大会（第 159 回）大会長
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
二階堂 徹



このたび、日本歯科保存学会 2023 年度秋季学術大会（第 159 回）を、私ども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が担当することになりました。どうぞよろしくお願いいたします。

朝日大学は岐阜の地にありますが、開催地は浜松駅前のアクトシティ浜松とさせていただきました。浜松を会場として選んだのは、静岡県での開催が学会初となること、浜松は新幹線停車駅であるためアクセスがよいこと、さらに浜名湖のうなぎや餃子など食材も豊富で、会員の皆様にご満喫いただけるのではとの期待からです。

大会プログラムについてはまだ十分に詰め切れていない状況ですが、海外から 2 名の演者にご講演いただく予定です。Marcelo Giannini 先生（ブラジル国カンピナス大学）にはブラジルの歯学教育について、Bennett Ameichi 先生（米国テキサス大学サンアントニオ校）には歯の再石灰化に関する研究について、それぞれお話しいただく予定です。久しぶりの、海外研究者との対面での交流に期待しております。学会主導型シンポジウムでは、日本接着歯学会との合同シンポジウムを企画していただきました。また歯内と歯周のシンポジウムをそれぞれ企画する予定ですが、臨床のエキスパートの先生方にご登壇いただき、大いに語っていただけるような内容です。

2020 年度に日本歯科保存学会が審査機関、日本歯科衛生士会が認定機関である認定歯科衛生士（う蝕予防管理）制度がスタートし、すでに 150 名を超える認定歯科衛生士が誕生しました。本大会が開催される時点では、資格取得者は 200 名を超えるものと思われれます。そこで初の試みとして、歯科衛生士向けシンポジウムも企画します。

新型コロナウイルス感染症もようやく落ち着きつつあります。本大会は、現地参加とオンデマンド型オンライン参加の組み合わせを予定しておりますが、現地での本格的な対面開催ができるのではないかと期待しています。また日本歯科保存学会は、木曜日・金曜日開催が恒例となっておりますが、石井信之前理事長のリーダーシップにより本大会を土日開催とさせていただきました。開業されている先生方や歯科衛生士の皆様方にも積極的に足をお運びいただき、有意義な時間をお過ごしいただけるように、スタッフ一同準備してまいります。ぜひとも多くの方にご参加いただき、皆様と浜松でお会いできますことを楽しみにしております。

日本歯科保存学会 2023 年度秋季学術大会（第 159 回）案内

日本歯科保存学会 2023 年度秋季学術大会（第 159 回）は、2023 年 11 月 11 日（土）・12 日（日）、静岡県浜松市（担当校：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、大会長：二階堂 徹教授）において、下記のとおり開催（現地開催＜予定＞およびオンデマンド配信）することとなりました。多数の会員の皆様方の発表とご参加をお願い申し上げます。

2023 年 4 月
特定非営利活動法人 日本歯科保存学会
理事長 林 美加子

1. 会 期 2023 年 11 月 11 日（土）・12 日（日）
本学術大会では、2023 年 11 月 22 日（水）正午～12 月 20 日（水）正午の期間、オンデマンド配信を予定しております。
2. 会 場 アクトシティ浜松
〒430-7790 静岡県浜松市中区板屋町 111-1
TEL：053-451-1111

3. 発表形式選択

下記、6 つの中から選択ください。

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

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

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

1) 口 演

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

2) ポスター発表

- ◆ポスター発表は、現地発表用（印刷版）とオンデマンド配信用（PDF ファイル）を作成いただきます。
- ◆オンデマンド配信期間中は、専用ホームページにてポスター発表として公開されます。
- ◆ポスターの掲示形式の詳細は「6. ポスター発表掲示形式」をご覧ください。
- ◆詳細は、大会ホームページにてご案内いたします。

4. 発表の申込み

学術大会ホームページ (<https://shikahozon.jp/159>) による受付となります。

1) 演題申込方法

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

2) 演題申込期間

2023年6月22日(木) 正午～2023年8月4日(金) 14:00

学術大会ホームページよりご登録ください。

演題申込期間の延長はいたしませんので、期間内に奮ってお申し込みください。

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

「演題登録システム」以外の受付は一切できませんのでご注意ください。

3) 登録項目

演題登録画面にて、以下の項目を入力してください。

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

4) 演題・抄録提出時の注意点

- ・2023年8月4日(金) 14:00の抄録提出期限までに、ホームページ上で何度でも更新・変更が可能です。
- ・演題・抄録の申込方法の詳細はホームページ上で公開いたしますので、ご確認ください。
- ・ご登録いただきました際には、受信確認のE-mailが自動送信されます。
- ・締切直前はアクセスが集中し回線の混雑が予想されますので、余裕をもってご登録ください。
- ・以下の研究発表および国内未承認薬・未承認治療法の使用を含む症例報告の場合は、所属機関の倫理委員会・動物実験委員会、未承認新規医薬品等審査委員会等、あるいは日本歯科保存学会臨床・疫学倫理審査委員会等の適切な審査機関による承認を得ている研究であることを抄録に明記してください。
 - (1) ヒトを対象とした研究発表
 - (2) 動物を対象とした研究発表
 - (3) 臨床試料(ヒト抜去歯など)を用いた研究発表
 - (4) 適応外使用の薬剤・機器あるいは国内未承認薬・未承認治療法の使用を含む研究発表および症例報告
 - (5) 再生医療等安全性確保法に定められている再生医療等技術を含む研究発表および症例報告なお、承認済の適応材料を用いた症例報告は大変貴重ですので、奮ってお申し込みください。
- ・採択の段階で、ご希望の形式以外での発表をお願いする場合があります。最終的な決定は、大会長にご一任ください。

5) その他

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

【入会問合せ先】 〒170-0003 東京都豊島区駒込 1-43-9

(一財) 口腔保健協会内 日本歯科保存学会事務局

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

5. 第159回学術大会に関する問い合わせ先

日本歯科保存学会 2023 年度秋季学術大会 (第159回) 運営事務局

(一財) 口腔保健協会 コンベンション事業部

TEL : 03-3947-8761 FAX : 03-3947-8341 E-mail : jscd159@kokuhoken.jp

ホームページ : <https://shikahozon.jp/159>

6. ポスター発表掲示形式

- 1) ポスターパネル (現地発表用) は、掲示可能なスペースが横 90 cm、縦 210 cm で、そのうち最上段の縦 20 cm は演題名等用のスペースとし、本文の示説用スペースは横 90 cm、縦 190 cm とします。
- 2) 最上段左側の横 20 cm、縦 20 cm は演題番号用スペースで、演題番号は大会事務局が用意します。
- 3) 最上段右側の横 70 cm、縦 20 cm のスペースに、演題名、所属、発表者名を表示してください。なお演題名の文字は、1 文字 4 cm 平方以上の大きさとし、また共同発表の場合、発表代表者の前に○印を付けてください。演題名を英文で併記することとなりました。ご協力をお願いいたします。
- 4) ポスター余白の見やすい位置に、発表代表者が容易にわかるように手札判 (縦 105 mm、横 80 mm) 程度の大きさの顔写真を掲示してください。
- 5) ポスターには図や表を多用し、見やすいように作成してください。3 m の距離からでも明瞭に読めるようにしてください。図表およびその説明・注釈は英文で表記してください。研究目的、材料および方法、成績、考察、結論などを簡潔に記載してください (※症例報告の場合は、緒言、症例、経過、予後、考察、結論)。
- 6) ポスター掲示用の押しピンは、大会事務局にて用意します。
- 7) ポスターを見やすくするために、バックに色紙を貼ることは発表者の自由です。
- 8) オンデマンド配信用の PDF ファイルは、横 45 cm、縦 105 cm に設定してください。



7. 事前登録について

本学術大会では事前登録を採用します。事前登録の詳細は学術大会ホームページ等にてご案内いたします。

8. 会員懇親会について

本学術大会における会員懇親会は、実施を予定しております。詳細は学術大会ホームページ等にてご案内いたします。

9. 抄録集について

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

日本歯科保存学雑誌

第 66 卷第 2 号

令和 5 年 4 月

目 次

誌上シンポジウム「レーザー光が拓く歯科保存治療」

日本歯科保存学会・日本レーザー歯学会合同シンポジウム開催のご挨拶	石井 信之 (93)
シンポジウム概要	吉成 伸夫 (94)
歯の硬組織疾患への歯科用レーザーの応用	山本 一世 (95)
レーザーの歯内療法領域への応用	木村 裕一, 山田 嘉重, 佐藤 穂子 (100)
スケーラーと Er:YAG レーザーを併用した包括的歯周ポケット治療法について	青木 章 (105)

原 著

酸化亜鉛ユージノール系ペーストタイプ根管充填シーラーの 材料特性ならびに生体親和性評価

.....	加藤 昭人, 宮治 裕史, 金本佑生実 部 佳奈子, 岡本 一絵, 吉野 友都 浜本 朝子, 西田絵利香, 菅谷 勉 田中 佐織 (114)
-------	---

幅広植毛歯ブラシによる人工プラーク除去時の, 効率的な歯ブラシヘッドスピードおよびブラッシング幅の検討

.....	滝口 尚, 黒川 雅樹, 山田 純輝 宮本 恭介, 中島 太一, 山本 松男 (124)
-------	---

症例報告

骨形成不全症患者の慢性根尖性歯周炎罹患歯に対応した 1 症例

.....	前菌 葉月, 川西 雄三, 島岡 毅 高橋 雄介, 林 美加子 (131)
-------	--

真性ポケットを伴う薬物性歯肉増殖症に対し審美的な配慮をした 1 症例

.....	山本 陸矢, 磯 亮輔 前田 祐貴, 小川 智久 (138)
-------	-------------------------------------

歯肉のメラニン沈着の審美治療として

Er:YAG レーザーをマイクロサージェリーで応用した長期経過

.....	井上 剛, 水谷 幸嗣, 三上理沙子 島田 康史, 青木 章 (147)
-------	---

投稿規程	(154)
------	---------

編集後記	(156)
------	---------

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. 66, No. 2

APRIL 2023

CONTENTS

Symposium in the Journal

- Greetings from the Joint Symposium of JSCD and JSLD.....TANI-ISHII Nobuyuki (93)
Overview of Symposium.....YOSHINARI Nobuo (94)
Application of Dental Lasers to Dental Hard Tissue Diseases.....YAMAMOTO Kazuyo (95)
Laser Applications in Endodontics.....KIMURA Yuichi, YAMADA Yoshishige and SATO Yasuko (100)
Comprehensive Periodontal Pocket Therapy Using Scaler and Er: YAG Laser.....AOKI Akira (105)

Original Articles

- Characterization and Biocompatibility Evaluation of Zinc Oxide Eugenol-based Paste Root Canal Sealer
.....KATO Akihito, MIYAJI Hirofumi, KANEMOTO Yukimi,
SHITOMI Kanako, OKAMOTO Ichie, YOSHINO Yuto,
HAMAMOTO Asako, NISHIDA Erika, SUGAYA Tsutomu
and TANAKA Saori (114)
- Investigation of Effective Toothbrush Head Speed and Brushing Width
in Artificial Plaque Removal with Wide-flocked Toothbrush
.....TAKIGUCHI Takashi, KUROKAWA Masaki, YAMADA Junki,
MIYAMOTO Kyosuke, NAKAJIMA Taichi and YAMAMOTO Matsuo (124)

Case Report

- Nonsurgical Root Canal Treatment of Chronic Apical Periodontitis
in an Osteogenesis Imperfecta Patient: A Case Report
.....MAEZONO Hazuki, KAWANISHI Yuzo, SHIMAOKA Tsuyoshi,
TAKAHASHI Yusuke and HAYASHI Mikako (131)
- Esthetic Consideration for Drug-induced Gingival Hyperplasia
with True Pockets: A Case Report
.....YAMAMOTO Rikuya, ISO Ryousuke, MAEDA Yuuki and OGAWA Tomohisa (138)
- Long-term Outcomes of Er: YAG Laser Microsurgery for Melanin Removal
in Gingiva: A Case Report
.....INOUE Go, MIZUTANI Koji, MIKAMI Risako,
SHIMADA Yasushi and AOKI Akira (147)

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

レーザー光が拓く歯科保存治療

日本歯科保存学会・日本レーザー歯学会合同シンポジウム開催のご挨拶

石井 信之

日本歯科保存学会理事長

Greetings from the Joint Symposium of JSCD and JSLD

TANI-ISHII Nobuyuki

President of JSCD

キーワード : laser light dental treatment, advanced dental medicine, painless treatment

2022年度日本歯科保存学会秋季学術大会(第157回)において、日本歯科保存学会と日本レーザー歯学会の合同シンポジウム「レーザー光が拓く歯科保存治療」が開催されました。本シンポジウムは、学会主導型シンポジウム5カ年計画(2020年開始)の立案計画に従って遂行されました。

学会主導型シンポジウム5カ年計画の3年目は、1)健康・医療戦略を反映した企画、2)関連学会との連携、およびアンケートによる会員からの意見収集の実施が立案され、第156回春季学術大会は「国策における保存治療の重要性に関わる研究のシンポジウム」が開催され、第157回秋季学術大会は「関連学会との連携シンポジウム」「アンケートの実施」の企画案を「レーザー光が拓く歯科保存治療」のテーマによって具現化しました。

合同シンポジウム「レーザー光が拓く歯科保存治療」は、歯科保存学3領域に関連し、各専門領域の最新研究と歯科臨床への導入状況を説明後に、活発な議論を展開することを期待し、日本レーザー歯学会との連携によって3名のシンポジストが推薦されました。

- ・保存修復学分野：山本一世先生(大阪歯科大学 歯科保存学講座 教授)
- ・歯内治療学分野：木村裕一先生(奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野 教授)
- ・歯周治療学分野：青木 章先生(東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科歯周病学分野 歯周光線治療学 教授)

現況の歯科臨床において、う蝕歯の無痛の窩洞形成加算・手術時歯根面レーザー応用加算が保険収載(2008年)されて以来、日常臨床における歯科用レーザーの使用頻度が高まっていることが本シンポジウム選定の要因となりました。さらに、本シンポジウムは、安全なレーザー歯科治療の提供とともに、歯科保存治療3領域における歯科用レーザーの利用と技術開発の現状を周知すると同時に、レーザーを用いた歯科保存治療の将来像を模索することが規格立案の骨子となりました。

今回の合同シンポジウムが日本歯科保存学会と日本レーザー歯学会会員に対して、有益な情報源として貢献できることを祈念します。

最後になりましたが、学会主導型シンポジウム5カ年計画の実施にあたり、多大なご尽力をいただきました皆様方に厚く御礼申し上げます。

誌上シンポジウム

日歯保存誌 66 (2) : 94~94, 2023

レーザー光が拓く歯科保存治療

シンポジウム概要

吉成伸夫

松本歯科大学歯科保存学講座 (歯周)

Overview of Symposium

YOSHINARI Nobuo

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

キーワード：レーザー光，難切削性修復物の除去，根管洗浄，包括的歯周ポケット治療法

歯科用レーザーは、2018年度の診療報酬改定の際に歯科用レーザー治療の保険適用範囲が大きく広がったこともあり、普及率も毎年上昇し、その用途として歯の硬組織疾患治療、歯内療法、歯周病治療、軟組織への応用、前歯部審美領域における歯頸ラインの調整、抜歯窩の血餅保持、象牙質知覚過敏症の治療、顎関節治療、痛みのコントロール、補綴物の溶接、除去などの非常に幅広い用途で使用されている。このように、歯科用レーザーは幅広い分野で精度の高い処置ができ、効率性・利便性に優れていることから、その可能性は未知数で今後さらなる効能・使用法が期待できる。

本シンポジウムは、2020年度から始まった「学会主導型シンポジウムの5カ年計画」の3年目で、関連学会との連携シンポジウムとして企画された。2022年度日本歯科保存学会秋季学術大会（第157回）のテーマ「究極の歯科保存治療で生涯を楽しむ」のなかで、究極となりうるレーザー歯科治療に対して、歯科保存治療3分野における歯科用レーザーの利用と技術開発の現状について、日本レーザー歯学会でもご活躍の3名のシンポジストに講演いただき、レーザー光を用いた歯科保存治療の将来像について、臨床的な有効性、必要性、問題点、研究の必要な点から議論した。

まず、山本一世先生には、歯の硬組織疾患への応用として、ミニマルインターベンション (MI) の概念から生物学的なアプローチでのレーザー光によるう蝕除去法、HLLT, LLLT 効果による象牙質知覚過敏症への応用を概説、さらに難切削性修復物の除去法を紹介していただいた。

木村裕一先生には、歯内療法への応用として、診断と治療の面から、前者では外傷歯における歯髄診断、後者では根管洗浄、光線力学療法の研究結果を紹介していただいた。

そして、青木章先生には、非外科的歯周ポケット治療として、レーザー光の殺菌、無毒化効果、光生体調節 (photobiomodulation) 効果を応用した新規の包括的歯周ポケット治療法 (Er:YAG Laser-assisted Comprehensive Periodontal Pocket Therapy) の概念、臨床応用を紹介していただいた。

3名のシンポジストが講演した、レーザー光を応用した新しい治療法の概念・研究成果は今後の歯科保存治療の発展にきわめて重要な提案であり、保険収載を指向した光の特性を生かしたレーザー照射療法を展開できるよう、さらなるエビデンス構築を図っていく必要がある。

レーザー光が拓く歯科保存治療
歯の硬組織疾患への歯科用レーザーの応用

山本 一世

大阪歯科大学歯科保存学講座

Application of Dental Lasers to Dental Hard Tissue Diseases

YAMAMOTO Kazuyo

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

キーワード：歯科用レーザー，歯の硬組織疾患，齲蝕処置，象牙質知覚過敏症，修復物除去

はじめに

歯科領域において、レーザーは齲蝕の診断や予防、また歯の切削や齲蝕の除去などの歯の硬組織への応用、根管治療、断髄・覆髄など歯内領域への応用、歯周ポケット内照射、歯石除去など歯周病への応用、軟組織の切開・切除・凝固などの外科的応用、口内炎、象牙質知覚過敏症、顎関節症などの疼痛緩和や創傷治癒の促進、さらに歯の漂白やメラニン色素除去といった審美領域など、多くの分野で使用されている。また現在、日本では6項目のレーザーを利用した歯科治療や検査が保険収載されており、硬組織に対しては齲蝕歯無痛の窩洞形成加算、手術時歯根面レーザー応用加算、軟組織に対しては口腔粘膜処置、口腔粘膜血管腫凝固術、各種外科手術に対するレーザー機器加算、またエナメル質初期齲蝕管理加算の算定の際、2回目以降の算定要件としても認められている。このように歯科領域において、レーザーは硬組織・軟組織いずれにも利用されており、どちらかといえば軟組織が主流であるが、日本レーザー歯学会ホームページにも記載があるように、歯科とレーザーの関係は、1964年にSternとSognaesにより、ルビーレーザーをエナメル質と象牙質の蒸散に初めて用いたときにさかのぼる¹⁾。すなわち歯科とレーザーの関係は、もともと

は硬組織への応用から始まっているのである。本稿では特に保存修復領域における歯の硬組織疾患に対する歯科用レーザーの応用と展望について、当教室で行っている研究を中心に述べてみたい。

歯科用レーザーの応用

1. 齲蝕の除去

水やハイドロキシアパタイトは、それぞれ波長3 μm 、10 μm 付近に光吸収スペクトルのピークを有している。そのため波長2.94 μm のEr:YAGレーザーや波長10.6 μm のCO₂レーザーは、歯質に吸収されやすく歯の切削に適している。Er:YAGレーザーを歯質に照射すると熱作用による水の蒸散と光衝撃波作用が生じ、結果としてハイドロキシアパタイトの結合が崩壊することで歯質が切削される²⁾。回転器具による歯の切削音と振動は受診者にとって大きな苦痛とされ、歯科医院受診を敬遠する要因の一つであるが、Er:YAGレーザーを適切な照射条件で使用すれば、ほとんど痛みなしに罹患歯質を削除できるとして期待されてきた。ここではさらに、感染象牙質の選択的除去への応用について考えてみる。

Er:YAGレーザーによる歯の切削機序は、先に述べたとおりハイドロキシアパタイト内外の水分子にレーザー光が吸収されて微小爆発が起こりアパタイトが粉碎



Fig. 1 The experimental caries-detecting dye solution containing high laser-absorptive substances (urea)

することなので、健全歯質よりも脱灰が進み水分含有量の多い感染歯質のほうがより削除されやすく、回転切削と比較して齲蝕歯質を選択的に除去できる可能性がある。齲蝕象牙質は病理学的には多菌層、寡菌層、先駆菌層、混濁層、透明層といった分類がなされているが、実際の臨床で除去すべき部分と保存できる部分としては、脱灰が著しくコラーゲン線維が不可逆的に変性した壊死層、つまり再石灰化が不可能な感染象牙質である外層 (caries infected dentin) と、コラーゲン線維が可逆的な変性にとどまっている無菌的な生活層、すなわち再石灰化が可能な齲蝕影響象牙質である内層 (caries affected dentin) とに分類されている³⁾。除去すべき齲蝕象牙質の識別に最も有効とされているのが齲蝕検知液 (1%アシッドレッド) であり、齲蝕検知液で染色された部分のみを選択的に削除することが、再石灰化可能な齲蝕象牙質内層を残す、すなわち健全歯質を最大限に保存するというミニマルインターベンション (MI) の概念に最も合致する齲蝕除去法といえる。齲蝕象牙質外層の除去には低速回転切削や手用切削が推奨されているが、Er:YAGレーザーを齲蝕検知液に特異的に反応させることができれば、不快な音や振動が少ないという特長と合わせ、非常に有効な齲蝕除去法となりうるであろう。当教室の吉川ら⁴⁾はさまざまな物質を調査し、Er:YAGレーザーに高い反応性を示し、かつ口腔内で使用できるレーザー高吸収体として、尿素が最も有望であることを発見した。そこで尿素を1.0, 2.0, 4.0%配合した齲蝕検知液を試作し (Fig. 1)、これらで染色された人工脱灰象牙質に、Er:YAGレーザーを100 mJ, 1 ppsで10パルス照射し、形成された窩洞を三次元形状測定装置で測定したところ、尿素の濃度が増加すると窩洞の深さ、除去体積量とともに増加する傾向が認められ、特に4%配合でコントロールと比較して有意に高い値を示した (Fig. 2, 3)。またこのようにして脱灰部分を削除した後の象牙質部分のヌープ硬さを球形スチールバーで削除した象牙質と比較してみると、残存する象牙質の硬さに有意な差は認められな

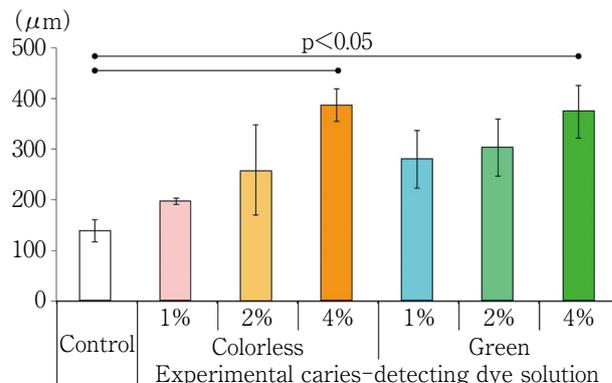


Fig. 2 The removal cavity depth using Er:YAG laser with experimental caries-detecting dye solution containing high laser-absorptive substances

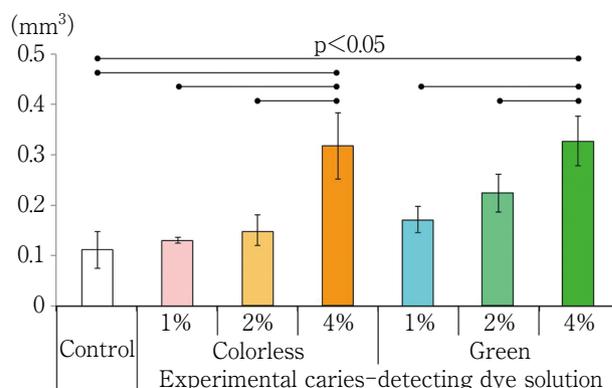


Fig. 3 The removal cavity volume using Er:YAG laser with experimental caries-detecting dye solution containing high laser-absorptive substances

かった。以上の結果より、レーザー高吸収体として尿素を配合した齲蝕検知液を使用することにより、Er:YAGレーザーによって齲蝕象牙質外層部分を、患者の苦痛を軽減しつつ選択的に除去できる可能性が示唆された。

2. 齲蝕の管理

齲蝕検知液とレーザーの組み合わせとして、インドシアニングリーン (ICG) と半導体レーザーによる齲蝕の管理への応用についても検討している⁵⁾。医療分野において、インドシアニンググリーンは半導体レーザーの光感受性物質として、検査や診断、PDT (光線力学療法) などに使用されており、また歯周治療や根管治療にも有効であることが報告されている⁶⁾。人工齲蝕象牙質試料をインドシアニンググリーンを配合した齲蝕検知液で染色し、波長 808 nm の半導体レーザーを照射したところ、照射前と比較してヌープ硬さの有意な向上が認められた (Fig. 4)。現在わが国では高齢者における齲蝕有病率率

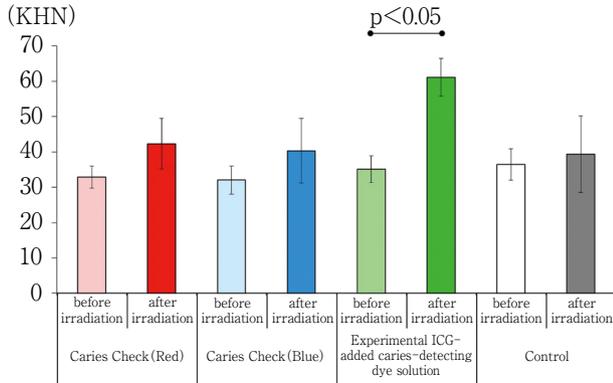


Fig. 4 Changes in Knoop hardness of each dyed specimen after laser irradiation

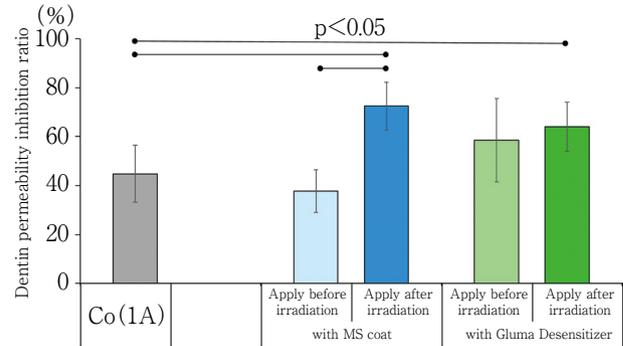
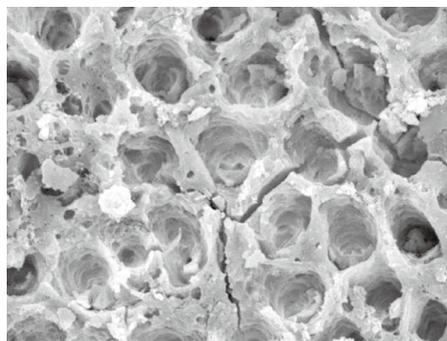
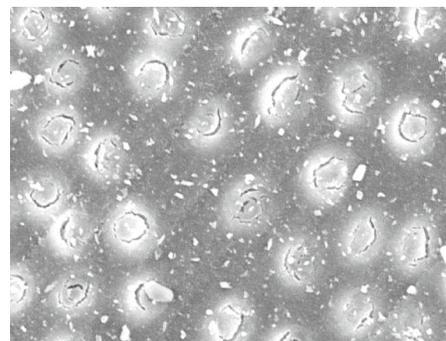


Fig. 6 The dentin permeability inhibition ratio using CO₂ laser with dentin desensitizers in the irradiation distance 1 mm



High energy density



Low energy density

Fig. 5 SEM images of the dentin specimen surfaces irradiated with CO₂ laser (×3,000)

の上昇が問題となっており⁷⁾, これには根面齲蝕の発症率が大きく関係していると考えられる。根面齲蝕は多様な病態を示すが, 進行すると歯頸部に沿って歯根全周を取り囲むように拡大し, 良好な修復を行うことは技術的にきわめて難しくなる。そこで処置が困難な根面齲蝕に対して, インドシアニングリーンを配合した齲蝕検知液と, コンパクトで訪問診療などにも携帯可能な半導体レーザーによる齲蝕の管理が可能になれば, これからの高齢化社会において有望な処置法となりうるものと考えている。

3. 象牙質知覚過敏症への応用

象牙質知覚過敏症のメカニズムとしては, 象牙芽細胞が疼痛受容器として働き, 刺激が神経線維に伝達されるという説, 象牙細管内の液体の移動によって歯髄側の神経線維が興奮する, いわゆる動水力学説, 象牙細管内に神経線維が存在するという説など, いくつかの説があり, 現在ではこれらいくつかのメカニズムが複合して関与しているという多元説が有力であるが, なかでも動水力学説が最も広く受け入れられている⁸⁾。レーザーを利用した象牙質知覚過敏症の処置としては, 患部に直接

レーザーを照射して, HLLT 効果 (生体組織を破壊する反応を利用した治療) により露出した象牙細管口を塞ぐ方法や, 象牙細管内のタンパク質を凝固あるいは粘稠にして刺激の伝達を遮断する方法, 低エネルギーのレーザーを患部に直接照射して LLLT 効果 (生体の活性化を応用した治療) を図る方法, また患歯の根尖相当部の粘膜に低エネルギー照射して LLLT 効果を期待する方法などがあり, そのうち, HLLT 効果によって象牙細管内容液の移動を阻止する方法として, 高出力のレーザーによって硬組織を溶融させて象牙細管を封鎖する方法が古くから試みられている。この方法によれば, 確かに細管口は封鎖されるが, 同時に周囲の管間象牙質に対するダメージが大きく, また歯髄に及ぼす熱の影響などの副作用が問題となる。さらにダメージを受けた象牙質がその後の歯磨きなどによって崩壊し, 知覚過敏が再発する恐れもある。そのため, 組織表面吸収型のレーザーを低出力で照射し, 細管内のタンパク質を変性させて封鎖するほうが安全である (Fig. 5)。この場合, レーザー照射後に知覚過敏抑制材を使用することで, さらに効果が持続することが期待できる (Fig. 6)⁹⁾。



Laser irradiation After removal
Fig. 7 The removal of zirconia crown using Er, Cr : YSGG laser

4. 歯冠修復物の除去

2019年、アメリカとカナダにおいて、エルビウム・クロミウム：YSGGレーザー、いわゆるウォーターレーズ（Waterlase iPlus, BIOLASE）によるクラウン、ベニアの除去が認可された¹⁰⁾。この方法は、レーザー光を透過させるオールセラミック修復物の表面からレーザーを照射し、合着用セメント中の水を微小爆発させることでセメントを破壊し、修復物を除去するというもので、歯の切削と同じ原理を利用しているものと考えられる。このエルビウム・クロミウム：YSGGレーザーによる補綴物除去法は、特にジルコニアなどの難切削性材料で作製されたクラウンやベニアの除去において、切削法と比較して短時間で行うことが可能で、また歯の切削と同様に不快な音や振動が少ないため、患者の負担が軽減するとされている^{11,12)}。さらに修復物がレーザーによる損傷をほとんど受けずに除去できるため、除去した修復物を暫間修復物として利用することや、場合によっては再装着することも可能である（Fig. 7）。わが国では今のところ、レーザーによる修復物の除去は薬機法の認可を得ていないため、本法を医療行為として実施する場合には必ず患者の同意を得ることが必要であり、またすべての責任が医療従事者に課せられることに留意する必要があるが、今後は非金属性歯冠修復の増加に伴い、有効な処置法となりうるものと考えている。

おわりに

Er : YAGレーザーによる歯の切削が、2008年の診療報酬改定から公的保険に導入されて以来15年が経過した。しかしながら、算定の頻度は導入当初からほとんど拡大されていないのが現状である（令和3年度において充形3.49%、KP 0.53%）¹³⁾。評価点数が高くないことも一因かもしれないが、それ以上に従来の回転切削と比較して明らかな優位性がいまひとつ不確かで、単なる回転切削器具の代替と捉えられていることが最大の要因であ

ろう。保険導入前年の2007年に、第19回日本レーザー歯学会の特別フォーラムにおいて行われた「レーザー診療の保険適用に関して」というアンケート結果においても、保険適用に賛成という意見が大部分を占めたものの「使用基準症例を決めてから導入すべきである」「使用者は規定するのか（レーザー歯学会会員など）」「まずは先進医療獲得が先ではないか」といった“条件付きで賛成”が過半数であった¹⁴⁾。齲蝕歯無痛の窩洞形成加算に限らず、レーザーの大きな利点はなんといっても低侵襲の治療が可能なことである。そのことから今後、特に歯の硬組織疾患に対して、“レーザーを使った医療が国民の歯科治療にこんなに貢献する”ということを地道に示していく必要があると考えており、本稿がその一助となれば幸いである。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Stern RH, Sognnaes RF. Laser effect on dental hard tissues. A preliminary report. J South Calif State Dent Assoc 1965; 33: 17-19.
- 2) 熊崎 護 : Er : YAGレーザーを使用した歯の硬組織切削（窩洞形成）一歯の吸収スペクトルおよび切削機序について. 日レ医誌 1996 ; 17 : 1-8.
- 3) 田上順次, 奈良陽一郎, 山本一世, 斎藤隆史. 保存修復学 21. 6版. 永末書店 : 京都 ; 2022. 31-32.
- 4) 吉川一志, 保尾謙三, 森川裕仁, 井村和希, 古澤一範, 三浦 樹, 平井千香子, 小正玲子, 谷本啓彰, 岩田有弘, 粟津邦男, 山本一世. レーザー高吸収体配合齲蝕検知液を併用したEr : YAGレーザーによる齲蝕の選択的除去. 日歯保存誌 2016 ; 59 : 259-265.
- 5) 平井千香子, 吉川一志, 小正玲子, 保尾謙三, 山本一世. 試作齲蝕検知液を併用した半導体レーザーによる齲蝕管理. 日レ歯誌 2020 ; 30 : 7-14.
- 6) Sasaki Y, Hayashi J, Fujimura T, Iwamura Y, Yamamoto

- G, Nishida E, Ohno T, Okada K, Yamamoto H, Kikuchi T, Mitani A, Fukuda M. New irradiation method with indocyanine green-loaded nanospheres for inactivating periodontal pathogens. *Int J Mol Sci* 2017; 18: 154.
- 7) 厚生労働省. 平成 28 年歯科疾患実態調査結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf> (2023年2月27日アクセス)
 - 8) 田上順次, 奈良陽一郎, 山本一世, 斎藤隆史. 保存修復学 21, 6 版. 永末書店: 京都; 2022. 75-78.
 - 9) 善入寛仁, 吉川一志, 山本一世. 知覚過敏症モデル象牙質へのレーザー照射が透過性に与える影響について. *日歯保存誌* 2008; 51: 48-62.
 - 10) BIOLASE 社 HP. Crown & Veneer Removal Protocol Guide. <https://www.biolase.com/procedures/dentists/crown-and-veneer-removal/> (2023年2月27日アクセス)
 - 11) Deeb JG, Skrjanc L, Kanduti D, Carrico C, Saturno AM, Grzech-Leśniak K. Evaluation of Er: YAG and Er, Cr: YSGG laser irradiation for the debonding of prefabricated zirconia crowns. *Adv Clin Exp Med* 2021; 30: 7-15.
 - 12) Elkharashi A, Grzech-Leśniak K, Deeb JG, Abdulmajeed AA, Bencharit S. Exploring the use of pulsed erbium lasers to retrieve a zirconia crown from a zirconia implant abutment. *PLoS One* 2020; 15: e0233536. Doi: 10.1371/journal.pone.0233536.
 - 13) e-Stat. 社会医療診療行為別統計. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001154224&cycle=7> (2023年2月27日アクセス)
 - 14) 千田 彰, 松見秀之, 津田忠政. レーザー医療の歯科保険医療へのさらなる取り込みを考える. 平井義人, 千田彰, 津田忠政. 症例でみる歯科用レーザーの有効活用. *日本歯科評論増刊. ヒョーロン・パブリッシャーズ*: 東京; 2008. 10-22.

レーザー光が拓く歯科保存治療

レーザーの歯内療法領域への応用

木村 裕一 山田 嘉重* 佐藤 穂子

奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野

*奥羽大学歯学部歯科保存学講座保存修復学分野

Laser Applications in Endodontics

KIMURA Yuichi, YAMADA Yoshishige* and SATO Yasuko

Division of Endodontics, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry

*Division of Operative Dentistry, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry

キーワード：レーザー，歯内療法，診断と治療

緒言

1960年にルビーレーザーの発振に成功して、1964年にルビーレーザーを歯科領域に初めて応用して以来、各種レーザーを用いて多くの歯科領域への応用に関する論文が報告された。そのなかで歯内療法領域に関しては、1971年に根尖孔を塞ぐために炭酸ガスレーザーを応用して以来、十数年間は根管壁の形態学的変化または器具の殺菌に関する報告などで数が少なかったが、1985年を境にして急激に多くなった。1985年にはレーザードプラ法による歯髄血流の測定、そして象牙質知覚過敏症の治療と生活断髄法に、1986年には根管の殺菌に、1987年には直接覆髄法へ、1988年には歯根尖切除術へと次々と歯内療法への応用が各種レーザーを用いて報告された。その後もレーザーの歯内療法領域への応用に関する多くの研究が報告されて、これらを総括し、まとめた総説も報告されている¹⁻⁴⁾。

本総説の目的はレーザーの歯内療法領域への応用に関する報告を診断法と治療法に分け、そして最新のシステムティックレビューの知見をできるだけ加味して総括し、歯内療法領域でのレーザーの応用におけるエビデ

スと有用性をより明確にすることである。

歯内療法領域でのレーザーの応用

1. 診断への応用

レーザードプラ法による血流測定は最初、皮膚、網膜、腎皮質、腸間膜などの微小血管の血流を測定するために開発されたが、それを歯髄の血流測定に応用した報告がなされた。この測定方法の原理はレーザー光のコヒーレント性を利用して赤血球に照射されたレーザー光が運動速度に応じたドプラシフトを受けることにあり、周波数の偏位量を解析しリアルタイムでデジタル表示する。この測定方法は従来の血流測定方法とは異なり、非観血的に、持続的にそして瞬時の血流測定が可能であり、再現性に優れるなどの多くの利点がある。この方法に用いられたレーザーは最初、波長632.8 nmのヘリウムネオン (He-Ne) レーザーであったが、その後、半導体レーザー (波長780~810 nm) のほうが組織に対して透過性がよいとされ、半導体レーザーが使用されるようになった。しかし、どちらのレーザーがこの測定方法に適しているかについては一長一短があるようで、633 nmの波長は特異性ではよいが感受性に関して劣り、810

nmの波長は逆に感受性はよいが特異性に関して劣るとされる。また、この方法では歯肉の血流に反応することもあり、振動などでアーチファクトが検出されるなどこの方法に特有の問題もあり、まだ解決しなければならない問題点も残されている。その解決策の一つに、反射レーザー光ではなく、透過レーザー光を利用する方法が考案された。反射光を利用するドブラー法ではエナメル質表面から照射されたレーザー光は硬組織内で散乱し、その反射成分は歯髄からのものばかりではなく、歯肉などの周囲組織からの成分も含まれ、これが誤反応の原因となるからである。今後、この透過光を利用した方法の確立が望まれる。

システマティックレビューによると、現在までの報告においては感受性と特異性が高いにもかかわらず、バイアスとデータ不足のためさらなる研究が必要であるとする報告⁵⁾と、外傷歯の歯髄の生死において有用であるとする報告⁶⁾や、他の歯髄の生死を診断する方法と比較すると最も正確であるとする報告⁷⁾がある。

2. 治療への応用

1) 象牙質知覚過敏症への応用

1985年に象牙質知覚過敏症にレーザーを応用して以来、多くの報告がある。現在までに報告されているレーザーの種類はHe-Neレーザー(波長632.8nm)、半導体レーザー(波長780, 830, 900nm)、Nd:YAGレーザー(波長1.064 μ m)、炭酸ガス(CO₂)レーザー(波長10.6 μ m)と、Er:YAGレーザー(波長2.94 μ m)、Er,Cr:YSGGレーザー(波長2.78 μ m)がある。

レーザーの種類によっては有効率にかなりのばらつきがあるが、レーザー以外の治療法と比べると一般的には有効率は高いと考えられている⁸⁾。システマティックレビューによると、象牙質知覚過敏症に対するレーザー治療のエビデンスは弱い、薬物塗布による治療よりはわずかに効果があるとの報告である⁹⁻¹¹⁾。

レーザーによる治療の作用機序は、大部分は不明であるが、基礎実験によると低出力レーザーによる場合、He-Neレーザーでは末梢神経のA δ またはC線維には影響を与えることなく、活動電位に影響するとの報告があり、波長830nmの半導体レーザーではC線維の脱分極をブロックすると報告されている。高出力レーザーによる場合、象牙細管の開口部を塞ぐことが確認されているが、Nd:YAGレーザーの場合はこれとは別に麻酔鎮痛効果も報告されており、この効果も重複していると考えられる。また、プラシーボ効果も数十パーセントあると考えられている。象牙質知覚過敏症の治療で困難な点は、その判定法にある。あくまで痛みというものは主観的なもので、痛みの閾値が社会的および心理的要因や個人の経験によって容易に変化することから客観的に測定

することは非常に困難であるが、visual analogue scale (VAS)を使用すると再現性よく測定でき、有効であるとの報告がある。

2) 直接覆髄法と生活断髄法への応用

直接覆髄法への応用は1987年に、イヌを用いた動物実験に炭酸ガスレーザーを使用したことで始まった。その後、Nd:YAGレーザーをラットとイヌに使用した結果、照射後の歯髄の治癒を促進させた報告がある。また、イヌを用いた動物実験で、波長830nmの半導体レーザーを低出力300mWで3分間直接歯髄に照射すると、非照射群と比較して治癒が促進し、生化学的分析によるとレクチンやコラーゲンの出現が増加したと報告された。そして炭酸ガスレーザーを実際に臨床応用した報告によると、治療後1年の治療成績(歯髄生存率89%)はレーザーを使用しない場合(68%)と比べて有意差が認められた。また、Nd:YAGレーザーを臨床応用した報告によると、水酸化カルシウム系(Dycal)を用いた従来の方法と比較して、レーザー照射後グラスアイオノマー系セメント(Vitrebond)を用いて治療したほうが54カ月後の歯髄生存率で2倍以上(43.6%と90.3%)のよい成績が得られた。メタアナリシスまたはシステマティックレビューによると、直接覆髄法へのレーザーの応用は予後成績を向上させるとされている¹²⁾。

生活断髄法への応用は1985年に、イヌを用いた動物実験に炭酸ガスレーザーを使用したことで始まった。同様の研究はNd:YAGレーザーを用いてイヌとラットに、半導体レーザーを用いてマウスに、アルゴンレーザーを用いてブタに、Er:YAGレーザーを用いてラットに適用し報告された。これらの報告によると、根尖部の歯髄組織には炭酸ガスレーザーによる断髄後の傷害は認められず、1週後のNd:YAGレーザー照射面の治癒はコントロールと比較して良好で、4, 12週後のデンティンブリッジの形成はレーザー照射により促進した。また、断髄後の患歯に低出力の半導体レーザーを臨床応用すると自発痛が軽減した。レーザーを生活断髄法へ応用する場合の特徴は、出血をコントロールしながら治療できることにある。したがって、従来の方法に比べて歯冠部歯髄の除去、歯髄の切断が円滑にできると考えられる。しかし、レーザー照射は熱の発生を伴うので過度の照射には注意する必要がある。炭酸ガスレーザーを生体組織に照射した場合、組織表層にエネルギーがほとんど吸収されるため、Nd:YAGレーザーに比べ、組織深部への影響は少ないと考えられている。実際、Nd:YAGレーザーを高出力で照射したため、被蓋硬組織が形成されなかった報告もある。しかし、適切な照射条件を使用すれば、レーザーの直接覆髄法と生活断髄法への応用は止血・殺菌作用が期待でき有効であると考えられる。炭酸ガス

レーザー・Nd:YAGレーザーは基本的にはメスとして使用しており、低出力の半導体レーザーは術後の創傷治癒を促進させるものとして使用している。したがって、両者を併用すればより良好な結果を得られる可能性がある。生活断髄法へのレーザーの応用に関しては乳歯を対象にしている論文がほとんどで、システムティックレビューによると乳歯に限定すれば補助的によいという報告もあるが¹³⁾、通常の方法と有意差はないとする報告もある¹⁴⁾。

3) 根管壁へのレーザー照射の影響

1971年に、炭酸ガスレーザーを根管内に応用して根尖孔を塞ぐことを目的とした論文が報告された。この試みは失敗に終わったが、その後、このレーザーを使用して象牙質の透過性の減少や表面融解などのさまざまな形態学的変化に関する報告がなされた。さらに、デブリスの蒸散や形態学的変化はフッ化ジアンミン銀の塗布後に照射することにより促進した。また、従来の炭酸ガスレーザー（波長 $10.6\mu\text{m}$ ）とは異なる波長が短い（9.3, 9.6, $10.3\mu\text{m}$ ）炭酸ガスレーザーが開発され、表面融解作用、齶蝕抑制作用さらにコンポジットレジンの接着を強固にするなどの報告がなされ、その根管内への応用が期待される。

Nd:YAGレーザーの根管内への応用は1972年に根尖孔を塞ぐことに始まったが、やはりこの試みもうまくいかなかった。Nd:YAGレーザーの応用で有利な点は、根管内に使用できるような細いファイバーが早い時期に開発されたことであった。その後、このレーザーの根管内への応用に関する多くの論文が報告された。デブリスやスミヤ層は適切な照射条件を用いることにより除去可能で、レーザー照射により象牙質の表面を融解し、象牙細管を塞ぎ、透過性も減少させることができる。また、Nd:YAGレーザーのエネルギーは黒インクに吸収されやすいので、黒インクを併用することでその効果を増強することができる。アルゴンレーザーにも同様にデブリスやスミヤ層の除去などの清掃効果があり、その効果はフッ化ジアンミン銀の塗布後、照射することにより促進した。Er:YAGレーザーは、デブリスやスミヤ層の除去などの清掃効果に関してNd:YAG・アルゴンレーザーよりもさらに効果があると報告されている。現在、Er:YAGレーザー用の最小チップの直径は 0.135mm であり、この大きさならほとんどの症例の根管に応用できるが、先端部分はフレキシブルになっていないので、湾曲根管には応用しにくいなど問題点もある。Er:YAGレーザーは出力を少し上げて照射すると根管壁の切削が可能で、根管拡大への応用ができると考えられる。Er:YAGレーザー（波長 $2.94\mu\text{m}$ ）とは波長が近く、その効果もかなり相似しているEr,Cr:YSGGレー

ザー（波長 $2.78\mu\text{m}$ ）がこの領域にも応用された。デブリスやスミヤ層の除去などの清掃に関して効果があり、また根管拡大にも応用できると考えられる。

4) 根管拡大への応用

Nd:YAGレーザーを根管壁に応用すると照射面はきれいで、規則正しい様相を示すことから、根管形成への応用が示唆されたが、実際に根管拡大形成への応用に関する報告はまだない。一方、Er:YAGレーザー照射後の根管壁は非常にきれいで、そして根管壁の切削が可能であり、また根管内に容易に応用でき、しかも側面に約80%の割合で照射できるファイバーが開発された。抜去歯を用いた基礎的研究では根管拡大はできるが、根管内壁では照射時のファイバーの移動速度に応じて凹凸ができる。この凹凸が根管充填後にどのように影響を及ぼすかに関しての基礎的な研究では、側方加圧根管充填よりも垂直加圧根管充填をすることで、根尖からの微小漏洩を防ぐことができる。また、Er:YAGレーザー照射時には冷却水を用いるため、歯根表面の温度上昇を抑えることができる。実際に臨床応用できる可能性は高いが、まだ実際に臨床応用した報告はなく、臨床での有効性は不明である。

5) 根管洗浄への応用

レーザー照射により、根管内でデブリスやスミヤ層が除去されることが報告されて以来、根管洗浄に応用できる可能性が見いだされた。レーザーによる根管洗浄はLAI (laser-activated irrigation)、またはPIPS (photo-initiated photoacoustic streaming) と呼ばれている。根管洗浄に用いられているレーザー装置はEr:YAGレーザー（波長 $2.94\mu\text{m}$ ）、または波長に近いEr,Cr:YSGGレーザー（波長 $2.78\mu\text{m}$ ）が主である。他にもNd:YAGレーザー（波長 $1.064\mu\text{m}$ ）を使用した報告がある。最近、SWEEPS (shock-wave enhanced emission photoacoustic streaming) が報告されている^{15,16)}。SWEEPSとは基本デュアルパルスモードで使用して、最初のパルスによってできたバブル同士の衝突の間に次のパルスを発生させ、そのときに生じる衝撃波のことである。SWEEPSには現在、X-SWEEPSとAutoSWEEPSの2種類が報告されている¹⁷⁾。

Er:YAGレーザーによる根管洗浄に関する基礎的な研究では、デブリスの除去効果においては音波や超音波を用いた方法と比較すると効果的であるとする報告が多いが、細菌の減少に関してはEr:YAGレーザーを使用しても次亜塩素酸ナトリウム単独と有意差はなくほとんど同レベルであった。臨床応用に関してはまだ明確な有効性が示されておらず、術後疼痛に関して通常の洗浄方法と同程度であることが報告されている。

Table 1 Clinical applications and effectiveness

臨床応用	有効性
歯髄の血流測定	外傷直後の歯の生死では有効だがさらなる研究が必要
象牙質知覚過敏症	レーザーの種類によるが、限定的ではあるが有効
直接覆髄法	有効とする論文とエビデンスが低いとする論文が存在
生活断髄法	乳歯において有効とする論文と有効でないとする論文が存在
根管拡大	臨床での有効性は不明
根管洗浄	臨床での有効性は不明
根管治療	レーザーの種類によるが有効とする論文とエビデンスが不十分とする論文が存在
光線力学療法	臨床での有効性は不明

6) 根管治療への臨床応用

Nd:YAG レーザーを通常の根管治療後に臨床応用したいいくつかの報告がある。感染根管治療において3, 6カ月後の予後ではレーザーを照射して根管充填をしたほうが、照射しない場合と比べて術後の不快感や疼痛が有意に減少した。しかし、麻酔抜髄後の症例に適用した場合には不快感や疼痛は減少したが有意差は得られなかった。また、術後の根尖部の状態において、レーザー照射した症例では60%において炎症がないか、あってもごくわずかであったのに対して、非照射の症例では70%が強い炎症を示した。その他、レーザー照射による治療後、不快感や違和感がなく、3~12カ月後、根尖部の透過像の客観的減少を認めたことが報告されている。また、高出力の半導体レーザーを感染根管治療に使用した臨床報告では通常の方法と比較して、このレーザーによる方法は殺菌に適しているとし、炭酸ガスレーザーを使用した臨床報告では、従来の方法で治癒しなかった症例でも約98%の割合で成功したと報告された。しかし、システマティックレビューでは臨床での有効性がまだ示されていない。

7) 光線力学療法

光線力学療法 (photodynamic therapy: PDT, photo-activated disinfection: PAD, light-activated therapy: LAT) が歯内治療にも応用されている。なぜなら細菌に対して抗菌作用 (antimicrobial photodynamic therapy: aPDT) が期待できるからである。aPDTは2段階に分けられ、光感受性物質 (photosensitizer) を細菌に作用させて細菌と結合させ、光感受性物質と反応する光を照射して、最終的に細菌を破壊するメカニズムで、aPDTにおいて使用されるレーザーは半導体レーザー、またはアルゴンレーザーが用いられている。現在までに根管治療に応用した多くの *in vitro* の研究では、PLGA [poly (lactic-co-glycolic acid)] を利用してナノ粒子として応用するなどして有用性が示されているが、*in vivo* の研究においては、術後24時間と72時間の疼痛の減少に関する報告はあるものの、まだ臨床報告が少ないので臨床で

の有用性がどの程度あるのか不明である。

以上のレーザーの歯内療法領域に関する項目で臨床応用に関するシステマティックレビューの報告を、Table 1にまとめて示す。

結 論

以上に記載したように、歯内療法の領域でも多岐にわたるレーザーの応用がなされている。ある応用はまだ抜去歯による基礎実験の段階であり、また別の応用ではすでに臨床応用され結果を報告しているものもある。ある応用で臨床応用される場合には、その応用に関して有効であるというエビデンスの有無が重要となる。エビデンスの有無の判定には、厳格なランダム化比較試験を行うことが前提となる。その後、いくつかのランダム化比較試験を統合し、結果をメタアナリシスすることで、エビデンスの判定ができる。その場合、レーザーのパラメーターがそれぞれのランダム化比較試験で異なると、統合することが困難となる。

レーザーの応用に関する研究で大切な点は、人工歯や抜去歯による基礎的な研究を経て、次に動物実験で安全性の確認をして、臨床応用する前までにはこの応用ではレーザーのパラメーターはどれが最適な条件であるのか決定しておくことである。今後はレーザーを臨床応用する場合には、エビデンスの有無が重要になると考えられ、エビデンスの構築のため、それぞれの研究を行っていくことが大切である。

本論文に関して、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J* 2000; 33: 173-185.
- 2) 木村裕一, 松本光吉. レーザーの歯内療法への応用. *日レ歯誌* 2000; 11: 46-60.

- 3) Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J* 2009; 59: 35-46.
- 4) 木村裕一, 山田嘉重, 車田文雄, 佐藤穂子, 金澤朋昭, 橋本有加. レーザーの歯内療法領域への応用—エビデンスと有効性—. *日レ歯誌* 2021; 31: 31-43.
- 5) Ghouth N, Duggal MS, BaniHani A, Nazzal H. The diagnostic accuracy of laser Doppler flowmetry in assessing pulp blood flow in permanent teeth: a systematic review. *Dent Traumatol* 2018; 34: 311-319.
- 6) Alghaithy RA, Qualtrough AJE. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *Int Endod J* 2017; 50: 135-142.
- 7) Mainkar A, Kim SG. Diagnostic accuracy of 5 dental pulp tests: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2018; 44: 694-702.
- 8) Kimura Y, Wilder-Smith P, Yonaga K, Matsumoto K. Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *J Clin Periodontol* 2000; 27: 715-721.
- 9) Sgolastra F, Petrucci A, Gatto R, Monaco A. Effectiveness of laser in dentinal hypersensitivity treatment: a systematic review. *J Endod* 2011; 37: 297-303.
- 10) Marto CM, Baptista Paula A, Nunes T, Pimento M, Abrantes AM, Pires AS, Laranjo M, Coelho A, Donato H, Botelho MF, Ferreira MM, Carrilho E. Evaluation of the efficacy of dentin hypersensitivity treatment—a systematic review and follow-up analysis. *J Oral Rehabil* 2019; 46: 952-990.
- 11) Rezazadeh F, Dehghanian P, Jafarpour D. Laser effects on the prevention and treatment of dentinal hypersensitivity: a systematic review. *J Lasers Med Sci* 2019; 10: 1-11.
- 12) Javed F, Kellesarian SV, Abduljabbar T, Gholamiazizi E, Feng C, Aldosary K, Vohra F, Romanos GE. Role of laser irradiation in direct pulp capping procedures: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2017; 32: 439-448.
- 13) Ansari G, Aghdam HS, Taheri P, Ahsaie MG. Laser pulpotomy—an effective alternative to conventional techniques—a systematic review of literature and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2018; 33: 1621-1629.
- 14) Chandran V, Ramanarayanan V, Menon M, Varma B, Sanjeevan V. Effect of LASER therapy vs conventional techniques on clinical and radiographic outcomes of deciduous molar pulpotomy: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Exp Dent* 2020; 12: e588-e596.
- 15) Lukač N, Jezersek M. Amplification of pressure waves in laser-assisted endodontics with synchronized delivery of Er: YAG laser pulses. *Lasers Med Sci* 2018; 33: 823-833.
- 16) Lukač M, Lukač N, Jezersek M. Characteristics of bubble oscillations during laser-activated irrigation of root canals and method of improvement. *Lasers Surg Med* 2020; 59: 907-915.
- 17) Jezersek M, Lukač N, Lukač M. Measurement of simulated debris removal rates in an artificial root canal to optimize laser-activated irrigation parameters. *Lasers Surg Med* 2021; 53: 411-417.

レーザー光が拓く歯科保存治療
スケーラーと Er : YAG レーザーを併用した
包括的歯周ポケット治療法について

青 木 章

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 歯周病学分野 歯周光線治療学

Comprehensive Periodontal Pocket Therapy Using Scaler and Er : YAG Laser

AOKI Akira

Photoperiodontics, Department of Periodontology, Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

キーワード：歯周ポケット，スケーリング・ルートプレーニング，スケーラー，Er : YAG レーザー，flapless surgery

はじめに

歯周ポケット治療において、筆者は、1989年以來1990年代後半までは、非外科的治療の基本である汚染歯根面の機械的なスケーリング・ルートプレーニング (SRP) のみを行ってきたが、1990年代後半から2000年代中頃には、SRPに局所抗菌薬 (テトラサイクリン軟膏) を併用した治療を行い、2000年頃から Er : YAG レーザーを併用し始め、2000年代中頃から flapless pocket surgery を実施するようになった^{1,2)}。さらに2010年頃から、重度歯周炎については抗菌薬と超音波スケーリングによるデブライドメント (ultrasonic debridement) を併用した full-mouth disinfection (FMD) の全顎1回治療³⁾を行ってきた。現状では、日々の臨床において、治療段階と歯周ポケットの状況に応じて上記の4種類の処置法を適宜実施し、できるだけシンプルで、非侵襲的で、確実に、効果的なポケット治療法を目指している。

歯周ポケット治療法

1. 包括的歯周ポケット治療法開発の背景

非外科的ポケット治療においては、従来より SRP がゴールドスタンダードであり⁴⁾、実際に、軽度から中等度のポケットにおいては、SRPによる根面のデブライドメントを確実に達成できれば多くのケースにおいて良好な治癒が得られている。しかし、一部のポケットにおいては、SRPのみで良好な治癒が得られない場合があり、現状の非外科的な歯周ポケット治療には一定の限界がある⁵⁾。そこで、基本治療後に歯周ポケットが残存した場合にさらに外科的治療に移行するのが通例であるが、外科的治療では、明視野での汚染根面やフラップ内面の確実なデブライドメントに加え、骨欠損部の炎症性肉芽組織の徹底的な搔爬を行うことが最も重要な処置であり、それが歯槽骨再生には必須である。

これまで学術的には、非外科的な歯周ポケット治療では根面のデブライドメントのみが目的とされ、ポケットを構成するもう一方の軟組織のポケット内壁については、その炎症性結合組織の搔爬 (キュレタージ) は有

意な効果がないとされ、米国歯周病学会においても意図的な搔爬は必要ないとの見解である⁶⁾。したがって、これまで基本治療における歯周ポケットのキュレットや、さらに骨欠損部の搔爬の必要性についてはほとんど議論されてこなかった。その理由としては、歯周ポケット治療における理想的な治癒のシナリオが明らかになっておらず、そのため治療術式が十分に考察されてこなかったためと考えられる⁷⁾。それに加えて、従来の機械的手段では、盲目下でポケット内壁と骨欠損部を確実に搔爬することが困難であったことも挙げられる。

ご存知のように、結合組織移植術による根面被覆では、移植する遊離歯肉組織は血液供給に乏しい無茎弁 (free graft) であっても歯根面への臨床的付着が得られるのに対し、有茎弁である歯周ポケットの治療で付着が得られない場合があるのは、単に根面の生物学的適合性が回復されていない場合があるだけでなく、ポケット内壁の歯肉組織側にも原因がある場合があると考えられる。つまり歯肉移植では、歯肉組織は常に炎症病変のない健全な状態で、かつ根面も健全に近い状態であるのに対し、歯周ポケット内壁には炎症があり病的な状態であるという相違に注目するべきである。

したがって、進行した歯周ポケットの治療後に、根面のデブライドメントが不十分な場合だけでなく、ポケット内壁に高度な炎症や厚い炎症性肉芽組織が存在していたり、骨欠損部に多量の炎症性肉芽組織が存在している場合には、根面のデブライドメントを良好に達成できたとしても、炎症を起している歯肉組織の根面への付着は起こりにくく、残存ポケットが生じやすい状況にあると考えられる⁷⁾ (Fig. 1)。

このような条件を勘案すると、非外科的治療においても、flapless surgery として常に外科治療と同じように、根面のみならずポケット内壁や骨欠損部の搔爬も含めた炎症性肉芽組織の確実な除去を包括的に行うべきと考えるのは合理的であり、盲目下のポケット治療でもそれを確実に達成できれば、外科的治療と同じように、非外科的治療における歯周組織の治癒・再生の可能性は高くなるはずである (Fig. 1)⁷⁾。

2. Er:YAGレーザーを複合的に応用した包括的歯周ポケット治療

上述の flapless surgery による包括的な歯周ポケット治療は、従来の機械的治療でもある程度達成できるが⁷⁾、手用スケーラーでは軟組織の搔爬は十分には行えない。そのため、他のツールとの併用がより効果的と考えている。

レーザーはその優れた物理的蒸散効果により効果的なデブライドメントツールとして歯周治療に応用され、これまで炭酸ガスレーザー、Nd:YAGレーザー、半導体

レーザーが主に用いられてきた。近年、エルビウム系のレーザー (Er:YAG, Er,Cr:YSGGレーザー) が積極的に応用されるようになり、注目を集めている⁸⁻¹³⁾。本レーザーは、軟組織をほとんど熱傷害なく効果的に蒸散させられるだけでなく、根面や骨面への応用が可能で、殺菌や無毒化効果も伴うため¹⁴⁾、本レーザーを併用した場合には、従来の機械的手段単独に比べて手技が容易で処置が確実となり、歯周ポケット内をより徹底的に無菌化・無毒化し、組織細胞を活性化する細胞生物学的効果 (光生体調節 photobiomodulation: PBM) も伴い、より良好な安定した治癒を達成できる可能性がある⁸⁻¹⁰⁾。

ただし、歯周ポケット治療におけるレーザーの有効性について、明確にその利点を示すコンセンサスはこれまで得られていない。Er:YAGレーザーを応用した研究も多数行われてきたが、いまだ明確なコンセンサスは得られていない。現状では、2018年の米国歯周病学会のコンセンサスレポートにおいて、従来の歯周治療と比べて、ポケット深さやアタッチメントレベルの改善において、レーザー治療はわずかな付加的効果 (1 mm 未満) を有するレベルであり、結論的ではないが SRP と Nd:YAGあるいはEr:YAGレーザーの併用において有意な改善を示すという報告にとどまっている¹⁵⁾。この低い評価は、レーザーが効果的に応用されてこなかったためであろうと思われる。ポケット内にただ漫然と照射してレーザー光自体の付加的効果を期待するのではなく、臨床における治療のシナリオに基づき明確な目的をもった使い方がより重要と考えている^{16,17)}。

そこで、歯周ポケットの治癒のコンセプトに基づき、Er:YAGレーザーの有利な特徴を活かし、中等度から重度の歯周ポケット治療において、スケーラーを用いた従来の SRP に Er:YAGレーザーを戦略的に併用した新規の包括的歯周ポケット治療法 (Er:YAG laser-assisted comprehensive periodontal pocket therapy: Er-LCPT) を開発し、2005年頃より応用を開始した (Fig. 2)^{1,2,7,16,18-20)}。2008年に術式の一部を報告し¹⁸⁾、2015年に全体を詳細に紹介している¹⁶⁾。本法はスケーラーによる機械的処置に加えて、さらに Er:YAGレーザーを効果的に用いることで、根面のみならず歯周ポケットを構成する組織をより確実に包括的にデブライドメントし、良好な治癒の達成を目指すものである。術式としては、minimally invasive flapless periodontal pocket surgery として位置づけられる^{2,19)}。

3. Er-LCPT法の術式と治癒のメカニズム

本法において根面のデブライドメントについては、まず機械的治療としてキュレット型スケーラーによる確実な SRP を行う (Fig. 2-a)。次に歯根面への Er:YAGレーザー照射を実施し、根面のデブライドメントおよび殺菌

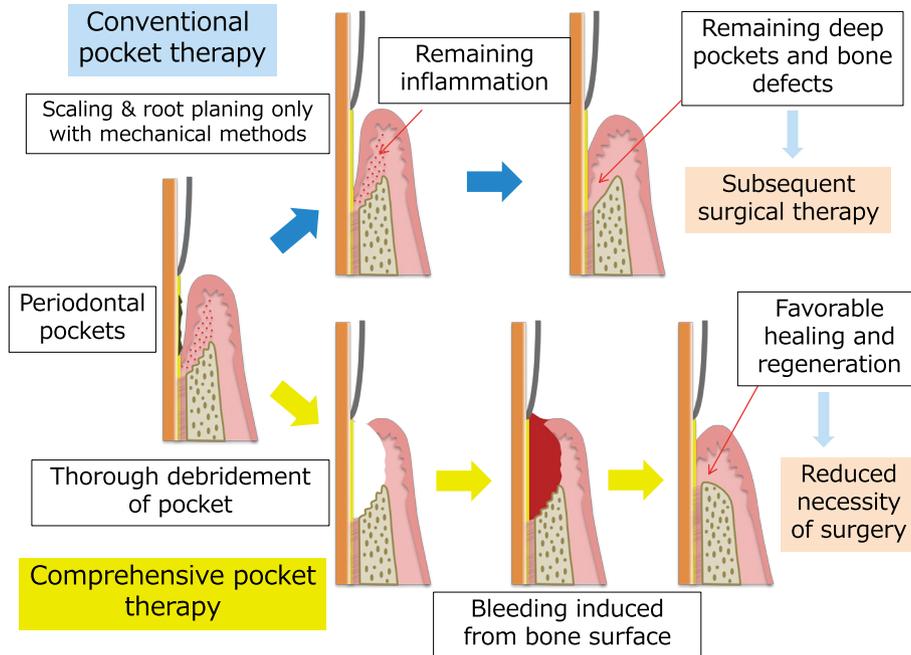


Fig. 1 Conventional SRP vs. a comprehensive treatment modality in initial periodontal therapy

Conventional scaling and root planing (SRP) is generally effective for the treatment of diseased periodontal pockets in initial therapy. However, some moderate to advanced cases show remaining pockets after conventional SRP, resulting in the need for subsequent surgical therapy. In contrast to conventional SRP, a comprehensive and extensive debridement modality performed within the pocket employing flapless surgery during initial therapy would induce more healing potential, resulting in better wound healing and tissue regeneration, as well as possibly reducing the need for subsequent surgical therapy. (Modified picture and legend from Aoki et al⁷). Reproduced with permission from Igaku Joho-sha)

化・無毒化を徹底する (Fig. 2-b, c). 状況に応じてスケーラーの代わりに超音波スケーラーを使用,あるいは併用してもよい. レーザー照射面にはスミヤー層がなく,照射により生じた蒸散面の微細構造にはフィブリンや赤血球など血餅が付着しやすくなるため²¹,血餅付着の向上が図られる.

次に,スケーラーおよびレーザーを併用し,ポケット内壁の深行上皮や炎症性結合組織を除去しポケット内壁全体の搔爬を行う (Fig. 2-d). さらに骨欠損が存在する場合には,欠損内部の炎症性肉芽組織をスケーラーおよびレーザーを用いて確実に除去し,可及的に骨髓からの出血を促す (Fig. 2-e). レーザー照射後には最終的にスケーラーを用いて,残余の肉芽組織を除去し,出血を誘導する.

骨髓からの出血に関しては, Kimuraら²²は,組織の修復や再生過程で重要な役割をもつ骨髓由来細胞が,組織破壊に伴い歯周組織に動員されることを報告している. Mizutaniら²³や Takasakiら²⁴は,動物実験におい

て本レーザーによる骨欠損部の搔爬後に,スケーラー処置に比べて明らかに骨面からの出血が増加し,新生骨形成の促進が認められたことを報告しており,これらの結果は,骨髓由来の細胞成分に富む血液の歯周組織欠損部への供給とそれによる安定した血餅形成により,組織再生の効果が向上する可能性を示唆している. 加えて,レーザーによる搔爬時には,後述するように周囲の照射歯周組織に低出力レーザー効果 (low-level laser therapy: LLLT, PBM) や温熱効果による細胞レベルでの組織の活性化が生じ,組織の治癒・再生が促進される可能性がある²⁵ (Fig. 2-f).

ポケット内の処置終了後は,ポケット周囲の炎症を生じている歯肉外縁上皮の除去を行うことにより (Fig. 2-g),歯肉縁部の炎症巣の除去を確実にし,また術後のポケット内への上皮の侵入を遅延させるとともに,粗面形成による血餅の保持力向上を期待する. この外側への照射は状況に応じて,術式の最初に実施する場合もある. 最終的に,歯周ポケット入り口部分で,搔爬後の歯周ポ

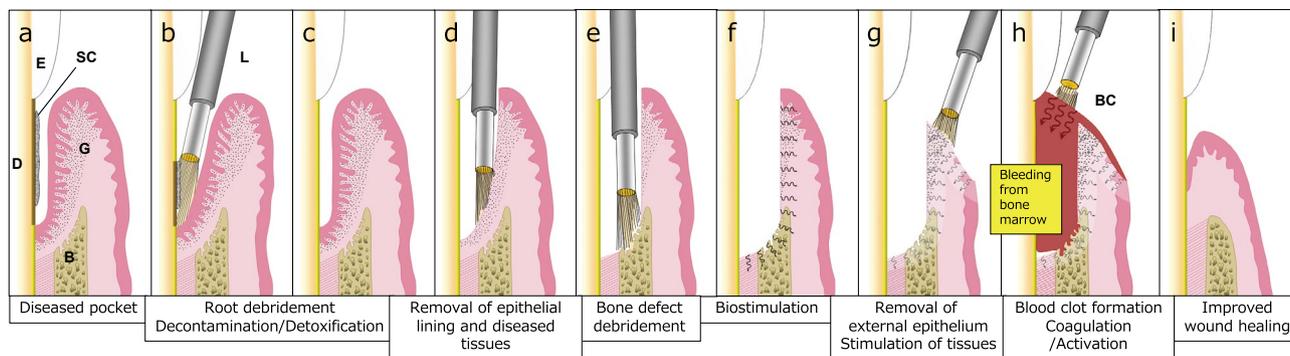


Fig. 2 Schematic illustration of the procedures of Er : YAG laser-assisted comprehensive periodontal pocket therapy (Er-LCPT)

(a) Advanced periodontal pocket showing intrabony defect. (b, c) Laser-assisted debridement following mechanical instrumentation (curettes and ultrasonic scalers) of the diseased root surface for removal of the deposited subgingival calculus and decontamination and detoxification of the root surface. (d, e) Ablation of lining epithelium and diseased connective tissue on the inner surface of the gingival tissue as well as diseased connective tissue in the intrabony defect during pocket irradiation for comprehensive treatment. (f) Expected simultaneous photobiomodulation effects activating the surrounding gingival and bone tissues from the inside by low-level laser penetration during high-level laser irradiation into pocket. (g) Laser ablation of the epithelial tissue from the external gingival surface. Depending on the case, the underlying connective tissue is also ablated to some extent helping in pocket depth reduction. At the same time, stimulation of the surrounding gingival tissue from the external surface is expected by simultaneous low-level laser penetration during irradiation. (h) Blood clot (BC) coagulation at the pocket entrance by defocused irradiation without water spray, which may stabilize blood clot formation and its sealing of pocket entrance and also may activate the blood clot and surrounding gingival tissue. (i) Favorable pocket healing with gingival connective tissue attachment and bone tissue regeneration.

E : enamel, D : dentin, SC : subgingival calculus, B : alveolar bone, G : gingival tissue, L : laser tip (Modified pictures and legend from Aoki A et al¹⁶). Reproduced with permission from John Wiley & Sons A/S)

ケット内に貯留した血液の表面を非接触照射により凝固変性させることで、歯周ポケット内の血餅の安定化と創の封鎖を図る (Fig. 2-h)。本操作は経験に基づくものでエビデンスはないため、今後の科学的検証が必要である。

血餅の凝固については、半導体レーザーによる歯周ポケット内や軟組織欠損の治療²⁶⁾に効果的に応用され、抜歯窩への炭酸ガスレーザー照射による治癒促進が報告されており²⁷⁾、実際に抜歯窩への臨床応用も行われている²⁸⁾。また、Taniguchiら²⁹⁾が、再生治療において自家骨移植部へEr : YAGレーザー照射を行い血液凝固による血餅形成を図り、良好な再生成績を報告している。さらに、この外側からの一連の照射においても、歯周ポケット周囲の歯周組織全体の活性化により (Fig. 2-h)、最終的に創傷治癒の促進を期待する (Fig. 2-i)。なお、より深い血液凝固やより深部の組織までPBM効果を期待するには、組織深達性の高いNd : YAGレーザーや半導体レーザー³⁰⁻³²⁾の併用がより効果的であろうと考えている。

本法の臨床成績に関しては、これまでに、2006～2009年に本法を残存歯周ポケット治療 (PPD 5mm以上) に

応用した際の症例研究 (全40例) において有効性と安全性を確認し、1年後にPPDが 6.4 ± 1.4 mmから 3.5 ± 1.3 mmに有意に減少し ($p < 0.001$, 3.0 mmの減少)、クリニカルアタッチメントレベルも 7.5 ± 1.6 mmから 5.2 ± 1.9 mmに有意に減少した ($p < 0.001$, 2.3 mmのアタッチメントゲイン)。そして、1年後に全歯の60%、単根歯 (非分岐部部位) の約70%に、歯周ポケット深さが3 mm以下でBOP (-)となる治癒が認められている (Table 1)¹⁷⁾。

さらに、2009～2015年に実施した残存歯周ポケット治療 (PPD 5mm以上) のスプリットマウスデザインによるEr-LCPTとSRPのランダム化臨床比較試験では、患者18名において、SRP群では、術前のPPD 5.56 ± 0.70 mmから1年後に 3.67 ± 0.69 mm、Er-LCPT群では術前のPPD 5.78 ± 0.73 mmから1年後に 3.00 ± 0.84 mmとそれぞれ有意に減少し、1年後にはEr-LCPT群においてPPDが有意に小さい値を示した ($p = 0.009$)。また、Er-LCPT群において従来のSRP単独治療よりも有意に大きい歯周ポケット減少量 (SRP : 1.89 mm, Er-LCPT : 2.78 mm ; $p = 0.012$) およびアタッチメントゲイン (SRP :

Table 1 Frequency distribution of probing pocket depth (PPD) before and after Er:YAG laser-assisted comprehensive periodontal pocket therapy (Er-LCPT) in residual pocket treatment

	Baseline	3 months		6 months		12 months	
All Sites (n=40)							
≤3 mm	0 (0%)	27 (67.5%)	***	27 (67.5%)	***	24 (60.0%)	***
≥4 mm	40 (100%)	13 (32.5%)		13 (32.5%)		16 (40.0%)	
Non-furcation Sites (n=30)							
≤3 mm	0 (0%)	25 (83.3%)	***	24 (80.0%)	***	21 (70.0%)	***
≥4 mm	30 (100%)	5 (16.7%)		6 (20.0%)		9 (30.0%)	
Furcation Sites (n=10)							
≤3 mm	0 (0%)	2 (20.0%)	NS	3 (30.0%)	NS	3 (30.0%)	NS
≥4 mm	10 (100%)	8 (80.0%)		7 (70.0%)		7 (70.0%)	

*** : p<0.001 compared to baseline, NS : not significant ; Fisher's exact test with Bonferroni correction. (Modified table from Aoki et al¹⁷). Reproduced with permission from Springer)

1.06 mm, Er-LCPT : 1.67 mm ; p=0.004) が認められた³³⁾。その際に、垂直性骨吸収を伴う症例においても良好な骨再生が認められている。

このように、従来の根面の機械的処置に加えてさらにコンセプトをもってEr:YAGレーザーを戦略的に用いることで、歯周ポケットの治癒向上が得られており、現在では、基本治療中における垂直性骨欠損を有する中等度から重度の歯周ポケット治療にも積極的に応用している (Fig. 3)。また、本法はインプラント周囲炎治療にも応用が可能である^{16,19)}。

近年、世界的にも同様の術式が報告されつつあり、Dyer ら³⁴⁾は残存ポケットの治療に minimally invasive surgery として、Al-Falaki ら³⁵⁾は最初から closed flap surgery として Er, Cr : YSGG laser を応用し良好な成績を報告しており、同術式は現在レーザー企業から REPAIR-Perio³⁶⁾として公開されている。

4. Er:YAGレーザーによる歯周組織細胞の活性化

Er:YAGレーザーによる組織細胞の活性化については、まだ十分に明らかにされていない。低出力Er:YAGレーザーのPBM効果として歯肉線維芽細胞、骨芽細胞や歯根膜線維芽細胞の増殖促進³⁷⁻⁴¹⁾が報告され、本レーザーによる細胞増殖促進における Galectin-7^{39,41)}や細胞膜上のCaイオンチャネルであるTRPV-1⁴⁰⁾の関与が報告されている。最近ではNiimi ら⁴²⁾が、低出力Er:YAGレーザー照射はオステオカルシンをコードする遺伝子であるBglapの発現亢進とNotch signalingの遺伝子群の亢進を介して、骨芽細胞様細胞の石灰化を促進することを報告している。

*In vivo*では、Pourzarandian ら³⁷⁾やOhsugi ら⁴³⁾が、パー切削に比べてEr:YAGレーザーによる骨蒸散後には骨欠損部における新生骨の形成が有意に大きいことを

報告した。さらにOhsugi ら^{43,44)}は、レーザー照射された骨組織において、発現変動遺伝子の解析より照射後初期にはパー切削骨よりも炎症が少なく、骨細胞のスクレロスタチンをコードする遺伝子であるSostの発現が低下し、骨組織の治癒に有利な反応を引き起こす可能性を報告している。また、Shimohira ら⁴⁵⁾は、メカノレセプターであるBCAR1/p130Casと同受容体であるYAP/TAZの主要制御回路であるHippo signaling pathwayを介して骨組織のメカノトランスダクションを制御し、早期の新生骨形成を促進する可能性があることを報告しており、Er:YAGレーザーが光熱的・光化学的・光機械的刺激により歯周組織の治癒・再生にさまざまな影響を及ぼしている可能性が考えられている。

考 察

感染性で慢性炎症性の病態を示す歯周ポケットの治療には、現状では複雑な治療手技を要する。それらをより簡便にし、さらなる治療効率や効果の増大を図るためには、再生薬剤等の開発のみならず、従来の機械的治療法に加え、組織の修復と再生の生物学的根拠に基づく新たな治療手段や治療術式の開発も必要である。

近年、Cortellini ら⁴⁶⁾が限局した歯周骨欠損における新たな再生療法術式として、フラップの剥離を小範囲に限定する低侵襲外科技法 (minimally invasive surgical technique : MIST) を提唱し、術後の血餅の安定化を図り良好な成績を報告している。術後の治癒を考えれば、MISTやmodified-MISTのようにフラップの剥離を小さくするほうが当然有利であり、彼らの報告は、小型の骨欠損における再生治療の発展の一つの方向として、より低侵襲な術式の開発が必要であることを示唆している。



Fig. 3 Clinical application of Er : YAG laser-assisted comprehensive periodontal pocket therapy (Er-LCPT) in advanced periodontitis

(a) a 13-mm deep periodontal pocket with bleeding on probing (BOP) was detected at the distal site of the mandibular right canine (March, 2008). (b) First, endodontic treatment was performed due to the presence of a perio-endo lesion. The root surface, the inner surface of the gingival wall, and the bone defect were debrided by curette and Er : YAG laser (panel setting 60–80 mJ/pulse, 30 pps). Furthermore, epithelial tissue removal was performed with the laser. (c) The pocket entrance as well as the surrounding gingival tissue were repeatedly irradiated in non-contact, defocused mode without water spray and the blood was coagulated and slightly carbonized. (d) The coagulated blood was stable after mouth rinsing and the pocket entrance was effectively sealed. (e) After 1 week, wound healing was favorable and epithelialization was completed. (f) At five months, the 6-mm pocket depth with BOP still remained ; however, around 9 months the pocket was reduced to 3 mm without BOP. Thus, originally-planned regenerative surgical therapy was postponed and supportive therapy was initiated. (g) 1 year and 7 months. (h) 4 years and 4 months (resin splinting was performed after 2 years). Finally, the pocket was reduced to 2 mm (attachment level : 6 mm) without BOP and mobility. 11 mm pocket reduction and 9 mm clinical attachment gain was obtained. (i) 13 years and 5 months (September, 2021). The gingival recession further progressed, but the 2 mm PPD without BOP was well maintained. (j) Dental radiograph before treatment. Severe and horizontal bone resorption is noted. (k) 9 months. (l) 3 years and 5 months. (m) After 12 years and 8 months (November 2020), bone regeneration gradually progressed and the bone defect was successfully repaired to some extent. (Modified pictures and legend from Aoki A et al¹⁶). Reproduced with permission from John Wiley & Sons A/S)

さらに、Liuら⁴⁷⁾は低侵襲外科手術に関するメタ解析を行い、再生材料の併用の有無による臨床成績の有意な差はなかったことを報告し、内因性の治癒能力の誘導を探索する必要性を考察している。したがって、本法のように、さらにflapless surgeryで確実なポケット内のデブライドメントが達成できれば、より低侵襲で良好な術後成績が得られる可能性が高い。

本稿で提示した包括的歯周ポケット治療に基づくflapless surgeryは、従来の非外科的ポケット治療をフラップレスとして非侵襲性は保ちながら、機械的手段とEr:YAGレーザーを併用し、外科治療と同じようにポケット内のデブライドメントを高度に達成する術式である¹⁹⁾。特に骨欠損が存在する場合には、そのデブライドメントを確実にを行い、骨髄からの出血を促し組織再生の促進を図る。さらに、レーザーの無菌化・無毒化効果を応用することにより、従来の機械的搔爬よりも、細菌感染や毒性物質および病的組織をより容易かつ確実に除去し、また同時にポケット周囲組織への刺激効果により生体の治癒力を増強し、歯周組織の付着および再生の向上を図る術式である¹⁶⁾。将来的には、治療時の半導体レーザーやNd:YAGレーザーの併用、さらには治療後の定期的な低出力半導体レーザーや赤色LED照射のPBMによる治癒促進がより効果的と考えている。

この包括的歯周ポケット治療は患者にとって非常に低侵襲であるため、歯周基本治療における治療成績を向上させ、一部の歯周外科治療の回避につながれば患者にとっても大きなメリットになると思われる。

おわりに

Er:YAGレーザーは歯周ポケット治療における新しい効果的ツールであるが、現状では本レーザーの治療効果に明確なコンセンサスは得られていない。筆者らはEr:YAGレーザーを併用した歯周ポケットの新しい治療術式を開発した。今後、さらに本レーザーや本術式の効果に関する基礎研究ならびに臨床研究を進め術式を再評価し、科学的根拠のある効果的な歯周ポケットの治療術式を確立する必要がある。今後、Er:YAGレーザーの有する創傷治癒および組織再生促進などのさまざまなPBM効果がさらに解明されるに従い、歯周治療における本レーザー応用の有効性や重要性がますます高まるものと思われる。

謝 辞

Er:YAGレーザーの歯周治療における研究および臨床応用は、当分野の石川 烈名誉教授、和泉雄一名誉教授、岩田隆紀主任教授、水谷幸嗣先生、片桐さやか先生、谷口陽一先

生、大杉勇人先生をはじめ多くの共同研究者の先生方、開業医の先生方、レーザー関係企業の皆様のご指導ご協力によるものであり、厚く感謝申し上げます。

本論文に関して開示すべき利益相反事項はない。

文 献

- 1) 青木 章. Er:YAGレーザーを応用した新規の歯周ポケット治療法の開発. 口病誌 2020; 87: 31-39.
- 2) 青木 章. Minimally invasive flapless periodontal pocket surgeryにおけるEr:YAGレーザーの応用. 日臨歯周誌 2020; 38: 19-27.
- 3) 青木 章, 片桐さやか, 大杉勇人, 水谷幸嗣, 新田 浩, 岩田隆紀. 重度歯周炎において超音波スケーラーによるデブライドメントにアジスロマイシンを併用したフルマウスディスイنفェクションの1回治療の効果. 日歯周誌 2020; 62 (Suppl 2): 124.
- 4) Cobb CM. Clinical significance of non-surgical periodontal therapy: an evidence-based perspective of scaling and root planing. J Clin Periodontol 2002; 29 Suppl 2: 6-16.
- 5) Badersten A, Nilveus R, Egelberg J. Effect of nonsurgical periodontal therapy. II. Severely advanced periodontitis. J Clin Periodontol 1984; 11: 63-76.
- 6) AAP. The American Academy of Periodontology statement regarding gingival curettage. J Periodontol 2002; 73: 1229-1230.
- 7) 青木 章, 江尻健一郎. 垂直性骨欠損の非外科的治療—応用編. 和泉雄一, 二階堂雅彦. 垂直性骨欠損への対応. 1版. 医学情報社: 東京; 2016. 34-43.
- 8) Aoki A, Sasaki K, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in non-surgical periodontal therapy. Periodontol 2000 2004; 36: 59-97.
- 9) Ishikawa I, Aoki A, Takasaki A. Potential applications of erbium: YAG laser in periodontics. J Periodont Res 2004; 39: 275-285.
- 10) Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA, Mizutani K, Sasaki KM, Izumi Y. Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? Periodontol 2000 2009; 50: 90-126.
- 11) 和泉雄一, 青木 章, 石川 烈. 歯周治療・インプラント治療におけるEr:YAGレーザーの使い方. 1版. 医学情報社: 東京; 2011.
- 12) 青木 章, 和泉雄一. 歯科用レーザー 120%活用術. 1版. デンタルダイヤモンド社: 東京; 2012.
- 13) 青木 章, 谷口陽一, 水谷幸嗣. 歯周治療・インプラント周囲治療のためのEr:YAGレーザー パーフェクトガイド. 歯科評論; 2023 (印刷中).
- 14) 青木 章. レーザーやLED等の光エネルギーの歯周・インプラント周囲組織への応用に関する研究. 日歯周誌 2015; 57: 1-10.

- 15) Mills MP, Rosen PS, Chambrone L, Greenwell H, Kao RT, Klokkevold PR, McAllister BS, Reynolds MA, Romanos GE, Wang HL. American Academy of Periodontology best evidence consensus statement on the efficacy of laser therapy used alone or as an adjunct to non-surgical and surgical treatment of periodontitis and peri-implant diseases. *J Periodontol* 2018; 89: 737-742.
- 16) Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, Romanos GE, Taniguchi Y, Sasaki KM, Zeredo JL, Koshy G, Coluzzi DJ, White JM, Abiko Y, Ishikawa I, Izumi Y. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol* 2000 2015; 68: 217-269.
- 17) Aoki A, Mizutani K, Mikami R, Taniguchi Y, Ohsugi Y, Meinzer W, Izumi Y, Iwata T. Residual periodontal pocket treatment with Er: YAG laser-assisted comprehensive periodontal pocket therapy: a retrospective study. *Clin Oral Investig* 2022; 26: 761-771.
- 18) Aoki A, Takasaki A, Pourzarandian A, Mizutani K, Ruwanpura S, Iwasaki K, Noguchi K, Oda S, Watanabe H, Ishikawa I, Izumi Y. Photo-bio-modulation laser strategies in periodontal therapy. Waynant R, Tata DB. *Proceedings of light-activated tissue regeneration and therapy II*. 1st ed. Springer: Boston; 2008. 181-190.
- 19) Mizutani K, Aoki A, Coluzzi D, Yukna RA, Wang CY, Pavlic V, Izumi Y. Lasers in minimally invasive periodontal and peri-implant therapy. *Periodontol* 2000 2016; 71 : 185-212.
- 20) 青木 章, 水谷幸嗣, 谷口陽一, 小牧基浩, 江尻健一郎, 三上理沙子, 和泉雄一. Er : YAG レーザーを応用した歯周ポケット治療 : システムティックレビューと新たな術式の紹介. *日レ医誌* 2017 ; 38 : 167-178.
- 21) Cekici A, Maden I, Yildiz S, San T, Isik G. Evaluation of blood cell attachment on Er: YAG laser applied root surface using scanning electron microscopy. *Int J Med Sci* 2013; 10: 560-566.
- 22) Kimura Y, Komaki M, Iwasaki K, Sata M, Izumi Y, Morita I. Recruitment of bone marrow-derived cells to periodontal tissue defects. *Front Cell Dev Biol* 2014; 2: 19.
- 23) Mizutani K, Aoki A, Takasaki AA, Kinoshita A, Hayashi C, Oda S, Ishikawa I. Periodontal tissue healing following flap surgery using an Er: YAG laser in dogs. *Lasers Surg Med* 2006; 38: 314-324.
- 24) Takasaki AA, Aoki A, Mizutani K, Kikuchi S, Oda S, Ishikawa I. Er: YAG laser therapy for peri-implant infection: a histological study. *Lasers Med Sci* 2007; 22: 143-157.
- 25) Izumi Y, Aoki A, Yamada Y, Kobayashi H, Iwata T, Akizuki T, Suda T, Nakamura S, Wara-Aswapati N, Ueda M, Ishikawa I. Current and future periodontal tissue engineering. *Periodontol* 2000 2011; 56: 166-187.
- 26) Luk K. A novel technique of laser-assisted blood coagulation for tissue regeneration in implant dentistry. *International Magazine of Laser Dentistry* 2009; 1 (3): 20-21. <https://www.yumpu.com/en/document/view/24904243/a-novel-technique-of-laser-assisted-blood-coagulation-zwp-online> (Aug 24, 2022 accessed).
- 27) Fukuoka H, Daigo Y, Enoki N, Taniguchi K, Sato H. Influence of carbon dioxide laser irradiation on the healing process of extraction sockets. *Acta Odontol Scand* 2011; 69: 33-40.
- 28) Mole LS. Natural scaffold formation after Er, Cr: YSGG laser irradiation: case report of a laser-assisted extraction. *J Oral Laser Applications* 2007; 7: 1-8.
- 29) Taniguchi Y, Aoki A, Sakai K, Mizutani K, Meinzer W, Izumi Y. A novel surgical procedure for Er: YAG laser-assisted periodontal regenerative therapy: case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2016; 36: 507-515.
- 30) Ejiri K, Aoki A, Yamaguchi Y, Ohshima M, Izumi Y. High-frequency low-level diode laser irradiation promotes proliferation and migration of primary cultured human gingival epithelial cells. *Lasers Med Sci* 2014; 29: 1339-1347.
- 31) Noda M, Aoki A, Mizutani K, Lin T, Komaki M, Shibata S, Izumi Y. High-frequency pulsed low-level diode laser therapy accelerates wound healing of tooth extraction socket: An in vivo study. *Lasers Surg Med* 2016; 48: 955-964.
- 32) Mikami R, Mizutani K, Aoki A, Tamura Y, Aoki K, Izumi Y. Low-level ultrahigh-frequency and ultrashort-pulse blue laser irradiation enhances osteoblast extracellular calcification by upregulating proliferation and differentiation via transient receptor potential vanilloid 1. *Lasers Surg Med* 2018; 50: 340-352.
- 33) Aoki A, Mizutani K, Mikami R, Ohsugi Y, Kobayashi H, Akizuki T, Taniguchi Y, Takeuchi Y, Katagiri S, Sasaki Y, Komaki M, Meinzer W, Izumi Y, Iwata T. Er: YAG laser-assisted comprehensive periodontal pocket therapy (Er-LCPT) for residual periodontal pocket treatment: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol* 2023 (in press).
- 34) Dyer B, Sung EC. Minimally invasive periodontal treatment using the Er, Cr: YSGG laser. A 2-year retrospective preliminary clinical study. *Open Dent J* 2012; 6: 74-78.
- 35) Al-Falaki R, Hughes F, Wadia R, Eastman C, Kontogiorgos E, Low S. The effect of an Er, Cr: YSGG laser in the management of intrabony defects associated with chronic periodontitis using minimally invasive closed flap surgery. A case series. *Laser Ther* 2016; 25: 131-139.
- 36) Biolase I. The REPAIR Perio Protocol. <https://>

- www.biolase.com/procedures/dentists/periodontal/ (2023年3月5日アクセス).
- 37) Pourzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura SM, Aoki A, Ishikawa I. Effect of low-level Er: YAG laser irradiation on cultured human gingival fibroblasts. *J Periodontol* 2005; 76: 187-193.
 - 38) Aleksic V, Aoki A, Iwasaki K, Takasaki AA, Wang CY, Abiko Y, Ishikawa I, Izumi Y. Low-level Er: YAG laser irradiation enhances osteoblast proliferation through activation of MAPK/ERK. *Lasers Med Sci* 2010; 25: 559-569.
 - 39) Ogita M, Tsuchida S, Aoki A, Satoh M, Kado S, Sawabe M, Nanbara H, Kobayashi H, Takeuchi Y, Mizutani K, Sasaki Y, Nomura F, Izumi Y. Increased cell proliferation and differential protein expression induced by low-level Er: YAG laser irradiation in human gingival fibroblasts: proteomic analysis. *Lasers Med Sci* 2015; 30: 1855-1866.
 - 40) Kong S, Aoki A, Iwasaki K, Mizutani K, Katagiri S, Suda T, Ichinose S, Ogita M, Pavlic V, Izumi Y. Biological effects of Er: YAG laser irradiation on the proliferation of primary human gingival fibroblasts. *J Biophotonics* 2018; 11 (3): e201700157. doi : 201700110.201701002/jbio.201700157.
 - 41) Lin T, Yu CC, Liu CM, Hsieh PL, Liao YW, Yu CH, Chen CJ. Er: YAG laser promotes proliferation and wound healing capacity of human periodontal ligament fibroblasts through Galectin-7 induction. *J Formos Med Assoc* 2021; 120: 388-394.
 - 42) Niimi H, Ohsugi Y, Katagiri S, Watanabe K, Hatasa M, Shimohira T, Tsuchiya Y, Maekawa S, Hirota T, Kado-kura H, Yokose S, Iwata T, Aoki A. Effects of low-level Er: YAG laser irradiation on proliferation and calcification of primary osteoblast-like cells isolated from rat calvaria. *Front Cell Dev Biol* 2020; 8: 459.
 - 43) Ohsugi Y, Aoki A, Mizutani K, Katagiri S, Komaki M, Noda M, Takagi T, Kakizaki S, Meinzer W, Izumi Y. Evaluation of bone healing following Er: YAG laser ablation in rat calvaria compared with bur drilling. *J Biophotonics* 2018: e201800245. doi : 201800210.201801002/jbio.201800245.
 - 44) Ohsugi Y, Katagiri S, Hirota T, Niimi H, Hatasa M, Watanabe K, Shimohira T, Mizutani K, Kitazawa M, Matsuzawa A, Kadokura H, Yokose S, Iwata T, Aoki A. Laser irradiation decreases sclerostin expression in bone and osteogenic cells. *FASEB J* 2020; 34: 12877-12893.
 - 45) Shimohira T, Katagiri S, Ohsugi Y, Hirota T, Hatasa M, Mizutani K, Watanabe K, Niimi H, Iwata T, Aoki A. Comprehensive and sequential gene expression analysis of bone healing process following Er: YAG laser ablation. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* 2021; 39: 100-112.
 - 46) Cortellini P, Tonetti MS. A minimally invasive surgical technique with an enamel matrix derivative in the regenerative treatment of intra-bony defects: a novel approach to limit morbidity. *J Clin Periodontol* 2007; 34: 87-93.
 - 47) Liu S, Hu B, Zhang Y, Li W, Song J. Minimally invasive surgery combined with regenerative biomaterials in treating intra-bony defects: a meta-analysis. *PLoS One* 2016; 11: e0147001.

酸化亜鉛ユージノール系ペーストタイプ根管充填シーラーの 材料特性ならびに生体親和性評価

加藤 昭人 宮治 裕史 金本 佑生実
薮 佳奈子¹ 岡本 一絵 吉野 友都
浜本 朝子 西田 絵利香 菅谷 勉
田中 佐織²

北海道大学大学院歯学研究院 口腔健康科学分野 歯周・歯内療法学教室

¹北海道医療大学歯学部口腔機能修復・再建学系歯周歯内治療学分野

²北海道大学病院口腔総合治療部

抄録

目的：酸化亜鉛粉末とユージノール液を主成分とする根管充填シーラーは、ユージノールの細胞毒性が懸念されてきたが、ペースト化による練和比率の適正化で細胞毒性の低下が期待される。本研究では、ペーストタイプのユージノール系シーラーであるチャンネルペースト (CaNP) とニシカチャンネルシーラー ユージノール系 ノーマル E-N (NS) の材料特性およびラット皮下組織に埋植しての生体親和性を、粉液タイプのユージノール系シーラーであるチャンネル (CaN) と比較検討した。

材料と方法：シーラーの硬化体を作製後、圧縮強度試験と寸法変化試験を行った。次に各シーラーの練和直後 (0 時間) の試料と練和後 3 時間および 72 時間経過した試料からのユージノール放出量を経時的に計測した。抗菌性試験としてシーラー硬化体に *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* を播種、24 時間培養後に濁度測定した。また細胞親和性試験として、シーラー硬化体に線維芽細胞様細胞 (NIH-3T3) を播種、24 時間培養後に water-soluble tetrazolium salt (WST)-8 活性を評価した。さらにシーラー硬化体周囲の NIH-3T3 に vinculin/F-actin 二重染色を行い、蛍光顕微鏡で観察した。生体親和性評価として、ラット背部皮下にシーラー硬化体を埋植し、術後 10 日に試料と周囲組織を取り出し CD68 免疫染色を行い、発現強度を測定した。また術後 10, 35 日の試料周囲の炎症性細胞浸潤について、組織学的観察とスコア化して比較を行った。

結果：CaNP は NS, CaN と比較して有意に高い圧縮強度を示し、寸法変化は同等であった。ユージノール放出量は、練和後 0, 3, 72 時間の各条件においてすべての試料で経時的に増加し、CaNP と NS の放出量は同程度であったが、CaN は他と比較して有意に多かった。濁度測定の結果、2 菌種ともすべてのシーラーで濁度が低下し、CaN が最も強い濁度の低下を示した。CaNP は有意に高い WST-8 活性を示し、硬化体周囲において細胞の伸張が観察された。CD68 発現強度は NS で有意に高く、炎症性細胞浸潤のスコアは 35 日において NS は他よりも高い値であった。

結論：CaNP は、NS や CaN と比較して良好な生体親和性を有することが示唆された。また、NS に比較して低い起炎性を示した。

キーワード：抗菌性、細胞毒性、炎症性細胞浸潤、ラット

責任著者連絡先：宮治裕史

〒060-8586 札幌市北区北13条西7丁目 北海道大学大学院歯学研究院口腔健康科学分野歯周・歯内療法学教室

TEL : 011-706-4266, FAX : 011-706-4334, E-mail : miyaj@den.hokudai.ac.jp

受付：2023年1月13日/受理：2023年2月20日

DOI : 10.11471/shikahozon.66.114

緒言

糊剤根管充填材はマスターガッタパーチャポイントを用いた根管充填時に、空隙を封鎖するためのシーラーとして用いられることが多く¹⁾、酸化亜鉛ユージノール系、酸化亜鉛非ユージノール系、水酸化カルシウム系、レジン系などが臨床応用されている²⁻⁴⁾。Grossmanの処方⁵⁾に準じて作られたシーラーは、酸化亜鉛を主成分とする粉末とユージノールを主成分とする液からなり、広く歯科臨床で用いられている。しかしながら、以前よりその主成分であるユージノールに由来する細胞毒性が懸念されてきた。これまでにラット皮下組織に埋入した酸化亜鉛ユージノール系シーラーが、炎症性細胞浸潤を引き起こしたことが報告⁶⁾されており、また、細胞毒性発現は主成分であるユージノールの残留に起因することが報告^{7,8)}されている。さらに、粉液タイプのため練和に手間がかかるなど操作性が悪いという欠点があった。

近年、酸化亜鉛およびユージノールを主成分とする2ペーストタイプの根管充填シーラーが上市された。ペーストにより練和性がよくなり、ガッタパーチャポイントへの付着性が向上した⁹⁾が、その材料特性についてはほとんど評価されていない。粉液タイプと異なりペーストタイプには練和比率が定められており、硬化反応に不必要な過剰のユージノール量(残留ユージノール)が減少して細胞毒性の低下が生じ、生体親和性が向上する可能性がある。

そこで本研究では、酸化亜鉛およびユージノールを主成分とする2ペーストタイプの根管充填シーラー、および従来からの粉液タイプ根管充填シーラーの材料特性を評価して、比較検討を行った。また、ラット背部皮下組織にシーラー硬化体を埋植し、生体親和性を組織学的に分析した。

材料および方法

1. 試料

実験には酸化亜鉛とユージノールを主成分としたペーストタイプのチャンネルペースト(ジーシー昭和薬品、以下、CaNP)、ニシカチャンネルシーラー ユージノール系 ノーマル E-N(日本歯科薬品、以下、NS)および粉液タイプのチャンネル(ジーシー昭和薬品、以下、CaN)の3種類を用いた。各シーラーの構成成分をTable 1に示す。各シーラーの練和は、メーカー指示に従い次のように行った。CaNPは2種類の基材を1:1の質量比で採取、CaNは液1滴(0.03 ml)に対し粉0.15 gを採取、NSはダブルシリンジのプランジャーを押して2種類の基材

を等量採取し、練和した。各シーラーをそれぞれ、CaNP群、NS群、CaN群として以下の実験を行った。

2. 圧縮強度試験

練和した各シーラーを型枠(直径4 mm×高さ6 mm)に填入した後、37°C、湿度100%のインキュベータ中に6日間静置し硬化させた¹⁰⁾。各試料に圧縮試験機(EZ-LX、島津製作所)を用いて0.75±0.30 mm/minで破壊するまで負荷をかけ、試験片が破壊したときの最大荷重(N)を測定した(n=3)。

3. 寸法変化試験

練和した各シーラーを型枠(直径20 mm×高さ2 mm)に填入した後、37°C、湿度100%のインキュベータ中に3日間静置し硬化させた(ISO 6876¹¹⁾の方法を改変)。各試料を型枠から外した直後をBase line(0週)とし、1, 2, 3, 4週後の各試料の直径をノギスで測定した(n=3)。

4. ユージノール放出量

練和した各シーラーを型枠(直径10 mm×高さ2 mm)に填入した後、37°C、湿度100%のインキュベータ中に3, 72時間静置し硬化させた¹²⁾。また、型枠に填入直後の試料(0時間)を用意した。各試料を20 mlの精製水に浸漬し、37°Cのウォーターバスにて保温した。1, 3, 7, 14日後に精製水中に放出されたユージノール量(mg)を紫外可視分光光度計(V-630、日本分光)を用いて、282 nm吸光度で測定した¹³⁾(n=6)。

5. 抗菌性試験

練和した各シーラーを型枠(直径5 mm×高さ2 mm)に填入した後、37°C、湿度100%のインキュベータ中に3日間静置し硬化させた⁶⁾。抗菌性試験には、2種類の口腔内細菌、*Streptococcus mutans* (ATCC 35668, 1.0×10⁷ CFU/ml)、*Enterococcus faecalis* (ATCC 29212, 1.0×10⁷ CFU/ml)を使用した。培地にはbrain heart infusion broth (Pearlcore、栄研化学)を使用し、*S. mutans*の培地には、1%スクロース(富士フィルム和光純薬)、0.1%グラミシジン(富士フィルム和光純薬)と0.1%バシトラシン(富士フィルム和光純薬)を添加した。各シーラー硬化体を48ウェルプレートに静置し、各ウェルに菌懸濁液(500 μl/ウェル)を播種、嫌気ジャー(アネロパック、三菱ガス化学)を用いて、37°C、24時間嫌気培養を行った。培養後シーラー硬化体をウェルから摘出し、可視光度計(CO7500 Colourwave、フナコシ)を用いて、波長590 nmで培地の濁度を測定した(n=6)。測定値は、試料を入れないコントロール(Ctrl)のウェルの濁度を100としたときの相対値とした。なお本実験は、国立大学法人北海道大学大学院歯学研究院病原体等安全管理委員会の承認(承認番号R1-3号)を得て、関係するガイドラインに従って行った。

Table 1 Composition of root canal sealers

CANALS-PASTE (GC SHOWAYAKUHIN)
Composition : Clove oil, olive oil, zinc oxide, barium sulfate, bismuth subcarbonate, rosin, others
NISHIKA CANAL SEALER Eugenol Normal E-N (Nippon Shika Yakuhin)
Composition : Eugenol, rosin, zinc oxide, bismuth subcarbonate, others
CANALS (GC SHOWAYAKUHIN)
Composition : Clove oil, olive oil, zinc oxide, barium sulfate, bismuth subcarbonate, rosin, others

6. 細胞親和性試験

練和した各シーラーを型枠（直径5 mm×高さ2 mm）に填入した後、3日間静置し硬化させた⁶⁾。試験には、マウス線維芽細胞様細胞（NIH-3T3, 理研バイオリソース研究センター）を使用した。培地は culture medium (MEM alpha, GlutaMAX-I, Thermo Fisher Scientific, USA), 1% 抗生剤 (Penicillin-streptomycin, Thermo Fisher Scientific), 10% fetal bovine serum (Qualified FBS, Thermo Fisher Scientific) を用いた。各シーラー硬化体を48ウェルプレートに静置し、各ウェルに細胞懸濁液 (1×10^4 cells/ウェル) を播種、37°C, 5%CO₂の条件下で24時間培養を行った。培養後シーラー硬化体をウェルから摘出し、water-soluble tetrazolium salt (WST)-8アッセイキット (Cell Counting Kit-8, 同人化学研究所) を用いて培地のアッセイを行い、マイクロプレートリーダー (Multiskan FC, Thermo Fisher Scientific) で吸光度を波長450 nmにて測定した (n=4)。また、シーラー硬化体に近接した細胞の形態を観察するため、ガラスベースディッシュにシーラー硬化体を静置し、細胞懸濁液を播種、37°C, 5%CO₂の条件下で24時間培養を行った。培養後に抗 vinculin モノクローナル抗体 (Anti-Vinculin Alexa Fluor 488, eBioscience, USA) と phalloidin (Acti-stain 555 Fluorescent Phalloidin, Cytoskeleton, USA), diamidino-2-phenylindole (同人化学研究所) を用いて vinculin/F-actin 二重染色を行い、シーラー硬化体に近接したガラスディッシュ底面を、蛍光顕微鏡 (BZ-9000 Bioevo, キーエンス) で観察した。

7. ラット背部皮下埋植

練和した各シーラーを型枠（直径5 mm×高さ2 mm）に填入した後、3日間静置し硬化させた⁶⁾。実験動物として Wistar 系ラット（雄, 体重190~210 g, 10週齢）15匹を使用した。なお本実験は、国立大学法人北海道大学動物実験委員会の承認（承認番号第20-0159号）を得て、北海道大学動物実験に関する規程および関係ガイドラインに従って行った。麻酔前投薬としてセボフルラン（セボフルラン吸入麻酔液「マイラン」, マイラン製薬）を吸引させてから、塩酸メデトミジン (0.15 μg/kg, ドミトー

ル, 日本全業工業), ミダゾラム (2.0 μg/kg, ドルミカム, 丸石製薬), 酒石酸ブトルファノール (2.5 μg/kg, ベトルファール, Meiji Seika ファルマ) による全身麻酔と、リドカイン塩酸塩・アドレナリン注射液（エピリド配合注歯科用カートリッジ 1.8 ml, ニプロ）による局所麻酔を併用した。背部皮膚3カ所に切開を加え、その皮下に3種類のシーラー硬化体を1つずつ無作為に埋植した。縫合後、テトラサイクリン塩酸塩軟膏（アクロマイシン, ポーラファルマ）を塗布した。

8. 生体親和性評価

術後10日のラット3匹は免疫組織学的染色を実施するため、安楽死後、灌流固定を行った。セボフルラン吸引後全身麻酔を行い、大動脈から10%中性緩衝ホルマリン液を5分間灌流し、その後同液に24時間浸漬した。固定後の皮下組織ブロックからシーラー硬化体を除去し、30%ショ糖溶液に浸漬した。次に凍結切片作製用包埋剤 (O. C. T. コンパウンド, サクラファインテックジャパン) にて包埋後、液体窒素で急速冷却し、厚さ16 μmの凍結標本をポリ-L-リジンでコーティングされたスライドガラスにマウントした。Triton X-100およびロバ血清で透過処理した後、マウス抗ラット CD68 (Clone ED1, 1:100 希釈; Bio-Rad Laboratories, USA) にて24時間インキュベートした。抗原抗体反応部位はCy3標識抗マウス IgG (Jackson ImmunoResearch, USA) で検出し、染色された標本は、共焦点レーザー走査型顕微鏡 (Fluoview, オリパス) で観察を行った。CD68の蛍光発現強度は、各シーラー硬化体に接していた皮下組織部位を無作為に3カ所抽出し (magnification×200), 画像解析ソフト (ImageJ 1.41, National Institute of Health, USA) を用いて測定した^{14,15)} (n=3)。

また、術後10, 35日に各6匹のラットを全身麻酔薬の過剰投与にて安楽死させ、シーラー硬化体と埋植部位周囲の組織を摘出し、10%中性緩衝ホルマリン液で浸漬固定を行った。皮下組織ブロックからシーラー硬化体を除去し、アルコール脱水後パラフィン包埋を行い、通法に従って厚さ7 μmの組織標本を作製した。その後、ヘマトキシリン・エオジン (HE) 重染色を施し、光学顕微鏡下で病理組織学的観察を行った。さらに、炎症の程度を

評価するために、各シーラー硬化体に接していた皮下組織部位を無作為に3カ所抽出し (magnification×200)、炎症性細胞浸潤をMoriら¹⁶⁾の方法を参考に、0:なし (none), 1:軽度 (slight), 2:中等度 (moderate), 3:重度 (severe) でスコア化し、平均値を算出した (n=6)。

9. 統計分析

統計分析には、統計分析ソフト (SPSS 11.0, IBM Corporation, USA) を用いて、ANOVAとTukey HSD法、Kruskal-Wallis検定を行った ($p<0.05$)。

結 果

1. 圧縮強度試験

CaNP群、NS群、CaN群の圧縮強度 (N) は、それぞれ 74.30 ± 14.56 , 39.28 ± 2.10 , 35.23 ± 4.40 であり、CaNP群はNS群の約1.9倍、CaN群の約2.1倍を示し、有意差を認めた ($p<0.01$, Fig. 1A)。

2. 寸法変化試験

硬化4週後までの観察期間において、CaNP群、CaN群は0.4 mm縮小したが、NS群は硬化1週後に0.7 mm縮小し、硬化4週後では0.9 mmの縮小を示した。3群間に有意差は認めなかった (Fig. 2B)。

3. ユージノール放出量

各試料とも水中浸漬1日後からユージノールが検出され、経時的に増加する傾向を示した。0時間 (練和填入直後) 試料では、CaN群のユージノール放出量は水中浸漬1日後からCaNP群、NS群のそれぞれ約1.4, 2.1倍と有意に大きかった ($p<0.01$)。その後経時的に増加し、14日後にはCaNP群およびNS群の約1.5倍で有意差を認めた ($p<0.01$)。練和後3時間経過試料では、CaN群のユージノール放出量は水中浸漬1日後でCaNP群、NS群のそれぞれ約2.1, 1.6倍と有意に大きい値を示し ($p<0.01$)、14日後にはCaNP群およびNS群の約1.8倍で有意に大きかった ($p<0.01$)。練和後72時間経過試料では、水中浸漬1日後においてユージノール放出量の値は3群間で近似していたが、その後CaN群の放出量は、0時間および3時間試料より少なかったものの、14日後ではCaNP群およびNS群に比較して約1.4倍と有意差を認めた ($p<0.01$) (Fig. 1C)。

4. 抗菌性試験

濁度試験の結果、*S. mutans* の濁度は、CaNP群、NS群、CaN群でそれぞれCtrlの19%, 13%, 1%であり、*E. faecalis* では、Ctrlの57%, 32%, 18%であった (Fig. 2A)。すべての群で2菌種ともCtrlに比較して有意に低い濁度を示し ($p<0.05$)、そのなかでCaN群は最も強い濁度低下を示した。

5. 細胞親和性試験

WST-8を用いて細胞生存性を測定した結果を示す (Fig. 2B)。CaNP群で高い値を示し、NS群の約3倍、CaN群の約7倍で両群より有意に大きかった ($p<0.05$)。また、NS群はCaN群の約2倍で有意差を認めた ($p<0.05$)。vinculin/F-actin二重染色の組織像を示す (Fig. 2C)。CaNP群ではNIH-3T3細胞の伸展を認め、actin fiber (赤色) とvinculin (緑色) の発現が示された。NS群、CaN群においては伸展した細胞は観察されなかった。

6. 生体親和性評価

CaNP群、NS群、CaN群の術後10日のCD68免疫染色像を示す (Fig. 3A)。各群でシーラー硬化体周囲の軟組織にCD68陽性細胞 (赤) の出現が観察され、特にNS群で強い集積を認めた。10日のCaNP群、NS群、CaN群のCD68蛍光強度 (pixel×1,000) を測定した結果、CaNP群、CaN群はほぼ同等であったが、NS群はCaNP群、CaN群より有意に大きく、約3倍の値を示した (Fig. 3B) ($p<0.05$)。

術後10日および35日の代表的なHE染色組織像を示す (Fig. 3C)。術後10日の組織像では、すべての群でヘマトキシリンに濃染した炎症性細胞浸潤を強く認めた。術後35日ではNS群に炎症性細胞浸潤を強く認めた。

炎症性細胞浸潤の平均スコアをTable 2に示す。術後10日の各シーラーとも、高い炎症性細胞浸潤のスコアを示した。一方、術後35日では、各シーラーともにスコアの低下を示したもののNS群で高い傾向を示し、3群間で有意差を認めた ($p<0.05$)。

考 察

CaNP群は、CaN群、NS群に比較して圧縮強度が有意に高かった。本研究で用いたシーラーは酸化亜鉛とユージノールのキレート反応によって硬化する¹⁷⁾。したがって、酸化亜鉛とユージノールのなじみが硬化後の物性を左右する可能性がある。これまでに、粉液タイプであるCaNは、練和時に粉末と液がなじまず練和後の状態が不均一となり、その物性に影響を及ぼすことが報告¹⁸⁾されている。また、さまざまな粉液タイプのセメントにおいて、練和の条件が物性に影響を及ぼすことが示唆されている¹⁹⁾。一方で、ペーストタイプは試料採取が簡単で、短時間で均一な練和操作が可能のため、酸化亜鉛とユージノールのなじみが良好で強度が向上した可能性がある²⁰⁾。NSもペーストタイプだが強度が低い結果となり、これは構成成分の違いによる可能性があることから、さらなる検討が必要である。寸法変化試験の結果、3群とも硬化収縮はわずかであり、3群間で有意差を認めなかったことから、各シーラーの寸法安定性は良好であ

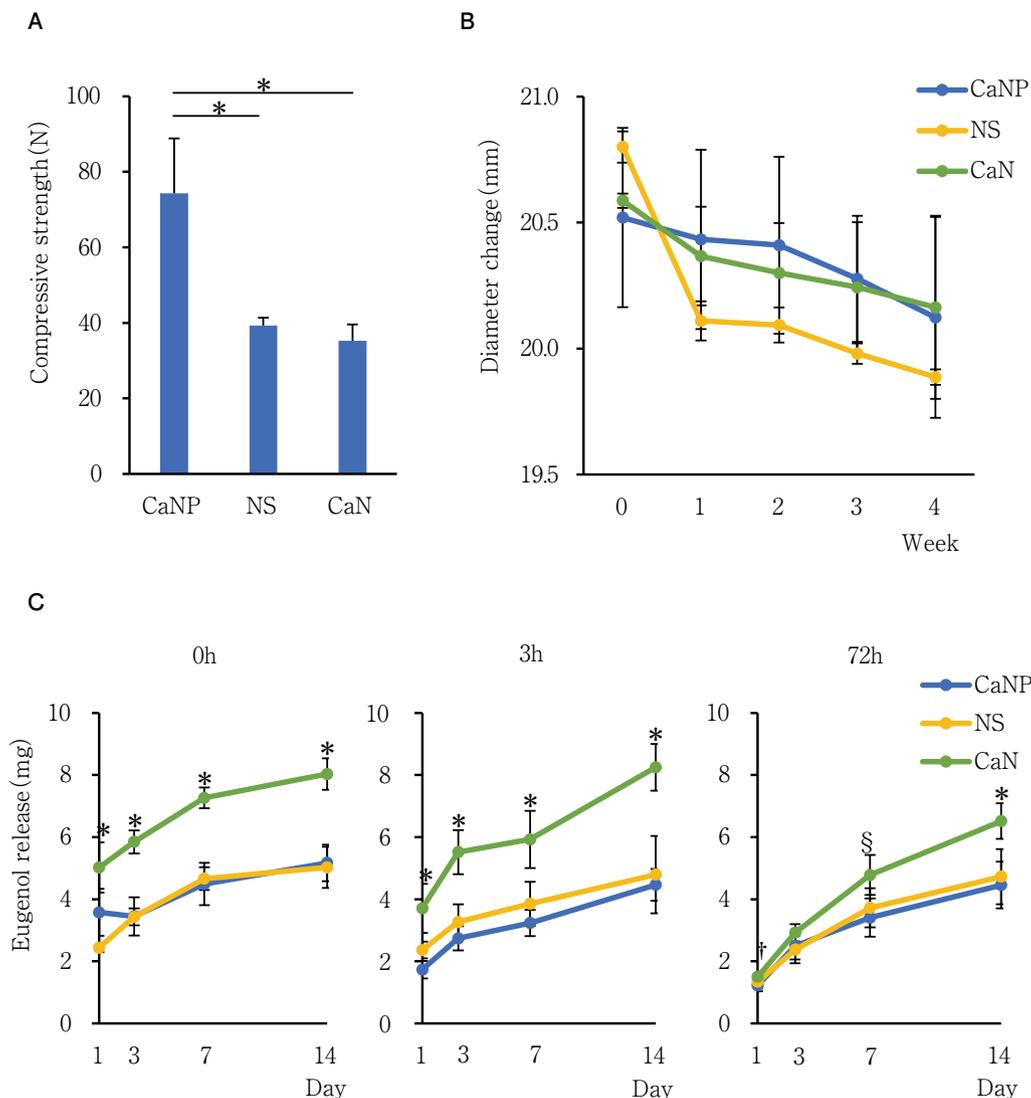


Fig. 1

(A) Compressive strength test (n=3, mean±standard deviation). *p<0.01. Statistical analysis: one-way ANOVA with Tukey's HSD post-hoc test.

(B) Diameter change of each sealer (n=3, mean±standard deviation).

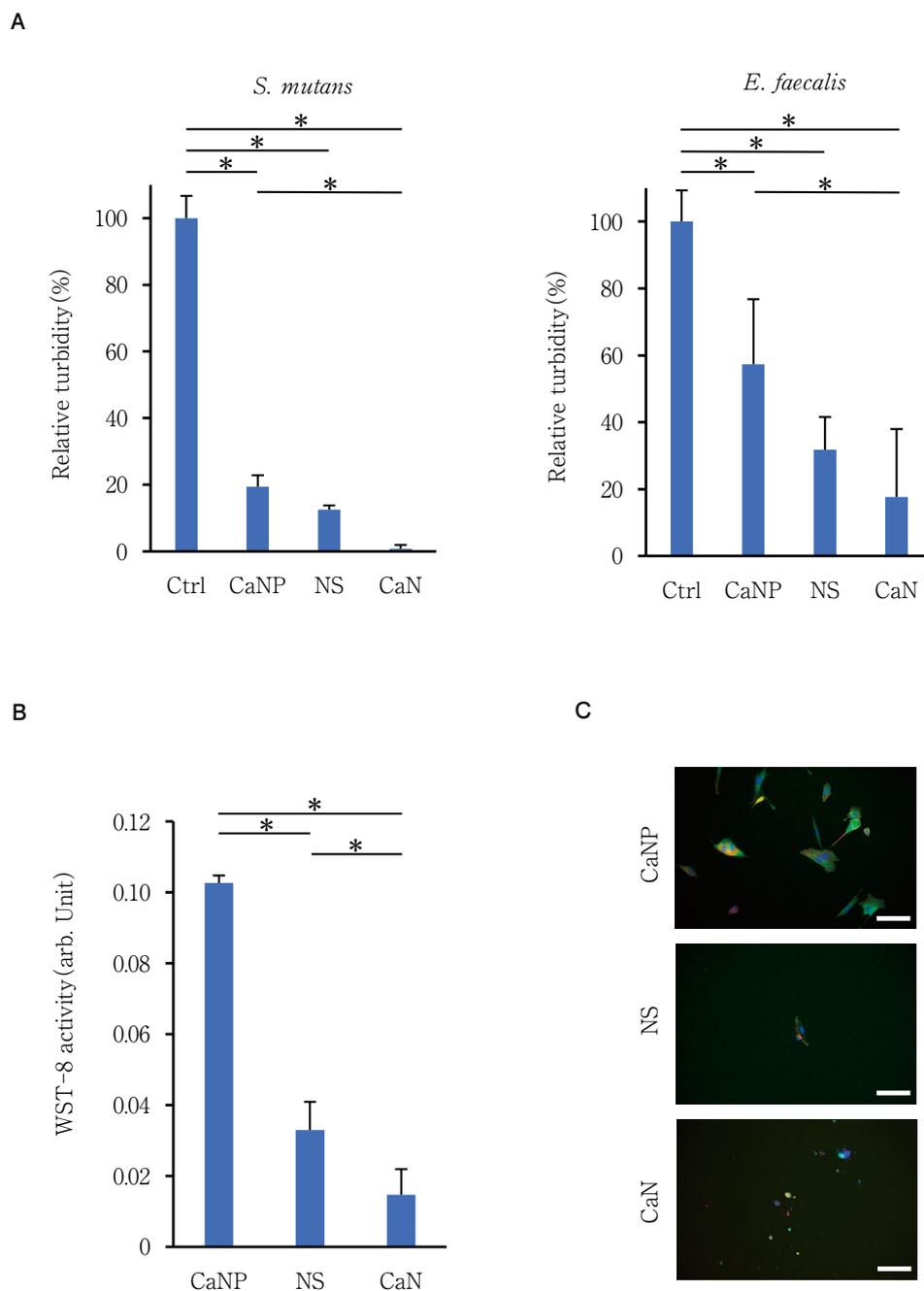
(C) Eugenol release test (n=6, mean±standard deviation). *p<0.01 vs. CaNP and NS; †p<0.05 vs. CaNP; §p<0.05 vs. CaNP and NS. Statistical analysis: one-way ANOVA with Tukey's HSD post-hoc test.

Abbreviations: CaNP, CANALS-PASTE; NS, NISHIKA CANAL SEALER Eugenol Normal E-N; CaN, CANALS.

ると考えられた。

シーラーのユージノール放出量を測定した実験において、各シーラーの医薬品添付文書記載の硬化時間、CaNP 40~240分、NS 30分、CaN 4~48時間を参考に、硬化時間によって3条件(0, 3, 72時間)を設定し、練和直後の静置なしとした0時間は硬化前、3時間静置は硬化初期の状態、72時間静置は完全に硬化した状態を想定した。CaN群は、CaNP群、NS群に比較して0, 3時

間試料でユージノールを初期段階から大量に放出した。また72時間試料では、初期段階においてCaN群は、CaNP群、NS群と近似したユージノール放出量であったが、14日後には両群より有意に多い放出量を示した。これらの結果から、粉液タイプのCaNは硬化未反応で残留したユージノール量が多く、硬化後も経時的にユージノール放出量が多くなることが示唆された。上述のように、粉液タイプのCaNでは、練和後の酸化亜鉛とユージ

**Fig. 2**

- (A) Relative turbidity of *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis* (n=6, mean ± standard deviation). *p<0.05. Statistical analysis : one-way ANOVA with Tukey's HSD post-hoc test.
- (B) WST-8 activity in NIH-3T3 cells (n=4, mean ± standard deviation). *p<0.05. Statistical analysis : one-way ANOVA with Tukey's HSD post-hoc test.
- (C) Vinculin/F-actin staining of NIH-3T3 cells around the sealers. Actin, vinculin and DAPI were stained in red, green and blue, respectively. Scale bar : 100 μm.
- Abbreviations : Ctrl, Control ; CaNP, CANALS-PASTE ; NS, NISHIKA CANAL SEALER Eugenol Normal E-N ; CaN, CANALS ; WST, water-soluble tetrazolium salt ; DAPI, diamidino-2-phenylindole.

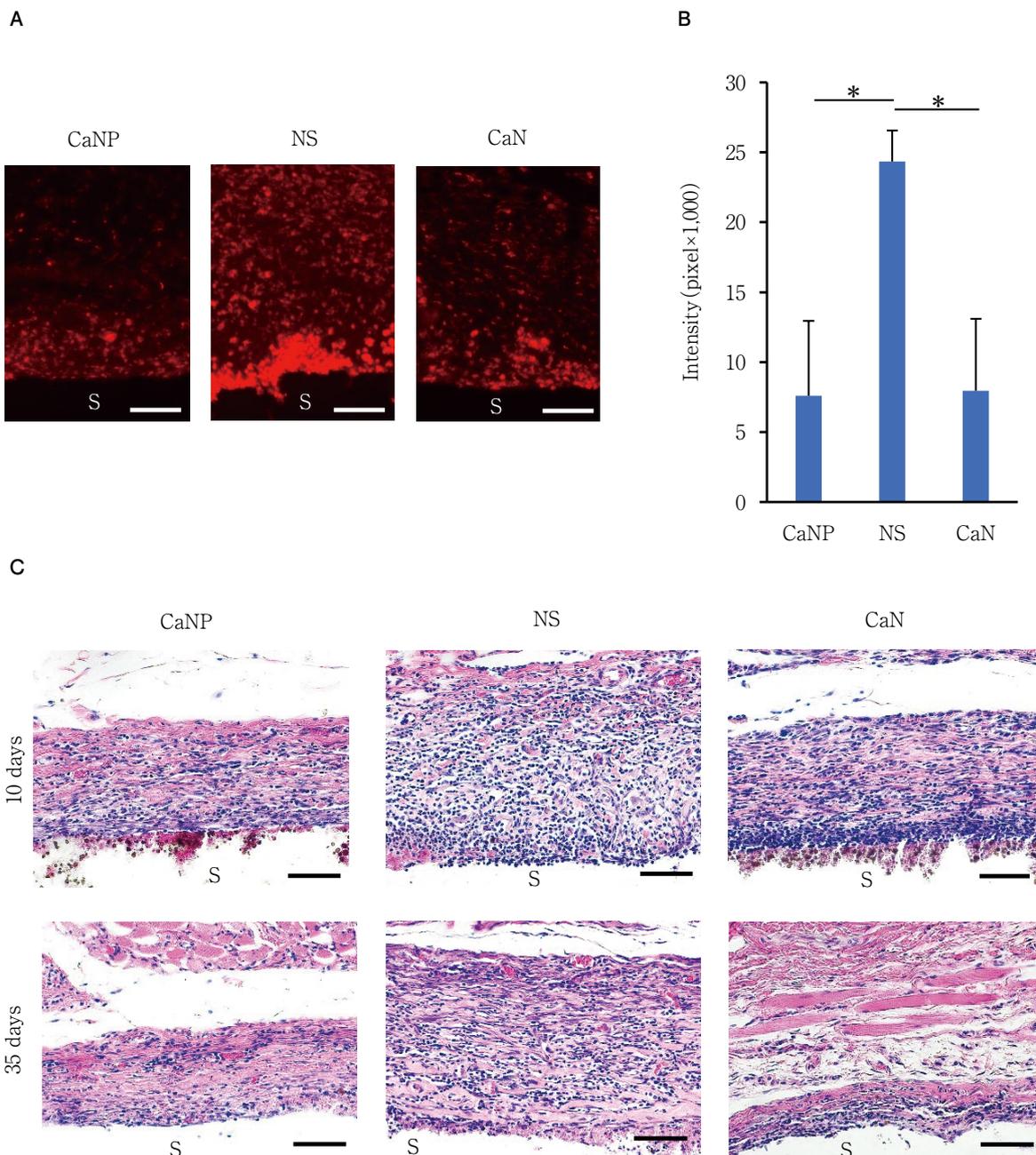


Fig. 3

(A) CD68 immunostaining (red) of rat subcutaneous tissue 10 days after implantation. Scale bar : 100 μ m.

(B) Intensity of CD68 expression (n=3, mean \pm standard deviation). *p<0.05. Statistical analysis : one-way ANOVA with Tukey's HSD post-hoc test.

(C) Histological observation of rat subcutaneous tissue adjacent to the sealers at 10 and 35 days after implantation (stained with hematoxylin-eosin). Scale bar : 100 μ m.

Abbreviations : CaNP, CANALS-PASTE ; NS, NISHIKA CANAL SEALER Eugenol Normal E-N ; CaN, CANALS ; S, sealer.

ノールのなじみが不十分である可能性が高く^{18,19)}、シーラー硬化体にユージノールが残留し放出量が増加したものと考えられた。一方で、ペーストタイプである CaNP 群、NS 群は、どの条件下でも CaN 群よりユージノール

放出量が抑制されており、残留するユージノール量が少ない可能性があると考えられた。

抗菌性試験の結果から、すべての群で Ctrl より低い濁度が示され、細菌増殖を抑制したと考えられた。特に

Table 2 Mean scores of inflammatory cell infiltration (n=6, mean±standard deviation)

	10 days	35 days
CaNP	2.67±0.52	1.67±0.52
NS	2.83±0.41	2.5±0.55
CaN	2.83±0.41	1.67±0.52

Inflammatory cell infiltration was scored as follows :
0, normal tissue ; 1, slight ; 2, moderate ; 3, severe response.

CaN 群の抗菌性は、他の群と比較して有意に高かった。ユージノールは細菌の細胞膜機能を阻害し、産生される毒素や酵素、バイオフィルム形成を抑制することで抗菌作用を発揮することが報告²¹⁾されている。したがって、本研究結果の抗菌性はユージノールが関与している可能性が示唆された。*S. mutans* は、グラム陽性通性嫌気性のレンサ球菌の一種であり、う蝕原因菌の一つである²²⁾。また、*E. faecalis* は、腸内常在菌の一つでグラム陽性通性嫌気性球菌であり、根尖性歯周炎が生じた根管から高頻度に分離される^{23,24)}。すでに、ユージノールがこれらの細菌に対する抗菌性を示すことが報告²⁵⁻²⁷⁾されている。

抗菌性の高い材料は、細胞毒性も高い可能性がある。そこで細胞親和性を評価するため、WST-8を用いた細胞生存試験と細胞形態の観察を行った。その結果、CaNP 群は、NS 群、CaN 群と比較すると有意に高い細胞生存性を示した。毒性の強いマテリアルでは、細胞は伸展せずに球状を示すことが報告²⁸⁾されており、NS 群、CaN 群において伸展した細胞は観察されず球状であった。一方で、CaNP 群ではシーラー硬化体に近接した部位でも細胞の伸展を認めた。細胞骨格マーカーであるアクチンの発現は偽足形成を示し²⁹⁾、vinculin の発現も同時に認めたことから、細胞接着装置が機能してガラスディッシュに付着伸展したものと考えられた。CaN 群は最も強い抗菌性を示したが、CaNP 群と比較すると細胞親和性は有意に低かった。また、CaN 群のユージノール放出量は、CaNP 群、NS 群と比べて有意に多かった。これまでにユージノールは、ヒト歯根膜細胞の腫瘍壊死因子 (TNF- α) とインターロイキン-6 (IL-6) の mRNA 発現レベルを高める⁷⁾ことや、イヌ根尖部組織において破歯細胞・破骨細胞による歯根吸収および歯槽骨吸収を促進することが明らか⁸⁾となっている。したがって *in vitro* においては、硬化反応に関与せず未反応のまま残った多量のユージノール (残留ユージノール) が抗菌性だけでなく細胞毒性を発現し、逆にユージノール放出量が少なかった CaNP において、比較的良好的な細胞親和性

が示されたものと考えられた。

一方で、ラットを用いた生体親和性評価において、10 日目では CaN 群の炎症性細胞浸潤スコアが高い傾向を示したものの、35 日目には CaNP 群と同程度であった。CaN のユージノールによる毒性は長期的に軽減する可能性が考えられた。しかしながら、NS 群は他の 2 群と比較して有意に強い CD68 発現を認め、シーラー硬化体へのマクロファージの集積が強いことが示唆された。また、炎症性のスコアが術後 35 日において高く、炎症性細胞浸潤の程度が大きいことが考えられ、NS は起炎性が高いことが示唆された。これまでに、NS は免疫応答で重要な炎症性メディエーターであるプロスタグランジン E₂ (PGE₂) 産生誘導を促進することが報告³⁰⁾されている。NS 群のユージノール放出量はいずれの条件でも CaN 群より有意に低く、同じペーストタイプである CaNP 群と同程度であったことから、NS の生体内での高い起炎性はユージノール以外の基材成分が関与した可能性が考えられたが、その確証にはさらなる検討が必要と思われる。

結 論

本研究では、CaNP、NS、CaN の各シーラー硬化体の材料特性およびラット背部皮下へ埋植した場合の生体親和性について比較検討を行った。その結果、CaNP は NS および CaN と比較して圧縮強度と細胞親和性が有意に高かった。一方、CaN はユージノール放出量が CaNP や NS より有意に高く、最も強い抗菌性を示したが、細胞親和性は他よりも有意に低かった。CaNP は硬化反応に使用されないユージノール量 (残留ユージノール量) が少なく、良好的な生体親和性を有することが示唆された。組織学的な検討では、CaNP と CaN は、NS より CD68 の発現強度が有意に低く、また炎症性細胞浸潤の程度が低い傾向を示し、NS の起炎性が高いことが示唆された。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) 田中利典, 河野 哲, 海老原 新, 佐藤暢也, 田中弘顕, 西谷佳浩, 廣瀬和人, 松崎英津子, 中田和彦, 北村知昭. 歯学教育機関における歯内療法に使用する器具・材料・薬剤の調査—2019年アンケート調査結果—. 日歯内療誌 2021 ; 42 : 31-40.
- 2) Pinna L, Brackett MG, Lockwood PE, Huffman BP, Mai S, Cotti E, Dettori C, Pashley DH, Tay FR. *In vitro* cytotoxicity evaluation of a self-adhesive, methacrylate res-

- in-based root canal sealer. *J Endod* 2008; 34: 1085-1088.
- 3) Zhou HM, Du TF, Shen Y, Wang ZJ, Zheng YF, Haapasalo M. In vitro cytotoxicity of calcium silicate-containing endodontic sealers. *J Endod* 2015; 41: 56-61.
 - 4) Zmener O, Martinez Lalis R, Pameijer CH, Chaves C, Kokubu G, Grana D. Reaction of rat subcutaneous connective tissue to a mineral trioxide aggregate-based and a zinc oxide and eugenol sealer. *J Endod* 2012; 38: 1233-1238.
 - 5) Grossman LI. An improved root canal cement. *J Am Dent Assoc* 1958; 56: 381-385.
 - 6) 田中佐織, 宮治裕史, 西田絵利香, 宮田さほり, 加藤昭人, 眞弓佳代子, 田中 亨, 井上 哲. S-PRG フィラー含有根管充填用シーラーの生体親和性評価. *日歯保存誌* 2019; 62: 107-114.
 - 7) Shida M, Inamoto T, Yoshida M, Baba T, Hayashi H. Effects of prototype surface reaction-type pre-reacted glass ionomer filler-containing root canal sealer on human periodontal ligament cells: mRNA expression of proinflammatory cytokines, osteoprotegerin and receptor activator of NF- κ B ligand. *J Osaka Dent Univ* 2010; 44: 105-110.
 - 8) 五明秀行. 新開発根管充填剤の根尖歯周組織反応に関する病理組織学的検討. *日歯保存誌* 1992; 35: 262-271.
 - 9) 小野一弘, 三谷将弘, 伏島歩登志. キャナルス®ペーストの操作性評価とフローに関する検討. *日本歯科保存学会 2020 年度秋季学術大会 (第 153 回) プログラムおよび講演抄録集*: 79, P51.
 - 10) 日本工業規格 JIS T 6610: 「2013」 歯科用酸化亜鉛ユーージノールセメント及び酸化亜鉛非ユーージノールセメント.
 - 11) ISO 6876: 「2001」 Dentistry—Root canal sealing materials.
 - 12) 日本工業規格 JIS T 6522: 「2015」 歯科用根管充てん(填) シーラ.
 - 13) Hernández-Sánchez P, López-Miranda S, Lucas-Abellán C, Núñez-Delicado E. Complexation of Eugenol (EG), as main component of clove oil and as pure compound, with β - and HP- β -CDs. *Food and Nutrition Sciences* 2012; 3: 716-723.
 - 14) Miyaji H, Mayumi K, Miyata S, Nishida E, Shitomi K, Hamamoto A, Tanaka S, Akasaka T. Comparative biological assessments of endodontic root canal sealer containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler or silica filler. *Dent Mater J* 2020; 39: 287-294.
 - 15) Braidy N, Gai WP, Xu YH, Sachdev P, Guillemain GJ, Jiang XM, Ballard JW, Horan MP, Fang ZM, Chong BH, Chan DK. Uptake and mitochondrial dysfunction of alpha-synuclein in human astrocytes, cortical neurons and fibroblasts. *Transl Neurodegener* 2013; 2: 20.
 - 16) Mori GG, de Moraes IG, Nunes DC, Castilho LR, Poi WR, Capaldi ML. Biocompatibility evaluation of alendronate paste in rat's subcutaneous tissue. *Dent Traumatol* 2009; 25: 209-212.
 - 17) Copeland Jr HI, Brauer GM, Sweeney WT, Forziati AF. Setting reaction of zinc oxide and eugenol. *J Res Natl Bur Stand* 1955; 55: 133-138.
 - 18) 静間景和, 勝海一郎. 酸化亜鉛ユーージノール系根管充填用セメントの練和比の違いによる物性変化に関する研究. *日歯保存誌* 2000; 43: 877-891.
 - 19) Panpisut P, Monmaturapoj N, Srion A, Angkananuwat C, Krajangta N, Panthumvanit P. The effect of powder to liquid ratio on physical properties and fluoride release of glass ionomer cements containing pre-reacted spherical glass fillers. *Dent Mater J* 2020; 39: 563-570.
 - 20) 鈴木二郎, 宮木 愛, 西村知子, 岡田周策, 常川勝由, 平林正道, 寺中敏夫. 試作ペースト型チャンネルシーラーの諸性質. *日歯内療誌* 2005; 26: 196-203.
 - 21) Marchese A, Barbieri R, Coppo E, Orhan IE, Daglia M, Nabavi SF, Izadi M, Abdollahi M, Nabavi SM, Ajami M. Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: A mechanistic viewpoint. *Crit Rev Microbiol* 2017; 43: 668-689.
 - 22) Loesche WJ. Role of *Streptococcus mutans* in human dental decay. *Microbiol Rev* 1986; 50: 353-380.
 - 23) Pinheiro ET, Gomes BPPA, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J* 2003; 36: 1-11.
 - 24) Ando N, Hoshino E. Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentine. *Int Endod J* 1990; 23: 20-27.
 - 25) Adil M, Singh K, Verma PK, Khan AU. Eugenol-induced suppression of biofilm-forming genes in *Streptococcus mutans*: An approach to inhibit biofilms. *J Glob Antimicrob Resist* 2014; 2: 286-292.
 - 26) Jaidka S, Somani R, Singh DJ, Sheikh T, Chaudhary N, Basheer A. Herbal combat against *E. faecalis*—An *in vitro* study. *J Oral Biol Craniofac Res* 2017; 7: 178-181.
 - 27) Gowda J, Tavarageri A, Kulkarni R, Anegundi RT, Janardhan A, Bhat MA. Comparative assessment of the antimicrobial efficacy of triclosan, amoxicillin and eugenol against *Enterococcus faecalis*. *Int J Clin Pediatr Dent* 2021; 14: 59-62.
 - 28) Malkoc MA, Demir N, Şengün A, Bozkurt ŞB, Hakki SS. Cytotoxicity evaluation of luting resin cements on bovine dental pulp-derived cells (bDPCs) by real-time cell analysis. *Dent Mater J* 2015; 34: 154-160.
 - 29) Ridley AJ. Life at the leading edge. *Cell* 2011; 145: 1012-1022.
 - 30) 石井(谷) 信之, 関(三上) 昌子, 長田 保, 崎岡雅仁, 松島秀樹, 梅本俊夫. 各種根管充填材の細胞生物学的評価. *日歯保存誌* 1994; 37: 1899-1905.

Characterization and Biocompatibility Evaluation of Zinc Oxide Eugenol-based Paste Root Canal Sealer

KATO Akihito, MIYAJI Hirofumi, KANEMOTO Yukimi,
SHITOMI Kanako¹, OKAMOTO Ichie, YOSHINO Yuto,
HAMAMOTO Asako, NISHIDA Erika, SUGAYA Tsutomu
and TANAKA Saori²

Department of Periodontology and Endodontology, Division of Oral Health Science,
Hokkaido University Faculty of Dental Medicine

¹Division of Periodontology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation,
School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

²Division of General Dentistry Center for Dental Clinics, Hokkaido University Hospital

Abstract

Purpose: Root canal sealers consisting mainly of zinc oxide powder and eugenol liquid exhibit eugenol-related cytotoxicity. However, paste-type sealers with appropriate mixing ratios have been developed to reduce eugenol cytotoxicity. In this study, we aimed to compare the *in vitro* characteristics and *in vivo* biocompatibility (in rat subcutaneous tissue implantation) of three sealers: paste-type eugenol-based sealers (CANALS-PASTE (CaNP), NISHIKA CANAL SEALER Eugenol Normal E-N (NS)), and a powder-liquid-type eugenol-based sealer (CANALS (CaN)).

Method: After the sealers were mixed and hardened, compressive strength and diameter change tests were performed. The amount of eugenol released over time for each sealer (hardening conditions: 0 (immediately after mixing), 3 hours, and 72 hours after mixing) was measured. Antibacterial tests were performed by incubating the hardened sealers with *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis*, and the turbidity was measured after 24 hours of incubation. Cytocompatibility testing was performed by culturing NIH-3T3 fibroblast cells with the sealers, and water-soluble tetrazolium salt (WST)-8 activity was measured after 24 hours of incubation. In addition, NIH-3T3 cells around the sealers were immunostained with vinculin/F-actin and observed under a fluorescence microscope. Biocompatibility of the sealers was determined by implanting the hardened sealers into the dorsal subcutaneous tissues of rats, with CD68 expression measured 10 days post-implantation. Histological observations and scoring of the degree of inflammatory cell infiltration were performed at 10 and 35 days post-implantation.

Results: The CaNP group exhibited a significantly higher compressive strength than the others. No differences in the diameter change test were observed in all samples. Eugenol release increased time-dependently in all samples, with the CaNP and NS groups releasing similar amounts, and the CaN group releasing significantly more. The turbidity of the bacteria cultured with the sealers decreased in all groups, with the turbidity in the CaN group decreasing the most. The CaNP group showed significantly higher WST-8 activity, cell adhesion and spreading close to the CaNP. The intensity of CD68 expression was significantly higher in the NS group than in the other groups. Moreover, the inflammatory cell infiltration score of the NS group was higher than those of the other groups at 35 days postoperatively.

Conclusion: The CaNP sealer exhibited greater biocompatibility than the NS and CaN sealers. In addition, CaNP produced a smaller inflammatory response than NS.

Key words: antibacterial, cytotoxicity, inflammatory cell infiltration, rat

幅広植毛歯ブラシによる人工プラーク除去時の、 効率的な歯ブラシヘッドスピードおよびブラッシング幅の検討

滝口 尚 黒川 雅樹* 山田 純輝
宮本 恭介* 中島 太一* 山本 松男

昭和大学歯学部歯周病学講座

*エビス株式会社

抄録

目的：徹底した歯肉縁下のプラークコントロールは、歯周炎の治療を成功に導くために必須である。近年、効率的なプラークコントロールを目的に幅広植毛歯ブラシが普及し始めている。そこで、本研究では、幅広植毛歯ブラシを用いて効果的にスクラッピング法を行う際の最適条件を検討するため、顎模型上の人工プラーク除去実験を行った。

材料と方法：歯ブラシは、幅広植毛歯ブラシ（片先細植毛）と幅広植毛歯ブラシ（フラット毛）を用いた。プラーク除去の評価は、顎模型人工歯の歯肉縁上と歯肉縁下の人工プラークをスクラッピング法で除去し、前後の人工プラーク付着面積の変化を評価した。ブラッシングの条件は、荷重 200 g 重、ストローク数は 30 回と一定にして、ブラッシングのストローク幅 5 mm, 15 mm とストローク数は毎分 180 回, 300 回として摺動試験機を用いて実験を行った。得られたデータはブラッシング前後の人工プラークの除去率を比較し、Mann-Whitney *U* 検定と多重比較検定 (Steel-Dwass test) により統計解析を行った。

結果：幅広植毛歯ブラシのプラーク除去効果は、ブラッシングのストローク幅とストローク数に関係があり、歯肉縁上プラークでは、ストローク幅 5 mm, ストローク数 180 回で除去率 18.6% に対して、ストローク幅 15 mm, ストローク数 180 回の除去率は 33.5% で統計学的に有意に高かった。また、歯肉縁下プラークの除去効果をストローク幅 15 mm, ストローク数 180 回の条件下で幅広植毛歯ブラシフラット毛と比較した結果、片先細植毛の除去率は 19.1%, フラット毛の除去率 12.7% と統計学的に有意に高かった。

結論：幅広植毛歯ブラシの歯肉縁上における至適ブラッシング操作は、ストローク数毎分 180 回、ストローク幅 15 mm, すなわち 30 往復/10 秒程度のスピードが効果的であった。また歯肉縁下におけるブラッシング操作は、幅広植毛歯ブラシのフラット毛と比べて片先細植毛のほうが効果的にプラークの除去が可能なが示唆された。

キーワード：幅広植毛歯ブラシ, ストローク幅, ストローク数

責任著者連絡先：山本松男

〒145-8515 東京都大田区北千束 2-1-1 昭和大学歯学部歯周病学講座

TEL : 03-3787-1151 (内線 292), FAX : 03-3787-9290, E-mail : yamamoto-m@dent.showa-u.ac.jp

受付 : 2022 年 12 月 27 日/受理 : 2023 年 3 月 20 日

DOI : 10.11471/shikahozon.66.124

緒言

歯周炎の発症や進行予防には、原因因子であるプラークの除去が不可欠で、それには患者自身が日常の生活のなかで行うセルフプラークコントロールが重要である。しかし、その主な方法である歯ブラシによるプラークコントロールでは、歯面全体のプラークを完全に除去することは難しいとされている¹⁾。

歯ブラシによるプラーク除去効果に影響を与える因子として、ブラッシング方法や歯ブラシの種類、ブラッシング圧および毛先の形状などが挙げられる²⁻⁶⁾。そのなかで、毛束配列3~4列の比較的コンパクトな歯ブラシを使用するスクラッピング法は、プラーク除去効果が高く、操作性が容易で歯面や歯肉に為害作用が少ないと報告されている^{7,8)}。一方、2005年以降に毛束配列5~7列からなる幅広植毛歯ブラシが市販され、その形状から効率的なプラーク除去が報告され^{9,10)}、販売本数は年々増加している¹¹⁾。しかし、幅広植毛歯ブラシのスクラッピング法における最適使い方は検討されていない。そこで本研究では、幅広植毛歯ブラシによるプラーク除去の効果的な条件を探す目的で、摺動試験機による再現性の下、スクラッピング法における条件の検討を行うこととした。

材料および方法

1. 使用する歯ブラシ

歯肉縁上に対しては幅広植毛歯ブラシ（プレミアムケアハブラシ・6列レギュラー、エビス）、片先細植毛とフラット毛の2種類からなる6列植毛で硬さは「ふつう」、座屈強度：60 N/cm²、ヘッド長さ21.50 mmを使用した（Fig. 1-a）。歯肉縁下に対して、被験歯ブラシは幅広植毛歯ブラシ（プレミアムケアハブラシ・6列レギュラー、エビス）「かため」座屈強度：97 N/cm²を用いて、対照の歯ブラシに幅広植毛歯ブラシのフラット毛（マスターケアハブラシ・6列レギュラー、エビス）、毛の硬さは「かため」、座屈強度：75 N/cm²を用いた。

2. 摺動試験機

摺動試験機は、ブラシを任意の角度と荷重で模型に接触させたうえで、モーターとクランクシャフトで回転運動を直線往復運動に変換して摺動することができる（Fig. 1-b）。

3. 人工プラーク除去試験

人工プラークの除去試験を行うために、中等度歯周炎顎模型（P15FE-206H.1（GSF）-MF、ニッシン）を使用した。対象部位は、下顎左側第二小白歯、下顎左側第一

大白歯とした。試験実施前に、人工歯には歯肉縁上部位と歯槽骨頂部位を黒色油性ペンで記入し、歯肉縁上部位と歯肉縁下部位を分けて評価できるようにした。人工プラークは、模型専用人工歯垢（ニッシン）を付属の刷毛を用いて試験範囲を3往復塗布し、5分間乾燥させて使用した。人工プラークを塗布した人工歯を顎模型に装着し、摺動試験機のジグに固定した。ブラッシング操作はスクラッピング法を想定し、下顎左側第二小白歯・下顎左側第一大白歯の頬側面に対して、歯軸に90°の方向で歯ブラシヘッドを設置した（Fig. 1-b）。歯ブラシの荷重は200 g重で一定とした。

ブラッシングのストローク幅は5 mmと15 mm、ストローク数は毎分180ストロークと300ストロークとし、各条件すべてにおいて30ストロークで摺動試験機を止め、人工プラークの除去率を評価した。上記の試験条件は、実際のスクラッピング法を行うときの操作方法であることとして、過去の土沢らの報告（3振動を1ストロークとし各ブロック10ストローク²⁾）を参考とした。またストローク数に関しては、先行研究の堀田らの報告⁹⁾や三枝らの報告¹²⁾を参考にした。

人工プラークの除去効果は、歯肉縁上部位と歯肉縁下部位を合わせてまたは別々に評価した。残存人工プラークの評価は、デジタルマイクロスコープVHX-6000（キーエンス）を用いて各人工歯の頬側面・近心面・遠心面を試験前後に撮影し、規格画像データとした（n=6）。人工プラークの除去率は、人工プラークの画像を二値化したうえで各領域の面積をピクセル数で表して算出した。この画像解析は外部委託（ユーワークス）とした。

4. 統計解析

統計解析にはEZRを使用し¹³⁾、ブラッシング後の各条件における人工プラーク除去率の比較は、2群間の比較にはMann-Whitney *U*検定で、3群以上のすべての群を比較する多重比較検定はSteel-Dwass testで実施した。

結果

1. 歯肉縁上プラークに対する除去効果

歯肉縁上プラークの除去効果は、ストローク幅5 mmと15 mm、ストローク数は180ストロークと300ストロークの条件について評価した。Fig. 2-aに、プラーク除去試験後の下顎左側第二小白歯と下顎左側第一大白歯の代表的な画像を示す。

人工プラークの除去効果は、ストローク幅5 mm（ストローク幅5 mm、300ストローク平均除去率：16.9±2.0%、中央値：18.8%、ストローク幅5 mm、180ストローク平均除去率：18.6±3.0%、中央値：21.1%）と比較して15 mm幅は、180ストロークまたは300ストロー

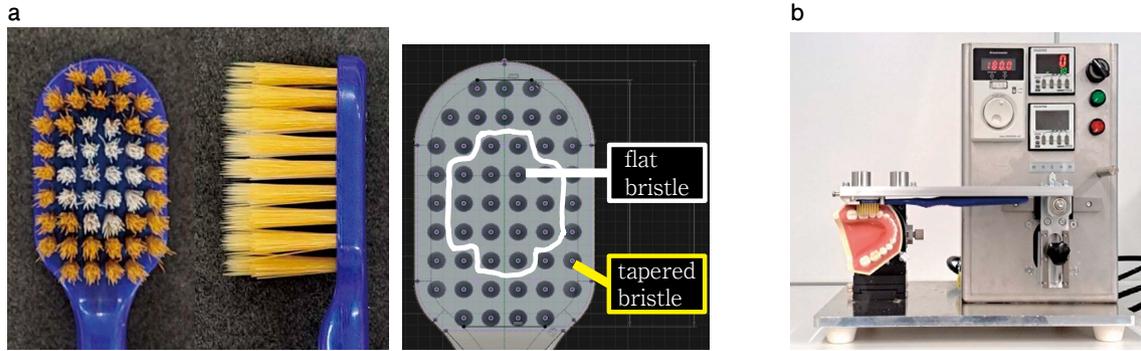


Fig. 1 The brush head design and brushing machine

a) Wide-flocked toothbrush with combination bristle. b) The brushing machine removed the artificial plaque by the scrubbing movement.

ク (ストローク幅 15 mm, 300 ストローク平均除去率: $25.7 \pm 3.0\%$, 中央値: 26.7% , ストローク幅 15 mm, 180 ストローク平均除去率: $33.5 \pm 3.0\%$, 中央値: 32.5%) の条件においても統計学的に有意に高かった (Fig. 2-b). またストローク幅 15 mm のときでは, 180 ストロークのほうが, 300 ストロークと比較して統計学的に有意に高い除去率を示した (Fig. 2-b).

2. 歯肉縁下プラークに対するブラシ毛の先端形状が与える影響

歯肉縁上プラーク除去を目的としたときの至適条件は, ストローク幅 15 mm, 180 ストロークであった (Fig. 2-b). そこで, 同条件で歯肉縁下プラーク除去に対するブラシ毛の先端形状が与える影響を評価した. このときに歯ブラシは, 幅広植毛歯ブラシ片先細植毛「かため」と対照にフラット毛「かため」を使用した. Fig. 3-a に, プラーク除去試験後の下顎左側第二小白歯と下顎左側第一大臼歯の歯肉縁下の代表的な画像を示す. プラークの平均除去率は, 幅広植毛歯ブラシ片先細植毛「かため」で $19.1 \pm 2.1\%$ (中央値: 20.6%), フラット毛「かため」は $12.7 \pm 2.3\%$ (中央値: 11.7%) であり, 片先細植毛「かため」は統計学的に有意に高かった (Fig. 3-b).

3. 歯肉縁下へのブラシ毛の到達画像

幅広植毛歯ブラシ片先細植毛「かため」とフラット毛「かため」の歯肉縁下へのブラシ毛の到達画像を, Fig. 4 に示す. 片先細植毛「かため」の外側には超先細毛を使用しているため, スクラッピング法でブラシを摺動すると, ブラシ毛の先端が歯肉縁下に挿入されていることが観察される. 一方でフラット毛「かため」は先端が歯肉縁下に十分到達しないことが観察された.

考 察

患者自身が行うセルフプラークコントロールは, 歯周

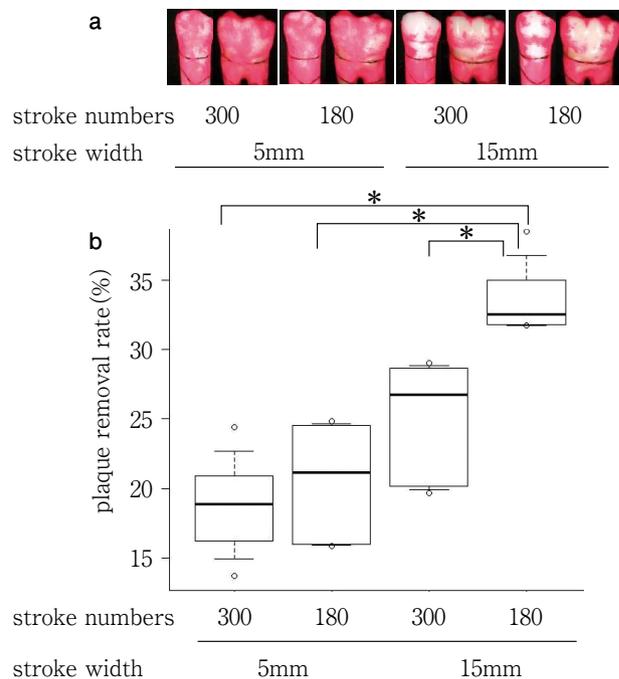


Fig. 2 Removal rate of artificial plaque on supragingival surface at the 1st molar and 2nd premolar

a) The photographs of artificial plaque removal after brushing. b) The artificial plaque removal rate was significantly higher with a 15 mm stroke width and 180 strokes/min compared with other groups. * : $p < 0.05$

The top and bottom sides of the rectangle are the 3rd and 1st quartiles, and the line in the middle of the rectangle is the median.

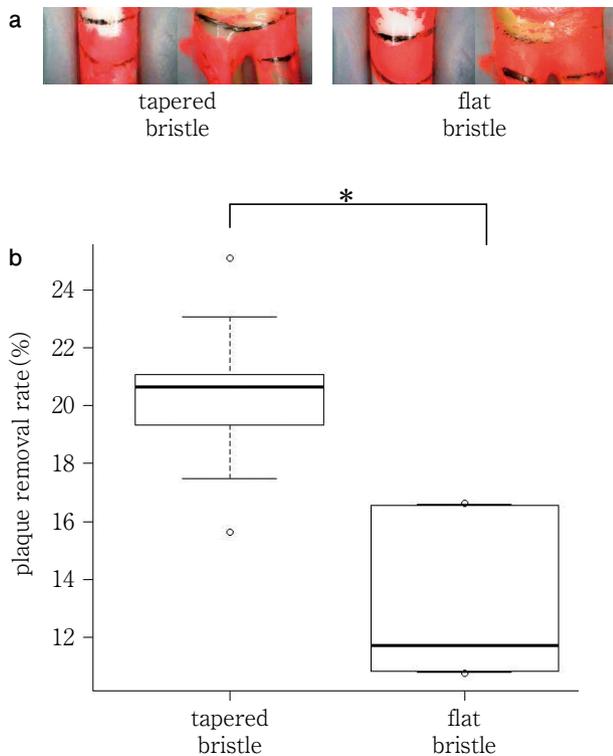


Fig. 3 Removal rate of artificial plaque on subgingival surface at the 1st molar and the 2nd premolar. The stroke width was 15 mm and the stroke was 180 times.

a) The photographs of artificial plaque removal after brushing. b) The artificial plaque removal rate was significantly higher using tapered bristle compared with flat-bristle wide-flocked toothbrushes.

* : $p < 0.05$

The top and bottom sides of the rectangle are the 3rd and 1st quartiles, and the line in the middle of the rectangle is the median.

治療を成功に導くためには欠かせず、歯周基本治療中のみならず、メンテナンス時以降も続ける原因除去療法である。多くの歯科医療者や患者には、歯ブラシはコンパクトな形状をしたものがよいという概念が定着している。歯ブラシのヘッドの形状やブラシの操作方法は、プラーク除去に影響を与えると考えられており、実際にコンパクトな歯ブラシは、口腔内での取り回しがよく、細部や奥まで入れやすい利点があり、スクラッピング法ではコンパクトな歯ブラシが推奨されている⁷⁾。しかし、特に歯周病治療後の歯肉退縮や歯周組織の高さが減じた場合には臨床的歯冠が長くなり、幅の狭いコンパクトヘッドの歯ブラシでは、切縁または歯頸部に磨き残しが認められる場合が少なくない。2005年以降に幅広植毛歯ブラシが販売され、歯ブラシヘッドの幅が広く刷子面積も広いため、効率よくプラーク除去が可能となった^{10,11)}。しかし、幅広植毛歯ブラシに最適な操作方法は検討されていない。そこで本研究では、幅広植毛歯ブラシのプラークの除去効果を、スクラッピング法において歯ブラシのストローク幅とストローク回数に着目して検討した。

今回実験に使用した下顎左側第二小白歯と下顎左側第一大臼歯は、最大ポケット深さ4 mm、歯槽骨吸収あり、歯肉退縮1 mmと、中等度歯周炎の歯肉を模倣した顎模型である。このため、人工プラークの除去試験は歯肉縁上プラークと歯肉縁下プラークの両方を評価することとした。歯ブラシのストローク幅の設定に関しては、本研究ではスクラッピング法を行うことを考慮したことに加え、歯ブラシの毛先が動くために必要な最短ストローク幅である臨界ストロークを参考にして5, 10, 15, 20 mmの条件¹²⁾と、ストローク回数は、先行研究を参考に60秒間に150, 180, 225, 300ストロークの条件^{9,12,14)}において予備試験を行った。その結果、歯ブラシのストローク幅は15 mm以上においてプラークの除去率が高い傾向を示し、これにストローク数を合わせると毎分180ストロークの条件時にプラーク除去率が最大を示した (Sup-

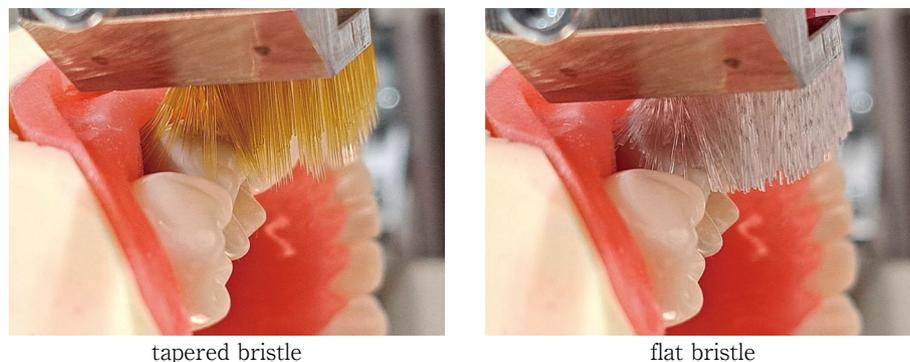
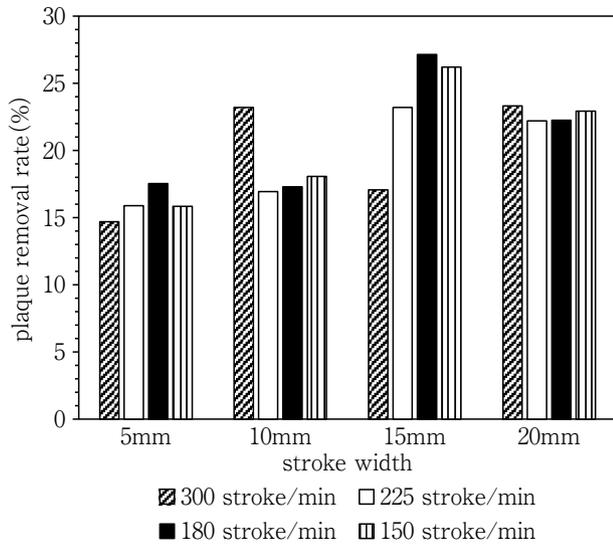


Fig. 4 Image of the bristles reaching the subgingival margin of the 1st molar with a wide-flocked toothbrush



Supplemental Figure

Removal rate of artificial plaque on supragingival and subgingival surfaces at the 1st molar and 2nd premolar

plemental Figure). 以上のことを参考にして、ストローク幅 5 mm と 15 mm, ストローク数は 180 ストロークと 300 ストロークの条件について人工プラークの除去効果を評価することとした。歯肉縁上プラークに対してストローク幅 15 mm と 5 mm を比較すると、ストローク幅 15 mm, 毎分 180 ストロークの条件が最大のプラーク除去率を示し、統計学的にも有意差を示した。

歯周炎患者に対してブラッシングによるプラーク除去効果を評価するには、O'Leary の PCR が用いられ、歯頸部に付着したプラークを評価することが一般的である。しかし本研究では、ブラッシングの諸条件によるプラーク除去率を客観的に比較することが目的であったために、歯肉縁上および歯肉縁下の歯面全体（歯槽骨縁上～歯冠部）に人工プラークを塗布し、その付着面積を 100% にして評価を行った。これは、実際の口腔内でのプラーク付着状態を完全に再現したものではないが、顎模型と人工プラークを用いてプラーク除去試験を行う本研究のデザインの限界であり、しかし最適なブラッシング条件の検討を行うという点では妥当な方法であったと考えられる。結果としては、ブラッシング後の人工プラークの除去率は最大で 33.5% と、除去率としては低い値となった。また、歯肉縁下プラークに対して先細毛を採用した幅広植毛歯ブラシはプラーク除去効果が認められ、対照としたフラット毛と比べても有意差が認められた。この結果は植毛されたブラシ毛の先端形状の違いによるもので、幅広植毛歯ブラシは超先細毛とフラット毛の 2 種類のコンビネーション植毛 (Fig. 1) のため、外側に植毛さ

れている超先細毛が歯肉縁下に挿入されて除去が可能となったと考えられる。このことは Fig. 4 の画像からも明確である。伊藤ら¹⁵⁾は、歯肉縁下について、歯周ポケットの解析モデルを使った研究によると、スクラッピング法においても高度テーパードの毛先が歯周ポケット内に到達すると報告している。本研究の結果も、同様のメカニズムによるものと考えられる。

本研究で使用した顎模型は、歯周ポケットを再現し、歯肉退縮と歯間鼓形空隙も開いているため、歯ブラシのブラッシングのみで広範囲のプラーク除去を再現することは難しいが、今回使用した幅広植毛歯ブラシの特徴であるコンビネーション植毛によって、歯肉縁上の隣接面や歯肉縁下にも一定の効果があることを示す方法として妥当であったと考えられる。コンパクトな歯ブラシで上手に磨けない者でも、幅広植毛歯ブラシを使うと磨き残しが減少し、満足度が高い傾向となる¹⁰⁾。幅広植毛歯ブラシはコンパクトな歯ブラシと比べて形状が異なるため、ブラシを当てる位置、ストローク幅、ストローク数等について適切な情報を提供し、使用者が効率よく口腔清掃を実施できるようにしなければならない。高齢の患者、神経系疾患や関節リウマチ患者など手を細かく動かすのが困難な場合には、幅広植毛歯ブラシは接触面積が大きいことから清掃が容易になり、口腔清掃をしやすくする方法の一つとして需要が拡大すると考えられる。

プラーク除去効果を評価する場合、ブラッシング時間が長くなれば清掃効果は高く評価される¹⁶⁾。今回、歯ブラシのストローク数は 30 回として試験を行った。これは、スクラッピング法を患者に指導する場合、一般的に教科書等では 1 ブロック 20~30 回ブラッシングを行うと記載され、またスクラッピング法の先行研究²⁾においては 3 振動を 1 ストロークとしそれを 10 ストローク行う方法、すなわち 1 ブロック 30 回のブラッシングで評価を行っている。よって本研究でも、各条件のストローク数は 30 回と一定にして評価した。そのため、ストローク速度が遅い条件から速い条件までが含まれていたが、毎分 180 ストロークの条件でプラーク除去が最大であり、これは、すなわち 1 ブロック 30 回を 10 秒程度のブラッシングスピードで行うことである。

つまり、効果的な患者への指導として「10 秒間で」という言葉を追加して 1 ブロック 20~30 回のブラッシングと明確な指示をすることが、実践的であると考えられる。

結 論

本研究から、幅広植毛歯ブラシは、ブラッシングのストローク幅 15 mm, ストローク数毎分 180 回で歯肉縁上・縁下プラークに対する高いプラーク除去効果が認め

られた。幅広植毛歯ブラシを利用する場合、患者に最適な操作方法を指導することで、より高いプラーク除去効果が期待できると考えられる。

本研究で使用した歯ブラシはエビス株式会社から提供された。研究に使用した摺動試験機はエビス株式会社所有である。黒川雅樹、宮本恭介および中島太一はエビス株式会社の社員である。本研究はエビス株式会社と昭和大学歯学部歯周病学講座との共同研究であった。研究実施に必要な費用はそれぞれの組織の研究費により賄われた。共同研究実施以外において、開示すべき利益相反関係はない。上記の内容に関しては本学の利益相反委員会で承認を得ている。

補足資料

補足データは Supplementary Figure として公表する。

文 献

- 1) 山本 昇, 末田 武, 木下四郎. 歯間空隙の清掃について. 日歯周誌 1972; 14: 41-47.
- 2) 土沢一実, 渡辺孝章, 渡辺一郎, 山本和子, 新井 高, 中村治郎. スクラッピング法における種々の歯ブラシの歯垢除去効果とブラッシング圧に関する研究 (第1報) 毛の先端形態と直径の異なるナイロン毛の歯ブラシについて. 日歯周誌 1986; 28: 1120-1130.
- 3) 渡辺一郎, 渡辺孝章, 土沢一実, 鈴木丈一郎, 新井 高, 中村治郎. スクラッピング法における種々の歯ブラシの歯こう除去効果とブラッシング圧に関する研究 II 毛の長さや毛束配列の異なるナイロン毛歯ブラシについて. 日歯周誌 1987; 29: 610-621.
- 4) 牧田 亨, 松浦久雄, 渡辺孝章, 新井 高, 中村治郎. ブラッシング圧について 歯ブラシとブラッシング方法の相違によるブラッシング圧についての比較. 日歯周誌 1980; 22: 441-456.
- 5) 藤川謙次, 佐藤秀一, 吉沼直人, 音琴淳一, 太田典子, 田中憲二, 辻 康雄, 村井正大. 高度テーパー毛歯ブラシのプラーク除去効果に関する研究. 日歯周誌 1994; 36: 206-214.
- 6) 竹下萌乃, 岡澤悠衣, 加藤啓介. 歯ブラシにおける毛先形状の違いがプラーク除去に及ぼす効果. 口腔衛生会誌 2022; 72: 84-91.
- 7) 新井 高. 歯ブラシとブラッシング方法の相違による歯垢除去についての比較. 日歯周誌 1976; 18: 13-31.
- 8) Arai T, Kinoshita S. A comparison of plaque removal by different toothbrushes and toothbrushing methods. Bull Tokyo Med Dent Univ 1977; 24: 177-188.
- 9) 堀田正人, 佐野 晃, 清水翔二郎, 石榑大嗣, 日下部修介, 二階堂 徹. 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. 日歯保存誌 2020; 63: 377-384.
- 10) 小林一行, 渡辺孝章, 早坂奈美, 国友栄治, 玉木裕子, 松田裕子. 幅広段差植毛歯ブラシのプラーク除去効果について. 鶴見大学紀要 2016; 53: 57-62.
- 11) 渡辺孝章, 小林一行. 最近の歯ブラシ事情 なぜ今, 幅広植毛歯ブラシなのか. 日歯周誌 2018; 60: 87-94.
- 12) 三枝優子, 遠藤真美, 地主知世, 白田翔平, 山岸 敦, 高柳篤史, 野本たかと. 障害児者に適した歯ブラシ選択のための基礎的研究 (第3報) 幅広植毛歯ブラシの平面モデルにおける清掃性の評価. 障歯誌 2021; 42: 160-169.
- 13) Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplant 2013; 48: 452-458.
- 14) 地主知世, 遠藤真美, 白田翔平, 山岸 敦, 高柳篤史, 野本たかと. 障害児者に適した歯ブラシ選択のための基礎的研究 (第4報) 幅広植毛歯ブラシの追従性と荷重. 障歯誌 2021; 42: 235-242.
- 15) 伊藤 龍, 寺井明子, 林 聡, 金子憲司. 非線形有限要素法による歯ブラシ毛の挙動解析. 日歯周誌 1994; 36: 188-196.
- 16) Van der Weijden GA, Timmerman MF, Nijboer A, Lie MA, Van der Velden U. A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration: Timerstudy. J Clin Periodontol 1993; 20: 476-481.

Investigation of Effective Toothbrush Head Speed and Brushing Width in Artificial Plaque Removal with Wide-flocked Toothbrush

TAKIGUCHI Takashi, KUROKAWA Masaki*, YAMADA Junki,
MIYAMOTO Kyosuke*, NAKAJIMA Taichi* and YAMAMOTO Matsuo

Department of Periodontology, Showa University School of Dentistry
*Ebisu Co., Ltd.

Abstract

Purpose: Thorough supragingival and subgingival plaque control is essential for the successful treatment of periodontitis. Recently, wide-flocked toothbrushes have become popular for effective plaque control. However, the appropriate method of using wide-flocked toothbrushes has not yet been determined. Therefore, in this study, the optimal method of effective scrubbing with wide-flocked toothbrushes was examined using artificial plaque on a tooth model.

Materials and methods: For the experiment, a wide-flocked toothbrush with tapered bristles and a wide-flocked toothbrush with flat bristles were used. The removal of supragingival and subgingival plaque was evaluated by measuring the area of artificial plaque remaining on the tooth models after scrubbing. The brushing conditions, which included a load of 200 gf and stroke frequency of 30 times, were kept constant, and all experiments were conducted using a brushing machine (brushing stroke width: 5 mm and 15 mm, head speed: 180 and 300 strokes/min). The resulting data were statistically analyzed using the Mann-Whitney *U* test and Steel-Dwass test to compare the removal rate of artificial plaque.

Results: The findings showed that the plaque removal with wide-flocked toothbrushes was associated with the brushing stroke width and head speed. The supragingival artificial plaque removal rate was significantly higher with a 15-mm stroke width and 180 strokes/min compared with other conditions (removal rate: 18.6% with 5-mm stroke width and 180 strokes/min, 33.5% with 15-mm stroke width and 180 strokes/min). Moreover, the subgingival plaque removal rate was significantly higher using tapered-bristle wide-flocked toothbrushes compared with flat-bristle wide-flocked toothbrushes.

Conclusion: The findings of this study suggest that optimal brushing can be achieved using wide-flocked toothbrushes with a stroke width of 15 mm and stroke rate of 180 strokes/min (i.e., a speed of ~ 30 reciprocations/10 s).

Key words: wide-flocked toothbrush, stroke width, stroke number

骨形成不全症患者の慢性根尖性歯周炎罹患歯に対応した1症例

前 藺 葉 月 川 西 雄 三 島 岡 毅
高 橋 雄 介 林 美 加 子

大阪大学大学院歯学研究科 歯科保存学講座

抄録

緒言：骨形成不全症（Osteogenesis imperfecta, 以下、OI）は約2万人に1人の割合で発生する先天性疾患であり、歯科的な症状として、象牙質形成不全やそれに伴う歯髓腔の狭窄などが認められる。今回、OI患者の慢性根尖性歯周炎に罹患した下顎中切歯に対し根管治療を行う際、歯科用コーンビームCT（以下、CBCT）や歯科用実体顕微鏡（以下、マイクロスコープ）を用いた拡大視野下で施術することで、良好な治癒経過を得られた症例を報告する。

症例：患者はOIの12歳女兒。2020年2月末に菓子を食べた際に下顎前歯部に動揺および咬合痛が出現したため、大阪大学歯学部附属病院小児歯科にて下顎前歯部の固定を行い経過観察していた。受傷数日後のデンタルエックス線画像より根尖部透過像を認めたが、歯髓腔が狭窄し根管治療が困難との判断にて、固定した状態で経過観察を続けていた。症状の改善を認めないため、加療目的で6月に同院保存科を受診した。デンタルエックス線およびCBCT画像より下顎右側中切歯根尖部に透過像を認め、切端から歯根中央部まで歯髓腔の狭窄を認めた。以上より、同歯は慢性根尖性歯周炎と診断し、根管治療を行うこととした。

マイクロスコープ下で髓腔開拓を行い、数回にわたり根管探索を進めるも、歯髓腔が見当たらず根管治療は困難を極めた。根管探索部と本来の根管の位置との関係を確認するため、再度CBCTを撮影し、探索中の部位は実際の根管より遠心および舌側に逸脱していることを確認した。その後、根管の方向を修正し本来の根管を発見したうえで根管治療を進め、最終的に12月に症状の消失を確認し、根管充填を行った。経過良好であったため、根管充填1カ月後にコンポジットレジン修復を行った。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およびCBCT画像では、下顎右側中切歯根尖部透過像の消失を確認し、臨床症状も認めず経過良好である。

考察および結論：OIは歯冠の破折を生じやすく、その歯科管理には注意が必要である。今回の症例では、治療が困難といわれているOI患者の根尖性歯周炎に対しても、適切な治療を行うことで良好な治癒が得られることを示した。歯髓腔がきわめて狭窄した患歯においても、適切なタイミングでのCBCT撮影やマイクロスコープの活用により、困難な根管治療を円滑に進めることができると考えられる。

キーワード：骨形成不全症（OI）、象牙質形成不全、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）

緒言

骨形成不全症 (Osteogenesis imperfecta, 以下, OI) は約2万人に1人の割合で発生する。易骨折性・進行性の骨変形などの骨脆弱性症状に加え, ささまざまな結合組織症状を示す先天性疾患であり, I型コラーゲンの遺伝子変異が原因で発症することが多い¹⁾。歯科的な症状としては, 乳歯および永久歯ともに象牙質形成不全を示し, 歯冠は透明感のあるオパール様となる特徴を示す^{2,3)}。歯の萌出直後は広い歯髓腔を認めるが, 年齢とともに狭窄し, 最終的には閉鎖する。このため, エックス線画像上で根管の位置の把握が難しく, 根管治療は困難を極めることが多い。また, 象牙質形成不全に伴い, エナメル質-象牙質境から破折を認めることがある⁴⁾。今回, 根管狭窄を有する慢性根尖性歯周炎に罹患した下顎右側中切歯に対し, 根管治療を行うことで良好な治癒経過を得られた症例を報告する。なお, 本症例の報告については患者の保護者の同意を得ている。

症例

1. 主訴, 現病歴, 現症

患者は12歳女性で, 既往歴としてOI(III型)がある。主訴は, 2020年2月末に菓子(するめ)を食べて下顎前歯部が揺れるようになり, 噛むと少し痛むということであった。3月初旬に, 以前より象牙質形成不全に関する歯科管理を目的として通院歴のあった大阪大学歯学部附属病院小児歯科を受診したところ, 下顎両側中切歯に動揺を認め, 下顎左側側切歯から右側側切歯までの4歯をワイヤーおよびコンポジットレジンにて固定した(Fig. 1)。また, 固定前に撮影したデンタルエックス線写真では, 下顎右側中切歯に根尖部透過像を認めた(Fig. 2A)。3月下旬に撮影したデンタルエックス線写真においても, 下顎右側中切歯根尖部に透過像を認めた(Fig. 2B)が, 根管治療が困難であることより下顎前歯部を固定した状態で経過観察を継続していた。しかし, 症状が改善しないため精査・加療を希望して, 6月に同院保存科を紹介された。

下顎右側中切歯に水平打診痛を認めた。デジテストII(モリタ)を使用した電気歯髓診では下顎両側中切歯および側切歯は生活反応を認め, デンタルおよびCBCT画像(Fig. 2C~F)より, 下顎右側中切歯根尖部に直径約3~4mmの透過像を認めた。また, 同歯は切端から約8mmまで歯髓腔が狭窄しており, 根管の位置が不明瞭であることが確認された。

2. 診断, 処置方針

下顎右側中切歯: 亜脱臼および慢性根尖性歯周炎(AAEによる推奨診断名Pulpal:Pulp necrosis, Apical: Symptomatic apical periodontitis)と診断し, 感染根管治療を行うこととした。根管治療が難航することが介入前より予想されたため, 処置に伴う穿孔の可能性や, 将来的に抜歯となる可能性があることについて説明し, 保護者からの同意を得たうえで治療を開始した。

3. 治療経過

処置は, 歯牙固定を継続した状態でマイクロスコープ(OPMI pico MORA/S100, Carl Zeiss, Germany)観察下にて行った。なお, いずれの回においても浸潤麻酔は使用していない。

1) 根管治療1回目(2020.8)

下顎右側中切歯舌側より髓腔開拓を行い, 根管探索を開始し, 切端より6mmの深さまで到達し, 象牙質の色の変化を認める部位が存在したが, 根管発見にはいたらなかった(Fig. 3A)。2.5%次亜塩素酸ナトリウム溶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(2020.8)

超音波ファイル(AMファイル, Satelec, France)およびエクスカーベータ(NEW O・Kマイクロエクスカ, 背戸製作所)を用いて, 根管探索を継続したが, 根管には到達できなかった。2.5%次亜塩素酸ナトリウム溶液, 3%EDTA溶液(スメアクリン, 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, 水酸化カルシウム製剤(カルシベックスプレーン, 日本歯科薬品)を貼薬, 水硬性セメントにて仮封した。その後, 探索部位の確認のためにCBCTを撮影した。下顎右側中切歯根尖部に直径約3~4mmの透過像が存在し, 現在の切削位置は実際の根管より遠心舌側に形成されていることが判明した(Fig. 3B~D)。

3) 根管治療3回目(2020.8)

CBCT画像を参考に切削方向を修正したところ, 下顎右側中切歯の根管を発見, 穿通した。電氣的根管長測定器(Root ZX, モリタ)を用い, 作業長を解剖学的根尖孔-1mmとして設定し, エックス線的根管長測定を行い, 主根管に穿通していることを確認した(Fig. 3E)。根管洗浄および乾燥・貼薬は前回同様に行い, 次回予約までにOIの入院治療をはさむことより, 水硬性セメントおよびグラスアイオノマーセメント(ベースセメント, 松風)にて仮封した。

4) 根管治療4回目(2020.11)

Ni-Tiロータリーファイル(HyFlex EDM, Coltene, Switzerland)を用いて40号まで形成後, 根管洗浄, 乾



Fig. 1 Intraoral photograph after fixation (2020.6)

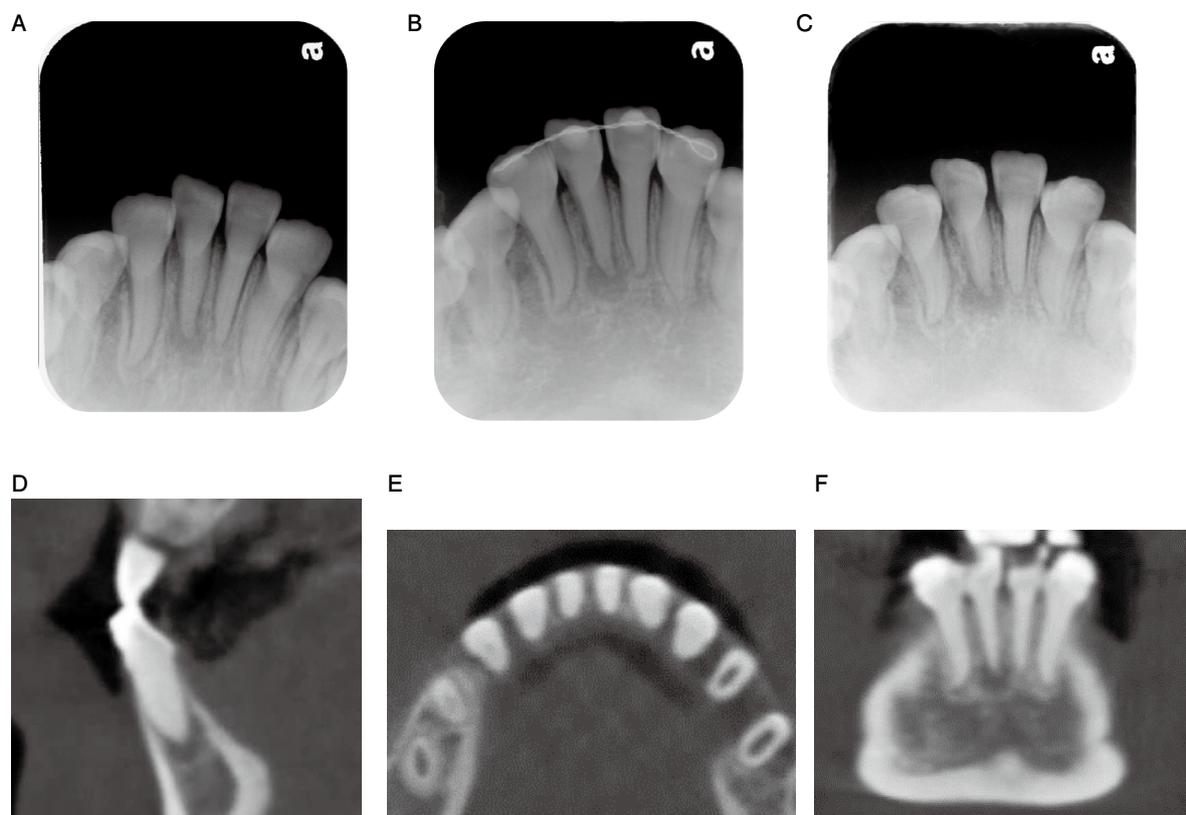


Fig. 2 Preoperative dental radiography a few days after injury (A), a month after injury (B), three and half months after injury (C) and cone-beam computed tomography (CBCT) images taken two and half months after injury (D : sagittal plane, E : axial plane, F : coronal plane)

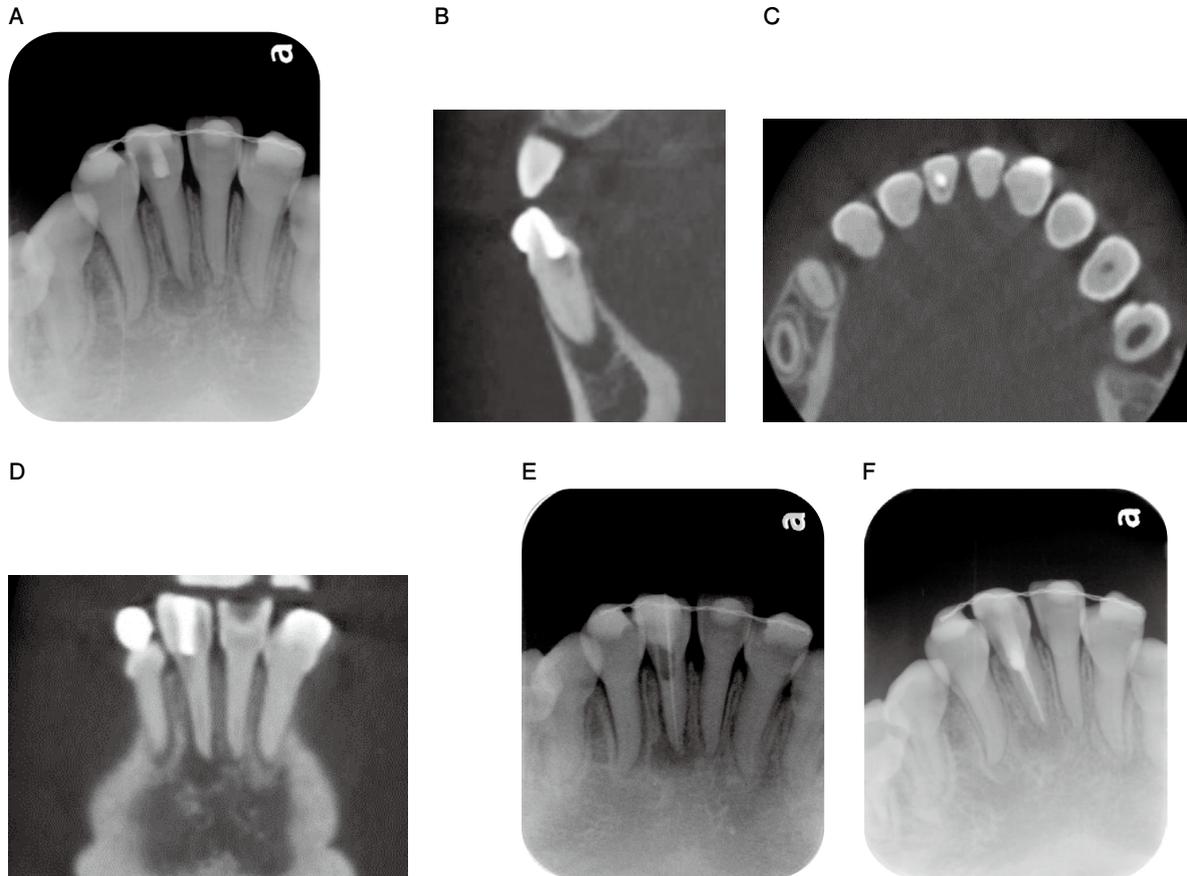


Fig. 3 Dental radiography and CBCT images during endodontic treatment

Exploring chamber (A) and CBCT confirmation of the position (B : sagittal plane, C : axial plane, D : coronal plane). Gutta-percha point trial (E) and after root canal obturation (F)

燥・貼薬を行い、水硬性セメントにて仮封した。

5) 根管治療 5 回目 (2020.12.)

根管洗浄・乾燥後、バイオセラミック系シーラー(キャナルシーラー BG, 日本歯科薬品)およびガッタパーチャポイントにより根管充填を行った。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、上部の根管の逸脱を認めるものの、根管充填材の到達度・緊密度ともに適切であることを確認した (Fig. 3F)。また、患歯の根尖病巣が消失傾向にあることも確認できた。

4. 経過

コンポジットレジンにて根管逸脱部および髓腔を充填し、下顎前歯部の固定を除去した。紹介元の小児歯科にて、下顎左側中切歯の経過観察を含めた全顎的な歯科管理を継続していた。水平・垂直打診痛は消失しており、経過良好であったが、2021年2月下旬受診時に下顎左側中切歯の動揺を認めた。デンタルエックス線写真 (Fig. 4A) にて下顎左側中切歯の歯根破折を疑ったため、再度 CBCT を撮影し確認したところ、下顎左側中切歯の歯根が切端から約 9 mm の部位で水平破折していた (Fig.

4B~D)。同歯は根尖部透過像を認めないため、両隣在歯とコンポジットレジンで固定し経過観察することとした。また、下顎右側中切歯の根尖部透過像は消失していた。その後も経過観察を継続し、根管充填 1 年後の経過観察時にも臨床症状およびデンタルエックス線写真での変化を認めず (Fig. 4E)、下顎右側中切歯は良好に経過している。

考 察

OI は骨系統疾患のなかでは最も頻度の高い疾患であり、その重症度は個人差が大きく、Sillence の分類⁵⁾を用いて表現することが多い。本症例の患者は胎児期より四肢短縮や大腿骨の骨折を認め、重度の骨脆弱性、低身長および側湾を有し、象牙質形成不全症も発症している III 型 OI 患者であった。OI 患者は病的骨折を起こすことが多く^{1,3)}、今回、下顎前歯部に動揺が出た原因も菓子(するめ)を食べたためであり、その結果、下顎右側中切歯に慢性根尖性歯周炎を生じた。重度の OI 患者は歯髓腔

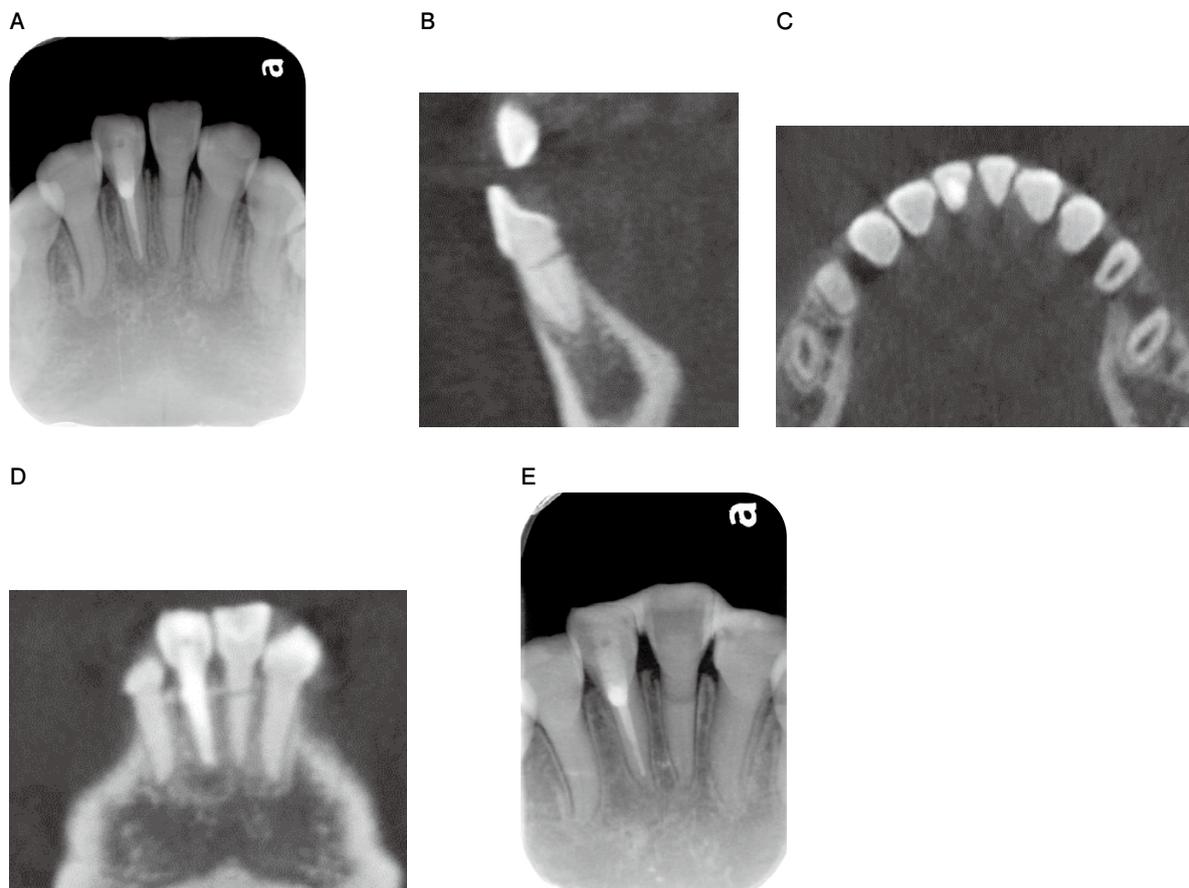


Fig. 4 Postoperative dental radiography and CBCT images

Two-months after root canal obturation (A : dental radiography, B : CBCT sagittal plane, C : CBCT axial plane, D : CBCT coronal plane), 1-year after root canal obturation (E).

が狭窄し、歯髓腔が発見しにくいいため、その処置方針として根管治療を行うことは一般的ではなく、症状が出現した際には抜歯を行うことが多い。今回、下顎右側中切歯の慢性根尖性歯周炎に対し、歯の保存を希望されたために根管治療を行ったところ、患歯については良好な治癒が得られた。

象牙質形成不全症を併発している本症例では、通常のエナメル質の下に超音波ファイルでも容易に切削が可能な粗糙な象牙質を認めた。歯質が脆弱であることが理由で根管の逸脱が生じてしまったが、術中のCBCT撮影で本来の根管との位置関係を確認し、マイクロスコープ観察下にて探索することで本来の根管を発見して治療を完遂することができた。このような難症例の根管治療におけるCBCTとマイクロスコープの有用性が改めて示され、術前の三次元的な根管形態の把握や、X線造影性のある根管粘薬剤を用いた探索部位の術中確認が、根管の逸脱を回避するために有効であることが示唆された。

また、本症例と同じCOL1A2遺伝子の変異をもつOI患者の歯質の脆弱性について、乳歯を用いた研究では、

OI患者の象牙質のヌープ硬さは健常歯の象牙質に比べ小さくなること、また場合によってはエナメル質のヌープ硬さも低下することが報告されている⁶⁾。今回の症例においても、患歯の術後経過観察中に隣在歯の下顎左側中切歯が水平歯根破折を起こした。OI患者は元來歯質や骨が脆弱であるが、今回の患者は硬い食べ物を嗜好するため病的な外傷を惹起しやすく、歯根破折につながったと考えられ、失活歯となった下顎右側中切歯も含めて今後も注意深い観察・管理が必須である。

結 論

根管が狭窄したOI患者の慢性根尖性歯周炎に対し、術前および術中のCBCT画像を参考に、マイクロスコープを用いて根管治療を行ったところ、良好な治癒を得ることができた。

象牙質がきわめて脆弱な難症例の根管治療に際し、マイクロスコープおよびCBCTの有用性が示された。

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) 田中弘之, 田中敏章, 神崎 晋, 杉原茂孝, 横谷 進, 長谷川泰延, 原田正平, 藤枝憲二. 骨形成不全症の診療ガイドライン. 日児誌 2006; 110: 1468-1471.
- 2) Hart PS, Hart TC. Disorders of human dentin. *Cells Tissues Organs* 2007; 186: 70-77.
- 3) 長谷川高誠. 骨形成不全症. *小児科臨床* 2010; 63: 1097-1104.
- 4) Devaraju D, Devi BY, Vasudevan V, Manjunath V. Dentinogenesis imperfecta type I: A case report with literature review on nomenclature system. *J Oral Maxillofac Pathol* 2014; 18: S131-134.
- 5) Silience DO, Senn A, Danks DM. Genetic heterogeneity in osteogenesis imperfecta. *J Med Genet* 1979; 16: 101-116.
- 6) Nutchoy O, Intarak N, Theerapanon T, Thaweessapthak S, Boonprakong L, Srijunbarl A, Porntaveetus T, Shotelersuk V. Phenotypic features of dentinogenesis imperfecta associated with osteogenesis imperfecta and COL1A2 mutations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2021; 131: 694-701.

Nonsurgical Root Canal Treatment of Chronic Apical Periodontitis in an Osteogenesis Imperfecta Patient: A Case Report

MAEZONO Hazuki, KAWANISHI Yuzo, SHIMAOKA Tsuyoshi,
TAKAHASHI Yusuke and HAYASHI Mikako

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

Abstract

Purpose: Osteogenesis imperfecta (OI) is a congenital disease which occurs in approximately one in 20,000 people. The dental characteristics of OI are dentinogenesis imperfecta and following root canal obliteration. We report a case of endodontic retreatment of an OI patient with good prognosis by using cone-beam computed tomography (CBCT) and a dental operating microscope on the mandibular central incisor with chronic apical periodontitis.

Case: A 12-year-old female with OI had teeth mobility and biting pain in her lower front teeth after eating a snack at the end of February 2020. Fixation of the lower front teeth and observation were performed at the pediatric dentistry department of Osaka University Dental Hospital. An apical lesion of #41 was observed after a few days, however, the tooth continued to be observed under fixation due to obliteration of the root canal and the difficulty of its treatment. She was referred to a conservative dentistry clinic in June 2020. From dental radiography and CBCT of #41, a radiolucent area at the apex and obliteration of the root canal from the incisal edge to the middle of the root were observed. Based on a diagnosis of chronic apical periodontitis, root canal treatment was performed on #41. However, although root canal treatment was performed under a microscope several times, the orifice of the root canal could not be found. To check the positional relationship between the searching point and the original root canal, the CBCT was retaken. The CBCT images showed that the searching point was off distally and lingually from the original one. After modification, the original canal was found and the root canal treatment was performed. In December 2020, all symptoms had disappeared. The root canal was obturated, and restored with composite resin after one month. At one year after the root canal obturation, the radiolucent area had disappeared and there were no clinical symptoms on #41.

Discussion and conclusion: Patients with OI often suffer from tooth crown fracture, and their dental management requires attention. In the present case, we obtained good healing through proper root canal treatment of the apical periodontitis of the OI patient, whose teeth are considered difficult to treat. Even in the extremely stenosed tooth, we could perform root canal treatment by CBCT imaging at the proper timing and by using a dental operating microscope.

Key words: osteogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta, cone-beam computed tomography (CBCT), dental operating microscope

症例報告

日歯保存誌 66 (2) : 138~146, 2023

真性ポケットを伴う薬物性歯肉増殖症に対し審美的な配慮をした1症例

山本 陸 矢 儀 亮 輔
前田 祐 貴 小 川 智 久

日本歯科大学附属病院総合診療科

抄録

目的：仮性ポケットが生じる薬物性歯肉増殖症に対する歯周外科手術は、外斜切開による歯肉切除が一般的だが、本症例では広汎型慢性歯周炎による真性ポケットも伴っていたため、ウイドマン改良型フラップ手術の際に審美面も考慮しながら行った。しかし、術後上顎前歯部唇側面にわずかに線維性歯肉腫脹が残存したため、修正治療としてCO₂レーザーを用いたところ、良好な結果が得られたため報告する。

症例：患者は57歳女性、近医で歯槽膿漏がひどいと言われたことを主訴に来院した。既往歴として高血圧症を有しており、8年前から1日当たりアムロジピン錠5mgを服薬している。服薬当初より歯肉の腫脹を自覚していた。1カ月前から上顎右側小白歯の歯肉が腫脹したため、近医を受診し、陶材焼付金属冠を除去後、スケーリングを行ったが、改善が認められず当院に紹介来院した。初診時には全顎的な歯肉の発赤、線維性の腫脹を認め、特に上下顎前歯部の線維性の腫脹は顕著であった。また、エックス線写真から全顎的に軽度～中等度の水平的骨吸収を認めた。以上から、広汎型慢性歯周炎ならびに薬物性歯肉増殖症と診断した。歯周基本治療を行い再評価後、真性ポケットが残存したため全顎に対し、ウイドマン改良型フラップ手術を施行した。その後、真性ポケットの大幅な改善を認めたが、上顎前歯部唇側面に線維性歯肉腫脹が残存したため審美面と清掃性を考慮し、修正治療としてCO₂レーザーによる歯肉切除を行い、経過観察の後、最終補綴物を装着した。

結論：今回、真性ポケットを伴う薬物性歯肉増殖症に対し審美的な配慮をしながら歯周外科手術を行った結果、予後は良好に経過している。今後、レーザーを用いることにより治療の選択肢が広がる可能性を示唆することができた。

キーワード：広汎型慢性歯周炎、薬物性歯肉増殖症、CO₂レーザー

責任著者連絡先：山本陸矢

〒102-8158 東京都千代田区富士見 2-3-16 日本歯科大学附属病院総合診療科

TEL : 03-3261-5511, FAX : 03-3261-3924, E-mail : ndu_183211@tky.ndu.ac.jp

受付：2023年1月13日/受理：2023年2月20日

DOI : 10.11471/shikahozon.66.138

緒言

歯科用レーザーは、近年歯周治療において有用な治療手段の一つとなっている。患部組織に対し、高出力でレーザー照射すると熱凝固・変性作用による組織の蒸散、切開、止血など行えるが、低出力でレーザー照射を行うと炎症の抑制、骨形成・創傷治癒の促進、細菌の増殖抑制・殺菌など、多岐にわたる効果を示すことが報告され、関心が高まっている^{1,2)}。

CO₂レーザーの特徴として、組織表層の水分にレーザー光が反応し、組織深部に到達しない組織表面吸収型レーザーで、生体軟組織の蒸散、切開および止血などで用いられることが多い。また、深部組織への熱影響が少ないという特徴がある。さらに消炎・鎮痛効果も持ち合わせている³⁾。消炎効果については、CO₂レーザー照射により表面の細菌は蒸散され細菌数は減少し、細い血管やリンパ管は熱凝固層によって止血され、また炎症組織自体も蒸散される。さらに熱凝固層が毛細血管を封鎖、炎症に関連したケミカルメディエーターや細胞外滲出液の減少などによる総合的な作用により、炎症の軽減・鎮痛効果が期待できると報告されている^{3,4)}。また術後創傷治癒においては、メスによる切開よりもCO₂レーザー照射により創傷治癒の促進や疼痛の減少などの利点がある^{5,6)}。加えて、過去にはフェニトインによる過形成に対して、CO₂レーザーを用いた歯肉切除術において良好な結果が報告されている⁷⁾。

本症例では、薬物性歯肉増殖症を伴った真性ポケットに対し、ウィドマン改良型フラップ手術 (modified Widman flap surgery, 以下, MWF) を行った結果、真性ポケットは改善したが、上顎前歯部唇側面に軽度の線維性歯肉が残存したため、審美面・清掃性を考慮し、CO₂レーザー照射により修正治療を行い、良好な結果が得られたので報告する。

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

症例

患者：57歳、女性。

主訴：近医で歯槽膿漏がひどいと言われた。

全身既往歴：高血圧症 (122/78 mmHg)。

家族歴：特記事項なし。

常用薬：アムロジピン錠5mg (1日服薬量)。

現病歴：8年前からアムロジピン錠5mgを服薬しており、服薬当初から歯肉の腫脹感を感じていた。1カ月前から15の歯肉が腫脹したため、近医を受診した。当該歯

の陶材焼付金属冠を除去し、スケーリングを行ったものの、改善が認められなかったため、当院へ紹介来院した。

1. 現症

1) 口腔内所見

初診時の口腔内写真を示す (Fig. 1)。全顎的な歯肉の発赤・腫脹を認め、上下顎前歯部の線維性腫脹は顕著に認めた。32, 42は捻転しており、15は冠の脱離に加え、歯肉腫脹により埋伏している状態である。

2) デンタルエックス線写真所見

全顎的に軽度な水平的骨吸収を認め、下顎前歯部・上下顎左側臼歯部には中等度水平的骨吸収を認めた。12, 33近心, 32, 42遠心にう蝕様透過像を認める (Fig. 2)。

3) 歯周組織検査所見

初診時の歯周組織検査の結果を示す (Fig. 3)。4 mm以上のProbing Depth (以下, PD) は70.3%, 6 mm以上のPDは17.9%, PDの平均は4.3 mmであった。またBleeding On Probing (以下, BOP) は67.9%であった。初診時O'LearyのPlaque Control Record (以下, PCR) は80.4%であった。

2. 診断

薬物性歯肉増殖症、広汎型慢性歯周炎ステージIII グレードB (「歯周治療のガイドライン2022」に準ずる) (「AAP・EFPの新分類2018」併記)。

3. 治療計画

炎症因子の除去に努めるため、歯周基本治療として口腔衛生指導、スケーリング・ルートプレーニング (以下, SRP) を行った後、全顎的な歯周外科手術を予定した。

1) 歯周基本治療：炎症性因子の除去、咀嚼機能の暫間的回復

(1) 口腔清掃指導 (Tooth Brushing Instruction, 以下, TBI)

(2) 32, 42う蝕治療 (コンポジットレジン修復)

(3) 15に対して暫間被覆冠作製

(4) SRP

2) 再評価

3) 歯周外科手術

4) 再評価

5) 15に対して口腔機能回復治療

6) 再評価

7) メインテナンス・サポータティブペリオドンタルセラピー (以下, SPT)

4. 治療経過

内科主治医へ薬物性歯肉増殖症に関する診療情報提供を行ったが、現在アムロジピン服用により血圧安定を認めるため、服薬等に関しては現状のままとなった。

1) 歯周基本治療

初診時、患者は電動歯ブラシを用いてブラッシングを

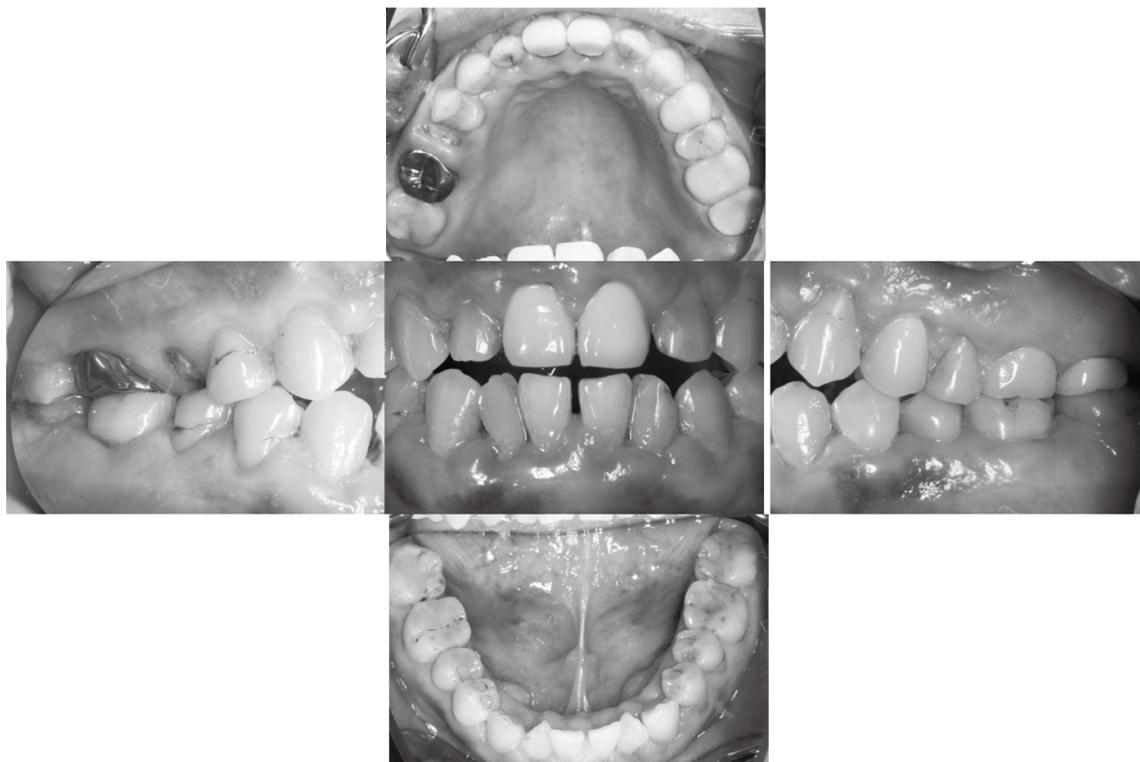


Fig. 1 Intraoral photographs at the first visit

Erythema and swelling of the gingiva are observed. Drug-induced gingival hyperplasia is seen on the labial side of the anterior maxilla and mandible.

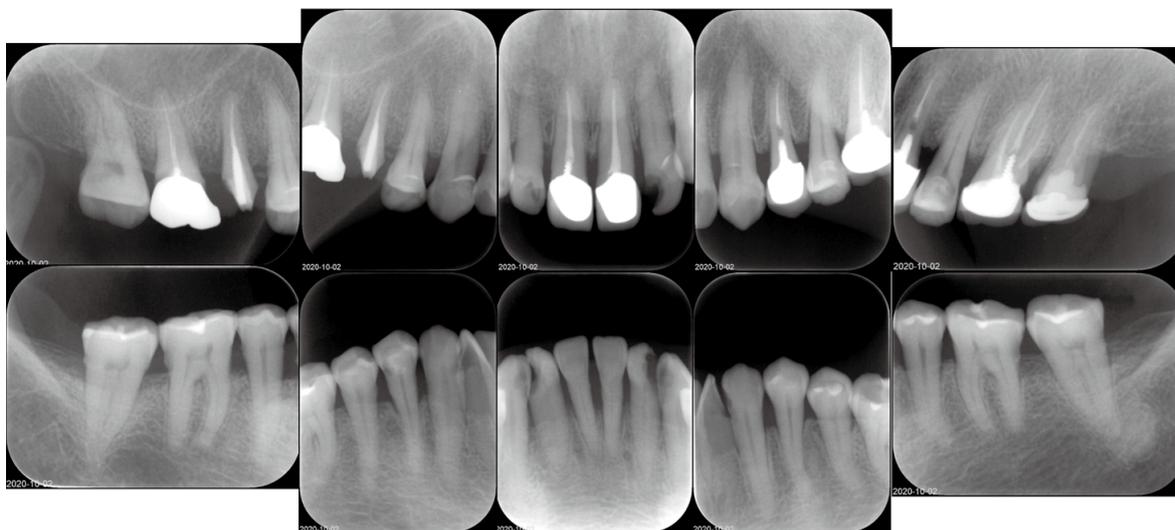


Fig. 2 Dental radiographs at the first visit

Horizontal bone resorption is seen in the mandibular premolars and maxillary left molars. Mild vertical bone resorption in #15, 37, and 47 distal. Caries-like transparencies are seen in the proximal areas of #12 and 33 and the distal areas of #32 and 42.



Fig. 5 Intraoral photograph after peri-odontal surgery

PD has improved, but fibrotic swelling remains in the maxillary anterior region.

め、審美面よりポケットの除去を目的とし、歯肉溝から約1~1.5 mm程度離し、内斜切開を行った。また舌側歯肉弁は厚みもあったため歯肉弁を調整し、縫合した。

3) 再評価・修正治療

歯周外科手術2カ月後に再評価を行ったところ、全顎的なPDの改善が認められた。歯周基本治療後、線維性歯肉腫脹が残存していた下顎前歯部舌側面は積極的なポケット除去により改善したが、一方、上顎前歯部の線維性歯肉腫脹においては、審美面を考慮し歯肉溝切開で行った。また、剝離、デブライドメント後、厚い歯肉弁の調整と柵状骨形態部には骨整形を行い、歯肉弁が元の位置に戻るのを確認し縫合を行ったが、線維性歯肉腫脹が残存した (Fig. 5)。そこで同部位に対して修正治療として、審美性と清掃性さらに最小限の侵襲性の考慮を必要がある。そこで、操作性もよく、消炎・鎮痛効果も高く、治癒の促進を促すことが可能なCO₂レーザー (オペレーター PRO PLUS, ヨシダ) (Fig. 6) を用いてレーザー照射を行った。浸潤麻酔 (オーラ注, ジーシー昭和薬品) 後, 6Sチップを用い, 出力3.0 W (CW) で照射し, 腫脹部歯肉の蒸散を行った (Fig. 7A)。術後1週間で, 術後疼痛などなく, 歯肉の発赤・腫脹など熱的障害もなく, 創部の上皮化を認めた (Fig. 7B)。

1カ月経過観察後の再評価の結果, 17, 14, 24に4 mmのPDは残存したが, BOPを認めなかったため, 引き続き患者に対し歯周組織の状態を説明し, 注意深くブラッシングを行うように指導した。

4) 口腔機能回復治療

PDの減少に伴い, 16, 11, 21, 24, 26, 27は歯根露出による清掃不良, 審美障害ならびに根面う蝕などを考慮し, 既存の補綴物を除去し再補綴を行った。また, 暫間被覆冠としていた15に関しては口腔機能回復処置としてCAD/CAM冠の装着を行った。



Fig. 6 CO₂ Laser (YOSHIDA OPELASER PRO PLUS), Overview and Operation screen

A 6S chip was used with an output of 3.0W.

5) SPT

口腔内写真 (Fig. 8), 歯周組織検査の結果 (Fig. 9) およびエックス線写真 (Fig. 10) を示す。歯肉は全顎的に線維性腫脹がなく, 良好な状態へ改善した。初診時に31, 41は歯間離開していたが, SPT時には改善が認められた。14, 17, 24にはそれぞれ4 mmのPDの残存を認めたが, BOPは認めず, PCRも8.0%で良好であった。アムロジピンの服薬は現在も継続しているため, 口腔衛生環境が悪化すれば線維性歯肉腫脹を再発する恐れがあることを本人に十分理解させ, 1カ月に1回のメンテナンスと来院ごとのPCR, 口腔清掃指導を行っている。

考 察

現在, 薬物性歯肉増殖症を引き起こす薬剤は数種類報告されており⁸⁾, なかでも降圧剤のカルシウム拮抗薬を服用している患者に, 日常臨床では遭遇する機会が多い⁹⁾。カルシウム拮抗薬による薬物性歯肉増殖症の発生頻度については研究者によって異なり, ニフェジピンで6~55%と大きく差がある¹⁰⁻¹²⁾。一方, ニフェジピンと同様のジヒドロピリジン系で, 近年使用頻度の高いアムロジピンの服用患者は薬物性歯肉増殖症発症率が低く, 1.7~5%程度であると報告されている^{10,13,14)}。しかし, いまだに発生機序においては不明点も多いため, 発症率が低くても複合的な要因で薬物性歯肉増殖症が起きるケースがある¹⁵⁾。本症例もアムロジピン服用による薬物性歯肉増殖症を引き起こしていたが, 同時にプラークコントロール不良による広汎型慢性歯周炎も併発していた。初



(A) Immediately after gingivectomy
Intraoral with gingivectomy.

(B) One week after gingivectomy
One week after surgery, scarring of the
surgical site is observed.

Fig. 7 Intraoral photographs after surgery and 1 week after surgery



Fig. 8 Intraoral photographs after 2 years from the first visit
Gingiva is tight and in good condition.

診時に内科主治医への診療情報提供を行い、服薬変更の可否などについて相談を行ったが、高血圧症がコントロールされているとの理由で服薬変更にいたらなかった。服薬により症状が安定している場合や患者環境から、内科主治医の判断により服薬の変更が困難であることが多い。そのような現状であるため、線維性歯肉腫脹によりプラークが蓄積されやすく、ブラッシングによる清掃が困難になり、歯周病はさらに進行し、結果的に骨欠損によるアタッチメントロスを生じ、真性ポケットの

さらなる深化、疾患の進行という悪循環が起きてしまう。しかしながら、線維性歯肉腫脹が起きていても、歯周病の主原因であるプラークコントロールが確実にできる環境が整い、実行できるのであれば線維性歯肉腫脹は軽減もしくは治癒するものと考えられる。そこで、薬物性歯肉増殖症に加えて、真性ポケットを伴う広汎型慢性歯周炎を併発している症例では、MWFを行い、積極的なポケット除去を行う必要がある。

本症例では、MWFを行った後、上顎前歯部唇側面に

CO₂レーザーは、組織表層の水分にレーザー光が反応し、組織深部に到達しない組織表面吸収型レーザーであり、生体軟組織の蒸散、切開および止血などで用いられることが多い。また深部組織への熱影響が少ないという特徴を持ち合わせており、操作性にも非常に優れている。また消炎・鎮痛効果もあり³⁾、総合的な作用により、炎症の軽減・鎮痛効果が期待できると報告されている^{3,4)}。また術後創傷治癒においては、メスによる切開よりもCO₂レーザー照射により創傷治癒の促進や疼痛の減少などの利点がある^{5,6)}。そして審美面においても、レーザー創は筋線維芽細胞の数が非常に少なく、創の収縮と瘢痕化が最小限であり、術後の審美的な改善が可能であるといわれている¹⁷⁾。

以上のことから本症例の患者では、上顎前歯部唇側面という審美的配慮と高血圧症であるため、患者の身体的負担が少なく、操作性も優れているCO₂レーザーを使用した。

本症例の修正治療においても、浸潤麻酔はごく少量であり、止血も同時に行えたため、処置時間も短くすることができた。また、CO₂レーザーはペングリップで把持することが可能であり、施術部がガイド光によって確認できるための確に照射を行えた。結果的に良好な治癒が得られたため、歯肉退縮も認めなかった。よって、CO₂レーザーは、基礎疾患がある場合でも、身体への負担は少なく、審美的にも良好な結果に導けると考えられる。

以上のことから、真性ポケットを伴う薬物性歯肉増殖症患者に対してMWFと同時に線維性歯肉腫脹を除去する際は、積極的にポケット除去を行うことで良好な結果を得られることが確認された。しかし、本症例のような審美的配慮が必要な部位においては、歯周外科手術を行った結果、線維性歯肉腫脹が残存するケースもあると考える。

そのような場合は、最終的に修正治療として歯科用レーザーを用いることにより、患者の負担を減らすと同時に審美的要求も満たすことができるのではないかと推察する。

結 論

今回、真性ポケットを伴う薬物性歯肉増殖症に対し審美的配慮をしながら歯周外科手術を行った結果、予後は良好に経過している。今後、レーザーを用いることにより治療の選択肢が広がる可能性が示唆された。

文 献

1) 青木 章, 石川 烈. 歯周治療におけるレーザーの応用.

- 日レ医誌 2005; 25: 291-299.
- 2) 吉田憲司, 嶋倉道郎, 安孫子宜光, 大槻昌幸, 木村裕一, 田中秀生, 都賀谷紀宏, 永井茂之. 歯科用レーザーを安全に使用するための指針. 日レ歯誌 2012; 23: 147-150.
 - 3) 大浦教一, 原田秀逸. 炭酸ガスレーザーの歯周治療への応用. 日レ医誌 2017; 38: 186-191.
 - 4) Williams TM, Cobb CM, Rapley JW, Killooy WJ. Histologic evaluation of alveolar bone following CO₂ laser removal of connective tissue from periodontal defects. Int J Periodontics Restorative Dent 1995; 15: 497-506.
 - 5) Hawkins D, Houreld N, Abrahamse H. Low level laser therapy (LLLT) as an effective therapeutic modality for delayed wound healing. Ann NY Acad Sci 2005; 1056: 486-493.
 - 6) 日高勇一, 楊 威, 森 厚二, 山倉和典, 中島三晴, 横山宏太, 五十嵐俊男, 磯部晴彦, 伊藤充雄. ラット皮膚におけるCO₂およびNd: YAGレーザー切開後の治癒過程の病理組織学的比較. 日口腔インプラント誌 1997; 10: 125-129.
 - 7) Pick RM, Pecaro BC, Silberman CJ. The laser gingivectomy: The use of the CO₂ laser for the removal of phenytoin hyperplasia. J Periodontol 1985; 56: 492-496.
 - 8) 野口和行, 中村利明, 白方良典. 特殊な歯周病の診断と治療. 日歯保存誌 2014; 57: 477-483.
 - 9) Vidal F, de Souza RC, Ferreira DC, Fischer RG, Gonçalves LS. Influence of 3 calcium channel blockers on gingival overgrowth in a population of severe refractory hypertensive patients. J Periodontal Res 2005; 53: 721-726.
 - 10) Ellis JS, Seymour RA, Steele JG, Robertson P, Butler TJ, Thomason JM. Prevalence of gingival overgrowth induced by calcium channel blockers: a community-based study. J Periodontol 1999; 70: 63-67.
 - 11) Barclay S, Thomason JM, Idle JR, Seymour RA. The incidence and severity of nifedipine-induced gingival overgrowth. J Clin Periodontol 1992; 19: 311-314.
 - 12) Nery EB, Edson RG, Lee KK, Pruthi VK, Watson J. Prevalence of nifedipine-induced gingival hyperplasia. J Periodontol 1995; 66: 572-578.
 - 13) Dongari-Bagtzoglou A. Drug-associated gingival enlargement. J Periodontol 2004; 75: 1424-1431.
 - 14) Nakib N, Ashrafi SS. Drug-induced gingival overgrowth. Dis Mon 2011; 57: 225-230.
 - 15) 米田栄吉. 薬物性歯肉増殖症の発生機序を探る. 日歯周誌 2002; 44: 315-321.
 - 16) アールアンドディ. 歯科機器・用品年鑑 2021年版. 31版. アールアンドディ: 東京; 2021: 125.
 - 17) Magid KS, Strauss RA. Laser use for esthetic soft tissue modification. Dent Clin North Am 2007; 51: 525-545.

Esthetic Consideration for Drug-induced Gingival Hyperplasia with True Pockets: A Case Report

YAMAMOTO Rikuya, ISO Ryouzuke, MAEDA Yuuki and OGAWA Tomohisa

Division of General Dentistry, The Nippon Dental University Hospital

Abstract

Objective: Periodontal surgery for drug-induced gingival hyperplasia resulting in pseudopockets is generally performed by gingivectomy through an external oblique incision, but in the present case the patient also presented with true pockets due to extensive chronic periodontitis, so modified Widmann flap surgery was performed while also considering esthetic aspects. However, a slight fibrotic gingival swelling remained on the labial aspect of the maxillary anterior teeth after the operation, so we used a CO₂ laser as a corrective treatment and report good results.

Case: The patient, a 57-year-old woman, presented to the clinic with a chief complaint of severe periodontal disease, of which she had been informed by a local doctor. She had a history of hypertension and had been taking amlodipine tablets 5 mg for 8 years. She had been aware of gingival swelling since the beginning of taking the medication, and visited a nearby doctor because the gingiva of her upper right bicuspid had swollen since one month ago, and after removal of a ceramic-fired metal crown and scaling, no improvement was observed, so she was referred to our clinic. At the initial examination, redness and fibrotic swelling of the gingiva were observed in the whole jaw, especially, fibrotic swelling in the anterior teeth of the upper and lower jaws was remarkable. Radiographs showed mild to moderate horizontal bone resorption in both jaws. Based on the above, a diagnosis of extensive chronic periodontitis and drug-induced gingival hyperplasia was made.

After basic periodontal treatment and re-evaluation, modified Widmann flap surgery was performed on both jaws due to residual true pockets. Subsequently, significant improvement of the true pockets was observed, but fibrotic gingival swelling remained on the labial aspect of the maxillary anterior teeth, so gingivectomy with a CO₂ laser was performed as a corrective treatment for esthetic and cleanability reasons, and after follow-up, a final restoration was placed.

Conclusion: In this case, periodontal surgery was performed for drug-induced gingival hyperplasia with true pockets, while taking esthetic considerations into account, and the prognosis is good. It is suggested that the use of a laser may expand the treatment options in the future.

Key words: generalized chronic periodontitis, drug-induced gingival hyperplasia, CO₂ laser

歯肉のメラニン沈着の審美治療として Er : YAG レーザーをマイクロサージェリーで応用した長期経過

井上 剛 水谷 幸嗣* 三上 理沙子*
島田 康史 青木 章*

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

*東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 歯周病学分野

抄録

緒言 : Er : YAG レーザーの発振波長 2,940 nm は水への吸収性が非常に高く、軟組織・硬組織ともに効率よく蒸散できる。特に歯肉の蒸散において Er : YAG レーザーは周囲組織への熱の影響がきわめて少なく、臨床において歯肉切除術や小帯切除術などの軟組織治療だけでなく、歯肉色素沈着除去やメタルタトゥー除去などに応用されている。そこで、Er : YAG レーザーを用いて歯肉のメラニン除去をマイクロサージェリーで実施した症例の長期経過を報告する。

症例 : 患者は 29 歳男性、喫煙者で 1 日 10 本の喫煙があり、歯肉の審美障害を主訴に来院した。下顎前歯部の付着歯肉に広範囲にメラニン沈着を認めた。治療の開始にあたり、まず禁煙指導を行い、そのうえで重度のメラニン色素沈着部位の歯肉蒸散に対して Er : YAG レーザーを用い手術用顕微鏡下で行うことを計画した。

成績 : 禁煙指導は奏功し、喫煙習慣がない状態で処置を行った。下顎前歯部の歯肉頬移行部および歯間乳頭部に局所麻酔を行い、Er : YAG レーザー (Dentlite, HOYA ConBio) を 10~30 Hz, パネル出力設定 80 mJ, 注水下にて、2 種類のコンタクトチップを用いてメラニン色素沈着部位の歯肉蒸散を行った。マイクロサージェリーとして行うことで、残存する微細な色素沈着領域をより確実に視認でき、正確で安全な処置が可能であった。歯肉縁や歯間乳頭部など術後の歯肉退縮を偶発しやすい部位においても、拡大視野下であることにより慎重な組織蒸散が容易であった。レーザー照射面には明らかな凝固変性や炭化はなく、上皮を蒸散した面には白色の結合組織の露出を認めたが、侵襲は非常に軽度なため術後の鎮痛薬や抗菌薬などの投薬は行わなかった。創面の治癒は良好かつ迅速で、術後 7 日には上皮化が認められた。本症例では下顎前歯部唇側のメラニン除去を 3 回に分けて治療を完了した。術後 1 年 6 カ月には色素沈着の再発はほとんどみられず、きわめて良好な経過であった。術後 16 年後には軽度から中等度の再発が生じていた。

結論 : 本症例では、喫煙により歯肉に著しく沈着したメラニン色素を、Er : YAG レーザーをマイクロサージェリーにて応用することで低侵襲に処置を行うことができ、良好な治癒成績が得られた。歯肉の審美障害の治療に Er : YAG レーザーをマイクロサージェリーで使用する有効性が示唆され、中期的にも良好な経過を維持できた。

キーワード : レーザー, マイクロサージェリー, メラニン沈着

責任著者連絡先 : 水谷幸嗣

〒 113-8549 東京都文京区湯島 1-5-45 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科歯周病学分野

TEL : 03-5803-5488, FAX : 03-5803-0196, E-mail : mizutani.peri@tmd.ac.jp

受付 : 2023 年 1 月 13 日 / 受理 : 2023 年 3 月 2 日

DOI : 10.11471/shikahozon.66.147

緒 言

歯科用レーザーは軟組織に対して切開・切除が容易に可能であり¹⁾、多くのレーザー波長において、その切開は熱作用を伴うため、切開面の凝固により止血され、従来のメスを用いる外科手技と異なり縫合が不要であることが多い。臨床においては、エプーリスや歯肉線維種の切除、また小帯切除術にも応用²⁾されており、薬物性歯肉増殖症への歯肉切除でもレーザー治療の有効性が報告³⁾されている。

Er:YAGレーザーの2,940 nmの波長は、水分子へのエネルギー吸収率がきわめて高い特性を有している。そのため、臨床的には熱傷害がほとんどなく、硬組織と軟組織の蒸散が可能である^{4,5)}。Kawamuraらは、レーザーによる歯肉の蒸散における熱影響を同一出力の各波長にて比較し、Er:YAGレーザーはNd:YAGレーザーや半導体レーザーよりも短時間で歯肉の蒸散が可能であったと報告している。また、切開中の歯肉周囲の温度上昇は比較したレーザー波長のなかではEr:YAGレーザーが最も低く、組織学的にも凝固層が最も薄いことを明らかにした⁶⁾。

歯周組織の審美障害として、歯肉へのメラニン色素沈着があり、特に喫煙者に多くみられるが、非喫煙者であっても発症がみられる。メラニン色素沈着症は歯肉上皮基底層のメラニン産生細胞により産生された色素が、上皮層や結合組織層へ沈着した状態である。従来、メラニン色素沈着の除去には、メスによる外科的な切除術やカーバイドバーを用いた機械的処置、フェノール溶液など有機化合物を用いた化学的処置がとられてきた⁷⁾。しかしながら、外科的除去術では術後の出血や疼痛などの不快症状が多いことや、化学的処置などの非外科的除去術では術後の疼痛や再発が多いなどの問題点があった⁸⁾。そこで近年、術後疼痛が少なく⁹⁾、再発率も低い利点を有することから⁷⁾、レーザーを用いたメラニン色素沈着除去術が多く行われてきている。

これまでにCO₂レーザー¹⁰⁾、Er:YAGレーザー¹¹⁾、Nd:YAGレーザー、半導体レーザーなど、さまざまな歯科用レーザー装置がメラニン色素沈着除去に用いられてきた¹²⁾。Er:YAGレーザーは熱傷害がほとんどないことにより組織損傷が少なく術後の創傷治癒が早いことや、レーザー照射と同軸の注水スプレーによって術野の視認性や操作性に優れていることなどから、繊細な処置を必要とする歯肉審美治療に非常に有用なレーザーである。これまでに、石井らは全顎的に沈着したメラニン色素沈着に対してEr:YAGレーザーを用いた除去術を行い、歯肉退縮などの合併症が起きることなく安全にメラ

ニン色素が除去でき、審美性が顕著に改善したこと、また術後疼痛が軽度であり早期に創傷治癒が認められたことを報告した¹³⁾。

また近年、歯周治療におけるマイクロサージェリーの有用性について、侵襲を最小限にすることによる創傷治癒の促進が明らかにされている^{14,15)}。特に歯肉の審美治療におけるEr:YAGレーザーの顕微鏡下での応用は、良好な治療成績に寄与することが報告されている^{1,16,17)}。

そこで本稿では、処置の侵襲をより小さくし、かつ再発の可能性を低下できる可能性があるマイクロサージェリーを、Er:YAGレーザーを用いた歯肉メラニン除去に応用した症例の長期経過を報告する。なお、本症例報告を行うことについて患者本人の了承を得ている。

症 例

患者は29歳男性、歯肉の審美障害を主訴に来院した。下顎前歯部の付着歯肉に、広範囲にメラニン沈着を認めた。歯周組織検査において、歯周ポケットや歯肉からの出血は認めなかった。また、プラークコントロールは良好であった(Fig. 1)。患者は20歳から喫煙歴があり、一時期は1日40本程度まで達したが、受診時には1日10本の喫煙習慣があった。

審美障害の治療に先駆けて禁煙指導を行い、禁煙が成功したうえで加療することを伝えた。日本国内ではEr:YAGレーザーの臨床応用に際して、軟組織に対する切開、止血、凝固、蒸散、また歯周疾患に対する切開および蒸散として歯石除去、歯肉整形、歯周ポケット搔爬、フラップ手術が医療機器として薬事承認されている。そして、Er:YAGレーザーと手術用顕微鏡を併用することで残存する微細な色素沈着領域をより視認でき、正確な処置が可能になる。また、拡大視野下であることにより、辺縁歯肉や歯間乳頭部などの慎重な組織蒸散を求められる領域への照射が容易となる。そのため本症例ではEr:YAGレーザー治療によるマイクロサージェリーにて処置を行うことを計画し、患者の同意を得た。

治療経過

禁煙指導は、喫煙の有害性を説明し、患者本人が禁煙を補助するための書籍を読むことで2回の指導で奏功し、禁煙が達成できた状態で処置を行った。

レーザー治療は、術後に食事などでの刺激で創面から痛みを誘発する可能性があるため、処置範囲を3, 4歯ずつに限定し、治癒が得られた1カ月後に別部位を行う手順で3回の処置に分割して行った(Fig. 2-a)。Er:YAGレーザー(Dentlite, HOYA ConBio, アメリカ合衆国)



Fig. 1 Before surgery

A band of severe pigmentation was observed in the buccal gingiva of mandibular anterior teeth. 29 years old male with smoking habit.

照射は、歯肉頬移行部および歯間乳頭部に局所麻酔を行い、30 Hz、パルス出力設定 80 mJ、注水下にて2種類のコンタクトチップを使い分けた2段階で行った。まずチゼル型チップ（チップ幅 1.6 mm、チップ先端出力 45 mJ（エネルギー密度 $15 \text{ J/cm}^2/\text{pulse}$ ）を、斜め 30° ほどに接触させて前後に歯肉に擦るように行った。過剰な組織蒸散を防ぐため同一部位に照射し続けないように配慮し、全体の色素除去を行った。次に、深層に残存している点状の色素を湾曲チップ（チップ先端径 0.4 mm、チップ先端出力 62 mJ（エネルギー密度 $10 \text{ J/cm}^2/\text{pulse}$ ）で順に除去し、仕上げを行った。その際は、出力を 10 Hz に下げ、照射コントロールをより繊細にし、結合組織への侵襲を最小限とした。

マイクロサージェリーは手術用顕微鏡(WILD MS-C, Leica, ドイツ)を用い10~20倍の拡大視野で行い、歯間乳頭や辺縁歯肉を損傷しないよう注意して照射を行った。メラニン色素が沈着している上皮は、注水下の拡大視野であれば、その下層にある白色の健全結合組織と比較して判別は容易であるため、過度な組織の蒸散を防ぐことができた。

術直後の照射部位は、軽度の出血を呈したが数分程度で自然に止血され、サージカルパックなどは用いなかった (Fig. 2-b)。マイクロサージェリーでのレーザー照射の侵襲は非常に軽度なため、術後の投薬は行わなかった。患者からも術後の疼痛の訴えはなく、違和感は翌日には消失した。1週間後に創部の上皮化を認め、歯肉の壊死や骨の露出などもなく、良好な治癒経過が観察できた (Fig. 2-c)。

患者は術後も禁煙を継続し、術後1年6カ月には色素沈着の再発はほとんどみられず、歯肉の退縮もなくきわめて良好な経過であった (Fig. 3)。年に1回程度の歯面清掃を近医で継続し、16年後の経過として、メラニン除

去部位において軽度から中等度の再発が生じていた (Fig. 4)。ただし、術前よりは審美性の回復は維持されているため患者の満足は得られており、再治療は予定していない。

考 察

本症例では、喫煙により歯肉に著しく沈着したメラニン色素を、マイクロサージェリーにてEr:YAGレーザーを応用することで低侵襲に除去でき、良好な治癒成績を得た。禁煙指導を同時に行い、禁煙に成功したことが再発の予防に寄与したと考えられる。また、マイクロサージェリーを行うことで、審美障害の再発の原因となるメラニン色素の取り残しを最小限にできた可能性が示唆され、1年6カ月の経過まで安定した状態を維持することができた。これまでの報告においても、色素沈着の再発が喫煙者でその傾向を認め、非喫煙者で顕微鏡を用いた症例では再発の程度や範囲は非常に低い可能性が述べられており¹⁸⁾、本症例の経過とも一致している。

近年、マイクロサージェリーの有用性が歯周治療でも示されており¹⁹⁾、歯肉の審美的な治療において繊細な処置を行う際に有効性が高く、さらに侵襲を最小限にすることによる創傷治癒や組織再生の促進が明らかにされている^{14,15)}。特に歯肉の審美治療におけるEr:YAGレーザーの顕微鏡下での応用は、最小限の組織蒸散で歯肉の審美障害の原因となっているメラニンなどが除去でき、かつ微細な組織蒸散の制御が容易であり、良好な治療成績を示すことが報告されている^{1,16,17)}。本症例においても、メラニン色素が沈着している上皮と直下の結合組織の蒸散のみに侵襲を限定させることができた。また高倍率での視野により取り残しの色素沈着を最小限にできたため、再発防止に寄与したと考えられる。一方、マイクロサージェリーで考慮すべき点として、繊細な処置内容によりチェアタイムが長くなる点が挙げられる。本症例では3, 4歯に対して30分以上の処置時間を要したため、処置範囲を限定し治療を複数回に分けて行った。

レーザー治療時には定められた防護眼鏡の装着が必須であり²⁰⁾、歯科用顕微鏡の併用については、眼球への誤照射に対する安全性としてより慎重な姿勢が不可欠である。Er:YAGレーザーのレーザー光は顕微鏡装置内を透過する間に内部のレンズ自体に吸収されて、エネルギーは著しく減衰することが示されている²¹⁾。しかし、確実な安全性のために対物レンズに防護眼鏡と同様の特定防護フィルターを装着することが望ましく、治療中の反射や散乱光に対する防御のために防護ゴーグルの装着は不可欠である。

喫煙とメラニン沈着は強く関連することが知られてお



Fig. 2 Removal of gingival melanin hyperpigmentation using an Er : YAG laser

(a) Immediately before treatment. (b) Er : YAG laser irradiation was performed at an energy output of 62 mJ/pulse (10 J/cm²/pulse) for chisel tip and 45 mJ/pulse (15 J/cm²/pulse) for curved tip and 30 Hz with water spray in contact mode under local anesthesia. The gingival epithelium containing pigmentation was easily and effectively removed by Er : YAG laser irradiation. No major thermal damage, such as carbonization, was observed. (c) At 10 days after the procedure, ablated area was covered with migrated epithelium. The patient had not felt any discomfort with the exception of slight pain at the treatment day.



Fig. 3 18 months after the procedure

Favorable wound healing was maintained without any gingival tissue defect or recession. The gingival color recovered a natural esthetic appearance.



Fig. 4 16 years after the procedure

Note slight to mild recurrence of melanin pigmentation.

り²²⁾, 用量依存的にメラニン沈着の有病率が上昇することが知られている²³⁾。さらに, メラニン色素沈着の有病率は喫煙から1年目に顕著に増加し, 禁煙後約3年で非喫煙者と同程度まで下がることが報告されている²⁴⁾。したがって禁煙によりメラニン色素沈着が改善していく可能性があり, メラニン沈着を訴える喫煙者に対する第一選択は禁煙指導であろう。

メラニン色素除去術として, これまでにメスもしくはバーで歯肉表層を切削する方法, 凍結療法 (cryosurgery), 薬液を用いる方法などが知られている。変量効果ポアソン回帰分析を用いて頻発性と経時的評価から再発率を比較したシステマティックレビューによれば, 凍結療法およびレーザー治療は他の治療に比べて再発率が低いことが明らかにされている⁷⁾。これまでのレーザー治療による再発率の報告として, CO₂レーザーを用いた

メラニン色素沈着除去術のケースレポートでは, 有害事象なくメラニン色素が除去され, 着色面積が7.3 (3.9~14.5) cm²から0 (0~183) cm²へと有意に改善したものの, 2年後の経過で10症例中2症例にわずかな再発が認められたことを報告している²⁵⁾。Nd : YAGレーザーによるメラニン色素沈着除去術を行った4症例のケースレポートでは, 出血や痛みもほとんどなく色素沈着は除去され, 約1年間の観察期間で再発した症例はなかったことが報告されている²⁶⁾。また半導体レーザーとEr : YAGレーザーによるメラニン色素沈着除去を比較した研究では, 6~24カ月の観察期間中の再発は両群各10症例においてなく, 術中の臭いによる不快感がEr : YAGレーザー群のほうが有意に低かったことを報告している²⁷⁾。近年のPavlicらの総説では, 複数の文献の所見からEr : YAGレーザーは歯肉のメラニン色素の除去を安全かつ

効果的に行うことができ、審美性の回復に有効であることを述べている¹²⁾。今回の症例の1年6カ月の経過は上記の報告とおおむね一致しており、10年以上の経過を追った報告はほとんどなされていないが、喫煙に起因しない内在性の歯肉メラニン沈着により再発が経年的に生じたと考えられる。

レーザーを用いたメラニン色素沈着除去術の有効性については、多くの報告がなされてきているものの、術式およびアウトカムの評価方法が確立されておらず、各種レーザーや術式の違いを比較することが難しいのが現状である¹²⁾。今後、メラニン色素沈着部位の定量的な評価や、除去効率、除去術に伴う疼痛や不快感、術後の審美性など多面的な評価方法を確立し、より低侵襲で高効率な治療法の検討を行う必要があると考えられる。

結 論

本症例では、喫煙により歯肉に著しく沈着したメラニン色素に対して、Er:YAGレーザーによる組織蒸散をマイクロサージェリーにて応用することで低侵襲に良好な治癒を達成できた。また、長期的に安定した状態を維持することができた。歯肉の審美障害の治療に、Er:YAGレーザーをマイクロサージェリーで使用する有効性が示唆された。

本論文で開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA, Mizutani K, Sasaki KM, Izumi Y. Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? *Periodontol 2000* 2009; 50: 90-126.
- Hosaka K, Tichy A, Motoyama Y, Mizutani K, Lai WJ, Kanno Z, Tagami J, Nakajima M. Post-orthodontic recontouring of anterior teeth using composite injection technique with a digital workflow. *J Esthet Restor Dent* 2020; 32: 638-644.
- Mavrogiannis M, Ellis JS, Seymour RA, Thomason JM. The efficacy of three different surgical techniques in the management of drug-induced gingival overgrowth. *J Clin Periodontol* 2006; 33: 677-682.
- Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, Romanos GE, Taniguchi Y, Sasaki KM, Zereto JL, Koshy G, Coluzzi DJ, White JM, Abiko Y, Ishikawa I, Izumi Y. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol 2000* 2015; 68: 217-269.
- Mizutani K, Aoki A, Coluzzi D, Yukna R, Wang CY, Pavlic V, Izumi Y. Lasers in minimally invasive periodontal and peri-implant therapy. *Periodontol 2000* 2016; 71: 185-212.
- Kawamura R, Mizutani K, Lin T, Kakizaki S, Mimata A, Watanabe K, Saito N, Meinzer W, Iwata T, Izumi Y, Aoki A. Ex vivo evaluation of gingival ablation with various laser systems and electroscalpel. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* 2020; 38: 364-373.
- Lin YH, Tu YK, Lu CT, Chung WC, Huang CF, Huang MS, Lu HK. Systematic review of treatment modalities for gingival depigmentation: a random-effects poisson regression analysis. *J Esthet Restor Dent* 2014; 26: 162-178.
- Abduljabbar T, Vohra F, Akram Z, Ghani SMA, Al-Hamoudi N, Javed F. Efficacy of surgical laser therapy in the management of oral pigmented lesions: A systematic review. *J Photochem Photobiol B* 2017; 173: 353-359.
- Gul M, Hameed MH, Nazeer MR, Ghafoor R, Khan FR. Most effective method for the management of physiologic gingival hyperpigmentation: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Soc Periodontol* 2019; 23: 203-215.
- 西田英作, 三木 学, 武藤昭紀, 窪川恵太, 片瀬剛士, 内田啓一, 阪中孝一郎, 大原盛勝, 大野友三, 吉成伸夫. 歯肉メラニン色素沈着症に対する歯科用 (Er:YAG, CO₂) レーザーの着色除去効果. *日レ歯誌* 2012; 23: 27-32.
- 篠木 毅. Er:YAGレーザーによるメラニン色素除去. *日レ歯誌* 2009; 20: 183-187.
- Pavlic V, Brkic Z, Marin S, Cicmil S, Gojkov-Vukelic M, Aoki A. Gingival melanin depigmentation by Er:YAG laser: A literature review. *J Cosmet Laser Ther* 2018; 20: 85-90.
- 石井さやか, 青木 章, 川嶋庸子, 渡辺 久, 石川 烈. Er:YAGレーザーの歯肉メラニン除去への応用—術式ならびに臨床的予後評価について—. *日レ歯誌* 2002; 13: 89-96.
- Clementini M, Ambrosi A, Cicciarelli V, De Risi V, de Sanctis M. Clinical performance of minimally invasive periodontal surgery in the treatment of infrabony defects: Systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2019; 46: 1236-1253.
- Mizutani K, Shioyama H, Matsuura T, Mikami R, Takeda K, Izumi Y, Aoki A, Iwata T. Periodontal regenerative therapy in patients with type 2 diabetes using minimally invasive surgical technique with enamel matrix derivative under 3-year observation: A prospective cohort study. *J Periodontol* 2021; 92: 1262-1273.
- Mikami R, Mizutani K, Nagai S, Pavlic V, Iwata T, Aoki A. A novel minimally-invasive approach for metal tattoo removal with Er:YAG laser. *J Esthet Restor Dent* 2021; 33: 550-559.

- 17) Mizutani K, Mikami R, Tsukui A, Nagai S, Pavlic V, Komada W, Iwata T, Aoki A. Novel flapless esthetic procedure for the elimination of extended gingival metal tattoos adjacent to prosthetic teeth: Er: YAG laser micro-keyhole surgery. *J Prosthodont Res* 2022; 66: 346-352.
- 18) Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA. Potential applications of Erbium: YAG laser in periodontics. *J Periodontal Res* 2004; 39: 275-285.
- 19) Chan HL, Velasquez-Plata D. *Microsurgery in periodontal and implant dentistry: Concepts and Applications*. 1st ed. Springer: 2022.
- 20) 吉田憲司, 嶋倉道郎, 安孫子宜光, 大槻昌幸, 木村裕一, 田中秀生, 都賀谷紀宏, 永井茂之. 歯科用レーザーを安全に使用するための指針. *日レ歯誌* 2012; 23: 147-150.
- 21) 三枝英敏, 渡辺 聡, 安生智郎, 海老原 新, 須田英明. 歯科用レーザー使用と眼球への安全性: 防護眼鏡着用下および顕微鏡下での使用について. *日歯保存誌* 2007; 50: 432-439.
- 22) Tadakamadla J, Kumar S, Nagori A, Tibdewal H, Duraiswamy P, Kulkarni S. Effect of smoking on oral pigmentation and its relationship with periodontal status. *Dent Res J (Isfahan)* 2012; 9: S112-114.
- 23) Araki S, Murata K, Ushio K, Sakai R. Dose-response relationship between tobacco consumption and melanin pigmentation in the attached gingiva. *Arch Environ Health* 1983; 38: 375-378.
- 24) Axéll T, Hedin CA. Epidemiologic study of excessive oral melanin pigmentation with special reference to the influence of tobacco habits. *Scand J Dent Res* 1982; 90: 434-442.
- 25) Esen E, Haytac MC, Oz IA, Erdoğan O, Karsli ED. Gingival melanin pigmentation and its treatment with the CO₂ laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 98: 522-527.
- 26) Atsawasuwan P, Greethong K, Nimmanon V. Treatment of gingival hyperpigmentation for esthetic purposes by Nd: YAG laser: report of 4 cases. *J Periodontol* 2000; 71: 315-321.
- 27) Simşek Kaya G, Yapici Yavuz G, Sümbüllü MA, Dayi E. A comparison of diode laser and Er: YAG lasers in the treatment of gingival melanin pigmentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012; 113: 293-299.

Long-term Outcomes of Er: YAG Laser Microsurgery for Melanin Removal in Gingiva: A Case Report

INOUE Go, MIZUTANI Koji*, MIKAMI Risako*,
SHIMADA Yasushi and AOKI Akira*

Department of Cariology and Operative Dentistry, Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

*Department of Periodontology, Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

Abstract

Purpose: To describe the long-term outcomes of a case of severe gingival melanin removal using an erbium-doped yttrium aluminum garnet laser (Er: YAG) laser (Dentlite, HOYA ConBio) under the microscope.

Methods: The patient provided informed consent prior to the presentation of this case report. A 29-year-old male, with a smoking habit of nearly 10 cigarettes per day, presented with a chief complaint of esthetic disorder in the mandibular anterior gingiva. Extensive melanin deposition was observed on the attached gingiva of the mandibular anterior teeth. Before the melanin removal procedure, he was first advised to quit smoking to prevent recurrence. Then, we planned gingival ablation of the melanin pigmentation area using an Er: YAG laser under a microscope.

Results: The advice to quit smoking was successful. Local anesthesia was administered to the mandibular anterior teeth, and gingival ablation of melanin pigmentation sites was performed using the Er: YAG laser at 10–30 Hz and 80 mJ (panel display), using contact tips under water spray. By performing the microsurgery, the remaining subtle pigmented areas were easily visible, allowing for a more precise procedure. The magnified view facilitated careful tissue ablation in areas susceptible to postoperative gingival recession, such as the gingival margin and interdental papillary area. There was no obvious coagulation or carbonization on the laser-irradiated surface, and connective tissue exposure was observed after epithelial tissue ablation. Postoperative analgesia or antibacterial medication was not administered because invasion was minimal. Epithelialization was completed 7 days postoperatively. Melanin removal on the buccal side of the mandibular anterior teeth was divided into three sessions to complete the treatment. At 1 year and 6 months postoperatively, the improved gingival esthetics were well maintained. Mild to moderate recurrence was observed 16 years later.

Conclusion: Minimally invasive removal of severe melanin pigmentation of the gingiva under a microscope using an Er: YAG laser resulted in a favorable healing outcome. This case suggests that microsurgical depigmentation using an Er: YAG laser could achieve and maintain medium-term sound outcomes for the treatment of gingival esthetic disorders.

Key words: laser, microsurgery, gingival pigmentation

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。12月には英文誌“Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology”として発行する。また、必要があれば増刊する。
8. 筆頭著者が会員の場合のみ、一定額の掲載料補助を行う。また、筆頭著者が会員であるが共著者に非会員が含まれる場合については、掲載料補助は行われるが非会員の人数に応じて別途負担金を求める。なお、図表・写真などの実費、発送および別刷にかかわる費用、J-STAGE 登載用データ作成代は、著者負担とする。ただし、編集委員会からの依頼によるものは除くものとする。
9. 論文投稿票は、最新のものを用い、投稿原稿に必ず添付する。
10. 受付日は、投稿原稿が学会事務局へ到着した日付とする。また、受理日は、査読担当者から採択可と判定された日付とする。
11. 掲載順序は、受理順とする。なお、採択論文の掲載証明は希望がある場合に発行する。
12. 論文投稿は E-mail 投稿または学会ホームページ等からの Web 投稿とする。投稿原稿の送付先は、学会事務局とする。
13. 著者による校正は、原則として2校までとする。その際には、字句の著しい変更、追加、削除などは認めない。校正刷は所定の日までに必ず返却する。校正不要の場合には、その旨表紙左側に明記する。
14. 本誌掲載の著作物の著作権は、本学会に帰属するものとする。
15. この規程にない事項は、別に編集委員会で決定する。

附則

1. 本規程は平成6年11月10日から施行する（第38巻第1号より適用）。
2. 本規程は平成7年10月26日から一部改正し施行する。
3. 本規程は平成9年6月5日から一部改正し施行する。
4. 本規程は平成11年11月17日から一部改正し施行する。
5. 本規程は平成16年6月9日から一部改正し施行する。
6. 本規程は平成18年11月9日から一部改正し施行する。
7. 本規程は平成20年6月5日から一部改正し施行する。
8. 本規程は平成21年10月28日から一部改正し施行する。
9. 本規程は平成22年6月3日から一部改正し施行する。
10. 本規程は平成24年6月28日から一部改正し施行する。
11. 本規程は平成25年6月27日から一部改正し施行する。
12. 本規程は令和2年6月25日から一部改正し施行する。
13. 本規程は令和3年6月9日から一部改正し施行する。

投稿にあたっては「投稿規程」のほか、必ず各巻の1号に掲載されている「投稿の手引き」に準拠すること。

複写をご希望の方へ

本学会は、本誌掲載著作物の複写複製に関する権利を学術著作権協会に委託しております。
本誌に掲載された著作物の複写複製をご希望の方は、学術著作権協会 (<https://www.jaacc.org/>) が提供している複製利用許諾システムを通じて申請ください。
複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、直接本学会へお問い合わせください。

Reprographic Reproduction outside Japan

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

編集後記

●令和5年4月1日から、2期目の編集委員会委員長を務めることになりました広島大学大学院医系科学研究科歯髄生物学研究室の柴 秀樹です。編集委員会の職務を担当することになってから、委員の時期を含めると7日目になります。微力非才の身ではございますが、日本歯科保存学雑誌と Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology (ODEP) の編集に誠心誠意携わります。引き続きご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

●前回の編集後記でも記載しましたが、私は、広島生まれの広島育ちです。“I love Hiroshima City”です。現在、広島市では、広島駅周辺地区と紙屋町・八丁堀地区（中国・四国地方最大の業務・商業集積地であり、都市再生緊急整備地域に指定）で市街地再開発事業が進んでいます。広島駅の新駅ビルは2025年春に開業予定です。広島市は、札幌、函館、東京、富山、高岡、豊橋、福井、大津、京都、堺、大阪、岡山、松山、高知、熊本、長崎、鹿児島などの各都市同様、路面電車が走行している都市です。新駅ビルの2階部分に広島電鉄の路面電車が乗り入れる計画です。飛行機でなく、電車が舞いあがります。また、広島城の西側地域では、世界に誇れるサッカースタジアム（2024年のキックオフ予定）と青空と広大な芝生広場を満喫できる憩いの空間を中心とした「スタジアムパーク」の実現をめざす HIROSHIMA スタジアムパーク PROJECT が進行しています。

●地球では、温暖化と海洋プラスチック問題が深刻化しています。これらは、記録的な熱波や豪雨（洪水）、勢力が増大した台風などの気象災害を発生させ、また、生態系を変化・破壊しています。人間だけでなくすべての生物が自然と共生し、秩序が守られ調和の取れた地球にするために、世界の国々は強固な協力関係のもと、環境問題に取り組む必要があります。

●本年3月まで放送されていたNHK連続テレビ小説“舞いあがれ”の主人公の幼なじみは、歌人になりました。足元にも及ばないですが、私も一首短歌を詠んでみました。

「歯の保存 実現目指す 新治療 3領域の 強固な絆」

●本年5月8日から、感染症法上、新型コロナウイルスは季節性インフルエンザと同等の「5類」に引き下げられることが決定しています。コロナ禍で減弱した経済社会および地域社会の活力が増進すること、および学会会員の強固な団結による諸活動が歯科医学の発展に寄与することを信じます。

(柴 秀樹 記)

日本歯科保存学雑誌編集委員会

委員長	柴 秀 樹 (広島大学大学院医系科学研究科)
副委員長	西 谷 佳 浩 (鹿児島大学大学院医歯学総合研究科)
	亀 山 敦 史 (松本歯科大学)
	小 牧 基 浩 (神奈川歯科大学)
	高 橋 慶 壮 (奥羽大学歯学部)
	武 市 取 (日本大学歯学部)
	野 田 守 (岩手医科大学歯学部)
	古 市 保 志 (北海道医療大学歯学部)
	保 坂 啓 一 (徳島大学大学院医歯薬学研究所)
	諸 富 孝 彦 (愛知学院大学歯学部)
	吉 羽 邦 彦 (新潟大学大学院医歯学総合研究科)
	吉 村 篤 利 (長崎大学大学院医歯薬学総合研究科)
	米 田 雅 裕 (福岡歯科大学)
幹 事	武 田 克 浩 (広島大学大学院医系科学研究科)

編集・発行予定

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

(50音順)

令和5年4月30日 発行

編集兼発行者	特定非営利活動法人 日本歯科保存学会理事長
制 作 者	林 美 加 子 一般財団法人 口腔保健協会 http://www.kokuhoken.or.jp/
印 刷 所	三 報 社 印 刷 株 式 有 限 公 司
発 行 所	特定非営利活動法人 日本歯科保存学会

日本歯科保存学雑誌編集委員会

〒170-0003 東京都豊島区駒込1-43-9

(一財) 口腔保健協会内

電 話 03 (3947) 8891

F A X 03 (3947) 8341

特定非営利活動法人 日本歯科保存学会賛助会員名簿

賛助会員名	郵便番号	所在地	電話番号
アグサジャパン株式会社	540-0004	大阪市中央区玉造1-2-34	(06)6762-8022
医歯薬出版株式会社	113-8612	東京都文京区本駒込1-7-10	(03)5395-7638
イボクラールピバデント株式会社	113-0033	東京都文京区本郷1-28-24 4F	(03)6801-1303
長田電機工業株式会社	141-8517	東京都品川区西五反田5-17-5	(03)3492-7651
エンピスタジャパン株式会社	140-0001	東京都品川区北品川4-7-35 御殿山トラストタワー13F	(0800)111-8600
カポデンタルシステムズジャパン合同会社	140-0001	東京都品川区北品川4-7-35 御殿山トラストタワー15F	(0800)100-6505
クラレノリタケデンタル株式会社	100-0004	東京都千代田区大手町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
株式会社ジーシー昭和薬品	113-0033	東京都文京区本郷1-28-34	(03)5689-1580
株式会社松風	605-0983	京都市東山区福福上高松町11	(075)561-1112
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1・4号に掲載しています）

なお、13～20の項目については該当する場合にチェックして下さい。

チェック 著者 編集連絡委員		チェック 編集委員会
<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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	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"/>	17. 再生医療等安全性確保法に定められている再生医療等技術を含む症例発表については、その法に従い患者に提供された技術であることを明記していますか。	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	18. 適応外使用の薬剤・機器あるいは国内未承認の医薬品、医療機器、再生医療等製品を用いた治療法を含む症例発表については、所属機関の長もしくはその長が委託する倫理審査委員会、未承認新規医薬品等審査委員会等の承認を得ていますか。	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	19. 患者資料（臨床写真、エックス線写真など）を症例報告論文に掲載するにあたり、患者（保護者・代諾者）から同意を得ていることを明記していますか。	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	20. 論文発表に際して、研究対象者（患者）個人が特定できないよう、個人情報を保護していますか。	<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。



充填用レジン強化型ガラスアイオノマーセメント

Glaslonomer FX-LC

水溶性アクリルアミド系モノマー
「NGAモノマー」採用により
すばやく光硬化し感水リスクを低減。



3つの硬化反応（トライキュア）で
診療をサポート。




充填前にカンタン操作の
FX-LCコンディショナー
を使用すれば**接着力が
約3倍アップ!***

*コンディショナー未使用の場合と比較

基本色以外に「乳歯」や「高齢者の根面う蝕」
にマッチした色調をラインナップ

プロモーション動画はコチラ▶



包装



ガラスアイオノマー FX-LC ミニセット
【内容】粉 10g、液 2.5mL(3.0g)、粉量計 1
【色調】A3、乳歯色

ガラスアイオノマー FX-LC 粉
【内容】粉 10g
【色調】乳歯色、A2、A3、A3.5、CV

ガラスアイオノマー FX-LC 液
【内容】液 6.7mL(8.0g)

FX-LCコンディショナー
【内容】6.0mL(5.7g)



販売名	一般的名称	承認・認証・届出番号
ガラスアイオノマー FX-LC	歯科充填用ガラスポリアルケノエート系レジンセメント 歯科支台築造用ガラスポリアルケノエート系レジンセメント 歯科表層用高分子系材料	管理医療機器 医療機器認証番号 304AFBZX00022000
FX-LCコンディショナー	歯面処理材	管理医療機器 医療機器認証番号 304AFBZX00011000

製品の詳細はこちらまで...

松風 www.shofu.co.jp

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

歯科医師を目指す齊藤に

知らない!!
課された課題とは……?

ウェアラブル筋電計
なんて知らない!!

研修歯科医
齋藤

ウェアラブル筋電計を齋藤くん君は知らないのか

ウェアラブル筋電計を
よるしく

Say hello to
Wearable
Electro-
Myometer



筋電計(筋電計用プログラム) ウェアラブル筋電計
管理医療機器 特定保守管理医療機器 230AKBZX00068000
発売元 株式会社 シーシー / 製造販売元 株式会社 シーシー
東京都文京区本郷3丁目2番14号 東京都板橋区蓮沼町76番1号
※掲載情報は2023年4月現在のものです。



「ブラックジャックによろしく」佐藤秀峰