

超高磁場 MRI を用いたう蝕の進行に伴う可逆性・不可逆性歯髄炎の新規診断法の確立

大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座 歯科保存学教室

○森山 輝一, 岡本 基岐, 松本 紗也子, 渡邊 昌克, 黄 海玲, 中谷 公貴, 高橋 雄介, 林 美加子

Establishment of novel diagnostic methods for reversible and irreversible pulpitis associated with caries progression using ultra-high magnetic field MRI

¹Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry

○Moriyama Kiichi, Okamoto Motoki, Matsumoto Sayako, Watanabe Masakatsu, Huang Hailing, Nakatani Koki, Takahashi Yusuke, Hayashi Mikako

【目的】

近年、歯髄保存がこれまで以上に重要視されており、不可逆性歯髄炎と診断された永久歯の歯髄を抜髄するのではなく、不可逆性炎症に陥った部分を除去する断髄により、歯髄保存が可能であることが報告されている。しかし、現在の歯髄診査では術前に歯髄の状態の正確な把握が困難であるばかりか、術中の歯髄診断においても科学的根拠に基づく診断基準は存在しない。そこで本研究では、より確実な歯髄保存を実現するため、軟組織の診断技術として広く使用され、微細領域の観察が可能な超高磁場 MRI にて歯髄を評価し、その後、病理組織学的手法による検証により、う蝕の進行に伴う可逆性・不可逆性歯髄炎の非破壊的な新規診断法を確立することを目的とした。

【材料と方法】

本研究は大阪大学大学院歯学研究科動物実験委員会の承認下で実施された (承認番号: 動歯 R-01-017-0)。

14 日齢の Sprague-Dawley ラット口腔内に *Streptococcus mutans* MT8148 菌液を 5 日間接種後、高スクロース含有飼料 (Diet 2000, 日本クレア) を与えて、う蝕を誘発した。同条件下にて飼育を継続することで、う蝕由来の歯髄炎を惹起させ、マイクロ CT (mR_CT2, Rigaku) により、う蝕深度を評価した。う蝕様透過像が象牙質幅の 1/3-2/3 まで進行した moderate 群, 2/3 を超える severe 群, ならびに歯髄に到達した exposure 群に分類した。対象群として健全ラット臼歯 (control 群) を用い、各群 n = 6 とした。続いて、7T- 超高磁場 MRI (Pharma Scan[®] 70/16 US, BRUKER) を用いて T2 強調画像を撮影し、歯髄の状態を観察した。得られた画像を解析し、う蝕直下冠部歯髄の T2 信号強度を定量化した。その後顎骨ごと回収し、ヘマトキシリン - エオジン (H-E) 染色およびマクロファージマーカーとして抗 CD68 抗体 (Abcam), リンパ球などの炎症性細胞マーカーとして抗 CD43 抗体 (Abcam) を用いて免疫組織化学染色を行った。得られた組織像を光学顕微鏡 (BZ-X800, キーエンス) にて観察した。統計学的有意差検定には One-way ANOVA, Tukey 検定を用いて評価した ($\alpha = 0.05$)。

【考察】

病理組織学的観察により、moderate 群と severe 群では、う蝕の進行に伴うう蝕直下から歯髄の広範囲へと炎症性細胞が波及する様子が確認された。またこれらの群を MRI にて評価したところ、病理組織学的観察と同様に moderate 群ではう蝕直下の歯髄の限局した領域に、また severe 群では冠部歯髄全域において、高い T2 信号強度を示す領域が確認された。定量評価の結果、両群のう蝕直下冠部歯髄の T2 信号強度は control 群と比較して有意に増加しており ($p < 0.05$)、かつ severe 群は moderate 群と比較して、う蝕直下冠部歯髄の T2 信号強度は有意に増加した ($p < 0.05$)。これはう蝕の進行に伴い、近接した歯髄組織で炎症反応が次第に重篤化し、血流の増加や浸出液の貯留が引き起こされたためと考えられる。一方 exposure 群では、露髄部直下の歯髄においては、病理組織学的観察より多数の炎症性細胞の集積を伴う炎症反応が観察された。しかし MRI では同部における T2 信号強度はほとんど確認されず、さらに露髄部周辺の冠部歯髄では、control 群と同程度の T2 信号強度が観察された ($p > 0.05$)。これまでの報告より、ヒトのう蝕罹患歯の歯髄では T2 信号強度が上昇することが指摘されている。本研究の結果より、深在性う蝕が存在するにも関わらず、健全歯髄と同程度もしくはそれ以下の T2 信号強度が観察された場合は、その部位で露髄を伴うような重篤な歯髄炎が惹起されている可能性が示された。

【結論】

本研究より、う蝕により誘発された歯髄炎を MRI により非破壊的に定量評価する動物実験モデルの構築に成功した。MRI を用いた観察により、う蝕の進行程度に応じて特異的な T2 強調画像が確認されたことから、本実験の結果は、MRI が歯髄の炎症範囲や程度について非破壊的な検知に有効な診断技術となる可能性を示すものである。

本研究は JSPS 科学研究費補助金 (21K09915, 22H03268) の助成を受けたものである。

3D モニターを用いた新しい歯科用実体顕微鏡の有用性の検討

昭和大学歯学部歯科保存学講座歯内治療学部門

○片山 卓也, 浦羽 真太郎, 吉岡 慶太郎, 馬場 聖, 鈴木 規元

Investigation of the usefulness of a new dental operative microscope with 3-dimensional monitor.

Division of Endodontology, Department of Conservative Dentistry, Showa University School of Dentistry

○Takuya Katayama, Shintaro Uraba, Keitaro Yoshioka, Satoru Baba, Noriyuki Suzuki

【緒言】

歯科用実体顕微鏡 (Dental Operating Microscope, 以下 DOM) は通常, 接眼レンズを覗くことで対象物の拡大画像を観察する。そのため, DOM の筐体の大きさも相まって, 術者・患者・装置のポジショニングの自由度が低く, 多くの場合, 術野の観察にミラーテクニックが必要となる。しかし, ミラーテクニックには慣れが必要であり, 臨床経験により治療成績に差が生じる可能性がある。

そこで, 従来の DOM の運用法に対する改善案として, 接眼レンズを取り除き, DOM によって観察される術野を専用のカメラとモニターを用いて表示させることで接眼レンズの代用とし, DOM 使用時のポジショニングの自由度を向上させることが可能であると考えた。さらに, 2D 表示のモニターを使用した場合, 立体視が困難となり奥行き情報の不足が生じるため, 三次元表示が可能な 3D モニターを用いることで, 対象を立体視する環境を構築した。

【目的】

本研究では, 新たに構築した 3D モニターを用いた DOM の運用法 (以下 3D 法) と通常の DOM の運用法 (Conventional 法, 以下 CONV 法) の違いが, 手技操作精度へ与える影響について比較検討した。

【材料及び方法】

3D 法を行うにあたり, 以下のように環境を構築した: フロアスタンドタイプの DOM (プリマ DNTNuVar, Yoshida) の接眼レンズを取り除き, 専用の三次元映像出力装置 (3D カム, 三鷹光器) を接続し, 31.5 型・解像度 1920 × 1020 の 3D モニター (CuratOREX3220-3D, EIZO) に拡大視野画像を表示させた。映像の出力はサイドバイサイド方式で行い, 専用の 3D めがね (H3G013D 偏光メガネ, EIZO) をかけて立体視を行った。

評価は, DOM 使用経験のない臨床研修医 15 名が行った。各評価者に, 手技精度を測定するための自作ターゲットに描かれた「的」に対して, 3D 法あるいは CONV 法のいずれかの方法による拡大視野下にて, 10 号の C プラスファイル (DentsplySirona) で穴をあけるよう指示した。拡大倍率は対物レンズの 5 段階のダイヤル値 (0.4, 0.6, 1.0, 1.6, 2.5) の 1.6 に固定した。これを, DOM の運用法 (3D or CONV) およびミラーテクニック (有 or 無) の 2 要素からなる 4 群 (A1 群: CONV/ミラー有, A2 群: CONV/ミラー無, B1 群: 3D/ミラー有, B2 群: 3D/ミラー無) において実施した。

自作したターゲットの的の中心から各々があけた穴の中心間の距離を, デジタルマイクロスコープ (VHX-950F, Keyence) を用いて倍率 150 倍で計測した。また, 測定開始から全ての的に穴をあけるまでに要した時間を計測した。4 群間における中心からの距離と所要時間について, 交互作用のない二元配置分散分析と Scheffe 法を用いて, 有意水準 5% で解析を行った。

【結果及び考察】

中心からの距離については, 以下の結果を得た: A1 と B2 の 2 群間にのみ結果に有意差が認められなかった。A1 と A2, B1 と B2 の群間ではミラー有である A1 と B1 の方がミラー無である A2 と B2 と比較して有意に距離が大きくなった。

所要時間については, 以下の結果を得た: A1 と B1, A2 と B2 の群間にのみ結果に有意差が認められなかった。A1 と A2, B1 と B2 の群間ではミラー有である A1 と B1 の方がミラー無である A2 と B2 と比較して有意に所要時間が増加した。

ミラーの使用によって, 中心からの距離が大きくなったこと, 所要時間が増加したということの原因としては, 評価者が臨床研修医であり, ミラーテクニックの経験が未熟であったことが考えられる。つまり, ミラーテクニックの使用が余儀なくされる従来の運用法では, 個人の力量による技術的な差が比較的生じやすいことが示唆された。

【結論】

本研究の結果, 接眼レンズを使用しない 3D 法は, 従来法ではミラーテクニックを必要とする対象でも直視できるため, 術者の技量に依らない拡大装置として臨床的に活用できる可能性が示唆された。

光造形方式 3D プリンタで製作したレジンコアの根管象牙質への接着強さ

¹ 岩手医科大学歯学部 歯科保存学講座 歯内療学分野,

² 岩手医科大学歯学部 補綴・インプラント学講座, ³ 岩手医科大学 医療工学講座

○清水 峻介¹, 小山田 勇太郎², 志賀 華絵¹, 浅野 明子¹, 澤田 智史³, 武本 真治³, 野田 守¹

Dentin bond strength of resin composite for abutment fabricated digital light processing 3D printer

¹Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Iwate Medical University,

²Department of Prosthodontics and Oral Implantology, School of Dentistry, Iwate Medical University, ³Department of Biomedical Engineering, Iwate Medical University

○ Shunsuke Shimizu¹, Yutaro Oyamada², Hanae Shiga¹, Akiko Asano¹, Tomofumi Sawada³, Shinji Takemoto³, Mamoru Noda¹

【緒言】

近年、デジタルデンティストリーの時流に伴い、様々な分野で CAD/CAM が使用されており、インレーやクラウンのみならず、義歯やインプラントアバットメントなど、作製可能な装置の幅は広がっている。その中でも、CAD/CAM を用いて製作した支台築造体の研究はまだ少ない。本研究では、光造形方式 (DLP) 3D プリンタで製作したレジンコアを、ウシ下顎前歯に形成した窩洞に接着し、直接法で製作した試料との接着力の比較を押し出し試験を用いて検討した。

【材料と方法】

ウシ下顎前歯を歯冠と歯根に切断し、歯根に歯軸と平行に直径 3mm、深さ 6mm または 8mm の支台築造窩洞を形成した。窩洞を 18%EDTA、3%NaOCl、蒸留水で十分に洗浄し、水中に 37°C で 7 日間静置した。

ポストの植立は口腔内スキャナを応用した間接法と従来の支台築造用コンポジットレジンを用いた直接法で行った。間接法では口腔内スキャナ (TRIOS4, 3Shape) により窩洞のスキャンを行った。スキャンデータを STL 形式でエクスポートし、得られたデータを CAD ソフトウェア (Meshmixer, Autodesk) にインポートし、ポスト部の設計を行った。別な CAD ソフトウェア (Blender, Blender Foundation) を使用してポスト上部に円柱を配置して実験用のポストコアを設計した。設計したデータを DLP 方式 3D プリンタ (CARES[®] P30, Straumann[®]) にインポートし、光硬化性レジン (FREEPRINT[®] temp, DETAX) で造形した。窩洞内をクエン酸 (表面処理剤グリーン, サンメディカル) でエッチングし、水洗した。その後、造形したポストコアを接着性レジンセメント (RelyXTMUnicem2, 3M) にて接着し試料とした (3D プリンタ群: 3DP)。

直接法では、窩洞内を間接法と同様の方法でエッチング、水洗し、十分に乾燥させた後、化学重合型ボンディング材 (BONDMER Lightless, Tokuyama Dental) を応用した。その後デュアルキュア型支台築造用コンポジットレジン (Beauticore LC Postpaste, Shofu) を 2 回に分けて充填、光照射して硬化させ試料とした (コントロール群: Control)。

いずれの試料も 37°C の恒温槽に 7 日間静置した。その後、歯軸に対して垂直に、厚みが 1.0mm となるように歯冠側から根尖側へと連続的に切断した。得られた円板状試料のレジン部位の押し出し試験 (万能材料試験機 EZ-LX: Shimadzu, クロスヘッドスピード 0.5mm/min) を行い、最大荷重から接着強さを算出した。得られた接着強さは、Levene's test と t-test により、ポストコアの製作方法の違い (3DP と Control) と窩洞の深さの違い (ポスト孔の深さ 6mm と 8mm) についてそれぞれ統計学的分析を行った。(n=12, $\alpha = 0.05$; SPSS statistics ver. 22; IBM, USA)

【結果】

接着強さを右図に示す。統計学的分析の結果、製作方法の違い、窩洞の深さの違いのいずれにおいても有意な差を示さなかった。(Fig. 1)

【考察】

本研究では、6mm、8mm どちらの深さでも、間接法と直接法の間での接着強さに有意な差を示さなかったことから、3D プリンタで製作したレジンコアは、支台築造体として歯質との接着に関しては十分に耐えられると考える。

また、DLP3D プリンタはミリングによる造形よりも複雑な形態の再現が可能であることから、より窩洞に適合性の高いレジンコアの作製も期待できる。

【結論】

光造形方式 3D プリンタで製作したレジンコアの象牙質接着強さは、従来法の直接法レジンコアと比較して差を認めなかった。

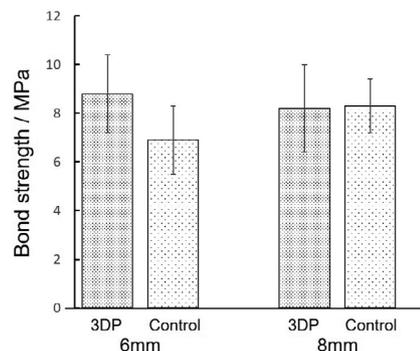


Fig. 1 Bond strength of 3DP and control for each post length.

ポルトランドセメント配合 TBB レジンを逆根管充填に用いた 1 症例

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科歯科保存学分野

○勝俣 愛一郎, 星加 知宏, 永山 祥子, 高 裕子, 西谷 登美子, 宮下 桂子, 勝俣 環, 三浦 滉毅,
西谷 佳浩

A case of root-end filling with TBB Resin contained Portland Cement

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Kagoshima University Graduate School
of Medical and Dental Sciences

○ Aiichiro Katsumata, Tomohiro Hoshika, Shoko Nagayama, Yuko Takashi, Tomiko Nishitani,
Keiko Miyashita, Tamaki Katsumata, Koki Miura, Yoshihiro Nishitani

【緒言】

逆根管充填法は外科的歯内療法の一つで、歯根尖切除術を行った歯根切断面に逆根管充填窩洞を形成し、逆根管充填を行う方法である。海外を中心に Mineral trioxide aggregate (MTA) 系材料は逆根管充填に用いることで良好な結果が得られているが、日本の薬機法において MTA 系材料は逆根管充填材として適応外となっている。ペーストタイプのレジン複合型 MTA 系材料としてポルトランドセメント配合 TBB レジン (PCX-TBB) を逆根管充填に用いる特定臨床研究を昨年 4 月より開始したので今回症例を報告する。

【症例】

患者は 51 歳女性。上顎左側前歯部の圧痛を主訴に鹿児島大学病院保存科を受診した。口腔内診査では自発痛や咬合痛は認めなかったが、頬側根尖部歯肉の圧痛と腫脹、そして垂直性、水平性ともに打診痛を認めた。デンタルエックス線写真より上顎左側中切歯の根尖周囲を囲む透過像を認め、その後 CBCT を撮影したところ口蓋側には十分な厚みはあるものの頬側の骨の一部を含む広範囲な骨吸収像を認めた。根尖性歯周炎、歯根嚢胞の診断となり、通常の根管治療を行った後に歯根尖切除および PCX-TBB を用いた逆根管充填を行うこととした。本症例に関する研究は、鹿児島大学臨床研究審査委員会の承認を得て (整理番号 20-K21)、臨床研究等提出・公開システム JRCT にて公開されている。(臨床研究実施計画番号 jRCTs072210005)

【経過・予後】

根管治療を開始したところ、穿通した後に多量の排膿を認めた。複数回根管治療を繰り返し根管内の排膿が落ち着いたところで根管充填を行った。その後マイクロスコープを用いて歯根尖切除および PCX-TBB を用いた逆根管充填を行った。歯肉切開後 CBCT 所見の通り、頬側の一部の骨はすでに消失しており、骨削除と炎症性肉芽組織ならびに嚢胞の摘出を行った。歯根に明らかな破折を疑う所見がないことを確認し、根尖を切除後、超音波チップを用いてガッタバーチャの除去ならびに逆根管充填窩洞形成を行い逆根管充填、縫合した。本症例を含むこの研究では、手術実施前と抜糸時 (約 1 週間後)、3 か月後、6 か月後、9 か月後、12 か月後の臨床症状について専用の評価シートを用い記録している。抜糸時には垂直性、水平性ともに打診痛は消失し、根尖部圧痛の軽減 (元々を 10 とした時に 4 程度まで) を認め、3 ヶ月後には根尖部圧痛は完全に消失した。術後 6 ヶ月以降も疼痛や腫脹など明確な臨床症状を認めることもなく良好に経過し、12 ヶ月経過時のデンタルエックス線写真より骨様組織を思わせる不透過性の亢進を認めた。

【考察】

本症例において、レジン複合型 MTA 系材料であるポルトランドセメント配合 TBB レジンを逆根管充填に用いることで自覚症状・他覚症状は共に消失し、デンタルエックス線写真からも時間経過とともに良好な所見を得た。本材料を使用する特定臨床研究はまだ開始したばかりであり、今後も引き続き臨床症例を重ねていく予定である。

【結論】

歯根嚢胞の患者に対し、逆根管充填にレジン複合型 MTA 系材料であるポルトランドセメント配合 TBB レジンを用いることは有用であり、良好な予後を得られることが示唆された。

インジェクションモールディング法におけるクリアインデックス厚みがワンステップ接着システムの象牙質接着性能に及ぼす影響

¹ 徳島大学大学院 医歯薬学研究部 再生歯科治療学,

² 東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 口腔機能再建工学

○伊田 百美香¹, 米倉 和秀¹, 井内 智貴¹, ムスリマ ディアナ フィトリ¹, 池田 正臣², 保坂 啓一¹

Influence of the Thickness of Clear Silicone Index on Dentin Bonding Performance of One-step Adhesive Systems in Composite Injection Molding Technique

¹Department of Regenerative Dental Medicine, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences,

²Oral Prosthetic Engineering, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University

○Yumika Ida¹, Kazuhide Yonekura¹, Tomoki Iuchi¹, Diana Fitri Muslimah¹, Masaomi Ikeda², Keiichi Hosaka¹

【目的】

近年、コンポジットレジン (CR) 修復をより効率化させる手段としてインジェクションモールディング法が注目されている。最終修復外形の陰型であるクリアインデックスにフロアブル CR を填入し照射することで、時として高度な技術を要する直接成形修復術を簡略化し、精密な仕上がりやチェアタイムの短縮を実現する。しかし、本法を適応する際の、クリアインデックス越しの CR への照射や一括充填による接着への影響を検討した基礎的研究報告は少ない。そこで、本研究ではインジェクションモールディング法における、厚みの異なるクリアインデックスと重合様式の異なるワンステップセルフエッチ接着システム (1-SEA) が象牙質接着性能に及ぼす影響について検討した。

【方法】

ヒト抜去健全大白歯の歯冠中央を歯軸に対して垂直に切断し平坦面を作製後 #600 の耐水研磨紙を用いて仕上げ、被着面とした。化学重合型 1-SEA としてボンドマールイトレス II (BL; トクヤマデンタル社製), および光重合型 1-SEA としてボンドフォース II (BF; トクヤマデンタル社製) を用いて業者指示通りに接着操作を行った。クリアシリコーン (エクザクリア, GC) を用いて厚さ 1mm と 2mm のクリアインデックスを製作し、付与したインジェクションホールからオムニクロマーフロー (トクヤマデンタル社製) を厚さ 2mm で一括充填後、照射を 40 秒行った。その後 24 時間 37°C で水中保管した後にクロスヘッドスピード 1mm/min にて微小引張接着試験を行い微小引張接着強さ (μ TBS) を測定した。徳島大学倫理委員会承認番号 329-9。

【結果・考察】

結果を図 1 に示す。クリアシリコーンインデックスの異なる厚みによる μ TBS の統計学的有意差はどちらの接着システムでも認められなかった。また、接着システム間比較では、0mm と 1mm 厚みにおいて、BL は BF より統計学的に有意に高い μ TBS を示したことから、インジェクションモールディング法において BL は BF と比較して強固に接着していると考えられる。しかし 2mm で有意差が認められなかったことからボンド層付近のコンポジットレジンの重合に照射深度の影響が出始めてコンポジットレジンの凝集破壊が起きていると推測される。

【結論】

本実験系では、インジェクションモールディング法において、BL が BF よりも効果的で、クリアインデックスの厚みは、 μ TBS に影響を及ぼさないことがわかった。

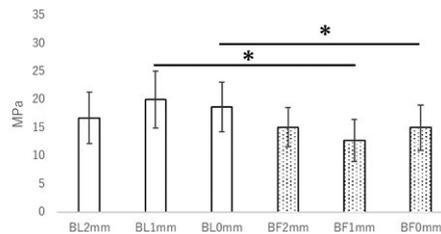


Fig1. microtensile Bond strength
Wilcoxon rank sum test with Bonferroni correction p < 0.05

異なる歯髄圧条件下におけるコンポジットレジン 1 級直接修復の
窩底部象牙質接着に対する質的評価

日本歯科大学 生命歯学部 接着歯科学講座

○前野 雅彦, 岡田 美里, 森 のり子, 河本 芽, 杉山 怜央, 小川 信太郎, 奈良 陽一郎

**Qualitative evaluation for dentin bonding to the cavity-floor
of class 1 resin composite direct restoration with different pulpal-pressure conditions**

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

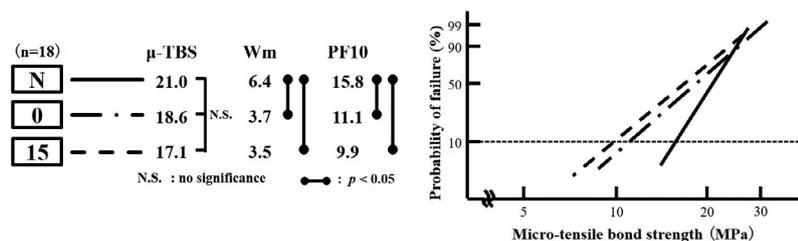
○Masahiko Maeno, Misato Okada, Noriko Mori, Mei Komoto, Reo Sugiyama, Shintaro Ogawa,
Yoichiro Nara

【目的】生活歯における象牙質窩壁を含む窩洞への接着修復は、歯髄圧負荷された象牙細管内液が、少なからず影響していると考えられる。そこで、臨床において修復頻度が高いコンポジットレジン 1 級直接修復を想定し、異なる歯髄圧条件下における窩底部象牙質に対する微小引張接着強さ (μ -TBS) を測定し、その実態について質的評価を行った。

【材料および方法】被験歯には、本学部倫理審査委員会の承認 (NDU-T2019-32) を経て、0.1% チモール水溶液中に保存したヒト抜去健全上顎大白歯 6 本を用いた。まず、被験歯歯根中隔部からの切削によって歯髄腔を開放し、歯髄組織の除去後に綿球を挿入し、シリコンゴム印象材によって歯根中隔部のスペースを充たした。ついで、頬側 2 咬頭頂と近心口蓋側咬頭頂による平面が規格化円筒モールドの底面と平行になるよう位置づけながら、被験歯を泥状未硬化の常温重合レジン填入のモールドに植立した。モールド内のレジン硬化後に、複製窩洞形成器と基準窩洞試料を用いて、被験歯中心窩から深さ 2.0mm、頬舌・近遠心幅それぞれ 5.0mm の規格化 1 級窩洞を形成した。その後、被験歯植立モールド底面からシリコンゴム印象材と綿球を除去し、歯髄腔に交通するスペースを小孔付き透明アクリル板によって封鎖した。これら窩洞試料を 3 群、すなわち①歯髄圧非負荷群 (N; 対照)、②水中にて、歯髄腔交通スペースへの蒸留水注入後に、蒸留水貯留のシリコンチューブを小孔接着のポリエチレン細管を介し連結させ、窩底部象牙質面から貯水面までの垂直距離を等高に設定した 0cm H₂O 歯髄圧群 (0)、③同距離 15cm に設定した 15cm H₂O 歯髄圧群 (15) に類別した。ついで、これら 3 条件下の窩洞に対し、代表的な 2 ステップセルフエッチングプライマーシステム (CLEARFIL Mega Bond 2, Kuraray Noritake Dental) による歯面処理後に、汎用性コンポジットレジン (CLEARFIL MAJESTY ES-2, Kuraray Noritake Dental) による 2.0mm/ 残余部の 2 回積層分割充填によって臨床的修復を行った。なお、歯面処理は、N では窩洞形成を経た直後に、0 と 15 では湿潤効果が現れる歯髄圧負荷開始から 2 時間後に実施した。N は 37°C 水中 24 時間保管後に、0 と 15 は歯髄圧負荷条件下の 24 時間経過後に、頬舌的・近遠心的それぞれ 4 回の切断によって、1 試料から断面積 1.0mm² のビーム状試料 9 片を得て、C.H.S. 1.0mm/min で μ -TBS 値 (n=18) を測定した。得られたデータは、 μ -TBS に基づくメジアンランク法によるワイブル分析によって統計学的解析を図った。

【成績と考察】3 種歯髄圧群間の平均 μ -TBS 値とワイブルパラメーターの違いを図に示す。3 群の Wm 値 /PF10 値は、N(6.4/15.8)>0(3.7/11.1)>15(3.5/9.9) の順に小さな値を示し、0/15 群値と対照である N 群値との間に有意差を認めたものの、0/15 群値間には有意差を認めなかった。したがって、本実験条件下における窩底部象牙質の接着信頼性 / 接着耐久性は、負荷される歯髄圧の大きさよりも、歯髄圧の有無に基づく「湿潤の有無」による影響が推察できた。また、杉山ら (日本歯科保存学会 2022 年度春季学術大会 (第 156 回), O3, 2022) は、本実験と同様の手法によって、中心窩から 2.0mm 下方の平面象牙質に対する同 3 条件下の質的評価を行い、N(4.4/18.8)、0(1.9/9.1)、15(2.0/7.9) の数値と共に、本実験と同様の有意差結果を報告している。本実験による Wm 値 /PF10 値における質的有意差の一因として、分割積層充填の第 1 層目における C 値の差違、本実験値 : 3.37 と杉山らの同値 : 0.23 の違いが考えられる。

【結論】代表的な 2 ステップセルフエッチングプライマーシステム併用によるコンポジットレジン 1 級直接修復の窩底部象牙質における質的評価としての接着信頼性 / 接着耐久性は、異なる歯髄圧条件に基づき象牙細管から供給される水分によって、有意な影響を受けた。



Differences in μ -TBS and Weibull parameters among three pulpal-pressure conditions

Anti-demineralization and antibacterial effect of novel Bioactive Universal Bond with calcium salt monomer

北海道医療大学歯学部口腔機能修復・再建学系 うち蝕制御治療学分野
○ Altankhishig Bayarchimeg, 松田 康裕, Rao Yaxin, 斎藤 隆史

Anti-demineralization and antibacterial effect of novel Bioactive Universal Bond with calcium salt monomer

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

○ Bayarchimeg Altankhishig, Yasuhiro Matsuda, Yaxin Rao, Takashi Saito

Objectives

Recently, adhesive materials with multifunctional properties have been developed rapidly. The calcium salt of 4-methacryloxyethyl trimellitate acid (CMET) induces dentin remineralization ¹⁾ and is biocompatible. Therefore, a novel Universal Bioactive bond with CMET was introduced, and its' properties must be examined. This study aims to evaluate the anti-demineralization and anti-bacterial effects of a novel Universal Bioactive bond.

Materials and Methods

Four different materials were prepared for this study, Bioactive Universal bond with CMET (Bioactive Bond : BA Bond, Sun Medical, Japan) (BA), Clearfil universal bond Quick (Kuraray Noritake, Japan) (CU), Prime & bond universal (Dentsply Sirona, USA) (PB), Scotchbond universal plus adhesive (3M ESPE, USA) (SUB).

Two extracted bovines were prepared. Two 150 micrometer thickness single-sections were obtained from each tooth. The polished surfaces, except the outer surface, were covered with acid resituated nail varnish. Four different materials were partially applied to the polished surface. The pH-cycling system (pH6.8-4.5) was carried out for one week in four beakers. After pH-cycling, all specimens were taken transverse microradiography (TMR), and integrated mineral loss (IML) was calculated from TMR images. Data were analyzed by One-way ANOVA and Tukey's Post-hoc test ($p < 0.05$).

Streptococcus mutans JCM 5705 was used to evaluate the anti-bacterial effects of the four adhesives. Six discs were prepared using a silicone mold and immersed in distilled water for seven days, under stirring. After that, the immersed solutions were diluted to 10%, inoculated with *S. mutans* (JCM 5705), and incubated at 37°C for 24 hours. Then the samples were treated with propidium monoazide (PMA) and tested for qPCR (LightCycler96, ROCHE, USA). Additionally, four different concentrations (10%, 5%, 1%, and 0.5%) of BA bond were prepared previously and inoculated with *S. mutans* (JCM 5705) in a 96-well plate and incubated at 37 °C for 24 hours. Then the samples were treated with propidium monoazide (PMA) and tested for qPCR (LightCycler96, ROCHE, USA).

Results and Discussion

From TMR analysis, BA showed a significant anti-demineralization effect on the edge of the material. All four adhesives significantly inhibited the growth of *S. mutans* compared to the control group. CMET had a higher anti-bacterial effect between the adhesive groups due to CMET ²⁾, but there was no significant difference. 10% and 5% of CMET had a significant inhibitory effect compared to the control group.

Conclusion

These results showed that the Bioactive Universal bond with CMET, BA Bond had an anti-demineralization and anti-bacterial effect in concentration dependent manner.

- 1) T. Saito et al., Dental materials, dental compositions, dental bonding materials, remineralization promoters, biological bonding materials and caries detection agents. Japanese Patent Registration No. 4969800, 2012.
- 2) S. Thaweboon et al., Anti-Biofilm Formation of an Adhesive Containing Calcium Salts of Acidic Monomers against Oral Candida Related to Root Caries. Key Engin Mater 904, 282-286, 2021.

コンポジットレジン直接修復の窩底部象牙質接着に対する量的質的評価
—象牙質スマー層への機械的・化学的前処理の効果—

日本歯科大学生命歯学部 接着歯科学講座

○杉山 怜央, 柵木 寿男, 奈良 陽一郎

Quantitative and qualitative evaluation for the cavity-bottom dentin bonding of resin composite direct restoration

- Efficacy of mechanical and chemical pretreatments to dentin smear layer -

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

○Reo Sugiyama, Toshio Maseki, Yoichiro Nara

【目的】 歯質切削後に形成されるスマー層は、コンポジットレジン直接修復の接着に対し影響を与えることが知られている。そこで、ヒト抜去大白歯 MOD 窩洞の象牙質窩壁に対する機械的または化学的前処理を経て、コンポジットレジン直接修復を行い、窩底部象牙質面の微小引張接着強さ (μ -TBS) を測定し、量的質的な評価検討を図った。

【材料および方法】 被験歯には、本学部倫理審査委員会の承認 (NDU-T2019-32) を経て、0.1% チモール水溶液中に保存したヒト抜去健全下顎大白歯 15 本を用いた。抜去歯を規格化植立した後、当初の咬合面形態を修復試料に反映させることを見据え、透明レジンにてステントを作製した。ついで、ダイヤモンドポイント FG107RD (SHOFU) を装着した複製窩洞形成器を用いて、中心窩から下方に 2.0mm の深さまで切削した後、頬舌側に 1.5mm ずつ、すなわち頬舌窩洞幅が 3.0mm になるよう形成した。加えて、両隣接面に髓側壁から 1.5mm 下方かつ 1.5mm 幅の歯肉側壁を形成することによって規格化 MOD 窩洞とした。その後、試料をスマー層への前処理を行わない対照群 (C)、0.5M EDTA pH8.0 (武藤化学) による 60 秒間の化学的前処理を行った EDTA 群 (E)、グリシンパウダーによる噴射圧 0.2 MPa 60 秒間の機械前処理を行ったグリシン群 (G) の 3 群に無作為に類別した。なお、G は QUICK JET M (YOSHIDA) のノズル先端を窩洞の髓側壁から垂直的距離が 5mm になるように設置し、Q-Powder G Extra Fine (グリシン・ ϕ 25 μ m : YOSHIDA) を用いて窩洞全体に噴射処理を行った。全試料に対し 10 秒間の水洗と乾燥を経て、窩洞に Prime&Bond universal (Dentsply Sirona) を製造者指示に従い塗布し、3 層分割積層法によって修復した。第 1 層は、Neo Spectra ST Flow (Dentsply Sirona) を用いて、近遠心側室部に対する歯肉側壁から厚さ 1.5mm の充填と同時に、窩洞内の象牙質窩壁全面をフィルム状にシーリングした。第 2 層は、Ceram. X Sphere TEC one (Dentsply Sirona) を用いて第 1 層部から厚さ 1.5mm を充填し、第 3 層は窩洞残余部への Sphere TEC one 充填を経て、咬合面形態ステントで圧接成形した。各分割積層部には、それぞれ 20 秒間の光照射を行い、37°C 水中 24 時間の保管を経て研磨した。その後、頬舌的に 4 回、近遠心的に 2 回の規格化切断によって、1 試料から断面積 1.0mm² のビーム状試料 3 片を得て、C.H.S. 1.0mm/min 下の μ -TBS 値 (n=15) を測定を行った。得られたデータは、一元配置分散分析、Tukey の HSD 検定によって量的な、メジアンランク法による Weibull 分析によって質的な統計学的評価を図った。

【成績と考察】 一元配置分散分析の結果、スマー層への前処理の違いは μ -TBS 値に対し有意な影響を与えていた。量的評価としての 3 種条件間の平均 μ -TBS 値の違いを Fig. 1 に、質的評価としての Weibull パラメーターの違いを Fig. 2 に示す。平均 μ -TBS 値は C \leq E < G を示し、G は C と E に比べ有意に大きな値を示した。したがって、G は量的な接着強さの向上効果を有することが確認できた。また、Wm 値は E < G \leq C、PF10 値は C \leq E < G、PF90 値は C < E < G を示し、E は C に比べ、Wm 値が低いものの PF10 値 / PF90 値は同等または有意に大きく、G は C と同様の Wm 値かつ有意に大きな PF10 値 / PF90 値を示した。以上の結果から、今回使用したオールインワンアドヒーズシステム併用によるコンポジットレジン直接修復の窩底部象牙質に対する接着効果は、機械的前処理と化学的前処理によって異なり、量的質的な総合的評価の観点では、G による前処理が最も有効と考えられた。また、前処理によってスマー層が除去されるだけでなく、直下の被着象牙質に対し、両前処理間で異なる改質が成されていると推察された。

【結論】 象牙質スマー層への機械的前処理は、オールインワンアドヒーズシステム併用のコンポジットレジン直接修復の窩底部象牙質接着を量的質的に向上させる効果を有することが判明した。

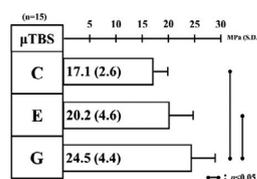


Fig. 1 Differences in mean values of μ -TBS among three conditions

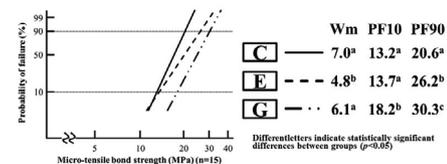


Fig. 2 Differences in Weibull parameters among three conditions

接着性レジンセメント / エナメル質界面の形態評価に及ぼすリン酸処理
およびプライマー処理の影響

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 歯制御学分野
○趙 孟天, 佐藤 隆明, カレド アブ ハサン モハammad, 島田 康史

The influence of phosphoric acid and primer treatment on morphological evaluation of the adhesive resin cement/enamel interface

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

○ZHAO MENGtian, Sato Takaaki, Khaled Abu Hasan Mohammad, Shimada Yasushi

【Purpose】 To evaluate the influence of treatment methods on resin cement/enamel adhesion.

【Methods】 PANAVIA V5 (paste and tooth primer, Kuraray Noritake Dental) and K-etchant syringe (Kuraray Noritake Dental) were employed. Bovine incisors were divided into four groups (Table 1). CERASMART 300 (GC) was placed on enamel surface using PANAVIA V5. After light cured (VALO LED curing light, Ultradent), specimens were stored in water at 37°C for 24h. For scanning electron microscope (SEM) observation at the adhesive interface, specimens were exposed to a demineralizing solution (pH 4.5) as acid challenge, and immersed in 6% NaOCl as base challenge. Specimens were observed using SEM (JSM-IT100LV, JEOL).

Other specimens were performed nano-leakage test. They were observed by SEM and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS; JSM-IT100LV).

【Results】 For SEM observation, gaps were observed only in NC. Cracks in the enamel region occurred in PC and PA. In TP and NC, cracks occurred at the cement/enamel interface. For EDS analysis, line-shaped silver ions were detected in NC. In PA and TP, this signal was partially detected.

【Conclusion】 SEM observation and EDS analysis revealed that the lack of treatment steps may affect the microstructure of the cement/enamel interface.

Table 1. Testing groups

Code	#600Sic Polishing	Phosphoric acid	Tooth primer	Cement paste
PC (positive control)	+	+	+	+
PA (phosphoric acid)	+	+	-	+
TP (Tooth primer)	+	-	+	+
NC (negative control)	+	-	-	+

XAF1 の過剰発現は膵β細胞のアポトーシスを促進することで糖尿病を悪化させる

¹九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座歯周病学分野,

²九州大学大学院歯学研究院口腔常態制御学講座口腔機能分子科学分野

○西村 優輝¹, 岩下 未咲¹, 新城 尊徳¹, 瀬々 起朗¹, 佐野 朋美², 山下 明子¹, 西村 英紀¹

XAF1 overexpression exacerbates diabetes by promoting pancreatic β-cell apoptosis

¹Department of Periodontology, Division of Oral Rehabilitation, Faculty of Dental Science, Kyushu University,

²Department of Cell Biology and Pharmacology, Faculty of Dental Science, Kyushu University

○Yuki Nishimura¹, Misaki Iwashita¹, Takanori Shinjo¹, Tatsuro Zeze¹, Tomomi Sano², Akiko Yamashita¹, Fusanori Nishimura¹

【目的】

2型糖尿病患者の膵島ではマクロファージ等の炎症性細胞浸潤が観察されているものの、炎症性細胞による膵島機能や膵β細胞減少への影響は明らかではない。我々は先行研究において、metabolic endotoxemia (代謝性内毒素血症)によって活性化したマクロファージが monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1) などにより膵島に遊走し interferon β (IFN β) 分泌を経て、膵β細胞でのアポトーシス促進分子 X-linked inhibitor of apoptosis-associated factor 1 (XAF1) 発現を亢進させることで、膵β細胞のアポトーシスが誘導されることを明らかにした。

すなわち、膵島での炎症が増悪した結果、膵β細胞のインスリン分泌量が低下し、糖尿病が進行する可能性が考えられた。そこで本研究では、膵β細胞における XAF1 が膵島機能および糖尿病の病態に及ぼす影響について検証した。

【方法】

1. RAW264. 7マウスマクロファージ細胞株をパルミチン酸(100 μ M)で刺激し、IFN β 発現を検証した。
2. インスリンプロモーター下流に Xaf1 遺伝子を組み込んだベクターを構築し、膵β細胞特異的に XAF1 を過剰発現させたマウス (Xaf1 Tg マウス) を作製した。7週齢の野生型マウスおよび Xaf1 Tg マウスにそれぞれ通常食、カロリー比 40% または 60% 高脂肪食を 10 週間負荷した。各マウスにおいてグルコース負荷試験、インスリン負荷試験を行い、耐糖能および全身のインスリン抵抗性について比較した。また、膵島組織におけるマクロファージマーカー、XAF1、Cleaved caspase3 発現の解析および TUNEL 染色を行いβ細胞アポトーシスについて検証した。さらに、単離膵島を用いてグルコース応答性のインスリン分泌能を評価し、膵β細胞 XAF1 が膵島機能、糖尿病発症に及ぼす影響を検証した。

※本研究は九州大学動物実験委員会、遺伝子組換え実験安全委員会の承認のもと実施した (承認番号: A22-067-0.1-7)。

【結果及び考察】

RAW264. 7マクロファージ細胞株をパルミチン酸で刺激すると IFN β 遺伝子発現および IFN β 分泌が有意に亢進した。60% 高脂肪食を 10 週間負荷した野生型マウスでは、通常食負荷に比べ、膵臓組織におけるマクロファージ浸潤が亢進し XAF1 発現が増大したことから、*in vitro*, *in vivo* の両者の系で肥満により XAF1 発現が亢進する可能性が示された。

40%, 60% 高脂肪食負荷において、Xaf1 Tg マウスでは野生型マウスに比べ、有意な耐糖能低下を示した。60% 高脂肪食負荷 Xaf1 Tg マウスでは、他の群に比べ、膵β細胞における顕著な Cleaved caspase3 発現の亢進および TUNEL 陽性領域の増大がみられ、グルコース応答性インスリン分泌の有意な減弱をみとめた。本研究結果から、高脂肪食誘導性にマクロファージからの IFN β 産生が亢進することで、膵β細胞における XAF1 発現が増大するとともに膵β細胞のアポトーシスが誘導され、結果的にインスリン分泌の減弱を引き起こすことが明らかになった。すなわち、肥満状態でのマクロファージの活性化を引き起こす軽微な炎症は、脂肪組織炎症を介したインスリン感受性の低下に加え、XAF1 発現を介した膵β細胞のアポトーシス促進によるβ細胞機能障害をもたらすことで糖尿病の病態の増悪に関与することが示唆された。このことは、歯周病などの軽微な炎症は短期的には脂肪組織炎症の増悪を介したインスリン感受性の低下をもたらすが、長期的視点で考えると、膵β細胞機能そのものにも影響を与える可能性があることを示唆するものと考えられる。

歯周組織の感染・炎症が惹起する子宮組織の肥厚と妊娠への影響

¹岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 歯周病態学分野, ²岡山大学病院 歯科・歯周科部門,
³岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 病理学 (免疫病理), ⁴岐阜医療科学大学 薬学部
○永田 千晶¹, 大森 一弘², 井手口 英隆¹, 佐光 秀文², 坂井田 京佑², 久保田 萌可¹, 大原 利章³,
萬代 大樹⁴, 平井 公人¹, 池田 淳史², 山本 直史¹, 高柴 正悟¹

Thickening of uterine tissue induced by infection and inflammation of periodontal tissue and its effect on pregnancy

¹Department of Pathophysiology, Periodontal Science, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Science,

²Okayama University Hospital Periodontal Periodontics & Endodontics,

³Department of Pathology & Experimental Medicine, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Science,

⁴Faculty of Pharmaceutical Sciences, Gifu University of Medical Science

○ Chiaki Nagata¹, Kazuhiro Omori², Hidetaka Ideguchi¹, Hidefumi Sako², Kyosuke Sakaida²,
Moyuka Kubota¹, Toshiaki Ohara³, Hiroki Mandai⁴, Kimito Hirai¹, Atsushi Ikeda²,
Tadashi Yamamoto¹, Shogo Takashiba¹

【目的】

我が国では健康な男女が避妊をしないで性交しているにも関わらず、約1年間妊娠しないものを不妊と定義している。近年の疫学調査において、夫婦全体の約5.5組に1組が不妊検査・不妊治療の経験があり、不妊は大きな社会問題の一つとなっている。不妊の原因として、男女の生殖機能異常や加齢、喫煙やストレス等の生活習慣が挙げられる。一方、不妊の約3割は器質的な異常を確認できない原因不明不妊と報告されており、その原因の追求が望まれる。近年、歯周病原細菌である *Porphyromonas gingivalis* (Pg) の感染が妊娠成立に悪影響を及ぼす可能性が示唆されている。我々は、不妊治療中女性患者では、自然妊娠妊婦と比較して、Pg に対する血清 IgG 抗体が有意に高いことを報告した (第64回春季日本歯周病学会学術大会)。しかし、歯周感染・炎症が子宮や妊娠に及ぼす影響の分子メカニズムは不明である。本研究では、マウス絹糸結紮歯周炎モデルを用いて、歯周感染・炎症が子宮および妊娠成績に及ぼす影響を組織学的及び免疫学的手法を用いて解析・検討した。

【材料と方法】

マウス (C57BL/6J, 雌性, 9週齢) の上顎両側第二臼歯に5-0絹糸を結紮し、Pg W83株 (1×10^8 CFU/mL, 0.2 mL) を週3回絹糸に浸透させて歯周炎症を惹起した (岡山大学動物実験委員会: OKU-2021680)。歯周炎誘導開始4週間後、生殖能力に異常がない雄マウス (C57BL/6J, 9-15週齢) と交配させ、出産数、死産数、新生児マウス体重、妊娠期間を調べた。また、歯周炎誘導開始2週間後と4週間後に子宮を摘出し、組織学的解析 (H-E染色, 免疫染色), FACS解析, 炎症性サイトカインのmRNA発現解析, そして細菌数の定量 (real-time PCR法) を行った。さらに、有機化学的に合成した抗炎症作用を有する真菌二次代謝産物 terrein を歯周炎誘導開始と同時に週2回腹腔内投与 (30 mg/kg) するリカバリモデルを作製し、歯周炎誘導開始4週間後に摘出した子宮を用いて上記手法と同様に解析した。統計解析は、Student の *t* 検定を用いた。

【結果】

歯周炎群では、対照群 (無処置) と比較して、出産数は有意に低下 ($p < 0.001$), 死産数は有意に増加 ($p < 0.001$), 新生児マウス体重は有意に低下した ($p < 0.05$)。歯周炎誘導開始4週間後の子宮では、子宮間質が肥厚し、子宮横断面積が有意に増加 ($p < 0.05$) し、CD45⁺CD4⁺Foxp3⁺細胞 (制御性T細胞; Treg) の割合が有意に増加した ($p < 0.05$)。一方、子宮内総菌数に差はなく、Pgはいずれの群でも検出されなかった。また、terreinを投与したリカバリモデルでは、子宮横断面積およびTregの割合が対照群と同程度まで低下した。

【考察】

子宮におけるTregの割合の増加や子宮の肥大化は、近年不妊症の原因の一つとされている慢性子宮内膜炎で確認されている。慢性子宮内膜炎は子宮内膜の持続的な炎症を特徴とし着床不全を来すと報告されているが、その詳細な病態は不明である。慢性子宮内膜炎と歯周炎の関連性は未だ不明ではあるが、今回の結果から、Pgの感染に伴う歯周炎症が子宮組織の炎症・肥大化を惹起し、慢性子宮内膜炎様の環境を形成する可能性が示唆された。

未分化骨芽細胞と三次元高分子足場を用いた再生医療等製品の開発

**Development of bone regeneration product using immature osteoblasts
and three dimensional polymer scaffold**

¹ Division of Operative Dentistry, Department of Ecological Dentistry, Graduate School of Dentistry, Tohoku University, Sendai, Miyagi 980-8575, Japan

² OsteRenatos Ltd. Sendai Capital Tower 2F, 4-10-3 Central, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-0021, Japan

³ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2266-98 Anagahora, Nagoya, Aichi 463-8560, Japan

⁴ Department of Oral Science, Division of Oral Biochemistry, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University, Yokosuka, Kanagawa 238-8580, Japan.

○ Venkata Suresh Venkataiah ^{1*}, Shigeto Suzuki ¹, Yoshio Yahata ¹, Masahiro Saito ¹, Akira Kitagawa ², Masahiko Inagaki ³, Keisuke Handa ⁴

Objective : To develop a bone tissue engineering technology by evaluating the regenerative efficacy of mouse calvaria osteoblasts (MCOB) in combination with 3-dimensional polylactic acid (3DPL) scaffold on a mice large jaw bone defects.

Methods : A large maxillary jaw bone defect model was prepared in a black 6 mice. The defects were implanted with either MCOB-3DPL constructs or 3DPL scaffold without cells, or commercial bone graft material (cytrans) or left unfilled (empty defects). At 4 and 8 weeks post-implantation, the bone regeneration of the defect site was investigated by histological and micro-CT analysis. In addition, biomechanical properties of the regenerated bone was evaluated by nanoindentation tests and implant therapy.

Results : The results of Micro CT and histological analysis demonstrated that implanted MCOB-3DPL constructs have successfully regenerated bone within bone defects and is significantly higher than the other groups at 8 weeks post-implantation. Nanoindentation analysis and implant therapy has shown that regenerated bone induced by MCOB-3DPL constructs has micromechanical properties comparable to the native bone and possesses osseointegration ability.

Conclusions : Tissue constructs prepared from 3DPL scaffold and MCOB could serve as new regeneration approach that enables vertical bone formation and provide micromechanical properties suitable for regeneration of bone in large bone defects.

Acknowledgment

This study was supported by the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) KAKENHI Grant Number 21H03116, Terumo Life Science Foundation.

Tenomodulin はヒト歯根膜細胞のコラーゲン産生に関与する

¹九州大学病院 歯内治療科, ²九州大学大学院歯学研究院 歯科保存学研究分野

○長谷川 大学¹, 兼子 大志¹, 田下 晃大¹, 前田 英史^{1,2}

Tenomodulin is involved in collagen production of human periodontal ligament cells

¹Department of Endodontology, Kyushu University Hospital,

²Department of Endodontology and Operative Dentistry, Faculty of Dental Science, Kyushu University

○ Daigaku Hasegawa¹, Hiroshi Kaneko¹, Koudai Tashita¹, Hidefumi Maeda^{1,2}

【研究目的】近年, 様々な歯周組織再生療法の開発が進められてきたが, 実用化に至っているものは少ない。その理由の一つとして, 歯根膜細胞および組織の機能を評価するマーカー因子がないため, 歯根膜組織を機能的に修復・再生する方法が確立されていないことが挙げられる。我々はこれまでに, 腱や靭帯の分化マーカーとして知られる Tenomodulin (TNMD) が, ラット歯根膜組織に発現し, ヒト歯根膜細胞における歯根膜関連マーカー発現, 細胞増殖能, 細胞接着能, および線維形成能に関与することを報告した (第146回日本歯科保存学会春季学術大会)。そこで本研究では, 歯根膜細胞および組織における TNMD の役割について, さらに検討を行うこととした。

【材料および方法】本研究は, 九州大学動物実験委員会 (承認番号: A26-181-0), ならびに九州大学ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理審査委員会 (承認番号: 30-167) の承認を得て行った。

1. 咬合機能の喪失が歯根膜組織における TNMD 発現に及ぼす影響: SD ラット (5 週齢, 雌性) の右側上顎第 1 および第 2 臼歯を抜去することにより対合歯 (右側下顎臼歯部) の咬合機能を喪失させ, 3 日間飼育後の処置側および非処置側下顎臼歯部の組織切片を用いて, 抗 TNMD 抗体による免疫組織化学的染色を行った。
2. 機械的伸展刺激が歯根膜細胞における TNMD 発現に及ぼす影響: 歯根膜細胞として, 本研究に同意が得られた患者 (21 歳女性) の抜去歯より採取したヒト歯根膜細胞 (HPDLC) を用いた。細胞伸展装置 (STB-140: STREX 社) を用いて, 生理的咬合力を想定した 10% の伸展刺激を HPDLC に 24 時間負荷し, 非刺激群と比較した TNMD の遺伝子発現を定量的 RT-PCR 法にて解析した。
3. TNMD 発現が歯根膜細胞におけるコラーゲン産生に及ぼす影響: siRNA を用いて TNMD の発現をノックダウンした HPDLC における分泌性コラーゲンの産生量を, Sircol collagen assay にて解析した。
4. TNMD 発現が歯根膜細胞における Wnt5a 発現に及ぼす影響: 我々は過去に, 分泌タンパク Wnt5a がヒト歯根膜細胞のコラーゲン線維形成を促進することを報告した (Hasegawa et al., 2015)。そこで, siRNA を用いて TNMD 発現をノックダウンした HPDLC における Wnt5a の遺伝子およびタンパク発現を定量的 RT-PCR 法およびウエスタンブロット法にて解析した。

【結果】

- ラット下顎臼歯の免疫組織化学的染色を行った結果, 咬合機能を喪失させた処置側の歯根膜組織における TNMD の発現は非処置側と比較して減弱していた。
- 10% の伸展刺激を 24 時間負荷した HPDLC において, TNMD の遺伝子発現が上昇した。
- HPDLC の TNMD 発現をノックダウンした結果, 分泌性コラーゲンの産生量が有意に減少した。また同様に, Wnt5a の遺伝子およびタンパク発現も低下した。

【考察】咬合機能の喪失により歯根膜組織における TNMD 発現が低下し, また, 伸展刺激を加えることで歯根膜細胞における TNMD 発現が上昇したことから, TNMD は咬合力に常時曝露される歯根膜組織の恒常性維持に関与している可能性が考えられた。また, TNMD の発現抑制により, 歯根膜細胞の分泌性コラーゲン産生および Wnt5a 発現が低下したことから, TNMD は歯根膜組織においてコラーゲン線維形成に寄与している可能性が示唆された。

【結論】

- 咬合機能の喪失により, ラット歯根膜組織における TNMD 発現が低下する。
- ヒト歯根膜細胞に伸展刺激を加えると, TNMD 発現が上昇する。
- TNMD の発現低下により, ヒト歯根膜細胞における分泌性コラーゲンの産生および Wnt5a 発現が低下する。

Assessment of resin-dentin interfaces using focus ion beam/scanning ion microscopy system

○ Yunqing Liu¹, Yuan Yuan², Monica Yamauti¹, Hidehiko Sano¹

¹*Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University*

²*Department of Restorative Dentistry, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University*

I. Object :

Focused ion-beam (FIB) has been introduced as an ion-beam-based milling technique, mainly used for ultrathin sample preparation. Although FIB milled cross-sectional resin-dentin interfaces have already been observed, the evaluation of the subsuperficial morphology of bonded interfaces has not yet been explored. This study aimed to evaluate the subsurface morphology of resin-dentin interface using an FIB processing and scanning ion microscope observation system (FIB/SIM).

II. Materials & Methods :

Non-carious extracted human molars were used in this study (approved by the Ethics Committee of the Hokkaido University Faculty of Dentistry, No. 2018-09) and stored in 0.5% Chloramine T solution for up to 6 months. Flat sound dentin surfaces were exposed and randomly assigned to 8 groups based on three factors ; (1) adhesives : Bond Force II (BF ; Tokuyama Dental ; Japan) and Bondmer Lightless (BL ; Tokuyama Dental ; Japan) ; (2) immersing solutions prior to bonding : 0.5% Chloramine-T (CAT) or distilled water (DW) ; and (3) immersing times : 5 min or 60 min. After applying the adhesives according to manufacturers' instructions, flowable resin composite (3M™ Filtek™ Supreme Flowable Restorative) blocks were built-up and the teeth were stored in distilled water (37°C, 24 h). The teeth were longitudinally sectioned across the bonded interface into 1.5 mm thick slabs (1 slab/tooth/group) and were subjected to polishing procedure. After drying and coating, in each slab a region of interest through the resin-dentin interface was chosen and milled with the FIB technique (JEM-9320FIB, JEOL Ltd.). After the milling procedure, a subsurface through the resin-dentin cross-sectioned area was left exposed. The subsurface morphology was examined using FIB/SIM system.

III. Results :

When observing the FIB milled surface, BF groups showed an irregular appearance and needle-like projections in the bonding layer, whereas BL groups presented a smooth and regular surface. In addition, the FIB milled depth was higher in BF than that of BL's counterparts. Neither resin composite nor dentin showed significantly different morphological feature between groups. Resin composite showed melted and irregular characteristics, and dentin presented homogeneous and regular feature.

IV. Conclusion :

The FIB cross-sectioning technique is a promising tool to examine the subsurface morphology of the resin-dentin interface. The milling depth might be a valuable measurement to validate the subsurface structure of different adhesive systems.

Acknowledgements :

We would like to thank Prof. Norihito Sakaguchi for his technical support to FIB-SIM observation of the specimens.

Yunqing Liu

Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

liuyunqinghmu@163.com

**Torsional resistance of heat-treated nickel-titanium endodontic rotary instruments
depending on temperature conditions**

○ **Hyo-Jin Jo, Jung-Hong Ha**

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University

I. Object :

This study compared the torsional resistance of heat-treated nickel-titanium (NiTi) instruments under different temperature conditions.

II. Materials & Methods :

Four thermomechanically treated single-use NiTi rotary instruments were selected for this study : OneShape (OS), OneCurve (OC), WaveOne Gold (WOG) and HyFlex EDM (HFE). Each instrument was further subdivided by temperature into 2 subgroups. Maximum torque and the distortion angle until fracture occurred were evaluated. Differential scanning calorimetry analysis was performed to measure the phase transformation temperature. Statistical analysis was performed using a two-way ANOVA and t-test ($p < 0.05$). Fractured fragments were observed using scanning electron microscopy (SEM).

III. Results :

The two-way ANOVA showed no significant differences for different temperature conditions. At both room (RT) and body temperature (BT), OS was predominantly austenite while HFE was martensite. OC and WOG were predominantly martensite at RT and mixed phase at BT. At BT, more than half of WOG was martensite, while half of OC was austenite. SEM examination showed no topographical differences between instruments in different temperature groups.

IV. Conclusion :

In relation to a limitation of this study, there was no difference in torsional resistance of NiTi rotary instruments between the BT and RT conditions. This implies that clinicians do not need to consider a decrease of torsional resistance of heat-treated NiTi instruments at BT.

Hyo-Jin Jo

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University

sallyes2004@naver.com

Effect of root canal curvature location and preset torque settings on torque/force generation and shaping ability of nickel titanium rotary instruments

○ Moe Sandar Kyaw, Keiichiro Maki, Shunsuke Kimura, Myint Thu, Satoshi Omori,
Arata Ebihara, Takashi Okiji

*Department of Pulp Biology and Endodontics, Division of Oral Health Sciences,
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)*

I. Object :

The purpose of the present study was to evaluate the effect of root canal curvature location and preset torque settings on the torque/force generation and shaping ability of nickel titanium (NiTi) rotary instruments.

II. Materials & Methods :

The mesial roots of human mandibular molars with a 25° to 35° curvature and mandibular incisors with a curvature less than 5° (approved by the Institutional Review Board, TMDU, No. D2014-033-01) were selected based on the preliminary micro-computed tomographic (micro-CT) analysis of volume, curvature, and surface area of the canal. The samples were assigned to three groups according to the curvature location [apical curvature (curvature at apical 1-5 mm), middle curvature (curvature at apical 5-9 mm) and straight canal] and were subdivided into three groups according to preset torque settings (1, 2.5 and 5 N·cm ; n=13 each). The root canals were instrumented with the ProGlider and ProTaper Next X1 and X2 instruments. An automated root canal instrumentation device with a simulated pecking motion (down for 2 sec and up for 1 sec at 50 mm/min) was used and maximum torque and downward/upward force were recorded. Canal volume and centering ratios at 1, 3, 5, and 7 mm from the apical foramen were evaluated with micro-CT. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis test and Bonferroni test ($\alpha = 0.05$).

III. Results :

The straight canal group resulted in lower maximum torque, downward/upward force, volume changes, and centering ratios (i.e., less deviation) at each level than the apical or middle curvature groups ($p < 0.05$). No significant difference was found between the apical and middle curvature groups ($p > 0.05$). Preset torque 5 N·cm group resulted in the higher maximum torque and upward/downward force than the 1 and 2.5 N·cm groups ($p < 0.05$). The preset torque settings had no effect on shaping ability ($p > 0.05$). One ProGlider, X1 and X2 instruments fractured with middle curvature 5 N·cm group and one X1 instrument fractured with apical curvature 2.5 N·cm group.

IV. Conclusion :

Under the present laboratory conditions, the straight canal generated significantly less maximum torque, downward force, screw-in force, and better maintained the original shape than the curved canal. The higher maximum torque and downward/upward force were observed with higher preset torque settings. The preset torque settings and curvature location did not influence the shaping ability.

Arata Ebihara

Department of Pulp Biology and Endodontics, Division of Oral Health Sciences, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

a.ebihara.endo@tmd.ac.jp

**A novel remotely generated ultrasonic canal irrigation system : bubble dynamics and efficacy
in removing biofilm-mimicking hydrogel from a simulated isthmus model**

○ Eun Hyun Park, Seung-Ho Baek, Won-June Shon

Department of Conservative Dentistry, Seoul National University

I. Object :

(i) To provide high-speed visualizations of dynamic motions of the cavitation bubbles and demonstrate how the bubble dynamics have been translated in remotely generated irrigation with non-invasive sound field enhancement (RINSE) system, presenting the mechanism of action ; and (ii) To evaluate the efficacy of sonically, ultrasonically activated irrigation and RINSE system (RS) in removing a biofilm-mimicking hydrogel from a simulated isthmus model.

II. Materials & Methods :

High-speed visualizations of dynamic motions of the cavitation bubbles were conducted. A polycarbonate root canal model containing two standardized root canals (apical diameter of 0.2 mm, 4% taper, 18 mm long with a coronal reservoir) connected by three isthmuses (0.4 mm depth, 2 mm high, 4 mm long) was used as the test model. The isthmuses were filled with hydroxyapatite powder-containing hydrogel. The canals were filled with irrigant, and the models were randomly assigned to the following activation groups (n=15) : EndoActivator (EA), Ultrasonically activated irrigation (UAI), and RS. Syringe irrigation (SI) with a 30 G needle served as the control. Standardized images of the isthmuses were taken before and after irrigation, and the amount of removed hydrogel was determined using image analysis software and compared across groups using ANOVA (P<0.05).

III. Results :

UAI and RS without degassing exhibited gas bubbles, producing vapor lock, whereas EA did not generate any cavitation bubbles. Transient cavitation by vapor bubble occurred in the RS with degassing. Hydrogel removal was greatest in the RS group (83.7%) and was significantly greater than that with UAI, EA, and SI (P<0.01). Hydrogel removal with UAI (69.2%) was significantly greater than that with SI and EA (P<0.05). There was no significant difference between SI and EA groups (P=0.978).

IV. Conclusion :

RS with degassing generated vapor bubbles, inducing transient cavitation, and thus avoiding vapor lock exhibited in UAI and RS without degassing. RS resulted in the greatest hydrogel removal and performed better than EA and UAI. The effect of RS was also not reliant on the insert or tip entering the pulp chamber or root canals, which enables it to be effective in conservative endodontics.

Won-June Shon

Department of Conservative Dentistry, Seoul National University

endoshon@gmail.com

Adhesion strategy for zirconia ceramics : preparation protocol for durable bonding

○ Tomohiro Takagaki, Toru Nikaido

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

I. Object :

The aim of this study was to assess the influence of 1) the ratio of different concentrations of silane to 1 wt% 10-methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate (10-MDP) in primer and 2) experimental cleaners containing 10-MDP on the saliva decontamination of zirconia ceramic and their influence in restoring zirconia's adherence to resin cement.

II. Materials & Methods :

Alumina-blasted zirconia specimens were 1) assigned to five groups according to surface chemical treatment with different concentrations of γ -methacryloxypropyltrimethoxysilane (γ -MPTS) to 1 wt% MDP containing primer as follows : S0) without γ -MPTS ; S1) 1 wt% γ -MPTS ; S2) 2 wt% γ -MPTS ; S5) 5 wt% γ -MPTS and S10) 10 wt% γ -MPTS. After priming, stainless-steel rods were bonded to the specimens with PanaviaV5 cement (Kuraray Noritake Dental ; Tokyo, Japan) and 2) categorized into saliva-contaminated and uncontaminated groups which were treated with ceramic primer (P), experimental cleaner 1 (C1), C1 followed by P (C1P), experimental cleaner 2 (C2), and C2 followed by P (C2P). Stainless-steel rods were then attached to the specimens using PanaviaV5 cement. Tensile bond strength (TBS) test was performed after 24 h and 5000 thermocycling processes.

III. Results :

The results of Weibull analysis showed the highest significant Weibull characteristic strength in S5 compared to S1 and S10 before TC. S0 showed highest significant Weibull characteristic strength compared to all experimental primers except S2 after TC5K. 2) C2P groups showed the highest TBS in all conditions among tested groups. Saliva contamination led to a significant reduction of TBS in primer- and cleaner-treated groups, with no significant impact on C2P.

IV. Conclusion :

- 1) MDP primers alone are best suited for efficient bonding of resin cement with zirconia ceramic.
- 2) MDP cleaner followed by the MDP primer protocol may overcome the effect of saliva contamination and improve the resin-ceramic bond strength.

Tomohiro Takagaki

Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, School of Dentistry, Asahi University
takagaki@dent.asahi-u.ac.jp