

1ステップ
ボンディング材を再考する

——「G-ボンド プラス」の評価と臨床——

- ゲスト 佐野英彦 先生 Hidehiko SANO
1957年生まれ
北海道大学大学院歯学研究科 教授
- ゲスト 吉山昌宏 先生 Masahiro YOSHIYAMA
1957年生まれ
岡山大学大学院医歯学総合研究科 教授
- 司会 中川孝男 先生 Takao NAKAGAWA
1958年生まれ
東京都港区開業「中川歯科クリニック」
- ジーシー 赤羽正治 Shoji AKAHANE
1954年生まれ
株式会社ジーシー 研究所担当取締役

近年、MI思想の浸透にともない最小限の切削によるコンポジットレジン修復が普及し、ボンディング材の開発も活発になっています。かつては3ステップシステムであったものが、2ステップのセルフエッチングシステムに移行し、今まさに1ステップシステムの時代になろうとしています。そこで今回は、ジーシー最新の1ステップボンディング材「G-ボンド プラス」に焦点をあて、ボンディング材の変遷から接着機構、臨床での効果的な活用などを、北海道大学大学院歯学研究科保存学講座教授の佐野英彦先生と、岡山大学大学院医歯学総合研究科保存修復学講座教授の吉山昌宏先生とともに考察してみました。

3ステップから1ステップに発展した
ボンディング材

中川 最近ではノンタービンテクニックなども登場し、MI治療も定着してきたように思います。その裏側には接着歯学の進歩があり、ボンディング材もエッチング、プライミング、ボンディングの3ステップだったものが、セルフエッチングシステムの2ステップになり、近年ではより簡便化された1ステップに進化しています。ジーシーでも、4年前に国内初となる1液性の1ステップボンディング材「G-ボンド」を発売して接着分野で高い評価を獲得しました。それ以来、1ステップの分野ではリーダー的な存在として技術情報を発信してきましたが、この度、「G-ボンド」をさらにバージョンアップさせた「G-ボンド プラス」が登場しました。そこで、今回はボンディング材の評価、接着歯学にテーマを当てて、座談を進めたいと思います。

ゲスト・佐野英彦 先生



ゲストは接着歯学では日本のリーダー的存在である北海道大学大学院歯学研究科教授の佐野英彦先生と岡山大学大学院医歯学総合研究科教授の吉山昌宏先生です。両先生は、ほぼ同時期にジョージア医科大学のパシュレイ教授の講座へ留学されていて、接着歯学のご研究に優れた実績を残されています。

ところで、2000年にFDIが「Minimal Intervention (最小の侵襲)」の概念を提唱し、ジーシーがMIの日本での普及に大きな役割を果たしてきました。その流れの中でコンポジットレジン修復も注目され、接着の重要性もクローズアップされてきたと思うのです。

吉山 そうですね。カリオロジーの進歩とともに、MIの概念に基づく治療は確実に歯科医療において浸透してきたと思います。私たちの修復分野でも、例えば形成するか、観察するかという診断や、形成する場合であってもいかに削除量を減らすかというような窩洞の概念も大きく変わり、予防拡大を行わなくても適切な修復が行えるようになってきました。そしてそれらの修復法を構築するのに必要不可欠だったのが接着修復法であり、接着材料の進歩だと思います(図1)。

佐野 患者さんもなるべく歯を削らないで欲しい、きれいに治療して欲しいという強い要望があります。これらの要望に応えることができるようになってきたのも、接着性コンポジットレジン修復法の発展が大きく貢献していると思います。コンポジットレジン

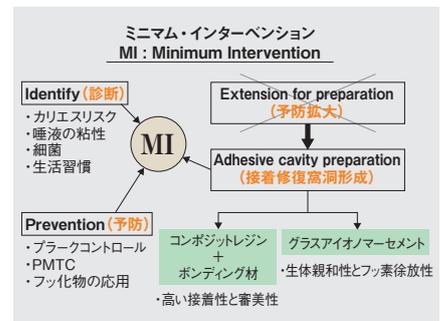


図1 MI(ミニマム・インターベンション)の概念と接着修復法。

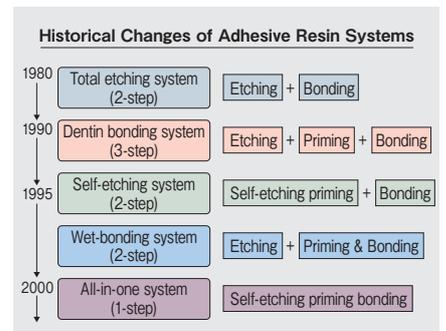


図2 歯質接着システムの変遷。

ゲスト・吉山昌宏 先生



ンは、ご存知のように十分な審美性や臼歯にも使える物性の向上が図られ、そしてその修復を支えるボンディング材も接着性の向上だけでなく、確実な臨床応用のための操作性の簡便化も図られてきました。

中川 そうですね。コンポジットレジン修復は、日々の臨床で欠かせなくなっています。それでは、そのコンポジットレジン修復を支える、本日のテーマであるボンディング材について話を進めようと思いますが、最初に接着材の歴史について教えていただきたいと思います。トータルエッチングやセルフエッチング、樹脂含浸層などの接着理論も随分と変遷があったと思いますが、その辺りの経緯を簡単にご説明していただけますか。

佐野 1970年代は、リン酸によるいわゆるトータルエッチングとトータルボンディングという2ステップのシステムで、とくにエナメルへの接着に依存したシステムでした。私達の世代は3ステップシステムからですが、このシステムは、クエン酸、マレイン酸、リン酸などによる歯面の酸処理、親水性モノマーであるHEMAを配合したプライマー処理、そして光重合触媒を配合したボンディング材から構成され、3ステップでは術者も患者さんも大変だということでステップを減らす検討が進みました。1990年代に入ると国内では歯面処理において水洗・乾燥を不要とした2ステップのセルフエッチングシステムが世界で初めて開発されました。2ステップタイプは、最初のステップでエッチングとプライミングを行い、次のステップでボンディングを行う組合せになっています。最初に開発された製品はセルフエッチングプライマーが2液混和タイプでしたが、さらに改良され1液タイプとして開発されたのがジーシーのユニフィルボンドでした。これらのセルフエッチングタイプの製品は、臨床ではとても簡便なところが評価され、急速に普及しました。

ところが、アメリカではリン酸エッチングを

活用し、2ステップのモイストボンディング(ウエットボンディング)が登場しました。モイストボンディングは、J.Kancaというアメリカの開業医がエッチングした後に間違えて濡らしたままプライミングしたら接着力が倍になったということで研究・開発がはじまり、この考えが10年間ほど一世を風靡したのです。臨床応用では非常に難しく、どのくらいウエットな状態がいいのか、どのくらいのエアブローがいいのかがわかりづらいので失敗も多かった。それで、2000年に入りセルフエッチングにテクノロジーを発展させたところでアメリカにおいても1ステップシステムが登場してきたのです(図2、3)。

中川 歯科材料の中で、本当にボンディング材はさまざまな改良が加えられ、接着理論も大きく変わってきたわけですね。

佐野 そうです。エナメル質への接着は国家試験問題集的にはマイクロメカニカル的な接着という説明にとどまっていますが、実際には化学的な結合も重要だろうといわれています。エナメル質にエッチングしてボンディングするとクリスタルの間にレジジンが入り込む。そこで、さらにモノマーがハイドロキシアパタイトと化学的にイオン結合を起こすのではないかと、という論文もあります。象牙質でもアパタイトに関してはエナメル質と同様のことが考えられるのですが、さらにコラーゲン線維とモノマーとの関係を考慮に入れる必要があります。

中川 歯を切削すると表面にスメア層ができ、接着の邪魔をするので全部取ったほうがいい。だからリン酸で処理をする、というのがトータルエッチングの考え方で、コラーゲン線維を出してその中に樹脂を浸透させる樹脂含浸層が、とくに象牙質の接着の基本だということを私たちは習ってきました。

吉山 その通りです。基本的な接着の概念は、エナメル質、象牙質ともに酸により、スメア層を溶かし、エナメル質には脱灰さ



司会・中川孝男 先生

れた粗造な面に流れ込み、さらに接着性モノマーが化学的に結合する。象牙質の場合は、脱灰された象牙質面上のコラーゲン線維に接着性モノマーが流れ込み硬化し、いわゆる樹脂含浸層を形成し接着するというものでした。

佐野 2000年に北海道医療大学の橋本先生が接着の世界を大きく変えました。橋本先生は北海道大学歯学部の小児歯科のご出身だったので、モイストボンディングで修復した乳臼歯を患者さんから提供していただき、接着試験を行ったのです。24時間後にはしっかり接着していたものが、1~2年で強さが半減し、3年以上経過すると3分の1くらいになってしまう。電子顕微鏡で観察すると、象牙質の中にあつたコラーゲン線維が1年ですべて溶けてなくなり、レジンもなくなりつつある。たった1年でこのように劣化をするということを発表されたのです。

樹脂含浸層から ナノインタラクション・ゾーンへ

中川 それはセンセーショナルなご発表でしたね。樹脂含浸層が劣化するというところを、もう少しわかりやすくご説明していただけませんか。

ジーシー・赤羽正治



図3 世界で初めての1液性セルフエッチングプライマーが登場した「ユニフィルボンド」(左)。国内初の1液性1ステップボンディング材「G-ボンド」(右)。



図4 接着性を強化した「G-ボンド プラス」。

● 症例



図5 高齢者に見られる歯頸部の再充填の症例。



図6 MIコンセプトバーなどを用い修復部位のみを丁寧に削除する。



図7 「G-ボンド プラス」を専用のブラシを用い、たっぷり塗布する。

佐野 実は、樹脂含浸層についてはまだ論争のあるところなのです。つまり、樹脂含浸層が完全であれば問題ないという意見があります。要するに、半永久的に残る樹脂含浸層というのはコラーゲン線維の周りのハイドロキシアパタイトにレジンがしっかり接着する。コラーゲン線維とレジンと一緒に固まったところだということです。しかし、そこまで完全な樹脂含浸層を作るのは非常に難しい。そこに水が含まれていたり、HEMAのような水溶性のものが入っていたりすれば、加水分解で壊れていく。また、MMPという酵素が出てきて界面のコラーゲン線維を壊していく。私たちは通常の臨床でできた

ものを樹脂含浸層と呼ぶわけですから、本当に完璧なものを常に作るのには難しいのではないかとこの見解です。

吉山 これまでのボンディング材はHEMAに頼り過ぎていたのです。HEMAは親水性なので重合しても水が入ってくる。どうしても樹脂含浸層の底部に水が残り、レジんに置き換わらない層ができやすいのです。すると、いろいろな酵素も入ってきて界面のコラーゲン線維が劣化する。だから、ノンHEMA型というのがレジン開発の大きな目標になってきたのです。

中川 ジーシーの「G-ボンド」や「G-ボンド プラス」にはHEMAは入っているのですか。

赤羽 入っておりません。実は、セルフエッチングタイプのユニフィルボンドはHEMAを配合していましたが、2001年に発売したユニフィルコアのデュアルキュア型セルフエッチングボンドからはHEMAを除いています。先生方のお話にもありましたが、ジーシーの研究所でもHEMAフリー型でのボンディング材の開発を進めてきました。

佐野 また、従来のセルフエッチングシステムの象牙質の接着界面を観察したところ、強く脱灰されると樹脂含浸層の中でハイドロキシアパタイトがほとんどなく、レジンとコラーゲン線維だけになる。そうすると長期耐久性に懸念があるので、私たちは脱灰を抑えてコラーゲン線維の周りのアパタイトはある程度残し、それに化学的に反応させて不溶性のカルシウム塩を形成させる

グ材として初めて観察できたのが「G-ボンド」でした。ですから、「G-ボンド」以降日本のボンディング材の接着理論は新しい方向へ大きく動き出したのです。

吉山 2ステップシステムの接着界面は、厚さ1μmほどの樹脂含浸層を形成していますが、「G-ボンド」では典型的な樹脂含浸層は認められずに約300nmの化学反応層が生じています。このナノメートルレベルの接着界面では、ハイドロキシアパタイトの流出が少なくコラーゲン線維の完全な露出もないので、口腔内に存在する酵素でコラーゲン線維が劣化する危険性も少なくなり、より優れた耐久性が期待できるのです。

私たちは、この層をナノインタラクショナルゾーン(NIZ)と呼んでいます(図17, 18)。

エナメル質への接着性能を向上させた「G-ボンド プラス」

中川 とここでジーシーでは「G-ボンド」のバージョンアップとして、「G-ボンド プラス」を開発したのですが、その特徴を説明していただけますか。

赤羽 私たちが改良点として重視したのは歯質に対する接着性能で、とくにエナメル質への接着性向上を図りました。先程のお話にもあったようにMIの概念が定着し、カリエスも小さくなる傾向になり、エナメル質にとどまるケースも多くなりました。また、多くの臨床ケースはマージンがエナメル質で囲まれている。また、以前からセルフエッチングタイプは象牙質への接着性は優れているものの、エナメル質に対してはリン酸エッチングを用いるシステムに比べるとや

エナメル接着

1. マイクロメカニカルインターロッキング
2. 化学的な結合

象牙質接着

象牙質=ハイドロキシアパタイト+コラーゲン

無機質への接着:
マイクロメカニカル+イオン結合

有機質への接着:
マイクロメカニカル+水素結合

図13 エナメル質と象牙質への接着理論。

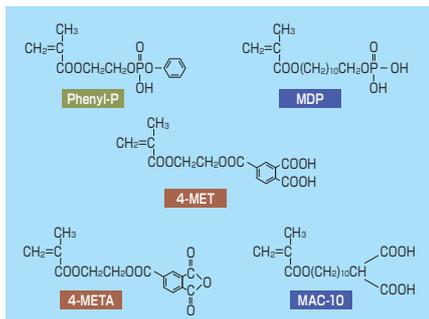


図14 主な接着性モノマー。

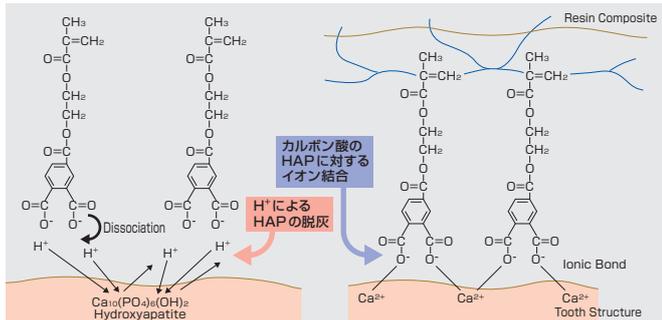


図15 4-METの歯質に対する接着機構。

うがいいと考えるようにになりました。それを、ボンディング

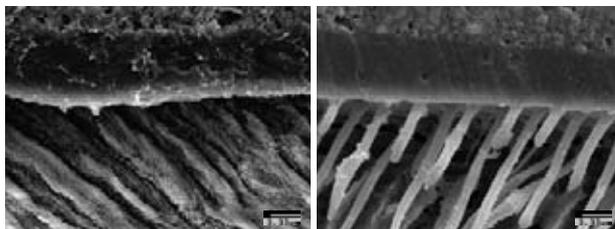


図16 「G-ボンド プラス」の接着界面像(左図:エナメル質。右図:象牙質)。



図8 塗布10秒後に強圧エアでエアブローを行い、水や溶媒を確実に揮発させる。この際に、バキュームを活用し液が口腔内に飛び散らないように注意する。



図9 可視光線照射器を用い光照射を10秒行う。「ジーシー G-ライトプリマ」の場合は、ハイパワーLEDの採用により、5秒で充分である。



図10 MIFローを填入する。



図11 超微粒手ダイヤモンドポイントを用い形態修正を行う。仕上げ研磨には、プレシャイン、ダイヤモンドを併用すると十分な滑沢性が得られる。



図12 術後。

や低い傾向があったのも事実です。そこで「G-ボンド プラス」では、この点に着目して改良を加えました。具体的には、接着性モノマーにはカルボン酸系の4-METとリン酸エステル系モノマーを配合していますが、とくにリン酸エステル系モノマーの配合を増やし、酸性度を上げることにより接着に十分なエナメル質の脱灰と化学的な接着を高め、接着性の向上を図りました(図25)。

吉山 エナメル質への接着は、エナメル小柱へのくい込みが必要です。アメリカで、いまだにリン酸エッチングを併用したモイストボンディングのシェアが高いのは、このエナメル質への接着を重視しているからです。1ステップの場合は酸性度が低いというイメージがありエナメル質への接着が弱いという印象があったと思いましたが、今回の「G-ボンド プラス」の処理面を観察すると

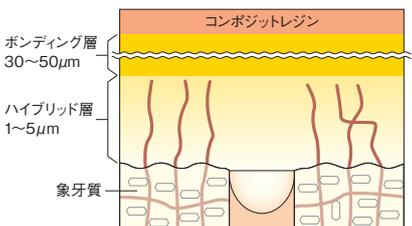
従来のセルフエッチングタイプより脱灰が進んでいることがわかります。(図27)

中川 カルボン酸系モノマーとリン酸エステル系モノマーの処理ではどのような違いがありますか？

佐野 まず、リン酸エステル系モノマーは、脱灰能を高めるには効果的です。カルシウムとの結合反応のスピードがカルボン酸系モノマーよりも速いという報告があります。一方でカルボン酸系モノマーは象牙質の接着には有利に働くという報告もあります。現在市販されている1ステップボンディング材の中には、接着性モノマーとしてカルボン酸系モノマーだけを使用しているものや、リン酸系モノマーだけを使用している製品がありますが、「G-ボンド プラス」はリン酸エステル系モノマーとカルボン酸系モノマー(4-MET)の2種類のモノマーを配合しているため、エナメル質と象牙質への接着を考慮した設計になっていると思います(図25)。

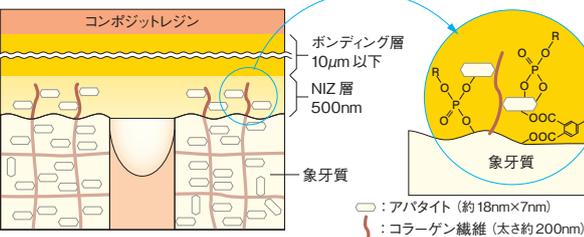
●従来のハイブリッド層

脱灰された象牙質表層のコラーゲン線維の隙間にレジンモノマーが拡散・浸透しており、約1~5μmの厚さで形成されている。



●ナノインタラクションゾーン

脱灰された象牙質表層のコラーゲン線維とアパタイトの隙間にレジンモノマーが拡散・浸透し、約500nmの厚さで形成されている。

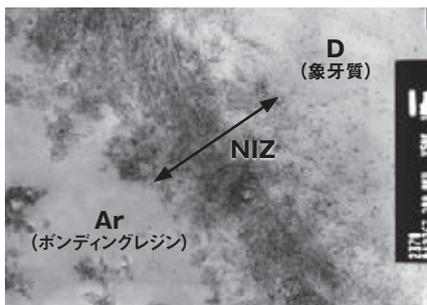


ナノインタラクションゾーンでは、「G-ボンド プラス」に配合された「リン酸エステルモノマー」のリン酸イオンや「4-MET」のカルボン酸イオンが脱灰されずに残存したアパタイトや健全象牙質のカルシウムに対し、化学反応を起こして接着している。

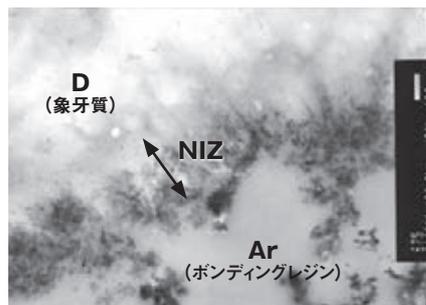
図17 従来のハイブリッド層とナノインタラクションゾーンのイメージ図。



「G-ボンド プラス」の接着界面のTEM像(10,000倍)。従来のボンディング材にみられるハイブリッド層は不明瞭である。



「G-ボンド プラス」の接着界面のTEM像(50,000倍)。約500nmのナノインタラクションゾーンが形成されている。黒っぽく見えるところが残ったアパタイト層。



「G-ボンド」の接着界面のTEM像(50,000倍)。約300nmのナノインタラクションゾーンが形成されている。

図18 ナノインタラクションゾーン(NIZ)の比較。

● 症例



図19 術前。接着性コンポジットレジンを用いることにより、臼歯部においてもMI的な審美充填が可能となった。MIコンセプターなどを用い窩洞形成を行う。



図20 接着を確実にするために、臼歯部ではラバーダムによる防湿を行う。まず、大まかな窩洞形成を行い、最終的にはマトリックス装着後に細部を含めた窩洞形成を行い、窩洞を完成させる。



図21 隣接面形態を再現するためにマトリックス(ジーシーVリングシステム)を装着する。「G-ボンド プラス」を専用のブラシでたっぷり塗布し、10秒後に強圧エアで乾燥する。ボンディング層に水分を残すと接着強さや耐久性に影響を及ぼすので十分に注意する。ボンディング材を光硬化後、隣接面のエナメル質相当部をエナメル色レジンで盛り、光照射する。

被着面に左右されず高い接着力と耐久性を実現した「G-ボンド プラス」

吉山 「G-ボンド プラス」は、とくにエナメル質の接着性を向上させるということでリン酸エステルモノマーを増やしたということでしたので、その性能を私どもでも検証してみました。#120、#320、#600の3タイプの切削面に対する接着を調べてみました。エナメル質ではすべての番手でアパタイトの切削片によるラフなスマー層が#120、#320、#600の順に厚くでき接着には不利なため、例えば#120の場合「G-ボンド」では低かったのですが、「G-ボンド プラス」の接着力は有意に改善されたということが実験データからわかります。象牙質に関しては、従来の「G-ボンド」が既に十分な接着力がありましたが、その特性を維持・向上しています(図26)。また、歯面処理前と処理後のSEM像を観察したのですが、非常にきれいにスマー層が処理されていることがわかります(図27)。

ところで、「G-ボンド プラス」のpHはどのくらいになったのですか。

赤羽 「G-ボンド」ではpH2.0だったのですが、「G-ボンド プラス」ではpH1.5に下げています。

吉山 なるほど、セルフエッチングタイプの製品の中ではかなり低い方になりますね。ということは水素イオン量も大幅に多くなっているわけですから、従来の1ステップ

ではやや難しかったエナメル質の厚いスマー層にも対応できるわけです。象牙質に関しても、処理面はかなり優位に向上しています。スマープラグは残しつつ、スマー層はきれいに取り除けています。

先ほど、佐野先生が「G-ボンド」では約300nmのナノインタラクション・ゾーンとおっしゃっていましたが、「G-ボンド プラス」では約500nmくらいです。したがって、初期の接着力には大きな差はないのですが、サーマルサイクルで接着耐久試験をしてみれば、象牙質も向上している可能性が多分にあると思います。これは、先程の佐野先生のお話にもあったように、リン酸エステル系モノマーとカルボン酸系モノマーの両方を入れたことで象牙質にもバランスのよい接着力が生じたものだと考えられますね。

中川 「G-ボンド プラス」はさまざまな改良がなされているとのことですが、例えばユニフィルボンドなどの2ステップタイプに比較すると接着性はどのように評価されますか？

吉山 実は接着試験の結果からも「G-ボンド プラス」はユニフィルボンドなどの2ステップタイプと同等の性能があるのがわかっています。また接着操作性からも1ステップの方が明らかにテクニック的な問題が少なくなる。実際の臨床では、「G-ボンド プラス」のほうが良い結果が得られる可能性も高いと言えます。

佐野 そうですね。セルフエッチングタイプの課題であったエナメル質への接着も充分なレベルに達していますし、接着耐久性の条件になるナノインタラクション・ゾーンの形成も2ステップより1ステップの方が有利になります。従来のG-ボンドでも臨床には問題なかったと思いますが、「G-ボンド プラス」への改良でエナメル質への接着が向上したため、いよいよ1ステップの時代の臨床環境になったと言っていいと思います。

テクニック・センシティブィティを解決した「G-ボンド プラス」

中川 私も「G-ボンド」を使ってから4年になりますが、確かに脱落の経験はありませんでした。しかし、2ステップのほうがやっぱり良いのかな?と思いながら使っていましたがこれからは安心して使いたいと思います。そこで、1ステップの簡便性が話題になりましたが、臨床ではボンディング材の塗り方やエアブローのかけ方で材料の性能が変わってくると思うのですが。

吉山 そうです。接着成分が広く歯面に行き渡るように、なるべくたっぷり塗布したほうが良いですね。液を揺らしたりして、新しい接着成分を常に歯面に接するのでも有効です。

佐野 エアブローについては、製品によっ

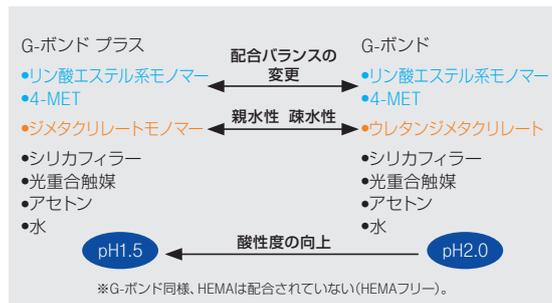


図25 「G-ボンド プラス」と「G-ボンド」の組成比較。リン酸エステルモノマーが増量され、その結果pH1.5と酸性度を上げている。また、ベースモノマーも疎水性のUDMAから親水性のジメタクリレートへ変更している。

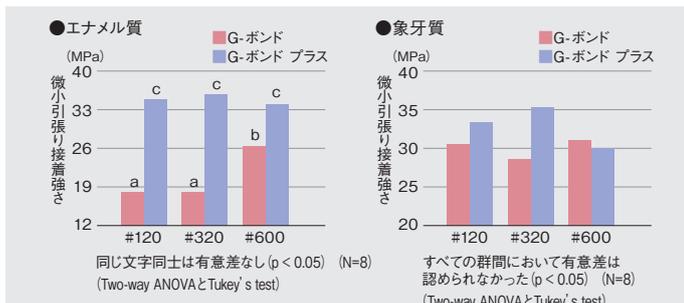


図26 研磨目粗さの違いによる「G-ボンド プラス」と「G-ボンド」の微小引張り接着強さの比較。#120、#320、#600の3タイプで比較すると「G-ボンド」は研磨目の粗い#120、#320では有意に接着強さが低下するが、「G-ボンド プラス」ではすべての条件下で高い接着強さを示した。(第129回日本歯科保存学会にて岡山大学高橋圭先生らの発表より。)



図22 さらに硬化を確実にするため、クサビを残したままマトリックスとリングを外し隣接面方向から光照射を行う。



図23 MIフローを流し込み、窩洞の凹凸を整理するとともに接着界面を安定させ、色調を考慮し、グラディアダイレクトを用いレイヤリングテクニックにより充填する。



図24 術後。超微粒子ダイヤモンドポイントのスムーズカットタイプを使用し形態修正を行う。仕上げ研磨にはプレシャイン、ダイヤシャイン、ダイヤモンドポリッシュャーペーストを活用する。

ては、「弱くかける」、「初めは弱くかけて、最後に強くかける」、「強いのがいい」といろいろです。ですから、ベテランと若手の先生によっても差が出やすい。

中川 「G-ボンド」や「G-ボンド プラス」ではどうですか。

赤羽 強圧エアーで5秒ほど十分にエアーブローを行い、溶媒であるアセトンと水を確実にとばし、乾燥します。臨床的には、ご使用のシリンジの口を塗布面から2~3cm離し、最強圧で約5秒間を乾燥していただきます。従来の2ステップ製品などはマイルドエアーで乾燥する設計になっていますが、「マイルドエアーってどのくらい?」というご質問をよくお受けします。そこで、「G-ボンド プラス」では「とにかく強圧で乾燥してください」とシンプルにお使いいただけるように設計しております。

中川 でも強圧エアーをかけると接着成分も飛んでしまうように思うのですが。

赤羽 そのご質問も受けるのですが、フィラーを含有させ適度に粘性を持たせているので大丈夫です。実際に接着試験も強圧エアーで行っています。

中川 なるほどフィラーにはそんな効果もあるんですね。「G-ボンド プラス」は、ダイヤモンドバーの番手によって切削面の状態が粗くなっても接着性能は落ちないし、エアーも強くかければいいということで、非常にテクニック・センシティブ的にも優位な製品になったわけですね。

赤羽 ありがとうございます。ご臨床で確実に性能が発揮されるように操作性についても検討してきました。

接着を活用したMI治療

ところで、接着歯学の進歩によって保存修復の考え方も大きく変わってきていると思います。そのような中で吉山先生は「う蝕治療のMI」ということに取り組みられていますね。

吉山 先程もお話しましたが、MI思想やカリオロジーの進展、診断技術の向上などによって最小限の窩洞で修復が可能な時代になってきたのです。歯質保存のMI的治療では、ノンカリエスな楔状欠損というものが非常に増えてきた。また、最近インプラン

トの普及で義歯では考えられないような咬合力が天然歯に加わるのでノンカリエスでありながら歯質が減ってくる。さらに、高齢社会になって60歳以上の方の根面う蝕が激増している。これまでだと、そのような治療は大きく削って補綴治療していたのですが、これを接着性コンポジットレジン修復で行える時代になったのです。

中川 臨床家はう蝕検知液で染め出して切削範囲を決めることが多いのですが、最初に削って、洗って、再度染め出すとまた色がつく。それで、また削る。そんなことを繰り返すと大きく削ってしまうので大丈夫なのかと思うのですが。

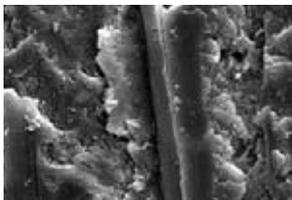
吉山 う蝕象牙質と健全象牙質との境界が人によってバラバラなのです。う蝕検知液で染めて判断しようとしても非常にあいまいです。それで、私としては赤く染まる第一層はう蝕感染象牙質で、淡いピンクの部分は「う蝕影響象牙質」と呼んでいます。う蝕影響象牙質は再石灰化が可能な層でもあるので、私としては淡いピンクレベルで切削を止めることをおすすめします。要するに、接着材の進歩によって接着修復窩洞の範囲が広がりましたから、なるべく予防拡大は行わない。それでも修復できる時代になってきたのです。

根面う蝕やシールドレストレーションに有効な接着システム

中川 う蝕影響象牙質にはう蝕細菌が残っているのではないのでしょうか。

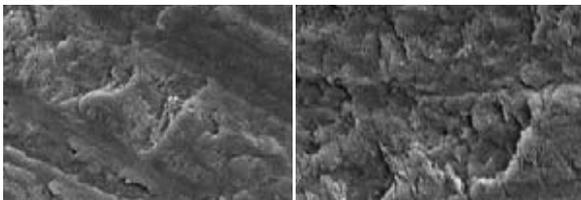
吉山 おっしゃる通りです。細菌叢にはミュータンス菌やアクチノバチルスなどの嫌気性菌など多々いますが、これらを完全に殺菌除去するのは極めて困難です。淡いピンクレベルでも所々に細菌は残りますが、歯髄炎を起こすほどの細菌量ではないということも、最近ではわかってきました。また、シール

歯面処理前(エナメル質)



耐水ペーパー#120による研磨面。

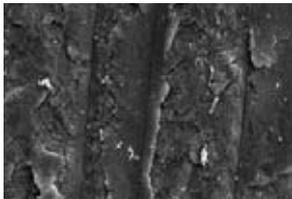
歯面処理後



G-ボンド処理面

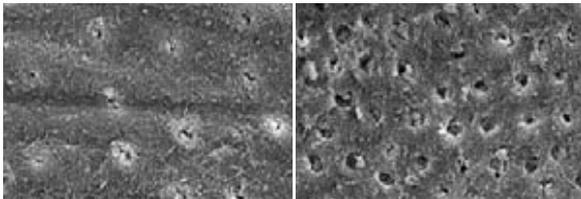
G-ボンド プラス処理面

歯面処理前(象牙質)



耐水ペーパー#120による研磨面。

歯面処理後



G-ボンド

G-ボンド プラス

図27 「G-ボンド プラス」による歯面処理後の被着面のSEM像(上図:エナメル質。下図:象牙質)。「G-ボンド プラス」では、接着阻害因子であるスマー層が除去されているのが、「G-ボンド」では一部にスマー層が残存しているのがわかる。(第129回日本歯科保存学会にて岡山大学高橋圭先生らの発表より)



ドレステーションという概念も生まれて、象牙細管を接着性レジンでシールすればう蝕が進行せず、4~5年で再石灰化してくる。それも8割くらい成功しているというエビデンスもあります。その際、除菌という意味でレーザー照射してからシールすると、さらにいいと思います。「フジX」で提唱するような蝕治療のART法もそのような考え方で、ジンバブエなどの未開発国では青少年のう蝕治療に大きく貢献しています(図28)。

中川 私はう蝕の検査で「ダイアグノセント」も併用していますが、数値で30~40以下は予防的に観察して、30~60では除菌の意味からもレーザーを当てています。

吉山 それでいいと思います。我々のところでは30を超えたらだいたい接着修復です。その場合は小さな窩洞の場合がほとんどですから「MIフロー」などのフロアブルレジンだけで充填します。

中川 根面う蝕がこれからますます問題になると思われるのですが、どのような処置が良いのでしょうか。

吉山 私はエクスカベータリングし、1ステップの「G-ボンド プラス」を使用して「MIフロー」などフロアブルレジンで詰めることが多いです。根面う蝕は、歯肉縁下から発生しますので防湿が難しく、このような状況下でも対応できるためには、1ステップで処理時間が短いボンディング材が必要で、「G-ボンド プラス」は大変有用です。とくに「G-ボンド プラス」は接着界面が極めて薄く目立ちにくいので審美的にも良好です。また、「G-ボンド」そのものが人工脱灰象牙質に強い接着力があり、その流れを引き継いだ「G-ボンド プラス」は、1ステップの中でも飛び抜けて良好な脱灰象牙質への浸透性があるというデータも出てきています。ですから、私が提唱している「モディファイド・シールド

レステーション(MSR)法"にも極めて有効に働く接着システムと考えています(図29)。

中川 それから、う蝕が大きく歯髄に近いようなケースではレジンで修復しますか。あるいはグラスアイオノマーセメントを敷いたりしますか。

吉山 私はレジンで修復しますが、グラスアイオノマーセメントで裏層を行う場合もあります。あるいは、レジン添加型の「フジライニングLG」を使うのもいいと思います。ことに歯髄との距離が0.5mmくらいになると歯髄に症状がなくても切削やう蝕の刺激もあるので、グラスアイオノマーセメントを敷いたほうがいいかもしれません。1mm残っていれば心配ないと思います。

中川 また、「G-ボンド プラス」とコンポジットレジンペーストとの相性はいかがですか？

吉山 G-ボンドと同様に、「ソーレ」などを充填する際にペーストが滑ることもなく窩壁に密着し、詰めやすいですね。この特性は、ボンディング材に入っているフィラーの効果や重合性が良いことに起因していると思います。

赤羽 そうです。「G-ボンド プラス」には、ボンディング材の強度を上げるためナノサイズのフィラーが入っていますが、これが接着力を上げることに寄与していますし、また、ペーストの填入のしやすさにも効果が出ていると思います。

吉山 また、最近では漂白歯へのレジン充填も多くなっています。漂白歯とレジンの色が合わないということで、やり直しのケースも多くなります。漂白を希望される患者さ

んはMI志向の方が多いので、レジン除去する際にも「あまり削らないで欲しい」という要望が強い。すると、エナメル質が接着対象になってきますため、その点でも、「G-ボンド プラス」はエナメル質への接着性が高まっているため対応できるのでいいですね。ただ漂白直後の未切削エナメル質への「G-ボンド プラス」の接着性は他の製品と同様に低下することが私共の研究で示されており、注意が必要です。また、「G-ボンド プラス」の人工的に脱灰した軟化象牙質への接着強さは、健全部では30MPaを超えています。脱灰部でも20MPaを超える接着強さを発揮することが明らかとなっています(図30)。したがって、実際の臨床でよく遭遇するう蝕影響象牙質には確実な接着が期待できるものの、う蝕検知液で赤く染色される。いわゆるう蝕感染象牙質に対しては再度の切削、あるいはレーザー照射など慎重な応用が望まれます。

中川 かつてのジーシーはグラスアイオノマーセメントのイメージが強かったのですが、初代の「G-ボンド」で接着にも強いというジーシー像ができ、今回のバージョンアップされた「G-ボンド プラス」で、接着イメージも確固としたものに成長したと思います。また、ジーシーが提唱するMI思想も、接着技術の進歩とともにさらに定着してきたと思います。本日は、ボンディング材「G-ボンド プラス」の話題を中心に、臨床家が日頃気になる接着の貴重なお話をたくさん伺えました。佐野先生、吉山先生、本当にお忙しいところありがとうございました。

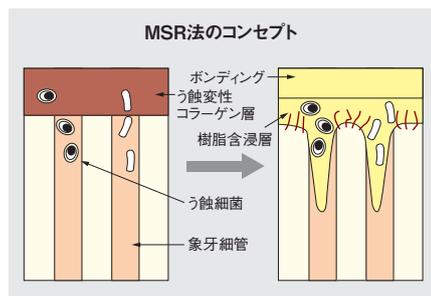


図28 MSR法のコンセプト。根管や接着界面に存在する細菌を接着性レジンでシールして封じ込める方法。これにより、細菌はエネルギーの供給が断たれ不活性化するため、う蝕は進行せず4~5年で再石灰化させることも期待できる。

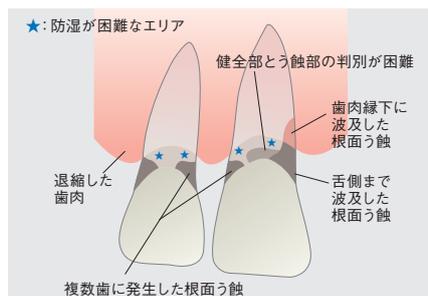


図29 根面う蝕における接着修復時の問題点。適切な形成と材料の選択で対処する必要がある。

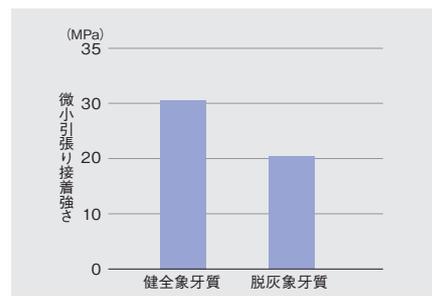


図30 「G-ボンド プラス」の健全象牙質と脱灰象牙質の接着強さの比較。「G-ボンド プラス」は脱灰象牙質においても約20MPaと高い接着強さを示すが、う蝕感染象牙質の削除については注意が必要である。(岡山大学田中久美子先生の未発表データより)