

Clinical Navigator

Pentron wishes to see all dental partners' smile

ペントロン クリニカル ナビゲーター



ペントロン クリニカル ナビゲーターは、ペントロン製品をご愛用いただいている先生方より寄せられた多くの情報をご紹介し、弊社製品の特徴をよりご理解いただくことを目的として発刊いたしました。ペントロンは一人でも多くのデンタルパートナーの美しい笑顔が見れるよう応援いたします。Clinical Navigatorが先生方の臨床にお役立て頂けることを願っています。

コンポジットレジン充填後のコントラクションギャップを抑制する象牙質接着前処理材「E-Lize」のプライミング効果について

●はじめに

歯質接着性高分子材料を用いた接着修復は、約30年前に本格的に臨床に導入され、いまや日常臨床には欠かすことのできない最重要材料として広く用いられています。すなわち、歯質削除量を最小限に控える“ミニマルインターベンション”は常識化され、流行語的に汎用されています。しかも、現在も次々と新しく開発、市販される新しいボンディングシステムは、接着材料のさらなる発達や進化を感じさせます。ところが一方では、このような市販システムの進歩は、最新のシステムでさえ臨床家によって自然淘汰され続けるという悪循環を暗示しています。したがって、最新といわれているシステムもいずれはさらに新しいと称するシステムに取って代わるだろうと予測され、臨床家の多くは半信半疑のまま修復処置を実践しなければならないという憂うべき現状を呈しています。

●市販システムとともに変化してきた象牙質接着理論

我が国で臨床応用が本格的に開始された当初の接着性コンポジットレジンシステムは、エナメル質、象牙質とともにリン酸処理し、酸処理によって拡大した象牙細管内にボンディング材が浸入硬化して接着が得られると解説されました(図1)。その後、デンティンボンディングは象牙細管ではなく、脱灰された管間象牙質にレジジン成分が浸透硬化して樹脂含浸層(ハイブリッド層)が形成され、この層を介して象牙質とレジジンが接着すると報告されました(図2)。このような報告のあと、デンマーク コペンハーゲン大学のムクスゴーとアスムッセンがデンティンプライマーを開発し、報告しました。プライマーの効果は、いまだに明確にはされていませんが、ハイブリッド層を接着の根拠とする多くの報告で、プライマーは象牙質コラーゲンを膨潤させ、ハイブリッド層の形成を促進すると推測されました。

これらの接着理論は、市販システムとともに変遷し、ずっと昔から変わらないはずの象牙質が、時代によって酸処理を指示されたり、禁止されたり、前処理のあとで象牙質窩壁を乾燥させたり、逆に軽く乾燥するだけで湿潤状態に保つ処理が指示されたりします。ところが、用いるボンディング材に関係なく、まず象牙質を接着に最適な条件に調整することが、デンティンボンディングを獲得する最も重要な条件になります。

●接着強さ計測値に臨床的意味があるか

このように接着理論が変遷してしまう最大の原因は、実際の臨床とは異なる評価法によって接着性が判定されていることにあります。現在、ほとんどすべての研究報告では、平坦な象牙質表面に対する接着強さの計測値を接着性能評価の基準としています。したがって、接着強さが大きければ大きいほど、接着性能は高いと判定されます。ところが、このような平坦な歯面に対する接着強さ計測は、歯科用セメントの性能評価に用いられる方法であり、窩洞に充填されるコンポジットレジンの窩洞適合性を正確に評価することはできません。いいかえれば、どのくらいの接着強さがあれば、確実な窩洞適合性を得られるかの結論は得られません。単に、高い接着強さを得るための努力が、材料やシステムの様々な変遷を誘発し、接着理論が市販システムに伴って変化します。象牙質が変わらないのに、その処理方法が変わってしまうのは、このように実際の臨床環境とはことなった接着評価法に原因があると考えられます。

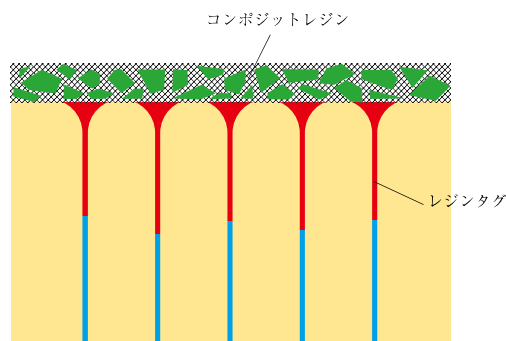


図1 初期に提唱された象牙質接着メカニズム

象牙質をリン酸処理すると、スメアー層は除去され、象牙細管は拡大する。この拡大された細管内に接着性モノマー(Phenyl-P)を含むデンティンボンディング材が浸入し、硬化して形成された小突起(細管内レジンタグ)によって象牙質に対する接着が獲得されると報告された。

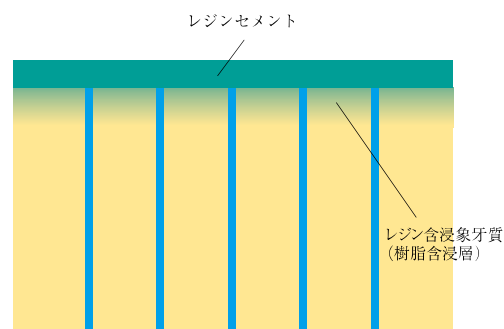


図2 樹脂含浸象牙質による象牙質接着メカニズム

塩化第二鉄を含むクエン酸(10-3水溶液)によって脱灰された管間象牙質に浸入硬化した4-METAを含むレジジンが樹脂含浸象牙質を形成し、その層を介して象牙質とレジジン間の接着が獲得されると報告された。

●デンマーク ユルゲンセン教授が提唱した、コントラクションギャップによる接着評価法

窩洞に充填されたコンポジットレジンペーストに可視光線を照射すると、ペーストは重合硬化すると同時に急激に体収縮し、窩壁から離れて窩縁との間にギャップが形成されます。これがコントラクションギャップです(図3)。コンポジットレジンの充填に先立って、歯面に対して様々な前処理が必要になるのは、このコントラクションギャップの形成を完全に阻止することに他なりません。実験的には、抜去歯のエナメル質を削除し、露出した象牙質内に円柱窩洞を形成します(図4)。この象牙質窩壁に接着処理を行ってコンポジットレジンを充填し、重合硬化させた10分後に、光学顕微鏡を用いて窩縁を観察します。コンポジットレジンと象牙質窩壁との間に接着が成立すれば、窩縁には両者の良好な適合が観察されますが、これとは逆にギャップが観察された場合には、象牙質接着が不成立であったことを意味します(図5)。繰返しになりますが、デンティンボンディングの目的とは、コントラクションギャップの形成を完全に阻止することです。もちろん臨床家は、充填後に探針と研ぎ澄まされた感覚を併せ、コントラクションギャップ試験と全く同様の方法によって修復物を臨床的に評価しています。我々は臨床家に代わって抜去歯を用い、口腔内の窩洞を模した修復物辺縁を光学顕微鏡を用いて高倍率で観察し、その結果を紹介しているに過ぎません。

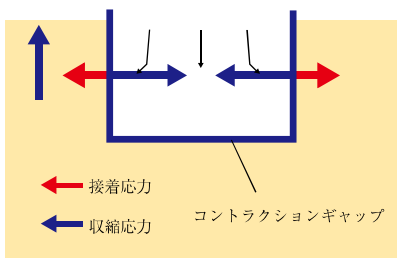


図3 コントラクションギャップ

コンポジットレジン重合時に窩洞の中央に向かって収縮するが、ボンディング材は硬化しつつあるコンポジットレジンペーストを窩壁に接着したまま重合を完了させようとする接着力を発揮する。双方の応力の相互作用の結果、コンポジットレジンの重合収縮が接着強さに勝った場合に辺縁とのギャップ(コントラクションギャップ)が形成される。



図4 コントラクションギャップ観察用の試片

ヒト抜去歯のエナメル質を平坦に削除して露出した象牙質内に円柱窩洞を形成し、コンポジットレジンで充填する。コンポジットレジンが重合した後に窩縁を光学顕微鏡を用いて観察する。通常は窩洞の歯根側窩縁(赤枠の部分)で、ギャップ幅が最も大きくなる。



図5 光学顕微鏡下で観察したコントラクションギャップ

ボンディングシステムの性能やコンポジットレジンの流れが悪い場合には、コンポジットレジンが窩壁から離れて窩洞の中心に向かって重合収縮する。

左写真: コンポジットレジンの収縮応力 > 接着応力
右写真: コンポジットレジンの収縮応力 < 接着応力

(ギャップフリー)

●コントラクションギャップの形成を阻止するための条件

我々は数多くの実験から、コントラクションギャップの形成を阻止する接着成立因子と、逆にギャップの形成を促進する接着阻害因子を的確に見出して報告してきました。形成された歯面にはスメア層が付着し、これが接着を妨げていることは広く認識されています。このスメア層は歯質の削り屑が付着した層であり、酸に溶解します。我々は既に、

1. スメア層を除去する際に象牙質窩壁を軟化させること(図6)
2. 接着性モノマーを含まないボンディング材を用いること(図7)

が、コントラクションギャップを形成する2大因子であることを明らかにしました。すなわち、象牙質内の無機質とボンディング材に含まれる接着性モノマーがデンティンボンディングの成立に重要な役割を担っていると考えることができます。さらに象牙質では、スメア層を除去し、ボンディング材を塗布する操作の間に、プライミングという特別の処理を行うことが、接着の確立に不可欠である事実が確認されました。

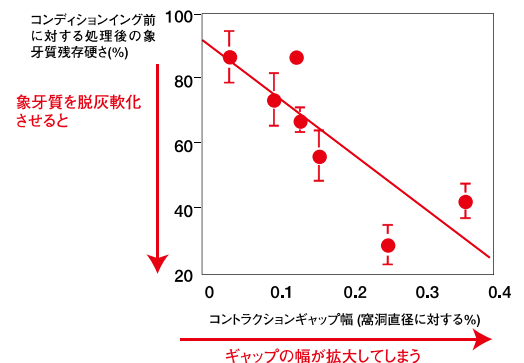
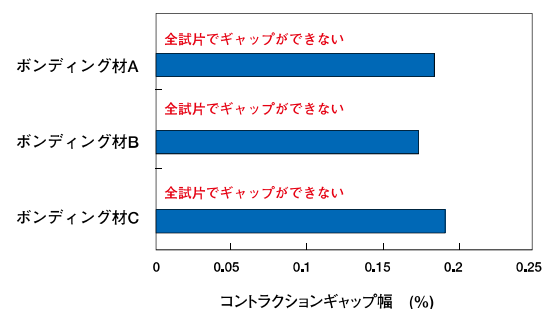


図6 象牙質軟化とコントラクションギャップの相関



接着性モノマーを含むボンディング材を用いた場合
ボンディング材から接着性モノマーを除いた場合

図7 ボンディング材中の接着性モノマーの有無とコントラクションギャップ幅の相関

ボンディング材から接着性モノマーを除去すると接着が成立せず、ギャップが形成されるようになる。

●象牙質接着の基本手順

エナメル質窩壁はリン酸ゲルを用いて酸処理すると、強力な接着が得られることはすでに広く認められています。これは、リン酸によってスマー層が溶解され、その後の水洗によってスマー層が窩洞外に排除されるのと同時に、エナメル小柱構造に基づく規則的な小陥凹が形成されるためです。エナメル質は有機成分が極めて少ないために酸処理によって歯質が軟化することがなく、つねに無機質を多量に含む新鮮なエナメル質が露出していきます(図8)。ところが象牙質を同様に酸処理すると、無機質が溶解除去されてしまい、有機質に富んだ軟化象牙質が形成されます(図9)。多くの報告では、このような脱灰象牙質層がハイブリッドの形成に有利であると解説されていますが、我々の実験結果では象牙質窩壁の軟化は接着を損なう最も大きな要因になります。したがって、できるだけ象牙質を脱灰軟化することなくスマー層だけを除去することが接着のキーポイントになります。しかしながら、スマー層を過不足なく除去しただけでは、接着に最適な性状に整えられたわけではありません。この後で、最も優れた性能を持つデンティンプライマー(35vol%グリセリルモノメタクリレート水溶液)を瞬間的に窩洞に満たし、すぐに乾燥させるだけで、象牙質窩壁は飛躍的に改質され、接着に最も適した性状になります。

●イーライズのキーワード“エナメライズ”

デンティンボンディング材は、エナメル質と象牙質窩壁の双方に同時に適用され、双方への接着が期待されます。しかしながら、現実にボンディング材はリン酸処理エナメル質のほうに強力に接着することが認められています。すなわち、より確実なデンティンボンディングを得るためには、象牙質をいかに酸処理されたエナメル質に近い性状に整えることができるかという一点に集約できます。多くの報告では、エナメル質と象牙質に対する接着は別々のメカニズムで説明されています。しかしながら、象牙質コラーゲンに接着するという推測は、ボンディング材がコラーゲンをほとんど含まないエナメル質の方に強く接着するという事実と明らかに矛盾しています。我々は論理的観点より、デンティンボンディング材はひとつの窩洞の中で、エナメル質、象牙質双方の窩壁に同じメカニズムで接着すると推測しています。そのためには、象牙質をいかに酸処理エナメル質に近似した性状に整えられるか、つまりいかに“エナメライズ”させることがデンティンボンディングの成否を決定すると考えます。

●単純化を極めたワンステップボンディングから基本的マルチステップへ

平坦な歯面に対する接着強さ計測値だけを評価の基準にした材料の変遷は、全ての窩壁をたった一つの処理材で前処理を可能とする“ワンステップボンディング”いわゆる“ステップレスボンディング”に進化、到達しました。ただし、コンポジットレジン修復物の脱落を主とする臨床トラブルが全て解消されたわけではなく、現存の市販システムが臨床家を満足させているか否かについては未だ結論は得られていません。残念ながら、現在国内で広く用いられているセルフエッチングプライマーや、かつて世界的に賞賛されたトータルエッチ、ウエットボンディング法などを含めて、全てのシステムはいずれも確固たる評価が得られていません。このような混乱期にこそ、基本的マルチステップを忠実に実践する必要があります。イーライズコンディショナー(0.5mol/L EDTA)を60秒間適用してスマー層を窩洞外に溶解除去し、さらにイーライズプライマー(35vol% Gryceryl mono-methacrylate :GM)を窩洞に瞬間的に滴下して乾燥するという簡単な手法によって象牙質を接着に最適な状態に整える接着の基本は、接着修復における最重要な第一歩となると考えます(図10/11)。

酸処理前のエナメル質高さ

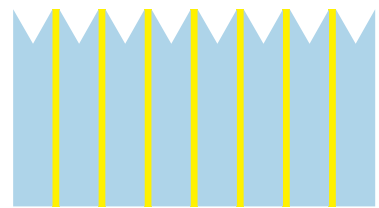


図8 エナメル質の酸処理イメージ

エナメル質を酸処理すると、ほとんど全てのエナメル質は溶解除去され、処理面の高さは低下しますが、接着に有利な無機成分に富み、浸透性の低い緻密なエナメル質が露出してくる。

酸処理前の象牙質高さ

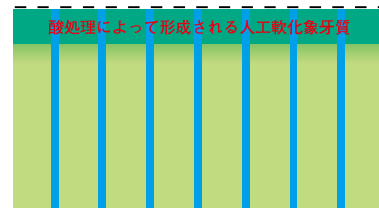


図9 象牙質の酸処理イメージ

象牙質を酸処理すると、処理面の高さは低下することなく、表層の無機成分は溶解除去される。その結果、被着面には水分やコラーゲンに富んだ有機質が露出し、いわゆる人工軟化象牙質の層が形成される。

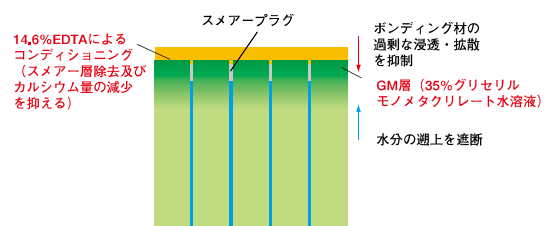


図10 イーライズによるコンディショニング／プライミングイメージ

イーライズコンディショナー(0.5mol/L EDTA)によるマイルドコンディショニングは、スマー層を除去、及び接着面におけるカルシウム量の減少を抑え、イーライズプライマー(35%GM水溶液)処理によってボンディング材に含まれる接着性モノマーの過剰な浸透及び、歯質内から蒸上する水分上昇を抑制する。このようなメカニズムによってボンディング材がもつ接着性能を効果的に発揮させ、コントラクションギャップを阻止することが可能となる。

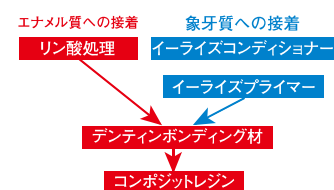


図11 エナメル質／象牙質同一のメカニズムによる接着

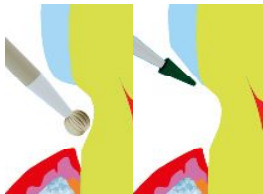
●イーライズは象牙質接着の基本となる

このようにイーライズによる歯面処理は、象牙質を接着に適した性状に整えるために必要不可欠な手法です。臨床的には、まずエナメル質窩壁をリン酸で処理します。続いて窩洞全体にイーライズ コンディショナーを満たし、60秒間放置した後、水洗・乾燥します。次にイーライズ プライマーを窩洞全体に滴下後、直ちに乾燥させ、これで象牙質接着の前処理が終了します。

プライミング直後には、できるだけ薄い菲膜を形成するボンディング材を適用することが重要であり、筆者はエタノールを溶媒とし、高い接着性を有する接着性モノマーを含むボンディング材としてクリアフィル フォトボンド（クラレメディカル社）を用いています。このような組合せによるボンディング処理は、コンポジットレジン修復のみならず、歯冠修復におけるあらゆる接着修復の基本ステップとなります。

イーライズの臨床使用手順

- 1.エナメル質のリン酸処理(10秒間)、水洗、乾燥
- 2.イーライズ コンディショナーを窩洞に満たす(60秒間)、水洗、乾燥
- 3.イーライズ プライマーを窩洞に満たす(1秒間)、乾燥
- 4.デンティンボンディング材の塗布
- 5.コンポジットレジン填塞



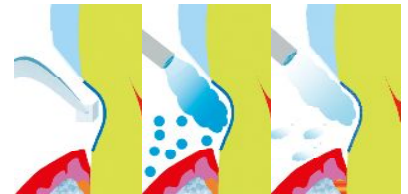
1. 窩壁の処理

歯頸部に生じた実質欠損の窩壁をラウンドバーで軽く一層削除し、カーボランダムポイントを用いて歯頂側エナメル窩縁にフラットペルを付与する。



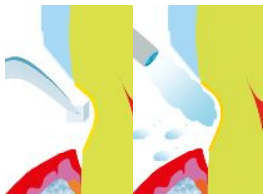
2. エナメル質のリン酸処理

できるだけ粘性の高いリン酸ゲルを用いてエナメル質窩縁だけを10秒間酸処理し、十分に水洗、乾燥する。



3. 象牙質のコンディショニング

窩洞全体にイーライズ コンディショナーを満たして60秒間放置し、十分に水洗、乾燥する。



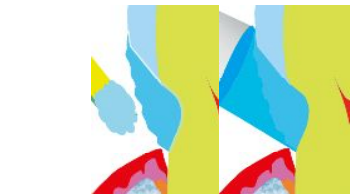
4. 象牙質のプライミング

窩洞全体にイーライズ プライマーを満たし、直ちに乾燥する。



5. ボンディング材の塗布

窩洞にボンディング材（クリアフィル フォトボンド/クラレメディカル社 が推奨できる）を塗布し、余剰なボンディング材をエアリーにて除去した後に、10秒間光照射する。



6. コンポジットレジンの填塞

直ちにコンポジットレジン（バルフィークエステライト/トクヤマデンタル社 が推奨できる）を填塞し、光照射する。



上記した1から6までの処理は連続的、かつ迅速に行う。とくにコンポジットレジンの付形に時間をかけすぎないように注意する。仕上げ研磨は、カーボランダムポイント、ホワイトポイント、シリコンポイントを順次できるだけ軽圧で用いておこなう。



アブフラクションによると
思われる歯頸部の実質欠損



エナメル質をリン酸処理し、
次いで窩洞全体をイーライズ
処理した後に、クリアフィル
フォトボンドとバルフィーク
エステライトを用いて修復した。

●まとめ イーライズは接着修復臨床を変えるー

エナメル質の被覆を失った象牙質は、口腔内で機械的な磨耗や咬耗、さらに感染の危険にさらされ、短期間のうちにさらなる欠損を生じます。そもそもコンポジットレジンを中心とする接着性修復は、人工エナメルジャンクションを介して象牙質を再被覆し、露出象牙質をこのような侵襲から永久に保護するために用いられます。しかし、一方では永年にわたる無数の研究報告にもかかわらず、ボンディングシステム自体の接着性能、露出象牙質をオーバーエッチングすることによる問題点、粘性の高いボンディング材を使用することにより形成される厚い人工エナメルジャンクションなどの是非についての結論がいまだ得られていません。今回、ペントロン社より発売された「イーライズ」は、これらの諸問題を一気に解消すべく、筆者らが1989年に開発したグリセリルモノメタクリレート水溶液の特性を生かして製品化された歯面処理材です。本材の誕生により筆者は、接着修復そのものを完成に近づけることができると確信しています。すなわち、コンポジットレジン修復のみならず、直接法レジンコアへの適用によって、天然歯色のコアの植立が容易となり、オールセラミクスなどのメタルフリー修復の臨床応用を一気に拡大させる可能性が期待されます。真に歯の延命を願う多くの臨床家の先生方にこのシステムを最大限活用することによってミナマルインターベンションをより効果的に、より簡便に実践して頂きたいと切に願っています。最後に本執筆にあたり、症例の提供をいただいた西川義昌先生（代々木上原デンタルオフィス）、児玉敏郎先生（こだま歯科医院）、修復手順の図説にご協力をいただいた谷千尋先生（昭和大学歯学部講師）に衷心より感謝申し上げます。

●白歯部レジン支台築造の修復例(ファイバーコア ポスト システム+ビルドイットFR)



境界部は極めて滑らかに移行しており、象牙質とレジンは、デンティンボンディングシステムによる接着で、明らかに一体化していると思われる。

●前歯部修復例(V級窩洞)



1. 術前. 上顎左右中切歯の歯頸部と左側隣接部に齲蝕が認められる。



2. 処置が歯肉線下にまで及ぶため、歯肉圧排を行い、エナメル質をリン酸でエッチングする。



3. 象牙質のスメア層を取り除くためイライズコンディショナー(0.5mol/L EDTA)を60秒間作用させる。



4. 象牙質接着面を接着に適した状態に改質するため、イライズプライマー(35vol%グリセリルモノメタクリレート水溶液)を塗布する。



5. ボンディング材塗布。皮膜は薄いほうが、審美的充填には有利である。



6. 明度が上がりすぎないように、フロアブルレジンを窩洞へ一層充填した後、トランスエナメルのみで充填を完了した。

●白歯部の接着修復例（オールセラミック アンレー）



1. エナメル質のエッチング

37%リン酸ジェルによりエナメル質部分をエッチングする。この際、象牙質を脱灰しないようにリン酸ジェルはタッペンガラス等に少量採り、インスツルメント等を用いて慎重にエナメル質部分のみ塗布する。（水洗・乾燥）



2. コンディショニング

イーライズ コンディショナーを接着面に塗布し、象牙質をコンディショニングする。（60秒後、水洗・乾燥）



3. プライミング

イーライズ プライマーを接着面に塗布し、象牙質をプライミング処理する。（塗布後十分に乾燥）



4. ボンディング処理

接着面にボンディング処理を施す。本症例ではクリアフィル フォトボンド（クラレメディカル社）を使用し、塗布後10秒間照射する。



5. 修復物の接着

修復物側の接着面に接着処理（シランカップリング処理等）後、皮膜の薄いレジンセメントを用いて修復物を接着する。

●ファイバーコア ポストによる支台築造例（直接法）



1. 築造窩洞形成

直接法によるレジンビルドアップを開始する。



2. 築造窩洞内の清掃

ロータリーブラシを用いて窩洞内に付着した接着阻害因子を除去。除去後は十分に水洗する。



3. デンティンコンディショニング

イーライズ コンディショナーを窩洞内及び接着面に塗布する。（60秒後、水洗・乾燥）



4. デンティンプライミング

イーライズ プライマーを接着面に塗布し、象牙質をプライミング処理する。



5. 乾燥

エアースリンジ等により完全に乾燥させる。



6. デンティンボンディング

クリアフィル フォトボンド（クラレメディカル社）を塗布する。



7. 光照射

ボンディング材を効果的に重合する。以上の操作で人工デンティンジャンクションが完成し、歯質との接着が完了する。



8. 支台築造用レジン注入

ビルドイットFRを窩洞内へ気泡を巻き込まないように注入する。



9. ファイバーコアポスト挿入

速やかにファイバーコア ポストを挿入し、ビルドイットFRをビルドアップする。



10. 形成

支台歯形成を行う。イーライズで処理することで、良好な接着が可能となり、象牙質・レジンジャンクションも極めて移行的に仕上がっている。



11. 完成

オールセラミッククラウンによる修復を行う。支台歯を含めたメタルフリー修復により、口腔内に調和した自然な修復が可能となる。

E-Lize™ Conditioner/Primer

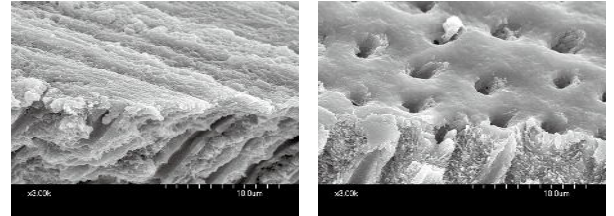
イーライズ コンディショナー / プライマー

イーライズはデンティンボンディング前の象牙質接着面を接着に適した状態に改質することで、ボンディング材がもつ接着性能を効果的に発揮させ、コンポジットレジン充填作業におけるコントラクションギャップを阻止します。

●健全象牙質のオーバーエッチングを抑制

イーライズ コンディショナーによるマイルドコンディショニングは、ボンディング材に含まれる接着性モノマーとの反応に必要な無機質成分（カルシウム）の減少を抑えながら、接着阻害となるスメアー層を効果的に除去することができます。

【コンディショニング前後の象牙質表面 SEM 像】



コンディショニング前

コンディショニング後

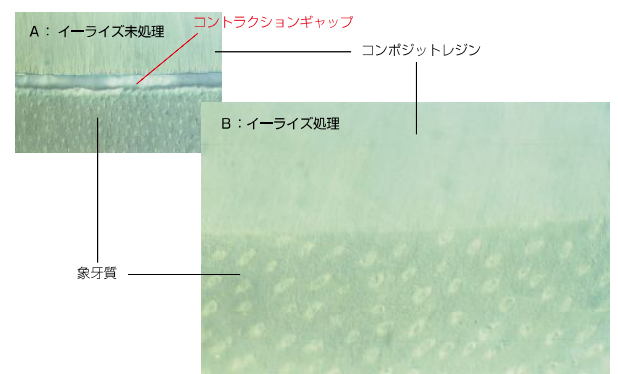
コンディショニング後はスメアー層が除去され、管周象牙質がイーライズ コンディショナーにより脱灰されています。

●イーライズ プライマーによる象牙質接着表面の改質

35vol% のグリセリルモノメタクリレート水溶液は、接着性モノマーの歯質内への過剰な浸透を抑制し、同時に歯質内の水分上昇を抑えながら、EDTA 処理された象牙質接着面をエナメル質に近似した物理・化学的性状に調整するものと考えられています。

これらの理論から誕生したイーライズ プライマーは、ボンディング材の接着性能を向上させ、充填用コンポジットレジンの重合収縮によるコントラクションギャップを阻止する歯面処理材です。


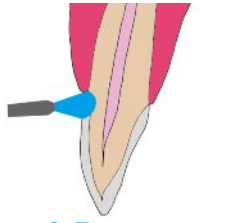

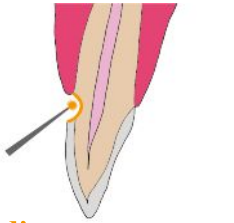
【コンポジットレジン・象牙質接合部 光学顕微鏡像】



ボンディング材のもつ接着性能がコンポジットレジンの重合収縮を上回ることによって、コントラクションギャップのない良好な界面を得ることができます。

画像提供：昭和大学歯学部保存修復学講座 准教授 伊藤和雄先生

【操作ステップ】

<p>①</p>  <p>Conditioning</p> <p>イーライズ コンディショナーによるコンディショニング形成を行った窩洞内にイーライズ コンディショナーを塗布し、スメアー層を除去します。(60秒放置)</p>	<p>②</p>  <p>Rinse & Dry</p> <p>水洗・乾燥 窩洞内を水洗及び乾燥させます。</p>	<p>③</p>  <p>Priming & Dry</p> <p>イーライズ プライマーによるプライミング・乾燥 イーライズ プライマー塗布後、直ちに乾燥させます (塗布後の放置及び水洗は不要)。</p>	<p>④</p>  <p>Bonding</p> <p>ボンディング材塗布及び重合 市販のボンディング材を塗布し、デンティンボンディングを行います。塗布方法はボンディング材の取扱説明書に従ってください。</p>
---	---	--	---

【包装】

- イーライズ コンディショナー 30mL
- イーライズ プライマー 4mL



デンティンボンディング材は、アルコール分を含むできるだけ薄い菲膜を形成する材料が推奨されます。

管理医療機器 歯科材料 (5) 歯科用接着充填材料 歯面処理材 (70859000)
認証番号: 220AGBZX00022000号

ご使用に際しては製品添付文書をよく読み正しくご使用ください。