

Minimal Interventionを意識した う蝕除去と窩洞形成

それらに応じた歯質接着システム選択のポイント

京都府 宮地歯科医院
歯科医師
宮地秀彦



はじめに

Minimal Intervention (以下MI) という言葉がFDI (国際歯科連盟) によって提唱されてから約20年が経ち、現在では2012年のFrenckenらのレポートを経て、2016年にポーランドのポズナンで開催されたFDI総会において、次のように改訂されています。

- ①う蝕病変をできるだけ早期に発見して、各々のう蝕リスク・活性を評価する
- ②脱灰した歯質は安易に切削せず、まず再石灰化を試みる
- ③健全歯を誤って削らないような的確

- な測定を行う
- ④患者さんごとに適した定期検診を行う
- ⑤歯を温存するため、削る治療は必要最小限に留める
- ⑥不良修復物は交換よりも修理で対応する

特に修復治療的アプローチにおいて、MIコンセプトに則った治療法としては、やはり直接コンポジットレジン修復が第一選択であると考えられますが、それを適切に具現化するためには、う蝕の発生から進行に至る病態と高分子材料による歯面への接着のメ

カニズムを正しく理解し、実際の手技に反映させる必要があります。

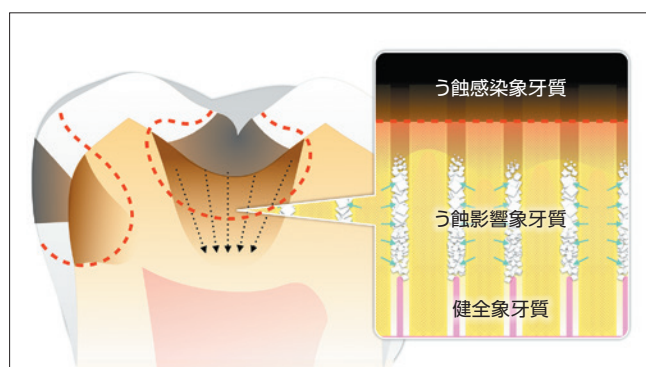
今春、ジーシーより新世代の2ステップボンディングシステムである「G2-ボンド ユニバーサル」が発売されたことを受け、筆者が日頃臨床でMIを意識しながら心がけている、う蝕除去から窩洞形成に至るまでの勘所と、2015年以來発売されている1ステップボンディング「G-プレミオ ボンド」と「G2-ボンド ユニバーサル」をそれぞれどのように使い分けているのかを、紹介したいと思います。

Minimal Interventionを意識したう蝕除去のプロトコール

まずう蝕は、表層からの脱灰や亀裂に伴う細菌の侵入に始まりますが、エナメル質を通過してエナメル象牙境 (DEJ) に達すると境に沿って側方へと拡散・進行します。さらに象牙質では、象牙細管に沿ってより歯髓のある深部へと円錐状に侵蝕・進行していきます。

それに対するう窩開拡の範囲としては、DEJや象牙細管

の進行に沿って拡散したう蝕を確実に除去できる最小限度に留めるよう、慎重に行わなければなりません。具体的には、既に崩壊してう窩となっている部分や小窩裂溝や隣接面接触点などの不潔域、う蝕象牙質が透過してははっきりと視認できるところの直上から慎重にアクセスしていきます。

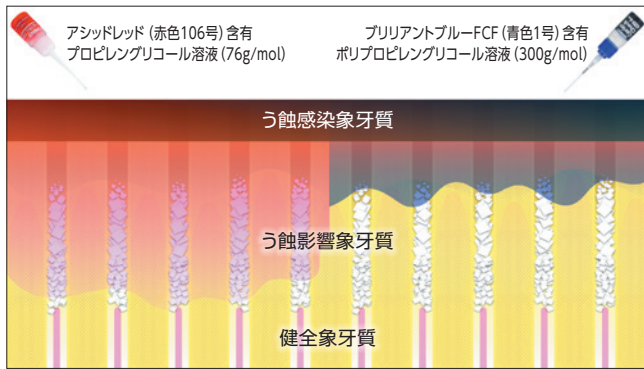


図A 一般的なう蝕の進行形態 (左)。この形態は「う蝕円錐」とも呼ばれています。これらの進行形態をあらかじめ理解しておくことで、う蝕除去時に三次元的なイメージを有しやすくなります。また、う蝕象牙質には、細菌の侵入が認められ、ハイドロキシアパタイトのみならずコラーゲン線維も崩壊した第1層 (う蝕感染象牙質) と、酸による影響を受けているものの細菌は存在していない第2層 (う蝕影響象牙質) とがあります (右)。特に後者は生活歯の場合、細管封鎖などの防御反応も含めて一時的に軟化するものの、時間はかかりますが再石灰化によって生理的に回復することが可能であることが、多くの研究で示唆されています。

う蝕象牙質は、細菌が侵入して酸によって軟化・脱灰、コラーゲン線維も崩壊したう蝕感染象牙質と、健全象牙質より若干軟化しているものの、細菌は存在せず構造が保たれているう蝕影響象牙質に二分されます(図A)。

生活歯における影響象牙質は、「再石灰化によって生理的に回復可能である。」といくつかの報告で示唆されていることから、歯質の硬さと着色の程度、そしてう蝕検知液による

染色などによって選択的に感染層を除去することが原則となります(図B)。特にう蝕検知液の登場は、コンポジットレジンなどによる接着性修復が「Minimal intervention dentistry」として世界的な潮流として推奨される大きなきっかけになったと言えます。MIを念頭に置いたう蝕除去のためには、このようなことをあらかじめ念頭に置いておくことが必要です。



図B 従来からの硬さや着色といった指標に加えて、う蝕感染象牙質の識別法として用いられているのが、アシッドレッド等の色素を含有したプロピレングリコール溶液、いわゆるう蝕検知液による染色法です(左)。この方法によるう蝕感染象牙質の選択的除去は、MIコンセプトでのう蝕治療において必須です。近年ではう蝕影響象牙質への過剰染色を防ぐために、分子量の大きいポリプロピレングリコールに成分変更したもの(右)も登場しています。

現代の歯質接着システムを念頭に置いた窩洞形成

本来MIの観点からすると、機械的保持を求める厳密な意味での窩洞形成のプロトコルはもはや必要ないかもしれません。

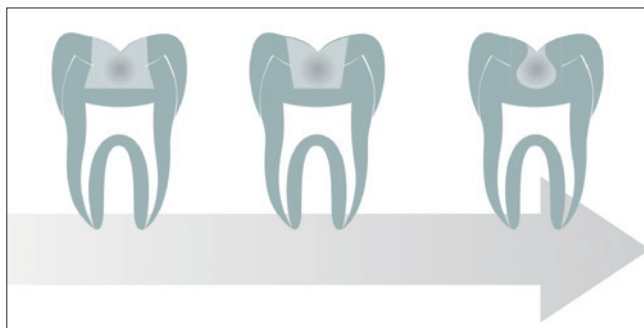
19世紀末のG.V.Black博士による窩洞の分類は、う蝕の好発部位(不潔域)における窩洞の具備条件を提唱したのですが、歯頸部の楔状欠損や歯根面のう蝕などについては言及、分類されていません。なにより当時の金箔

やアマルガムなどによる成形(充填)修復、そして当時最先端の治療法であった鑄造修復法については、いずれも歯質との接着という概念が全く存在せず、あくまで機械的保持が主に求められていました。

歯質との高い接着を実現したコンポジットレジン修復が普及した現代においては、歯質の過剰切削を避けるためにも、もはや窩洞の形態をそれほど追

求する必要はないかもしれません。しかしながら、Blackの窩洞の分類における部位は、現代においてもしばしば修復の対象となることに変わりはありません。

そこで現代の保存修復治療においてMIコンセプトを念頭におくことで、どのようにmodernize(現代化)された窩洞形成が望ましいかを以下に紹介いたします。



図C かつての金箔やアマルガムなど歯質接着性のない材料による成形修復(左)の場合、内開きやアンダーカットといった機械的保持形態を付与することが求められていました。やがて鑄造修復の登場によって修復物の機械的強度は飛躍的に向上しましたが、便宜的な外開き形状とともに箱形・鳩尾形などの機械的保持形態(中)は依然として必要でした。歯質接着技術の登場によってそれらの制約からは解放されて、直接コンポジットレジン修復の場合、う蝕感染歯質の選択的除去により一層の主眼が置かれた窩洞形態(右)になっています。



図D 近年では間接修復法においても接着性レジンセメントや高強度セラミックス修復材料などの登場に伴い、要求される窩洞形態(左)は従来の箱型窩洞から大きく変化してきています。しかしながらコンポジットレジンによる直接修復法における窩洞(右)と比較すれば、その歯質削除量は依然として多く、象牙質コーティング(Immediate Dentin Sealing)やアンダーカット封鎖などの前処置も必要です。

Class1 (臼歯の小窩裂溝、前歯の舌面小窩)



図E Class1 "modernized" cavity
(G-プレミオ ボンド・G2-ボンド ユニバーサル・エッチャント)

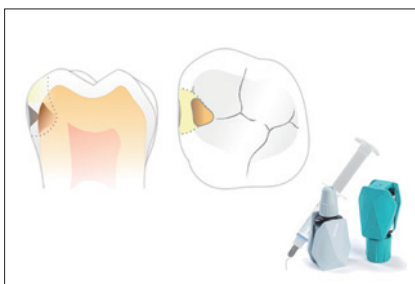
咬合力を強く支持する咬頭部の隆線(特に機能側)を極力温存することを心がけながら、慎重に小窩裂溝の感染部分を除去します。その際、う蝕進行による穿下部はう蝕検知液による染色確認を行いながら確実に除去しますが、裂溝そのものの追従(予防拡大)は必要最小限に留めます。つまり安易に頬(舌)面溝へと延長・一体化せず、選択的に除去することで、個々に独立した窩洞として対応するよう心がけます。

なお開口部が狭く深い窩洞となることが多いですが、反面四方をエナメル質に囲まれていることからC (configuration)-Factorが大きく、コンポジットレジン充填時には収縮応力に伴う接着界面の剥離などに注意が必要です。

筆者が臨床で主に用いる材料選択

初発性の場合、エナメル質をリン酸ゲルでセレクトティブエッチングしてから、被膜厚さが薄く経時的に褐線の出にくい1ステップのボンディング材(G-プレミオ ボンド)で接着処理し、グレースフィル フローなどのフロアブルレジンで垂直的に積層充填を行います。一方、元々メタルインレー修復などが施されていた続発性(再発性)の場合は、初発性に比べ窩洞が深く広くなりがちです。よってボンディング層の機械的強度向上を目的として、2ステップタイプのボンディング材(G2-ボンド ユニバーサル)を使用します(咬合接触の程度などによっては、エナメル質のセレクトティブエッチングも併用します)。

Class2 (臼歯の隣接面)



図F Class2 "modernized" cavity
~primary~
(G2-ボンド ユニバーサル・エッチャント)

Ⅱ級窩洞に限った話ではありませんが、切削介入前にはあらかじめエックス線写真(咬翼法・平行法が望ましい)や透照診などで病巣の位置、咬合紙などで対合歯との接触状態を確認するよう心がけます。特に初発性の場合、筆者の場合辺縁部のエナメル質を可及的に温存するよう同側小窩から最短距離でDEJに向かって(トンネリング)アプローチすることが多いです。ただし内面に沿った感染象牙質を除去する際、偶発的に破折してしまうことも少なくありませんので、その場合は以降ミニボックス窩洞として取り扱います。また隣在歯の隣接面にもう蝕が生じている際にはそれらの直視確認および直達処置のために、トータルでの削除量や咬合関係などを勘案して、当初からミニボックスとしてアプローチします。

筆者が臨床で主に用いる材料選択

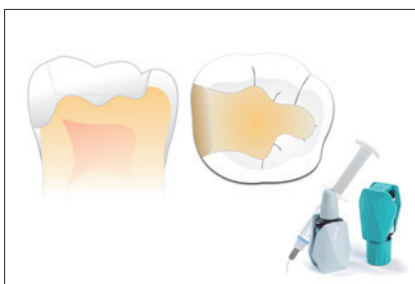
深部は髄角に近接していることが多いので、むやみに象牙細管を開かないようセルフエッチングタイプのプライマー、そしてテクニカルエラーの偶発を考慮し確実性の高い2ステップタイプのボンディング材(G2-ボンド ユニバーサル)を使用します(咬合力の強いケース等においては、エナメル質のセレクトティブエッチングを併用します)。

続発性(再発性)の場合、原則としてもともと装着されていた修復物を外さずに追加充填を行うことがMIの観点からは理想的ですが、臨床における現実問題としては、残念ながら継続に値する修復であることはそう多くありません。それでも旧修復物を除去する場合は、窩洞外形をいたずらに拡大しないよう心がけましょう。

またメタルインレーからの再修復の場合、充填の便宜性や隣接面の縁端強度確保のためにフレアーカーブを便宜的に修正することはやむを得ないと考えられがちですが、エナメル質に対する接着強度や咬合接触状態などによっては、必ずしもその限りではありません。

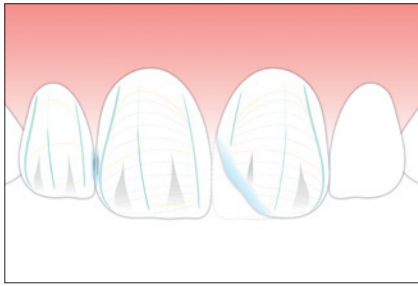
筆者が臨床で主に用いる材料選択

このようなケースでは、セレクトティブエッチングを行ったうえで、接着強度および耐久性の高い2ステップタイプのボンディング材(G2-ボンド ユニバーサル)を使用します。



図G Class2 "modernized" cavity
~complex&secondary cases~
(G2-ボンド ユニバーサル・エッチャント)

Class3 + Class4 (前歯の隣接面)



図H Class3&4 "modernized" cavity

G.V.Black博士の時代から窩洞形成の概念が大きく変化したのは、このカテゴリーだと思います。なぜなら接着修復の発達によって機械的保持の追求を以前よりも必要としなくなった恩恵を最も受けているからです。また、MIの観点だけでなく、修復後に周囲歯質との高い審美的調和を達成するためには、便宜的な隅角削除は絶対に行わず可及的に小さく、特に隅角・隆線を跨がないように外形線を設定するほうが望ましいです。ただし外傷性破折や、(ごく稀にですが)術中の偶発的破折などやむをえないケースも中にはあります。



図I Labial and lingual opened cavity (G-プレミオ ボンド・G2-ボンド ユニバーサル・エッチャント)

筆者が臨床で主に用いる材料選択

唇側に開放した窩洞の場合、ベベルを付与することで、エナメル質の接着面積増大と色調適合性の向上を期待します。この場合、セレクトティブエッチングおよび1ステップタイプのボンディング材 (G-プレミオ ボンド) を選択することが多いです。また、舌側開放窩洞の場合は、臼歯部と同様にベベルは付与せず、縁端強度を確保することで、咬合接触時の縁端破折を予防します。

切縁部やエナメル質の占める割合が多い時には2ステップタイプのボンディング材 (G2-ボンド ユニバーサル) にセレクトティブエッチングも併用します。

Class5 (前臼歯歯頸側 1/3)、そして NCCL、根面う蝕



図J Class5 "modernized" cavity for NCCL (G-プレミオ ボンド・G2-ボンド ユニバーサル)

NCCL (Noncarious cervical lesion、非う蝕性歯頸部歯質欠損) に対してコンポジットレジン修復以外のCTG (Connective tissue graft、結合組織移植術) およびCAF (Coronally advanced flap、歯肉弁歯冠側移動術) などによる根面被覆で対応するほうが望ましいケースも当然考えられますが、それは別の機会に述べたいと思います。

また、そもそもNCCLを修復の適応とするべきかの議論も以前よりありますが、OCT (光干渉断層撮影) を用いた近年の研究では、窩洞深部、すなわち歯髄側の脱灰痕やDEJにそった微小亀裂が認められていることから、修復を積極的に検討すべきだと筆者は考えています。

ただし、この部位における一番の問題は、歯根側 (場合によってはほぼ全周) のマージンを耐酸性の低い象牙質に求めざるを得ないことです。接着力が向上したとはいえ充填時の収縮応力も不均一になりやすく、辺縁漏洩の発生が懸念されがちです。

また、近年の高齢化社会において、このカテゴリーに該当する実質欠損を有する患者さんは急増しており、術後のメンテナンス不良や合併症としての象牙質知覚過敏など不安要素が多いことから、今後の課題だと言えます。

筆者が臨床で主に用いる材料選択

積極的なエッチングは行わず (行うとすればエナメル質内のマージンにおいてのみ、反対にトータルエッチングは禁忌に準じると考えています)、処置時間が負担になりやすい高齢者の処置時や浅い窩洞なら1ステップタイプ (G-プレミオ ボンド)、深く縁下に至るような場合なら、耐酸・耐水性の高い被膜層を形成する2ステップタイプのボンディング材 (G2-ボンド ユニバーサル) を使用します。

症例1 前歯 Class3 症例



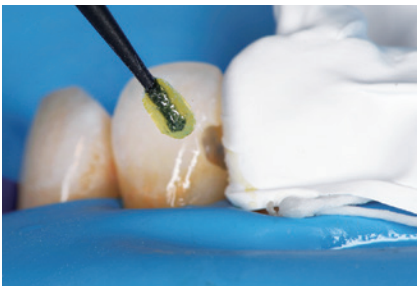
1-1 術前の口腔内写真。23歳男性、上顎前歯部の冷水痛・甘味痛および食片圧入を主訴として来院されました。全体的にブラークコントロールは不良傾向でした。



1-2 X線撮影や咬合診査等を経て歯面清掃・う蝕除去。歯質削除量や術後の審美性・清掃性なども考慮して、あえて唇側からアプローチしています。



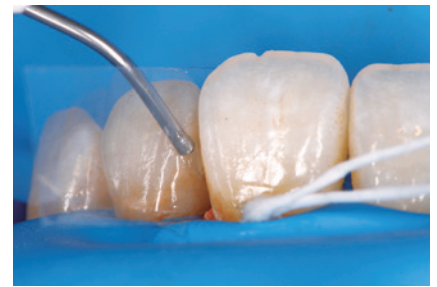
1-3 感染部除去後、ラバーダムの装着。高温・高湿である口腔内での歯質接着処理のためには欠かせない修復前準備のひとつです。



1-4 G-プレミオ ボンドで接着処理。隣在歯表面にボンディング材の飛沫が付着しないようPTFE製のテープでマスキングを行っています。



1-5 G-ライト プリマII Plusで5秒間光照射。可及的に至近距離から、十分な時間をかけて照射します。



1-6 プラスチックストリップス (エピテックス)による隔壁下でフロアブルレジン (グレースフィル フロー AO3+ゼロフロー E3)を用いた充填。このようなMI窩洞の場合、フロアブルレジンとは煩雑な充填操作を必要とせず有用です。



1-7 充填硬化後、メタルストリップスによる形態修正および研磨。



1-8 周囲に溢出・付着硬化したボンディング材はシクルスケーラー (アメリカン イーグル ブラックジャック) やディスポーザブルメスなどで慎重に除去します。



1-9 シリコーンポイント (マイジンガー ポリッシャー FP9762M (RA/CA) 040) で辺縁部を仕上げ研磨。



1-10 ホイール型だと付与した形態を損ないにくいです (マイジンガー ポリッシャー FP9769F (RA/CA) 100を使用)。



1-11 術後の口腔内写真。患者さんにはブラッシング不良に伴う歯肉炎を併発していることを説明し、歯科衛生士によるブラッシング指導とともに修復部の経過観察中です。

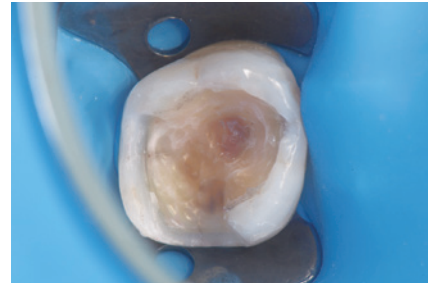
症例2 臼歯 Class1 症例



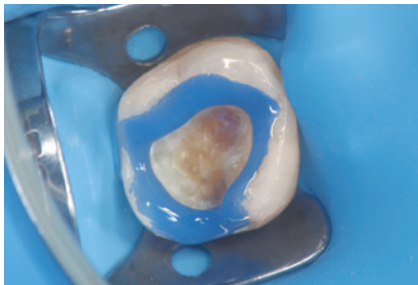
2-1 術前の口腔内写真。51歳女性、上顎臼歯部の咬合時違和感および甘味痛を主訴として来院されました。メタルインレーは10数年前に近医で処置したとのことでした。



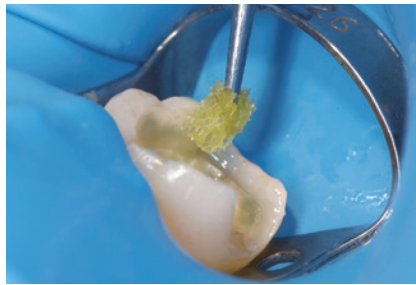
2-2 メタルインレーを除去。スリットを入れた時点で脱落し、合着不良であったことが窺えます。



2-3 ラバーダム防湿下で旧裏層材およびう蝕感染象牙質を除去。感染範囲自体は小さかったですが、術前のX線写真撮影により、もともとの窩洞が深く歯髄に近接していたことを確認しています。



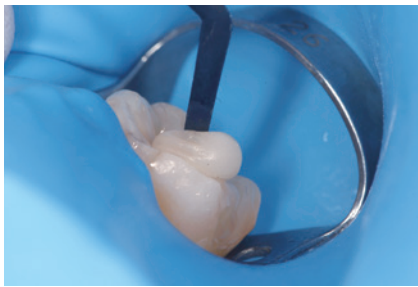
2-4 直接咬合力が負荷される部位のため、リン酸ゲル（エッチャント）でエナメル質をセレクトティブエッチング。



2-5 G2-ボンド ユニバーサルで接着処理。広範囲の窩洞のため、十分な量を含ませたスポンジで塗布し、光重合を行います。



2-6 フロアブルレジン（グレースフィル バルクフロー U+ローフロー A3.5）で窩底部をライニング。



2-7 ペーストタイプのレジン（グレースフィル パテ E1）を充填して咬合面形態を大まかに付与。



2-8 光照射、硬化後。



2-9 咬合調整および形態修正（マイジンガー ダイヤモンドポイントDM830F（FG）021を使用）。



2-10 研磨直後の口腔内写真。現在経過観察中ですが、術前のような症状もなく良好な使用感を得られているようです。



まとめ

1950年代にBuonocoreらがリン酸処理によるエナメル質へのレジン系材料の接着を発表してから、歯質への高分子材料の接着技法は、これまで世界中で研究開発が進められてきました。G-プレミオ ボンドと今回発売されたG2-ボンド ユニバーサルはそれぞれ、その何世代もの進化の果てにある第8世代と第9世代のボンディングシステムに位置づけられると、筆者は考えています。

ですが、たとえ最新の高性能なボンディングシステムであったとしても、そ

れらを漫然と使うだけで性能を最大限に発揮できるわけではありません。予知性の高いコンポジットレジン修復を成し遂げるためには、あくまでも私たち歯科医師がボンディングシステムやコンポジットレジンの具備する性質や特性を深く理解し、かつ正しく用いることができるかにかかっているといつても過言ではありません。また、う蝕治療の本分である「感染の除去による症状改善を経て機能性・審美性の回復を図り、二次的トラブルや再発を予防する」ことも疎かにしてはなりません。

いずれにしても歯は一度削ってしまえば最後、自然に再生することは現在のテクノロジーではあり得ません。どんなに素晴らしい修復を施したところで、あくまでそれは精巧なイミテーションでしかないのです。よって、う蝕に対する修復治療を手がける時には、いつでもその処置が対象歯にとっての最後のチャンスであるかのように真剣に取り組み、かつできるだけ実際に最後の治療介入となるよう、心がけていただきたいものです。



宮地秀彦 (みやじ ひでひこ)

京都府 宮地歯科医院 歯科医師・博士(歯学)

略歴・所属団体◎2001年 大阪歯科大学卒業。2006年 大阪歯科大学大学院歯学研究科修了(歯科保存学専攻)。2007年 坂根歯科診療所(京都府)勤務。2012年 大阪歯科大学助教(歯科保存学講座)。現在 宮地歯科医院(京都府長岡京市)勤務。大阪歯科大学歯科保存学講座非常勤講師。京都歯科医療技術専門学校講師。奈良歯科衛生士専門学校講師。行岡医学技術専門学校講師。日本歯科保存学会/日本歯科審美学会/日本接着歯学会/日本臨床歯科学会