

学 位 論 文 題 名

Comparison of bonding efficacy of an all-in-one
adhesive with a self-etching primer system.

（一液性試作アドヒーシブとセルフエッチングシステムとの接着性能の比較）

学位論文内容の要旨

接着性コンポジットレジン修復は現在、臨床の場で広く行われている。アドヒーシブレジンとはコンポジットレジンの歯質との接着を仲介するものであり、その基本的構成は、歯面処理材、プライマーレジンおよびボンディングレジンである。これら3つの働きにより、歯質の脱灰、親水性モノマーの浸透と疎水性モノマーの架橋・重合が行われ、歯質との接着が達成される。臨床においてはより簡略化された接着操作が望まれ、接着に必要なステップの簡略化が計られてきた。現在では2ステップシステムが広く用いられており、そしてさらにステップを少なくした1ステップのものが最近各社から多く商品化されている。

1ステップ接着システムには、処理前に2つのボトルから1液ずつ混ぜて用いるものや触媒のみ処理前に混ぜて用いるものなど、様々なタイプのものがあるが、最終的に1液のレジン溶液で歯面との接着に必要な脱灰、モノマーの浸透、重合の操作を効果的に行うように設計されている。今回用いた試作アドヒーシブは、最も単純な形態で1つの容器内に全ての要素、つまり酸性機能性モノマー、溶媒、重合開始触媒を含んだワンボトルタイプのオールインワンアドヒーシブである。

この一液性試作アドヒーシブの接着性に関する過去の研究では、他のワンステップアドヒーシブシステムと同等か良好な成績が報告されている。ワンステップシステムはステップが簡略化され臨床的操作も容易であるとされている反面、一般的にその接着性能については疑問視する報告も多く見られる。

近年、接着システムの歯質に対する接着性能の評価は、微小引張り接着強さ試験による接着強さやサーマルサイクリング後の辺縁漏洩試験などを用いて総合的に行われる。この一液性試作アドヒーシブに関する前述の研究では、象牙質に対する剪断強さのみで接着性を評価しており、エナメル質と象牙質が混在するような臨床的に多く遭遇する窩洞に対する接着性を十分に評価しているとはいえない。本研究では一液性試作アドヒーシブ（ヘレウススクルツァー社製ADボンド、以下AD）の接着性能をサーマルサイクリング後の辺縁漏洩試験ならびにエナメル質及び象牙質に対する微小引張り接着強さの測定により評価し、合わせてセルフエッチングシステム（クラレメディカル社製クリアフィルメガボンド、以下SE）と比較・検討した。またステップの簡略化により、エナメル質に対する脱灰能の低下が懸

念されることから、エナメル質の脱灰能を SEM 観察にて評価した。

〔方法〕

1. サーマルサイクリング後の辺縁漏洩試験：ヒト小白歯歯頸部に直径 3mm、深さ 1.5mm の V 級窩洞を形成した。窩洞は各システム 10 歯ずつ作製した。メーカーの指示通りに各種アドヒーシブを塗布後、コンポジットレジンで充填、光照射した。37℃水中に 24 時間保管後研磨し、5℃-55℃のサーマルサイクリングを 5000 回行った。終了後、マージン部以外にバーニッシュを塗布し、0.5%塩基性フクシンに 2 時間浸漬、水洗後にエポキシレジンに包埋した。エポキシレジン硬化後、ダイヤモンドディスクにて長軸方向に 2 箇所切断し、得られた 4 縦断面において窩壁適合性を色素の浸透性により評価した。
2. エナメル質及び象牙質に対する微小引張り接着強さの測定：低速のダイヤモンドディスクにてヒト小白歯を歯頸部で分断し、V 級窩洞を想定し、歯冠側エナメル質および歯根側象牙質を耐水研磨紙 #600 にて切削し、それぞれ被着面とした。試料は各システム 10 歯ずつ作製した。メーカーの指示通りに各種アドヒーシブを塗布、コンポジットレジンで積層した試料を、37℃水中 24 時間保管後、0.5 mm×1 mm の角柱試験片を作製し、1 mm/min の速度で試験を実行した。
3. エナメル質に対する脱灰能の評価：ヒト前歯唇側面を耐水研磨紙 #600 にて 1 分間研磨後長軸方向に 2 箇所切断し、3 片の平滑なエナメル質面を作製した。蒸留水にて 1 分間超音波洗浄した後、中央部はコントロールとして用いることにし、未処理とした。またスミア層の保護の為に切縁側半分をビニルテープにて覆った。左右側 2 片を AD または SE プライマーをメーカー指示通り塗布し、その後アセトンと蒸留水で各 30 秒ずつ超音波洗浄した。それぞれの液には光重合開始剤が含まれていることから塗布以降の処理は暗室にて行った。全ての処理後にデシケータ内で 24 時間保管後、通法により金蒸着し、SEM 観察した。

〔結果および考察〕

漏洩試験において窩壁に漏洩が認められなかったのは、歯冠側において AD で 1 窩洞、SE で 10 窩洞、また、歯根側においては AD で 8 窩洞、SE で 9 窩洞であった。AD は SE に比べ歯冠側において漏洩が有意に多く見られた ($P<0.05$) が、歯根側では両者間に差は認められなかった ($P>0.05$)。微小引張り接着強さは、AD の場合、エナメル質において 25.2MPa、象牙質において 68.3MPa であったのに対し、SE の場合、エナメル質において 35.8MPa、象牙質において 76.4MPa であり、AD は SE に比べエナメル質に対しては有意に低い接着強さを示した ($P<0.05$)。これらの結果より、AD が歯冠側の窩壁適合性において劣るのはエナメル質に対する接着強さの低いことが影響していると考えられる。

一方、処理後のエナメル質表面の SEM 像では、コントロール試料で確認できたスミア層が AD および SE により除去されているものの、いずれの処理面も研磨による線状痕が認められた。しかし、AD の方が SE と比較して線状痕が明瞭であった。また、処理面には小柱構造が観察されるものの、AD においては SE と比較して不鮮明であった。これらの所見より、エナメル質に対する脱灰能は AD の方が SE より劣ることが考えられる。

一般に歯質との接着強さは、被着面におけるエナメル小柱の走行あるいは象牙細管の走行や密度によって影響される。本研究では、V 級窩洞の窩壁を想定した歯冠側エナメル質と歯根側の象牙質を用いて接着強さを測定した。

適切な歯質との接着を得るためには、切削面に存在するスミア層の除去に必要な脱灰能、またその処理面へレジンモノマーが十分に浸透し硬化することが必要である。さらに最近では機能性モノマーの歯質中のカルシウムやコラーゲンとの化学的結合性も注目されている。

象牙質において AD は SE と同等の接着性を示した。これは、AD に含まれているグルタルアルデヒドがコラーゲン内のアミノ基と架橋結合し、また、機能性モノマーである 4-META がハイドロキシアパタイトやコラーゲン線維と結合したためと考えられる。一方、エナメル質において AD は SE に比べ接着性能が劣っていた。これは、AD の脱灰能が SE に比べ劣っていたためと推測される。pH は AD が 2.1、SE プライマーが 2.0 と報告されており、脱灰能は pH だけで決定されるものではなく、それぞれが含有する機能性モノマー (AD : 4-META、SE : MDP) の差によるものかもしれない。

〔結論〕

AD の接着性能は、象牙質に対しては SE と同等の良好なものといえるが、エナメル質に対しては十分とはいえない。臨床的見地から、エナメル質との接着性は重要であり、脱灰能の向上等に関して一液性試作アドヒーシブの更なる改良が期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 佐 野 英 彦

副 査 教 授 亘 野 文 夫

副 査 教 授 大 畑 昇

学 位 論 文 題 名

Comparison of bonding efficacy of an all-in-one adhesive with a self-etching primer system.

(一液性試作アドヒーシブとセルフエッチングシステムとの接着性能の比較)

審査は佐野、亘理および大畑審査委員が実施し、学位申請者に対して提出論文の内容とそれに関連する学科目について口頭試問の形式によって行われた。以下に、提出論文の要旨と審査の内容を述べる。

学位申請者は、一液性試作アドヒーシブ(ヘレウスクルツァー社製ADボンド、以下AD)の接着性能をサーマルサイクリング後の辺縁漏洩試験ならびにエナメル質及び象牙質に対する微小引張り接着強さの測定により評価し、合わせてセルフエッチングシステム(クラレメディカル社製クリアフィルメガボンド、以下SE)と比較・検討した。またステップの簡略化により、エナメル質に対する脱灰能の低下が懸念されることから、エナメル質の脱灰能をSEM観察にて評価した。

サーマルサイクリング後の辺縁漏洩試験においては、ADとSEに関して各10歯ずつ用いた。窩洞は各システム10歯ずつ作製した。ヒト抜去臼歯歯頸部に形成したV級窩洞にメーカーの指示通りに各アドヒーシブを塗布後、コンポジットレジンを充填、光照射し、37℃水中に24時間保管した。研磨後、5℃-55℃のサーマルサイクリングを5000回行った後、0.5%塩基性フクシンに2時間浸漬、水洗した。試料をエポキシレジンに包埋し、窩洞を通るように長軸方向に2箇所で切断し、縦断面において窩壁適合性を色素の浸透性により評価した。

微小引張り接着強さに関しては、V級窩洞の歯冠側壁エナメル質および歯根側壁象牙質に対して行った。ADとSEに関して各10歯ずつ用いた。メーカーの指示通りに各アドヒーシブを塗布後、コンポジットレジンを積層した試料を37℃水中に24時間保管した後、0.5mm×1mmの角柱試験片を作製し、1mm/minの速度で試験を実行した。

エナメル質に対する脱灰能は、各アドヒーシブにて処理したヒト前歯唇側エナメル質をSEM観察にて評価した。

ADはSEと比較して歯冠側における漏洩が多く見られた($P<0.05$)が、歯根側において両者に差は認められなかった($P>0.05$)。また、微小引張り接着強さは、ADの場合、エナメル質において25.2MPa、象牙質において68.3MPaであったのに対し、SEの場合、エナメル質において35.8MPa、象牙質において76.4MPaであり、エナメル質において、ADはSEよりも低い接着強さを示した($P<0.05$)。これらの結果より、ADのエナメル質に対する低い接着強さが歯冠側における窩壁適合性に関与をしていると考えられる。

エナメル質処理面のSEM観察では、処理によりスミア層は除去されているが、いずれの処理面も研磨時に生じた線状痕が認められた。ただし線状痕はADの方がSEと比べ明瞭であった。さらに、ADにおいては、小柱構造が観察されるもののSEと比べ不鮮明であった。以上より、ADのエナメル質に対する脱灰能はSEより弱いと推測される。

一般に歯質との接着強さは、被着面におけるエナメル小柱の走行あるいは象牙細管の走行や密度によって影響される。本研究では、V級窩洞の窩壁を想定した歯冠側エナメル質と歯根側の象牙質を用いて接着強さを測定した。

象牙質においてADはSEと同等の接着性を示した。これは、ADに含まれているグルタルアルデヒドがコラーゲン内のアミノ基と架橋結合し、また、機能性モノマーである4-METAがハイドロキシアパタイトやコラーゲン線維と結合したためと考えられる。一方、エナメル質においてADはSEに比べ接着性能が劣っていた。これは、ADの脱灰能がSEに比べ劣っていたためと推測される。pHはADが2.1、SEプライマーが2.0と報告されており、脱灰能はpHだけで決定されるものではなく、それぞれが含有する機能性モノマー(AD:4-META、SE:MDP)の差によるものかもしれないと示唆している。

本研究の結論として、ADは象牙質に対してはSEと変わらず良好な接着が得られるが、切削したエナメル質に対してその接着性能は象牙質と比較して十分とはいえない。臨床的見地から、エナメル質との接着性は重要であり、脱灰能の向上等に関して一液性試作アドヒーズの更なる改良が期待される、としている。

学位申請者に対して論文内容に関連する質問が行われた。主な質問内容を以下に示す。

1. ボンディングレジンの厚さが接着性能に影響する可能性
2. 象牙細管の走行に対しての接着力の違い
3. 象牙質において形成されたレジントグが接着に寄与する割合
4. 各ボンディング剤による接着試験片の破断様式の違い

これらの質問に対してそれぞれ適切な回答が得られ、一液性試作アドヒーズの接着性能の評価を微小引張り接着強さ試験や辺縁漏洩試験などを用いて総合的に行ったことについて評価された。

したがって学位申請者は博士(歯学)の学位授与に相応しい者と認められた。