

論文の内容の要旨

氏名：平 井 一 孝

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Influence of photoirradiation conditions on the dentin bond durability and interfacial characteristics of universal adhesives

（光照射条件がユニバーサルアドヒーズの象牙質接着耐久性および界面科学的性質に及ぼす影響）

近年、光重合型コンポジットレジン接着システムとして、ユニバーサルアドヒーズの臨床使用頻度が増加している。これらのアドヒーズは、光照射によって重合硬化し、良好なアドヒーズ層を形成することでその接着性を獲得している。しかし、照射チップ先端とアドヒーズ処理面との距離が大きくなると、光照射の際の光エネルギー量が不足することでその重合硬化が不十分となり、ひいては接着強さが低下することが指摘されている。一方、光照射の際の光エネルギーを一定とし、光強度および照射時間を変更した条件でのユニバーサルアドヒーズの接着性に関する検討は少ないのが現状である。

そこで著者は、光照射条件がユニバーサルアドヒーズの象牙質接着耐久性に及ぼす影響について、サーマルサイクル負荷前後に剪断接着試験を行うことで検討した。また、アドヒーズ塗布面と蒸留水との接触角を測定するとともに接着試験終了後の破断面および接着界面の走査電子顕微鏡（SEM）観察を行った。

供試したユニバーサルアドヒーズは、Adhese Universal (Ivoclar Vivadent), All-Bond Universal (Bisco), G-Premio Bond (GC) および Scotchbond Universal (3M ESPE) の、合計4製品である。また、リン酸エッチング剤として Ultra-Etch (Ultradent Product) を、光重合型コンポジットレジンとしては Clearfil AP-X (クラレノリタケデンタル) を用いた。

被着歯としてウシ（2~3歳齢）の下顎前歯を用い、その歯冠部のみを常温重合レジン（トラーレジン、松風）に包埋し、エナメル質平坦面が得られるように耐水性シリコンカーバイドペーパーの #320 まで順次研削を行い、これを被着歯面とした。これらの被着歯面に対し、供試したユニバーサルアドヒーズを製造者指示に従って塗布、光照射した。なお、アドヒーズに対する光照射条件は、光エネルギーを $4,000 \text{ J/cm}^2$ に固定し、光強度を 100 mW/cm^2 で照射時間を 40 秒（ 100 mW/cm^2 群）、光強度 200 mW/cm^2 で照射時間 20 秒（ 200 mW/cm^2 群）および光強度 400 mW/cm^2 で照射時間を 10 秒（ 400 mW/cm^2 群）と、光強度および照射時間を相互に変えた3条件を設定した。次いで、コンポジットレジンの内径 2.38 mm の Ultradent 接着試験用モールドに、その高さが約 2 mm になるように填塞して 30 秒間光照射を行い、これを接着試片とした。これらの試片は、 37°C 精製水中に 24 時間保管後あるいは 24 時間保管後にサーマル試験機（TTS-1 LM, トーマス科学）を用いて温熱負荷を 30,000 回負荷した後に、剪断接着強さ（接着強さ）を求めた。接着強さの測定は、接着試片に対して万能試験機（Type 5500R, Instron）を用いて、クロスヘッドスピード毎分 1.0 mm の条件で接着強さを測定した。また、接着試験後の破断試片については、その破壊形式を分類評価した。さらに、接着試験終了後の破断面について、通法に従って試片を製作し、卓上 SEM（TM3000 Tabletop Microscope, 日立ハイテクノロジー）を用いて、加速電圧 15 kV の条件で観察した。なお、試片の数は各条件についてそれぞれ 15 個とした。

接触角の測定は、剪断接着試験に用いた被着面と同様に調整した試片を、接触角測定用試片とした。接触角の測定は、全自動接触角計（Drop Master DM 500, 協和界面科学）を用い、セシルドロップ法で蒸留水を $3 \mu\text{L}$ 滴下し、装置に付属するソフトウェア（FAMAS, 協和界面科学）を用いて $\theta/2$ 法で測定を行った。なお、各条件における試片数は 10 個とした。

コンポジットレジンと象牙質との接合状態を検討するため、剪断接着試験に用いた被着面と同様に

調製した試片に対し、コンポジットレジン充填を30秒間照射を行った。これらの試片を、通法に従ってSEM観察用試片を製作し、フィールドエミッション型SEM (ERA-8800 FE, エリオニクス)を用いて、その接合状態を加速電圧10 kVの条件で観察した。なお、試片の数は各条件についてそれぞれ3個とした。

その結果、ユニバーサルアドヒーズの24時間水中保管およびサーマルサイクル後の象牙質接着強さおよび蒸留水との接触角は、リン酸エッチングの有無にかかわらず、いずれのアドヒーズにおいても光強度の上昇に伴って増大した。このことは、光強度の上昇に伴って、アドヒーズの重合硬化反応が進行するとともにその機械的強度が向上し、結果として有意に高い値を示したものと考えられた。また、接着試験終了後の破断面のSEM観察においては、100 mW/cm²群で200 mW/cm²および400 mW/cm²群と比較してvoidの形成が多く認められた。一方、コンポジットレジンと象牙質との接合界面におけるSEM観察では、いずれの条件にかかわらず、良好な接合状態が観察されたものの、100 mW/cm²群で、200 mW/cm²および400 mW/cm²群と比較してアドヒーズ層の厚みが薄くなった。ユニバーサルアドヒーズに含有される機能性モノマーは、十分な光照射によってアドヒーズの重合硬化性とともに象牙質界面におけるハイドロキシアパタイトとの化学的結合を獲得する。一方、光照射が不十分な条件においては、未反応の機能性モノマーが残存するため、接合界面にvoidが形成にされたものと考えられた。また、アドヒーズ層が薄くなる条件では、象牙質との接合界面に近接してアドヒーズの表層低重合層が存在することとなり、これらがコンポジットレジンと象牙質との間に脆弱層として残存することとなる。これらのことから、100 mW/cm²群においては200 mW/cm²および400 mW/cm²群と比較して接着強さが低い値となるとともに蒸留水との接触角も低い値を示した可能性が考えられた。

本実験の結果から、ユニバーサルアドヒーズの象牙質接着耐久性および界面科学的性質は、アドヒーズに対する光照射条件が同一の光エネルギー(4,000 mJ/cm²)としても、その照射条件に影響を受けることが明らかとなった。したがって、臨床でユニバーサルアドヒーズを使用する際には、十分な強度の光線がアドヒーズ塗布面に照射されるように留意することが重要であることが示された。