

Title	アコースティックエミッション法を応用した接着界面の新規非破壊評価
Author(s)	江崎, 良真
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72234
rights	© 2021 Japan Prosthodontic Society. This is an open-access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License 4.0 (CCBY 4.0), which allows users to distribute and copy the material in any format so long as attribution is given to the Japan Prosthodontic Society.
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (江崎 良真)	
論文題名	アコースティックエミッション法を応用した接着界面の新規非破壊評価
論文内容の要旨	
<p>【目的】</p> <p>今日の歯科臨床において歯科用接着材の使用頻度は高く、修復補綴装置の口腔内での長期的な安定には良好な接着状態が維持されることが重要である。しかしながら、この接着界面が二次う蝕や咬合力による接着材の破壊で破綻し、再度治療が必要となることが珍しくない。接着界面の破壊は装置の脱離や破折などによって初めて分かることが多く、口腔内に装置が存在している段階で接着界面の破壊の程度を測る方法は未だにないのが現状である。</p> <p>本研究では、音波を用いて構造の欠陥を評価するアコースティックエミッション法（AE法）に着目し、口腔内で実用可能な非破壊試験法の確立をめざして、歯根象牙質と支台築造用レジンの接着状態の違いをAE法を用いて非破壊で確認した。さらにAE法を活用した新規評価法を用いて歯根象牙質と支台築造用レジン、補綴装置と支台歯の接着状態の違いとその経時変化を非破壊観察した。</p>	
<p>【材料および方法】</p> <p>実験1 従来型AE法による象牙質 - レジン接着界面の評価</p> <p>1) 試料作製</p> <p>う蝕に罹患していない14本のヒト抜去単根管歯をセメントエナメル境で歯軸に対して垂直に切断し、歯冠を除去した。根管をKファイルにて#80まで拡大し、ガッタパーチャポイントを用いて側方加圧にて根管充填を行い、37℃水中に24時間保管した。セメントエナメル境から10 mmの深さまでポスト孔を形成した後、EDTA水溶液と次亜塩素酸ナトリウムゲルにてポスト孔周囲の象牙質を処理した。続いて光重合型ボンディング材（クリアフィルユニバーサルボンドQuick, クラレノリタケデンタル）を塗布した「アドヒーシブあり群」と、塗布しない「アドヒーシブなし群」を設定し、その後それぞれのポスト孔に支台築造用レジン（クリアフィルDCコア オートミックスONE, クラレノリタケデンタル）を填入した。</p> <p>2) エックス線マイクロコンピュータ断層撮影装置（μCT）観察</p> <p>作製した2群の試料をμCT（R_mCT2, リガク）にて試験前の状態を確認した。そして、それぞれの試料を50%硝酸銀水溶液に24時間浸漬した後、μCT画像上で各群の象牙質 - レジン接着界面の微小漏洩を観察した。</p> <p>3) 従来型AE法による象牙質 - レジン接着界面の非破壊評価</p> <p>アドヒーシブあり群とアドヒーシブなし群の各試料のレジンコア部にジルコニアボールを衝突させ、象牙質 - レジン界面を介して歯根象牙質に伝播した衝撃（振動波）をAEセンサーで観察した。得られたデータの振動特性を評価するため、時間周波数解析を行った。</p> <p>実験2 - 1 アクティブAE法による象牙質 - レジン接着界面の評価</p> <p>1) 試料作製</p> <p>実験1と同様の手法で試料を作製し、「アドヒーシブなし群」と「アドヒーシブあり群」を設定し、その後それぞれのポスト孔に支台築造用レジンを填入した。</p> <p>2) アクティブAE法を用いた象牙質 - レジン接着界面の評価</p> <p>作製した2群の試料を2つのAEセンサーの間に挟み、一方のAEセンサーから振動波を送り、もう一方のAEセンサーで試料を介して得られた振動波を受け取った（アクティブAE法）。アクティブAE法で得られたデータの振動特性を評価するため、時間周波数解析を行った。</p> <p>実験2 - 2 アクティブAE法によるクラウン - 支台歯接着界面の評価</p> <p>1) 試料作製</p> <p>下顎第一小臼歯の支台歯模型（ニッシン）に対して、CAD/CAMレジン冠用ブロック（セラスマート, ジーシー）から冠を4装置作製した。装着には接着性レジンセメントとしてパナビアV5（クラレノリタケデンタル）を使用した。</p>	

2) アクティブAE法を用いたクラウン-支台歯接着界面の評価

接着界面の評価は、冠試適時、レジンセメントによる接着直後、2週間後の3回行った。作製した試料を支台歯模型に試適した状態で2つのAEセンサーの間に挟み、一方のAEセンサーから振動波を送り、もう一方のAEセンサーで試料を介して得られた振動波を受け取った。その後、冠内面、支台歯模型の表面にトゥースプライマーとセラミックプライマーの塗布の有無の組み合わせで4群を設定し、接着性レジンセメントにて接着した。接着直後と2週間後に再度アクティブAEで振動波を観察した。アクティブAE法で得られたデータの周波数特性を評価するため、時間周波数解析を行った。

【結果および考察】

実験1 象牙質 - レジン接着界面の評価

μCT観察の結果、微小漏洩試験前の各群のμCT画像を比較したところ、明らかな違いは認められなかった。微小漏洩試験後はμCTの解像度では確認できなかった接着界面のギャップが明らかとなり、アドヒーズあり群よりもアドヒーズなし群の歯冠側の象牙質-レジン界面から多くの硝酸銀が侵入しているのが確認できた。したがって、非破壊観察としてμCTは有用であるものの、その解像度には限界があることが確認された。

AE法で得られたデータを時間周波数解析した結果、アドヒーズなし群では複数となり、アドヒーズあり群で振動特性のピークが1つとなった。アドヒーズなし群では歯根象牙質と支台築造用レジンが接着していないため、複数の物質が各々振動したことで振動特性のピークが複数になったと考えられる。一方、アドヒーズあり群では歯根象牙質と支台築造用レジンが接着によって、1つの物質として振動し、振動特性のピークが単一となったと考えられる。

実験2-1 アクティブAE法による象牙質 - レジン接着界面の評価

アクティブAE法で得られたデータを時間周波数解析の結果、実験1と同様に、アドヒーズなし群では複数、アドヒーズあり群では振動特性のピークが単一となった。これは、実験1で述べたように、接着している状態と接着していない状態における歯根象牙質と支台築造用レジンの振動の仕方に違いが生じた結果であると考えられる。また、材料中で生じた構造的な変化を非破壊的に捉えるというAE法の本来の機能を利用して評価した実験1と、本来の機能のセンサーと振動波を発する新たな機能をもたせたセンサーの2つで試料を挟み、試料に伝わる振動の違いを見た本実験で、同様の結果を得られたことから、アクティブAE法は接着界面の状態を評価する手法として妥当であることが示された。

実験2-2 アクティブAE法によるクラウン - 支台歯接着界面の評価

時間周波数解析の結果、冠の試適時、接着直後、2週間後の振動特性に違いが確認された。振動特性のピークが時間経過に伴い、複数から単一へと次第に変化した。試適時は冠と支台歯がそれぞれの振動特性で振動するため、振動特性のピークが複数生じ、セメント接着後は冠と支台歯が接着により一体となったため、振動特性が単一に収束するというこれまでと同様の結果が得られた。一方、支台歯の外側にセメントと補綴装置が存在する本実験の試料では、これまでの実験結果とは異なる振動特性を示した試料も存在した。そこで、時間周波数解析の結果を三次元描出したところ、すべての試料で接着前では振動特性のピークが複数確認され、接着後には時間経過とともに、単一に収束して行く傾向が確認できた。ここまでは波形の最初の音にのみ注目してきたが、それだけではなく減衰していく音にも注目することで、波形全体の振動特性を把握することとした。

そこで、この解析結果を三次元描出したことにより、振動全体の周波数分布を立体で把握することができた。その結果、これまでの実験と同様、初期には複数の振動特性のピークを示していた状態から、接着によって単一のピークへと収束したものと考えられた。これより、アクティブAE法は補綴装置と支台歯の接着界面を非破壊評価する手法としてより有用である可能性が示唆された。なお、トゥースプライマー、セラミックプライマーの塗布の有無による影響は認められなかった。

μCTは、エックス線照射を伴い、生体侵襲の観点から臨床現場での応用には第一選択的な検査ではない。一方、アクティブAE法は音波を利用するため生体侵襲がなく、接着界面へ負荷をかけることなく非破壊で検査できるという利点がある。また、アクティブAE法は時間的推移によって接着界面の挙動を把握できるため、口腔内の修復補綴装置を非破壊的に診断する装置に応用する技術として有用であることが示唆された。

【結論】

アクティブAE法は、歯根象牙質と支台築造用レジン、補綴装置と支台歯の接着状態の違い、その経時変化を非破壊的かつ無侵襲に観察する装置に応用する基本技術として有用である。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (江 崎 良 真)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	矢谷 博文
	副 査	教授	十河 基文
	副 査	講師	高橋 雄介
	副 査	講師	和田 誠大
論文審査の結果の要旨			
<p>本研究は、口腔内で実用可能な新規非破壊検査法の確立をめざして、歯根象牙質と支台築造用レジンならびに補綴装置と支台歯の接着状態とその経時変化をアコースティックエミッション(AE)法を応用して解析したものである。</p> <p>AE法により得られたデータを時間周波数解析した結果、波形のピークの様相により接着状態を非破壊的に観察可能であることが示唆された。</p> <p>本研究成果は、口腔内の修復物ならびに補綴装置と支台歯の接着状態を非破壊的に検査する装置の開発に応用する基本技術となることが期待され、博士(歯学)の学位授与に値するものと認める。</p>			