

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 4 月 3 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20791398

研究課題名 (和文) 超音波フェーズトアレイ法を応用した接着欠陥検出

研究課題名 (英文) Detecting flaws inside the bonding interface between dentin and resin composite by using an ultrasonic phased array system

研究代表者

稲毛寛彦 (INAGE HIROHIKO)

日本大学・歯学部・非常勤医員

研究者番号：30398862

研究成果の概要 (和文)：

超音波を利用した画像処理は、非破壊検査法として多くの分野で使用され、診断や研究にも用いられている。本研究の目的は、超音波の性質を応用して象牙質とレジン充填物における欠陥を検出することである。そこで、接着界面付近に欠陥を付与あるいは付与することなく接着操作を行い、レジンペーストを充填した後、超音波フェーズトアレイ法を用いて象牙質とレジン充填物間のイメージ画像を作成し評価した。その結果、非破壊検査である超音波フェーズトアレイ法による接着欠陥の検出は可能であることが示唆された。

研究成果の概要 (英文)：

Ultrasonic imaging is used in many fields as a non-invasive technique and offers considerable potential in diagnosis as well as serving as a tool for research. The purpose of this study was to ultrasonically determine the flaws inside the resin-dentin interface by using a phased array system. From the results, using the phased array method, flaws existing inside the resin-dentin interface could be detected. It was suggested that the phased array system could be used for analyzing qualitatively the status of the resin-dentin interface.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総 計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：超音波フェーズトアレイ法、接着界面、象牙質、接着欠陥

1. 研究開始当初の背景

1960 年代に開始された超音波パルス法は、歯科領域への応用が試みられてきたものの、解剖学的形態による制約や探触子の小型化が困難であるなどの理由から、医学領域のそ

れに比較して進展は少ないものであった。それから 20 数年が経過し、本法を歯科領域に応用する試みがなされ、その臨床応用の可能性などに注目を集めはじめています。申請者の所属する研究施設においても、これを歯科領

域に応用すべく継続した検討を行っている。特に、歯質の再石灰化あるいは脱灰などによって生じる状態変化について超音波パルス法を用いて経時的かつ非破壊的に定量可能なことを実証している。しかし、歯質と歯冠修復物との接合界面に生じる可能性のある接着欠陥に対する検討に関しては、破壊的試験あるいはSEMによる観察が主体であるためその接着欠陥の実態を反映していない可能性が考えられる。そこで、本法をさらに応用して、フェーズトアレイ探触子を用いて接着欠陥を非破壊的に検出するという試みは無いため、今後の研究の進展が待たれる分野である。

2. 研究の目的

これまで、光重合型レジンの長期的な予後に関しては、表面磨耗、着色、辺縁破折歯質とレジンとの接合界面付近に生じた欠陥を原因とした知覚過敏あるいは術後疼痛などが問題視されてきた。しかし、何らかの臨床的不快症状からその存在を予測しているのが現状であり、接着界面付近に生じた接着欠陥を、臨床的に検出する方法は無くこれを正確に検出することが重要である。

そこで、広く工業界あるいは医学領域でも使用されている超音波測定装置に着目し、これを歯質との接合界面における欠陥評価法として超音波用フェーズトアレイ法を用いて評価することを企画した。

すなわち、接着界面付近の欠陥の検出に関しては、その界面付近の象牙質、ボンディング材ならびにレジンの機械的特性の一つである弾性率が音響特性に影響を与える。この複合化された音響特性を利用して超音波用フェーズトアレイ法によって得られる画像処理技術からその検出を行う。さらに、その界面付近の弾性率の詳細を知ることによって修復物の疲労寿命予測および優れた接着耐久性を考慮した接着システムの開発に役だてる。このような研究背景の下、歯質および各種修復材の弾性率を非破壊的に測定する方法として、超音波用フェーズトアレイ法に着目し、そのための機器の条件設定あるいは基礎資料を得ることを目的としている。また、この研究によって歯質と歯冠修復物との間の接着欠陥の検出が可能にされることは、修復物の予後を革新的に向上させる可能性が存在する貴重な知見となるものであり、ひいては国民の健康の向上に貢献することから意義が高いものと考えられる。

3. 研究の方法

超音波測定から象牙質の有する縦波、横波音速および弾性率を求める。また、歯質と歯冠修復物との接合界面とに生じる可能性のある接着欠陥の検出方法ならびに歯冠修復物の疲労寿命予測を確立するために、超音波用フェーズトアレイ法を用いて界面付近の象牙質、ボンディング材ならびにレジンの音響特性を測定し検討を行う。

(1) 供試材料および照射器

供試する材料としては、市販のコンポジットレジンおよびボンディング材とし、歯質としてはウシ下顎前歯を用いる。

使用する照射器は、照射光線を同一条件とするため全ての製品に対しOptilux 501 (sds Kerr) を使用する。重合硬化のための照射光線は、光線の安定性と光エネルギー量を正確に規定するためにスライドレギュレーターおよび電圧計に接続し、光強度検査器 (Curing Radiometer, Li-Cor) で光強度を規制して使用する。

(2) 象牙質の音速および弾性率測定

ウシ新鮮抜去歯あるいは重合硬化させた修復材を、その厚さが約 1mm になるようにスライスして直方体の試片を製作し、その寸法と質量から密度を求める。超音波の伝播時間の測定は、その寸法をマイクロメーター (No. 102-30, 測定精度 0.01 mm, Mitutoyo) で測定するとともに、質量については電子天秤 (No. 136, 測定精度 0.1 mg, Mettler) で測定し、密度を求める。その値を超音波フェーズトアレイシステムに入力し、超音波測定を行う。また、超音波フェーズトアレイ法と超音波パルス法との測定値の比較を行うために、超音波パルス法を用いて同一の象牙質における縦波音速および横波音速を求めるとともに、弾性率を算出する。

(3) 超音波フェーズトアレイシステム

本実験に使用する超音波フェーズトアレイシステムを図1に示す。超音波の送受信と分析を行う本体部分として、OmniScan (RD Tech) および試片に超音波を伝達する探触子としてフェーズトアレイ探触子 (RD Tech) を用いる。この探触子は 128 エレメント内蔵型のリニアアレイ走査方式で接触面は平坦なものを用了。欠陥の検出には、作成された試片にフェーズトアレイ探触子を接触させカラーディスプレイから検出を行う。

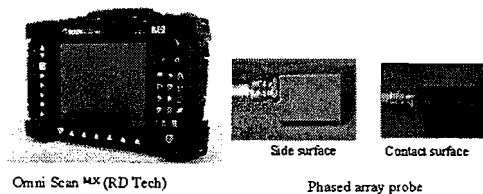


図1 超音波フェーズドアレイシステム

(4) 試片の製作

調整された象牙質に内径 4.0 mm, 深さ 2.0 mm の規格窩洞を形成する。次いで, 窩洞内面に, 製造者指示に従って接着操作を行い窩洞に充填操作を行い内部に気泡の混入が無い試片を作成する。

また, 窩洞の接着操作を終了した後, その面に直径約 0.3 mm の糸状フロロカーボン樹脂を, その一部を窩洞の外に残した状態で充填操作を行いその後, 糸状フロロカーボン樹脂を充填物内部から引き抜き, 意図的に接着界面付近に欠陥を付与し, 欠陥検出用の試片を製作する。

(5) 欠陥の寸法測定

超音波フェーズドアレイシステムから得られた意図的に欠陥を生じさせた試片の静止像をディスプレイ上に表示させ, それぞれ接着界面を構成する歯質, レジンおよびボンディング材の音速値からその欠陥の大きさを測定する。なお, その欠陥を形成する際に使用した糸状のフロロカーボンの直径については, マイクロメーター (Mitutoyo) を用いて測定し, 統計処理から比較検討を行う (図 2)。

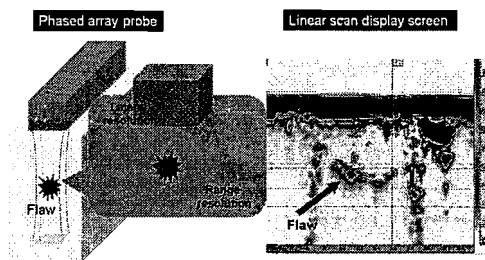


図2 接着欠陥イメージ画像

4. 研究成果

超音波フェーズドアレイ法から求めた象牙質の縦波音速, 横波音速および弾性率は, それぞれ 3,729.3 (m/s), 1,820.3 (m/s) およ

び 18.22 (GPa) の値を示した。一方, 超音波パルス法では, 3,695.3 (m/s), 1,759.5 (m/s) および 18.20 (GPa) の値を示した。いずれの測定値においても測定方法によって有意差は認められなかった。

超音波フェーズドアレイ法を用いた接着欠陥のイメージ画像から (図 3, 4), 接着欠陥を有する試片では界面付近に約直径 0.2 mm 程度の赤色の不感体の存在を示すイメージ画像が得られた。このことは, 接着システムにおいて音響インピーダンスの異なる物質が介在すると視覚的に色調の異なるイメージ像が得られるものの, 連続性が保たれている際には, 不感体は認められないことから, 接着欠陥を示すものと考えられた。また, イメージ画像から得られた接着欠陥の計測値は, 実際の欠陥製作に用いた糸状フロロカーボンの実測値と統計学的に有意差は認められなかった。このことから, 接着欠陥の検出に際して, 超音波フェーズドアレイ法の応用は臨床的に可能であることが示唆された。

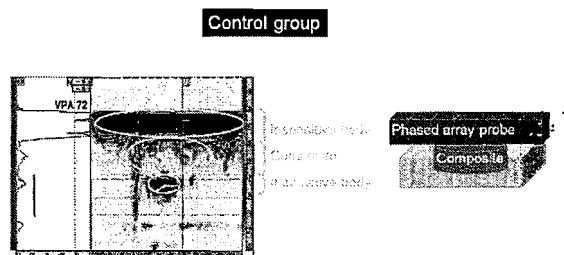


図3 コントロール群

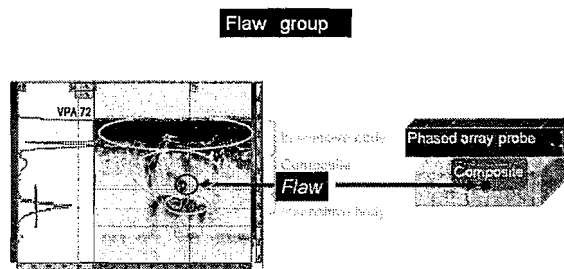


図4 接着欠陥群

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- ① Mori K, Inage H, Kawamoto R, Tonegawa M, Kurokawa H, Tsubota K, Takamizawa T, Miyazaki M, Ultrasonic monitoring of the setting of glass-ionomer luting cements. Eur J Oral Sci, 査読有, 116, 2008, 72-76
- ② Yasuda G, Inage H, Kawamoto R, Shimamura Y, Takubo C, Tamura Y, Koga K, Miyazaki M, Changes in elastic modulus of adhesive and adhesive-infiltrated dentin during storage in water. J Oral Sci, 査読有, 50, 2008, 481-486

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲毛 寛彦 (INAGE HIROHIKO)
日本大学・歯学部・非常勤医員
研究者番号：30398862

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：