

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24890119

研究課題名(和文) 紫外線による象牙質の強化深度の確定と疲労破壊抵抗性の評価

研究課題名(英文) Analysis of strengthening human dentin after UV irradiation

研究代表者

古谷 優 (Furuya, Yu)

大阪大学・歯学部附属病院・医員

研究者番号：20635411

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円、(間接経費) 660,000円

研究成果の概要(和文)：申請者らの研究グループは、紫外線を用いることで象牙質の機械的強度が飛躍的に向上することを発見し、この知見をもとに失活歯の破折防止のための歯の強化法の開発に取り組んでいる。今回、365nm紫外線を用いての象牙質強化効果のメカニズムの解析を行なったところ、核磁気共鳴法の結果より、象牙質構成主要有機成分の一つであるタイプ1コラーゲンに作用して、その分子構造に変化をもたらすことで、象牙質機械的強度を強化していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The results of NMR showed several peaks at 26, 62 and 170 ppm in the NMR spectrum shifted after UV irradiation. The shifts at 26, and 62 ppm suggested changes in fundamental structures including CH<sub>2</sub>. The changes at 26 and 62 ppm were clear under the condition with water. These results suggest that water may play an important role in accelerating molecular structural changes in collagen after UV irradiation and inter-molecular bond associated with water was produced at CH<sub>2</sub>chain after UV irradiation with water. The change at 170 ppm suggested that the C=O bond in proline converted into a hydrogen bond or an inter-molecular bond associated with water. Structural changes in C=O and CH<sub>2</sub> of type I collagen may be one of the reasons for strengthening human dentin after UV irradiation.

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：紫外線 象牙質 コラーゲン 核磁気共鳴法

## 1. 研究開始当初の背景

歯科臨床において、徹底的にブラークコントロールによってう蝕や歯周病などの細菌感染症は予防できるものの、過剰な力の負担に起因する歯の破折を防止することは困難であり、破折が抜歯の主原因となるとの報告がある。

従って、歯の破折を防ぐ効果的な方策を講じることは、歯の長期的な保存を考える上で極めて重要である。

これまでに歯の破折防止については、ファイバーポストや接着性レジン材料の開発など、主として修復材料の観点から様々な検討がなされてきた。しかし、未だ決定的に歯の破折を防止する方法は確立されているとは言えない。

そこで我々研究グループは歯自体を強化する方法の必要性に着目して研究を行なった。

## 2. 研究の目的

歯の象牙質と組成や機械的性質が似かよった骨において、骨折患者と健常者の骨のタイプ コラーゲンの分子間架橋を比較したところ、骨折患者と健常者ではハイドロキシアパタイトの含有量のみならず、タイプ コラーゲンの架橋の構成成分が異なることが報告されている。

すなわち、ハイドロキシアパタイト成分を保持し骨形態としてのネットワークを構築しているコラーゲンの質が骨の強度を左右する重要な要因であることが明らかとなってきた。

そこで申請者らの研究グループは、象牙質の主たる有機成分であるタイプ コラーゲンの強化に焦点を絞り、より安全かつ持続的な強化効果を期待できる方法として、コラーゲン架橋促進の代表的な因子である紫外線

による象牙質の強化を着想した。

その結果、象牙質に 365nm の長波長紫外線を 1200~1600 mW/cm<sup>2</sup>にて 5-15 分照射すると、曲げ強さが約 2 倍に増加するということを見つけた。

本研究課題では、生体に対し比較的安全領域である 365nm の紫外線照射によって象牙質の曲げ強さが向上する事象に着目し、紫外線による強化効果の及ぶ深度を明らかにすると同時に、口腔環境を想定し、紫外線による象牙質の分子構造変化を評価することを目的とした。

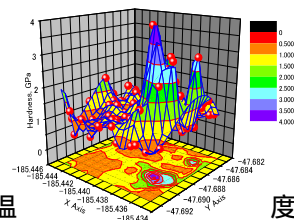
## 3. 研究の方法

象牙質試料に原子間力顕微鏡 (NanoScope Dimension3100, Digital Instruments) に接続したナノインデント (Nano Indenter SA2, MTS) にて荷重 0.4mN で紫外線照射面から深部に向かって 1 試料につき 100 個インデントを行う。得られた硬度および弾性係数と、照射面から圧痕までの距離に着目し、紫外線照射による強化効果が及ぶ深度を分析する。

そして、象牙質主要構成成分であるタイプ 1 コラーゲンに着目し、グリシン-グリシン-プロリンのモデルペプチドを用いて、核磁気共鳴法に供した。

測定方法は、コラーゲンモデルペプチドに対して重水に温 度 40 °C, pH7.0 の条件で溶解させ、核磁気共鳴装置 (JNM-AL300, JEOL) にて炭素原子の変化を分析した。

紫外線照射の条件として、紫外線照射強度は 1600mW / cm<sup>2</sup> と設定し、照射時間を 30 秒、15 分に変更して、短時間照射と長時間照射による影響を比較した。



測定方法は、  
コラーゲンモデルペプチド  
に対して重水に

温 度 40 °C, pH7.0 の条件で溶解させ、核磁気共鳴装置 (JNM-AL300, JEOL) にて炭素原子の変化を分析した。

また口腔環境を想定して水分の存在下での紫外線照射によるコラーゲンの分子構造変化も測定し、様々な条件下で、紫外線照射が、象牙質コラーゲンの立体構造の変化に及ぼす影響を分子レベルで検索した。

#### 4. 研究成果

象牙質の主要構成有機成分であるタイプ1コラーゲンに着目し、紫外線照射によるコラーゲンの分子構造変化について核磁気共鳴法を用いて検索したところ、C=O、CH<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>に相当する部位で、紫外線照射前後で比較すると、ピークがシフトすること、そしてピークの増幅が認められることが確認できた。

紫外線の短時間照射、長時間照射、照射時の水分の有無で、そのピークのシフトやピークの増幅については、様相が異なることが分かった。

これらのことより紫外線は象牙質コラーゲンに作用し、象牙質機械的強度を強化していることが示唆された。

以上より、紫外線照射は象牙質表層コラーゲンに作用し、失活歯の破折防止法に有用であると考えられる。

#### 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 1 件)

1) Hayashi M, Furuya Y, Minoshima K, Saito M, Marumo K, Nakashima S, Hongo C, Kim J, Ota T, Ebisu S.

Effects of heating on the mechanical and chemical properties of human dentin. : *Dental Materials*, 28(4):385-91. 2012

[学会発表](計 7 件)

1) 古谷 優、野杵 由一郎、林 美加子：外科的歯内療法における CBCT および MTA の有用性 症例報告

日本歯内療法学会西日本支部会第 13 回研修会、大阪、2013 年 7 月

2) Yu Furuya, Yuko Takeda, Yuichiro Noiri, Mikako Hayashi : Effectiveness of CT and MTA for endodontic surgery: A case report 第 9 回世界歯内療法会議、東京、2013 年 3 月

3) Takeda Y, Furuya Y, Ishimoto T, Nakano T, Hayashi M : Contributions of Microstructure and Composition to Mechanical Properties of Dentin

第 9 回世界歯内療法会議、東京、2013 年 3 月

4) Yu Furuya, Yuko Takeda, Shigeyuki Ebisu, Mikako Hayashi : Molecular structural changes in collagen after UV irradiation by NMR.

International Association for Dental Research General Session, Seattle, USA, March 2013

5) 古谷 優、武田 侑子、和田 陽子、辻本 恭久、林 美加子、恵比須 繁之：紫外線照射による象牙質強化効果メカニズムの化学的解析。日本歯科保存学会 2012 年度春季学術大会(第 136 回) 宜野湾市、2012 年 5 月。

6) 武田 侑子、古谷 優、石本 卓也、中野 貴由、林 美加子：象牙質構成成分および微細構造が機械的性質に及ぼす影響。日本歯科保存学会 2012 年度春季学術大会(第 136 回) 2012 年 5 月。

7) Y. Furuya, Y Takeda, Y Wada, T Tsujimoto,

M. Hayashi, S Ebisu. Chemical changes through UV strengthening human dentin. International Association for Dental Research General Session, Iguas, Brasil, May 2012

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

古谷 優 (Furuya Yu)

大阪大学・歯学部附属病院・医員

研究者番号：20635411