



Title	加熱および紫外線照射による象牙質の強化メカニズムの解析
Author(s)	岡村, 健司
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49768
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【34】

氏 名	おかむらけんじ 岡村健司
博士の専攻分野の名称	博 士（歯 学）
学 位 記 番 号	第 2 2 8 5 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 歯学研究科分子病態口腔科学専攻
学 位 論 文 名	加熱および紫外線照射による象牙質の強化メカニズムの解析
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 恵比須繁之 （副査） 教 授 莊村 泰治 准教授 社 浩太郎 講 師 石垣 尚一

日常臨床において遭遇する失活歯の歯根破折を防止するために、修復材料や方法に関しては様々な観点から研究されてきたが、歯そのものの強化に関しては十分に検討されてきたとはいえない。我々の研究グループでは、加熱や紫外線照射といった刺激によって、象牙質の機械的強度が増加することを発見した。そこで本研究では、加熱や紫外線による象牙質の変化を、微細構造に着目して分子レベルで多面的に分析することにより、その強化メカニズムを解明することを目的とした。

まず、ヒト抜去第3大臼歯の歯冠部より、試料の長軸が象牙細管の走行方向と平行になるように、低速精密切断器を用いて 0.9 x 1.7 x 5.0 mm の棒状試料を作製した。作製した棒状試料は、加熱 (110℃あるいは 140℃, 10 分)や紫外線照射 (波長 365nm, 3200mW/cm², 5分あるいは 15分)した後、万能機械強度試験機を用いて曲げ強さを測定した。また、加熱や紫外線照射後、Hank's Balanced Salt Solution (HBSS)に再浸漬した場合の曲げ強さについても検討した。さらに、曲げ試験で得られた破面を走査電子顕微鏡にて観察し、試料の象牙細管数と曲げ強さの相関を検索した。

110℃あるいは 140℃での加熱により、象牙質の曲げ強さは約3倍に増加したが、HBSSに1週間再浸漬することで、ほぼ処理前の曲げ強さに戻った。一方、紫外線照射では曲げ強さは約2倍に増加し、1週間の再浸漬後も増加の約70%は保持されていた。また、無処理および紫外線照射を行った試料では、象牙細管数の増加に伴って曲げ強さが減少する傾向がみられたが、加熱試料では、曲げ強さは象牙細管数の影響を受けなかった。

次に、加熱や紫外線照射が、象牙質の微細構造における機械的性質に及ぼす影響を検索するために、円盤状試料を作製し、微小押し込み強度試験器を用いて微小領域における押し込み硬さおよび弾性係数を測定した。さらに、原子間力顕微鏡を用いた画像解析により、象牙細管から測定点までの距離と押し込み硬さおよび弾性係数の相関を分析した。その結果、管周象牙質では、加熱により押し込み硬さおよび弾性係数ともに変化はみられなかった。一方、管間象牙質では、加熱により押し込み硬さが約80%、弾性係数が約44%の増加を認めた。また、紫外線照射試料に関しても加熱試料と同様の傾向を認めた。

続いて、加熱や紫外線照射がコラーゲン分子におよぼす影響を検索するために、X線回折によるコラーゲン分子間距離の測定、高速液体クロマトグラフィーによるコラーゲン分子間架橋の定量、顕微赤外分光分析および顕微レーザーラマン分光分析によるコラーゲン分子構造の変化を解析した。

X線回折は、回転対陰極型X線発生装置を搭載したイメージングプレートX線検出器を用いて、加熱や紫外線照射前後での、コラーゲン分子間距離の測定を行った。その結果、加熱や紫外線照射によってコラーゲンの分子間距離は 13.6 Å から 10.5~10.8 Å に

収縮したが、加熱試料では HBSS に 1 週間再浸漬することで処理前にはほぼ完全に返ることが確認された。一方、紫外線照射試料では 1 週間の再浸漬後も完全には元に戻らないことが明らかとなった。また、陽イオン交換高速液体クロマトグラフィーを用いて分子間架橋量の定量を行ったところ、加熱試料では、未成熟架橋、成熟架橋、および老化架橋いずれの分子間架橋にも変化は認められなかったが、紫外線照射試料においては、成熟架橋は照射前の約 20%、老化架橋は約 70%に減少した。さらに、顕微赤外分光装置および顕微レーザーラマン分光装置により、加熱や紫外線照射前後でのスペクトルの変化を検索したところ、加熱によるコラーゲンの分子構造の変化は赤外分光およびラマン分光分析では検出できなかった。一方、紫外線照射試料では、赤外分光分析によって変化は認められなかったものの、ラマン分光分析において、プロリンの炭素結合によると考えられる 922 cm⁻¹ のスペクトルの増幅を認めた。

これらの結果より、加熱によって、象牙質の微細構造のうち管間象牙質がコラーゲン分子間距離の収縮により強化されていることが明らかとなった。また、コラーゲン分子間架橋や他の分子構造に変化が見られないことより、加熱による象牙質強化のメカニズムには、コラーゲンネットワークの緻密化が大きく関与し、水中への再浸漬で加熱前に戻る可逆的な変化であることが明らかとなった。

これに対し、紫外線照射によって、脱水に起因するコラーゲン分子間距離の収縮に加えて、コラーゲンの成熟架橋や老化架橋の減少が認められることや、ラマン分光分析で認められるコラーゲン分子構造の変化が起こることが分かった。これらのコラーゲンの化学変化が、水中へ再浸漬した後にも象牙質の強度が保持されることに関与していると推察される。

このように、短時間の紫外線照射は水中環境でも安定したコラーゲンの化学構造変化をもたらし、象牙質の機械的強度が増加することにより、歯の強化法としての臨床応用の可能性が示唆された。

論文審査の結果の要旨

本研究は、加熱や紫外線照射による象牙質の強化メカニズムについて分子レベルで多面的な解析を行ったものである。

その結果、加熱の場合には、コラーゲンの分子間距離の収縮により管間象牙質の機械的性質が強化されるが、水中への再浸漬により加熱前に戻る可逆的な変化であることが明らかにされた。一方、紫外線照射の場合には、コラーゲンの分子間距離の収縮に加えて化学構造の変化により象牙質の強さが増加し、その変化は水中へ再浸漬した後にも保持されることが示された。

以上の研究成果は、新しい歯の強化法の開発につながるものであり、本研究は博

士（歯学）の学位授与に値するものと認める。