

論文内容要旨

論文題名

Nanomechanical characterization of time-dependent deformation/recovery on human dentin caused by radiation-induced mimetic ageing processes

(X線照射により疑似的老化した象牙質の微小力学特性)

掲載雑誌名

Acta Biomaterialia (投稿中)

歯科理工学 戸部 拓馬

内容要旨

高齢化に伴う病的骨折リスクの上昇は骨の質的低下が原因であると考えられている。これには骨粗鬆症などで見られる骨密度の低下と同時に、コラーゲンマトリクスの非酵素性架橋構造、終末糖化産物 (AGEs) などが一因であると報告されている。骨の材料レベル構造は、無機質であるヒドロキシアパタイトからなら複合体である。このため、骨や歯はクリープや応力緩和などの時間依存特性を示し、高剛性と耐久性を両立させることができる。コラーゲンの架橋構造は時間依存特性に特に重要であり、老化に伴う分子構造変化により、硬組織の力学的特性が低下する可能性がある。本実験では、放射線照射により象牙質の架橋構造を変化させた疑似的老化モデルを作製し、分子構造と力学的特性変化の相互作用を検証した。

便宜抜歯したヒト抜去歯を、isomet を用いて歯冠中央で分割し、エポキシレジンに包埋した。歯冠の断面は 0.05 μm アルミナ粉末を用い均一に研磨し、10 秒間超音波洗浄装置にて研磨表面を洗浄した。未照射の状態をコントロールとし、X線照射装置を用い 30 KGy まで照射した。放射線照射前後で、顕微レーザーラマンにてサンプルのマトリクスの分子構造、ナノインデンテーション装置による準静的試験、動的試験による象牙質の力学的特性を評価した。準静的試験では、最大荷重を一定時間与える (クリープ) および除荷後の形態回復 (クリープリカバリー)、動的試験では一定荷重で異なる周波数に対する動的ひずみを連続的に測定し、粘弾性と貯蔵弾性係数の変化を測定した。測定領域はエナメル-象牙境地直下 (EDJD) および歯髄-象牙境直上 (PDJD) とした。

象牙質のラマンスペクトルとナノインデンテーション法で測定した弾性係数は、皮質骨の特徴ときわめて類似していた。弾性係数は深さ方向で常に一定の数値を示しており、本研究で用いた測定レンジ (接触深さ 40 nm ~ 200 nm) は象牙質のマイクロ構造に左右されない、材料レベルの

特性を評価している。EDJD は PDJD に比べて弾性係数が高く、これは石灰化密度に依存していると考えられる。放射線照射後の象牙質では、AGEs が相対的に増加したことから X 線照射した象牙質は骨の疑似的老化モデルとして利用できると考えられる。また PDJD ではコラーゲン架橋度の低下と Disordered マトリクスの上昇がみられた。ナノインデンテーションによる計測では、30 K Gy 照射後の EDJD で、時間依存特性に変化は見られなかった。一方、PDJD ではクリープおよびクリープリカバリー率が低下した。

EDJD で見られた AGEs の著しい増加は少なくとも時間依存特性に影響を与えなかった。したがって、組織や血清値における AGEs の増加のみ硬組織の質的・力学的低下を直ちに意味するとは言えない。骨の質的劣化は AGEs の上昇に伴う正常コラーゲン架橋の低下が原因であると考えられる。