

令和元年6月26日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2018

課題番号：25463021

研究課題名(和文) 歯の亀裂発生解明のための挙動解析および歯質強化法の開発

研究課題名(英文) The mechanical properties of human teeth structure

研究代表者

井上 利志子 (INOUE, Toshiko)

昭和大学・歯学部・研究補助員

研究者番号：90398701

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)： 歯冠部歯質において、エナメル質および象牙質が接合しているエナメル象牙境部の引張試験を行ったところ、引張方向がエナメル象牙境部に対して平行な場合が垂直な場合に比較して、有意に高い値を示し、異方性の影響が示唆された。さらに、歯根象牙質において、根尖側から次第に透明化し、加齢的に広がる透明象牙質の引張強さ、微小硬さ、弾性率およびミネラル量について検討したところ、健全象牙質とは異なっており、加齢が影響を与えていると考えられた。また、産業的に技術応用されているエキシマランプを歯根象牙質に照射した際の表面の変化を評価したところ、ぬれ性が増加し、歯質表面改質に有用であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

口腔領域は摂食をはじめとして多くの重要な機能を担っており、歯の強度特性を検討することは歯科医療においても修復物設計の指針となり、重要であると思われる。超高齢化社会の到来とともに、歯を保存することが高齢者のQOLを維持するために重要な要因であることが認識されている。歯がどのような強度分布をしているかを知ることは高齢者などの歯の破折を防ぐための修復物の設計には必要不可欠な情報であり、意義の高いことと考えられる。

研究成果の概要(英文)： The dentin-enamel junction is a unique biological interface between the enamel and dentin in teeth. We investigated the anisotropic tensile strength of this region in human teeth by examining tensile loading in parallel versus perpendicular orientations. We found that the presence of structural anisotropy in dentin-enamel junctions. Additionally, transparent dentin is known to develop in tooth roots with aging. In this study, we investigated the structural and mechanical properties of the transparent dentin region. Transparent dentin is weaker than normal dentin, which may explain the occurrence of root dentin fractures in aged individuals. Moreover, we observe the surface of dentin slabs exposed to ultraviolet light from an excimer lamp. The water contact angle was measured. UV-irradiated dentin exhibited increased surface wettability. We confirm that irradiation with ultraviolet light is a useful method of surface modification.

研究分野：歯学

キーワード：歯 歯質 象牙質 強度特性 歯根 人歯

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

口腔領域は摂食をはじめとして多くの重要な機能を担っており、歯の強度特性を検討することは歯科医療においても修復物設計の指針となると思われる。歯は歯冠部分と歯根部分からなり、歯根部での破折は歯冠部とは異なる様相を呈し、重篤な症状になり、抜歯になる可能性も高い。歯根破折の解明のため、歯冠部および歯根部における構造等の違いに着目した。

2. 研究の目的

超高齢化社会の到来とともに、歯を保存することが高齢者の QOL を維持するために重要な要因であることが認識されている。歯がどのような強度分布をしているかを知ることが高齢者などの歯の破折を防ぐための修復物の設計には必要不可欠な情報であり、意義の高いことと考えられる。本研究では、歯の亀裂発生メカニズムを解明するために、強度特性評価を行う。さらに、紫外線照射による歯質表面改質を行う。

3. 研究の方法

(1) 歯冠部における歯質の強度特性評価

歯質歯冠部においてエナメル象牙境 (DEJ) は、エナメル質 (Enamel) および象牙質 (Dentin) が接合している重要な部位である (図 1)。エナメル象牙境部において小型試験片による引張試験を行い、異方性が引張強さに与える影響について検討し (図 2)、破断面の観察を行った。

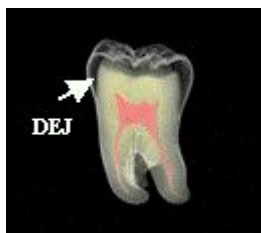


図 1. 歯の模式図

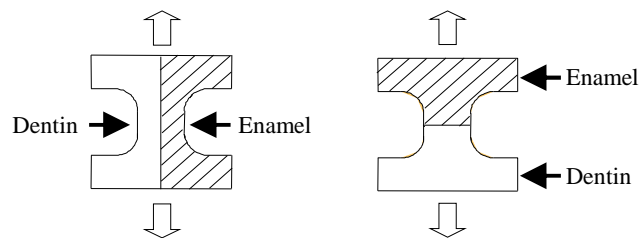


図 2. 各条件における試験片模式図

(2) 歯根部における歯質の強度特性評価

象牙質における加齢変化は顕著であり、特に歯根象牙質において根尖側から次第に透明化し、加齢的に広がる透明象牙質はよく知られている。透明象牙質の構造をより詳細に理解するために、透明象牙質の微小硬さ、弾性率およびミネラル量を測定した。さらに、歯根象牙質部の小型試験片による引張試験を行い、加齢が引張強さに与える影響について検討した。

(3) 紫外線照射による歯質表面解析

材料表面に様々な機能を付与することができる表面改質技術は重要であり、近年、エキシマランプによる材料表面の光表面改質等が産業的に技術応用されている。エキシマランプの一種であるキセノンエキシマランプから得られる波長 172 nm の光は高いエネルギーを持ち、分子内結合を光解離することができるため、歯科医療分野への応用が期待される。そこで今回、歯質へのエキシマランプによる UV 光照射を行い、ぬれ性を調べた。

4. 研究成果

(1) 歯冠部における歯質の強度特性評価

エナメル象牙境部において引張強度による異方性の影響が示唆された。引張方向がエナメル象牙境部に対して平行な場合が垂直な場合に比較して、有意に高い値を示した。すなわち、エナメル象牙境部は、象牙質と同様に歯軸方向よりも水平方向において強度が低いことが確認された。また、エナメル象牙境部の引張強さは象牙質より低いことが明らかになった。

(2) 歯根部における歯質の強度特性評価

透明象牙質は、象牙細管の内腔における二次的な石灰化物の沈着により、象牙細管と象牙質基質の光線屈折率の差異が減少し、透明度が上昇することにより出現するといわれている。今回、透明象牙質部の硬さおよび弾性率において、加齢による強度変化が確認された。さらに、人歯(図3左)における透明象牙質部の引張強さは、加齢の影響がないと考えられる牛歯(図3右)歯根部と比較して、引張強さは低い値を示した。人歯歯根透明象牙質の強度は、歯冠象牙質の強度まで低下していると考えられた。また、透明象牙質内ではミネラル量は不均一に増加しており(図4)、引張強さの低下は、ミネラル量の分布状態が関与する可能性が示唆された。



図3 . 人歯および牛歯模式図

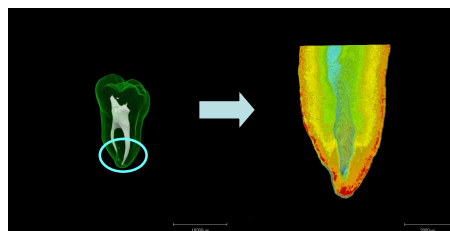


図4 . 歯根象牙質におけるミネラル量分布

(3) 紫外線照射による歯質表面解析

接触角は、歯根象牙質薄片において精製水を滴下し、接触角計を用いて測定した(図5)。エキシマランプUV照射後の歯根象牙質である条件3の接触角は、歯根象牙質薄片作製直後測定した条件1、薄片表面を次亜塩素酸ナトリウム溶液(3%)にて1分間洗浄し、次にEDTA(17%)にて1分間洗浄後、次亜塩素酸ナトリウム溶液にて1分間洗浄し、さらに精製水にて洗浄し、接触角測定を行った条件2よりも有意に低い値を示した(図6)。すなわち、エキシマランプによるUV照射により、ぬれ性が増加した。紫外線は、波長によって、生体の新陳代謝の促進、表面洗浄、殺菌、接着等の様々な用途に使用されているが、今回、エキシマランプによるUV照射は、歯質表面改質に有用であることが明らかになった。

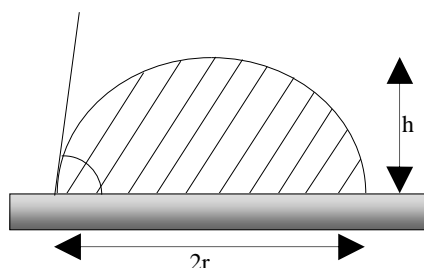


図5 . 接触角理論図

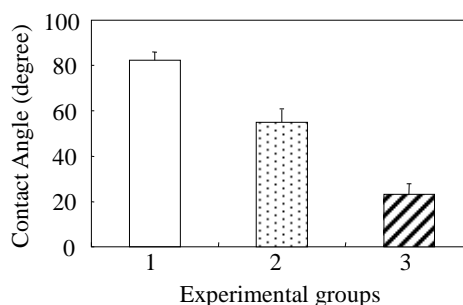


図6 . 各条件における接触角

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計8件)

Yoshihiro Yamada, Toshiko Inoue, Makoto Saito, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Anisotropic ultimate strength and microscopic fracture patterns during tensile testing in the dentin-enamel junction region.
Dental Materials Journal, in press, 査読有.

Manabu Tabo, Toshiko Inoue, Makoto Saito, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Structural and mechanical properties of the transparent dentin region in the tooth root.
The Showa University Journal of Medical Sciences. 30(4): 467-476, 2018, 査読有.
DOI: 10.15369/sujms.30.467

Shuta Murao, Toshiko Inoue, Makoto Saito, Masato Yamamoto, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:

Wettability of dentin structure after exposure to excimer UV irradiation.
The Showa University Journal of Medical Sciences. 30(4): 477-485, 2018, 査読有.
DOI: 10.15369/sujms.30.477

Toshiko Inoue, Makoto Saito, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Three-dimensional representation of microdontia of the maxillary third molar.
Clinical Case Reports. 5(4): 547-548, 2017, 査読有.
DOI: 10.1002/ccr3.867

Toshiko Inoue, Makoto Saito, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Unusual root canal anatomy in a maxillary second molar.
International Journal of Case Reports and Images. 8(5): 352-354, 2017, 査読有.
DOI: 10.5348/ijcri-201712-CL-10122

Toshiko Inoue, Makoto Saito, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Three-dimensional representation of teeth with root dilaceration.
International Journal of Case Reports and Images. 7(12): 864-866, 2016, 査読有.
DOI: 10.5348/ijcri-201617-CL-10110

Toshiko Inoue, Makoto Saito, Masato Yamamoto, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Fused teeth; three-dimensional representation of the external and internal structure.
International Journal of Clinical and Medical Images. 2(2): 1000283, 2015, 査読有.
DOI: 10.4172/2376-0249.1000283

Toshiko Inoue, Makoto Saito, Masato Yamamoto, Fumio Nishimura, Takashi Miyazaki:
Mineral density of coronal and radicular dentin.
Dental Medicine Research. 33(3): 248-251, 2013, 査読有.
DOI: 10.7881/dentalmedres.33.248

〔学会発表〕(計 17 件)

井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: 根管充填用シーラーのエキシマランプ照射象牙質に対する表面解析. 第 73 回日本歯科理工学会学術講演会, 2019 年 4 月, 東京歯科大学水道橋校舎新館.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: エキシマランプ照射象牙質の構造解析. 第 72 回日本歯科理工学会学術講演会, 2018 年 10 月, 北海道大学学術交流会館.

山田嘉宏, 井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: 引張強さ測定によるエナメル象牙境の異方性評価. 第 347 回昭和大学学生会例会, 2018 年 6 月, 昭和大学歯科病院.

多保 学, 井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: 歯根透明象牙質の構造とバィオメカニクス. 第 347 回昭和大学学生会例会, 2018 年 6 月, 昭和大学歯科病院.

村尾宗太, 井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: エキシマランプ照射象牙質の構造特性. 第 347 回昭和大学学生会例会, 2018 年 6 月, 昭和大学歯科病院.

井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: エキシマランプ照射象牙質の硬さおよび弾性率. 第 71 回日本歯科理工学会学術講演会, 2018 年 4 月, 大阪歯科大学樟葉学舎.

Inoue T, Saito M, Nishimura F, Miyazaki T: Tooth structure exposed to excimer UV irradiation. The 65th Annual Meeting of Japanese Association for Dental Research, November 2017, Tokyo, Japan.

井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: エキシマランプ照射象牙質の構造特性. 第 70 回日本歯科理工学会学術講演会, 2017 年 10 月, 朱鷺メッセ.

井上利志子, 齊藤 誠, 西村文夫, 宮崎 隆: 歯根透明象牙質の引張強さ. 第 69 回日本歯科理工学会学術講演会, 2017 年 4 月, 日本歯科大学生命歯学部富士見ホール.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: 歯根透明象牙質の構造特性評価. 第 67 回日本歯科理工学会学術講演会, 2016 年 4 月, 九州大学医学部百年講堂.

Inoue T, Saito M, Yamamoto M, Nishimura F, Miyazaki T: Tensile strengths of human and bovine radicular dentin substrate. The 63rd Annual Meeting of Japanese Association for Dental Research, October 2015, Fukuoka, Japan.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: フーリエ変換赤外分光法による象牙質の構造解析. 第 66 回日本歯科理工学会学術講演会, 2015 年 10 月, タワーホール船堀.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: 透明象牙質の硬さ測定による加齢特性評価. 第 65 回日本歯科理工学会学術講演会, 2015 年 4 月, 仙台市情報・産業プラザ.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: セメント象牙境の硬さおよび弾性率. 第 64 回日本歯科理工学会学術講演会, 2014 年 10 月, アステールプラザ.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: セメント象牙境の硬度測定による構造特性評価. 第 63 回日本歯科理工学会学術講演会, 2014 年 4 月, タワーホール船堀.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: エナメル象牙境における引張強さおよび破断面解析. 第 62 回日本歯科理工学会学術講演会, 2013 年 10 月, 日本歯科大学新潟生命歯学部校舎.

井上利志子, 齊藤 誠, 山本雅人, 西村文夫, 宮崎 隆: エナメル象牙境における引張強さ. 第 61 回日本歯科理工学会学術講演会, 2013 年 4 月, タワーホール船堀.

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 山本 雅人

ローマ字氏名: (YAMAMOTO, Masato)

所属研究機関名: 昭和大学

部局名: 教養部

職名: 准教授

研究者番号: 50277844

研究分担者氏名: 齊藤 誠

ローマ字氏名: (SAITO, Makoto)

所属研究機関名: 昭和大学

部局名: 歯学部

職名: その他

研究者番号: 60420915