

平成21年5月1日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19592194
 研究課題名（和文） 歯根破折の歯内歯周分野からの原因追究
 —三次元光弾性試験による脆弱因子の解析—
 研究課題名（英文） Cause inquiry of root fracture in endodontic and periodontic fields
 - Analysis of the weak factors using three-dimensional photoelastic model tests-
 研究代表者
 遠藤 英昭（ENDO HIDEAKI）
 東北大学・大学院歯学研究科・助教
 研究者番号：80168830

研究成果の概要：歯の喪失原因であり、近年急増している「歯根破折」について、歯内分野では①根管治療前後の歯質の厚さ、②根管充填時の応力集中、歯周分野では①歯槽骨の欠損状態、②歯根形態と周囲骨、について、光弾性模型を用いて応力の解析を行った。その結果、歯根破折の初発部位との関連が指摘された。また、マイクロCTを用いてヒト象牙質の石灰化度測定し、歯根表面は歯髄に近い象牙質に比べ、石灰化度が高いことが分かった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：歯根破折、光弾性試験、根管充填、歯槽骨欠損、pQCT、動的粘弾性、

ナノインデンテーション、ミネラル密度

1. 研究開始当初の背景

ウ蝕や歯周病に次いで歯の破折が抜歯の原因となりつつある。特に、歯内治療を受け、既製あるいは鋳造のポストを装着された場合に多く見られる。象牙質・金属・セメント類などの弾性係数が異なる物質の境界ではひずみが起こり、長期間そのようなひずみが積み重ねられ、微小な破折が発生・拡大していくと考えられている。一方、AAE（アメリカ歯内療法学会）の指摘では、根管充填との関係が重要視されている。側方および垂直の加圧根管充填時に応力が根尖部に集中して

破折が起こると考えられている。また、義歯の鉤歯に破折が多く見られることから、咬合力を支える歯槽骨の欠損状態との関連も指摘されている。これらの多くが、「咬合」は応力集中を引き起こし、「歯根破折」の要因となることを示している。国民の平均寿命が延びている中、歯の寿命を延ばし、生活の質を向上させるためには、歯根破折を防ぎ、少しでも長く自分の歯で噛める対策が必要である。

2. 研究の目的

研究の背景を踏まえた上で、歯根破折に目を向けると、支台築造・歯冠補綴後の点から歯科補綴学分野で研究されており、ポストや支台築造などに使われる材料学的問題、支台築造の方法などが注目されている。しかし、臨床で経験する歯根破折の様式は、事前に予想される破折部位や状態とは異なった状況で起こることが多い。これは、補綴学分野以外の因子が関係しているためであり、歯根破折に関して総合的に縦断する研究が求められている。特に、歯内治療前後で変化した歯根内部の形態と応力ひずみとの関連、根管充填時の応力分布、歯周疾患に罹患した歯の歯槽骨形態が咬合力の分散や方向をどのように変化させるかという力学的な視点へ向けていくことも必要である。

本研究は、このような歯内・歯周領域の視点から、歯根破折の原因を追究するところに目的を置いた。

3. 研究の方法

応力集中や分布様式については、弾性率を歯・歯槽骨・歯根膜の比率に近い擬似三次元光弾性模型を製作し、Caputo らの方法を用いて、検討した。

ヒト抜去歯の粘弾性率計測は、天然歯を歯軸に垂直な方向でスライスし、ナノインデンテーション試験装置で測定した。

(1) 歯根形態と応力の分布

ヒト抜去歯から原寸大の光弾性模型を複製し、歯根形態と応力分布を観察した。

(2) 根管充填時の応力集中部位

単純な歯根形態を持ち、根管形成の終了した光弾性模型を用いて、根管充填時の加圧がどのような応力分布を引き起こしているかを観察した。

(3) 歯根の湾曲と応力分布

歯根を近遠心・頬舌方向に5度ずつ湾曲させた光弾性模型を製作し、咬合面からの加圧が歯根表面に与える応力を観察した。

(4) 歯槽骨の欠損形態と歯根への応力集中

下顎右側第二小臼歯を対象とし、光弾性模型材で歯列を再現し、歯周病と同じ様な歯槽骨欠損を作った。咬合面からの加圧が歯根やその周囲へどのような応力分布を示しているかを観察した。

(5) ヒト抜去歯の粘弾性率測定

ヒト下顎中切歯を水平断した試料について、硬さと弾性率をナノインデンテーション試験装置で測定を行った。

(6) ヒト抜去歯のミネラル密度計測

ヒト抜去歯の各種計測に先立ち、pQCTを用いてミネラル密度を測定し、粘弾性率などと対比させて検討した。

4. 研究成果

(1) 歯根形態と応力の分布

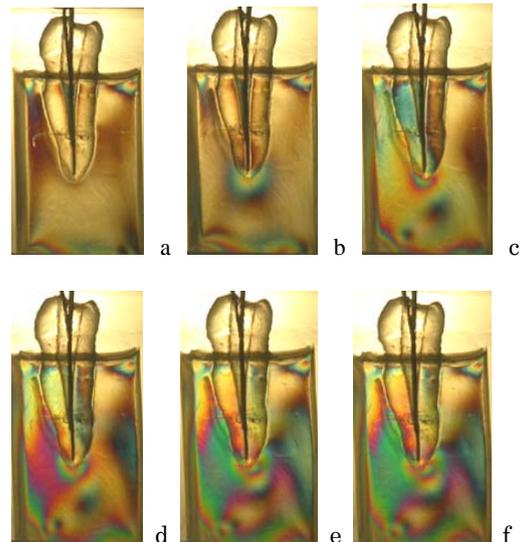


図1.湾曲した天然歯に荷重を増加させた時のカラーフリンジの変化 Flare fingerspreader#15 近遠心方向からの観察

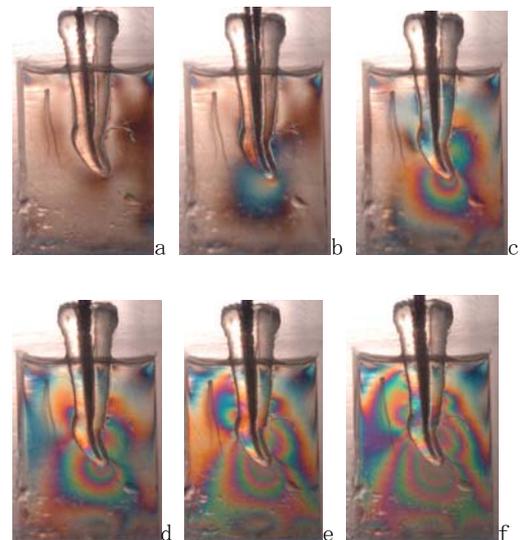
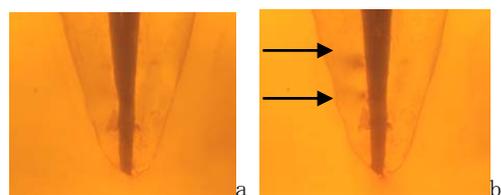


図2.湾曲した天然歯に荷重を増加させた時のカラーフリンジの変化 Flare fingerspreader#15 頬舌方向からの観察

歯根の湾曲方向によってカラーフリンジの出現数が異なり、圧縮と引っ張りの応力が複雑に出ていた。特に、根尖部ではその周囲に同心円状のフリンジが見られた。

(2) 根管充填時の応集中部位



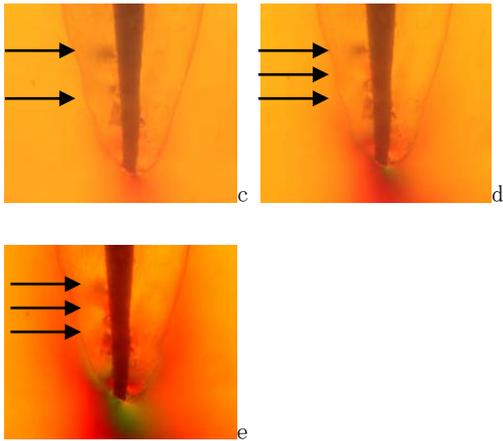
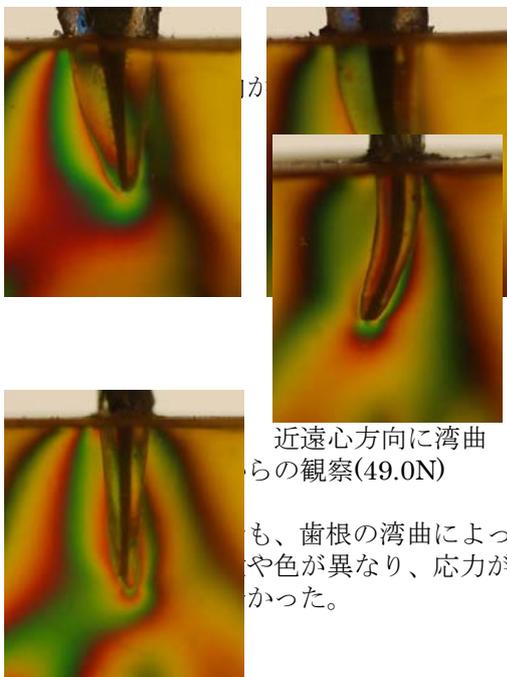


図3. 根管充填時の加圧に伴うカラーリングの変化 (矢印部に応力集中)

荷重が増加するにつれて、スプレッダーの接触部位と根尖部に応力の集中が見られた。

(3) 歯根の湾曲と応力分布



近遠心方向に湾曲からの観察(49.0N)

も、歯根の湾曲によって色や色が異なり、応力が分かった。

(4) 歯槽骨の欠損形態と歯根への応力集中
荷重を増加させた時の応力の変化

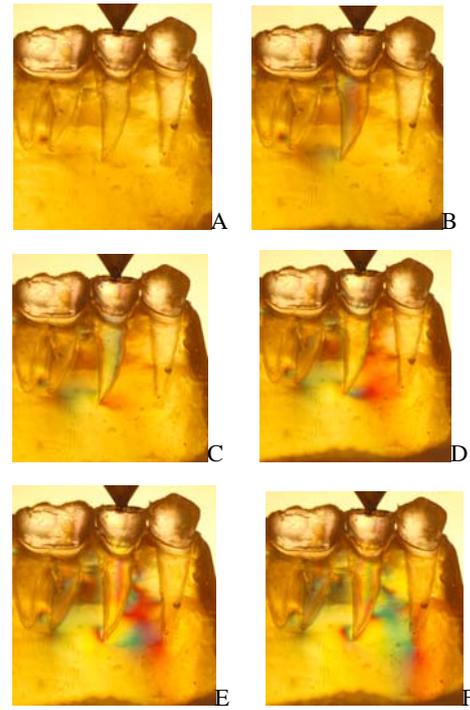


図6. 3壁性骨欠損歯へ荷重を変化させた場合の応力変化 (荷重、A: 0N, B: 19.6N, C: 39.2N, D: 58.8N, E: 78.4N, F: 98.0N)

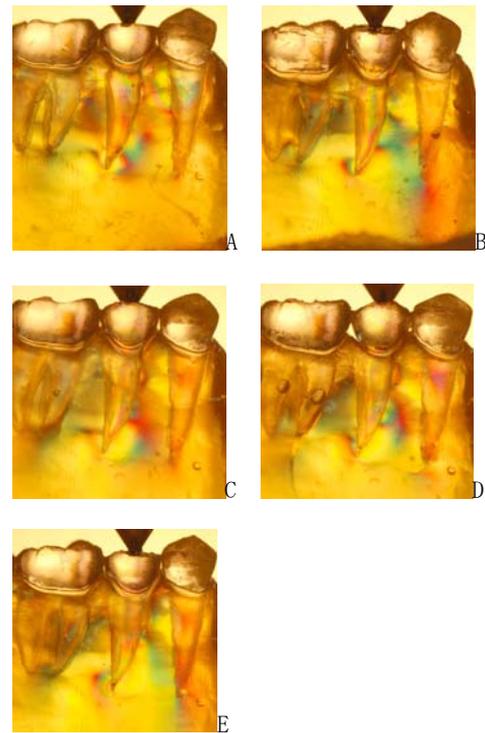


図7. 歯槽骨欠損状態による応力の変化 (A: 歯槽骨欠損なし、B: 3壁性欠損、C: 2壁性欠損、D: 1壁性欠損、E: 全壁性欠損)

歯槽骨欠損状態による違いは、同じ荷重で Color Fringe の出現する Pattern が異なることから、歯根と歯槽骨の接触面積や接触面の

形態が大きな因子となっていることが分かった。特に、歯根全周に歯槽骨のない場合では、根尖部の応力集中も顕著であるが、その広がり近心・遠心隣接歯の歯根部にも及んでいた。同じ荷重でも骨欠損が大きいほど、根尖部への応力集中が大きい傾向にあった。歯槽骨が一部欠損している場合、応力は付着の残っている歯槽骨と歯根面との結合部に出現した。

(5) ヒト抜去歯の粘弾性率測定

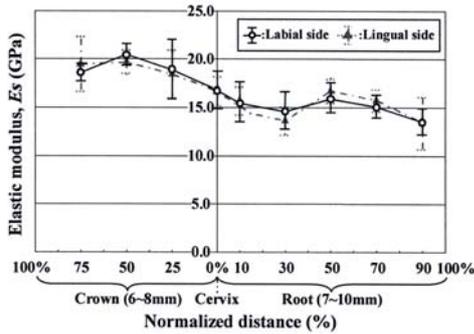


図 8. 象牙質の位置と硬さ

象牙質の硬さは歯冠中央部から根尖部にかけて緩やかに減少した。

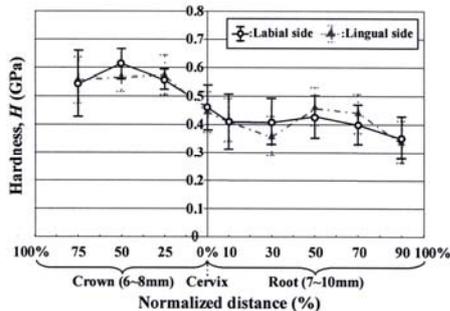


図 9. 象牙質の位置と弾性率

象牙質の弾性率は硬さと同様に、歯冠中央部から根尖部にかけて緩やかに減少した。

(6) ヒト抜去歯のミネラル密度計測

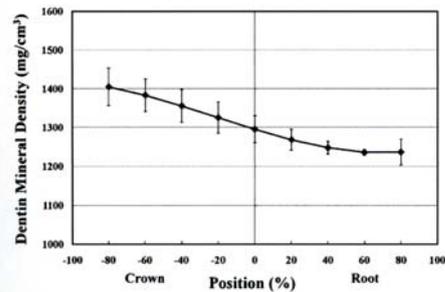


図 10. 象牙質の位置とミネラル密度

象牙質のミネラル密度は歯冠先端部から根尖部にかけて、緩やかに減少していた。

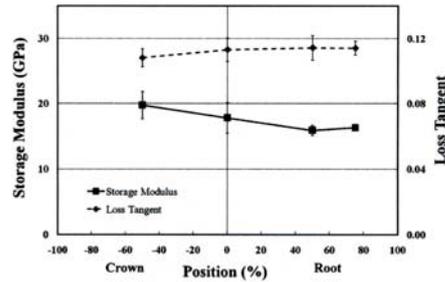


図 11. 象牙質の位置と貯蔵弾性率・損失正接

歯冠先端部から根尖部にかけて、貯蔵弾性率は減少し、損失正接は上昇した。

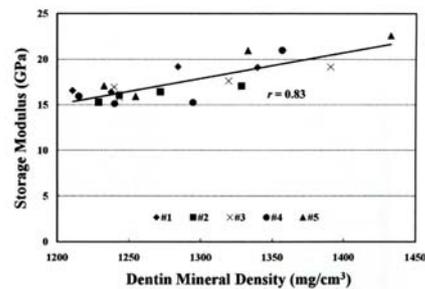


図 12. 象牙質ミネラル密度と貯蔵弾性率との関係

象牙質のミネラル密度が増加するに伴い、貯蔵弾性率も上昇し、正の相関があった。

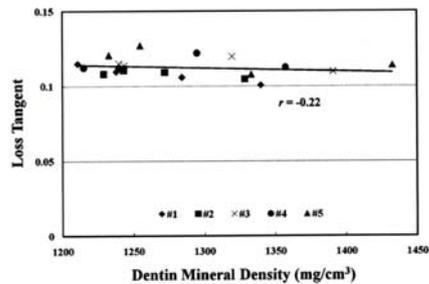


図 13. 象牙質ミネラル密度と損失正接との関係

象牙質のミネラル密度が増加するに伴い、損失正接は減少し、負の相関があった。

以上の結果をまとめると、根管治療を行うことで歯自体が受ける咬合力から応力集中部位を変化させ、複雑になっている。周囲組織、特に歯槽骨の形態変化もこれに拍車を掛ける結果となっている。

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 3 件)

1. 遠藤英昭、山野浩樹、佐々木具文、安倍敏、伊藤秀美、島内英俊、小松正志：歯周病に起因する骨欠損形態が歯・歯槽骨の応力に与える影響：実験力学、査読有、第 8 巻、第 2 号、2008 年、40-43 ページ

2. 坂本信、笹川圭右、小林公一、遠藤英昭、伊藤秀美：ヒト象牙質の動的粘弾性：実験力学、査読有、第 8 巻、第 2 号、2008 年、23-28 ページ

3. 坂本信、北村拓也、小林公一、笹川圭右、遠藤英昭、伊藤秀美：ヒト象牙質のミネラル密度と粘弾性的特性の評価：日本臨床バイオメカニクス学会誌、査読有、29 巻、2008 年、153-159 ページ

[学会発表] (計 7 件)

1. 遠藤英昭、佐々木具文、安倍敏、伊藤秀美、島内英俊、小松正志：歯根破折の原因追究—根管形成による残存歯質への影響—：日本実験力学会 2008 合同ワークショップ、2008 年 11 月 1 日、越後湯沢

2. 坂本信、笹川圭右、小林公一、遠藤英昭、伊藤秀美：ヒト象牙質の動的粘弾性：日本実験力学会講演論文集 2008 年度年次講演会、2008 年 6 月 30 日、札幌

3. 遠藤英昭、佐々木具文、安倍敏、伊藤秀美、島内英俊：歯根破折の応力解析—根管充填時の応力と破折の起始点との関係—：日本実験力学会講演論文集 2008 年度年次講演会、2008 年 6 月 30 日、札幌

4. 遠藤英昭、佐々木具文、伊藤秀美：歯根破折の応力解析—加圧時に歯周組織へ広がる応力観察と破折のメカニズム：日本実験力学会講演論文集第 7 回バイオメカニクス・ワークショップ・仙台(2007)、2007 年 12 月 2 日、仙台

5. Endo, H., Sasaki, T., Itoh, H. : The Stress Analysis of Mechanism Related to Root Fracture with Quasi-Three-Dimensional Technique of Photoelasticity: International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2007、2007 年 9 月 12 日、福岡

6. 坂本信、北村拓也、小林公一、遠藤英昭、伊藤秀美：Micro-CTによる三次元象牙質石灰化度定量測定：日本実験力学会講演論文集 2007 年度年次講演会、2007 年 8 月 7 日、東京

7. 遠藤英昭：三次元光弾性試験による歯根破折を起こす脆弱因子の解析：日本実験力学会講演論文集 2007 年度年次講演会、2007 年 8 月 7 日、東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遠藤 英昭 (ENDO HIDEAKI)
東北大学・大学院歯学研究科・助教
研究者番号：80168830

(2) 研究分担者

伊藤 秀美 (ITOH HIDEMI)
東北大学・大学院歯学研究科・准教授
研究者番号：50005104

佐々木 具文 (SASAKI TOMOFUMI)

東北大学・病院・助教

研究者番号：40323034

安倍 敏 (ABE SATOSHI)

東北大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号：10222647

坂本 信 (SAKAMOTO MAKOTO)

新潟大学・医歯薬系・教授

研究者番号：80215657

(3) 連携研究者

なし