OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	部分床義歯装着者の歯の喪失に影響を及ぼす因子および支台歯の応力分布の検討
Author(s)	水野, 遥子
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/55530
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

部分床義歯装着者の歯の喪失に影響を及ぼす因子および支台歯の応力分布の検討

大阪大学大学院歯学研究科

統合機能口腔科学専攻

顎口腔機能再建学講座

水野　遥子

部分床義歯装着者の
歯の喪失に影響を及ぼす因子および
支台歯の応力分布の検討

大阪大学大学院歯学研究科

顎口腔機能再建学講座

水野　遥子

指導

大阪大学大学院歯学研究科

顎口腔機能再建学講座

前田芳信　教授

緒　　言

近年，8020 運動をはじめとする口腔衛生活動の成果により，高齢者の保有歯数は増加しているものの[1]，超高齢社会の到来により欠損を有する人数は増加し，部分床義歯の需要は増加していくことが予想されている[2, 3]．

部分床義歯をはじめとした欠損補綴治療の目的には，補綴装置の使用による失われた形態・機能の回復と同時に，残存組織の保全があげられる．部分床義歯は，現在の超高齢社会において口腔機能の回復[4, 5]と QOL の向上[6, 7]の点から非常に有用な治療方法である一方，口腔内環境を変化させ[8, 9]，歯周病やう蝕を惹起し，支台歯の喪失までにも影響すると言われている．

歯の喪失により力のバランスが崩れ，咬合の崩壊が促進されていくと考えられており[10]，部分床義歯装着者において，長期的に良好な予後を得るためには，さらなる歯の喪失を防

ぎ，欠損拡大を防止しなければならない[11]．そのためには，部分床義歯装着者での歯の喪失に影響を及ぼす因子を明らかにし，歯の喪失への対策の検討を行うことで，歯の喪失および欠損拡大を防止できると考えられる．

そこで，本研究では，まず実験Ⅰにおいて，部分床義歯装着者における歯の喪失と関連する因子を明らかにするため統計学的検討を行った．次に実験Ⅱ，Ⅲにおいて，支台歯の喪失への対策を検討するため，三次元有限要素法による支台歯の応力解析を行い，支台歯の最大主応力に関連する因子について統計学的検討を行った．

実験Ⅰ．部分床義歯装着者における歯の喪失と関連する因子の統計学的検討

本実験では，部分床義歯装着者における歯の喪失と関連する因子を明らかにするため統計学的検討を行った．

１．方法

１）調査対象

調査対象は，カナダのブリティッシュコロンビア大学歯学部附属病院の学生臨床実習において，2003 年から 2006 年に部分床義歯を装着し，５年間来院を継続している患者 100 名，男性 49 名，女性 51 名，平均年齢 61.7 歳とした（表１）.

なお，本研究は，ブリティッシュコロンビア大学歯学部倫理審査委員会の承認（受付番号：H12-03350）を得ている.

２）調査項目

ブリティッシュコロンビア大学歯学部附属病院の過去の診療記録より調査を行った．義歯製作前の検査時をベースラインとし，ベースライン時における，う蝕，ポケット深さ，動揺度，失活歯，義歯の支台歯と義歯装着後５年間での歯の喪失を調査し記録した．ポケ

ット深さに関しては，各歯の最深部の値を，動揺度はMillerの分類[12]により診断された値を用いた．また，オルソパントモグラフィーおよびデンタルエックス線画像上で根管充填が認められる歯を失活歯とした．義歯の支台歯に関しては，技工指示書より義歯の設計を確認し，義歯の支台装置が設定されている歯を義歯の支台歯とした．

３）統計解析

統計解析にはマルチレベルロジスティック回帰分析を用いた．分析に用いた変数は，目的変数を歯の喪失，説明変数をう蝕，ポケット深さ，動揺度，失活歯，義歯の支台歯とし，被験者という階層を設定して，全残存歯および支台歯を対象に分析を行った．

なお，分析には，統計解析ソフトウェアStata11（Stata Corporation, USA）を使用し，有意水準は５％とした．

２．実験結果

１）ベースライン時の歯の特徴

全残存歯 2068 本の約 90％にう蝕は認められず，ポケット深さが３mm 以下の歯および動揺度０の歯が約 60％であった．また，生活歯が約 90％であり，全残存歯の約４分の１が義歯の支台歯であった（表２）．

義歯の支台歯 496 本では，90％以上にう蝕は認められず，ポケット深さが３mm 以下の歯が約 60％，また，動揺度０の歯が約 70％であり，生活歯が約 90％であった（表３）．

２）マルチレベルロジスティック回帰分析の結果

（１）全残存歯を対象とした場合

全残存歯 2068 本の中で，５年間で喪失した歯は，67 本であった．全残存歯を対象にマルチレベルロジスティック回帰分析を行った結果，歯の喪失との間に有意な関連が認められたのは，失活歯と義歯の支台歯であり，

オッズ比はそれぞれ，3.65，1.95 であった（表４）．

（２）義歯の支台歯を対象とした場合

全支台歯 496 本の中で，５年間で喪失した歯は，21 本であった．義歯の支台歯を対象にマルチレベルロジスティック回帰分析を行った結果，歯の喪失との間に有意な関連が認められたのは，う蝕，動揺度と失活歯であった．特に失活歯では，全残存歯を対象にした場合よりも，義歯の支台歯を対象にした場合の方が，オッズ比は 5.10 と大きくなった（表５）．

３．小括

全残存歯において，歯の喪失との間に有意に関連がある因子は，義歯の支台歯，失活歯であり，義歯の支台歯を対象にした場合も，歯の喪失と失活歯との間に有意な関連が認められた．

実験Ⅱ．三次元有限要素法による支台歯の応力解析

実験Ⅰの結果より，歯の喪失に関わる因子の中でも，歯科医師が補綴的なアプローチを考えることが可能である，すなわち，支台築造の種類や，クラスプの設計を考慮することができるという点から，本実験では，部分床義歯の失活支台歯に注目した．失活歯では，歯根破折による歯の喪失が多くみられる[13]といわれていることから，実験Ⅱにおいて，失活支台歯の歯根破折への対策を明らかにするため，三次元有限要素法による支台歯の応力解析を行った．

これまでに，歯根破折に関して，支台築造の材質[14-23]やポスト形態[14, 18, 24]を検討した報告は多くあるが，義歯の支台装置からの負荷が加わる，義歯の支台歯の歯根破折については十分に検討されていない．

そこで実験Ⅱでは，遊離端欠損患者のCTデータより三次元有限要素モデルを作成し，支台歯の支台築造，クラスプの設計について比較検討した．また，義歯は長期にわたり使用するものであるため，支台歯，顎堤粘膜には経年的変化が起こり，支台歯に加わる力も変化することが予想される．そこで，経年的変化を想定し，セメント層破壊によるポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合の影響についても検討を行った．

１．実験方法

１）モデル作成

下顎右側第一大臼歯および第二大臼歯が欠損した遊離端欠損患者のCTデータをもとに，三次元有限要素解析ソフトウェアMECHANICAL FINDER Ver.6.1 Extended Edition（計算力学研究センター社，日本）を使用し，欠損隣接支台歯である下顎第二小臼歯とその周囲骨を抽出し，顎堤粘膜，義歯

を加えた三次元有限要素モデルを作成した（図１）.

なお，本研究では，本学倫理審査委員会の承認（受付番号：H24-E13）を得て，本研究の主旨と方法について文書および口頭で十分に説明を行い，同意を得られた患者の CT データを用いた.

（１）支台築造の種類

支台築造の種類として，メタル，レジン，ファイバーポスト併用レジン，既製金属ポスト併用レジンの４種類を設定した．ポストの直径は歯根の直径の３分の１，長さは歯根長の３分の２に設定した[25-27]（図２）.

（２）クラスプの種類

クラスプの種類としては，遠心レストエーカースクラスプおよび近心レストエーカースクラスプの２種類を設定した（図３）.

２）材料定数

各構成要素のヤング率とポアソン比は，過去の文献[16, 20, 28]を参考に設定し，歯槽骨に関してはCT撮影時に得られるCT値からKeyakの式[29]より算出した値を用いた（表６）.

３）荷重拘束条件

遊離端義歯の咬合力を想定し[30]，第一大臼歯相当部に98Nの垂直荷重を加え，下顎骨底部を拘束し，解析を行った（図４）.

４）経年的変化を想定した条件

経年的変化による影響として，ポスト歯根間の接着喪失を想定し，ポスト歯根間に接触要素条件を設定した.（ａ）接着，（ｂ）近心歯頸部側のみ接着喪失，（ｃ）歯頸部側２分の１のみ接着喪失と（ｄ）完全接着喪失の４つの条件について比較検討した.

また，義歯床不適合の状態を想定して，顎

堤粘膜の弾性係数を変化させて検討を行った．適合状態として 10MPa，不適合状態として 0.01MPa，その中間的な状態として，５MPa，１MPa，0.1MPa を設定し，各適合状態について比較検討した．

５）要素と節点数

モデルは四面体要素のソリッドからなり，骨にのみ表面に三角形要素のシェルを設定した．総節点数は，遠心レストエーカースクラスプモデルで 119555，近心レストエーカースクラスプモデルで 121739 であった．総ソリッド数は，遠心レストエーカースクラスプで 623033，近心レストエーカースクラスプモデルで 637776 であった．

６）解析

本実験は，以上の解析条件を設定し，三次元有限要素解析ソフトウェア MECHANICAL FINDER を用いて線形解析を行った．

各条件により応力集中部位が異なるため，歯根の応力集中が生じた部位を確認し，応力集中部位の最大主応力の最大値を抽出し検討を行った．

２．実験結果

１）支台築造の比較

遠心レストエーカースクラスプの場合および近心レストエーカースクラスプの場合のいずれにおいても，メタルコアでは，歯根の近心歯頸部および近心外側上部３分の１に応力が集中し，他の支台築造では，近心歯頸部に応力集中が認められた．図５は遠心レストエーカースクラスプの場合の各支台築造の応力分布を示す．

応力集中のみられる歯根近心外側３分の１における最大主応力を抽出し，各支台築造の比較を行った（図６）．遠心レストエーカースクラスプの場合，最大主応力はメタルコアで最も大きくなり，既製金属ポスト併用レジ

ン，レジンおよびファイバーポスト併用レジンコアの順で小さくなった．近心レストエーカースクラスプの場合，各支台築造間で最大主応力の差は認められなかった．

２）クラスプの比較

いずれの支台築造においても，遠心レストエーカースクラスプと比較し，近心レストエーカースクラスプで歯根内の応力は分散しており，最大主応力は小さくなった（図７，８）．

３）ポスト歯根間の接着喪失

遠心レストエーカースクラスプを設定したメタルコアの場合に大きく応力分布に変化が認められた．（ａ）接着の場合は，近心歯頸部および歯根近心外側に応力集中が認められたが，（ｂ）近心歯頸部のみ接着喪失と（ｃ）歯頸部側２分の１のみ接着喪失の場合には，ポスト長の２分の１の位置の歯根近心

内部にも応力集中が認められた．（ｄ）完全接着喪失の場合には，ポスト先端周囲に応力集中が認められた（図９）．歯根の最大主応力を比較した結果，（ａ）・（ｂ）に比べ，（ｃ）・（ｄ）で最大主応力は大きくなった（図 10）．

４）義歯床適合と不適合の比較

いずれのクラスプ，支台築造の場合においても，顎堤粘膜の弾性係数が小さくなるにつれて，すなわち，義歯床不適合の程度が大きくなるにつれて，歯根の最大主応力は大きくなった（図 11，12）．

３．小括

メタルおよび既製金属ポスト併用レジンコアと比較し，レジンおよびファイバーポスト併用レジンコアで，また，遠心レストエーカースクラスプと比較し，近心レストエーカースクラスプで歯根に生じる最大主応力が小さ

くなった．歯頸部側２分の１以上のポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合により，歯根に生じる最大主応力が大きくなることが明らかになった．

実験Ⅲ　支台歯の最大主応力に関連する因子の統計学的検討

実験Ⅱで検討した因子と歯根の最大主応力との関連を明らかにすることを目的に，統計学的検討を行った．

１．実験方法

歯根に生じた最大主応力を目的変数，実験Ⅱにおいて検討した支台築造の種類，クラスプの種類およびポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合を説明変数とし，重回帰分析を行った．なお，ポスト歯根間の接着喪失の中間的な条件（近心歯頸部側のみ接着喪失と歯頸部側２分の１のみ接着喪失）では，義歯床が

適合している条件下での解析結果を，義歯床不適合の中間的な条件（顎堤粘膜の弾性係数5 MPa，1 MPa，0.1MPa）では，ポスト歯根間が接着している条件下での解析結果を分析に含めた．

統計解析ソフトウェアは Stata を使用し，有意水準は５％とした．

２．実験結果

最大主応力との間に有意な関連が認められたのは，ポスト歯根間の接着喪失（β=0.55）と義歯床不適合（β=0.78）であった（表７）．

３．小括

支台歯の歯根の最大主応力に関連する条件としては，ポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合の影響が大きいことが示された．

考　　察

部分床義歯による補綴において，長期的に良好な予後を得るため，欠損の拡大を防ぐことは重要である[11]．義歯の安定性や機能回復には，残存歯の咬合支持が関係しており，咬合支持数が少なくなることで難症例になると言われている[31]．部分床義歯装着者において，欠損が拡大することは，咬合支持数の低下につながり，義歯が不安定になり，義歯による機能回復が難しくなる可能性がある．

部分床義歯装着者おいて，さらなる歯の喪失を防ぎ，欠損拡大を防止するためには，部分床義歯装着者での歯の喪失に影響を及ぼす因子を明らかにし，歯の喪失への対策の検討を行うことが必要であると考えられる．

歯の喪失に影響を及ぼす因子に関する研究は，これまでにもいくつか報告されているが，その多くが人レベルの因子についての研究[32-40]であり，歯レベルの因子についての検討

を行った研究は少なく[41-43]，また義歯の支台歯を対象として検討を行った研究は認められない．そこで，本研究では，まず実験Ⅰにおいて，部分床義歯装着者における歯の喪失と関連する歯レベルの因子を明らかにするために，全残存歯と支台歯を対象に統計学的検討を行った．

また，支台歯喪失への対策を検討するために，実験Ⅱ，Ⅲにおいて三次元有限要素法による支台歯の応力解析を行い，支台歯の最大主応力に関連する因子について統計学的検討を行った．支台築造の種類[14-24]や支台装置の種類[44, 45]の検討を個々に行った研究は多くあるが，支台築造された部分床義歯の支台歯について検討を行った研究はこれまでに認められない．そこで，本研究では部分床義歯の支台歯のモデルを作成し，支台歯の支台築造，クラスプの設計について比較検討を行った．

さらに，義歯は長期にわたり使用していくものであるため，支台歯，顎堤粘膜には経年

的変化が起こる．支台築造された歯では，経年的な変化によるセメント層の劣化や二次う蝕によりポスト歯根間の接着喪失が起こる可能性がある．築造体の脱落も従来から支台築造の失敗のひとつとして挙げられ[46]，また，破壊試験においてセメント層の破壊を伴い歯根破折を起こす場合も認められることから[47]，ポスト歯根間の接着喪失も歯根破折に関わる要因のひとつとして考慮すべき事項と考えられる．一方，顎堤に関しては，経年的に吸収が起こると考えられ，それにより，義歯の沈下量が増加することが報告されている[48]．これらの変化により支台歯に生じる力は変化すると考えられる．そこで，実験Ⅱ，Ⅲにおいて，経年的変化を想定し，ポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合の影響についても検討を行った．

１．実験方法について

１）実験Ｉの実験方法について

（１）対象者

本研究は，カナダのブリティッシュコロンビア大学における学生臨床実習において部分床義歯を製作した患者を対象とした．装着した部分床義歯は，指導医の監督のもと，製作しているため，各患者が装着した義歯は，一定のクオリティに達した良好なものであると考えられる．ただし，カナダでは日本のような社会保険制度がないため，全て自費診療となる．そのため，日本のようなレジン床義歯ではなく，対象となった義歯のほとんどが金属床義歯であった．レジン床義歯と比較すると，金属床義歯は剛性が高いため力学的に支台歯への負担が少ないことが予想されるが，対象患者群内では，ほぼすべての義歯が金属床であったため，他の因子の比較には問題なかったと考えられる．その他，カナダでの補綴治療に関して日本との大きな差異は認められなかった．

また，義歯装着後，メインテナンスに５年

間来院を継続している患者を対象とした．そのため，本研究では，メインテナンス下で口腔衛生状態が比較的良好に保たれた患者群での歯の喪失に関わる因子について検討できたと考えられる．

（２）マルチレベルモデルについて

本研究のように，歯レベルの因子での統計学的検討を行う場合には，各被験者内の個々の歯を扱うため，被験者と歯という階層性を有するデータを用いることになり，各被験者内で集団内類似性が存在するため，それを考慮した分析を行う必要がある．その方法として，マルチレベルモデルを用いた．マルチレベルモデルは，社会学や経済学の分野で多く用いられている統計方法である[49]．最近は，歯科の分野においても歯周病のリスクファクターの研究などに用いられており[50-52]，階層性データを適切に分析する方法として使用されている．しかし，このマルチレベルモデル

を用いて，歯レベルの因子において歯の喪失に関連する因子の検討を行った研究はこれまでにほとんどない[41-43]．また，義歯の支台歯について検討を行った研究はこれまでに認められない．

そこで実験Ⅰでは，患者レベルと歯レベルという階層性を考慮し，マルチレベルモデルを用いて，部分床義歯装着者における歯レベルでの歯の喪失に関連する因子を明らかにすることを目的に統計学的分析を行った．

2）実験Ⅱの実験方法について

（1）三次元有限要素法

歯根破折や義歯に関する力学的研究として，これまでに，光弾性法[53-59]，有限要素法[14-20, 24, 45, 60]，破折試験[47, 61, 62]，ひずみゲージ法[63-65]など様々な方法が行われてきている．

ひずみゲージ法は，ひずみの定量的な評価ができる一方で，計測結果が貼付部位に限定され，物体表面の情報しか得られず，内部の

応力を知ることができない[66]．また，光弾性法は応力分布を広範囲かつ連続的に観測でき，内部応力についても計測可能であるが，特殊な材料と計測装置が必要であり，模型を形状や構造ごとにそれぞれ製作する必要があることから，同様の利点を持つ有限要素法に比べて汎用性に欠ける[67]．有限要素法は物体の内部構造を詳細に再現し，その任意の部位における応力やひずみなどの連続分布を解析することができるという利点を持っている[68]．

本研究のように歯根内部の応力分布の検討を目的とした場合，物体の内部構造を再現し，応力解析できる有限要素法が適していると考えられる．また，歯根に生じる応力分布の研究で，実際の患者のCT画像を用いて実験を行ったもの[69]は少なく十分に検討されていない．歯の形状は複雑であるため，軸対称な任意のモデルを用いた解析結果では疑問が残り，より実形状に近いモデルで解析する必要があると考えられる．そこで本研究では，実際の

患者のCT画像から有限要素モデルを構築し，三次元有限要素法による歯根内の応力解析を行った．

（２）荷重拘束条件

本研究では負荷時の義歯の沈下による支台歯への応力分布の影響を検討することが目的であったため，義歯に加わる複雑な機能圧を単純化し，人工歯部にのみに食物が介在した場合を想定し，咬合平面に対して垂直な方向に荷重を設定した．荷重部位と荷重量に関しては，遊離端義歯における最大咬合力の研究[30]を参考に，第一大臼歯部に98Nとした．

拘束については，荷重点から可及的に離れた部位の場合，応力分布に影響を及ぼさないことから[60]，本解析モデルでは，下顎骨底部を完全拘束した．

（３）応力値の分析

象牙質の圧縮強さが約200MPa[70]，引張強

さが約 85MPa [71]であることから，歯根は引張りの力に弱いと考えられる．そのため，引張応力の集中が見られた部位の最大主応力の最大値を抽出し，結果の比較を行った．

（４）支台築造について

歯冠部残存歯質のない歯は支台築造した失活歯全体の半数以上を占めており[72]，歯冠部残存歯質のない場合に歯根の破折強度が最も低いという報告[61, 73]があることから，本実験では最も不利な条件を想定し，歯冠部残存歯質のないモデルを作成した．

（５）クラスプについて

支台装置が設置される位置あるいはその種類が支台歯に与える影響については，これまでに榎本ら[44]や野川ら[45]が報告している．ただし，これらの研究は天然歯に歯冠補綴した支台歯などを想定して実験しており，支台築造された支台歯を想定して歯根内部に生じる

応力について検討を行った実験はこれまでに認められない．

支台歯と支台装置の境界面には，過去の文献を参考に[60]，支台歯と義歯が独立して動くよう接触要素条件を設定した．この条件下では，圧縮応力は生じるが引張り応力は生じない，すなわち，クラスプを咬合面側に牽引した場合，分離するモデルである．

（６）ポスト歯根間の接着喪失について

経年的な変化により，ポスト歯根間の接着が喪失し，それにより歯根内部の応力分布にも変化が起こることが考えられる．本実験の結果から，ポスト歯根間が接着している場合，歯頸部では近心側に応力集中が認められたため，近心歯頸部から接着喪失が進行することが考えられる．そのため，本実験では，接着喪失の条件として，近心歯頸部側のみ接着喪失，歯頸部側２分の１のみ接着喪失，完全接着喪失の条件を設定し，検討を行った．

（７）義歯床不適合条件について

経年的な変化により，顎堤吸収が生じ，それに対してリラインなどの適切なメインテナンスを行わないと義歯床粘膜面の不適合が生じ義歯の沈下量が増加する[48]．それにより支台歯に生じる応力は変化すると考えられる．そこで本実験では，義歯床不適合の状態を想定して，顎堤粘膜の弾性係数を変化させて検討を行った．

生体から作成したモデルであるため，顎堤粘膜の厚径は不均一であるが，平均的な粘膜の厚径の値と近く[74]，レトロモラーパッド部で４mm程度，その他の顎堤部ではほとんどが２mm程度であった．

３）実験Ⅲの方法について

これまでにも歯に生じる応力については，支台築造の種類[14-20, 24]や支台装置の種類[44, 45]など，個々の要因について検討を行った研

究は行われてきたが，最大主応力の多数の変動要因を総合的に評価し，個々の要因の影響の強さについて検討を行ったものはない．そこで，歯根に生じる応力と関連のある因子を明らかにするために，重回帰分析を用いて検討を行った．

２．実験結果について

１）実験Ｉの実験結果について

（１）歯周病

これまでに歯周病と歯の喪失との関連については，多くの報告がある．歯周病の指標のひとつであるアタッチメントロス[32-37, 41]やポケット深さ[39, 40, 42]と歯の喪失との関連についての報告は多くあり，また，Baelum ら[35]は歯の動揺度と歯の喪失との間にも関連があることを報告している．さらに，Pretzl ら[43]は積極的歯周治療後の患者 100 名を対象に分析を行い，ベースライン時の骨吸収，分岐部病変が歯の喪失のリスクファクターである

ことを明らかにしている．

このように，歯周病と歯の喪失との間に関連があるとする報告は多くあるが，本研究の結果では，ポケット深さは，歯の喪失と関連はなかった．本研究の対象者は義歯装着後も5年間来院を継続してメインテナンスを受けているため，比較的口腔衛生状態が良好に保たれていたことから，ポケット深さの歯の喪失に与える影響は小さかったと考えられる．

また，支台歯を対象とした場合に，動揺度と歯の喪失との間に有意に関連が認められた．これは，支台歯は義歯の支台装置が設定されることで，力学的に負担がかかりやすく，通常よりプラークコントロールを良好に保ちにくくなることに加え，歯槽骨支持が関連する動揺度は，歯周治療による改善の効果が得られにくいことが理由として考えられる．

（2）う蝕

本研究では，支台歯を対象とした場合に，

う蝕と歯の喪失との間に有意な関連が認められた．う蝕と歯の喪失との間の関連があるとの報告はこれまでにも多くされている[32, 33, 35, 36, 38]．本研究の場合，メインテナンスによるプラークコントロールはされているが，う蝕の既往がある場合，う蝕リスクが高いと考えられることに加え，支台装置を設定することで，自浄性が低下し，再度う蝕となることで歯の喪失に至った可能性が考えられる．

（３）失活歯

失活歯と歯の喪失との間に関連があるとする報告はこれまでにもされており[39, 40]，また，宮本ら[75]は未修復歯と比較し，根管治療歯では生存率が低いことを示している．さらに，牛島ら[76]は，片側性の遊離端欠損の最後臼歯部において，失活歯と歯の喪失との間に関連があり，生活歯と比較しオッズ比が 8.5 倍と高い結果を報告している．本研究においても失活歯と歯の喪失との間に有意な関連が

認められた．特に，義歯の支台歯を対象にした場合の方が，オッズ比は 5.10 と大きくなった．これは，義歯の支台歯は非支台歯に比べ，力学的な負担が大きくなることが理由として考えられる．

（４）義歯の支台歯

これまでにも義歯の支台歯が歯の喪失のリスクファクターである報告[32, 41, 43, 75]はされており，本研究でも，義歯の支台歯と歯の喪失との間に有意な関連が認められた．

義歯の支台歯では通常よりもプラークコントロールが良好に保ちにくく，力学的にも負担がかかりやすいため，非支台歯と比較し喪失の可能性が高くなったと考えられる．

（５）メインテナンス

小山ら[77]は可撤性部分床義歯装着患者に対するメインテナンスの頻度の相違が残存歯歯周組織の状態に与える影響を明らかにするこ

とを目的に検討を行った結果，メインテナンスが年４回以上の群では支台歯歯周組織の健康維持に有効であったと報告している．また，林ら[78]は，術後 10 年間に失った歯が非メインテナンス群で 1.57 本に対してメインテナンス群では 0.44 本であったと報告しており，メインテナンスも歯の喪失に影響を与える要因の一つであると考えられる．

本研究の被験者は，メインテナンスの頻度については被験者ごとに異なるが，５年間継続してメインテナンスを受けていた被験者群であったため，口腔衛生状態は比較的良好に保たれていた患者群であると考えられる．そのため，特に全残存歯において，細菌学的要因が大きく関与するう蝕や歯周病と歯の喪失との間の関連がなかったと考えられる．

２）実験Ⅱの実験結果について

（１）支台築造の影響

いずれの支台築造の場合も，歯根近心外側

上部３分の１および近心歯頸部への応力集中が認められた（図５）．特にメタルコアにおいて，他の支台築造と比較し，歯根近心外側上部３分の１の最大主応力が大きかった（図６）．メタルコアでは支台築造自体の剛性が高いため，より歯根の根尖側に応力が生じたと考えられる．

歯根破折により，その歯が抜歯に至る可能性には，歯根破折の進展深度が関わってくる．林ら[79]は，歯根破折に対し接着再建・再植歯の３年経過時の成功率を調査した結果，歯根破折の進展深度が深いほど，抜歯に至る可能性が高いことを報告している．林らは破折に沿って，深部に及ぶ骨欠損があったことを理由としてあげており，いったん破折が深部に及ぶとその歯の良好な予後は期待できないと考えられる．メタルコアによる支台築造の支台歯では，他の支台築造に比較し，応力集中がより根尖側に生じているため，抜歯に至るような歯根破折が生じる可能性が高いと考え

られる．

また，レジンを用いた支台築造では，近心歯頸部の最大主応力が大きく，レジンと歯根象牙質の界面に応力集中が認められ，マージン部からの微小漏洩が起こる可能性が考えられる．林ら[47]は，in vitroでの破壊試験において，ファイバーポスト併用レジン支台築造の修復歯の多くは，支台築造材と歯根象牙質との接着が歯頸部より崩壊し，ポストが脱落する様相を呈していたと報告しており，本実験による応力集中の様相とも一致する．

さらに，金属ポストによる支台築造での歯根破折の発生率が，ファイバーポストによる支台築造と比較し高かったとの臨床報告[80]もあり，剛性の高いメタルを用いた支台築造では，歯根破折が起こりやすいと考えられる．

（２）クラスプの影響

いずれの支台築造の場合においても，遠心レストエーカースクラスプと比較し，近心レ

ストエーカースクラスプで歯根内の応力は分散しており，最大主応力は小さくなった．

支台装置が設置される位置あるいはその種類が支台歯に与える影響については榎本ら[44]が研究を行い，近心レストは支台歯の負担を減少させると報告している．また，野川ら[45]も，近心レストは遠心レストに比較して最後方支台歯の水平的負担が軽減されたと報告している．これらの研究は天然歯に歯冠補綴した支台歯を想定して実験しているため，支台築造された支台歯ではないが，今回の結果も同様の傾向を示した．近心レストエーカースクラスプでは，回転中心となるレストと荷重点のと距離が遠心レストエーカースクラスプに比べて遠いため，支台歯に加わる力が小さくなったと考えられる．

（３）ポスト歯根間の接着喪失の影響

歯頸部側２分の１以上の接着喪失により，最大主応力が大きくなった．歯根上部の水平

面の接着喪失により，特に剛体であるメタルコアで応力集中部位が変化し，歯根内部への大きな応力集中が生じたと考えられる．

（４）義歯床不適合の影響

いずれのクラスプ，支台築造の場合においても，顎堤粘膜の弾性係数が小さくなるにつれて，すなわち，義歯不適合の程度が大きくなるにつれて，歯根の最大主応力は大きくなった．義歯床遠心端の変位すなわち，義歯床沈下量は，顎堤粘膜の弾性係数が小さくなるにつれて大きくなっており，顎堤粘膜による支持の低下により，床が沈下することで，咬合力の支台歯への負担が大きくなり，歯根に生じる応力が大きくなったと考えられる．

３）実験Ⅲの実験結果について

ポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合と，最大主応力との間に有意な関連が認められ，支台歯の歯根の最大主応力に影響を及ぼす因

子としては，ポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合の影響が大きいことが示唆された．

４）臨床的示唆

以上のことから，考え得る最悪の条件として，経年的変化により支台歯が歯根破折に至る経緯を次のように考察できる．支台築造された失活歯に遠心レストが設定され，クラスプにより遠心に倒す力が加わることで，近心歯頸部に応力集中が生じる．徐々に近心側マージン部のセメントの崩壊，接着喪失がおこり，二次う蝕が生じやすい環境となり，さらに接着喪失が進行する．顎堤吸収により，さらに義歯床が回転沈下し，支台歯を遠心に回転する力が増加することで，ポストの先端部に応力が集中し，歯根破折につながる．

定期的なメインテナンスを行わないことで，接着喪失や不適合の程度が進行すると考えられるため，メインテナンスによる支台歯のマージン部の確認と二次う蝕の進行の防止，義

歯床適合性の確認とリラインによる適合性の改善が重要であることが示唆された．

総括ならびに結論

本研究は，部分床義歯装着者における歯の喪失と関連する因子を統計学的検討により明らかにし，支台歯の喪失への対策を検討するため，三次元有限要素法による支台歯の応力解析を行い，支台歯の最大主応力に関連する因子について統計学的検討をした．その結果，以下のような結論が得られた．

1．　部分床義歯装着者で，歯の喪失との間に有意に関連がある因子は義歯の支台歯および失活歯であった．

2．　義歯の支台歯では，歯の喪失と失活歯との間に有意に関連があった．

3．　三次元有限要素法による応力解析により，失活支台歯モデルにおいて，レジンまたはファイバーポスト併用レジンコア，また近心レストエーカースクラスプで支台歯に生じる最大主応力が小さくなった．

4．　失活支台歯モデルにおいて，最大主応力に有意に関連する因子は，ポスト歯根間の接着喪失，義歯床不適合であった．

以上より，義歯の長期的な使用においては，メインテナンスでの支台歯のポスト歯根間の接着喪失の状態の確認と二次う蝕の防止，義歯床適合性の確認と改善が重要であり，また，部分床義歯を製作する上では，失活支台歯での支台築造の種類やクラスプの設計を考慮することで，歯根破折による支台歯喪失を防ぎ，欠損拡大を防止できることが示唆された．

謝　　辞

稿を終えるにあたり，本研究を行う機会を与えて頂き，かつ終始変わらぬ御指導，御高閲を賜りました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座前田芳信教授に慎んで感謝の意を表します．また，本研究に際し，終始御理解と御協力を頂きました Dr. Michael I. MacEntee , Dr. Ross Bryant (The University of British Columbia), 松永繁氏（計算力学研究センター社），十河基文先生（アイキャット社），大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座教室員各位に心から御礼申し上げます．

文　　献

1.　　平成17年歯科疾患実態調査報告：口腔保健協会.

2.　　金谷貢，宮川修．高齢者ならびに要介護高齢者にかかわる欠損補綴の将来予測．日本歯科評論．2001(704):91-6.

3.　　金谷貢，渡辺孝一，宮川修．高齢者及び要援護高齢者にかかわるブリッジ数と有床義歯数の将来推計の試み．日本補綴歯科学会雑誌．2001;45(2):227-37.

4.　　Jemt T, Hedegard B, Wickberg K. Chewing patterns before and after treatment with complete maxillary and bilateral distal-extension mandibular removable partial dentures. J Prosthet Dent. 1983;50(4):566-9.

5.　　Gunne HS. The effect of removable partial dentures on mastication and dietary intake. Acta Odontol Scand.

1985;43(5):269-78.

6. Jepson N, Allen F, Moynihan P, Kelly P, Thomason M. Patient satisfaction following restoration of shortened mandibular dental arches in a randomized controlled trial. Int J Prosthodont. 2003;16(4):409-14.

7. Wolfart S, Heydecke G, Luthardt RG, Marre B, Freesmeyer WB, Stark H, Wostmann B, Mundt T, Pospiech P, Jahn F, Gitt I, Schadler M, Aggstaller H, Talebpur F, Busche E, Bell M. Effects of prosthetic treatment for shortened dental arches on oral health-related quality of life, self-reports of pain and jaw disability: results from the pilot-phase of a randomized multicentre trial. J Oral Rehabil. 2005;32(11):815-22.

8. 佐藤文彦，小山重人，千葉貴大，門脇研司，川田哲男，佐々木啓一．可撤性部分

床義歯装着が残存歯歯周組織状態に及ぼす影響．日本補綴歯科学会誌．2009;1(2):130-8.

9. Petridis H, Hempton TJ. Periodontal considerations in removable partial denture treatment: a review of the literature. Int J Prosthodont. 2001;14(2):164-72.

10. 市川哲雄/編．入門無歯顎補綴治療．東京：医歯薬出版株式会社；2006. 9-10 p.

11. 前田芳信．【欠損歯列を読む:治療結果に影響する因子を探る】 欠損を拡大しない補綴を目指して 5年以上のメインテナンス症例の観察結果から．日本補綴歯科学会誌．2012;4(2):178-82.

12. Miller S. Textbook of Periodontia,3rd ed: Blakiston Philadelphia:Co Inc 1950. 125, 212 p.

13. Axelsson P, Nystrom B, Lindhe J. The long-term effect of a plaque control

program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. J Clin Periodontol. 2004;31(9):749-57.

14. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. J Prosthet Dent. 2002;88(4):442-8.

15. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. Biomaterials. 2002;23(13):2667-82.

16. Ukon S, Moroi H, Okimoto K, Fujita M, Ishikawa M, Terada Y, Satoh H. Influence of different elastic moduli of dowel and core on stress distribution in root. Dent Mater J. 2000;19(1):50-64.

17. 谷野之紀，黒江敏史，佐藤範幸，立花佳奈，三田村好矩，大畑昇．3次元有限要素法を用いた支台築造の応力解析　ファイバーポストおよび各種金属ポストの弾性係数の違いによる影響．北海道歯学雑誌．2004;25(1):10-8.

18. 谷野之紀，比嘉昌，西村生哉，石田敏真，大畑昇，三田村好矩．ポスト形態および材料が歯質に及ぼす影響　3次元有限要素法による内部応力の検討．日本臨床バイオメカニクス学会誌．2004;25:223-8.

19. 小椋麗子，三浦宏之，岡田大蔵，進千春，遊佐耕一郎，熊谷直輔．種々の支台築造法における歯根象牙質の応力分布状態に関する研究．日本歯科理工学会誌．2010;29(5):434.

20. 北村茂，積田光由，坪田有史，小久保裕司，福島俊士．二次元有限要素解析による支台築造の力学的検討．鶴見歯学．2007;33(1):21-9.

21. Santos AF, Meira JB, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG, Pfeifer CS, Versluis A. Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? J Dent Res. 2010;89(6):587-91.

22. 野口幸彦, 近藤誉一郎, 坪田有史, 他. 支台築造用コンポジットレジンに関する研究(第6報)有限要素法による応力解析. 鶴見歯学. 1994;20(1):363-75.

23. 川崎貴生, 高山芳幸. 誌上ディベイト 鋳造コアかレジンコアか 無髄歯の予後を良好にするための築造体とは. 日本補綴歯科学会雑誌. 2003;47(2):244-52.

24. 石川陽子, 遊佐耕一郎, 馬金宝, 牧野祥, 根本玲奈, 大森哲, 武井秀典, 岡田大蔵, 三浦宏之. フェルールの高さが支台築造後の歯根象牙質の応力分布状態に及ぼす影響 光弾性解析. 口腔病学会雑誌. 2010;77(1):95.

25. Caputo AA, Standlee JP. Pins and posts--why, when and how. Dent Clin

North Am. 1976;20(2):299-311.

26. 五十嵐孝義. クラウンブリッジの臨床テクニック. 東京: 医歯薬出版株式会社; 2003. 66-7 p.

27. Silverstein WH. The reinforcement of weakened pulpless teeth. J Prosthet Dent. 1964;14(2):372-81.

28. 黄恵蘭. 下顎全部床義歯における補強構造に関する力学的研究. 阪大歯学誌. 1998;43(1):1-15.

29. Keyak JH, Rossi SA, Jones KA, Skinner HB. Prediction of femoral fracture load using automated finite element modeling. J Biomech. 1998;31(2):125-33.

30. 山崎健. 各種補綴物における咬合力の比較に関する研究. 日本歯科医師会雑誌. 1960;12(11):1-10.

31. 宮地建夫. 【8020と補綴臨床】 欠損歯列への臨床的取り組み. 日本補綴歯科学

会雑誌. 2005;49(2):199-210.

32. Gonda T, MacEntee MI, Kiyak HA, Persson GR, Persson RE, Wyatt C. Predictors of multiple tooth-loss among socio-culturally diverse elders. Int J Prosthodont. in press.

33. Locker D, Ford J, Leake JL. Incidence of and risk factors for tooth loss in a population of older Canadians. J Dent Res. 1996;75(2):783-9.

34. Warren JJ, Watkins CA, Cowen HJ, Hand JS, Levy SM, Kuthy RA. Tooth loss in the very old: 13-15-year incidence among elderly Iowans. Community Dent Oral Epidemiol. 2002;30(1):29-37.

35. Baelum V, Luan WM, Chen X, Fejerskov O. Predictors of tooth loss over 10 years in adult and elderly Chinese. Community Dent Oral Epidemiol. 1997;25(3):204-10.

36. 清田義和，葭原明弘，安藤雄一，宮崎秀夫．70歳高齢者の歯の喪失リスク要因に関する研究．口腔衛生学会雑誌．2002;52(5):663-71.

37. Burt BA, Ismail AI, Morrison EC, Beltran ED. Risk factors for tooth loss over a 28-year period. J Dent Res. 1990;69(5):1126-30.

38. Tezal M, Wactawski-Wende J, Grossi SG, Dmochowski J, Genco RJ. Periodontal disease and the incidence of tooth loss in postmenopausal women. J Periodontol. 2005;76(7):1123-8.

39. 川村泰行，新庄文明，福田英輝．歯科診療所における長期メインテナンス中の歯の喪失に関連する要因．口腔衛生学会雑誌．2007;57(3):159-65.

40. 川村泰行，新庄文明，福田英輝．Factors Related to Tooth Loss in Later Years during a Long-term Maintenance

Program at Dental Clinics. 老年歯科医学. 2009;24(1):10-9.

41. Hirotomi T, Yoshihara A, Ogawa H, Miyazaki H. Tooth-related risk factors for tooth loss in community-dwelling elderly people. Community Dent Oral Epidemiol. 2012;40(2):154-63.

42. Matuliene G, Pjetursson BE, Salvi GE, Schmidlin K, Bragger U, Zwahlen M, Lang NP. Influence of residual pockets on progression of periodontitis and tooth loss: results after 11 years of maintenance. J Clin Periodontol. 2008;35(8):685-95.

43. Pretzl B, Kaltschmitt J, Kim TS, Reitmeir P, Eickholz P. Tooth loss after active periodontal therapy. 2: tooth-related factors. J Clin Periodontol. 2008;35(2):175-82.

44. 榎本善保. 遊離端義歯におけるクラ

スプの設計条件が支台歯の咬合圧負担状態に及ぼす影響に関する実験的研究．歯科学報．1972;72(6):1072-106.

45. 野川哲義．有限要素法による遊離端義歯の力学的研究(第2法)レストの設定位置と顎堤粘膜の被圧変位性の違いによる応力分布への影響．日本補綴歯科学会雑誌．1989;33(6):1313-27.

46. 福島俊士，坪田有史．支台築造の予後成績．日本補綴歯科学会雑誌．2001;45(6):660-8.

47. Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. Dent Mater. 2006;22(5):477-85.

48. 前田芳信，堤定美，岡田政俊，他．有限要素法による上顎遊離端義歯の応力解析（第2報）顎骨の吸収およびリベースの影響．大阪大学歯学雑誌．1986;31(2):386-92.

49. Hox JJ, Maas CJM. Multilevel Analysis. Encyclopedia of Social Measurement. 2005;2:785-93.

50. Hirotomi T, Yoshihara A, Ogawa H, Miyazaki H. Tooth-related risk factors for periodontal disease in community-dwelling elderly people. J Clin Periodontol. 2010;37(6):494-500.

51. Tomasi C, Leyland AH, Wennstrom JL. Factors influencing the outcome of non-surgical periodontal treatment: a multilevel approach. J Clin Periodontol. 2007;34(8):682-90.

52. Wan CP, Leung WK, Wong MC, Wong RM, Wan P, Lo EC, Corbet EF. Effects of smoking on healing response to non-surgical periodontal therapy: a multilevel modelling analysis. J Clin Periodontol. 2009;36(3):229-39.

53. 横山健介. 前歯部に応用されるキャ

ストコアーの形態に関する力学的研究．日補綴歯会誌．1977;21:43-55.

54. Standlee JP, Caputo AA, Collard EW, Pollack MH. Analysis of stress distribution by endodontic posts. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1972;33(6):952-60.

55. 武井秀典．さまざまなレジンコアとクラウンによる修復支台歯の歯根象牙質に加わる応力の光弾性的解析．口腔病学会雑誌．2010;77(1):71-80.

56. Kratochvil FJ, Caputo AA. Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures. J Prosthet Dent. 1974;32(1):52-61.

57. 中島伸一郎．光弾性実験法による歯槽骨及び顎堤の力学的研究　Kennedy II 級1類に対する補綴処置の相違について．日大歯学．2002;76(4):343-52.

58. Thompson WD, Kratochvil FJ, Caputo AA. Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal-extension removable partial dentures. J Prosthet Dent. 1977;38(3):261-73.

59. 野村賢介. 片側性遊離端義歯の直接維持装置が荷重時に鉤歯および歯槽骨に与える影響 三次元光弾性実験による応力解析. 日本補綴歯科学会雑誌. 1993;37(6):1212-22.

60. 熊野弘一. 三次元有限要素法によるAkersクラスプとRPIクラスプとの力学的解析. 愛知学院大学歯学会誌. 2006;44(1):71-83.

61. 石原正隆. 支台築造された失活歯の残存歯質が破折強度及び破折様相に与える影響. 鶴見歯学. 1998;24(1):157-70.

62. 岡本和彦, 猪野照夫, 日比野靖, 曽根峰世, 中嶌裕, 大川周治. 支台築造歯の歯根破折に関する実験的研究 歯根部歯質の残

存量および支台築造法の影響について．明海歯科医学．2006;35(1-2):69-75.

63. Takahashi T, Gonda T, Maeda Y. The influence of reinforcement on strain in maxillary complete dentures: a preliminary report. Int J Prosthodont. 2011;24(3):273-6.

64. Gonda T, Ikebe K, Dong J, Nokubi T. Effect of reinforcement on overdenture strain. J Dent Res. 2007;86(7):667-71.

65. 野露浩正，猪野照夫，岡本和彦，岩瀬直樹，佐藤雅介，飯塚知明，熊瀬名保子，藤澤政紀．荷重下における歯根表面の多点ひずみ解析　築造材料ならびにフェルールの有無による比較．明海歯科医学．2011;40(2):162-72.

66. 高橋賞，河井正安．ひずみ計測入門，改訂新版．東京：大成社出版；1997. 41-8 p.

67. Darbar UR, Huggett R, Harrison A. Stress analysis techniques in complete

dentures. J Dent. 1994;22(5):259-64.

68. 戸川隼人. 有限要素法へのガイド, 初版. 東京: サイエンス社出版; 1979. 1-18 p.

69. 山崎喜雅, 佐々木具文, 伊藤秀美, 大橋俊朗, 佐藤雅明. 歯根破折評価のための補綴処置歯の有限要素法解析. 実験力学. 2006;6(1):19-23.

70. 西村文夫, 岡崎邦夫, 中村英雄, 他. 人歯エナメル質と象牙質の圧縮特性. 歯科材料・器械. 1986;5(1):71-7.

71. Piemjai M, Surakompontorn J. Effect of tooth-bleaching on the tensile strength and staining by caries detector solution on bovine enamel and dentin. Am J Dent. 2006;19(6):387-92.

72. 坪田有史, 深川菜穂, 西村康, 安藤栄里子, 橋本興, 岩並恵一, 福島俊士. 支台築造の比較統計的観察(第4報). 日本補綴歯科学会雑誌. 2004;48(3):394-403.

73. 甘利光治，石原善和．失活歯の支台築造．松本歯学．1987;13:191-205.

74. 寺倉健．顎粘膜厚径に関する研究．補綴誌．1988;32(3):546-60.

75. Miyamoto T, Morgano SM, Kumagai T, Jones JA, Nunn ME. Treatment history of teeth in relation to the longevity of the teeth and their restorations: outcomes of teeth treated and maintained for 15 years. J Prosthet Dent. 2007;97(3):150-6.

76. 牛島隆．【欠損歯列を読む:治療結果に影響する因子を探る】 欠損歯列におけるリスク因子データの評価．日本補綴歯科学会誌．2012;4(2):164-9.

77. 小山重人，花渕静，冨士岳志，伊奈慶典，依田信裕，塙総司，横山政宣，佐々木啓一．メインテナンスケアが可撤性部分床義歯装着患者の残存歯歯周組織の状態におよぼす影響．日本補綴歯科学会誌．2012;4(1):59-67.

78. 林康博．メインテナンス期間中の抜歯数によるサポーティブセラピーの評価．日本臨床歯周病学会会誌．2009;27(1):42-5.

79. 林美加子，恵比須繁之．垂直歯根破折歯保存の可能性 「接着再建・再植法」とその効果．日本歯科評論．2004(746):133-9.

80. Schmitter M, Rammelsberg P, Gabbert O, Ohlmann B. Influence of clinical baseline findings on the survival of 2 post systems: a randomized clinical trial. Int J Prosthodont. 2007;20(2):173-8.

脚　　注

大阪大学大学院歯学研究科統合機能
口腔科学専攻顎口腔機能再建学講座
（主任：前田芳信　教授）

図表の説明

表１　被験者の年齢と性別

表２　残存歯の各調査項目の分布

表３　義歯の支台歯の各調査項目の分布

表４　全残存歯を対象とし，歯の喪失を目的変数としたマルチレベルロジスティック回帰分析の結果

表５　義歯の支台歯を対象とし，歯の喪失を目的変数としたマルチレベルロジスティック回帰分析の結果

表６　各構成要素の材料定数

表７　歯根の最大主応力を目的変数とした重回帰分析の結果

図１　作成した三次元有限要素モデル

図２　支台築造の種類

図３　クラスプの種類

図４　荷重拘束条件

図５　各支台築造条件下での歯根の応力分布図（遠心レストエーカースクラスプ）

図 6　各支台築造条件下での歯根の最大主応力（歯根近心外側上部 3 分の 1）
図 7　各クラスプ条件下での歯根の応力分布図（メタルコア）
図 8　各クラスプ条件下での歯根の最大主応力（メタルコア）（歯根近心外側上部 3 分の 1）
図 9　ポスト歯根間の接着喪失による歯根の応力分布の変化（メタルコア，遠心レストエーカースクラスプ）
図 10　ポスト歯根間の各接着条件下での歯根の最大主応力の最大値（メタルコア，遠心レストエーカースクラスプ）
図 11　義歯床不適合による歯根の応力分布の変化（メタルコア，遠心レストエーカースクラスプ）
図 12　各適合状態での歯根の最大主応力の最大値（メタルコア）

表 1　被験者の年齢と性別（n=100）

調査項目	区分	n	%
性別	男性	49	49.0
	女性	51	51.0
年齢	65歳未満	46	46.0
	65歳以上	54	54.0

表 2　残存歯の各調査項目の分布
（n=2068）

調査項目	区分	n	%
う蝕	無	1857	89.8
	有	211	10.2
ポケット深さ	3mm 以下	1275	61.7
	4mm 以上 6mm 未満	616	29.8
	6mm 以上	177	8.6
動揺度	0	1282	62.0
	1	707	34.2
	2 以上	79	3.8
歯髄の生死	生活歯	1891	91.4
	失活歯	177	8.6
義歯の支台歯	非支台歯	1572	76.0
	支台歯	496	24.0

表 3　義歯の支台歯の各調査項目の分布
（n=496）

調査項目	区分	n	%
う蝕	無	452	91.1
	有	44	8.9
ポケット深さ	3mm 以下	301	61.9
	4mm 以上 6mm 未満	151	29.8
	6mm 以上	44	8.3
動揺度	0	342	69.0
	1	143	28.8
	2 以上	11	2.2
歯髄の生死	生活歯	442	89.1
	失活歯	54	10.9

表 4　全残存歯を対象とし，
歯の喪失を目的変数としたマルチレベル
ロジスティック回帰分析の結果（n=2068）

因子	有意確率	オッズ比	95%信頼区間
う蝕 （無=0，有=1）	0.489	1.34	0.58 - 3.08
ポケット深さ （連続変量）	0.095	1.20	0.97 - 1.47
動揺度 （連続変量）	0.133	1.48	0.89 - 2.46
失活歯 （生活歯=0，失活歯=1）	0.000*	3.65	1.86 - 7.19
義歯の支台歯 （非支台歯=0，支台歯=1）	0.031*	1.95	1.06 - 3.56

*：$p < 0.05$

表 5　義歯の支台歯を対象とし，歯の喪失を目的変数としたマルチレベルロジスティック回帰分析の結果　（n=496）

因子	有意確率	オッズ比	95%信頼区間
う蝕 （無=0，有=1）	0.018*	6.90	1.38 - 34.39
ポケット深さ （連続変量）	0.260	1.38	0.79 - 2.40
動揺度 （連続変量）	0.007*	4.89	1.56 - 15.40
失活歯 （生活歯=0，失活歯=1）	0.045*	5.10	1.04 - 25.02

*：$p<0.05$

表 6　各構成要素の材料定数

構成要素	材料	ヤング率 (GPa)	ポアソン比
象牙質		14.7	0.35
歯根膜		9.8×10^{-3}	0.45
ガッタパーチャ		0.2	0.45
ファイバーポスト	グラスファイバー	40.0	0.26
既製金属ポスト	Ni-Cr 合金	19.6	0.30
メタルコア	Au-Ag 合金	78.5	0.33
レジンコア	コンポジットレジン	5.9	0.30
メタルクラウン	Au-Ag 合金	78.5	0.33
義歯床	アクリルレジン	4.0	0.30
支台装置	Co-Cr 合金	2.0×10^{2}	0.30
顎堤粘膜		1.0×10^{-4}	0.40

歯槽骨；CT 値から Keyak の式より算出
(Keyak JH et al. J Biomech. 1998.)

表 7　歯根の最大主応力を目的変数とした重回帰分析の結果（n=72）

	偏回帰係数	標準化偏回帰係数	有意確率	共線性の統計量
	B	β	p	VIF
支台築造				
R	47.5	0.09	0.21	1.50
FR	41.8	0.08	0.27	1.50
MR	30.3	0.06	0.43	1.50
クラスプ	- 10.3	- 0.02	0.70	1.00
接着喪失				
(b)	145.3	0.20	0.01*	1.56
(c)	151.9	0.21	0.01*	1.56
(d)	294.7	0.55	0.00*	1.56
義歯床不適合				
5 MPa	143.6	0.20	0.01*	1.56
1 MPa	154.5	0.22	0.01*	1.56
0.1MPa	207.5	0.29	0.00*	1.56
0.01MPa	421.8	0.78	0.00*	1.56

*：$p<0.05$

目的変量：歯根の最大主応力の最大値（MPa）
説明変量：
支台築造（基準；メタルコア，R；レジンコア，FR；ファイバーポスト併用レジンコア，MR；既製金属ポスト併用レジンコア）
クラスプ（遠心レストエーカースクラスプ=0，近心レストエーカースクラスプ=1）
ポスト歯根間の接着喪失（基準；接着，b；近心歯頸部接着喪失，c；歯頸部側2分の1接着喪失，d；接着喪失）
義歯床不適合（基準；顎堤粘膜の弾性係数 10MPa：適合）

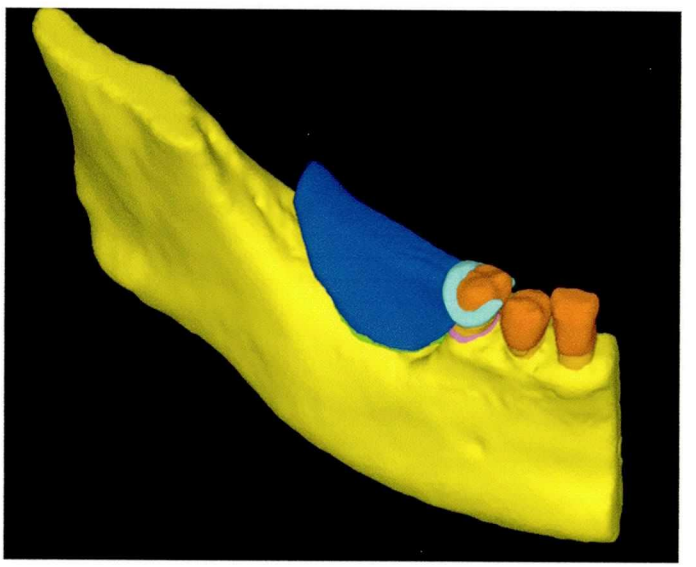
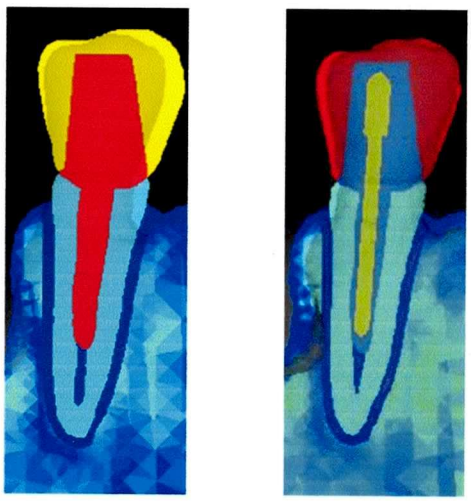


図 1　作成した三次元有限要素モデル

欠損部：下顎右側第一大臼歯および第二大臼歯
支台歯：下顎右側第二小臼歯



(a), (b)　　(c), (d)

図 2　支台築造の種類

(a) メタルコア (M)
(b) レジンコア (R)
(c) ファイバーポスト併用レジンコア (FR)
(d) 既製金属ポスト併用レジンコア (MR)

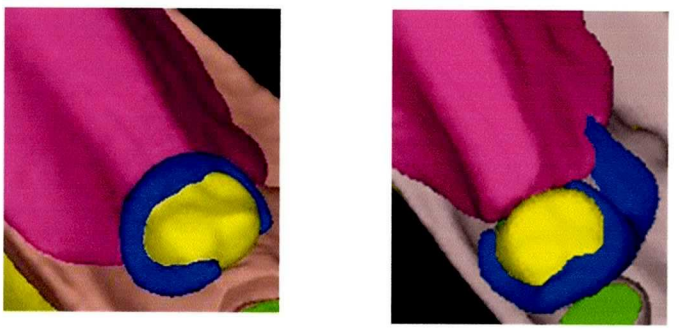


図 3　クラスプの種類

(a) 遠心レストエーカースクラスプ
(b) 近心レストエーカースクラスプ

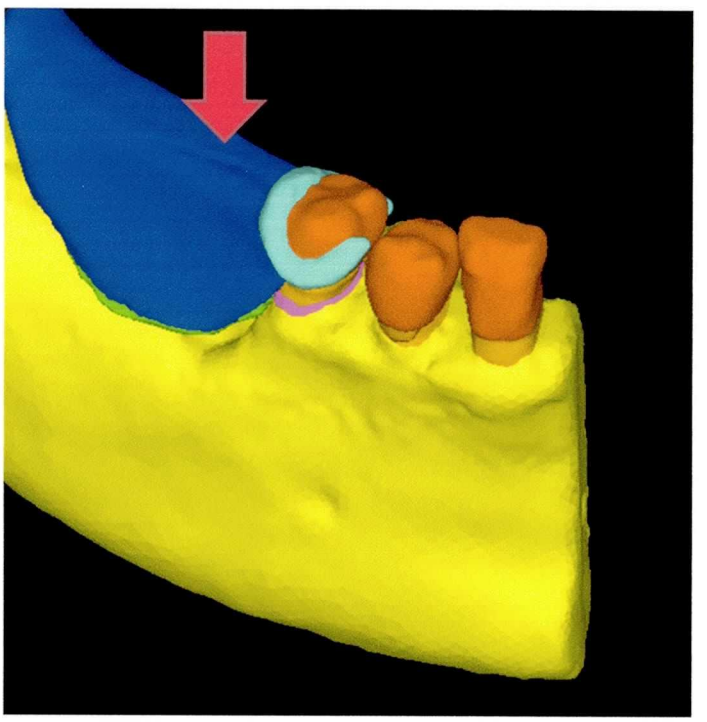


図 4　荷重拘束条件

荷重：第一大臼歯相当部への 98N の垂直荷重
拘束：下顎骨底部

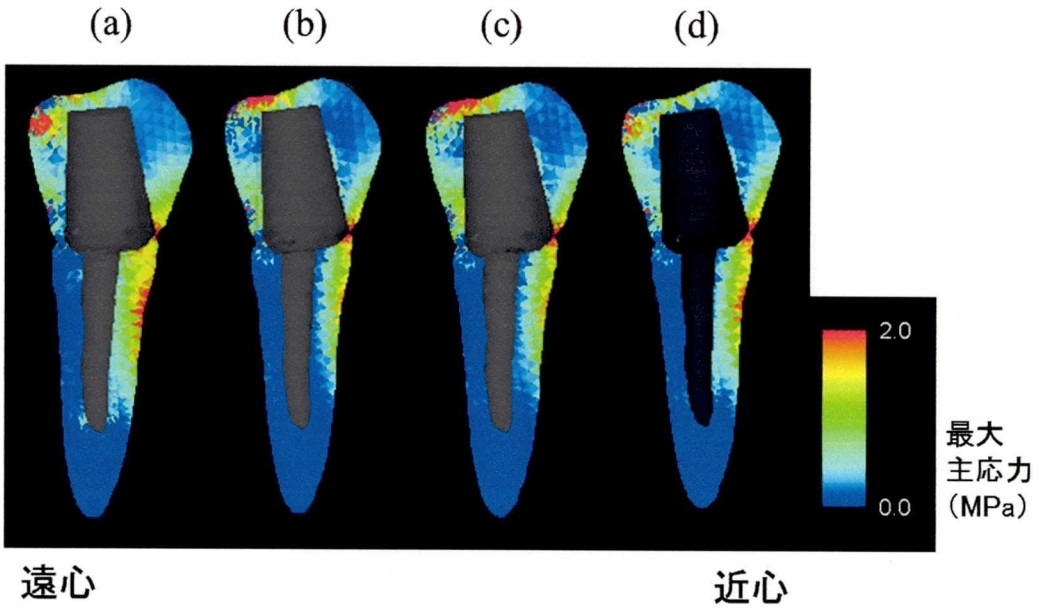


図５　各支台築造条件下での歯根の応力分布図
（遠心レストエーカースクラスプ）

(a) メタルコア
(b) レジンコア
(c) ファイバーポスト併用レジンコア
(d) 既製金属ポスト併用レジンコア

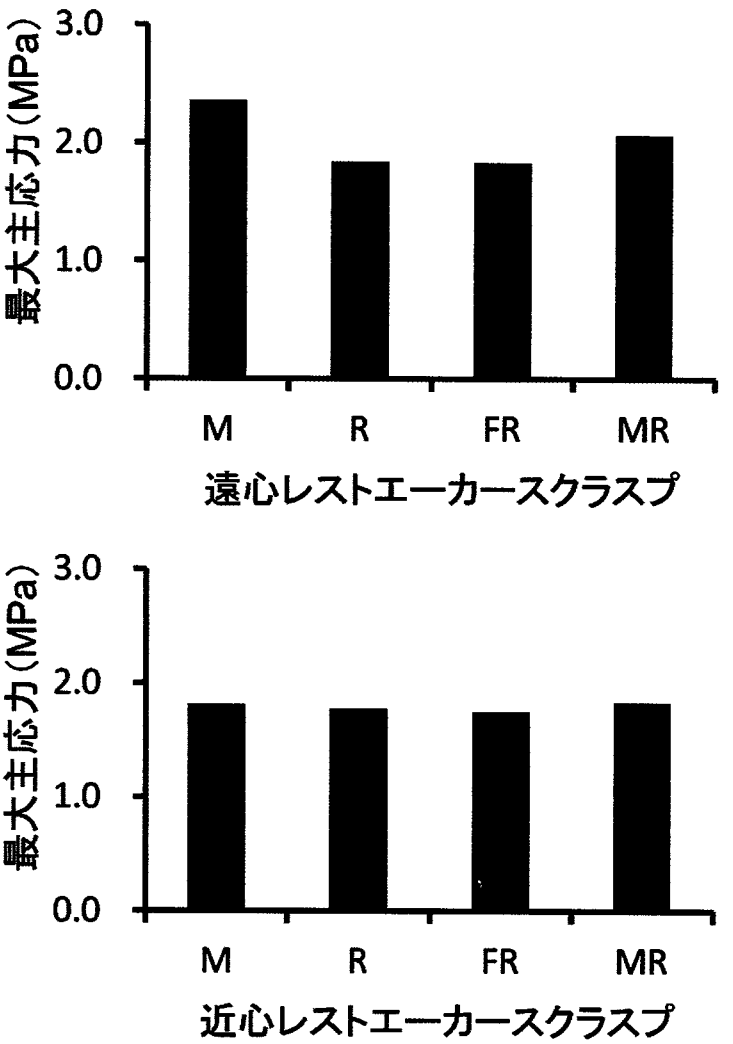


図 6 各支台築造条件下での歯根の最大主応力（歯根近心外側上部 3 分の 1）

M=メタルコア，R=レジンコア，
FR=ファイバーポスト併用レジンコア，
MR=既製金属ポスト併用レジンコア

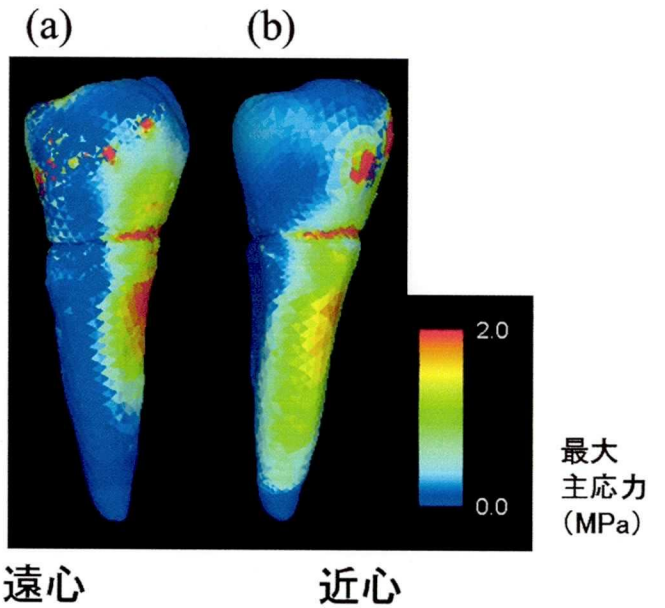


図 7 各クラスプ条件下での歯根の応力分布図（メタルコア）

（a）遠心レストエーカースクラスプ
（b）近心レストエーカースクラスプ

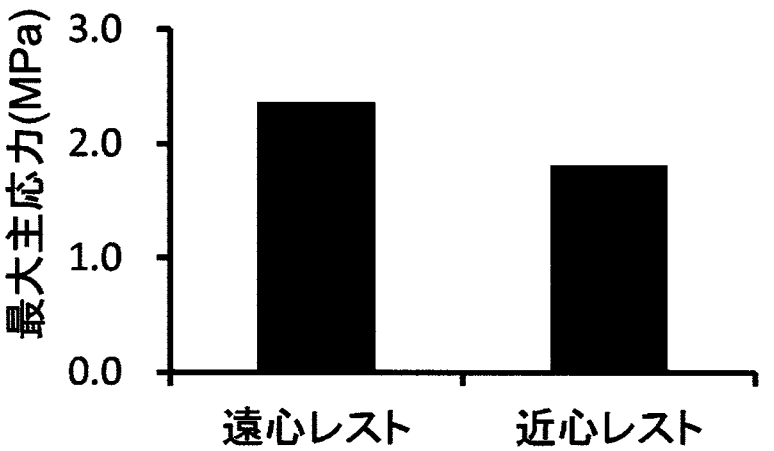


図 8 各クラスプ条件下での歯根の最大主応力（メタルコア）
（歯根近心外側上部３分の１）

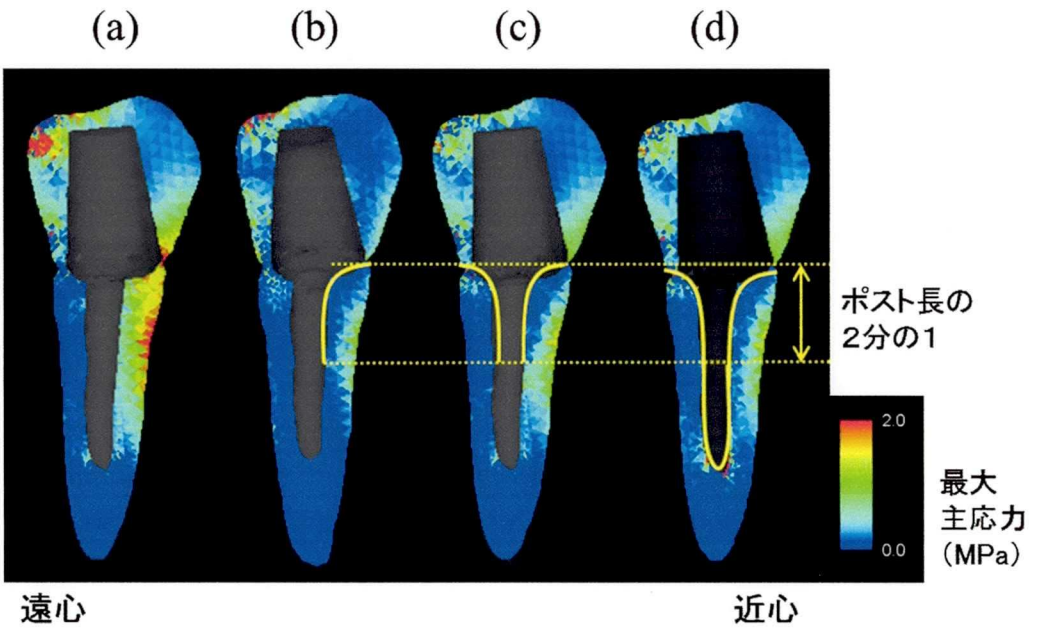


図 9　ポスト歯根間の接着喪失による
歯根の応力分布の変化（メタルコア，
遠心レストエーカースクラスプ）

(a) ポスト歯根間接着
(b) ポスト歯根間近心歯頸部側接着喪失
(c) ポスト歯根間歯頸部側２分の１接着喪失
(d) ポスト歯根間接着喪失

黄線：接着喪失の設定部位

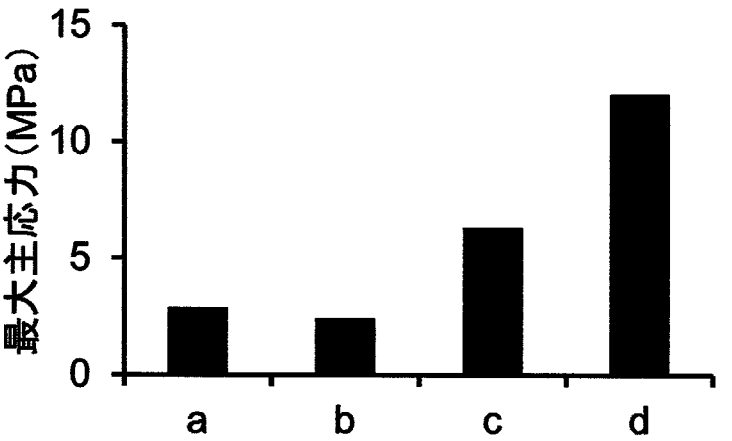


図10　ポスト歯根間の各接着条件下での歯根の最大主応力の最大値（メタルコア，遠心レストエーカースクラスプ）

(a) ポスト歯根間接着
(b) ポスト歯根間近心歯頸部側接着喪失
(c) ポスト歯根間歯頸部側2分の1接着喪失
(d) ポスト歯根間接着喪失

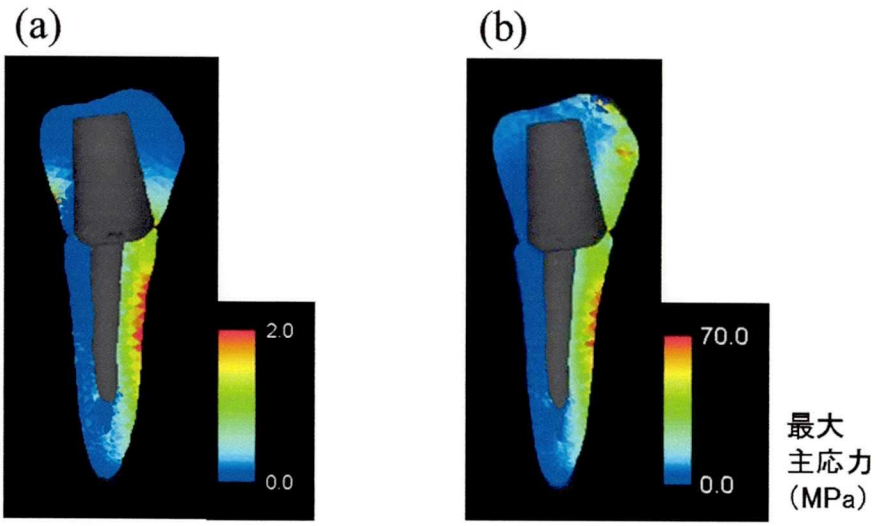


図 11　義歯床不適合による歯根の応力分布の変化
（メタルコア，遠心レストエーカース
クラスプ）

(a)義歯床適合
(b)義歯床不適合

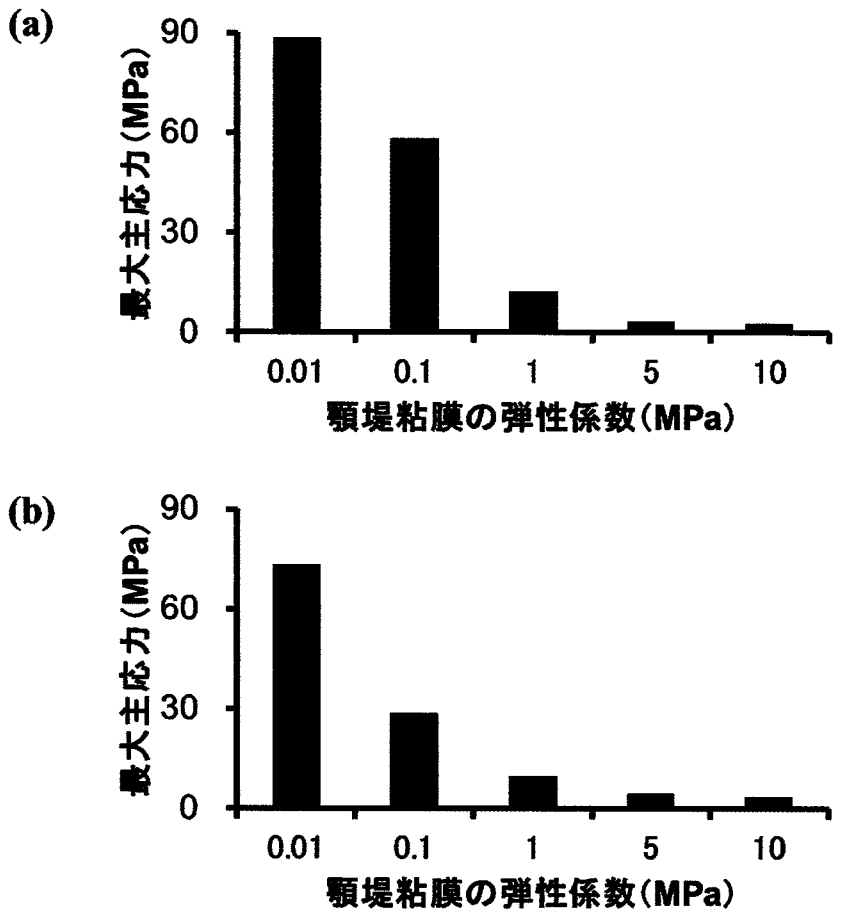


図 12　各適合状態での歯根の最大主応力の最大値（メタルコア）

(a)遠心レストエーカースクラスプ
(b)近心レストエーカースクラスプ