

学位論文の内容の要旨

論文提出者氏名	稲垣 祐久
論文審査担当者	主査 埴 隆夫 副査 宇尾 基弘、塩田 真
論文題目	Influence of post and core materials on distortion around 4-unit zirconia bridge margins
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>根管処置歯の歯冠修復を行う際、多くの場合、支台築造が必要となるが、近年では歯科材料の進歩によって鋳造支台築造に加え、グラスファイバーポストを併用したレジン支台築造も行われるようになってきた。金属に比べ象牙質と弾性係数の近い材料での修復が可能になり、歯根破折のリスクも軽減されるようになった。また、ブリッジによる欠損補綴を行う際にも、患者の審美性への意識の高まりや、機械的強度の向上、金属アレルギーへの配慮などから、金属フレームに代わりジルコニアフレームが用いられるようになってきた。</p> <p>ジルコニアはブリッジ用フレーム用材料として望ましい機械的性質を有しており、臨床試験における生存率も、金属フレームとほぼ同等である。しかしながら、再治療が必要となるケースもあり、その原因の多くは二次カリエスであると言われている。二次カリエスが起こる要因としては、合着セメントの破壊を起因とする維持の喪失、補綴装置マージン部の不適合、プラークコントロールの悪化など様々な理由が挙げられる。</p> <p>咬合力がかかった際に、修復装置と歯根表面に過度のひずみが生じると、合着セメントの破壊が起こり、微小漏洩につながる。合着セメントの破壊による応力分布の変化は象牙質の微小破壊にもつながると報告されており、補綴装置周囲の応力分布を観察することは重要であると考えられる。支台築造に使用される材料の弾性係数が象牙質に近づけられる傾向にある一方、ブリッジフレーム材料の弾性係数は高くなっており、修復材料間の弾性係数の差が大きいとそれらの界面に応力集中が起こる可能性がある。支台築造材料、フレーム材料それぞれ個別の研究は広くなされているものの、これら相互の材料特性を考慮した術式の報告は少ない。</p> <p>そこで本研究では、異なる材料で支台築造を行った支台歯にジルコニアブリッジにて補綴を行い、機能的な荷重を加えた際のブリッジフレームおよび歯根の表面ひずみを測定し、その挙動を検討することとした。また、ひずみを測定することで、ジルコニアブリッジを用いる際の適切な支台築造の方法について検討を行った。</p> <p>材料及び方法</p> <p>下顎右側4ユニットブリッジを想定して、下顎右側第一小白歯ならびに第二大臼歯の歯根付き人工歯(B12-50-#44, B12-51-#47, Nissin)に築造窩洞形成を行った。下顎右側第一小白歯につ</p>	

いては、フィニッシュラインの形態を全周ラウンデッドショルダー形態とし、全周に高さ 1 mm のフェールを残し、8mm の深さのポスト孔を形成した。下顎右側第二大臼歯については、フィニッシュラインの形態を全周ラウンデッドショルダー形態とし、全周に高さ 1 mm のフェールを残し、髄床底までの高さを 3.5mm、近心頬側、近心舌側、遠心に髄床底からそれぞれ 2.0mm、3.0mm、4.0mm の深さのポスト孔を形成した。

その後、コンポジットレジン(Clearfil DC Core Automix, Kuraray)を用いて築造窩洞形成を行った下顎右側第一小臼歯ならびに第二大臼歯の支台歯を各 20 個ずつ複製した。

4 ユニットブリッジを想定して、複製した各コンポジットレジン製の下顎右側第一小臼歯ならびに第二大臼歯の支台歯を、歯間距離 18mm で、小臼歯は遠心に 6°、舌側に 9°、大臼歯近心根が遠心に 14°、頬側に 20°傾斜するようにレジンブロックに仮固定した。

次いでビニルポリシロキサン印象材 (Exafine regular type, Putty type, GC) を用いて築造窩洞の印象を行い、作業用模型を作製した。作業用模型上で同一の形になるようにワックスアップを行い、間接法によるグラスファイバーポスト(Clearfil Fiber Post #4, Kuraray)併用コンポジットレジン(Clearfil DC Core Automix, Kuraray)支台築造を行った群(RC 群)、白金加金合金(PGA-3, 石福金属興業株式会社)を用いた鋳造支台築造を行った群(MC 群)の二つに分けた。それぞれの築造体はコンポジット製の支台歯に接着性レジンセメント(Panavia F2.0, Kuraray)にてメーカー指示に従い合着した。

続いて、ビニルポリシロキサン印象材 (Exafine regular type, Putty type, GC) を用いて印象採得を行い、作業用模型を作製し (New Fujirock, GC)、歯科用 CAD/CAM システム (Cercon Smart Ceramics, DeguDent) を用いて厚さ 0.5mm の 4 ユニットブリッジのジルコニアフレーム (cercon base38, DeguDent) を作製し、試料に接着性レジンセメント(Panavia F2.0, Kuraray)にて合着した。フレームの厚みは 0.5mm、ポンティック連結部の断面積は第 2 小臼歯では近遠心とも 9.0mm²、第 1 大臼歯遠心部は 11.0mm²とした。

ジルコニアフレーム内面に粒径 70µm のアルミナを用いて、10mm の距離から 10 秒間サンドブラスト処理を行い、メーカー指示に従って各支台歯に接着性レジンセメント(Panavia F2.0, Kuraray)にて合着した。

最終的に各試料を、小臼歯が遠心に 6°、舌側に 9°、大臼歯近心根が遠心に 14°、頬側に 20°傾斜するようにし、疑似歯根膜として、シリコン印象材(コレクトプラスバイト, Pentron)を 0.2mm 幅で介して、フィニッシュラインの下 3.0mm の位置でアクリルレジン (パラプレスバリオ, Heraeus Kulzer) に包埋した。

ジルコニアフレーム及び歯根表面の第一小臼歯頬舌側遠心隅角・第二大臼歯頬舌側近心隅角に、ゲージ用セメント(cc-33A, 共和電業)を用いてロゼットゲージ(SKF-24573, KFG-1-120-D17-11N30C2, 共和電業)を貼付し、万能試験機(Autograph AGS-H, Shimadzu)を用いて、小臼歯中央部・ポンティック中央部・大臼歯中央部に 200N の荷重を加え、その際のひずみ量を計測した。計測された値を元に、各部位での最大主ひずみ・最小主ひずみの大きさを計算した。

得られた値を元に、築造体の種類・荷重部位・ゲージ貼付位置について 3 元配置分散分析、築造体の種類・ゲージ貼付位置について 2 元配置分散分析を行った後、ボンフェローニ調整及び t

検定を有意水準 5%にて行った。

結果

1. 3 要因の分散分析の結果、築造体の種類・荷重部位・ゲージ貼付位置の主効果が全て有意であった。
2. ジルコニアフレームのいずれの部位を荷重した場合においても、RC 群における最大主ひずみ・最小主ひずみはジルコニアフレーム・歯根に貼付した多くのゲージ位置で MC 群と比べて有意に大きな値を示した。
3. すべての荷重点において、小白歯歯根は大白歯歯根に比べて有意に大きなひずみの値を示した。一方で、ジルコニアフレームは荷重側に貼付したゲージが、非荷重側のゲージと比べて大きなひずみの値を示し、ポンティック荷重時には歯根で見られた挙動と同じように小白歯に大きなひずみが生じた。

考察

応力を解析する方法として、有限要素法 (FEA) や光弾性法、ひずみゲージ法が広く用いられている。ひずみゲージ法の利点は対象物のひずみを直接、正確に測定できることであり、肉眼では捉えることのできない微細な動きやクラックの存在を検出することが可能であると言われている。これまで、FEA やひずみゲージ法を用いた解析では、種々の材料で築造された支台歯とクラウンの応力集中を観察した報告がなされているが、ブリッジに対する報告は少ない。そこで、本研究では、ひずみゲージ法によりジルコニアフレーム及び歯根のひずみを測定し、築造体の種類がジルコニアフレームと支台歯の挙動に与える影響について検討した。

過去の報告において、ジルコニアブリッジの成功率を低下させるもっとも大きな原因は焼付陶材のチッピングであるが、再治療が必要となる主な失敗原因は二次カリエスであることが言われている。本研究ではフレームそのもののひずみを計測するために陶材の築盛は行わなかったが、フレームの変形を抑えることで、築盛陶材のチッピングを抑えることができるという報告がある。本研究でもジルコニアフレームのひずみは小さい値が検出されており、これらの報告に準ずると思われるが、陶材を築盛し、口腔内の環境を考慮したさらなる検討は今後の課題である。本実験ではひずみゲージ法にて表面応力の解析を行い、合着用セメントの破壊を起因とする応力分布の変化・二次カリエスへの惹起を検討したが、実際にセメントが破壊されるまでの繰り返し荷重試験や、歯根縦破折への懸念を検討する為歯根内部の応力観察が行える FEA を用いた研究との比較も今後必要である。

本研究では、咬合面に荷重が加わった際、荷重下にある支台歯だけでなく非荷重下にある支台歯でもひずみが検出され、この傾向は特に歯根で顕著であった。過去の報告では、*in vitro* でのひずみの測定では *in vivo* での測定と異なり、荷重下にある支台歯のみにひずみが局限されていた。本研究では、できるだけ口腔内に近い条件を整えたことにより、*in vivo* に近いデータが得られた事が示唆されるが、今後、*in vivo* での計測との比較も必要であると考えられる。

咬合面への荷重部位を変化させた際に、ジルコニアフレームは荷重部位に近い位置で大きなひずみが検出されたのに対して、歯根では常に小白歯に大きなひずみが生じていた。この結果には、

荷重が加わった際の下顎骨の変形、小臼歯と大臼歯での歯根の体積の違いが影響していると考えられる。さらに、ジルコニアの高い弾性係数によって、ジルコニアフレーム上では応力が伝達されるのが抑えられた事も考えられる。

築造体の種類の違いによるひずみ量を検討した結果、RC 群では MC 群と比べて有意に大きなひずみの値が検出された。弾性係数が異なる材料の界面に応力は集中し、硬い材料とそれほど硬くない材料の間には特に水平的な応力が集中するという報告がある。白金加金合金の弾性係数はコンポジットレジン及びグラスファイバーポストと比較すると高く、ジルコニアの弾性係数との差が小さくなっている。MC 群では、ジルコニアフレームと歯根が一つの剛体として働くことにより、フレームだけでなく歯根の変形を小さくしたことが考えられる。陶材焼付鑄造冠ブリッジを想定し、さらに築造体との弾性係数の差を小さくした場合の検討も今後行っていく予定である。

結論

本研究結果より、臼歯部二歯欠損に対してジルコニアフレームを用いた4ユニットブリッジにて補綴する際、小臼歯歯根に応力が集中することが明らかとなったが、支台築造に金属鑄造体を用いた場合には、グラスファイバーポスト併用コンポジットレジンを用いた場合と比較して、支台歯歯根とフレームのひずみを抑制できることが示唆された。

論文審査の要旨および担当者

報 告 番 号	甲 第 4763 号	稲垣 祐久
論文審査担当者	主 査 埴 隆夫 副 査 宇尾 基弘、塩田 真	
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>近年の歯科材料の進歩により支台築造の様式は鋳造支台築造に加えグラスファイバーポストを併用したレジン支台築造が使用されるようになった。また、ブリッジに用いられる材料も金属フレームに加えジルコニア等金属不使用の材料が強度的にも使用可能になってきた。しかし、残存歯、歯周組織に対し、支台築造様式とブリッジフレーム相互の材料特性を考慮した術式は確立されていないのが現状である。本研究は異なる材料で支台築造を行った支台歯にジルコニアブリッジにて補綴を行い、機能的な荷重を加えた際のブリッジフレームおよび歯根の表面ひずみを測定し、その挙動を検討するとともに、ジルコニアブリッジを用いる際の適切な支台築造の方法について検討を行ったもので、本研究の着眼点は歯科補綴学の臨床にとってきわめて有意義なものとして高く評価できる。</p> <p>本研究では、支台歯のバラツキを避けるために標準的な歯の形態を有する下顎右側第一小臼歯ならびに第二大臼歯の歯根付き人工歯(B12-50-#44, B12-51-#47, Nissin) に築造窩洞形成を行った後、コア用のコンポジットレジンにて支台歯を複製して、同形態、同性状の支台歯模型を作製するとともに、歯根の傾きも考慮に入れ、シリコン印象材 (コレクトプラスバイト,Pentron) を疑似歯根膜として、0.2mm 幅で介してアクリルレジン (パラプレスバリオ,Heraeus Kulzer) に包埋し、支台紙の模型を作製し、検討を行っている。</p> <p>ジルコニアフレーム及び歯根表面の第一小臼歯頬舌側遠心隅角・第二大臼歯頬舌側近心隅角に、ゲージ用セメント (cc-33A, 共和電業) を用いてロゼットゲージ (SKF-24573, KFG-1-120-D17-11N30C2,共和電業) を貼付し、万能試験機(Autograph AGS-H, Shimadzu)を用いて、小臼歯中央部・ポンティック中央部・大臼歯中央部に 200N の荷重を加え、その際のひずみ量を計測し、計測された値を元に、各部位での最大主ひずみ・最小主ひずみの大きさを計算している。</p> <p>得られた値を元に、築造体の種類・荷重部位・ゲージ貼付位置について 3 元配置分散分析、築造体の種類・ゲージ貼付位置について 2 元配置分散分析を行った後、ボンフェローニ調整及び t 検定を有意水準 5%にて行い、評価、検討を行っている。</p> <p>以上のように、本研究は、周到な実験計画に基づいて行われており、妥当な方法によるものといえる。</p> <p>本研究で得られた主な結果は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 築造体の種類・荷重部位・ゲージ貼付位置の 3 要因に対する分散分析の結果、主効果が全て有意であった。 		

2. ジルコニアフレームのいずれの部位を荷重した場合においても、RC 群における最大主ひずみ・最小主ひずみはジルコニアフレーム・歯根に貼付した多くのゲージ位置で MC 群と比べて有意に大きな値を示した。
3. すべての荷重点において、小臼歯歯根は大臼歯歯根に比べて有意に大きなひずみの値を示した。一方で、ジルコニアフレームは荷重側に貼付したゲージが、非荷重側のゲージと比べて大きなひずみの値を示し、ポンティック荷重時には歯根で見られた挙動と同じように小臼歯に大きなひずみが生じた。

以上の研究結果から、ジルコニアブリッジで補綴する際、レジン支台築造より鋳造支台築造の方が歯根およびフレーム表面のひずみを抑えることが可能であることが明らかとなった。

以上のように本研究は、異なる材料で支台築造を行った支台歯にジルコニアブリッジにて補綴を行い、機能的な荷重を加えた際のブリッジフレームおよび歯根の表面ひずみを測定して、その挙動について評価、検討を加えたもので、得られた知見は、ジルコニアブリッジの長期予後を考える上で極めて重要な意義をもち、歯科補綴延いては歯学全般の進歩、発展に寄与するところは大である。よって本論文は博士（歯学）の学位請求論文として十分価値のあるものと認められた。