

平成 30 年 5 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11145

研究課題名(和文) 前向き臨床調査に材料力学的解析を加えたフルジルコニア歯冠修復物の破折要因の探索

研究課題名(英文) Fracture factors of full zirconia ceramic restoration with mechanical analysis in prospective clinical study.

研究代表者

笠原 紳 (Kasahara, Shin)

東北大学・歯学研究科・臨床教授

研究者番号：70169407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ジルコニアを使用し、陶材を築盛した二層クラウンとジルコニア単層の2種類のクラウンと、支台築造材料および支台歯形態の違いから3次元有限要素法を応用した構造力学的解析を行い、クラウンおよび支台歯の長期安定性に有利と考えられる支台歯形態の検討を行った。最大応力値が最も小さかったクラウンは、単層ジルコニアクラウンの象牙質支台歯のラウンドショルダー形態であった。単層のジルコニアクラウンは、支台歯の材料にかかわらず、ラウンドショルダー形態とディープシャンファー形態では、辺縁部に対する応力分布が分散し、陶材破折のリスクがなく、最適な条件である可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study evaluated the influence of different finish line designs and abutment materials of bilayer and monolithic zirconia crowns using three-dimensional finite element analysis. Three-dimensional models of two types of premolar crowns, an yttria-stabilized zirconia framework with veneering ceramic and a monolithic zirconia ceramic, were used in the analysis. Cylindrical models with the finish line design of the crown abutments were prepared with three types of margin curvature radius; R0: shoulder margin, R0.5: rounded shoulder margin and R1.0: deep chamfer margin. Two abutment materials, dentin and brass, were analyzed. In the FEA model, 1 N was loaded perpendicular to the occlusal surface at the center of the crown. For all crowns, stress was localized to the occlusal loading area as well as to axial walls of the proximal region. The lowest maximum principal stress values were observed when the dentin abutment with R0.5 was used under a monolithic zirconia crown.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：ジルコニア CAD/CAM リスク因子 臨床研究 三次元有限要素法 陶材 辺縁形態

### 1. 研究開始当初の背景

先端材料である高透光性ジルコニアと先端デジタルテクノロジーの融合は、モノリシックのフルジルコニアクラウン・ブリッジ修復の臨床応用を可能にし、その需要は徐々に拡大している。しかしながら最先端の修復方法であるが故に、臨床報告が少なく、またそれらの症例は系統的な集積、検討がなされておらず、十分なリスクコントロールができていない。

ジルコニアはその高い強度や破壊靱性から、補綴装置のフレームとして使用することについての有用性が示されているが、築盛陶材との界面における結合強さについては懸念が残っている。ジルコニアフレームにおける築盛陶材との界面は、メタルセラミックにおけるメタルフレームと陶材との界面のような化学的結合ではないため、その界面はジルコニアを使用した補綴装置の弱点であると考えられる。このことについては、築盛陶材の破折や剥離を起こした臨床報告によって報告されており、ジルコニアと陶材界面の脆弱性を回避するために、築盛陶材との界面に応力が集中しないフレームデザインの設計は臨床応用上重要な課題である。近年では、陶材の破折や剥離の心配がないジルコニア単体のフルジルコニアクラウンおよびブリッジの応用頻度が増加しているが、破折した報告がみられており、長期予後はまだ不明である。

### 2. 研究の目的

本研究では、より予知性の高いフルジルコニアクラウン・ブリッジ修復の実現を目指し、フルジルコニアクラウン・ブリッジ修復の予後不良をもたらすリスクファクターを明らかにすることを目的とする。そのため、仮定される因子を対象に前向き臨床調査を行うとともに、破折症例に対して支台歯の三次元形状計測に基づいた三次元有限要素解析を行うことで、破折をもたらす因子を明らかにしていく。

### 3. 研究の方法

本研究は、東北大学病院歯科咬合修復科を受診し、小臼歯部における歯冠補綴が必要であり、かつフルジルコニアクラウン・ブリッジ修復を希望した患者を対象とする。症例数は200例を目標とし、当科のプロトコルに従って治療を行い、早期に起こりうるトラブルの集積・考察を行い、リスクファクターを明らかにすることを目的に、データベースの蓄積を行う。将来の長期予後調査へつなげる基盤作成を行う。

対象は東北大学病院歯科咬合修復科を受診した成人男女のうち、小臼歯あるいは大臼歯部にクラウンあるいはブリッジの歯冠補綴治療を必要とし、第三大臼歯以外の欠損がなく、顎関節及び顎筋群に器質的・機能的異常とその既往を認めない者とした。

修復物装着後、対象者に対し定期的なリコールを行い、各診査項目の経時的変化を追跡した。また、装着後早期に生じたトラブルに対しては詳細な情報収集を行った。しかしながら、本研究期間内に症例数が200症例に達しなかったため、臨床で使用した作業用模型から実験的に補綴装置を製作し、三次元有限要素解析を行い、支台歯形態と荷重などから力学的検討を行った。解析モデルは、ジルコニアと陶材を使用した二層クラウンとジルコニア単層クラウンの2種類、支台築造材料は象牙質と金属(黄銅)の2種類、支台歯形態は3種類(ショルダー形態、ラウンドショルダー形態、ディープシャンファー形態)を用いて、3次元有限要素法を応用した構造力学的解析を行い、クラウンおよび支台歯の長期安定性に有利と考えられる支台歯形態および材料の検討を行った。

荷重は、咬合面中央部に垂直的に1Nの静的荷重を負荷し、クラウンに対する最大主応力分布およびその最大値の比較を行った。応力値は、基底面から高さ3mm未満で最大値として算出した。またクラウン全体にかかる平均値を算出した。

### 4. 研究成果

本研究のすべての有限要素モデルにおいて、応力分布は荷重周囲の咬合面および咬合面側の軸面で発生した(図1, 2)。象牙質支台歯では、辺縁部においても応力分布がみられ、曲率半径が増加するに従って辺縁部に対する応力分布が増大する傾向がみられた。さらに、辺縁部に対する応力分布は、曲率半径やクラウンの構造にかかわらず、象牙質支台歯は黄銅支台歯よりも応力分布が認められ、最大主応力値も高かった。

二層構造のジルコニアクラウンでは、軸面の咬合面側の応力分布は、ジルコニアフレームに対して認められたが、同部位の陶材に対しては、応力分布は小さかった。支台歯材料にかかわらず、ラウンドショルダー形態では最大応力値は減少する傾向がみられた。

クラウンの平均応力値は、支台材料が象牙質の場合では、曲率半径が大きくなるにつれて増加した。また、最大主応力分布は咬合面中央部に認められた。

弾性係数の低い象牙質の場合には、支台歯ではなく弾性係数の高いジルコニアクラウンおよびジルコニアフレームに対して応力が集中した。一方で弾性係数の高い黄銅では、クラウンだけでなく荷重近くの支台歯においても応力が集中した。フィニッシュラインデザインの違いによる辺縁部に対する応力分布は、二層構造のジルコニアクラウンの支台材料が象牙質の場合が大きくなった。曲率半径を大きくすることでその影響は顕著となり、最大主応力値も大きくなる傾向がみられた。ラウンドショルダー形態では、クラウン材料に関係なく最大応力値は改善される傾向がみられ、支台歯の弾性係数の差による

影響が大きいと考えられた。

曲率半径(R)の増加に伴い,ショルダー部の応力は均等化され改善が見られた。ショルダー形態(R=0)に対してディープシャンファー形態(R=1)では最大主応力値が増大する要因として,クラウンマージン部のフラット部が完全に消失し,垂直荷重を受け止める作用が減少するため最大応力値は増大したと考えられた。そのため,本研究ではラウンドショルダー形態(R=0.5)が適切であると考

えられた。支台築造材料の違いでは,二層構造クラウンおよび単層構造クラウンに関わらず,象牙質の最大主応力値は金属と比較して突出して高い値を示した。金属の場合は荷重付近の咬合面中央部で応力分布が集中するのに対し,象牙質では,咬合面中央部およびマージン部で応力分布が集中した。それは曲率半径が増大するにつれて顕著に現れた。一方で,金属の場合は曲率半径が増大しても,マージン部の応力分布に大きな変化はみられなかった。

クラウン材料の違いでは,支台歯形態および支台築造材料にかかわらず,クラウンの最大主応力分布およびその最大値は,同様な傾向が認められた。

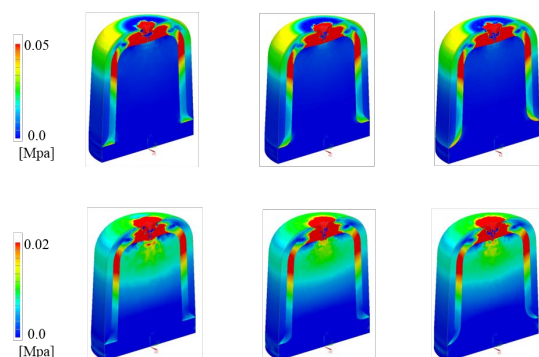


図1. 二層構造クラウンの応力分布図(上段:象牙質支台,下段:金属支台,左:ショルダー形態,中央:ラウンドショルダー形態,右ディープシャンファー形態)

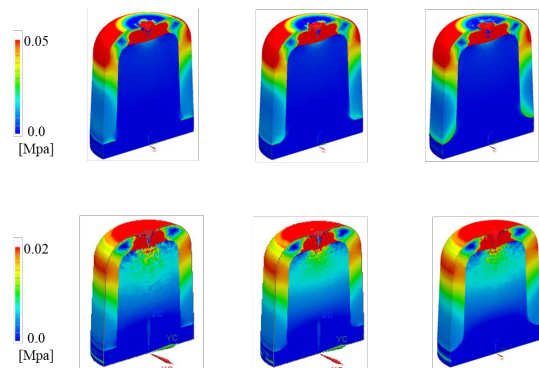


図2. 単層構造クラウンの応力分布図(上段:象牙質支台,下段:金属支台,左:ショルダー形態,中央:ラウンドショルダー形態,右ディープシャンファー形態)

## 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)

Miura S, Kasahara S, Yamauchi S, Egusa H. Effect of finish line design on stress distribution in bilayer and monolithic zirconia crowns: a three-dimensional finite element analysis study. Eur J Oral Sci, 126(2), 2018, 159-165. 査読有 DOI: 10.1111/eos.12402.

Miura S, Kasahara S, Yamauchi S, Okuyama Y, Izumida A, Aida J, Egusa H. Clinical Evaluation of zirconia-based all-ceramic single crowns: an up to 12-year retrospective cohort study. Clin Oral Investig, 22(2), 2018, 697-706. 査読有 DOI: 10.1007/s00784-017-2142-y.

Miura S, Kasahara S, Yamauchi S, Egusa H. Three-dimensional finite element analysis of zirconia all-ceramic cantilevered fixed partial dentures with different framework designs. Eur J Oral Sci, 125(3), 2017, 208-214. 査読有 DOI: 10.1111/eos.12342.

〔学会発表〕(計3件)

三浦 眞子, 笠原 紳, 山内しのぶ, 勝田悠介, 原田章生, 江草 宏. 小臼歯 CAD/CAM 冠症例の適応症に関する後ろ向きコホート研究. 第126回日本補綴歯科学会学術大会 2017年7月1日. 口頭発表

Yamauchi S, Miura S, Kasahara S, Egusa H. Effect of Frame Thickness on Fracture Toughness of Veneered Zirconia All-Ceramic Restorations. 95<sup>th</sup> IADR General Session, San Francisco, USA, Mar. 24, 2017. 口頭発表

Miura S, Kasahara S, Yamauchi S, Egusa H. Three-dimensional finite element analysis of the effect of load patterns on stress distribution in a zirconia all-ceramic crown. International Dental Materials Congress, Bali, Indonesia, Nov. 5, 2016. ポスター発表

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠原 紳 (KASAHARA, Shin)  
東北大学・大学院歯学研究科・臨床教授  
研究者番号：70169407

(2) 研究分担者

江草 宏 (EGUSA, Hiroshi)  
東北大学・大学院歯学研究科・教授  
研究者番号：30379078

三浦 賞子 (MIURA, Shoko)  
東北大学・大学院歯学研究科・助教  
研究者番号：60431590

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )