



Title	CAD/CAM 用ハイブリッドレジンをを用いた大臼歯クラウンの破折様相と破壊強度
Author(s)	要, 智子
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/56154
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (要 智 子)	
論文題名	CAD/CAM 用ハイブリッドレジンをを用いた大白歯クラウンの破折様相と破壊強度
論文内容の要旨	
[緒 言] 審美歯科治療に対する要望の高まりとともに、メタルフリーレステーションが広く行われるようになっていく。歯冠修復材料として、セラミックスに加え、近年では CAD/CAM 用ハイブリッドレジンプロックが各種開発され、臨床でも用いられるようになった。本ブロックはフィラーの高密度充填および緊密な重合により、優れた機械的強度や安定性を有している。現在は小臼歯部において保険適用されており、今後大白歯部への応用も期待されている。しかし、大白歯部では小臼歯部より強い咬合力が負荷されるため、破折に対する考慮が必要であると考えられるが、実際に CAD/CAM ハイブリッドレジックラウンを作製し、破折の機序について検討を行った研究は認められない。加えて、これまでの研究は、破折後の状態について評価を行ったものであり、どのようにクラウンが破折に至るかをリアルタイムで評価した研究は認められない。 そこで本研究では、CAD/CAM 用ハイブリッドレジンの大白歯部への応用について検討することを目的とし、本ブロックを用いて作製した大白歯部クラウンの破壊試験およびハイスピードカメラを用いた破折様相の評価を行った。さらに、三次元有限要素法を用いて応力解析を行い、実際のクラウンの破折時の様相と比較した。 [材料および方法] <u>実験 1. CAD/CAM 用ハイブリッドレジンプロックの 2 軸曲げ試験</u> 市販の CAD/CAM 用ハイブリッドレジンプロックである松風ブロック HC (松風, 以下 HC), CERASMART (GC, 以下 CS), ENAMIC (Vita, 以下 EN) の 3 種類を使用した。試料は各ブロック 20 個作製し、10 個を室温で保存し、残り 10 個を 30 日間、37℃ の蒸留水中に浸漬させた後、JIS T 6526 に準じて 2 軸曲げ試験を行った。 <u>実験 2. 大白歯 CAD/CAM ハイブリッドレジックラウンの破壊試験</u> 実験用支台歯の作製には、CAD/CAM クラウン用の支台歯形態に加工した上顎左側第一大臼歯エポキシ模型 (ニッシン) を歯科用 CAD/CAM システムを用いて計測・切削し、同形状の純チタン製金属支台歯を 80 個作製した。CAD/CAM クラウンの作製には、HC, CS, EN と、コントロールとして二ケイ酸リチウムガラスセラミックブロックの IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, 以下 EMAX) を用いた。クラウンの CAD モデルはダブルスキャン法で作成し、各ブロック 20 個、計 80 個のクラウンを作製した。クラウンの装着は、各メーカー推奨のプロトコールに従って行った。20 個の試料のうち、10 個は装着 24 時間後に、残り 10 個は 37℃ の水中に 30 日間浸漬させた。各試料は、万能試験機 (Autograph AGS-500D, 島津製作所) を用い、破壊試験用ジグとクラウンの間に直径 8 mm のスチールボール球を介在させ、クロスヘッドスピード 0.5 mm/min で破壊試験を行った。破壊試験後、各ブロックの破壊荷重の分析および支台歯と破折片の破断面の SEM 観察を行った。さらに、破壊試験に際して、2 台のハイスピードカメラ、PHANTOM V10 (Nobby Tech, 9,411 コマ/秒) と VW-6000 (KEYENCE, 1,000 コマ/秒) を使用し、頬舌方向から高速撮影を行い、クラウンの破折様相を観察した。 <u>実験 3. 有限要素法を用いた応力解析</u> 実験 2 で得られた破折時の様相を評価するため、CAD/CAM ハイブリッドレジックラウンおよびオールセラミッククラウンに荷重を負荷した際の応力分布について有限要素モデルを用いて解析した。解析には有限要素解析ソフトウェア (Mechanical Finder 6.0, 構造計画研究所) を使用した。荷重点は実験 2 と同じ個所とし、最大咬合力として 1,200 N, さらに、実験 2 で得られた破壊荷重 2,400 N を負荷した。そして最大主ひずみについて解析を行い、ひずみの部位、大きさについて評価した。	

[結果および考察]

実験 1. CAD/CAM 用ハイブリッドレジンブロックの 2 軸曲げ試験

水中浸漬なしのレジンの曲げ強さの平均値は、HC が 190.0 ± 14.3 MPa , CS が 252.9 ± 22.3 MPa , EN が 171.2 ± 12.1 MPa であり、CS に比べ HC , EN が有意に低い値を示した ($P < 0.01$) . 水中浸漬 30 日後の曲げ強さは、HC が 148.6 ± 19.1 MPa , CS が 208.6 ± 25.1 MPa , EN が 162.3 ± 5.5 MPa であり、CS に比べ HC , EN が有意に低い値を示した ($P < 0.01$) . また、HC , CS では水中浸漬なしと比較し、水中浸漬 30 日間後に有意に低い値を示した ($P < 0.01$) .

各ブロックの曲げ強さのメーカー公示値はそれぞれ、HC が 191 MPa , CS が 230 MPa , EN が 150 ~ 160 MPa で、実験 1 の水中浸漬なしの各ブロックの曲げ強さの値と近似していた。レジン含浸ポーセレンである EN は微細構造を有する長石系セラミックス多孔体にモノマー混合体が浸潤した複合材料であるため、粒子分散強化型複合材料である HC と CS と比較し、水分の影響が少なかったものと考えられる。

実験 2. 大臼歯 CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンの破壊試験

装着 24 時間後における破壊荷重の平均値は、HC が $1,963 \pm 192$ N , CS が $2,361 \pm 194$ N , EN が $1,936 \pm 247$ N , EMAX が $2,345 \pm 205$ N であり、HC , EN が CS , EMAX に比べ有意に低い値を示した ($P < 0.01$) . 水中浸漬 30 日間後における破壊荷重の平均値は、HC が 922 ± 215 N , CS が $1,892 \pm 168$ N , EN が $1,949 \pm 497$ N , EMAX が $2,479 \pm 213$ N であり、CS , EN が HC に比べ有意に高い値を示し、EMAX に比べ有意に低い値を示した ($P < 0.01$) . また、HC , CS では装着 24 時間後と比較し、水中浸漬 30 日間後に有意に低い値を示した ($P < 0.01$) . 破壊試験後の SEM 観察の結果、破断面の破壊様式は界面破壊と混合破壊のどちらかであり、凝集破壊はまったく認められなかった。

ハイスピードカメラによる観察の結果、CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンと、CAD/CAM オールセラミッククラウンでは破折様相が異なり、装着 24 時間後の HC , CS , EN は亀裂が生じた瞬間に 2 個の破折片を伴いながら破折する様相が、EMAX は亀裂が生じた瞬間に 1 個の破折片を伴いながら破折する様相が認められた。さらに、水中浸漬 30 日後の HC , EN , EMAX では亀裂の伸展が認められた。

本実験でコントロールとして使用した EMAX の曲げ強さは約 360 MPa であり、実験 1 で測定した水中浸漬後の CAD/CAM ハイブリッドレジンブロックの曲げ強さは、その約 40% ~ 60% 程度であった。しかし、実際にクラウンを作製して破壊試験を行った結果、EMAX の平均破壊荷重をコントロールとした場合、CS と EN の破壊荷重は、装着 24 時間後では CS で 101% , EN で 83% , 水中浸漬 30 日後では CS で 76% , EN で 79% であり、ブロックの曲げ強さの差と比較して相対的に大きい値となった。これは CAD/CAM ハイブリッドレジン自体の強度は低い、クラウンの弾性変形により応力の集中が緩和されたためと考えられた。また、HC では、水中浸漬 30 日後に破壊荷重が大きく低下したが、水中浸漬後の SEM 観察において、CS , EN では混合破壊であった一方、HC では界面破壊であった。このことから、HC ではクラウンとレジンセメントとの接着力の低下により早期に亀裂が生じ、亀裂の伸展とともに破折したと考えられる。

実験 3. 有限要素法を用いた応力解析

応力解析の結果、咬合面に関し、オールセラミッククラウンでは 1,200 N , 2,400 N とともに、荷重点付近にのみ、わずかにひずみが生じるのみで、近遠心断面、頬舌断面に関しては、1,200 N , 2,400 N とともに、クラウン内面にひずみは認められなかった。一方、CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンでは、咬合面に関し、1,200 N で荷重点周囲に大きいひずみが認められ、2,400 N では、荷重点周囲および中心溝、頬側溝にもひずみが認められた。近遠心断面、頬舌断面に関しては、1,200 N でクラウン全体にひずみが認められ、2,400 N ではクラウン内面の近遠心隅角部および頬側隅角部に、より大きいひずみが認められた。

本解析結果と実験 2 での動画撮影による破折様相を比較すると、ひずみの発生部位と、亀裂の発生部位が近似しており、有限要素モデルは実際のクラウンと高い等価性を有しているものと考えられた。

[結 論]

CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンと CAD/CAM オールセラミッククラウンでは異なる破折様相が観察され、有限要素法解析では、弾性係数の違いによるひずみの分布の違いが認められた。しかし、CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンは、ヒトの大臼歯部における最大咬合力よりも高い破壊抵抗を有しており、破折の観点からは、大臼歯部への応用が可能であるものと考えられた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (要 智 子)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	矢谷 博文
	副 査	教 授	山城 隆
	副 査	准教授	橋本 正則
	副 査	講 師	和田 誠大

論文審査の結果の要旨

本研究は、CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンの大臼歯部への応用の可能性を検討することを目的とし、CAD/CAM 用ハイブリッドレジンの 2 軸曲げ試験、CAD/CAM クラウンの破壊試験、ハイスピードカメラによる破折様相の観察、および三次元有限要素法による応力解析を行い、評価したものである。

その結果、CAD/CAM ハイブリッドレジンブロックは、水中浸漬 30 日後も平均で 149 ～ 209 MPa と高い曲げ強さを示し、また同クラウンは弾性変形による応力緩和により、二ケイ酸リチウムガラスセラミックを用いた CAD/CAM クラウンの 76% ～ 101% と比較的高い破壊荷重値を示した。さらに、破折様相における亀裂の発生部位とひずみの発生部位が近似しており、有限要素モデルは実際のクラウンと高い等価性を有することが明らかとなった。

以上の結果は、力学的な観点から CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンの大臼歯部へ応用の可能性を示唆するものであり、博士（歯学）の学位取得に値するものと認める。