

鶴見大学大学院歯学研究科博士学位論文

内容の要旨および審査の結果の要旨

氏 名	相 澤 大 地
博士の専攻分野	博 士 (歯 学)
学 位 記 番 号	甲 第 529 号
学位授与年月日	令和 6 年 3 月 14 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 専 攻	鶴見大学大学院歯学研究科 (博士課程) 歯学専攻
学 位 論 文 題 目	Residual stresses in glass crowns generated by polymerization and water sorption of resin cements (レジンセメントの重合と吸水により発生するガラスクラウンの残留応力) DENTAL MATERIALS JOURNAL 第 43 巻, 第 3 号, 460 頁～ 468 頁掲載, 2024 年 5 月 25 日 発行
論 文 審 査 委 員	主査 教授 小 川 匠 副査 教授 細 矢 哲 康 副査 教授 山 本 雄 嗣

内 容 の 要 旨

レジンセメントは、従来型コンポジットレジンセメント、自己接着性レジンセメント、MMA 系レジンセメントの 3 種に大別され、従来型および MMA 系は歯面の接着処理を要するが、自己接着性レジンセメントは接着性モノマーを含み歯面処理が不要である。この接着性モノマーは親水性が高く、自己接着性レジンセメントの吸水量は概して大きい。また MMA 系レジンセメントでは、主成分のメチルメタクリレートは従来型コンポジットレジンセメントのジメタクリレートに比して吸水率が高い。

レジン系歯科材料は重合時に収縮し、吸水によって膨張する。これよりレジンセメントで装着した修復物内部には、まず重合収縮による応力が、その後に吸水膨張による応力が発生することとなり、この二つの応力の方向は相反する。そこで本研究では、ガラスクラウンをレジンセメントで装着し、水中浸漬中にクラウン内に生じる残留応力の変化を検討した。加えて各セメントの弾性率と吸水量・溶解量の比較も行った。

セメントには、従来型コンポジットレジンセメントのパナビア V5 (V5)、自己接着性レジンセメントのパナビア SA セメントユニバーサル (SA)、MMA 系レジンセメントのスーパーボンド (SB) を用いた。クラウンとコアを想定し、外側軸面に一部平坦面を有する外径 10 mm のガラスクラウンと、直径 5.8 mm の円柱状ジルコニアを準備し、両者をレジンセメントで接着した。セメントの重合は、V5 と SA はデュアルキュアと化学重合、SB では化学重合とした。デュアルキュアでは光照射 60 秒、化学重合では 37℃ 暗所での 15 分間留置の後、試料を 37℃ 水中に 1 時間保管した。

水中保管後、ビッカース圧子を 9.8 N、15 秒でクラウン平坦面に圧入して亀裂を導入し、亀裂長さからガラスの物性からクラウン内の残留応力を算出した。試料を再び水中保管し、1, 3, 7, 14 および 28 日経過時に亀裂長さを測定、その時点での残留応力を求めた。得られた数値は二元配置分散分析と Duncan の多重比較にて、有意水準 5% で比較した。

次に、ISO4049 に準じて 3 種セメントの弾性率と吸水量・溶解量を測定した。弾性率測定では 2 mm × 2 mm × 25 mm の棒状セメント試料を作製した。デュアルキュアでは試料上下面をそれぞれ 80 秒ずつの光照射、化学重合では 37℃ 暗所で 60 分間留置した後に、応力測定と同様に試料を 37℃ 水中に 1 時間、1, 3, 7, 14 および 28 日間保管し、三点曲げ試験にて曲げ弾性率を測定した。吸水量・溶解量の測定では、各セメント、各重合様式で ϕ 15 mm × 1 mm の円盤状試料を作製し、測定に用いた。デュアルキュアでの光照射は上下面それぞれ 90 秒ずつとした。初回乾燥時の試料の質量、7 日間の 37℃ 水中保管した吸水後の質量、そして再乾燥時の質量を測定し、試料の体積とそれぞれの質量から吸水量と溶解量を算出した。弾性率と吸水量・溶解量での値は、それぞれ一元配置分散分析と Tukey の多重比較にて、有意水準 5% で比較した。

水中保管1時間経過時に、すべての群でクラウン内に3.7～9.2 MPaの圧縮応力が発生していた。この圧縮応力は保管期間とともに徐々に減少し14日経過時には有意に低くなったものの、28日経過時で2.1～6.1 MPaであり、全群で圧縮応力が残留していた。重合様式で比較すると、V5とSAともにデュアルキュアよりも化学重合の方が低値であった。SBはSA-デュアルキュアと同程度の応力を示し、期間を通じて応力減少は認められたが、減少量は他群よりも少なかった。

水中保管期間中の弾性率変化は、群によって異なった。V5は重合様式問わず期間通じて4.3～5.7 GPaの安定した弾性率を示したのに対し、SAとSBでは期間中に弾性率が有意に増加した。28日間の弾性率は、SA-デュアルキュアで3.0～6.0 GPa、SA-化学重合で1.6～5.0 GPa、SBで1.1～2.3 GPaであった。

吸水量の範囲は20.7～35.2 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ となり、重合様式に関係なくV5<SA<SBであった。一方、溶解量の範囲は1.4～4.2 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ で、SAがデュアルキュアと化学重合ともに他セメントよりも有意に大きい値を示した。

残留応力は材料の物性に影響し、一般に圧縮応力下では物性は向上、引張応力下では劣化する。セメントによって発生する間接修復物内の残留応力を把握することは、良好な予後を獲得する上で重要と考え、本実験で検討を行った。その結果、すべての群において装着1時間でクラウン内部に圧縮応力が発生していた。これは、レジンセメントがクラウンとコアに接着した状態で重合し、セメントの重合収縮ならびに弾性率の増加によってクラウンがコア方向に引き寄せられたためである。重合様式で比較すると、V5とSAの1時間応力値はともに化学重合の方が低値であった。これは、光照射を伴うデュアルキュアと比較して化学重合では重合速度が遅く、セメントペーストが流動性を示す時間が延び、収縮応力を解放する時間が長くなる。そのため化学重合の方が応力が低くなった。一方SBの1時間応力はSA-化学重合と同等であった。応力は弾性率×収縮量で表されることから、フィラー未含有のSBは弾性率は低いものの重合収縮量が大きく、それが応力値に反映したと考えられた。

全ての群において、この1時間応力は水中保管とともに徐々に減少した。本実験において、応力の減少はセメントの弾性率低下ないしは吸水膨張による収縮量の減少で惹起されるが、どの群においても水中保管による弾性率の低下は見られなかったため、セメントの吸水膨張が主要因と考えられた。セメントの膨張によってクラウンは外方に押し出され、クラウン内に引張り応力が発生したことで、既存の圧縮応力が緩和されたと考察した。28日間の水中保管を通じての各群の応力減少率はV5-デュアルキュアで33.7%、V5-化学重合で21.3%、SA-デュアルキュアで44.0%、SA-化学重合で43.2%、SBで10.5%となった。この減少率は、 $\geq 100\%$ で全圧縮応力が補償されたことを示すが、全群で $< 100\%$ となったことからクラウン内の圧縮応力の残留が示された。SAはV5より大きな減少率を示したが、これはSAが親水性モノマーのMDPとHEMAを含有することで吸水量が多くなったことが原因と考えられた。一方SBは、V5やSAとは異なる挙動を示した。SBは吸水量が最も多いにもかかわらず、減少率は小さかった。これはSBの弾性率が低いため吸水膨張力が弱く、クラウン内の引張り応力が発生しにくい状況であったためと考察する。

本研究では、ヒト大臼歯を参考にガラスクラウンの寸法を設定したことから、上述の残留応力変化は臨床での現象と類似していると考えられる。28日間の水中保管では、吸水量の多い自己接着性レジンセメントやMMA系レジンセメントであってもクラウン内部には圧縮応力が残留し、クラウン強度の補強効果が維持されることがわかった。特に脆性材料を用いた間接歯冠修復において、補強効果をより長く獲得するためには、装着直後により高い圧縮応力を発生させることが大切である。そのためにはデュアルキュア型レジンセメントを用い、可能な限り光照射を行うことが推奨される。

審査の結果の要旨

レジンセメントは従来型コンポジットレジンセメント、自己接着性レジンセメント、MMA系レジンセメントの3種に大別され、各々の化学的な性質、口腔内装着後の環境などから支台歯、クラウンに対し様々な影響を生じさせる。本研究は、ガラスクラウンをレジンセメントで装着し、水中浸漬中にクラウン内に生じる残留応力の変化と各セメントの弾性率と吸水量・溶解量の比較から、レジンセメントによるクラウンの補強効果について検討した。

使用セメントは、従来型コンポジットレジンセメントのパナビア V5 (V5)、自己接着性レジンセメントのパナビア SA セメントユニバーサル (SA)、MMA系レジンセメントのスーパーボンド (SB) を用い、ガラスクラウンを円柱状ジルコニア (支台歯) に接着した。各種接着セメントの特性に準じ重合、37°C 水中に1時間保管後、ビッカース試験により亀裂の長さやガラスの物性からクラウン内の残留応力を算出した。その後、試料を再び水中保管し、1, 3, 7, 14 および 28 日経過時に亀裂長さを測定、残留応力を求めた。次に、ISO4049 に準じて3種セメントの弾性率と吸水量・溶解量を測定した。

水中保管1時間経過時に、すべての群でクラウン内に3.7～9.2 MPaの圧縮応力が発生していた。この圧縮応力は保管期

間とともに徐々に減少し14日経過時には有意に低くなったものの、28日経過時で2.1～6.1 MPaであり、全群で圧縮応力が残留していた。水中保管28日間の弾性率は、SA-デュアルキュアで3.0～6.0 GPa, SA-化学重合で1.6～5.0 GPa, SBで1.1～2.3 GPaであった。吸水量の範囲は20.7～35.2 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ となり、重合様式に関係なくV5<SA<SBであった。溶解量の範囲は1.4～4.2 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ で、SAがデュアルキュアと化学重合ともに他セメントよりも有意に大きい値を示した。

本研究では、ヒト大臼歯を参考にクラウンの寸法を設定したことから、上述の残留応力変化は臨床での現象と類似していると考えられる。28日間の水中保管では、吸水量の多い自己接着性、MMA系レジンセメントであってもクラウン内部には圧縮応力が残留し、クラウンの補強効果が維持されることがわかった。特に脆性材料を用いた間接歯冠修復において、補強効果をより長く獲得するには、装着直後により高い圧縮応力を発生させることが大切であり、デュアルキュア型レジンセメントを用い、可能な限り光照射を行うことが推奨される。

本研究は、レジンセメントで装着したクラウンの補強効果について検討した研究であり、今後の歯科・保存修復の臨床において、修復装置等の長期予後を得るために重要な研究である。よって本論文は博士（歯学）の学位請求論文として十分な価値を有するものと判定した。