



Title	自己接着性レジンセメントの機械的強さと流動性の新しい評価方法の開発
Author(s)	河島, 光伸
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/96010
rights	
Note	

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 (河 島 光 伸)

論文題名

自己接着性レジンセメントの機械的強さと流動性の新しい評価方法の開発

論文内容の要旨

【研究目的】

前処理を必要としない自己接着性のレジンセメント（Self Adhesive Resin Cement：以下，SARC）は，2002年の登場以降その性能が向上し，簡便な操作で高い接着性が得られるため，日常の臨床において補綴物の装着に高頻度で使用されている．そのような背景から，2017年に，SARCの材料特性に関する国際規格ISO/TS 16506:2017が制定された．このうち，補綴治療の長期臨床成績に関わる重要な特性である機械的強さについては，3点曲げ試験による曲げ強さの測定が採用されている．ただし，その測定方法は，充填用のコンポジットレジンの評価法に準じた厚さ2 mm，幅2 mm，長さ25 mmの直方体の試験片を用いることとされ，補綴物の装着における実際のレジンセメント層の厚さを全く反映していない．

一方，歯科用セメントの流動性に関しては，リン酸亜鉛セメントについてのみ，平滑なガラス板の上に所定量の練和セメント泥を置き，その上に重量を規定したガラス板と一定重量のおもりを置いて，広がった練和セメントの直径を測定する方法が国際規格等に採用されている．しかし，これは，単に物質の粘稠性に関する指標である稠度を評価するものであり，この方法では被験セメントが補綴物の装着に適した流動性を有しているか否かを判断することはできない．

そこで本研究では，SARCの臨床での使用状況を考慮し，薄膜状試験片を用いた機械的強さの評価法，および被験セメントが補綴物と支台歯の間に十分かつ均一に広がる流動性を有しているかどうかを判定可能な流動性評価法を新規に考案し，より臨床的意義の大きいSARCの試験方法を開発することを目的とした．

【材料および方法】

実験①．薄膜状SARCの機械的強さ評価法の開発

- 1) 被験材料：デュアルキュア型のSARCとして，PANAVIA SA Cement Plus Automix（PC），iCEM Self Adhesive（IC），およびBisCem（BC）を使用した．
- 2) 3点曲げ試験
 - a. 3種の異なる厚さの試験片での比較：ISO/TS 16506:2017で規定される厚さ2.0 mmの試験片と，厚さを薄くした試験片（1.0, 0.5 mm）を作製し，3点曲げ試験により曲げ強さを測定した．
 - b. 2種の異なる支点間距離での比較：厚さ0.5 mmの試験片について，ISO/TS 16506:2017で規定される支点間距離20 mmと，それよりも短くした10 mmにて3点曲げ試験を行い，曲げ強さを測定した．
- 3) セン断試験：3種の異なる厚さ（0.4, 0.2, 0.05 mm）の薄膜状試験片を作製し， $\phi 3$ mmのステンレス製の円柱状押棒を押し込む方法で，打ち抜きせん断強さを測定した．
- 4) 引張試験：3種の異なる厚さ（0.4, 0.2, 0.05 mm）の薄膜状短冊型試験片を作製し，微小引張接着強さ試験用治具に固定する方法で，引張強さを測定した．
- 5) 有限要素解析：せん断試験と引張試験における3種の異なる厚さ（0.4, 0.2, 0.05 mm）の試験片と同サイズの解析モデルを設計し，有限要素法を用いてせん断解析と引張解析を行い，試験片モデルの内部に生じる最大主応力の分布と試験片の破折の様相を比較した．

実験②．SARCの流動性評価法の開発

- 1) 被験材料：実験①で用いた3種のデュアルキュア型SARCに加えて，比較対照として，充填用コンポジットレジンであるクリアフィルAP-X（AP）を使用した．
- 2) クラウン装着に使用されるSARC体積の測定：下顎第一大臼歯の支台歯模型に対するCAD/CAMコンポジットレジン冠を作製し，クラウンと支台歯の合計重量（ m_1 ）を測定した．クラウンをPCで支台歯に装着した後，

再び重量 (m_2) を測定し、 m_2 と m_1 の差分をクラウン装着に使用したPCの重量として求めた。そして、得られたPCの重量から、密度をもとに装着に使用したPCの体積を算出した。また、実測実験とは別に、光学印象により得られた支台歯模型のCADデータと、それに基づいて設計したクラウンのCADデータからセメント層のみのCADデータを作成し、セメント層の理論的な体積として求めた。

- 3) 支台歯の被着表面積の測定：2) で作製した試料を頬舌面の長軸に沿って切断し、切断面を走査型電子顕微鏡で観察してセメント層の厚さを測定した。そして、2) で求めたPCの体積をセメント層の厚さで除算した値を支台歯の被着表面積とした。
- 4) 流動性の評価：平らで十分な面積を有するガラス板1の中央部に、2) で求めたクラウンを装着するために使用される体積のSARCペーストを置いた。ペースト量は、SARCをガラス製注射筒に填入し、マイクロメーターヘッドで押し出す方法で規定した。被験材料の上に、3) で求めた支台歯の被着表面積に基づいて設定した接触面積を有する平坦で均一な厚さのガラス板2を置き、上面の中央部に、クラウン装着時の手指での圧接力である12.0 Nの荷重を負荷した。1分間経過後、被験材料の広がりを目視で観察し、ガラス板2の下面全体に被験材料が広がっていれば「Pass」とし、広がっていなければ「Fail」と判定した。

【結果および考察】

実験①. 薄膜状SARCの機械的強さ評価法の開発

3点曲げ試験では、硬化様式（光照射の有無）にかかわらず、試験片の厚さを薄くすることにより曲げ強さが小さくなった。いずれのSARCにおいても試験片厚さが薄くなるほど、破断に至るまでの変位が大きくなり、とくにICの厚さ0.5 mmの場合は、試験片の中央部に大きなたわみが観察された。実際には破断直前の支点間距離が増加するにもかかわらず、曲げ強さの算出には支点間距離の初期長を用いることから、試験片の厚さが薄くなると3点曲げ強さが変化したものと考えられる。厚さ0.5 mmの試験片を用いて支点間距離10 mmで3点曲げ試験を実施した場合、支点間距離20 mmの場合と比較して、ICでは曲げ強さが有意に大きくなった。これは、ICにおいては、支点間距離を小さくしたことによって、たわみ量が大きく減少したことによるものと考えられる。しかしながら、いずれのSARCにおいても、3点曲げ強さの変化は緩和されたものの、支点間距離を短くしてもたわみの影響を完全に解消することはできなかった。したがって、3点曲げ試験では、試験片がたわむことで正確に曲げ強さを測定できず、薄膜状SARCの機械的強さを評価する方法として適切でないことが明らかとなった。せん断試験でも、硬化様式にかかわらず、いずれのSARCにおいても、試験片が薄くなるにつれて、せん断強さが有意に低下した。これらに対して、引張試験では、硬化様式にかかわらず、いずれのSARCにおいても、引張強さに試験片の厚さによる有意差は認められなかった。有限要素解析から、引張試験では、いずれの厚さの場合も試験片の把持部に引張応力が集中し、破壊の起点は厚さが異なっても同じ部位であることが分かった。以上のことから、引張試験は、試験片の厚さに関係なく一定の引張強さを得られるという点で、本研究の目的を満たしているものと考えられた。

実験②. SARCの流動性評価法の開発

クラウン装着に使用されたPCの重量は 29.6 ± 1.60 mgであり、体積は 16.4 ± 0.9 mm³（95%信頼区間：15.5～17.3 mm³）であった。CADソフトウェアの機能を用いて求めたPCの理論的な体積は16.3 mm³であり、実測による計算値とほぼ同一であった。セメント層厚さの測定結果は99.1 μmであり、これをもとに算出した支台歯の被着表面積は165 mm²となった。得られたセメント層の厚さは臨床での報告とも齟齬がなく、支台歯の被着表面積を165 mm²と定義することは適正であるものと考えられた。クラウンを装着するために使用されたSARCの体積、および支台歯の被着表面積に基づいて流動性を評価した結果、3種のSARCはいずれも「Pass」となった。これらに対し、APはガラス板2の下面全体に十分に広がらなかったため、「Fail」となった。以上のことから、SARCの流動性が補綴物の装着に適切か否かを判断するうえで、考案した評価方法が有用であることが示された。

【結論】

薄膜状SARC試験片を用いて3点曲げ試験、せん断試験、ならびに引張試験を行った結果、たわみや厚さの影響を受けないという点で、引張試験がSARCの機械的強さの評価に有用であることが明らかとなった。また、SARCの流動性が補綴物の装着に適するか否かを評価する方法として、支台歯の被着表面積を考慮に入れた新たな方法を確立した。以上のように、本研究において、臨床での使用条件を反映した、より臨床的意義の大きいSARCの機械的強さと流動性の評価方法の開発に成功した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (河 島 光 伸)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	今里 聡
	副 査	教授	長島 正
	副 査	講師	権田 知也
	副 査	講師	高橋 雄介

論文審査の結果の要旨

本研究は、自己接着性レジンセメントの機械的強さ及び流動性の評価法として、臨床での使用状況を考慮した、新たな方法の開発を試みたものである。

その結果、薄膜状試験片を用いた機械的強さの評価においては、3 点曲げ試験、せん断試験、ならびに引張試験のうち、たわみや厚さの影響を受けないという点で、引張試験が最も有用であることを明らかにした。また、被験セメントが補綴物の装着に適した流動性を有するか否かを判定する方法として、支台歯の被着表面積を考慮に入れた新規の評価法を確立した。

以上の研究成果は、より臨床的意義の大きい自己接着性レジンセメントの機械的強さと流動性の評価方法の開発に成功したことを示すものであり、本研究は博士（歯学）の学位論文として価値のあるものと認める。