

学位論文内容の要旨

愛知学院大学

論文提出者

徳永 有一郎

論文題目

S-PRG フィラー添加フッ化物徐放性歯科矯正用レジンの
フッ化物徐放・リチャージ能および機械的性質

I. 緒言

小児歯科や障害者歯科の臨床では、歯科矯正用レジンを用いた可撤式装置がしばしば応用されるが、装置装着に起因したカリエスリスクの増加が問題となっている。

このようなカリエスリスクの低減のため、フッ化物の日常的な応用が勧められており、近年、ごく低濃度のフッ化物であっても、口腔内に持続的に存在することでう蝕抑制に寄与することが報告されている。そのため、可撤式装置自体から低濃度のフッ化物を口腔内に徐放することができれば、装置装着に起因するカリエスリスクを低減させることが可能であると考えられる。

これまでフッ化物徐放性歯科材料としてグラスアイオノマーセメントの応用が検討されているが、フッ化物のリチャージを繰り返すことでセメント表面に多数の亀裂が生じたと報告されており、う蝕予防に有効な濃度のフッ化物徐放や効率的なリチャージを行え、安定した機械的強度をもつ材料の開発が望まれる。

近年、フッ化物をはじめとした微量元素を放出することでう蝕抑制効果が報告されている表面改質型酸反応性無機ガラス (Surface Pre-Reacted Glass-ionomer) フィラー (以下 S-PRG フィラー) が開発され、様々な歯科材料に応用が進んでいる。

そこで本研究では、可撤式装置の装着により増加するカリエスリスクを

低減させるためレジン床全体からフッ化物を徐放させることを目的に、S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジン試料を試作し、その臨床応用の可能性を検討するため、以下の2つの実験を行った。

実験 I では異なる S-PRG フィラー含有率のレジン試料を使用し経日的なフッ化物放出量の変化を比較、検討した。さらに家庭で日常的に繰り返しフッ化物リチャージを行うことを想定し、1000 ppm フッ化物溶液に8時間浸漬した後、16時間蒸留水に浸漬した際のフッ化物放出量について異なるS-PRG フィラー含有率のレジン試料を用いて比較、検討した。

実験 II ではS-PRG フィラー含有歯科矯正用レジン試料の機械的強度について、ISO 規格に則り曲げ試験を行い、曲げ強度および曲げ弾性についてISO の要求事項と比較、検討した。

II. 実験 I .S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジンのフッ化物徐放・リチャージ能

1.材料および方法

歯科矯正用レジンポリマー2.0g に約3 μ m の S-PRG フィラーを0、5、10、20、30 wt%加え、モノマー1.0ml と混和し直径15.7 mm×厚さ3 mm に重合した試料を各7ずつ用意した。

本実験は「蒸留水浸漬期間①」、「フッ化物リチャージ・徐放期間」、「蒸留水浸漬期間②」の順にそれぞれ5日間、計15日間にわたり行った。

「蒸留水浸漬期間①」は、試料を3 ml の蒸留水中に浸漬して24時間毎

に蒸留水を交換し、放出されたフッ化物濃度を測定した。

「フッ化物リチャージ・徐放期間」は、試料をフッ化物濃度 1000 ppm のフッ化物溶液 3 ml に 8 時間浸漬し、フッ化物のリチャージを行った。その後、試料の表面洗浄を行い 3 ml の蒸留水中に 16 時間浸漬しフッ化物濃度を測定する行程を 24 時間毎に 5 日間繰り返した。

「蒸留水浸漬期間②」は「蒸留水浸漬期間①」と同様の行程を 5 日間繰り返した。

試料の浸漬に用いた蒸留水は 1 日ごとに交換しフッ化物濃度の測定は複合型イオン電極とイオンメーターを用いて 0.03 ppm 以下を測定限界とした。測定されたフッ化物濃度は試料表面積あたりのフッ化物放出量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) に換算した。

2. 統計学的分析

同一フィルター含有率におけるフッ化物放出量を経日的に比較するため「蒸留水浸漬期間①」における 1 日目と 5 日目のフッ化物放出量の比較を Mann-Whitney の U 検定を用いて行った。また「蒸留水浸漬期間①」5 日目と「フッ化物リチャージ徐放期間」1 日目の比較および「フッ化物リチャージ・徐放期間」における 1 日目と 5 日目の比較についても同様の統計処理を行った。

さらに、異なるフィルター含有率間のフッ化物放出量を比較するため「蒸留水浸漬期間①」1 日目、「フッ化物リチャージ・徐放期間」1 日目および

5日目における各々のフッ化物放出量を Kruskal- wallis 検定および Wilcoxon の順位和検定を用いて S-PRG フィラー含有率間の比較を行った。

以上の統計処理は有意水準 5% で有意差ありとした。

Ⅲ. 実験Ⅱ.S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジンの機械的強度

1.材料および方法

歯科矯正用レジンポリマー2.0g に約 3 μ m の S-PRG フィラーを 0、5、10、20、30 wt%加え、モノマー1.0 ml と混和し、直方体(長さ 64.0 mm×幅 10.0 mm×厚さ 3.3 mm) に重合した試料を各 6 つ用意し 3 点曲げ試験を行って曲げ強度および曲げ弾性を測定した。試料の作製および試験方法は ISO 20795-2 に準じて行った。

Ⅳ.結果および考察

1.実験Ⅰ : S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジンのフッ化物徐放・リチャージ能

1) フッ化物放出量の経日的変化

全てのフィラー含有試料で「蒸留水浸漬期間①」1日目に比べ5日目でフッ化物放出量は有意に減少した。その後、フッ化物リチャージを行ったことで「蒸留水浸漬期間①」5日目に比べ「フッ化物リチャージ・徐放期間」1日目では有意な増加を認めた。

「フッ化物リチャージ・徐放期間」1日目と5日目のフッ化物放出量を比較すると 30 wt%試料ではフッ化物放出量の有意な減少傾向は認められな

かった。一方、5、10、20 wt%試料では5日目のフッ化物放出量は1日目に比して有意に低い値となり経日的な減少傾向を示した ($p < 0.05$)。また「蒸留水浸漬期間②」ではフッ化物のリチャージを終了することで急激にフッ化物放出量は減少した。

2) S-PRG フィラー含有率がフッ化物放出量に及ぼす影響

異なるフィラー含有率間のフッ化物放出量を比較した結果「蒸留水浸漬期間①」1日目では30 wt%含有試料 ($0.713 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) が最も高い値を示し、5 wt%に比べ20 wt%、30 wt% が有意に高く、また10 wt%に比べ30 wt%の方が有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

同様に「フッ化物リチャージ・徐放期間」1日目および「フッ化物リチャージ・徐放期間」5日目も、30wt%含有試料 ($0.959, 0.837 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) が最も高い値を示し、「蒸留水浸漬期間①」と同様の組み合わせで有意差が認められた ($p < 0.05$)。

さらに全ての期間において0 wt%試料からはフッ化物の放出は認められず、フィラー含有率に応じてフッ化物放出量が高くなることから、S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジン試料はフッ化物徐放・リチャージ能を有していることが示唆された。

また、表面積あたりのフッ化物放出量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) を臨床的見地から考察するため濃度 (ppm) に再換算し Margolis らが報告したう蝕抑制に必要なフッ化物濃度と比較すると「フッ化物リチャージ・徐放期間」の

全期間において 30 wt%試料からのフッ化物放出量は1日目の 1.710 ppm (0.959 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) から5日目の 1.493 ppm (0.837 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) まで「エナメル質の表層下脱灰抑制」に作用する濃度 1.004 ppm を安定して上回った。しかし 30 wt%試料以外のフッ化物放出量は経日的に有意な減少傾向を示し5日目の 10、20 wt%試料ではそれぞれ 0.490ppm、0.733 ppm (0.275、0.411 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) となり「エナメル質の実質欠損抑制」に作用するフッ化物濃度 0.154 ppm は上回るが「エナメル質の表層下脱灰抑制」に必要な濃度より低い値を示した。さらに5 wt%含有試料ではフッ化物濃度 0.137 ppm (0.077 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$) となり「エナメル質の実質欠損抑制」に必要な濃度以下まで低下した。これらの原因についてリチャージ・徐放の繰り返しによるフィラーの脱落、構造変化やレジンの水分飽和による影響が考えられるが、今後さらなる検討が必要である。

2.実験Ⅱ：S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジンの機械的強度

曲げ強度については、30 wt%含有試料が最も低い値 (平均 64.7 MPa) を示したが全ての試料で ISO 要求事項である 50 Mpa を上回ることが確認された。曲げ強度はフィラー含有率が増加するにつれ、わずかではあるが低下する傾向が認められたためフィラー含有率がさらに高い試料を使用した場合、弱い応力で変形・破壊されやすくなることが危惧される。

曲げ弾性については5 wt%含有試料がフィラー含有試料の中でもっとも低い値(平均 2265 MPa)を示したが全ての試料で ISO 要求事項である 1500

MPa を上回ることが確認された。曲げ弾性はフィラー含有率が高くなるにつれ大きくなる傾向を示したことからフィラーを含有させることで、ひずみが生じにくくなると考えられる。

以上の結果から、S-PRG フィラー含有率 30 wt% までは ISO 規格の定める要求事項を満たしており、臨床応用が可能である機械的強度であると考えられた。しかしフッ化物のリチャージ・徐放を繰り返すことで生じる機械的強度への影響については本実験では確認しておらず、この点について今後さらなる検討が必要である。

V. 結論

本研究の結果、S-PRG フィラー含有歯科矯正用レジンはフッ化物徐放・リチャージ能と ISO 規格の要求事項を満たす機械的強度を有することが明らかとなった。特に 30 wt% 含有試料はリチャージ・徐放を繰り返してもフッ化物放出量の減少を認めず「エナメル質の表層下脱灰抑制」に作用する程度のフッ化物量を安定して放出することが可能であったことから、その臨床応用の可能性が示唆された。