

エアアブレーション前処理の有無によるジャイオマー系小窩裂溝シーラントの臨床成績：12か月ランダム化臨床試験

原著：Yomna Sayed Khallaf, Olfat Elsayed Hassanein, Aya Mohamed Adly, Dina Kamal. Clinical performance of a giomer-based pit and fissure sealant with and without air-abrasion pretreatment: a 12-month randomized clinical trial. BMC Oral Health (2026) 。DOI: 10.1186/s12903-026-09691-8 (<https://doi.org/10.1186/s12903-026-09691-8>)。

非公式AI日本語訳。2026年9月15日作成。歯科医師による監修・査読は未実施。原著の抄録、主文、全5表、図注、声明、著者情報を翻訳し、参考文献は原文書誌情報を保持した。原図・図中の文字・補足資料は含まない。原著と本訳は CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) に従う。原著者を明示した翻訳・再構成であり、原著者・出版社による承認を意味しない。

抄録

背景

小窩裂溝シーラントはう蝕予防に広く用いられるが、長期的な成功は保持に大きく依存する。表面反応型ガラスアイオノマーフィラーを含むジャイオマー系シーラントには生体活性がある一方、マイルドなセルフエッチプライマーと併用した場合の接着耐久性には懸念が残る。本ランダム化臨床試験は、若年成人において、生体活性ガラスによるエアアブレーション前処理がジャイオマー系シーラントの保持とう蝕予防効果に及ぼす影響を12か月間評価した。

方法

本並行群ランダム化臨床試験には96人が参加し、各参加者から適格な健全永久臼歯1歯を対象とした（各群 $n=48$ ）。生体活性ガラスのエアアブレーション前処理後にジャイオマー系シーラントを適用する介入群と、前処理なしで同じシーラントを適用する比較群へ無作為に割り付けた。ベースライン、6か月、12か月に、保持をSimonsen基準、二次う蝕発生を修正版United States Public Health Service (USPHS) 基準で評価した。主要転帰は12か月時の保持、二次転帰は二次う蝕発生とした。群間比較はカイニ乗検定、群内比較はCochranのQ検定とその後の多重比較を用いた。95%信頼区間を伴う相対リスクを算出した。有意水準は $p \leq 0.05$ とした。

結果

6か月時の完全保持は介入群91.7%、比較群75.0%であり、群間差は統計学的に有意でなかった（ $p=0.068$ ）。12か月時には、完全保持が比較群（33.3%）より介入群（87.5%）で有意に高かった（ $p<0.0001$ ）。介入群の歯は比較群に比べ、保持失敗のリスクが81.25%低かった（RR=0.1875；95% CI: 0.0864-0.4069； $p<0.0001$ ）。12か月間の追跡で二次う蝕発生の群間差は検出されなかった（ $p=1.0000$ ）。

結論

生体活性ガラスのエアアブレーション前処理は、前処理なしの適用に比べ、ジャイオマー系裂溝シーラントの保持を有意に改善した。12か月間の追跡で二次う蝕発生の群間差は検出されなかった。シーラント適用前に機械的表面処理を取り入れると、予防効果を損なうことなく保持を高める可能性がある。

試験登録

ClinicalTrials.gov (<https://clinicaltrials.gov/>), NCT06003452、登録日15-08-2023 (2023年8月15日)。

はじめに

う蝕は世界で最も頻度の高い口腔疾患の一つであり、その大部分を予防できるにもかかわらず、依然として重大な公衆衛生上の課題である [1]。Global Burden of Disease研究によると、永久歯う蝕を有する人数は数十年で大幅に増加し、今後も増える予測される [2]。

永久臼歯の咬合面小窩裂溝は、複雑でプラークが停滞しやすい形態のため、特に萌出直後にう蝕に罹患しやすい。この解剖学的特徴は効果的なプラーク除去を妨げ、バイオフィルムの停滞を促し、初期う蝕のリスクを高める。したがって適切な予防法で適時に保護することが重要である。推奨される予防法には機械的プラークコントロール、局所フッ化物適用、抗菌剤、小窩裂溝シーラントがあり、いずれも新たに萌出した臼歯の構造を保つことを目指す [3]。米国歯科医師会の指針では、ICDAS IIコード0、1、2の歯がシーラント適用の対象となる [4, 5]。

酸処理したエナメル質に適用するレジン系シーラントが現在の標準治療である。事前の接着システム使用は接着強さと保持を高めることが示されているが、技術的感受性の高い複数の工程を伴い、診療時間を延長し、患者の受容性を下げうる。そこで、十分な接着性能を保ちながら臨床操作を簡素化するセルフエッチ型シーラントが導入された [6]。ジャイオマー系シーラントには表面反応型ガラスアイオノマー (S-PRG) フィラーが含まれ、フッ化物、ナトリウム、アルミニウム、ストロンチウム、ホウ酸、ケイ酸などの有益なイオンを放出できる。これらは酸の中和、脱灰抑制、再石灰化促進、プラーク蓄積低減に寄与する [7]。フッ化物とストロンチウムのイオンはハイドロキシアパタイトと相互作用し、フルオロアパタイトとストロンチウム置換アパタイトを形成して、酸に対するエナメル質の抵抗性を高める。さらにS-PRGフィラーにはフッ化物の持続的放出と再充填能力があり、長期う蝕予防への可能性を支持する [8]。

これらの利点にもかかわらず、特に萌出直後の歯では、エナメル質に耐久性の高い接着を得ることは難しい。この時期の表面は無小柱で高度に石灰化していることが多く、従来の酸処理への抵抗性が比較的高い [9]。その結果、微小機械的保持が不十分になり、シーラント失敗のリスクが増しうる。そこでバーによる粗造化やエアアブレーションなどのエナメル質前処理が提唱されたが、臨床効果には議論が残る [10]。

酸化アルミニウム粒子によるエアアブレーションはエナメル質表面処理に広く使われてきた。しかし強い切削作用と生体活性の欠如が懸念される。そこで代替研磨材として生体活性ガラスが注目されている [11]。生体活性ガラス粒子は天然エナメル質のハイドロキシアパタイトと類似する比率のカルシウム、ナトリウム、リン、ケイ酸塩からなり、生体適合性と再石灰化促進能を備える。また酸化アルミニウムより切削速度が遅いため、歯質を保存しながらシーラントの浸透と接着を改善する、より保存的なエナメル質処理が可能となりうる [12, 13]。

生体活性ガラスのエアブレーションはエナメル質処理法として研究され、ジャイオマー系シーラントも有望な生体活性を示しているが、両者の併用を評価する臨床エビデンスは限られる。特に、セルフエッチ型ジャイオマー系裂溝シーラントの臨床的な保持とう蝕予防に対する生体活性ガラス前処理の影響は、十分に調べられていない。この組み合わせの有益性を明らかにする、適切なデザインのRCTが必要である。

本ランダム化臨床試験は、若年成人で生体活性ガラスのエアブレーション前処理の有無により、ジャイオマー系小窩裂溝シーラントの保持とう蝕予防効果を12か月追跡評価することを目的とした。帰無仮説は、生体活性ガラスの前処理は、前処理なしの適用に比べて6か月、12か月時の保持とう蝕予防という臨床成績に有意な影響を与えない、とした。

参加者と方法

使用材料を表1にまとめ、製造者の指示に厳密に従って使用した。すべての処置は修復歯科で13年を超える臨床経験を持つ1名の臨床家が行った。術者は転帰評価・統計解析には関与しなかった。

倫理承認と試験登録

CONSORT 2010声明に従って研究を計画・実施・報告した。ClinicalTrials.gov (NCT06003452) に前向き登録し、初回登録は2023年8月15日に完了した。完全なプロトコルと統計解析計画は、合理的な依頼により連絡責任著者から入手できる。人を対象とするすべての研究手順はヘルシンキ宣言 (2013年改訂) の倫理基準に従った。Cairo University歯学部研究倫理委員会から、参加者募集開始前に承認を得た (承認ID : 32424) 。全参加者から組み入れ前に書面による同意を得た。

標本数の算定

前処理なしの裂溝シーラントの完全保持率を34.5%と報告した先行研究 [14] に基づき標本数を決めた。独立した2割合を比較する両側Z検定を用い、 $\alpha=5\%$ 、検出力80%とした。この条件で、群間30%の絶対差を検出するため各群最低43歯が必要だった。追跡中の脱落を見込み10%増しとし、最終的に各群48歯、計96歯、各参加者1歯とした。G*Power 3.1.9.2 (Heinrich Heine University Düsseldorf、ドイツ) を用いて算定した。

デザインと実施施設

割付比1:1の優越性の枠組みによる、ランダム化二重盲検並行群臨床試験として計画した。エジプトのCairo University歯学部保存歯科診療施設で実施した。参加者募集は2024年6～8月に行った。登録後、2024年9月から介入を開始し、その後数週間で完了した。各参加者をシーラント適用後12か月追跡した。最終追跡評価は2025年11月に完了し、研究全体の終了とした。事前の採用・除外基準で適格性を確認した。適格者には目的、処置、受診回数、予想される利益とリスクを詳しく説明し、登録前に書面同意を得た。軟毛歯ブラシ、1日2回の歯磨き、改良Bass法などの標準化した口腔衛生指導を実施した。各追跡受診で指導を確認・強化し、遵守を図った。

参加者を割り当てられた介入により2群の一方へ無作為に割り付けた。シーラントの臨床評価はベースライン、6か月、12か月に行った。保持をSimonsen基準、二次う蝕の有無を修正版USPHS基準で評価した。試験開始後、プロトコルや事前に定めた転帰に重要な変更はなかった。

適格基準

18-25歳の若年成人で、正常な解剖学的形態を持つ完全萌出の下顎第一または第二永久臼歯があり、その停滞性の高い咬合面裂溝がICDASコード0または1の者を適格とした。良好な口腔衛生（プラーク指数0または1）、正常咬合、異常機能的咬合活動の所見がなく、参加意思があることを条件とした。口腔健康や参加に影響する疾患、口腔乾燥がある者、失活歯、構造的に損なわれた歯、隣接歯または対合歯の不良修復物に関連する歯を有する者は除外した。発育性エナメル質欠損、対象歯の歯周組織病変、象牙質知覚過敏も除外基準とした。観測の独立性を確保するため、各参加者から適格な永久臼歯1歯のみを選んだ。

無作為化、割付順序作成、割付の隠蔽

単純無作為化により1:1に割り付けた。募集や臨床処置に関与しない独立した研究メンバーが順序を作成した。オンライン生成器（www.random.org）で1～96の乱数リストを作り、介入群と対照群へ同数ずつ割り付けた。試験の臨床部分に関与しない協力者が、連番の割付情報を不透明な封筒に封入し密封して、割付を隠蔽した。処置時に各参加者と対象歯について封筒を1通選び、群を決定した。適用手順が異なるため術者の盲検化はできなかったが、参加者、転帰評価者、統計担当者は試験全体を通じ群割付に盲検化した。

処置手順

すべての処置は標準化した臨床条件で、校正済みの単一術者が行った（図1）。対象歯を適切なサイズのクランプ（KSK Clamps、Dentech Corporation、東京、日本）で固定したラバーダム（Sanctuary Dental Dam、Sanctuary Health Sdn Bhd、Perak、マレーシア）で隔離した。適用前に、フッ化物を含まない清掃ペースト（Prophy Paste、PSP Dental Co. Ltd.、Kent、英国）を低速清掃ブラシ（Nylon LATCH R.A. Prophylaxis Polishing Brushes、Dentamerica Inc.、California、米国）で用いて咬合面のプラークと残渣を除去し、十分に水洗して弱いエアで乾燥した。

図1（図注）。代表歯のシーラント適用手順：（a）ラバーダム隔離下の術前像、（b）生体活性ガラスのエアアブレーションによるエナメル質処理（介入群のみ）、（c）セルフエッチプライマーの適用、（d）咬合面裂溝へのジャイオマー系シーラント適用、（e）光重合後、（f）仕上げ・研磨直後。[原画像は未収録。]

介入群：生体活性ガラスのエアアブレーション前処理

製造者の指示に従って生体活性ガラスのエアアブレーションでエナメル質を前処理した。加圧された空気・水流で粉末を供給する装置（AquaCare™、Velopex International、London、英国）に、生体活性ガラス粉末（Sylc Bioglass、同社）を用いて咬合面を処理した。粒子エネルギー60 psi、噴射強度5 g/minで20秒、作業距離約10 mm、衝突角度90°で操作した[15, 16]。その後十分に水洗し、弱いエアで乾燥してからシーラントを適用した。

エナメル質の十分な乾燥を確認し、セルフエッチプライマー（BeautiSealant Primer、Shofu Inc.、京都、日本）を採取して、使い捨てマイクロブラシで小窩裂溝へ擦り込むように適用した。5秒静置して弱いエアで乾燥し、続いて強いエアで薄く均一な接着層になるまで処理した。

シーラント（BeautiSealant、Shofu Inc.、京都、日本）を製造者のデイスペンシングチップから小窩裂溝へ直接注入した。気泡混入を抑え、裂溝へ十分に浸透させるため、一方向に適用した。製造者の推奨に従い、LED光照射器（CuringPen、Changzhou Sifary Medical Technology Co.、Jiangsu、中国）を1200 mW/cm²で20秒照射して重合した。重合後、探針で完全な被覆と空隙のないことを確認した。咬合紙で咬合を確認し、必要時は調整して、仕上げ・研磨（OneGloss、Shofu Dental Corporation、京都、日本）を行った。

比較群：前処理なし

エナメル質の前処理は行わなかった。上記と同じ清掃法で咬合面を清掃した。清掃・乾燥後、介入群と同じ手順でセルフエッチプライマーとジャイオマー系シーラントを適用した。

転帰評価

12か月時の保持を主要転帰、二次う蝕発生を二次転帰とした。適用後のベースライン、6か月、12か月に臨床評価を行った。十分な照明下で、歯鏡・探針による視診・触診で評価した。Simonsen基準により、完全保持（小窩裂溝を完全に被覆）、部分脱落（一部が失われ裂溝系の一部が露出）、全部脱落（咬合面にシーラントが完全に存在しない）に分類した [17]。二次う蝕は修正版USPHS基準で評価した。辺縁に隣接する変色、実質欠損、軟化歯質が認められない歯をAlpha、二次う蝕所見がある歯をCharlieとした [18]。

修復歯科で15年を超える経験を持つ2名の評価者が、すべての臨床評価を独立に実施した。評価者は処置に関与せず、割付に盲検化した。開始前にSimonsen基準と修正版USPHS基準の訓練・較正を受けた。研究対象外の歯を独立に診察して較正した。評価者間一致は良好だった（Cohenの $\kappa=0.82$ ）。試験中の不一致は合意により解決した。

追跡期間を通じて、介入に関連する有害事象、合併症、意図しない作用を監視した。転帰と対応する評価基準を表2にまとめる。

統計解析

MedCalc 22.0（MedCalc Software Ltd.、Ostend、ベルギー）を用いて解析した。カテゴリ変数は度数と割合で要約した。群間比較はカイ二乗検定、追跡時点間の群内比較はCochranのQ検定と多重比較を用いた。すべての解析で有意水準は $P \leq 0.05$ とした。臨床的意義の評価のため相対リスクを算出した。すべて両側検定とし、95%信頼区間を伴って報告した。検出力は80%とした。参加者1人につき1歯であるため、歯と参加者は同じ解析単位であった。無作為化した全員が完了したため、欠測データへの対処は不要だった。

結果

参加者の流れとベースライン特性

96人から各1歯の適格永久臼歯を組み入れた。96歯を介入群または比較群へ無作為に割り付け、各群48歯とした。全参加者を完全に追跡でき、すべての封鎖歯をベースライン、6か月、12か月に評価できた（図2）。男性47人（49%）、女性49人（51%）、平均年齢 20.17 ± 2.03 歳であった。年齢（ $P=0.952$ ）、性別（ $P=0.683$ ）、歯種分布（ $P=0.409$ ）に有意な群間差はなく、ベースライン特性は同等だった（表3）。研究期間中、いずれの介入にも関連した有害事象、合併症、意図しない作用は報告されなかった。

図2（図注）。CONSORTフローダイアグラム。[原画像は未収録。]

シーラント保持

ベースラインでは両群すべての歯が完全保持を示し、有意な群間差はなかった（ $P=1.000$ ）。6か月時の完全保持は介入群91.7%、比較群75%で、差は有意でなかった（ $P=0.068$ ）。12か月時には有意な群間差がみられた（ $P<0.0001$ ）。完全保持は比較群33.3%に対して介入群87.5%と高かった。部分脱落は介入群10.4%、比較群54.2%、全部脱落はそれぞれ2.1%、12.5%であった（表4）。

群内解析では、両群で保持評価に経時的な有意の変化があった（介入群 $P=0.009$ 、比較群 $P<0.001$ ）。12か月時の保持失敗の相対リスクは、介入群で比較群より81.25%低かった（ $RR=0.1875$ ；95% CI: 0.0864-0.4069； $P<0.0001$ ）。追跡時の完全保持、部分脱落、全部脱落を示す代表的臨床写真を図3に示す。

図3（図注）。12か月時の保持を示す代表的臨床写真：（a）完全保持、（b）部分脱落、（c）全部脱落。[原画像は未収録。]

二次う蝕発生

ベースライン、6か月、12か月のいずれでも、両群に二次う蝕は検出されなかった（表5）。いずれの評価時点にも有意な群間差はなかった（ $P=1.000$ ）。群内でも経時的な有意の変化はなかった（ $P=1.000$ ）。12か月時の相対リスク解析では、う蝕発生に群間差を認めなかった（ $RR=1.0000$ ；95% CI: 0.02024-49.3999； $P=1.0000$ ）。

考察

本ランダム化臨床試験は、若年成人で生体活性ガラス（BAG）のエアアブレーション前処理がジャイオマー系裂溝シーラントの臨床成績に及ぼす影響を12か月評価し、保持と二次う蝕予防に焦点を当てた。帰無仮説はBAG前処理の有無で保持・う蝕予防効果に差がないというものであった。

所見に基づき、保持に関する帰無仮説を棄却した。BAG前処理後に適用したジャイオマー系シーラントは、前処理なしに比べ12か月時の保持が有意に良好で、介入群の保持失敗リスクは81.25%低かった。一方、追跡中の二次う蝕発生には群間差を検出しなかった。

早期追跡では保持は群間で同程度だったが、12か月後に有意差が生じた。この所見は、エナメル質表面処理がセルフエッチ型シーラントの長期接着性を高める重要な役割を担う可能性を示す。耐久性の高い保持に十分なエナメル質処理が重要とする先行研究と一致する。複数の研究が、BAGエアアブレーションは表面反応性を高め、エッチングされやすくし、従来のアルミナ研磨と同等の接着性能をもたらすことを示した [10, 19, 20]。

一方、BAG研磨では従来のアルミナ研磨より保持が低いとする研究もある。この差は主として、BAG粒子の比較的低い硬さや丸みのある形などの物理特性により、表面変化が穏やかで微小機械的な保持形態が明瞭でないことに起因するとされる [21]。エナメル質を強く機械的切削する酸化アルミニウムと異なり、BAG粒子はエナメル質除去を主目的としていない。実験室研究ではBAG粉末にも表面研削能があるが、アルミナより遅く効率が低いため、その主機能は強い粗造化ではなく表面清掃・研磨であるという見方を支持する [22, 23]。

本研究の保持改善は主として、BAG前処理による表面処理の改善に起因する可能性がある。裂溝を清潔にし、有機残渣を除去し、穏やかな表面変化を起こして、シーラント適用前の接着基質の質を高めうる [19, 21]。エッチング能が限られるセルフエッチプライマーと併用する場合、より清潔で受容性の高い表面の利益が特に重要となりうる [10, 20, 21]。

BAG研磨の追加で保持は有意に改善したが、セルフエッチのみの群の成績が比較的悪い点に注意が必要である。プライマー単独の清掃・エッチング能では、未処理エナメル質への耐久性の高い微小機械的保持に不十分な可能性を示す。事前処理なしのジャイオマー系シーラントの寿命の短さや早期失敗率の増加は、複数の臨床研究でも報告されている [24, 25, 26]。マイルドなプライマーは脱灰作用が弱く、リン酸より無小柱工

ナメル質層の除去が不十分なことが原因とされる [26]。また清掃ブラシだけでは深く狭い裂溝内の有機残渣を十分に除去できない可能性がある [24]。セルフエッチプライマーには独立した水洗工程がないため、裂溝底に汚染物が残り、レジン浸透を妨げ接着界面を弱めうる [24, 25]。

前処理なしでも早期には許容できる保持が得られるが、補助的なエナメル質表面処理はジャイオマー系シーラントの長期耐久性を高める重要な役割を担うことが示唆される。最近のレビューも、機械的前処理を組み合わせた方法は酸処理単独より、特に長期追跡で保持が優れることを示している [27]。

二次う蝕は12か月間に両群とも検出されなかった。この所見は、部分または全部脱落后でも、裂溝深部の残留材料・イオン放出粒子によって保護が持続しうるという先行報告と一致する [28]。ジャイオマー系シーラント後の初期う蝕の退縮・停止も報告され、再石灰化能に起因するとされる [26, 29]。実験室・臨床研究では、生体活性はフッ化物、ホウ酸、ストロンチウム、ナトリウム、ケイ酸、アルミニウムイオンを放出できるS-PRGフィラーによる可能性が示唆される。これらはエナメル質の耐酸性向上、酸性環境の緩衝、再石灰化促進、う蝕原性細菌活性の抑制に寄与しうる [6, 30, 31]。特にフッ化物とストロンチウムは耐酸性の高いアパタイト構造形成を促し、ホウ酸、ナトリウム、ストロンチウムはpH緩衝と再石灰化に寄与すると報告される [25, 31]。BAG粒子も唾液に触れるとカルシウム、リン酸、ナトリウム、ケイ酸イオンを放出し、ミネラル沈着、耐酸性向上、再石灰化に寄与しうる [12, 19, 22]。ただし本研究ではう蝕病変が発生せず、再石灰化を直接評価していないため、生体活性が臨床転帰にどれほど影響したかは判断できない。これらを総合すると、ジャイオマーは物理的障壁だけでなく、う蝕予防に寄与しうる付加的な生体機能を持つという概念を支持する [32]。

本試験はセルフエッチ型ジャイオマー系シーラントとBAG前処理を併用して保持を改善する臨床エビデンスを追加する。セルフエッチ型裂溝シーラントの耐久性を最適化するうえで、適切な表面処理が臨床的に重要である。ただし限界がある。第一に単一の大学施設で実施したため、他施設・集団への外的妥当性・一般化可能性が制限されうる。第二に、対象は完全萌出の永久臼歯を持つ18-25歳の若年成人に限られた。現在の指針は年齢のみではなく、う蝕リスクと裂溝形態に基づく適用を推奨するが、より年少の小児、高齢者、異なるう蝕リスク・エナメル質特性の人へ外挿する際は慎重な解釈が必要である。第三に追跡は12か月に限られた。保持差の検出には十分でも、長期保持や二次う蝕の発生を十分に捉えない可能性がある。両群で二次う蝕がなかったのは、比較的短い追跡と対象集団の低いう蝕発生に起因しうる。また、BAG前処理と製造者推奨のセルフエッチ法の併用を評価したが、従来のリン酸処理など他の表面処理法は評価せず、今後検討すべきである。すべての処置を単一術者が行ったため、標準化が進み術者間変動は減ったが、複数術者の環境で確認すべきである。最後に、ブロック・層別ではなく単純無作為化を用いた。ベースラインはよく均衡していたが、今後は別の割付法で群の比較可能性をさらに確保できるかもしれない。

今後は標本数の増大、12か月を超える追跡、MIHなど異なるエナメル質基質での評価が必要である。また裂溝保護を持続するため、予防管理に定期的な臨床監視と適時の再封鎖を組み込むことが重要である。

結論

生体活性ガラスのエアアブレーション前処理は、非研磨での適用に比べジャイオマー系裂溝シーラントの保持を有意に高めた一方、12か月の評価中に二次う蝕発生の群間差は検出されなかった。これらは裂溝保護におけるジャイオマー系シーラントの臨床的有效性を支持し、長期保持を最適化するためのエナメル質表面処理の重要性を強調する。

出版社注記

Springer Natureは、公表された地図および機関所属における管轄権の主張について中立の立場を維持する。

謝辞

該当なし。

著者の貢献

Y.S.K. : 構想、データ管理、形式的解析、資源、可視化、初稿作成。O.E.H. : 構想、データ管理、形式的解析、監督、検証、レビュー・編集。A.M.A. : 構想、データ管理、形式的解析、調査、初稿作成。D.K. : 構想、データ管理、形式的解析、プロジェクト管理、検証、レビュー・編集。

資金提供

オープンアクセス費用は、Egyptian Knowledge Bank (EKB) と協力するScience, Technology & Innovation Funding Authority (STDF) が提供した。本研究は公的、営利、非営利のいずれの助成機関からも特定の助成を受けていない。

データの利用可能性

本研究で生成・解析したデータセットは、合理的な依頼により連絡責任著者から入手できる。

声明

公表への同意

該当なし。

倫理承認と参加への同意

ヘルシンキ宣言とその最新の改訂 (2013年改訂) の倫理原則に完全に準拠して研究を実施した。Cairo University歯学部研究倫理委員会がプロトコルを承認した (承認ID : 32424) 。参加は任意で、組み入れ前に全員から書面同意を得た。

利益相反

著者らは利益相反がないことを宣言する。

表1 材料の商品名、製造者、説明、組成、ロット番号

商品名	製造者	説明	組成	ロット番号
Sylc Bioglass	Velopex International、 London、英国	表面清掃とエナメル質 処理用の生体活性ガラ ス研磨粉末	カルシウム・ナトリウム・リンケ イ酸塩生体活性ガラス（45S5型）。 元素組成：ケイ素21 wt%、カルシ ウム18 wt%、ナトリウム18 wt%、 リン3 wt%、酸素40 wt%	10161
BeautiSealant Primer	Shofu Inc.、京都、日本	セルフエッチプライマー	アセトン、精製水、ホスホン酸モ ノマー、その他	122281
BeautiSealant Paste	Shofu Inc.、京都、日本	ジャイオマー系小窩裂 溝シーラント	ジメチルアミノエチルメタクリレー ト0.1-2 wt%、ガラス粉末30-40 wt%、UDMA 25-30 wt%、 TEGDMA、SiO2、その他	122297

表2 追跡期間中のシーラント評価に用いた転帰と臨床評価基準

分類	転帰	評価法	評価基準
主要転帰	シーラント保持	Simonsen基準	完全保持（CR）：咬合面で完全に保持。部 分脱落（PL）：一部が欠損し小窩・裂溝が 露出。全部脱落（TL）：咬合面から完全に 消失。
二次転帰	二次う蝕	修正版USPHS基準	Alpha（A）：う蝕の所見なし。Charlie（C） ：う蝕あり。

表3 両群参加者のベースライン人口統計学的・臨床的特性

年齢は平均±標準偏差、性別・歯種は度数（割合）。介入群 = BAG前処理ありのジャイオマー系シーラント、
比較群 = 前処理なしの同シーラント。

変数	分類	介入群	比較群	P値
年齢	歳	20.12 ± 1.97	20.21 ± 2.10	0.829
性別	女性	23 (47.9%)	26 (54.2%)	0.683
性別	男性	25 (52.1%)	22 (45.8%)	上段と結合
歯種	下顎第一大臼歯	18 (37.5%)	23 (47.9%)	0.409
歯種	下顎第二大臼歯	30 (62.5%)	25 (52.1%)	上段と結合

表4 Simonsen基準によるベースライン、6か月、12か月時の保持評価の度数・割合
順位のA、AB、B、Cは原表の記号を保持した。

表4 / 分割 1・全3 (識別列を再掲)

評価時点	介入群・順位	介入群・完全保持	介入群・部分脱落	介入群・全部脱落
ベースライン	A	48 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6か月	AB	44 (91.7%)	4 (8.3%)	0 (0%)
12か月	B	42 (87.5%)	5 (10.4%)	1 (2.1%)

表4 / 分割 2・全3 (識別列を再掲)

評価時点	比較群・順位	比較群・完全保持	比較群・部分脱落	比較群・全部脱落
ベースライン	A	48 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6か月	B	36 (75%)	10 (20.8%)	2 (4.2%)
12か月	C	16 (33.3%)	26 (54.2%)	6 (12.5%)

表4 / 分割 3・全3 (識別列を再掲)

評価時点	群間P値
ベースライン	P=1.0000
6か月	P=0.0682
12か月	P<0.0001*

群内P値：介入群P=0.009*、比較群P<0.001*。

* 統計学的に有意な差 (P≤0.05)。

表5 修正版USPHS基準によるベースライン、6か月、12か月時の二次う蝕評価の度数・割合

介入群 = BAGエアアブレーション前処理ありのジャイオマー系シーラント、比較群 = 前処理なしの同シーラント。

評価時点	介入群Alpha	介入群Charlie	比較群Alpha	比較群Charlie	群間P値
ベースライン	48 (100%)	0 (0%)	48 (100%)	0 (0%)	P=1.0000
6か月	48 (100%)	0 (0%)	48 (100%)	0 (0%)	P=1.0000
12か月	48 (100%)	0 (0%)	48 (100%)	0 (0%)	P=1.0000

群内P値：介入群P=1.0000、比較群P=1.0000。

訳注：原文内の相違と数値の扱い

- 年齢の群間P値は本文0.952、表3では0.829と異なる。どちらも原文どおり保持した。
- 6か月時保持のP値は本文0.068、表4では0.0682と記載される。各箇所の桁数を保持した。
- 両群とも二次う蝕が0件であるが、原著はRR=1.0000と95% CI: 0.02024-49.3999を報告している。ゼロイベントの補正方法は本文に説明がないため、算出方法を推測して補わない。う蝕予防効果の同等性が証明されたという意味へ強めていない。
- 歯の適格基準はICDAS 0または1だが、抄録には“sound”とある。「健全」という原著表現と適格基準の両方を残した。
- 本文の「最新の改訂（2013年）」は原著記載の翻訳であり、宣言の現在の改訂状況を独立に述べたものではない。

著者と所属

1. Cairo University歯学部保存歯科学講座、11 Al-Saraya Street, Al-Manial, Cairo, Egypt : Yomna Sayed Khallaf, Olfat Elsayed Hassanein, Aya Mohamed Adly, Dina Kamal。

2. Ibn Sina University for Medical Sciences歯学部臨床歯科学科、Amman, 16197 Jordan : Dina Kamal。

連絡先著者：Yomna Sayed Khallaf (yomna.sayed@dentistry.cu.edu.eg)。

権利・利用条件

© The Author(s) 2026。原著はCreative Commons Attribution 4.0 International Licenseで公開されている。原著者と出典を適切に示し、ライセンスへのリンクと変更の有無を表示することを条件に、あらゆる媒体・形式で利用、共有、改変、頒布、複製できる。画像その他の第三者資料は、別のクレジット表示がない限り同ライセンスに含まれる。含まれない資料について、予定する利用が法令で認められない、または認められた範囲を超える場合は、権利者に直接許可を求める必要がある。ライセンス：CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)。

論文履歴・キーワード

受付：2026年3月18日。受理：2026年8月19日。公開：2026年9月3日。

キーワード：エアアブレーション前処理、ジャイオマー系シーラント、小窩裂溝シーラント、ランダム化臨床試験、シーラント保持。

参考文献（原文書誌情報）

1. Alasraj AF, Alasimi OM, Alturki AA, Almatrouk WF, Alhazzaa NA, Almutairi BH, et al. Dental caries as a biofilm-mediated disease: current concepts and emerging therapies. Rev Diabet Stud. 2024;20:64-78.

2. Li X, Li R, Wang H, Yang Z, Liu Y, Li X, Xue X, Sun S, Wu LA. Global burden of dental caries from 1990 to 2021 and future projections. *Int Dent J*. 2025;75:100904. 40714315 10.1016/j.identj.2025.100904 PMC12318333
3. Topal BG, Kirzioglu Z. Evaluation of the fissure sealants applied to erupting permanent molars in accordance to eruption stages: A prospective study. *Niger J Clin Pract*. 2019;22:1495-502. 31719270 10.4103/njcp.njcp_534_18
4. Beauchamp J, Caufield PW, Crall JJ, Donly K, Feigal R, Gooch B, et al. Evidence-based clinical recommendations for the use of pit-and-fissure sealants: a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc*. 2008;139:257-68. 18310730 10.14219/jada.archive.2008.0155
5. Wright JT, Crall JJ, Fontana M, Gillette EJ, Nový BB, Dhar V, et al. Evidence-based clinical practice guideline for the use of pit-and-fissure sealants: A report of the American Dental Association and the American Academy of Pediatric Dentistry. *J Am Dent Assoc*. 2016;147:672-e68212. 27470525 10.1016/j.adaj.2016.06.001
6. Ntaoutidou S, Arhakis A, Tolidis K, Kotsanos N. Clinical evaluation of a surface pre-reacted glass (S-PRG) filler-containing dental sealant placed with a self-etching primer/adhesive. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2018;19:431-7. 30328064 10.1007/s40368-018-0379-z
7. Dionysopoulos D, Sfeikos T, Tolidis K. Fluoride release and recharging ability of new dental sealants. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2016;17:45-51. 26264161 10.1007/s40368-015-0200-1
8. El Ghamrawy M, Kamal D, Hamza H. Clinical performance and cost-effectiveness of low-shrinkage giomer resin composite versus resin-modified glass ionomer in cervical carious lesions: a 12-month randomized controlled trial. *BMC Oral Health*. 2025;25:1295. 40770630 10.1186/s12903-025-06594-y PMC12326699
9. Tian F, Mu H, Shi Y, Chen X, Zou X, Gao X, et al. Clinical evaluation of Giomer and self-etch adhesive compared with nanofilled resin composite and etch-and-rinse adhesive - Results at 8 years. *Dent Mater*. 2024;40:1088-95. 38806383 10.1016/j.dental.2024.05.013
10. Bagheri M, Pilecki P, Sauro S, Sherriff M, Watson TF, Hosey MT. An in vitro investigation of pre-treatment effects before fissure sealing. *Int J Paediatr Dent*. 2017;27:514-22. 28188664 10.1111/ipd.12290
11. Kui A, Buduru S, Labuneţ A, Sava S, Pop D, Bara I, Negucioiu M. Air particle abrasion in dentistry: an overview of effects on dentin adhesion and bond strength. *Dent J (Basel)*. 2024;13:16. 39851592 10.3390/dj13010016 PMC11764507
12. Silva AT, Fontenele AL, Solidonio RB, Silvestre FA, Mota NA, Ribeiro LL, et al. Clinical application of bioactive glass 45S5 air-abrasion for selective caries removal: A case report. *Arch Curr Res Int*. 2025;25:278-86.
13. Eram A, Vinay Kr R, K N C, Keni LG, Shetty DD, Zuber M, et al. Air-abrasion in dentistry: A short review of the materials and performance parameters. *J Biomed Phys Eng*. 2024;14:99-110. 38357598 10.31661/jbpe.v0i0.2310-1670 PMC10862117
14. Bhushan U, Goswami M. Evaluation of retention of pit and fissure sealants placed with and without air abrasion pretreatment in 6-8 year old children - An in vivo study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9:e211-7. 28210438 10.4317/jced.53259 PMC5303320
15. Ahmed H, Hamza N, Alhussiny H. Effect of different surface pretreatment protocols on the micro-shear bond strength of resin composite to resin infiltrated demineralized enamel. *Egypt Dent J*. 2021;67:1743-51.
16. Huang CT, Kim J, Arce C, Lawson NC. Intraoral air abrasion: A review of devices, materials, evidence, and clinical applications in restorative dentistry. *Compend Contin Educ Dent*. 2019;40:508-13; quiz 514. 31478697
17. Mane SS, Sharma K, Pathak R, Luthra A, Gupta R, Khan SA, et al. Assessment of retention and penetration depth of different pit and fissure sealants: An in-vitro study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2025;17(Suppl 1):S718-20. 40511050 10.4103/jpbs.jpbs_458_25 PMC12156643
18. Loguercio AD, Luque-Martinez IV, Fuentes S, Reis A, Muñoz MA. Effect of dentin roughness on the adhesive performance in non-carious cervical lesions: A double-blind randomized clinical trial. *J Dent*. 2018;69:60-9. 28962842 10.1016/j.jdent.2017.09.011
19. Sauro S, Watson T, Moscardó AP, Luzi A, Feitosa VP, Banerjee A. The effect of dentine pre-treatment using bioglass and/or polyacrylic acid on the interfacial characteristics of resin-modified glass ionomer cements. *J Dent*. 2018;73:32-9. 29609016 10.1016/j.jdent.2018.03.014
20. Eshghi A, Khoroushi M, Rezvani A. Resin bonding using etch-and-rinse and self-etch adhesives to decalcified deciduous enamel after bioactive glass air abrasion. *J Contemp Dent Pract*. 2014;15:595-602. 25707832 10.5005/jp-journals-10024-1585
21. Khoroushi M, Eshghi A, Naderibeni F. Pit and fissure sealant retention following air abrasion preparation with bioactive glass and aluminum oxide particles. *J Dent Child (Chic)*. 2016;83:132-38. 28327263
22. Kotsanidou Z, Zou L, Hill R, Janicki T. An investigation into the cutting efficiency of a novel degradable glass as an alternative to alumina powder in air abrasion cutting of enamel. *Clin Oral Investig*. 2022;26:3251-9. 34825281 10.1007/s00784-021-04307-7 PMC8898252
23. Tan MH, Hill RG, Anderson P. Comparing the air abrasion cutting efficacy of dentine using a fluoride-containing bioactive glass versus an alumina abrasive: An in vitro study. *Int J Dent*. 2015;2015:521901. 26697067 10.1155/2015/521901 PMC4677207

24. Elmokanen MA, Gad HMA. Retention rate of giomer S-PRG filler containing pit and fissure sealant applied with or without etching: a randomized clinical trial. BMC Oral Health. 2024;24:1356. 39511504 10.1186/s12903-024-05096-7 PMC11546273
25. Penha KJS, Roma FRVO, Filho EMM, Ribeiro CCC, Firoozmand LM. Bioactive self-etching sealant on newly erupted molars: A split-mouth clinical trial. J Dent. 2021;115:103857. 34699954 10.1016/j.jdent.2021.103857
26. Özgür B, Kargin ST, Ölmez MS. Clinical evaluation of giomer- and resin-based fissure sealants on permanent molars affected by molar-incisor hypomineralization: a randomized clinical trial. BMC Oral Health. 2022;22:275. 35790955 10.1186/s12903-022-02298-9 PMC9258125
27. Bhadule SN, Kalaskar R, Kalaskar A, Krishnakumar K, Joshi S, Balasubramanian S. Clinical effectiveness of air abrasion when compared to conventional acid-etching technique in enhancing the retention of pit and fissure sealants: A systematic review. Int J Clin Pediatr Dent. 2024;17:377-84. 39144511 10.5005/jp-journals-10005-2782 PMC11320793
28. Burrow JF, Burrow MF, Makinson OF. Pits and fissures: relative space contribution in fissures from sealants, prophylaxis pastes and organic remnants. Aust Dent J. 2003;48:175-9. 14640370 10.1111/j.1834-7819.2003.tb00028.x
29. Ogawa Y, Sayed M, Hiraishi N, Al-Haj Husain N, Tagami J, Özcan M, et al. Effect of surface pre-reacted glass ionomer containing dental sealant on the inhibition of enamel demineralization. J Funct Biomater. 2022;13:189. 36278658 10.3390/jfb13040189 PMC9624343
30. Kaga N, Nagano-Takebe F, Nezu T, Matsuura T, Endo K, Kaga M. Protective effects of GIC and S-PRG filler restoratives on demineralization of bovine enamel in lactic acid solution. Mater (Basel). 2020;13:2140. 10.3390/ma13092140 PMC7254408 32384599
31. Wael R, Mossalam R, A ElAziz RH. Retention rate and caries preventive effect of giomer-based fissure sealant versus resin-based fissure sealant in patients with non-cavitated pits and fissures in permanent molars over one year: a randomized clinical trial. Adv Dent J. 2025;7:537-44.
32. Klaophimai A, Komalsingsakul A, Srisatjaluk RL, Senawongse P. Benefits of pit and fissure sealants on fluoride release, buffering capacity, and biofilm formation. M Dent J. 2021;41:179-86.

原著・翻訳情報

PMID : 42687162 | DOI : 10.1186/s12903-026-09691-8

原文確認資料 : <https://www.ebi.ac.uk/europepmc/webservices/rest/PMC13539805/fullTextXML>

原著公開日 : 2026-09-03 | 翻訳日 : 2026-09-15

主文・全5表・図注の日本語訳 (原図・補足資料は原著参照)

原著・翻訳の利用条件 : CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

非公式AI翻訳・歯科医師による監修未実施。原図、図中の文字、別ファイルの補足資料は含みません。研究方法・数値・結論は原著の記述であり、個別患者への診断・治療指示ではありません。原著と最新の診療指針をご確認ください。