

乳歯う蝕コントロールにおけるSMARTと従来ARTの臨床的有効性：系統的レビュー・メタ解析

主文・表・図注の日本語訳（原図・補足資料は原著参照）

原題：Efficacy of silver modified atraumatic restorative treatment (SMART) versus atraumatic restorative treatment (ART) for caries control in primary teeth: a systematic review and meta-analysis

原著者：Katia Noemi Rubio-Membrillo; María Victoria Espinoza-Salcedo; Heber Isac Arbildo-Vega; Omar Edmundo Rojas-Rojas; Edith Esther Delgado-Asmat; Jhair Alexander León-Rodríguez; Franz Tito Coronel-Zubiate

掲載誌：Frontiers in dental medicine。原著公開日：2026-08-19。DOI：
<https://doi.org/10.3389/fdmed.2026.1914881>。PMID：42688461。

原文：<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC13534126/>

© 2026 Rubio-Membrillo, Espinoza-Salcedo, Arbildo-Vega, Rojas-Rojas, Delgado-Asmat, León-Rodríguez and Coronel-Zubiate.。原著はCC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) で公開されています。本訳は同ライセンスに基づく日本語への翻訳・改編です。原著者・出版社による公式訳または承認を意味しません。翻訳部分もCC BY 4.0で提供します。

日本語訳：歯科論考、2026-09-15。AIによる非公式翻訳、歯科医師未監修。個別の診断・治療の指示ではありません。

掲載範囲：抄録、主文、全表の文字・数値、全図注、声明、参考文献（書誌事項は原語を保持）。原図、図中の文字、別ファイルの補足資料は含みません。以下の研究方法・治療条件・推奨表現は原著の記述の翻訳であり、本サイト独自の推奨ではありません。

訳注：原著は重複しない小児398人とする一方、TSAでは累積677人、GRADE表では371 + 374を患者数として記す。単位・分母の一致は確認できないため原記載を保持した。累計1,375歯には同一Jiangコホートの2報告を含む表記上の可能性があり、独立歯数へ読み替えない。資金源の本文（援助あり1件）と表3のYes欄にも不一致がある。原文検索式の括弧等は修正せず再現性のため原語を保持した。有意差がないことは同等性・安全性の証明ではないが、原著の強い結論表現も翻訳し、サイト独自の推奨とは区別する。

抄録

背景

早期小児う蝕は深刻な世界的公衆衛生問題である。非侵襲的修復治療（ART）と銀を併用した非侵襲的修復治療（SMART）は、これに対する低侵襲アプローチとして位置づけられている。本研究の目的は、乳歯のう蝕コントロールに対するSMARTと従来ARTの臨床的有効性を評価・比較することである。

方法

PRISMAガイドラインに従い系統的レビューとメタ解析を実施した。2026年3月までの7データベースからRCTを検索し、最低6か月追跡した研究を含めた。RoB 2でバイアスリスク、GRADEでエビデンスの確実性を評価した。

結果

全体的にバイアスリスクが低い6件のRCTから得た7報告を質的統合に含め、重複しない小児398人を対象とした。1試験が異なる評価項目の相補的な2報告を生み、そのうち臨床的成功を報告した論文のみを量的統合に用いた。6件のRCTのメタ解析では、SMARTとARTの総合臨床的成功に有意差はなかった (OR = 1.28、95% CI : 0.91-1.80、p = 0.16)。試験逐次解析 (TSA) でも累積エビデンスは結論に至らないと示された。

結論

乳歯におけるSMARTとARTの総合臨床的成功に統計学的有意差はない。両者は実行可能で有効な戦略であるが、利用可能なエビデンスの確実性は低く、確定的な臨床指針を定めるには今後の大規模RCTが必要である。

系統的レビュー登録

<https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD420261325936>、PROSPERO CRD420261325936。

キーワード：非侵襲的修復治療、う蝕、メタ解析、乳歯、フッ化ジアンミン銀、系統的レビュー

1.

緒言

早期小児う蝕は、就学前児の多くに影響し、医療システムを圧迫する持続的な世界的公衆衛生危機である (1)。この感染性・慢性疾患は、急性疼痛、栄養上の困難、小児の長期的認知発達・顎顔面発育への重度の変化という重大な臨床的影響をもたらす (2-4)。国際的予防努力にもかかわらず、社会経済的障壁と臨床基盤へのアクセス欠如により多様な集団で従来戦略が十分に機能せず、未処置う蝕による高い疾病負担を形成している (1, 5)。

この疫学的状況に対し、ARTは資源の限られる地域でう蝕を管理する先駆的な低侵襲修復法の一つとして登場した (6-8)。その理念は、歯質を最大限保存し有効に疾患を制御するという、より広い低侵襲歯科の基本的な柱となった。騒音を伴う回転切削器具と局所浸潤麻酔を不要とし、小児の歯科不安を減らし協力性を高める (9-11)。複雑な外科器具を用いず細菌の微小環境を変化させて進行停止を図り、脆弱な地域への治療提供を容易にする (12)。

標準ART手順は、表層の感染象牙質を手用器具で選択的に除去し、高い再石灰化能力を有する深部象牙質を保存することを生体力学的成功の基盤とする (7, 10)。続いて、優れた固有の接着性と歯髄生体適合性をもつ高粘度ガラスアイオノマーセメントで窩洞を緊密に封鎖する (13)。この材料から徐々に一定かつ持続的に放出されるフッ化物イオンは、下層の残存病変の代謝的進行を停止させ、組織内の病変停止に寄与する (14, 15)。

ARTは特に乳歯単一面の実質欠損病変で良好な臨床成績を示すが、多面または咬合隣接面窩洞では生体力学的応力増加と機械的保持の低下により寿命が短くなる傾向がある (16, 17)。したがって窩洞特性は長期成功の主要因子である。早期失敗の主な生体力学的原因は、微小機械的保持の不足と、持続する咀嚼荷重下で

の材料の急速な構造劣化にある (17)。また手用除去が不完全だと残存う蝕原性バイオマスによる二次病変リスクが高まるため、より強い抗菌性と窩洞処置手順の再検討が必要である (14)。

これらの生物学的・保持上の制約を克服するため、フッ化ジアンミン銀 (SDF) は相乗作用をもつ費用対効果の高い蝕停止剤として急速に位置づけられた (18)。銀イオンの強い殺菌作用とフッ化物の高い再石灰化能を組み合わせた液剤で、フルオロアパタイト形成と象牙細管の硬化をほぼ直ちに誘導する (19, 20)。専門家による塗布で処置病変の多くの活動性う蝕が停止し、協力性がまだ得られない小児や複雑な特別支援ニーズをもつ患者に迅速・安全な介入を可能にし、ケアの枠組みを大きく変えている (21, 22)。

この液状予防剤と後続の咬合面封鎖を統合してSMARTが生まれた (18, 23)。このハイブリッド法は、脱灰を生物学的に停止させると同時にグラスアイオノマーで形態と咀嚼機能を回復する二重の保護機序をもつ (24, 25)。理論的には、SDF前処理の抗菌・象牙質硬化作用が窩洞内の生物学的環境を改善し、修復物寿命を延ばす可能性がある (26-28)。しかし、これが一貫して辺縁適合や長期接着性能の改善につながるかは議論が続いている。

両材料の統合には接着界面の健全性と臨床的安定性に関する論争があり、比較エビデンスは不明瞭で断片的である。金属沈着物が改変象牙質とセメント間の長期微小機械的接着を妨げるかについて、実験室研究の結果は一致しない (26, 29)。固有の暗色着色による審美的受容性の問題 (30) もあり、従来法よりう蝕再発が減るという形で生物学的利点が現れるかを明らかにするため、所見の統合が必要である (31-33)。

臨床上の利点は多いが、ARTとSMARTはいずれも適切な条件で適用すべきである。主な適応は不可逆性歯髄障害の徴候を伴わない実質欠損を有する象牙質う蝕である。自発痛、歯髄壊死、膿瘍、広範な歯質破壊を伴う歯では一般に別の治療戦略が必要となる。成功には適切な症例選択と、許容できる協力状態で修復処置を完了できることが必要である。

この方法上の不確実性を解決することは、小児疾患の包括的管理を最適化する確かなエビデンスに基づく指針の確立に重要である。RCTを厳密に統合することで、予防的利点と起こり得る生体力学的不利益を適切に比較できる。既存の叙述的レビューや個別研究はあるが、SMARTと従来ARTを直接比較する高品質のエビデンスは限られ断片的である。このためRCTに焦点を当てた更新レビュー・メタ解析が必要であり、本研究は乳歯のう蝕制御における両法の臨床的有効性を評価・比較する。

2.

論文種別

系統的レビュー。

3.

材料と方法

3.1.

プロトコルと登録

PRISMAガイドライン (34) に従った。PROSPERO (35) にCRD420261325936として登録した。完成したPRISMA 2020チェックリストは補足資料1にある。

3.2.

介入の定義

-

ART：手用器具のみで表層の感染象牙質を選択的に除去し、回転器具や局所浸潤麻酔を不要とする。窩洞と隣接裂溝を高粘度グラスアイオノマーセメント（HVGIC）で修復し緊密に封鎖する。

-

SMART：活動性う蝕へSDFを化学的前処理・う蝕停止剤として局所塗布した後、HVGICで欠損部を修復し咬合面を封鎖するハイブリッド介入である。ARTと同様、回転器具や局所麻酔を使用しない。

-

HVGIC：採用研究の実験群と対照群の双方で用いる標準修復材料で、歯質への化学接着、歯髄生体適合性、持続的フッ化物放出により選択される。

-

SDF：実験群（SMART）のみで使用する局所液剤で、銀の殺菌作用とフッ化物の再石灰化能を組み合わせ、最終修復前に活動性う蝕の進行を停止させる。

3.3.

焦点となる問いとPICO

集団、介入、比較、評価項目のPICO形式で次の問いを設定した。

-

集団：乳歯に実質欠損を伴うう蝕病変がある小児。

-

介入：SMART。

-

比較：ART。

-

評価項目：臨床的成功、X線学的成功、う蝕停止、疼痛、生活の質、審美的評価、総費用。

PICOの問い：小児の実質欠損を伴うう蝕の制御において、銀併用SMARTは従来ARTより有効か。

3.4.

情報源と検索戦略

2026年3月までの7電子データベース (PubMed、Cochrane Library、Scopus、Web of Science、Embase、LILACS、SciELO) と2灰色文献源 (Google Scholar、ProQuest) を包括的に検索した。各データベースの統制語彙と「Dental Caries」「primary teeth」「Atraumatic Restorative Treatment」「SMART」などの語を組み合わせた (完全な検索式は表1) 。採用研究の参考文献も手検索した。

表 1

研究の検索と選択。

データベース	検索式 (再現性のため原語を保持)	研究数
PubMed	(("Tooth, Deciduous"[MeSH Terms] OR "Dental Caries"[MeSH Terms] OR "deciduous tooth"[Title/Abstract] OR "primary teeth"[Title/Abstract] OR "primary dentition"[Title/Abstract] OR "milk teeth"[Title/Abstract] OR "baby teeth"[Title/Abstract] OR "pediatric"[Title/Abstract] OR "paediatric"[Title/Abstract] OR "child"[Title/Abstract] OR "caries"[Title/Abstract] OR "cariou"[Title/Abstract]) AND ("Atraumatic Restorative Treatment"[Title/Abstract] OR "ART"[Title/Abstract]) AND ("SMART"[Title/Abstract] OR "Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment"[Title/Abstract] OR "Silver Diamine Fluoride"[Title/Abstract] OR "SDF"[Title/Abstract] OR "Silver Nitrate"[Title/Abstract] OR "Glass Ionomer"[Title/Abstract]) AND (randomized controlled trial[pt] OR controlled clinical trial[pt] OR randomized[tiab] OR placebo[tiab] OR "clinical trials as topic"[mesh:noexp] OR randomly[tiab] OR trial[tiab] OR groups[tiab]))	203
Cochrane Library	([mh "Tooth, Deciduous"] OR [mh "Dental Caries"]) OR "primary teeth":ti,ab,kw OR "primary dentition":ti,ab,kw OR "deciduous tooth":ti,ab,kw OR "caries":ti,ab,kw) AND ([mh "Dental Atraumatic Restorative Treatment" OR "ART":ti,ab,kw] AND ["SMART":ti,ab,kw OR "SDF":ti,ab,kw OR "Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment":ti,ab,kw])	70
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (("deciduous tooth" OR "primary teeth" OR "primary dentition" OR "child" OR "caries") AND TITLE-ABS-KEY ("Atraumatic Restorative Treatment" OR "ART") AND TITLE-ABS-KEY ("SMART" OR "Silver Diamine Fluoride" OR "SDF") AND TITLE-ABS-KEY ("randomized" OR "trial" OR "controlled"))))	71
Web of Science	("deciduous tooth" OR "primary teeth" OR "primary dentition" OR "caries") (Topic) AND ("Atraumatic Restorative Treatment" OR "ART") (Topic) AND ("SMART" OR "Silver Diamine Fluoride" OR "SDF") (Topic) AND ("random" OR "trial") (Topic)	55
Embase	('deciduous tooth'/exp OR 'dental caries'/exp OR 'primary teeth':ab,ti OR 'primary dentition':ab,ti OR 'milk teeth':ab,ti OR 'baby teeth':ab,ti OR 'child':ab,ti OR 'pediatric':ab,ti OR 'paediatric':ab,ti OR 'caries':ab,ti) AND ('atraumatic restorative treatment'/exp OR 'art':ab,ti) AND ('silver diamine fluoride'/exp OR 'smart':ab,ti OR 'sdf':ab,ti OR 'silver modified atraumatic restorative treatment':ab,ti OR 'glass ionomer':ab,ti) AND ('randomized controlled trial'/exp OR 'randomization'/exp OR 'random':ab,ti OR 'trial':ab,ti)	199
LILACS	(tw:("silver modified atraumatic restorative technique" OR "SMART" OR "silver diamine fluoride" OR "diamino fluoruro de plata" OR "diamino fluoreto de prata" OR "SDF")) AND (tw:("atraumatic restorative treatment" OR "ART" OR "tratamiento restaurador atraumático" OR "tratamento restaurador atraumático")) AND (tw:("primary teeth" OR "deciduous teeth" OR "dientes deciduos" OR "dentes deciduos" OR "dientes temporales"))	7
Scielo	(ti:(caries OR "dientes deciduos" OR "dentes deciduos" OR "primary teeth")) AND (ab:(SMART OR "SDF" OR "fluoruro diamino de plata" OR "diamino fluoreto de prata")) AND (ab:(ART OR "tratamiento restaurativo atraumatico" OR "tratamento restaurador atraumático"))	0
Google Scholar	"Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment" SMART ART "Silver Diamine Fluoride" caries "primary teeth" trial	108

データベース	検索式 (再現性のため原語を保持)	研究数
Proquest	TI,AB("primary teeth" OR "deciduous tooth" OR "child") AND TI,AB("SMART" OR "Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment" OR "Silver Diamine Fluoride") AND TI,AB(random* OR trial) AND TI,AB("Atraumatic") NOT TI,AB("meta-analysis" OR "review")	8

3.5.

研究選択

KRとHAが独立して検索結果をスクリーニングし最終選択した。RCT、最低6か月追跡、乳歯う蝕制御におけるSMART対従来ARTの有効性報告を基準とした。出版年・言語は制限せず、英語以外でも抽出と方法評価に十分な情報があれば採用した。非ランダム化前向き研究、未公表報告、同一コホートで追跡期間の異なる重複出版を除外した。

3.6.

データ抽出

ORとFCが試行済みの標準化様式で独立して抽出し、不一致は第三評価者MEとの討議・合意で解決した。著者、年、デザイン、国、標本数、性別、平均年齢・範囲、追跡期間、資金源、選択・除外基準、評価器具、群の詳細（群ごとの患者数・歯数）を抽出した。成績は臨床的・X線学的成功、総う蝕停止率（Ⅰ級・Ⅱ級別を含む）、疼痛、生活の質、審美的評価、総費用とした。

3.7.

バイアスリスク評価

レビューとRoB 2（36）の使用経験をもつ校正済みのEDとJLが独立評価し、検者間一致 $\kappa = 0.95$ を得た。不一致はHAに相談した。無作為化、意図した介入からの逸脱、欠測、評価項目測定、報告結果の選択という5領域を評価し、総合リスクを「低い」「若干の懸念」「高い」に分類した。

3.8.

統計解析とエビデンスの確実性（GRADE）

Stata version 17.0（StataCorp LLC、米国Texas州College Station）で解析した。二値結果はMantel-Haenszel法で統合し、統計学的異質性を認めない場合（ $I^2 < 50\%$ ）は固定効果モデル、実質的異質性がある場合はランダム効果モデルを予定した。ORと95% CIで示した。GRADEの手法により、GRADEpro GDT（McMaster UniversityおよびEvidence Prime Inc.、カナダ）を用いてエビデンス全体の確実性を評価した。

4.

結果

4.1.

研究の選択

721論文を同定した。重複256件を除去し、残る465件の題名・抄録選別で455件を除外した。残る10件を全文評価し、4件を除外した（理由は表2）。残る6件に以前のレビュー版から同定した適格研究1件を加えた。最終的に独立した6RCTに対応する7報告を質的統合に含めた。1RCTは異なる評価項目の相補的な2報告を生んだ。6RCTが量的統合に寄与した。選択過程を図1に示す。

表 2

研究の除外理由。

著者	除外理由
Patel et al. (37)	永久歯のみを対象としており、事前規定の集団（乳歯列）の範囲外。
Sharawat et al. (38)	従来ART比較群を含まず、事前規定の介入 / 比較基準を満たさない。
Bansal et al. (39)	従来ART比較群を含まず、事前規定の介入 / 比較基準を満たさない。
Jiang et al. (40)	同一RCTの別評価項目（QOLと親の満足度）を報告した二次出版で臨床的成功を報告しないため、参加者の重複算入を避け量的統合から除外。

図 1

PRISMA 2020による研究選択のフロー図。同定、スクリーニング、適格性評価、採用を示す。全文除外理由を示して透明性を確保した。選択はPRISMA 2020ガイドラインに準拠した。

4.2.

採用研究の特性

4.2.1.

研究デザインと実施場所

2020-2026年に公表された、独立6RCTに対応する7報告（41-47）を含めた。Jiangらの2報告は同一RCTコホートの相補的報告で、前者は臨床的成功、後者は親の満足度と口腔関連QOLを扱う。したがって臨床的成功を報告したJiangらのみを量的統合に用い、参加者の二重算入を避けた。4報告（42, 43, 46, 47）は並行群RCT、残る3報告（41, 44, 45）はクロスオーバーまたはスプリットマウスRCTであった。発展途上・中所得国に集中し、最多はEgypt（42-45）、次いでChina（46, 47）、Lebanon（41）であった。6報告（41-43, 45-47）が資金状況を報告し、1件は援助あり、5件はなし、1試験（44）は資金源を示さなかった。

4.2.2.

集団の特性

独立6RCTに、重複しない小児398人が登録された。Jiangら（46）と（47）は同一コホートの異なる評価項目であり、人数集計では1回のみ数えた。年齢は3-9歳で、就学前と小学校低学年を代表する。選択基準は概ね一貫し、健康な小児（例ASAⅠ）で、乳臼歯に少なくとも1つの活動性実質欠損病変（主にICDAS 4-6）をもつ者とした。不可逆性歯髄炎、露髄、根尖病変の臨床的・X線学的徴候がある歯は厳格に除外した（表3）。

表 3

採用研究の特性。

表3 / 分割 1・全3（識別列を再掲）

著者	年	研究デザイン	国	患者数（男性 / 女性）
Solh et al. (41)	2026	クロスオーバーRCT	レバノン	32 (18/14)
Abdelhamid et al. (42)	2025	並行群RCT	エジプト	50 (28/22)
Aly et al. (43)	2023	並行群RCT	エジプト	67 (36/31)
Rady et al. (44)	2023	クロスオーバーRCT	エジプト	25 (16/9)
Mohammed et al. (45)	2022	クロスオーバーRCT	エジプト	30
Jiang et al. (46)	2022	並行群RCT	中国	194 (116/78)
Jiang et al. (47)	2020	並行群RCT	中国	194 (116/78)

表3 / 分割 2・全3（識別列を再掲）

著者	年	平均年齢（範囲）	追跡期間	資金源
Solh et al. (41)	2026	5.35 ± 0.95 (4-7)	6か月	あり
Abdelhamid et al. (42)	2025	5.39 (4-6)	1年	あり
Aly et al. (43)	2023	6.01 ± 1.15 (5-9)	1年	あり
Rady et al. (44)	2023	4.9 ± 0.9 (4-7)	2年	なし
Mohammed et al. (45)	2022	(3-6)	1年	あり
Jiang et al. (46)	2022	(3-4)	2年	あり
Jiang et al. (47)	2020	(3-4)	2年	あり

表3 / 分割 3・ 全3 (識別列を再掲)

著者	年	選択基準	除外基準	評価器具 - 評価項目
Solh et al. (41)	2026	健康児 (ASA I)、Frankl 2 または3、活動性う蝕 (ICDAS II 4または5) をもつ両側乳白歯2歯以上。	全身疾患、Frankl 1または4、既存修復、歯髓病変または広範な歯質喪失 (ICDAS 6) のある大臼歯。	改良ART修復基準 - 臨床的成功 / 視診・触診 - う蝕停止 / A-ECOHIS - QOL
Abdelhamid et al. (42)	2025	健康な4-6歳児、下顎第二乳白歯の咬合面う蝕 (ICDAS 5、6)、協力的、歯髓障害の徴候なし。	X線異常、歯髓炎症状、材料に対するアレルギー反応の既往。	ART修復基準 - 臨床的成功 / 画素灰色値 - X線学的成功 / A-ECOHIS - QOL / 直接質問 - 親の審美評価 / 申告疼痛 - 疼痛
Aly et al. (43)	2023	健康な5-9歳児、肯定的・明確に肯定的な行動 (Frankl 3または4)、咬合面に活動性象牙質う蝕を有する乳白歯1歯以上。	特別な健康ニーズ、銀アレルギー、既存修復または歯髓・根周囲病変の徴候。	改良USPHS基準 (二次う蝕) - 臨床的成功
Rady et al. (44)	2023	全身的健康、4-7歳、活動性象牙質う蝕 (ICDAS II 4または5) の乳白歯≥ 2歯、否定的行動 (Frankl 2)、露髄または明瞭な根尖病変なし。	病歴・皮膚試験で確認した銀アレルギー、潰瘍性歯肉炎。	探針・打診 - 臨床的成功 / 申告疼痛 - 疼痛
Mohammed et al. (45)	2022	健康な3-6歳児、両側下顎第一乳白歯に実質欠損う蝕を有し、無症状または可逆性歯髓炎。	慢性全身疾患または不可逆性歯髓炎。	視診・触診 - 臨床的成功 / 探針の引っ掛かり - 再発う蝕 / 申告疼痛 - 疼痛
Jiang et al. (46)	2022	健康児、実質欠損を伴う象牙質う蝕1病変以上、親の同意。	重い全身疾患、非協力、歯髓病変 (膿瘍) の徴候、手用器具に対して小さすぎる窩洞。	ECOHIS - QOL
Jiang et al. (47)	2020	健康児、実質欠損を伴う象牙質う蝕1病変以上、親の同意。	重い全身疾患、非協力、歯髓病変 (膿瘍) の徴候、手用器具に対して小さすぎる窩洞。	ART修復基準 - 臨床的成功

表3 / 分割 1・ 全4 (識別列を再掲)

著者	群	群別患者数	群別歯数	臨床的成功
Solh et al. (41)	SMART 38%	32	34	6m: 24/34
Solh et al. (41)	ART	32	34	6m: 23/34
Abdelhamid et al. (42)	SMART 38%	25	25	3m: 25/25 / 6m: 25/25 / 1y: 23/25
Abdelhamid et al. (42)	ART	25	25	3m: 25/25 / 6m: 24/25 / 1y: 22/25
Aly et al. (43)	SMART 38%	34	59	6m: 49/51 / 1y: 48/50
Aly et al. (43)	ART	33	60	6m: 49/52 / 1y: 46/49
Rady et al. (44)	SMART 38%	25	30	3m: 26/27 / 6m: 24/26 / 9m: 22/26 / 1y: 22/26 / 2y: 22/25
Rady et al. (44)	ART	25	30	3m: 23/27 / 6m: 17/26 / 9m: 16/26 / 1y: 16/26 / 2y: 15/25
Mohammed et al. (45)	SMART 38%	30	30	6m: 23/30 / 1y: 18/29
Mohammed et al. (45)	ART	30	30	6m: 21/30 / 1y: 16/29
Jiang et al. (46)	SMART 38%	101	260	NR
Jiang et al. (46)	ART	93	249	NR
Jiang et al. (47)	SMART 38%	101	260	6m: 150/260 / 1y: 120/260 / 1.5y: 97/260 / 2y: 60/208
Jiang et al. (47)	ART	93	249	6m: 150/249 / 1y: 121/249 / 1.5y: 84/249 / 2y: 57/212

表3 / 分割 2・ 全4 (識別列を再掲)

著者	群	X線学的成功	う蝕停止	I級
Solh et al. (41)	SMART 38%	NR	6m: 34/34	6m: 8/10
Solh et al. (41)	ART	NR	6m: 31/34	6m: 10/13
Abdelhamid et al. (42)	SMART 38%	6m: 1.16 ± 0.07 / 1y: 1.21 ± 0.09	NR	NR
Abdelhamid et al. (42)	ART	6m: 1.19 ± 0.09 / 1y: 1.23 ± 0.11	NR	NR
Aly et al. (43)	SMART 38%	NR	NR	6m: 49/51 / 1y: 48/50
Aly et al. (43)	ART	NR	NR	6m: 49/52 / 1y: 46/49
Rady et al. (44)	SMART 38%	NR	NR	NR
Rady et al. (44)	ART	NR	NR	NR
Mohammed et al. (45)	SMART 38%	NR	NR	NR
Mohammed et al. (45)	ART	NR	NR	NR
Jiang et al. (46)	SMART 38%	NR	NR	NR
Jiang et al. (46)	ART	NR	NR	NR
Jiang et al. (47)	SMART 38%	NR	NR	NSR
Jiang et al. (47)	ART	NR	NR	NSR

表3 / 分割 3・ 全4 (識別列を再掲)

著者	群	II級	疼痛	生活の質
Solh et al. (41)	SMART 38%	6m: 16/24	NR	6m: 10.13 ± 6.13
Solh et al. (41)	ART	6m: 13/21	NR	6m: 10.13 ± 6.13
Abdelhamid et al. (42)	SMART 38%	NR	3m: 0/25 / 6m: 0/25 / 1y: 1/25	3m: 10.40 ± 5.45
Abdelhamid et al. (42)	ART	NR	3m: 0/25 / 6m: 0/25 / 1y: 1/25	3m: 10.32 ± 5.45
Aly et al. (43)	SMART 38%	NR	NR	NR
Aly et al. (43)	ART	NR	NR	NR
Rady et al. (44)	SMART 38%	NR	3m: 1/27 / 6m: 2/26 / 9m: 4/26 / 1y: 4/26 / 2y: 3/25	NR
Rady et al. (44)	ART	NR	3m: 7/27 / 6m: 9/26 / 9m: 10/26 / 1y: 10/26 / 2y: 10/25	NR
Mohammed et al. (45)	SMART 38%	NR	NR	NR
Mohammed et al. (45)	ART	NR	NR	NR
Jiang et al. (46)	SMART 38%	NR	NR	6m: 7 ± 6.9 / 2y: 7.7 ± 7.2
Jiang et al. (46)	ART	NR	NR	6m: 7.3 ± 8 / 2y: 8.5 ± 6.9
Jiang et al. (47)	SMART 38%	NSR	NR	NR
Jiang et al. (47)	ART	NSR	NR	NR

表3 / 分割 4・ 全4 (識別列を再掲)

著者	群	審美的評価	総費用
Solh et al. (41)	SMART 38%	NR	NR
Solh et al. (41)	ART	NR	NR
Abdelhamid et al. (42)	SMART 38%	3m: 19/25	NR
Abdelhamid et al. (42)	ART	3m: 25/25	NR
Aly et al. (43)	SMART 38%	NR	60.5 ± 3.5 EP
Aly et al. (43)	ART	NR	67.4 ± 4.1 EP
Rady et al. (44)	SMART 38%	NR	NR
Rady et al. (44)	ART	NR	NR
Mohammed et al. (45)	SMART 38%	NR	NR
Mohammed et al. (45)	ART	NR	NR
Jiang et al. (46)	SMART 38%	NR	NR
Jiang et al. (46)	ART	NR	NR
Jiang et al. (47)	SMART 38%	NR	NR
Jiang et al. (47)	ART	NR	NR

RCT：ランダム化臨床試験、ASA：米国麻酔科学会、ICDAS：国際う蝕検出・評価システム、ART：非侵襲的修復治療、A-ECOHIS：幼児期口腔健康影響尺度アラビア語版、USPHS：米国公衆衛生局。

SMART：銀併用非侵襲的修復治療、ART：非侵襲的修復治療、EP：エジプトポンド、NR：未報告、NSR：個別報告なし（変数は考慮されたが、評価項目別に抽出可能なデータなし）、m：月、y：年。

4.2.3.

介入と追跡

採用研究全体で累計1,375乳歯を処置・評価した。全試験の実験群は38% SDFを用いたSMART、対照群は従来ARTであった。1研究（41）は6か月、3研究（42, 43, 45）は1年、残る3研究（44, 46, 47）は最大2年追跡した（表3）。

4.2.4.

評価項目

臨床的項目と患者中心項目を幅広く評価した。主要な臨床項目は臨床的成功、X線学的成功、う蝕停止率（一部はⅠ級・Ⅱ級別）であった。複数研究で患者報告疼痛、QOLへの影響、親の審美的評価、修復処置総費用などの主観・行動項目も評価した（表3）。

4.3.

研究のバイアスリスク解析

RoB 2では全採用研究の総合バイアスリスクが低いと判定された (図2)。

図 2

改訂Cochrane RoB 2による評価。各RCTについて5領域の総合判定を示す。全研究の総合バイアスリスクは低いとされた。各判定はRoB 2の領域に基づく。

4.4.

結果の統合 (メタ解析)

事前規定項目のうち臨床的成功のみが、量的統合に十分一貫して報告されていた。X線学的成功、QOL、疼痛、審美的評価、う蝕停止、費用は報告研究が少なく、定義、追跡、評価法が異なり質的に統合した。総合臨床的成功のメタ解析 (図3) には6RCT (41-45, 47) を含めた。異質性を認めなかったため ($I^2 = 0.00\%$ 、 $p = 0.56$)、Mantel-Haenszel固定効果モデルを用いた。統合ORは1.28 (95% CI : 0.91-1.80) で、SMARTをわずかに支持する点推定だが有意ではなかった ($z = 1.40$ 、 $p = 0.16$)。Jiangら (47) の重みが最大 (68.76%) であった。

図 3

SMART対従来ARTの総合臨床的成功のフォレストプロット。固定効果Mantel-HaenszelモデルでORと95% CIを計算した。四角は各研究の推定値で面積は重みに比例し、横線は95% CI、菱形は統合効果を示す。

4.5.

感度解析

各研究を順次除外して、所見の頑健性と全体推定への個別の影響を評価した (図4)。どの1研究を除外しても全体の結果は有意に変わらなかった。ORはRadyら (44) 除外時の1.16からJiangら (47) 除外時の1.66まで変動したが、常に95% CIは無効果線 ($OR = 1$) をまたいだ。有意差がないという所見は一貫し、1試験に過度に依存しないことを確認した。

図 4

1件ずつ除外する感度解析。各研究を順次除外して統合推定への影響を評価した。全体効果の安定性はメタ解析所見の頑健性を示す。

4.6.

出版バイアス解析

4.6.1.

視覚的評価 (標準ファンネルプロット)

最初に標準ファンネルプロットを視覚的に評価した (図5)。統合推定の周囲に一定の非対称性があり、左下の研究が少ないことは小規模研究効果や出版バイアスを示唆し得る。ただし10件未満 ($k = 6$) であり信頼性が限られるため慎重に解釈すべきである。Cochrane推奨に従い、Peters検定やHarbord検定などの正式な統計検定は行わなかった。

図 5

出版バイアスの視覚評価用ファンネルプロット。各点は個別研究の効果推定と標準誤差である。対称性は出版バイアスの可能性が低いこと、非対称性は小規模研究効果や選択的出版の可能性を示す。

4.6.2.

DuvalとTweedieのTrim-and-Fill法

非対称性の影響をさらに調べるため、ノンパラメトリックなTrim-and-Fill法を用いた (図6)。対称性を回復するため仮想的な3研究を補完した。調整後も統合効果は非有意で、主要結論は実質的に変わらなかった。小規模研究効果や出版バイアスを完全には除外できないが、全体解釈への重大な影響は考えにくいことを示唆する。

図 6

DuvalとTweedieのTrim-and-Fill解析。欠落している仮想研究を推定して統合効果を再計算し、出版バイアスの影響を探索した。塗りつぶし記号は観測研究、白抜きは補完研究を示す。

4.7.

試験逐次解析

累積エビデンスが確定的結論に十分かを判定し、偶然誤差リスクを制御するためTSAを実施した (図7)。累積Z曲線 (青) は一貫して無益性領域内にあり、逐次監視境界 (マーカー付き赤線) を越えなかった。必要情報量 (RIS) 719人に達せず、累積677人とどまった。現在のエビデンスは結論に至らず、SMARTのARTに対する優越性・劣性のいずれも確定・否定するにはデータが不足する。必要標本数に達する追加の厳密な試験が必要である。原研究は1児の複数歯に由来するクラスター効果に対し、スプリットマウス、マルチレベル回帰、一般化推定方程式 (GEE) を用いて対応しており、本解析は方法上頑健であると強調する。[訳注：原著はここで677「人」と記載するが、対象集団では重複しない小児398人と記載する。原著の単位・値を保持し、同一分母として読み替えていない。]

図 7

累積エビデンスの十分性を評価するTSA。累積Z曲線を通常の有意境界、逐次監視境界、無益性境界、RISと比較した。SMARTの優越性について確定的結論を得るには証拠が不足している。

4.8.

GRADE解析

SMART対ARTの臨床的成功の確実性は低いと判定した。RCT由来のため当初は高いが、2段階引き下げた。第一に、CIが広く無効果線をまたぐ (OR = 0.91-1.80) 深刻な不精確さ、第二に、陰性研究の欠落を示唆するファンネル非対称性に基づく出版バイアスの強い疑いによる。詳細は表4に示す。

表 4

採用研究のGRADE解析。

表4 / 分割 1・ 全3 (識別列を再掲)

確実性評価	確実性評価	確実性評価	確実性評価	確実性評価
研究数	研究デザイン	バイアスリスク	非一貫性	非直接性
臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)
6	ランダム化試験	深刻ではない	深刻ではない	深刻ではない

表4 / 分割 2・ 全3 (識別列を再掲)

確実性評価	確実性評価	確実性評価	患者数	患者数
研究数	不精確さ	その他の考慮	SMART	ART
臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)
6	深刻	出版バイアスを強く疑う	195/371 (52.6%)	179/374 (47.9%)

表4 / 分割 3・ 全3 (識別列を再掲)

確実性評価	効果	効果	確実性
研究数	相対効果 (95% CI)	絶対効果 (95% CI)	確実性
臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)	臨床的成功 (追跡6か月～2年)
6	OR 1.28 (0.91 to 1.80)	1,000当たり62増 (23減から144増)	⊕⊕○○ / Low

CI：信頼区間、MD：平均差、OR：オッズ比、SMART：銀併用非侵襲的修復治療、ART：非侵襲的修復治療。

臨床的には、低い確実性は現在の効果推定への信頼が限られることを意味する。SMARTを支持する小さな数値上の利点 (1,000人当たり成功62人増) が示唆されるが、将来の高品質研究で推定値が大きく変わる可能性が高い。より大規模で結論性の高い試験が得られるまで慎重に解釈すべきである。

5.

考察

本メタ解析は乳歯う蝕制御のSMART対従来ARTの臨床的有効性を比較した。SMARTをわずかに支持する傾向 (OR = 1.28) はあるが、統計学的または臨床的に有意な優越性の証拠はない。臨床・実務面では、両者は低侵襲で実行可能かつ同程度に有効な選択肢と示唆される。小児歯科医は患者行動・治療忍容性に基きどちらも選択でき、侵襲的介入を要さず、両修復の予後は統計学的に同程度で信頼できる範囲と考えられる。

本結果は最近の系統的レビューの合意に近い。MohapatraとMohandas (48) は乳歯におけるSMARTと従来法・ARTの同程度の成績と総成功の非有意差を報告した。Siang Linら (49) の2群メタ解析でもSMARTの6・12か月成功率はわずかに高いが有意ではなかった。ADAが支援したUrquhartらの包括的レビュー (50) では、SDFの非修復介入とGIC封鎖は高い有効性を示した。現在の証拠は、SDFの追加がART自体による緊密な機械的封鎖と栄養遮断を圧倒する優越性を与えるわけではないという見方を支持する。

総合成功解析で異質性が完全でない ($I^2 = 0.00\%$) ことは効果の方向・大きさの一貫性を示すが、臨床的異質性がないという意味ではない。追跡期間6-24か月、I級・II級窩洞、病変判定、評価方法には差があった。成功定義は異なるが、修復の総合臨床成績という比較可能な概念を反映するため量的統合に十分とした。これらの差にもかかわらず推定値は一貫し、多様な状況で比較効果は頑健と示唆される。SDF単独を扱った過去のレビューではより高い異質性があり (51)、介入や評価の幅広い差によると考えられる。Siang Linら (49) が示すように、成功率の差は評価基準に起因し得る。「辺縁適合」に焦点を当てた研究の6か月約91.1%は、「病的動揺」「疼痛」などの主観・症状による失敗評価と対照的である。また成功率が3か月94.9%から12か月69.5%へ低下することは材料固有で、窩洞サイズ (I級対II級)、防湿、追跡期間 (本レビュー6-24か月) にも依存すると考えられる。

X線成績を評価したRCTは1件 (42) のみで、追跡期間中両群は同程度の所見を示した。単一研究のため量的統合できないが、SDF前処理がその後のART修復のX線成績に悪影響を与えないことを示唆する。SDFの抗菌・再石灰化作用によるう蝕停止 (19, 27, 52) と、GIC接着性能を損なわないという既報 (26) から、生物学的妥当性はある。ただし証拠は限られ、長期X線成功の確定的結論には標準化した指標を備える追加RCTが必要である。

主要な臨床的成功は一貫していたが、副次項目の異質性は大きく、定量面に加え定義、測定器具、追跡、報告方法にも由来した。QOLは2研究のみでA-ECOHISにより評価され、X線成功、親の審美評価、費用は各1試験であった。疼痛とう蝕停止の方法・評価時期も異なった。このため量的統合できず、直接比較と臨床成功以外の相対的利点の確かな結論が制限された。それでも患者中心項目は臨床的に重要であり、今後のRCTで方法の統一が必要である。

SMARTに1,000人当たり成功62人増という小幅な傾向があるにもかかわらず、長期成績が均衡する理由を生物学的に考察できる。SMARTの初期効果は38% SDFの二重機序、すなわち銀による細胞膜破壊・メタロプロテアーゼ阻害と、高濃度フッ化物による耐酸性フルオロハイドロキシアパタイト形成という相乗作用にある (27, 52)。次にGICが窩洞を封鎖し、残存バイオフィルムの生物学的活動を遮断する二重障壁を作る。しかしSiang Linら (49) が論じるように、SDFの理論的生化学的利点は中長期にはARTの機械的效果に対して薄まる。GICが咀嚼応力下で摩耗・化学劣化し、材料疲労が辺縁漏洩や二次う蝕へつなげるためである。

解釈には基本的限界を認識すべきである。全RCTは修復の総合成功を扱うが、成功の定義は完全には標準化されず、視診・触診、改良USPHS、疼痛、辺縁適合などが使われた。比較可能な修復成績として統合したも

の、推定値解釈にこの方法差を考慮すべきである。X線成功、QOL、疼痛、親の審美評価、費用も定義・器具・時期・報告が不均一で、質的統合に限られ、定量比較と証拠の包括性を制限した。GRADEは、無効果線をまたぐ広いCIによる不精確さと、陰性研究欠落が疑われるファンネル非対称性により「低い」。脱落バイアスや成功基準の非標準化など原研究の限界もある。一方、クラスターへの対応、感度解析の頑健性、仮想欠落研究で結論が逆転しなかったTrim-and-Fillは強みである。TSAはZ曲線が無益性領域にあり、記録677人ではRIS 719人を超えておらず確定的結論に至れないことを示した。レビュー段階で個人データがなく、研究数不足でサブグループ解析ができず、10件未満のため出版バイアスは視覚評価とTrim-and-Fillのみで探索した。

小児歯科・公衆衛生の実務では、SMARTとARTが統計学的に比較可能と理解することで実用的な意思決定が可能になる。SMARTは作業時間が従来ARTのおよそ半分と短く、費用対効果が高いため、強い不安、行動管理上の問題、地域事業において有用な戦略となる。両経路が安全であると考えつつ、これらの要因に応じ治療計画を調整できる。現証拠は両戦略が低侵襲で同程度に有効であり、一方の確定的優越性を支持しない。しかし統計学的検出力の不足から、TSAの必要標本数を超える標準化した多施設試験が必須である。将来は臨床・患者中心項目の定義、妥当性ある評価器具、追跡期間を統一し、X線成功、QOL、疼痛、親の審美評価、費用を透明に報告して有意義な比較と量的統合を可能にすべきである。

6.

結論

乳歯う蝕制御の総合臨床的成功で、SMARTと従来ARTに有意差がないことを現証拠は示唆する。SMARTはSDFによるう蝕進行停止という生物学的利点を加えるが、不精確さと出版バイアスリスクから確実性は低い。TSAも現データが結論に至らないことを確認する。両法は実行可能で有効な患者中心の低侵襲戦略である。確定的指針には必要情報量に到達できる大規模RCTが重要である。

資金提供

著者らは研究または出版への資金援助を受けたと宣言した。論文掲載料 (APC) はペルーのUniversidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonasが負担する。

脚注

原著担当編集者 : Claudia Salerno、University of Milan、Italy。

原著査読者 : Handan Vural、Inonu University、Türkiye。

Mobina Sadat Zarabadi、Qazvin University of Medical Sciences、Iran。

データ利用可能性

本研究の独自の成果は論文・補足資料に含まれる。追加の問い合わせは責任著者へ連絡されたい。

著者貢献

KR-M : 概念化、プロジェクト管理、監督、初稿執筆、レビュー・編集。ME-S : プロジェクト管理、監督、レビュー・編集、データ管理、調査。HA-V : レビュー・編集、概念化、正式解析、方法論、プロジェクト管理、監督、初稿執筆。OR-R : データ管理、レビュー・編集、調査。ED-A : データ管理、調査、レビュー・編集。JL-R : データ管理、調査、レビュー・編集。FC-Z : データ管理、調査、レビュー・編集、検証、初稿執筆。

利益相反

著者らは潜在的利益相反と解釈され得る商業的・金銭的關係なく実施したと宣言した。

生成AI声明

著者らは原著の作成に生成AIを用いていないと宣言した。[訳注 : 原著についての声明であり、本日訳はAIによる翻訳である。]

図の代替テキストはFrontiersがAI支援で生成し、可能な場合の著者確認など正確性確保に合理的努力を行った。問題があれば連絡されたい。

出版社注記

本論文の主張は著者らのみに属し、所属組織、出版社、編集者、査読者を必ずしも代表しない。評価製品や製造者の主張を出版社が保証・推奨するものではない。

補足資料

原著の補足資料 : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdmed.2026.1914881/full#supplementary-material>

参考文献

1. Kassebaum NJ, Smith AGC, Bernabé E, Fleming TD, Reynolds AE, Vos T, et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. *J Dent Res.* (2017) 96:380-7. 10.1177/0022034517693566
2. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet.* (2019) 394:249-60. 10.1016/S0140-6736(19)31146-8
3. Tinanoff N, Baez RJ, Diaz Guillory C, Donly KJ, Feldens CA, McGrath C, et al. Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: global perspective. *Int J Paediatr Dent.* (2019) 29:238-48. 10.1111/ipd.12484
4. Casamassimo PS, Thikkurissy S, Edelstein BL, Maiorini E. Beyond the dmft: the human and economic cost of early childhood caries. *J Am Dent Assoc.* (2009) 140:650-7. 10.14219/jada.archive.2009.0250
5. Bagramian RA, Garcia-Godoy F, Volpe AR. The global increase in dental caries. A pending public health crisis. *Am J Dent.* (2009) 22:3-8.
6. Phantumvanit P, Makino Y, Ogawa H, Rugg-Gunn A, Moynihan P, Petersen PE, et al. WHO global consultation on public health intervention against early childhood caries. *Community Dent Oral Epidemiol.* (2018) 46:280-7. 10.1111/cdoe.12362
7. Frencken JE, Leal SC, Navarro MF. Twenty-five-year atraumatic restorative treatment (ART) approach: a comprehensive overview. *Clin Oral Investig.* (2012) 16:1337-46. 10.1007/s00784-012-0783-4
8. Frencken JE, Pilot T, Songpaisan Y, Phantumvanit P. Atraumatic restorative treatment (ART): rationale, technique, and development. *J Public Health Dent.* (1996) 56:135-40; discussion 161-163. 10.1111/j.1752-7325.1996.tb02423.x

9. Meyer F, Enax J. Early childhood caries: epidemiology, aetiology, and prevention. *Int J Dent.* (2018) 2018:1415873. 10.1155/2018/1415873
10. Dorri M, Martinez-Zapata MJ, Walsh T, Marinho VC, Sheiham Deceased A, Zaror C. Atraumatic restorative treatment versus conventional restorative treatment for managing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* (2017) 12:CD008072. 10.1002/14651858.CD008072.pub2
11. Holmgren CJ, Roux D, Doméjean S. Minimal intervention dentistry: part 5. Atraumatic restorative treatment (ART)-a minimum intervention and minimally invasive approach for the management of dental caries. *Br Dent J.* (2013) 214:11-8. 10.1038/sj.bdj.2012.1175
12. Anil S, Anand PS. Early childhood caries: prevalence, risk factors, and prevention. *Front Pediatr.* (2017) 5:157. 10.3389/fped.2017.00157
13. Mickenautsch S, Yengopal V, Leal SC, Oliveira LB, Bezerra AC, Bönecker M. Absence of carious lesions at margins of glass-ionomer and amalgam restorations: a meta- analysis. *Eur J Paediatr Dent.* (2009) 10:41-6.
14. Arrow P. Restorative outcomes of a minimally invasive restorative approach based on atraumatic restorative treatment to manage early childhood caries: a randomised controlled trial. *Caries Res.* (2016) 50:1-8. 10.1159/000442093
15. Çolak H, Dülgeril ÇT, Dalli M, Hamidi MM. Early childhood caries update: a review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med.* (2013) 4:29-38. 10.4103/0976-9668.107257
16. Tedesco TK, Calvo AFB, Lenzi TL, Hesse D, Guglielmi CAB, Camargo LB, et al. ART is an alternative for restoring occlusoproximal cavities in primary teeth - evidence from an updated systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent.* (2017) 27:201-9. 10.1111/ipd.12252
17. De Amorim RG, Leal SC, Frencken JE. Survival of atraumatic restorative treatment (ART) sealants and restorations: a meta-analysis. *Clin Oral Investig.* (2012) 16:429-41. 10.1007/s00784-011-0513-3
18. Horst JA, Ellenikotis H, Milgrom PL. UCSF protocol for caries arrest using silver diamine fluoride: rationale, indications and consent. *J Calif Dent Assoc.* (2016) 44:16-28.
19. Zhao IS, Gao SS, Hiraishi N, Burrow MF, Duangthip D, Mei ML, et al. Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review. *Int Dent J.* (2018) 68:67-76. 10.1111/idj.12320
20. Rosenblatt A, Stamford TCM, Niederman R. Silver diamine fluoride: a caries “silver-fluoride bullet”. *J Dent Res.* (2009) 88:116-25. 10.1177/0022034508329406
21. Seifo N, Robertson M, MacLean J, Blain K, Grosse S, Milne R, et al. The use of silver diamine fluoride (SDF) in dental practice. *Br Dent J.* (2020) 228:75-81. 10.1038/s41415-020-1203-9
22. Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, Duangthip D, Mei ML, Lo ECM, et al. Clinical trials of silver diamine fluoride in arresting caries among children: a systematic review. *JDR Clin Transl Res.* (2016) 1:201-10. 10.1177/2380084416661474
23. Fa B, Jew J, Wong A, Young D. Silver modified atraumatic restorative technique (SMART): an alternative caries prevention tool. *Stomatol Edu J.* (2016) 3:243-9. 10.25241/stomaeduj.2016.3(3-4).art.15
24. Zhi QH, Lo ECM, Lin HC. Randomized clinical trial on effectiveness of silver diamine fluoride and glass ionomer in arresting dentine caries in preschool children. *J Dent.* (2012) 40:962-7. 10.1016/j.jdent.2012.08.002
25. Chu CH, Lo ECM. Promoting caries arrest in children with silver diamine fluoride: a review. *Oral Health Prev Dent.* (2008) 6:315-21.
26. Jiang M, Mei ML, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Effect of silver diamine fluoride solution application on the bond strength of dentine to adhesives and to glass ionomer cements: a systematic review. *BMC Oral Health.* (2020) 20:40. 10.1186/s12903-020-1030-z
27. Crystal YO, Niederman R. Evidence-based dentistry update on silver diamine fluoride. *Dent Clin North Am.* (2019) 63:45-68. 10.1016/j.cden.2018.08.011
28. Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo EC-M, Chu C-H. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide treatment on secondary caries prevention and tooth discolouration in cervical glass ionomer cement restoration. *Int J Mol Sci.* (2017) 18:340. 10.3390/ijms18020340
29. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Randomized clinical trial of 12% and 38% silver diamine fluoride treatment. *J Dent Res.* (2018) 97:171-8. 10.1177/0022034517728496
30. Splieth CH, Banerjee A, Bottenberg P, Breschi L, Campus G, Ekstrand KR, et al. How to intervene in the caries process in children: a joint ORCA and EFCD expert Delphi consensus statement. *Caries Res.* (2020) 54:297-305. 10.1159/000507692
31. Seifo N, Cassie H, Radford JR, Innes NPT. Silver diamine fluoride for managing carious lesions: an umbrella review. *BMC Oral Health.* (2019) 19:145. 10.1186/s12903-019-0830-5

32. Vollú AL, Rodrigues GF, Rougemount Teixeira RV, Cruz LR, Dos Santos Massa G, De Lima Moreira JP, et al. Efficacy of 30% silver diamine fluoride compared to atraumatic restorative treatment on dentine caries arrestment in primary molars of preschool children: a 12-months parallel randomized controlled clinical trial. *J Dent.* (2019) 88:103165. 10.1016/j.jdent.2019.07.003
33. Innes NPT, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing carious lesions: consensus recommendations on terminology. *Adv Dent Res.* (2016) 28:49-57. 10.1177/0022034516639276
34. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ.* (2021) 372:n160. 10.1136/bmj.n160
35. Booth A, Clarke M, Ghera D, Moher D, Petticrew M, Stewart L. An international registry of systematic-review protocols. *Lancet.* (2011) 377:108-9. 10.1016/S0140-6736(10)60903-8
36. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. Rob 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Br Med J.* (2019) 366:l4898. 10.1136/bmj.l4898
37. Patel M, Bhatt R, Patel C, Joshi K, Patel F, Makwani D. Non-Invasive management of initial occlusal enamel caries using silver modified atraumatic restorative technique and resin-based sealants: a randomised comparative split-mouth clinical trial. *Adv Hum Biol.* (2023) 13:S69-74. 10.4103/aihb.aihb_196_22
38. Sharawat N, Bansal K, Mathur VP, Tewari N, Morankar R, Mishra R. Evaluation of the success of single-visit versus two-visit silver modified atraumatic restorative technique (SMART) in primary molars- a randomized controlled trial. *J Dent.* (2025) 156:105661. 10.1016/j.jdent.2025.105661
39. Bansal K, Shamoo A, Mani K, PD K, Verma A, Mathur VP, et al. Silver diamine fluoride modified atraumatic restorative treatment compared to conventional restorative technique on carious primary molars-a randomized controlled trial. *J Dent.* (2023) 138:104698. 10.1016/j.jdent.2023.104698
40. Jiang M, Wong MCM, Chu CH, Dai L, Lo ECM. Effects of restoring SDF-treated and untreated dentine caries lesions on parental satisfaction and oral health related quality of life of preschool children. *J Dent.* (2019) 88:103171. 10.1016/j.jdent.2019.07.009
41. Solh SK, Holiel AA, Tarabaih AS. Atraumatic versus silver-modified atraumatic restorative treatment in primary molars: a randomized clinical trial on minimally invasive caries management and oral health-related quality of life. *Clin Exp Dent Res.* (2026) 12:e70299. 10.1002/cre2.70299
42. Abdelhamid MS, Tawil SBE, Moheb DM. Clinical and radiographic evaluation after the use of silver modified atraumatic restorative treatment versus atraumatic restorative treatment in the management of occlusal caries of primary molars in preschool children: a randomized clinical trial. *Cuest Fisioter.* (2025) 54:1600-17.
43. Aly AAM, Aziz AMA, Elghazawy RK, El Fadl RKA. Survival analysis and cost effectiveness of silver modified atraumatic restorative treatment (SMART) and ART occlusal restorations in primary molars: a randomized controlled trial. *J Dent.* (2023) 128:104379. 10.1016/j.jdent.2022.104379
44. Rady M, Sabbah A. A 24-month clinical assessment of active dentin caries arresting by silver diamine fluoride in primary molars: a randomized clinical trial. *Egypt Dent J.* (2023) 69:899-910. 10.21608/edj.2023.189323.2418
45. Mohammed SME, Awad SM, Wahba AH. Comparison of clinical outcomes of silver-modified atraumatic restorative technique vs atraumatic restorative technique in primary teeth: a randomized controlled trial. *J Contemp Dent Pract.* (2022) 23:1140-5. 10.5005/jp-journals-10024-3437
46. Jiang CM, Wong MCM, Chu CH, Dai L, Lo ECM. Changes in parental satisfaction and oral health-related quality of life of preschool children after receiving atraumatic restorative treatment with or without prior silver diamine fluoride application. *J Evid-Based Dent Pract.* (2022) 22:101751. 10.1016/j.jebdp.2022.101751
47. Jiang M, Wong MCM, Chu CH, Dai L, Lo ECM. A 24-month randomized controlled trial on the success rates of restoring untreated and SDF-treated dentine caries lesions in primary teeth with the ART approach. *J Dent.* (2020) 100:103435. 10.1016/j.jdent.2020.103435
48. Mohapatra S, Mohandas R. Clinical outcome success of silver-modified atraumatic restorative treatment (SMART) in treating children with dental caries in primary teeth: a systematic review. *J Health Allied Sci NU.* (2025) 15:4-10. 10.1055/s-0044-1788659
49. Siang Lin GS, Badrul Hisham AR, Xian Yuen JJ, Jin G, Kim J-E, Ardini YD, et al. Outcomes of silver-modified atraumatic restorative technique (SMART) in carious primary teeth: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical studies. *J Clin Pediatr Dent.* (2026) 50:49-65. 10.22514/jocpd.2026.005
50. Urquhart O, Tampi MP, Pilcher L, Slayton RL, Araujo MWB, Fontana M, et al. Nonrestorative treatments for caries: systematic review and network meta-analysis. *J Dent Res.* (2019) 98:14-26. 10.1177/0022034518800014
51. Chibinski AC, Wambier LM, Feltrin J, Loguercio AD, Wambier DS, Reis A. Silver diamine fluoride has efficacy in controlling caries progression in primary teeth: a systematic review and meta-analysis. *Caries Res.* (2017) 51:527-41. 10.1159/000478668

52. Mei ML, Nudelman F, Marzec B, Walker JM, Lo ECM, Walls AW, et al. Formation of fluorohydroxyapatite with silver diamine fluoride. J Dent Res. (2017) 96:1122-8. 10.1177/0022034517709738

関連データ

補足資料

データ利用可能性声明

本研究の独自の成果は論文・補足資料に含まれる。追加問い合わせは責任著者へ連絡されたい。

原著の所属・連絡先・履歴（固有名詞と書誌情報は原語を保持）

1Graduate School, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Peru

2Faculty of Dentistry, Dentistry School, Universidad San Martín de Porres, Chiclayo, Peru

3Faculty of Human Medicine, Human Medicine School, Universidad San Martín de Porres, Chiclayo, Peru

4Graduate School, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Peru

5Faculty of Health Sciences, Stomatology School, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Peru

原著・翻訳情報

PMID : 42688461 | DOI : 10.3389/fdmed.2026.1914881

原文確認資料 : <https://www.ebi.ac.uk/europepmc/webservices/rest/PMC13534126/fullTextXML>

原著公開日 : 2026-08-19 | 翻訳日 : 2026-09-15

主文・表・図注の日本語訳（原因・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。原因、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。