

# 自酸蚀粘接剂用于窝沟封闭的研究进展

陈奕瞳, 蒋文翔, 吴志芳, 胡济安\*

浙江大学医学院附属口腔医院·浙江大学口腔医学院·浙江省口腔疾病临床医学研究中心·浙江省口腔生物医学研究重点实验室·浙江大学癌症研究院, 浙江 杭州

收稿日期: 2021年10月19日; 录用日期: 2021年11月9日; 发布日期: 2021年11月24日

## 摘要

窝沟封闭是一种有效地预防龋病的方法,其中树脂类窝沟封闭剂应用最为广泛。但是对于一些配合度差、咽反射敏感、口底较浅以及唾液分泌旺盛的患者,树脂类窝沟封闭剂失败率较高。自酸蚀粘接系统可以简化临床步骤、降低技术敏感性、减少椅旁时间。但是由于自酸蚀粘接系统中底涂剂的酸性通常较弱,其能否代替传统的磷酸进行窝沟封闭前的酸蚀仍存在争议。本文拟对自酸蚀粘接剂在窝沟封闭中的应用效果做一综述。

## 关键词

窝沟封闭剂, 牙齿粘接剂, 口腔预防医学

# Self-Etch Adhesives' Effectiveness in the Performance of Pit and Fissure Sealants

Yitong Chen, Wenxiang Jiang, Zhifang Wu, Ji'an Hu\*

Stomatology Hospital, School of Stomatology, Zhejiang University School of Medicine, Clinical Research Center for Oral Diseases of Zhejiang Province, Key Laboratory of Oral Biomedical Research of Zhejiang Province, Cancer Center of Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

Received: Oct. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 9<sup>th</sup>, 2021; published: Nov. 24<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Pit and fissure sealant is an effective method for caries prevention. The most popular type of pit and fissure sealant is resin-based sealants (RBSs). However, for patients with poor compliance, shallow mouth or hypersalivation, RBSs are easy to fail. Self-etch adhesive systems have several advantages like eliminating the prior acid etching and rinsing steps, simplifying the application

\*通讯作者。

technique, and decreasing the chair time. Due to the relatively milder acidity of self-etch adhesives, however, whether it can be applied before sealants without acid etching is still unclear. This review aims to evaluate the effect of self-etch systems on clinical performance of dental sealants.

## Keywords

Pit and Fissure Sealants, Dental Cements, Preventive Dentistry

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

窝沟封闭剂又称点隙裂沟封闭剂(pit and fissure sealants, PFSs), 最早于 19 世纪 20 年代被引入牙科领域, 在 19 世纪 80 年代进入中国[1]。近六十年的临床实践证明, 窝沟封闭是一种预防成人和儿童窝沟龋和阻断早期龋的有效措施[2] [3] [4] [5]。PFSs 包括树脂类封闭剂(resin-based sealants, RBSs)、玻璃离子类封闭剂、混合类封闭剂等[6] [7], 其中 RBSs 是应用最广泛的一类窝沟封闭材料[8]。RBSs 的主要原理是利用不含填料或者含少量填料的树脂粘接到酸蚀后干燥多孔的牙釉质表面, 从而形成一层树脂-牙釉质微机械嵌合结构。树脂包裹周围的牙釉质, 使牙釉质免于细菌酸性产物的脱矿作用。同时, 釉质-树脂界面形成了一个保护性的屏障, 避免了食物残渣的堆积和菌斑的聚集, 从而预防龋病的发生[9]。

RBSs 的长期固位力和在潮湿环境下的使用仍面临着挑战[10]。当酸蚀后的牙面暴露于唾液中时, 会很快在表面形成一层获得性膜, 阻止树脂进入酸蚀后的釉质孔隙。窝沟封闭失败的风险就会大大增加[11] [12]。因此, 对于因配合度差、口底较浅或唾液分泌旺盛等而无法充分隔湿的患者, 需要谨慎使用 RBSs [13] [14]。为了提高 RBSs 的固位效果和降低对唾液的敏感性, 许多研究者尝试在 RBSs 下方使用牙齿粘接系统[15]。目前的牙齿粘接系统主要包括酸蚀-冲洗类粘接系统(etch-and-rinse adhesive systems, or etch-and-rinse adhesives, ERAs)和自酸蚀类粘接系统(self-etching adhesive systems, or self-etching adhesives, SEAs)等。其中, SEAs 的临床操作步骤简单, 技术敏感性低, 越来越受到临床医生的欢迎。一些学者研究认为, 可以用 SEAs 代替传统的磷酸酸蚀法用于窝沟封闭[16] [17] [18]。那么, 自酸蚀粘接技术能否代替传统的磷酸酸蚀法单独用于窝沟封闭呢? 本综述针对这一问题进行了文献回顾和分析。

## 2. 窝沟封闭的历史

牙釉质是人体最坚硬的组织。未经处理的牙釉质表面致密, 主要是无釉柱釉质和过矿化结构, 只有极小的孔隙, 而且其表面能不太适合与树脂单体润湿, 因此无法与复合材料有任何持久的粘接。最早的窝沟封闭技术是需要先在牙面预备 I 类洞, 否则材料无法获得稳定的固位[13]。1955 年, Buonocore 医生首次使用磷酸酸蚀牙釉质表面来增强丙烯酸树脂与牙釉质表面的粘接能力, 打开了牙齿粘接领域的大门。20 世纪 60 年代, Cueto 生产了第一种窝沟封闭树脂——氰基丙烯酸甲酯, 后来发现它容易被细菌分解。后来, Bowen 发明了一种具有耐降解性的粘性树脂, 并命名为双酚 A-甲基丙烯酸缩水甘油酯(bisphenol A-glycidyl methacrylate, BIS-GMA)。1970 年, Buonocore 发表了他使用 BIS-GMA 树脂和紫外光成功地进行窝沟封闭的研究。RBSs 的主要成分是树脂单体, 比如 BIS-GMA 和聚氨酯二甲基丙烯酸酯(urethane dimethacrylate, UDMA)等, 以及一些化学催化剂或光引发剂。目前常见的 RBSs 主要是可见光固化 RBSs (第三代)和释氟可见光固化 RBSs (第四代) [19]。RBSs 根据有无填料可以分为有填料 RBSs 和无

填料 RBSs, 根据半透明性还可以分为透明 RBSs 与不透明 RBSs。目前无填料、不透明的 RBSs 更受欢迎 [13]。此外, 还有新型的抗菌 RBSs、亲水 RBSs、自酸蚀 RBSs、自粘接 RBSs 等产品问世, 其临床效果有待考察 [20] [21]。

### 3. SEAs 用于窝沟封闭的原理

#### 3.1. 传统酸蚀方法及缺陷

RBSs 的临床操作包括了酸蚀剂酸蚀、水汽冲洗、吹干、涂布封闭剂、光照固化等步骤。酸蚀的目的除了不同程度地溶解釉柱和釉柱间质, 形成一种微孔隙结构, 还是为了去除了釉质表面的菌斑生物膜及表层的惰性矿化晶体, 降低表面能。树脂因而可以在干燥的釉质上均匀分散, 并渗透进入酸蚀形成的孔隙形成树脂突, 与釉质产生牢固的微机械粘接力。Buonocore 最初用于酸蚀牙釉质的磷酸浓度是 85%, 后来降到了 50%。经过多年的发展, 有效的磷酸浓度确定在  $35\% \pm 3\%$  [22]。早期推荐的恒牙釉质酸蚀时间为 60 秒, 乳牙釉质酸蚀时间为 120 秒 [13]。后来的研究表明, 无论是恒牙还是乳牙, 15~20 秒的酸蚀时间都可以满足窝沟封闭剂固位的要求 [13]。在酸蚀牙釉质以后, 30 秒的冲洗时间和 15 秒的吹干时间足以去除所有的酸蚀剂残留物, 并获得典型的白垩色釉质外观。尽管酸蚀剂的浓度和酸蚀时间都已经被大大减小, 但是酸蚀和冲洗的过程仍然可能对儿童患者的牙龈、咽喉等产生刺激。同时, 冲洗后需要更换棉卷并保持牙齿表面持续干燥, 对于合作性较差、唾液分泌旺盛、口底较浅的儿童难以达到理想的效果, 降低了窝沟封闭的成功率, 反而有可能增加了患龋的风险。

#### 3.2. SEAs 牙釉质粘接的原理

SEAs 用于牙釉质的粘接的基本原理是将酸性功能单体(acidic functional monomers)与偶联剂混合, 使牙釉质表面脱矿的同时将偶联剂渗入釉质脱矿微孔中, 然后树脂单体进入形成树脂突, 从而形成粘接力 [17]。一些 SEAs 中含有新型的功能单体, 如 10-MDP 等, 不仅增加树脂单体的渗透性, 提高树脂在干燥或者潮湿的釉质表面的粘接力, 同时还可与牙釉质形成化学键, 提供化学粘接力 [23] [24]。根据临床处理的步骤, SEAs 可以分为两步法和一步法。两步法 SEAs, 通常由自酸蚀预处理剂(self-etch primer)和树脂粘接剂(adhesive resin)两部分组成, 经典产品有 Clearfil SE Bond (可乐丽, 日本)和 OptiBond Solo Plus (科尔, 美国)等。一步法 SEAs 又可分为两瓶装和一瓶装。两瓶一步法 SEAs 是将预处理剂和树脂粘接剂预混合后一起涂布, 代表产品是 Adper Prompt L-Pop (3M ESPE, 美国)和 Xeno III (登士柏, 美国)等。一瓶一步法 SEAs 是将酸蚀剂、预处理剂和粘接剂混在一瓶内, 是真正的一步法 SEAs, 主要的产品有 Single Bond Universal (3M ESPE, 美国)、G-BOND (GC, 日本)和 iBOND (贺利氏古莎, 德国)等。自酸蚀粘接系统中的自酸蚀预处理剂/粘接剂(self-etching primers/adhesives, SEPA)通常为酸性, 根据 SEPA 的酸性不同, 可以将 SEAs 分为强烈型( $\text{pH} \leq 1$ )、温和型( $\text{pH} \approx 2$ )和超温和型( $\text{pH} > 2.5$ )等 [25]。不同的粘接剂类型对牙釉质的粘接效果大相径庭。

### 4. 自酸蚀粘接技术用于窝沟封闭的体外研究

#### 4.1. SEAs 对牙釉质的酸蚀形貌

温和型和超温和型 SEAs 处理牙釉质后获得的脱矿深度往往较低, 而强烈型 SEAs 对牙釉质的酸蚀效果存在争议。Prompt L-Pop, Adper Prompt L-Pop (Prompt L-Pop 的改进版本)和 Xeno III 是有代表性的强烈型自酸蚀粘接剂, 相关的研究较多。一些研究认为 Adper Prompt L-Pop 可以产生与磷酸相似的釉质酸蚀模式 [26] [27]。Grégoire 等 [28] 则认为 Adper Prompt L-Pop 和 Xeno III 对釉质酸蚀效果不如磷酸, 但是也可以在一定范围和深度内形成规则的脱矿样貌。dos Santos 等 [29] 发现 Adper Prompt L-Pop 自酸蚀组窝

沟封闭的树脂渗透效果不如磷酸酸蚀组，也反映了 SEAs 对牙釉质的酸蚀能力欠缺。

#### 4.2. SEAs 酸蚀牙釉质后的微渗透

封闭剂的有效性取决于其牢固地附着在牙釉质上以将点隙裂沟与口腔环境隔绝的能力[30]。刘茜等[31]发现 SEAs 处理窝沟后，封闭剂和釉质界面在电镜下观察可见缝隙明显，密合性差，因此不推荐使用 SEAs 进行窝沟封闭。一些研究认为 SEAs 与磷酸处理牙釉质后的微渗漏没有显著差异[26] [27]。Parco 等[32]认为，无论是否存在唾液污染，SEAs 的微渗漏都大于传统的采用磷酸酸蚀的封闭剂。而陈央兰等[33]采用一种自酸蚀预处理剂处理牙面后进行窝沟封闭，结果微渗漏与磷酸酸蚀组相比没有显著差异。但是微渗透情况并不能准确反应窝沟封闭剂的临床效果，还需要对粘接强度进行直接的测量。

#### 4.3. SEAs 用于窝沟封闭的粘接强度

大部分研究认为 SEAs 的牙釉质粘接强度不如 ERAs [34]。Pashley 和 Tay [26]的研究表明，使用 Prompt L-Pop 后的未切割牙釉质的剪切粘接强度低于 ERAs (ALL-Bond 2)。Kensche 等[35]研究表明，SEAs 用于乳牙牙釉质的粘接强度都显著低于 ERAs。一些窝沟封闭产品(如 BeautiSealant)宣传可以采用 SEAs 进行窝沟封闭。但是 Pitchika [36]等研究指出，使用其配套的自酸蚀预处理剂(BeautiSealant Primer)进行窝沟封闭时，其微剪切粘接强度要比传统磷酸酸蚀法低四倍，微渗漏要比传统方式高十倍，因此不支持其临床使用。Schuldt 等[37]研究表明，自酸蚀/自粘接窝沟封闭剂的剪切粘接强度仅为 4.3 MPa，显著低于传统磷酸酸蚀组(19.1 MPa)以及磷酸酸蚀后再使用自酸蚀/自粘接窝沟封闭剂组(17.1 MPa)。但是，一些研究认为 SEPA 用于窝沟封闭的粘接强度与磷酸酸蚀法没有差异[38]，甚至高于磷酸酸蚀法[30] [39]。不同的研究结果可能与 SEAs 的种类和品牌、粘接系统与窝沟封闭剂的匹配性、粘接剂涂布方式、粘接剂吹干方式、光固化时间等有关，需要进行大样本多组别的交叉试验来验证。

#### 4.4. 提高 SEAs 用于窝沟封闭的粘接强度的方法

一些研究者尝试采用其他方法来提高自酸蚀窝沟封闭技术的粘接强度，比如多次涂布粘接剂、粘接剂与窝沟封闭剂一起光照固化等。Perdigão 等[40]比较了传统磷酸酸蚀法、一层预先固化法(一层 SEAs 光固化后再涂布 RBSs)、两层预先固化法(两层 SEAs 光固化后再涂布 RBSs)、一层共同固化法(一层 SEAs 与 RBSs 一起光固化)四种方式的微拉伸粘接强度，结果表明，对于 Clinpro 窝沟封闭剂，两层预先固化法的粘接强度最高(平均 23 MPa)，其次是传统法和一层共同固化法(平均约 16~17 MPa)，最低的是一层预先固化法(平均约 10 MPa)。这说明涂布两次 SEAs 或者将 SEAs 与 RBSs 一起固化可能是一种有效的简化窝沟封闭操作的方法。此外，学者们尝试使用喷砂清洁牙面、采用流动树脂[41] [42]或自粘接流动树脂[43] [44]代替窝沟封闭剂、超声震荡封闭剂[45]、涂布封闭剂后增加停留时间[46]等方法增加窝沟封闭剂的固位力，有可能弥补 SEAs 酸蚀牙釉质的不足，提高 SEAs 用于窝沟封闭的粘接强度。

### 5. SEAs 在恒磨牙窝沟封闭中的临床效果

大部分研究认为，粘接剂系统对窝沟封闭剂的固位有积极作用[47] [48] [49] [50] [51]，且 ERAs 在封闭剂保留率方面优于 SEAs [48] [49] [50] [52]。而对于 SEAs 单独用于窝沟封闭的效果，研究者评价不一。Botton 等[53]检索了 2015 年 6 月以前关于自酸蚀粘接系统用于恒牙或乳牙咬合面窝沟封闭的随机临床对照试验(randomized clinical trial, RCT)，排除了通用型粘接剂、非英文文献、没有对照组以及非磨牙等，最后有 5 篇 RCT 纳入最终的 Meta 分析。结果显示，采用自酸蚀技术的窝沟封闭剂的完整保留率显著低于传统的磷酸酸蚀法(使用或不使用粘接系统)。作者提到，由于纳入的研究较少、样本量少、失访率高、可能存在发表偏移等原因，这个结论需要谨慎看待。同时，由于该系统评价没有限定对照组不采用粘接



剂系统, 以及不同的患者群体以及乳恒牙类型没有进行亚组分析, 因而其得到的结论较为宽泛, 无法直接指导临床。

### 5.1. 窝沟封闭操作时间

许多研究表明, SEAs 用于窝沟封闭可以大大缩短临床操作时间[18] [54]。Feigal 等[54]研究表明 SEAs 用于窝沟封闭可以将平均操作时间从传统酸蚀方法的 3.1 分钟缩短为 1.8 分钟。计艳等[55]和李文敏等[17]得出了类似结论。

### 5.2. 窝沟封闭剂保留率

研究表明, 封闭剂的脱落与龋病发生风险有明确相关性[56] [57]。在临床检查中, 窝沟封闭剂的保留可以分为三种情况: ① 完整保留, 即封闭剂没有脱落, 没有暴露原本覆盖的点隙窝沟; ② 部分脱落, 即封闭剂一部分脱落, 一部分存在; ③ 完全脱落, 即所有点隙窝沟内都不存在封闭剂。根据这三种情况, 对窝沟封闭剂的效果有两种评价指标, 保留率(retention rate)和完整保留率(complete retention rate), 前者计算方法是封闭剂保留牙数(完整保留牙数 + 部分脱落牙数)/随访牙数  $\times 100\%$ , 后者计算方法是完整保留牙数/随访牙数  $\times 100\%$ 。此外还有脱落率、完全脱落率、年脱落率等指标。

一些研究认为 SEAs 用于恒磨牙窝沟封闭不如传统磷酸酸蚀法[47] [49] [53] [58] [59] [60] [61]。Venker 等[60]对 208 名学生的恒磨牙进行了为期一年的随机对照试验, 结果发现磷酸酸蚀组的窝沟封闭剂完全保留率是 SEAs 组(Adper Prompt L-Pop)的六倍。另一项研究[62]中, 同一种 SEAs 进行窝沟封闭的完全保留率在一年时降到了 45%~47%, 使得原本为期两年的研究不得不提前结束。Yazici 等[58]对 292 颗恒磨牙进行了为期 2 年的 RCT, 结果表明 Adper Easy Bond 自酸蚀组的窝沟封闭剂完全保留率为 27.4%, 显著低于传统方法的 57.5%。

然而, 有一些临床研究的结果与此相反[18] [54] [55] [63] [64] [65] [66] [67]。Feigal 等[54]等对 7~13 岁青少年的第一/第二恒磨牙进行了自身半口 RCT, 结果表明 SEAs 组(Adper Prompt L-Pop)与磷酸酸蚀组用于窝沟封闭的两年完全保留率没有显著差异, 但是该研究样本量较少, 仅为 18 颗磨牙。彭思敏等[67]对 62 名 6~14 岁儿童的 156 颗的第一/第二恒磨牙进行了为期 12 个月的自身半口 RCT, 结果 SEAs 组(Adper Prompt L-Pop)的总保留率(91%)也和磷酸酸蚀组(88.5%)没有显著差异。计艳等[55]对 50 例 8 岁儿童的 100 颗第一磨牙进行了为期 2 年的 RCT, 结果表明 SEAs 组(Adper Easy One)和磷酸酸蚀组窝沟封闭的保留率无显著性差异。苏红如等[65]等对 360 例 7~9 岁高危患龋儿童的 720 颗下颌第一磨牙进行了为期 2 年的自身半口 RCT, 发现三种一步法 SEAs (Beautibond, Adper Easy One 和 iBond SE)用于窝沟封闭的保留率都和磷酸酸蚀没有显著差别。王伟德等[64]在 142 名 18~22 岁成人的后牙的 RCT 中发现 SEAs 组(iBond)12 个月的封闭剂保留率也和磷酸酸蚀组一致。蓝巧瑛等[18]用自身半口 RCT 的方法研究了 120 名 7~9 岁儿童的下颌第一磨牙, 得到了同样的结论。刘晶等[63]对 60 名 6~10 岁儿童进行了 RCT, 结论是 Adper Easy One 自酸蚀组窝沟封闭剂在 3 个月、6 个月和 12 个月的保留率均显著高于磷酸酸蚀组。

### 5.3. 患龋率

有研究指出, 窝沟封闭剂的脱落并不意味着其失去防龋的作用, 因为可能会有极少部分的树脂材料仍然留在窝沟内发挥作用[53] [68]。因此另一个评价窝沟封闭剂成功与否的标准是患龋率。患龋率=龋齿牙数/受检牙数  $\times 100\%$ 。诊断龋病的标准为窝沟着色、探针插入沟底或被卡住, 牙釉质软化或封闭剂边缘明显发黑[65]。大部分研究都发现自酸蚀组与传统磷酸酸蚀组在 1~2 年内没有显著差异, 且都很低[58] [64] [67]。个别研究发现 SEAs 组的患龋率高于磷酸酸蚀组[47], 或低于磷酸酸蚀组[18]。但是研究患龋率

的一个局限是无法自然长期的观察,因为通常在随访的时候会对封闭剂缺损或脱落的窝沟进行再次封闭。

## 6. SEAs 在乳磨牙窝沟封闭中的应用效果

由于学龄前儿童口腔治疗的配合性更差,使得 SEAs 用于窝沟封闭更加具有吸引力,但是相关的研究较少。张笋等[59]对 43 例不超过 42 月龄的高危患龋儿童的乳磨牙进行为期 18 个月的自身半口 RCT,结果表明 SEAs (Adper Prompt, 3M ESPE)组窝沟封闭剂完整保留率低于磷酸酸蚀组,而且患龋率高于磷酸酸蚀组。认为在低龄高危患龋儿童中不建议使用 SEAs 代替磷酸酸蚀剂进行窝沟封闭。然而,一些研究对低龄儿童进行了自身对照临床试验,结果表明一年内 SEAs 组与磷酸酸蚀组在第二乳磨牙上的封闭剂保留率没有显著差异[16] [69]。李文敏[17]对 75 例 3~4 岁儿童的 300 颗第二乳磨牙,进行为期 18 个月的自身半口 RCT。结果表明 SEAs 组的保留率和患龋率都与磷酸酸蚀组没有显著性差异。王丽娜等[70]对低龄儿童的 156 颗第二乳磨牙进行了研究,结果 SEAs 组窝沟封闭剂 12 个月和 18 个月的保留率显著高于对照组。

## 7. 小结

总体来说自酸蚀粘接剂对牙釉质的酸蚀不够充分,使封闭剂渗透性降低。同时,由于毛刷很难进入窝沟深处,而许多自酸蚀粘接剂或预处理剂要求充分涂擦牙齿表面,导致酸蚀效果受到影响,而且窝沟内堆积的粘接剂很难被完全吹干吹均,影响封闭剂的流入与固位。目前的循证医学证据认为 SEAs 单独用于窝沟封闭的保留率不如磷酸酸蚀,磷酸仍然是 RBSs 首选的酸蚀牙釉质的方法。但是还需要更多高质量多中心的 RCT 来探究窝沟封闭的临床有效性与保留率及实验室粘接强度的关系[71]。另一方面,自酸蚀粘接剂用于窝沟封闭可以缩短操作时间,且在短期的患龋率上与磷酸酸蚀组没有显著的差异。对于一些隔湿特别困难或者没有耐心、合作度很差的儿童,使用 SEAs 代替磷酸处理牙釉质可能是一种合适的过渡选择。未来的研究可以着力于酸蚀牙釉质效果更强、能与牙釉质形成更强化学粘接的 SEAs 的研发,自酸蚀/自粘接窝沟封闭剂的研发,或者尝试其他提高窝沟封闭剂固位力的方法如采用多次涂布 SEAs、SEAs 与 RBSs 共同固化、喷砂等。新材料新技术的发展将进一步扩大窝沟封闭这种经典的龋病预防方法的适应症,造福更多的儿童和青少年患者。

## 参考文献

- [1] Hou, J., Gu, Y., Zhu, L., Hu, Y., Sun, M. and Xue, H. (2017) Systemic Review of the Prevention of Pit and Fissure Caries of Permanent Molars by Resin Sealants in Children in China. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, **8**, 1-7. <https://doi.org/10.1111/jicd.12183>
- [2] Wright, J.T., Crall, J.J., Fontana, M., Gillette, E.J., Nový, B.B., Dhar, V., et al. (2016) 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. *Journal of the American Dental Association*, **147**, 672-682.e12. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.06.001>
- [3] Wright, J.T., Tampi, M.P., Graham, L., Estrich, C., Crall, J.J., Fontana, M., et al. (2016) Sealants for Preventing and Arresting Pit-and-Fissure Occlusal Caries in Primary and Permanent Molars. *Pediatric Dentistry*, **38**, 282-308.
- [4] Cvikl, B., Moritz, A. and Bekes, K. (2018) Pit and Fissure Sealants—A Comprehensive Review. *Dentistry Journal*, **6**, 1-8. <https://doi.org/10.3390/dj6020018>
- [5] Wright, J.T., Crall, J.J., Fontana, M., et al. (2016) Evidence-Based Clinical Practice Guideline for the Use of Pit-and-Fissure Sealants. *Pediatric Dentistry*, **38**, 120-136.
- [6] Kühnisch, J., Bedir, A., Lo, Y.-F., Kessler, A., Lang, T., Mansmann, U., et al. (2020) Meta-Analysis of the Longevity of Commonly Used Pit and Fissure Sealant Materials. *Dental Materials*, **36**, e158-e168. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.02.001>
- [7] 武洁, 刘茜, 陈央兰, 等. 酸蚀对乳牙玻璃离子窝沟封闭微渗漏和微拉伸强度的比较研究[J]. 口腔医学, 2020, 40(11): 1021-1025.

- [8] Sreedevi, A., Brizuela, M. and Mohamed, S. (2021) Pit and Fissure Sealants. StatPearls, Treasure Island. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448116>
- [9] Ahovuo-Saloranta, A., Forss, H., Walsh, T., Nordblad, A., Mäkelä, M. and Worthington, H.V. (2017) Pit and Fissure Sealants for Preventing Dental Decay in Permanent Teeth. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 7, CD001830. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001830.pub5>
- [10] 刘鹏辉, 朱洪光, 李凯华, 等. 不同封闭材料对乳磨牙窝沟封闭边缘微渗漏影响的实验研究[J]. 临床口腔医学杂志, 2021, 37(4): 211-214.
- [11] Papageorgiou, S.N., Dimitraki, D., Kotsanos, N., Bekes, K. and van Waes, H. (2017) Performance of Pit and Fissure Sealants According to Tooth Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Dentistry*, 66, 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.08.004>
- [12] 林挺, 卢友光, 张梦驰, 等. 口腔唾液污染和窝沟处理方式对窝沟封闭剂微渗漏影响的研究[J]. 现代口腔医学杂志, 2019, 33(2): 120-122.
- [13] Naaman, R., El-Housseiny, A.A. and Alamoudi, N. (2017) The Use of Pit and Fissure Sealants—A Literature Review. *Dentistry Journal*, 5, 34. <https://doi.org/10.3390/dj5040034>
- [14] Lam, P.P.Y., Sardana, D., Ekambaram, M., Lee, G.H.M. and Yiu, C.K.Y. (2020) Effectiveness of Pit and Fissure Sealants for Preventing and Arresting Occlusal Caries in Primary Molars: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 20, Article ID: 101404. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2020.101404>
- [15] Attar, M.H., Abdallah, M.A., Alharthy, H.A. and El Meligy, O.A. (2021) Effect of Bonding Agent on Retention of Different Sealants: An *in Vitro* Study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 45, 177-185. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-45.3.6>
- [16] Maher, M.M., Elkashlan, H.I. and El-Housseiny, A.A. (2013) Effectiveness of a Self-Etching Adhesive on Sealant Retention in Primary Teeth. *Pediatric Dentistry*, 35, 351-354.
- [17] 李文敏. 自酸蚀粘接剂在乳磨牙窝沟封闭中的应用[J]. 口腔医学研究, 2016, 32(7): 757-759.
- [18] 蓝巧瑛, 罗祖凤, 刘峥, 等. 自酸蚀粘结剂对六龄牙窝沟封闭临床效果的影响[J]. 全科口腔医学电子杂志, 2018, 5(30): 41-43.
- [19] 石镛嘉, 许良, 徐稳安. 窝沟封闭剂的研究现状与进展[J]. 口腔医学, 2020, 40(7): 660-663.
- [20] 裴丽玲, 薛欣, 吕晶, 等. 三种窝沟封闭剂边缘微渗漏及抗压强度的体外对比研究[J]. 现代口腔医学杂志, 2019, 33(3): 154-157.
- [21] Sadat Hosseinipour, Z., Heidari, A., Shahrabi, M. and Poorzandpoush, K. (2019) Microleakage of a Self-Adhesive Flowable Composite, a Self-Adhesive Fissure Sealant and a Conventional Fissure Sealant in Permanent Teeth with/without Saliva Contamination. *Frontiers in Dentistry*, 16, 239-247. <https://doi.org/10.18502/fid.v16i4.2082>
- [22] Dean, J. (2021) McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. 11th Edition, Elsevier, St. Louis, 177-184.
- [23] Carrilho, E., Cardoso, M., Marques Ferreira, M., Marto, C.M., Paula, A. and Coelho, A.S. (2019) 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability—A Systematic Review. *Materials (Basel)*, 12, 790. <https://doi.org/10.3390/ma12050790>
- [24] Fehrenbach, J., Isolan, C.P. and Münchow, E.A. (2021) Is the Presence of 10-MDP Associated to Higher Bonding Performance for Self-Etching Adhesive Systems? A Meta-Analysis of *in Vitro* Studies. *Dental Materials*, 37, 1463-1485. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.08.014>
- [25] Rosa, W.L.d.O.d., Piva, E. and Silva, A.F.d. (2015) Bond Strength of Universal Adhesives: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Dentistry*, 43, 765-776. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.003>
- [26] Pashley, D.H. and Tay, F.R. (2001) Aggressiveness of Contemporary Self-Etching Adhesives. *Dental Materials*, 17, 430-444. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(00\)00104-4](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(00)00104-4)
- [27] Perdigão, J., Lopes, M.M. and Gomes, G. (2008) *In Vitro* Bonding Performance of Self-Etch Adhesives: II—Ultramorphological Evaluation. *Operative Dentistry*, 33, 534-549. <https://doi.org/10.2341/07-133>
- [28] Grégoire, G. and Ahmed, Y. (2007) Evaluation of the Enamel Etching Capacity of Six Contemporary Self-Etching Adhesives. *Journal of Dentistry*, 35, 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.11.003>
- [29] dos Santos, K.T., Sundfeld, R.H., Garbin, C.A.S., Alexandre, R.S. de, Sundfeld, M.L.M.M. and Ceolim, B.N. (2008) Length of Resin Tags in Pit-and-Fissure Sealants: All-in-One Self-Etching Adhesive vs Phosphoric Acid Etching. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 29, 186-192.
- [30] Asselin, M.-E., Sitbon, Y., Fortin, D., Abelardo, L. and Rompre, P.H. (2009) Bond Strength of a Sealant to Permanent Enamel: Evaluation of 3 Application Protocols. *Pediatric Dentistry*, 31, 323-328.

- [31] 刘茜, 周红艳, 曹灵, 等. 不同窝沟处理及酸蚀方式封闭剂界面的扫描电镜观察[J]. 口腔生物医学, 2011, 2(2): 85-88.
- [32] Parco, T.M., Tantbirojn, D., Versluis, A. and Beiraghi, S. (2011) Microleakage of Self-Etching Sealant on Noncontaminated and Saliva-Contaminated Enamel. *Pediatric Dentistry*, **33**, 479-483.
- [33] 陈央兰, 武洁, 刘茜, 等. 一项新型窝沟封闭剂自酸蚀系统其物理性能的研究[J]. 临床口腔医学杂志, 2020, 36(3): 139-142.
- [34] Erickson, R.L., Barkmeier, W.W. and Kimmes, N.S. (2009) Fatigue of Enamel Bonds with Self-Etch Adhesives. *Dental Materials*, **25**, 716-720. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.12.001>
- [35] Kensch, A., Dähne, F., Wagenschwanz, C., Richter, G., Viergutz, G. and Hannig, C. (2016) Shear Bond Strength of Different Types of Adhesive Systems to Dentin and Enamel of Deciduous Teeth *in Vitro*. *Clinical Oral Investigations*, **20**, 831-840. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1560-y>
- [36] Pitchika, V., Birlbauer, S., Chiang, M.-L., Schuldt, C., Crispin, A., Hickel, R. and Kühnisch, J. (2018) Shear Bond Strength and Microleakage of a New Self-Etch Adhesive Pit and Fissure Sealant. *Dental Materials Journal*, **37**, 266-271. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-072>
- [37] Schuldt, C., Birlbauer, S., Pitchika, V., Crispin, A., Hickel, R., Ilie, N. and Kühnisch, J. (2015) Shear Bond Strength and Microleakage of a New Self-Etching/Self-Adhesive Pit and Fissure Sealant. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **17**, 491-497. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-323>
- [38] Peutzfeldt, A. and Nielsen, L.A. (2004) Bond Strength of a Sealant to Primary and Permanent Enamel: Phosphoric Acid versus Self-Etching Adhesive. *Pediatric Dentistry*, **26**, 240-244.
- [39] Al-Sarheed, M. (2006) Bond Strength of 4 Sealants Using Conventional Etch and a Self-Etching Primer. *Journal of Dentistry for Children (Chicago, Ill.)*, **73**, 37-41.
- [40] Perdigão, J., Fundingsland, J.W., Duarte, S. and Lopes, M. (2005) Microtensile Adhesion of Sealants to Intact Enamel. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **15**, 342-348. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2005.00623.x>
- [41] Bagherian, A. and Shirazi, A.S. (2018) Flowable Composite as Fissure Sealing Material? A Systematic Review and Meta-Analysis. *British Dental Journal*, **224**, 92-97. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.40>
- [42] Ramesh, H., Ashok, R., Rajan, M., Balaji, L. and Ganesh, A. (2020) Retention of Pit and Fissure Sealants versus Flowable Composites in Permanent Teeth: A Systematic Review. *Heliyon*, **6**, e04964. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04964>
- [43] Sharma, R., Prajapati, D., Nayak, U.A., Pawar, A. and Kappadi, D. (2018) Comparative Clinical Evaluation of Resin-Based Pit and Fissure Sealant and Self-Adhering Flowable Composite: An *in Vivo* Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **11**, 430-434. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1552>
- [44] Gorseta, K., Borzabadi-Farahani, A., Vrazic, T. and Glavina, D. (2019) An *In-Vitro* Analysis of Microleakage of Self-Adhesive Fissure Sealant vs. Conventional and GIC Fissure Sealants. *Dentistry Journal*, **7**, 32. <https://doi.org/10.3390/dj7020032>
- [45] Kim, H.-J., Choi, H.-J., Kim, K.-Y. and Kim, K.-M. (2020) Effect of Heat and Sonic Vibration on Penetration of a Flowable Resin Composite Used as a Pit and Fissure Sealant. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **44**, 41-46. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-44.1.7>
- [46] 周红艳, 张晓旻, 曹灵, 等. 不同渗透时间对窝沟封闭边缘封闭性能的影响[J]. 口腔医学, 2021, 41(7): 599-602.
- [47] Sakkas, C., Khomenko, L. and Trachuk, I. (2013) A Comparative Study of Clinical Effectiveness of Fissure Sealing with and without Bonding Systems: 3-Year Results. *European Archives of Paediatric Dentistry*, **14**, 73-81. <https://doi.org/10.1007/s40368-013-0022-y>
- [48] Aman, N., Khan, F.R., Salim, A. and Farid, H. (2015) A Randomized Control Clinical Trial of Fissure Sealant Retention: Self Etch Adhesive versus Total Etch Adhesive. *Journal of Conservative Dentistry*, **18**, 20-24. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.148883>
- [49] Bagherian, A., Sarraf Shirazi, A. and Sadeghi, R. (2016) Adhesive Systems under Fissure Sealants: Yes or No? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Dental Association (1939)*, **147**, 446-456. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.01.014>
- [50] Martignon, S. and Zarta, O.L. (2017) The Use of Adhesive Systems under Fissure Sealants Improves Their Retention, with Etch-and-Rinse Performing Better than Self-Etching Adhesive Systems. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*, **17**, 56-58. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2017.01.012>
- [51] Erbas Unverdi, G., Atac, S.A. and Cehreli, Z.C. (2017) Effectiveness of Pit and Fissure Sealants Bonded with Different Adhesive Systems: A Prospective Randomized Controlled Trial. *Clinical Oral Investigations*, **21**, 2235-2243. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-2016-8>



- [52] Karaman, E., Yazici, A.R., Tuncer, D., Firat, E., Unluer, S. and Baseren, M. (2013) A 48-Month Clinical Evaluation of Fissure Sealants Placed with Different Adhesive Systems. *Operative Dentistry*, **38**, 369-375. <https://doi.org/10.2341/12-181-C>
- [53] Botton, G., Morgental, C.S., Scherer, M.M., Lenzi, T.L., Montagner, A.F. and Rocha, R.d.O. (2016) Are Self-Etch Adhesive Systems Effective in the Retention of Occlusal Sealants? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **26**, 402-411. <https://doi.org/10.1111/ipd.12214>
- [54] Feigal, R.J. and Quelhas, I. (2003) Clinical Trial of a Self-Etching Adhesive for Sealant Application: Success at 24 Months with Prompt L-Pop. *American Journal of Dentistry*, **16**, 249-251.
- [55] 计艳, 林梓桐, 郑丽纯, 等. 自酸蚀粘结剂在磨牙窝沟封闭中的临床应用效果分析[J]. 临床口腔医学杂志, 2016, 32(11): 665-667.
- [56] Kühnisch, J., Mansmann, U., Heinrich-Weltzien, R. and Hickel, R. (2012) Longevity of Materials for Pit and Fissure Sealing—Results from a Meta-Analysis. *Dental Materials*, **28**, 298-303. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.002>
- [57] Mickenautsch, S. and Yengopal, V. (2013b) Validity of Sealant Retention as Surrogate for Caries Prevention—A Systematic Review. *PLoS ONE*, **8**, e77103. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077103>
- [58] Yazici, A.R., Bayazit, E.O., Kutuk, Z.B., Ozgunaltay, G., Ergin, E. and Berber, A. (2018) Clinical Follow-Up of a Fissure Sealant Placed Using Different Adhesive Protocols: A 24-Month Split-Mouth Study. *Operative Dentistry*, **43**, 362-371. <https://doi.org/10.2341/17-055-C>
- [59] 张笋, 秦满, 李静. 自酸蚀和磷酸酸蚀窝沟封闭术的临床比较[J]. 华西口腔医学杂志, 2008, 26(6): 630-632.
- [60] Venker, D.J., Kuthy, R.A., Qian, F. and Kanellis, M.J. (2004) Twelve-Month Sealant Retention in a School-Based Program Using a Self-Etching Primer/Adhesive. *Journal of Public Health Dentistry*, **64**, 191-197. <https://doi.org/10.1111/j.1752-7325.2004.tb02752.x>
- [61] 黄诺蓓, 刘丽君, 陈志斌, 等. 窝沟封闭术酸蚀方法研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2013, 6(10): 621-623.
- [62] Fuks, A.B. and Kupietzky, A. (2007) Assessment of Two Curing Systems in a Self-Etching Primer/Adhesive Sealant: A Preliminary Study for a Clinical Trial. *European Archives of Paediatric Dentistry*, **8**, 171-174. <https://doi.org/10.1007/BF03262590>
- [63] 刘晶. 观察使用自酸蚀粘结剂对第一恒磨牙窝沟封闭的临床作用[J]. 全科口腔医学电子杂志, 2018, 5(27): 24-25.
- [64] 王伟德. 自酸蚀粘接剂用于成人窝沟封闭防龋效果研究[J]. 延安大学学报(医学科学版), 2018, 16(1): 45-47.
- [65] 苏红如, 徐培成, 钱文昊. 应用一步法自酸蚀黏结系统进行窝沟封闭的效果评价[J]. 上海口腔医学, 2016, 25(3): 317-321.
- [66] 王璐, 高云, 韩耀伦. 自酸蚀与磷酸酸蚀对第一恒磨牙窝沟封闭术的临床比较[J]. 中国继续医学教育, 2016, 8(11): 151-153.
- [67] 彭思敏, 赵玮, 林家成, 等. 自酸蚀黏结剂对恒牙窝沟封闭的疗效评价[J]. 上海口腔医学, 2006(6): 571-574.
- [68] Mickenautsch, S. and Yengopal, V. (2013a) Retention Loss of Resin Based Fissure Sealants—A Valid Predictor for Clinical Outcome? *The Open Dentistry Journal*, **7**, 102-108. <https://doi.org/10.2174/18742106201305130001>
- [69] 高雪彬, 张琦, 李晶, 等. 低龄儿童行窝沟封闭术时酸蚀剂选择的临床研究[J]. 国际口腔医学杂志, 2017, 44(4): 433-436.
- [70] 王丽娜. 自酸蚀法与磷酸酸蚀法应用于低龄儿童乳磨牙窝沟封闭术的临床效果比较研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2018, 11(10): 621-623.
- [71] Cocco, A.R., Cuevas-Suárez, C.E., Liu, Y., Lund, R.G., Piva, E. and Hwang, G. (2020) Anti-Biofilm Activity of a Novel Pit and Fissure Self-Adhesive Sealant Modified with Metallic Monomers. *Biofouling*, **36**, 245-255. <https://doi.org/10.1080/08927014.2020.1748603>