

## 乳牙龋病的过渡性治疗研究进展

叶长缨<sup>1,2</sup> 谢静<sup>2</sup> 丁桂聪<sup>2</sup>

<sup>1</sup>广州医科大学附属第三医院口腔科,广州 510150;<sup>2</sup>深圳市儿童医院口腔科,深圳 518034

通信作者:丁桂聪,Email:dgc\_67@sina.com

**【摘要】** 牙科恐惧症儿童在门诊中较为常见,对于这类患儿通常无法通过常规手段完成口腔治疗。过渡性治疗通过促进牙齿再矿化、隔绝致龋菌的营养供给,从而在一定程度上抑制龋病进展,为乳牙的进一步治疗及恒牙的正常替换争取时间,是较为安全、简易和经济的治疗方式,更易成为被患儿和家长接受的替代治疗手段。本文就乳牙龋病的几种过渡性治疗方式的研究进展进行综述。

**【关键词】** 龋齿; 药物疗法; 过渡性充填修复; 霍尔技术

**基金项目:**广东省高水平医院建设专项经费(ynkt2021-zz13)

**引用著录格式:**叶长缨,谢静,丁桂聪.乳牙龋病的过渡性治疗研究进展[JOL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2023,17(5):365-370.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.05.008

### Research advances in interim treatment of deciduous tooth caries

Ye Changying<sup>1,2</sup>, Xie Jing<sup>2</sup>, Ding Guicong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Stomatology, The Third Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510150, China;

<sup>2</sup>Department of Stomatology, Shenzhen Children's Hospital, Shenzhen 518034, China

Corresponding author: Ding Guicong, Email: dgc\_67@sina.com

**【Abstract】** Children with dental phobia are very common in clinics, and it is usually not possible to complete oral treatment through conventional methods for these children. By promoting tooth remineralization and isolating the nutrition supply of cariogenic bacteria, interim treatment can restrain the progress of caries to a certain extent, and gain time for further treatment of deciduous teeth and normal replacement of permanent teeth. It is safe, simple and economical, such that it is expected to become an alternative treatment that is more easily accepted by children and parents. This article reviewed the research advances of several interim treatment methods for deciduous tooth caries.

**【Key words】** Dental caries; Drug therapy; Interim therapeutic restoration; Hall technique

**Fund program:** Guangdong High - level Hospital Construction Fund(ynkt2021-zz13)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.05.008

龋病是儿童口腔疾病中常见且高发的疾病,是影响儿童口腔健康的重要因素之一,未及时治疗可能会导致乳牙早失,进而影响儿童的营养和生长发育。我国儿童患龋率较高,根据第四次全国口腔健康流行病学调查结果,我国3~5岁年龄组乳牙患龋率为50.8%~71.9%<sup>[1]</sup>,治疗需求大。牙科恐惧症在儿童中并不罕见,根据不同国家、地区流行病学调查显示,约5%~80%的儿童患有牙科恐惧症<sup>[2]</sup>,这导致患儿难以通过常规方法配合检查或治疗,甚至因情绪、行为失控而导致意外损伤,增加医疗风险。此外,乳牙龋坏及早失对患儿心理也产生一定程度的影响<sup>[3]</sup>。如何积极有效地应对牙科恐惧症,是儿童口腔医师每天都需要面对的一项挑战。

对于无法配合龋病治疗的患儿,全身麻醉、药物镇静等舒适化治疗选择逐渐被接受并推广,但因药物本身所带来的风险、各级医疗机构医疗条件制约及患儿自身身体条件的限制,使上述舒适化治疗手段无法完全覆盖。乳牙龋病的过渡性治疗可通过更微创的治疗方法,有效地控制龋病的进展和保留乳牙,成为一种龋病治疗补充手段,因此本文将对乳牙龋病的几种过渡性治疗方式进行综述。

#### 一、过渡性治疗的理论基础及意义

Rajan等<sup>[4]</sup>和Monteiro等<sup>[5]</sup>认为,乳牙牙髓在乳牙替换、牙根吸收的过程中仍在行使感觉、防御和修复的功能。田璧君等<sup>[6]</sup>学者也指出,乳牙患龋率与第一恒磨牙患龋率显著相关,其中第二乳磨牙龋与第一恒磨牙龋之间相关性最强。因此,乳牙龋病的治疗目的不仅局限在保留牙齿以保持牙列完整性,保留健康牙髓还有利于牙列正常替换。

目前公认的龋病病因学说是四联因素学说,主要包括细菌、口腔环境、宿主和时间。尽管口腔中普遍存在牙菌斑沉积,但龋病通常见于特定的好发部位,这是因为这些部位为致龋菌提供了合适而稳定的微环境,使其有足够的时间成熟、侵蚀牙体。一旦龋洞形成,适合牙菌斑定植及可利用的空间会显著增加。该现象表明,牙菌斑内的微生物群落对环境变化非常敏感,其细菌种群、组成会发生变化,当微环境向不利于致龋菌生存的方向改变时,致龋菌将因此降低其侵蚀牙体的潜力<sup>[7-8]</sup>。乳牙龋病过渡性治疗是基于乳牙发育特点

和龋病发展规律,在龋病进展累及牙髓之前进行早期介入和保守治疗的方法,旨在阻断上述致龋因素,通过修复龋损、提高抗龋能力和促进自我修复等手段,尽可能延缓甚至终止龋病的进展,保护牙髓的正常生理功能,为进一步的完善治疗以及牙列正常替换争取时间,实现龋齿治疗个体化、微创性和可持续性。

对于牙科恐惧症患者和家长而言,过渡性治疗是一种较为舒适、简单和经济的治疗方式,能够更好地维护患儿的身心健康,帮助其克服恐惧、解除心理障碍,提高患儿治疗合作度,降低意外损伤风险。其次,过渡性治疗能够在一定程度上控制龋坏的进展,减少龋齿的损失和治疗次数,有助于保护乳牙牙体组织和牙弓的正常发育,避免因乳牙早失而导致咬合问题以及对恒牙的不利影响。另外,过渡性治疗还能为儿童口腔健康的长期维护奠定基础,培养正确的口腔卫生习惯和健康生活方式,促进儿童口腔健康水平提高。目前,较为常见的过渡性治疗方式包括药物治疗、非创伤性修复治疗(atraumatic restorative therapy, ART)、过渡性充填治疗(interim therapeutic restoration, ITR)及霍尔技术(Hall technique, HT)。

## 二、龋病的药物治疗

常规的龋病治疗过程主要包括去腐、备洞和充填修复等步骤,因恐惧麻药注射疼痛、去腐酸痛、口腔进水及牙科手机声音,对一些患儿而言,上述治疗流程难以接受。研究表明,在某些情况下不借助修复手段也可能阻止龋病进展<sup>[9]</sup>。龋病的药物治疗常用于恒牙早期尚未形成龋洞的釉质龋,或1年内将被恒牙替换的乳前牙邻面浅龋及乳磨牙面广泛性浅龋,亦或是静止龋(如面点隙龋损)。因其无创、无刺激的特点,使其更容易被牙科恐惧症患者所接受。目前,比较常见的龋病治疗药物包括氟化钠涂料(NaF)、氟化氨银(silver diamine fluoride, SDF)等。

氟化物涂料的局部应用作为一种预防龋齿的有效措施,在过去几十年被广泛应用于儿童口腔健康管理,对全球范围的患龋率下降做出了贡献。其作用机制包括增强牙釉质的抗酸性、促进其再矿化、影响致龋菌的代谢活性。为了预防龋齿,氟化物涂料的推荐应用频率为2次/年<sup>[10]</sup>,而中龋和高龋风险患者是1次/3个月。5%的NaF是最常见的一种氟化物涂料,但它一般用于预防而不是治疗龋病。有研究尝试增加使用NaF涂料的频率(1次/周,连续3周)来探究NaF对龋病的治疗效果,然而实验结果表明,通过增加NaF涂料的使用频率的牙本质龋抑制效果仍远不如每年使用1次SDF<sup>[11]</sup>。有学者指出,氟化物加速了釉质龋表层的矿化,可阻碍矿物质进入龋损的深部进行再矿化,因此NaF对于牙本质龋治疗效果不理想<sup>[12]</sup>。

38%的SDF被认为是最有效、最经济的氟化物治疗方式<sup>[13]</sup>,不同于其他氟化物涂料,SDF能够停滞龋病的进展并防止新发龋病的形成<sup>[14]</sup>,每半年涂布1次SDF的抑龋效果最好<sup>[15]</sup>。一项荟萃分析发现,SDF的总体龋病抑制率为81%<sup>[16]</sup>。尽管目前其作用机制尚未完全明确,但有研究认为这可能是银离子和氟离子协同作用的结果:银离子发挥杀菌作用,并沉积

在死菌细胞内及蛋白质上,当再次接触活菌时可重新发挥杀菌作用,从而持续抑制生物膜形成;涂布SDF后主要产生抗酸性较强的氟羟基磷灰石;银离子和氟离子也抑制胶原酶的活性,从而保护胶原蛋白不被降解;此外,该试剂可使龋齿病灶周围微环境变为碱性,从而导致部分相关酶失活<sup>[17-19]</sup>。Chu等<sup>[20]</sup>发现,SDF可有效终止学龄前儿童的龋病进展,在随后30个月的随访中未发现明显龋坏,并且是否去腐对SDF的龋病抑制效果无明显影响。

尽管SDF有较好的龋病抑制效果,但也存在某些公认的缺点,如牙釉质及牙本质龋损永久性变黑、腐蚀黏膜,以及使皮肤暂时性色素沉着(银离子无法穿透真皮层,当角质细胞在14 d周期性脱落时会更新着色的皮肤<sup>[21]</sup>),当剩余健康牙本质厚度 $\leq 1$  mm时SDF还会影响牙髓细胞活性<sup>[22]</sup>。为了避免这些不良反应,SDF不适合应用于龋坏深度较深的患牙,同时,在SDF涂布过程中应注意术区的隔湿。有学者提出了几种可能有助于改善SDF导致的牙齿变黑的方法,包括使用碘化钾、银纳米粒子、氟化银、硒或其他具有抗菌作用的金属<sup>[23-24]</sup>。Ellenikotis等<sup>[25]</sup>研究发现,儿童使用SDF引起血清氟中毒的风险很小。另一项研究表明,局部应用38%的SDF时摄氟量显著低于5%的NaF清漆,即使对所有20颗乳牙都使用SDF,也不易引起儿童氟中毒<sup>[26]</sup>。在一项涵盖全球4 000多名幼儿的临床试验中,应用推荐量的SDF没有发生死亡或全身不良反应的报告。因此,SDF可被视为安全且长效的龋病治疗药物<sup>[27]</sup>,临床上可根据患儿的病情及要求选择不同的药物。在抑制牙本质龋方面,38% SDF的表现优于5% NaF,但两者对于牙釉质龋抑制效果相当。因此,对于只有牙釉质龋的儿童,5% NaF是避免38% SDF带来的外观问题的更好选择,而38% SDF更适用于患有牙本质龋且美观要求不高的儿童<sup>[28]</sup>。

## 三、非创伤性修复治疗

ART是一种旨在为无法提供常规口腔治疗的中低收入国家等条件较差地区提供简便龋齿治疗的技术,该技术于20世纪80年代在坦桑尼亚提出,如今已在全球范围得到广泛应用。ART技术主要由两部分组成,即首先使用手持器械打开龋洞表面以提供足够空间并去除软化的龋坏牙本质,然后使用玻璃离子修复龋洞并封闭易患龋的窝沟<sup>[29]</sup>。

ART技术的非创伤性主要体现在2个方面:(1)在患者体验方面,ART操作简便快捷,疼痛及声音刺激较少,并且避免或减少了局部麻醉的应用,可改善患儿的治疗体验,因此相比于涡轮器械的常规口腔治疗,ART技术能减少治疗导致的部分焦虑<sup>[30-32]</sup>;(2)牙体组织的微创,ART遵循最小干预牙科(minimal intervention dentistry, MID)概念,只去除龋坏的牙本质以阻止龋病的发展,并最大限度保留健康牙体组织。

目前,ART技术最常用的充填修复材料是高黏度玻璃离子。Forsten<sup>[33]</sup>指出,玻璃离子最初有“爆发”释氟效应,该效应在充填早期有利于阻止龋齿进展,并诱导脱矿牙体组织再矿化。玻璃离子在经过初期释放之后其氟释放水平逐渐减少,几个月后稳定在一个恒定的水平,并可长期从外界摄氟

以维持氟的持续释放,从而成为牙齿氟库长期发挥抑制龋病的作用。然而,ART技术也存在一些限制和挑战。玻璃离子对于单面龋洞的修复效果较好,但应用在多面龋洞(如Ⅱ类洞)时脱落率较高<sup>[34-35]</sup>。一项研究指出,ART技术对乳磨牙单面洞的术后2年修复体存活率为(94.3±1.5)%,对多面洞则为(65.4±3.9)%,因此多面龋洞或大面积龋坏的患牙不建议使用ART<sup>[36]</sup>。继续探索ART技术的效果和影响因素,对完善该技术的应用显得尤为重要。

ART技术配合使用SDF时,能在发挥后者抑龋功能的同时改善患牙的美观问题。Mei等<sup>[37]</sup>的实验证明38% SDF可有效增加玻璃离子对龋病进展的抗性。一项体外实验指出,在充填玻璃离子前涂布SDF可能会降低其粘接强度。然而,Ng等<sup>[38]</sup>在恒牙的体外研究中提出了不同观点,认为SDF不会影响玻璃离子的粘接性能,并且在涂布SDF后1周再行玻璃离子充填的粘接力显著强于涂布SDF后即刻行玻璃离子充填。SDF对玻璃离子的粘接效果影响尚存争议,这可能对其治疗效果产生一定的影响,未来需要更多的实验评估ART搭配使用SDF的临床可行性。

#### 四、过渡性充填治疗

ITR在操作上与ART近似,两者概念常常被混淆。两种技术的治疗目的有显著的不同。ITR是一种临时性的治疗方式,包含一期临时充填与二期延期完善修复两个阶段,其第一阶段目的为抑制龋病进展,尽可能保持牙髓健康,避免患牙因龋早失,从而为二期更完善的治疗或牙列的正常替换争取时间,此法常被应用于无法配合常规治疗的患儿,或用于难以获得常规治疗所需修复条件的病例,或是龋病控制比完善修复更迫切等情况下需要延期治疗的病例,以及患牙临近替换的情况。ITR可视为一项姑息性治疗技术,当确认患牙牙髓状况后,可去除原充填材料改行封闭性更好的修复治疗(如树脂充填修复、金属预成冠修复)<sup>[39]</sup>。而ART作为一种特殊技术,主要用于开展龋病的预防和治疗,临床实践中常因缺少后续治疗条件而无法进行二期修复。ITR自2000年后逐渐被引入临床实践,并在不断的改进和发展中得到了广泛应用。

当前,关于多面龋洞治疗效果的研究主要以充填体脱落作为治疗失败标准,研究者们也致力于提高多面龋洞的充填体存活率。但有学者提出即使修复体脱落,如乳牙并没有显示出龋病进展或牙髓受累的迹象,则仍然表明其在保护乳牙牙髓活力和保持乳牙寿命方面是有效的,因此也可将其视为某种意义上的治疗成功<sup>[40]</sup>。Lim等<sup>[41]</sup>研究发现,尽管ITR比全身麻醉下完善充填治疗的充填体脱落率更高,但两组间的牙齿疼痛发生率却没有明显差异,同时ITR还可在一定程度上提高患儿治疗依从性。一项为期6年的研究发现,即使玻璃离子充填体脱落或部分脱落,仍可显示出较好的龋病抑制效果,这可能是由于玻璃离子对牙体组织的强化矿化作用使龋坏进展延缓,并且窝沟深处可能残留的部分玻璃离子能够持续发挥抑龋作用<sup>[42]</sup>。值得注意的是,接受ITR治疗后患儿必须密切随访,定期复查,一旦充填物脱落,可再次重复ITR

治疗,防止龋坏继续进展。

#### 五、霍尔技术

HT由来自苏格兰的口腔全科医师Norna Hall提出,是一种治疗乳磨牙龋病的方法,它的特点是不需要进行局部麻醉、去腐或牙体预备,而是使用玻璃离子水门汀将大小合适的金属预成冠粘戴在患牙上,从而完全封闭龋坏组织,改变致龋菌的生存环境并断绝其营养供给,从而达到抑制龋病进展的目的。HT常用于邻面龋损,或殆面龋损且患儿不愿接受去腐或充填修复的病例,但HT无法用于已出现累及牙髓症状的病例、影像学显示可能累及牙髓、出现根尖周病变的患牙,或牙体缺损面积过大而无法修复的患牙,以及无法在治疗中保障气道安全的患儿<sup>[43]</sup>。Elbahary等<sup>[44]</sup>研究表明,尽管接受HT治疗的患牙比接受常规金属预成冠修复的患牙存在更多的细菌,但绝大多数细菌并不具备活性,而且两者的边缘封闭性接近,这表明是否去龋并不是实现良好封闭的必要条件。根据Innes等<sup>[8,45]</sup>的一系列随机对照试验发现,HT的治疗成功率在1年内可达99%,2年为98%,5年仍高达97%,且当观察时间长于2年时,HT在保护牙髓和修复体存留方面的表现均优于传统治疗方式。

在治疗体验上,研究发现HT比传统金属预成冠修复<sup>[46]</sup>和传统充填修复<sup>[47]</sup>舒适度更高,并且HT的治疗用时更短,更容易被患儿和家长接受<sup>[48]</sup>。澳大利亚一项研究表明,HT与ART均可在一定程度上缓解患儿的牙科恐惧症<sup>[49]</sup>。尽管有证据表明HT可能比ART带来更多的不适感,但在修复体存活率上HT远高于ART<sup>[50-51]</sup>及直接修复<sup>[52]</sup>。与传统修复方法相比,ART修复多面洞的成功率较低<sup>[53-54]</sup>。表明,对于多个面龋坏的患牙,HT应该是首选的微创治疗技术。

尽管HT防龋效果显著,但因其不备牙的特点,可能对患儿的咬合及颞下颌关节产生不可逆的损害。然而,随着逐渐增多的随机对照试验,其研究结果正逐渐消除对于HF不利影响的顾虑。HT不可避免地会增加患儿垂直咬合高度,Gallagher等<sup>[55]</sup>对20例行金属预成冠修复治疗后患儿的咬合情况进行了统计,发现绝大多数患儿在4周后可以恢复原有咬合,并且多数患儿不会产生明显不适。Kaya等<sup>[56]</sup>的实验也提示,HT不太可能引起颞下颌关节紊乱。这一系列研究都证明HT是一项安全有效的治疗技术。

#### 六、结语

儿童的牙齿、颌面部结构处于动态变化中,其心理变化与成长也不容忽视,这使得儿童口腔医师在日常乳牙龋病诊疗中无法一味地追求完善的充填治疗方式。综上,乳牙龋病的过渡性治疗是一种安全、有效的方法,可以帮助延缓龋病进展,保护患牙牙髓,为后续恒牙列正常替换或者更完善的口腔治疗争取时间、创造条件,同时也减轻了患儿和家长的痛苦和负担,在临床实践中得到了广泛应用。

不同的过渡性治疗方法各有其适用条件,应根据患牙的具体情况和患儿的需求进行选择。其选择和应用仍需进一步研究和探讨,例如探索过渡性治疗在特殊人群中的应用效果,以及不同过渡性治疗技术的联合应用等。随着技术、材

料的不断发展和临床实践的不断积累,对于乳牙龋病的治疗方法也将不断完善和改进。

此外,尽管乳牙龋病的治疗方法不断更新,但预防仍然是最为重要的措施。成都市一项调查表明,低龄儿童患龋风险与家庭口腔卫生行为显著相关<sup>[57]</sup>。口腔卫生宣教可有效提高儿童牙科就诊配合程度,并可对正确刷牙和使用牙线的行为产生积极有效的影响<sup>[58]</sup>。因此,儿童口腔医师应重视口腔卫生宣教,培养儿童良好的口腔卫生习惯,减少高糖饮食的摄入,定期接受口腔检查,并在必要时进行龋齿风险评估和窝沟封闭等预防措施,以达到减少乳牙龋病发生、延长牙齿寿命和提高儿童口腔健康水平的最终目标。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] 王兴,冯希平,李志新.第四次全国口腔健康流行病学调查报告[M].北京:人民卫生出版社,2018.
- [2] 谷楠,刘富萍,张宇娜,等.儿童牙科焦虑症的治疗及其研究进展[J].国际口腔医学杂志,2015,42(5):575-577. DOI:10.7518/gjkq.2015.05.022.
- [3] Li MY, Zhi QH, Zhou Y, et al. Impact of early childhood caries on oral health-related quality of life of preschool children [J]. *Eur J Paediatr Dent*, 2015, 16(1):65-72. DOI:10.3390/children10071123.
- [4] Rajan S, Day PF, Christmas C, et al. Pulpal status of human primary molars with coexisting caries and physiological root resorption [J]. *Int J Paediatr Dent*, 2014, 24(4):268-276. DOI:10.1111/ipd.12070.
- [5] Monteiro J, Day P, Duggal M, et al. Pulpal status of human primary teeth with physiological root resorption [J]. *Int J Paediatr Dent*, 2009, 19(1):16-25. DOI:10.1111/ipd.12070.
- [6] 田璧君,秦满.儿童乳牙龋与第一恒磨牙患龋风险相关性的研究进展[J].北京口腔医学,2020,28(1):55-57. DOI:CNKI:SUN:BJKX.0.2020-01-019.
- [7] Marsh PD. Dental plaque as a microbial biofilm [J]. *Caries Res*, 2004, 38(3):204-211. DOI:10.1159/000077756.
- [8] Innes NP, Evans DJ, Stirrups DR. Sealing caries in primary molars: Randomized control trial, 5-year results [J]. *J Dent Res*, 2011, 90(12):1405-1410. DOI:10.1016/j.jdent.2022.104382.
- [9] Lo EC, Schwarz E, Wong MC. Arresting dentine caries in Chinese preschool children [J]. *Int J Paediatr Dent*, 1998, 8(4):253-260. DOI:10.1002/sim.4094.
- [10] America's Pediatric Dentists. Fluoride Therapy [EB/OL]. 2023 [2023-04-01]. <https://www.aapd.org/research/oral-health-policies--recommendations/fluoride-therapy/>.
- [11] Duangthip D, Wong MCM, Chu CH, et al. Caries arrest by topical fluorides in preschool children: 30-month results [J]. *J Dent*, 2018, 70:74-79. DOI:10.1016/j.jdent.2017.12.013.
- [12] Aldhaian BA, Balhaddad AA, Alfaii AA, et al. *In vitro* demineralization prevention by fluoride and silver nanoparticles when applied to sound enamel and enamel caries-like lesions of varying severities [J]. *J Dent*, 2021, 104:103536. DOI:10.1016/j.jdent.2020.103536.
- [13] Jain A, Deshpande AN, Shah YS, et al. Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in preventing new carious lesion in preschoolers: A randomized clinical trial [J]. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2023, 16(1):1-8. DOI:10.5005/jp-journals-10005-2488.
- [14] Rosenblatt A, Stamford TC, Niederman R. Silver diamine fluoride: A caries "silver-fluoride bullet" [J]. *J Dent Res*, 2009, 88(2):116-125. DOI:10.1177/0022034508329406.
- [15] Zaffarano L, Salerno C, Campus G, et al. Silver diamine fluoride (SDF) efficacy in arresting cavitated caries lesions in primary molars: A systematic review and metanalysis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(19):12917. DOI:10.3390/ijerph191912917.
- [16] Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, et al. Clinical trials of silver diamine fluoride in arresting caries among children: A systematic review [J]. *JDR Clin Trans Res*, 2016, 1(3):201-210. DOI:10.1177/2380084416661474.
- [17] Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Arresting dentine caries with silver diamine fluoride: What's behind it? [J]. *J Dent Res*, 2018, 97(7):751-758. DOI:10.1177/0022034518774783.
- [18] Mei ML, Li QL, Chu CH, et al. The inhibitory effects of silver diamine fluoride at different concentrations on matrix metalloproteinases [J]. *Dent Mater*, 2012, 28(8):903-908. DOI:10.1016/j.dental.2012.04.011
- [19] Mei ML, Li QL, Chu CH, et al. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries [J]. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*, 2013, 12:4. DOI:10.1186/1476-0711-12-4.
- [20] Chu CH, Lo EC, Lin HC. Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in arresting dentin caries in Chinese pre-school children [J]. *J Dent Res*, 2002, 81(11):767-770. DOI:10.1177/0810767.
- [21] Jackson SM, Williams ML, Feingold KR, et al. Pathobiology of the stratum corneum [J]. *West J Med*, 1993, 158(3):279-285.
- [22] Hu S, Muniraj G, Mishra A, et al. Characterization of silver diamine fluoride cytotoxicity using microfluidic tooth-on-a-chip and gingival equivalents [J]. *Dent Mater*, 2022, 38(8):1385-1394. DOI:10.1016/j.dental.2022.06.025.
- [23] Almuqrin A, Kaur IP, Walsh LJ, et al. Amelioration strategies for silver diamine fluoride: Moving from black to white [J]. *Antibiotics (Basel)*, 2023, 12(2):298. DOI:10.3390/antibiotics12020298.
- [24] Asghar M, Omar RA, Yahya R, et al. Approaches to minimize tooth staining associated with silver diamine fluoride: A systematic review [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2023, 35(2):322-332. DOI:10.1111/jerd.13013.
- [25] Ellenikiotis H, Chen KF, Soleimani - Meigooni DN, et al. Pharmacokinetics of 38 percent silver diamine fluoride in

- children [J]. *Pediatr Dent*, 2022, 44(2):114-121.
- [26] Yan IG, Zheng FM, Gao SS, et al. Fluoride delivered via a topical application of 38% SDF and 5% NaF [J]. *Int Dent J*, 2022, 72(6):773-778. DOI:10.1016/j.identj.2022.03.004.
- [27] Mijan MC, Frencken JE, Schwass DR, et al. Microcomputed tomography evaluation of dentine mineral concentration in primary molars managed by three treatment protocols [J]. *Caries Res*, 2018, 52(4):303-311. DOI:10.1159/000485983.
- [28] Phonghanyudh A, Duangthip D, Mabangkhu S, et al. Is silver diamine fluoride effective in arresting enamel caries? A randomized clinical trial [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(15):8992. DOI:10.3390/ijerph19158992.
- [29] Frencken J, van Amerogen E, Phantumvanit P, et al. Manual for the Atraumatic Restorative Treatment approach to control dental caries [EB/OL]. (2014 - 05 - 21) [2023 - 02 - 10]. <https://www.researchgate.net/publication/228553340>.
- [30] de Menezes Abreu DM, Leal SC, Mulder J, et al. Pain experience after conventional, atraumatic, and ultraconservative restorative treatments in 6- to 7-yr-old children [J]. *Eur J Oral Sci*, 2011, 119(2):163-168. DOI:10.1111/j.1600-0722.2011.00806.x.
- [31] Schriks MC, van Amerongen WE. Atraumatic perspectives of ART: psychological and physiological aspects of treatment with and without rotary instruments [J]. *Community Dent Oral Epidemiol*, 2003, 31(1):15-20. DOI:10.1034/j.1600-0528.2003.00021.x.
- [32] de Menezes Abreu DM, Leal SC, Frencken JE. Self-report of pain in children treated according to the atraumatic restorative treatment and the conventional restorative treatment: A pilot study [J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2009, 34(2):151-155. DOI:10.17796/jcpd.34.2.9k67p786l7126263.
- [33] Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect [J]. *Biomaterials*, 1998, 19(6):503-508. DOI:10.1016/s0142-9612(97)00130-0.
- [34] Koenraads H, van der Kroon G, Frencken JE. Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities [J]. *Dent Mater*, 2009, 25(4):551-556. DOI:10.1016/j.dental.2008.12.008.
- [35] de Amorim RG, Leal SC, Frencken JE. Survival of atraumatic restorative treatment (ART) sealants and restorations: A meta-analysis [J]. *Clin Oral Investig*, 2012, 16(2):429-441. DOI:10.1007/s00784-011-0513-3.
- [36] de Amorim RG, Frencken JE, Raggio DP, et al. Survival percentages of atraumatic restorative treatment (ART) restorations and sealants in posterior teeth: An updated systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Oral Investig*, 2018, 22(8):2703-2725. DOI:10.1007/s00784-018-2625-5.
- [37] Mei ML, Zhao IS, Ito L, et al. Prevention of secondary caries by silver diamine fluoride [J]. *Int Dent J*, 2016, 66(2):71-77. DOI:10.1111/idj.12207.
- [38] Ng E, Saini S, Schulze KA, et al. Shear bond strength of glass ionomer cement to silver diamine fluoride - treated artificial dentinal caries [J]. *Pediatr Dent*, 2020, 42(3):221-225.
- [39] 吴偲, 刘映伶, 邹静, 等. 乳牙深龋的间接牙髓治疗[J]. *华西口腔医学杂志*, 2018, 36(4):435-440. DOI:10.7518/hxkq.2018.04.015.
- [40] Boon CP, Visser NL, Kemoli AM, et al. ART class II restoration loss in primary molars: Re-restoration or not? [J]. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2010, 11(5):228-231. DOI:10.1007/BF03262752.
- [41] Lim SN, Kiang L, Manohara R, et al. Interim therapeutic restoration approach versus treatment under general anaesthesia approach [J]. *Int J Paediatr Dent*, 2017, 27(6):551-557. DOI:10.1111/ipd.12296.
- [42] Holmgren CJ, Lo EC, Hu D. Glass ionomer ART sealants in Chinese school children-6-year results [J]. *J Dent*, 2013, 41(9):764-770. DOI:10.1016/j.jdent.2013.06.013.
- [43] Innes NP, Evans DJ, Bonifacio CC, et al. The hall technique 10 years on: Questions and answers [J]. *Br Dent J*, 2017, 222(6):478-483. DOI:10.1038/sj.bdj.2017.273.
- [44] Elbahary S, Aharonian S, Azem H, et al. Bacterial colonization and proliferation in primary molars following the use of the hall technique: A confocal laser scanning microscopy study [J]. *Children (Basel)*, 2023, 10(3):457. DOI:10.3390/children10030457.
- [45] Innes NP, Evans DJ, Stirrups DR. The Hall Technique; a randomized controlled clinical trial of a novel method of managing carious primary molars in general dental practice: Acceptability of the technique and outcomes at 23 months [J]. *BMC Oral Health*, 2007, 7:18. DOI:10.1186/1472-6831-7-18.
- [46] Elamin F, Abdelazeem N, Salah I, et al. A randomized clinical trial comparing Hall vs conventional technique in placing preformed metal crowns from Sudan [J]. *PLoS One*, 2019, 14(6):e0217740. DOI:10.1371/journal.pone.0217740.
- [47] Santamaria RM, Innes NP, Machiulskiene V, et al. Acceptability of different caries management methods for primary molars in a RCT [J]. *Int J Paediatr Dent*, 2015, 25(1):9-17. DOI:10.1111/ipd.12097.
- [48] Banihani A, Deery C, Toumba J, et al. Effectiveness, costs and patient acceptance of a conventional and a biological treatment approach for carious primary teeth in children [J]. *Caries Res*, 2019, 53(1):65-75. DOI:10.1159/000487201.
- [49] Arrow P, Piggott S, Carter S, et al. Atraumatic restorative treatments and oral health-related quality of life and dental anxiety in Australian Aboriginal children: A cluster-randomized trial [J]. *Community Dent Oral Epidemiol*, 2022, 50(6):513-521. DOI:10.1111/cdoe.12704.
- [50] Araujo MP, Innes NP, Bonifácio CC, et al. Atraumatic restorative treatment compared to the Hall Technique for occluso-proximal carious lesions in primary molars; 36-month follow-up of a randomised control trial in a school setting [J]. *BMC Oral*

- Health, 2020,20(1):318. DOI:10.1186/s12903-020-01298-x.
- [51] Boyd DH, Thomson WM, Leon de la Barra S, et al. A primary care randomized controlled trial of hall and conventional restorative techniques [J]. JDR Clin Trans Res, 2021,6(2):205-212. DOI:10.1177/2380084420933154.
- [52] Hu S, BaniHani A, Nevitt S, et al. Hall technique for primary teeth: A systematic review and meta-analysis [J]. Jpn Dent Sci Rev, 2022,58:286-297. DOI:10.1016/j.jdsr.2022.09.003.
- [53] Banihani A, Santamaría RM, Hu S, et al. Minimal intervention dentistry for managing carious lesions into dentine in primary teeth: An umbrella review [J]. Eur Arch Paediatr Dent, 2022,23(5):667-693. DOI:10.1007/s40368-021-00675-6.
- [54] Ortiz - Ruiz AJ, Pérez - Guzmán N, Rubio - Aparicio M, et al. Success rate of proximal tooth - coloured direct restorations in primary teeth at 24 months: A meta-analysis [J]. Sci Rep, 2020, 10(1):6409. DOI:10.1038/s41598-020-63497-4.
- [55] Gallagher S, O' Connell BC, O' Connell AC. Assessment of occlusion after placement of stainless steel crowns in children - a pilot study [J]. J Oral Rehabil, 2014, 41(10): 730-736. DOI: 10.1111/joor.12196.
- [56] Kaya MS, Kinay Taran P, Bakkal M. Temporomandibular dysfunction assessment in children treated with the Hall Technique: A pilot study [J]. Int J Paediatr Dent, 2020,30(4): 429-435. DOI:10.1111/ipd.12620.
- [57] 何晓玲,陈丹,颜志玲,等. 成都市1~3岁低龄儿童龋齿患病与家庭口腔卫生行为调查[J]. 上海口腔医学, 2020,29(1):80-84. DOI:10.19439/j.sjos.2020.01.016.
- [58] Ghaffari M, Rakhshanderou S, Ramezankhani A, et al. Oral health education and promotion programmes: Meta-analysis of 17-year intervention [J]. Int J Dent Hyg, 2018,16(1):59-67. DOI: 10.1111/idh.12304.

(收稿日期:2023-06-20)

(本文编辑:王嫚)