

# Research Progress on Prevention of the Enamel Demineralization During Fixed Orthodontic Treatment

Zhaode Zhang<sup>1</sup> Tongshun Zhu<sup>2</sup>

1. Department of Stomatology, Hospital of 94857 PLA., Wuhu, Anhui, 241007, China

2. Department of Stomatology, Fanchang District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuhu, Anhui, 241200, China

## Abstract

In the process of fixed orthodontic treatment, due to the weak bonding of the orthodontic device and the self-cleaning effect of food, the tooth surface is not easy to clean, and the plaque is retained to produce acid, resulting in the demineralization of the tooth enamel on the tooth surface of the bonded appliance, which has a high morbidity, which is manifested as chalky spots, that is, early enamel caries, and in severe cases, caries cavities can be formed, which is difficult to remineralize and repair, affecting the health and beauty of the patient's teeth. This paper focuses on the prevention of fixed orthodontic tooth enamel demineralization, from the perspective of doctors: oral hygiene education, standardization of orthodontic clinical operation, and strengthening oral care; On the patient side, attention to oral hygiene (careful brushing, auxiliary use of oral irrigator, fluoride mouthwash gargle), reasonable diet, no drinking, etc., in order to find a way to prevent the demineralization of tooth enamel in patients with fixed orthodontics, arouse the attention of doctors and patients to abide by the practice, reduce the occurrence of demineralization, promote dental health and aesthetics, ensure the normal progress of fixed orthodontics, and achieve satisfactory results.

## Keywords

fixed orthodontic treatment; enamel demineralization; chalky spots; prevention; oral hygiene

## 预防固定矫治牙釉质脱矿研究进展

张兆德<sup>1</sup> 朱同顺<sup>2</sup>

1. 中国人民解放军 94857 部队医院口腔科, 中国·安徽 芜湖 241007

2. 繁昌区中医院口腔科, 中国·安徽 芜湖 241200

## 摘要

固定矫治过程中, 由于矫治装置的粘接及食物的自洁作用弱, 牙面不易清洁, 菌斑滞留产酸, 造成粘接矫治器牙面牙釉质脱矿, 具有较高的发病率, 表现为白垩斑, 即早期釉质龋, 严重时可形成龋洞, 很难再矿化修复, 影响患者牙齿健康与美观。论文就预防固定矫治牙釉质脱矿, 从医生方面: 口腔卫生宣教、规范正畸临床操作、加强口腔护理; 患者方面: 重视口腔卫生(认真刷牙、辅助使用冲牙器、含氟漱口口水漱口)、合理饮食、不喝饮料等进行综述, 以期能找到预防固定矫治患者牙釉质脱矿的方法, 引起医生与患者重视并遵守照做, 减少脱矿发生, 促进牙齿健康与美观, 确保固定矫治正常进行, 取得满意疗效。

## 关键词

固定矫治; 牙釉质脱矿; 白垩斑; 预防; 口腔卫生

## 1 引言

在固定矫治中, 约有 50%~80% 的患者、13%~30% 的牙齿发生牙釉质脱矿<sup>[1-4]</sup>, 不同性别脱矿发病情况差异无统计学意义。脱矿主要集中在上下颌前牙的粘接托槽牙面, 上颌牙脱矿率高于下颌牙, 表现为白垩斑, 即早期釉质龋。有学者进行了体外再矿化实验研究发现<sup>[5]</sup>, 白垩斑很难再矿化修复, 影响牙齿健康和美观<sup>[6]</sup>。论文从医生与患者方面就预防固定矫治牙釉质脱矿进行综述, 以期能找到预防牙釉质脱

矿的方法, 尽可能减少脱矿发生率, 增加固定矫治的安全性。

## 2 医生方面

### 2.1 口腔卫生宣教

正畸治疗前, 告诉患者维护口腔卫生的重要性及方法、菌斑的危害, 教其刷牙方法、刷牙次数、使用含氟牙膏、刷毛硬度适中的牙刷、牙间隙刷、冲牙器、牙线、漱口水等。建议用合适的牙刷、Bass 刷牙法与旋转刷牙法相结合、小于 100g (0.98N) 的力刷牙, 及时清除菌斑、软垢等; 每日刷牙 5 次(早晨起床后、三餐饭后、晚上睡觉前)或进食后必须刷牙, 每次刷牙不少于 5min。必要时再用冲牙器冲洗, 有时用牙线局部清洁。适时用氟化钠或 0.12% 氯己定漱口

【作者简介】张兆德(1973-), 男, 中国安徽芜湖人, 硕士, 副主任医师, 从事口腔临床全科研究。

水漱口。不喝碳酸饮料，因为饮料中的可发酵糖，经微生物发酵产酸引起脱矿；同时饮料中的酸对面脱矿、破坏，不吃或少吃零食，如果带环、颊面管、托槽松动，及时粘接，防止食物嵌塞。

矫治过程中，检查口腔卫生状况。若刷牙不仔细，与其家长或本人沟通，督促认真刷牙；必要时牙周洁、刮治，去除龈上、龈下牙结石。戴矫治器1周后，菌斑中变形链球菌明显增加<sup>[7,8]</sup>。因此，正畸治疗中的干预措施是避免牙釉质脱矿发生、发展的有效途径，如使用含氟牙膏和含氟漱口液等<sup>[9,10]</sup>。针对口腔卫生习惯不佳的患者，对其进行充分的口腔卫生宣教<sup>[11]</sup>。口腔卫生习惯包括正确的刷牙方法、刷牙频率和持续时间、牙齿邻间隙的清洁以及清洁工具的选择等<sup>[12,13]</sup>；菌斑可视化干预方案可提高口腔健康素养及患者依从性，改善口腔卫生状况<sup>[14,15]</sup>；实施基于自我效能理论系统的口腔健康管理可提高正畸患者的自我效能感、降低固定正畸患者牙釉质脱矿率<sup>[16]</sup>。脱矿风险评估系统和以护士为主导的口腔健康管理能有效改善固定正畸患者的牙齲指数、软垢指数、脱矿指数、脱矿发生率及牙齿脱矿率<sup>[17]</sup>。姜肖梅<sup>[18]</sup>等采用 PRECEDE 模式教育固定矫治患者，降低了托槽脱落率、牙面脱矿率。

## 2.2 规范正畸临床操作

### 2.2.1 酸蚀

牙釉质粘接主要依靠机械嵌合所形成的固位力<sup>[19]</sup>。固定矫治粘接托槽前，牙面通常需要酸蚀，主要是去除玷污层<sup>[20]</sup>，提高自由能，牙面脱矿、形成蜂窝状结构，有利于粘接树脂渗透，形成机械结合，增加粘接抗剪切强度。因此，选择合适的酸蚀剂、控制酸蚀范围、时间等，尽量减少酸蚀脱矿。

#### ①酸蚀剂种类。

酸蚀剂有酸性相对较强的磷酸、酸性相对较弱的马来酸和丙烯酸及自酸蚀系统等。磷酸的强酸性增加了牙釉质脱矿的风险，建议降低磷酸的浓度、酸蚀时间或者使用酸性相对较弱的酸。磷酸酸蚀造成牙面粗糙度增加，促进了菌斑的堆积和牙釉质脱矿。

#### ②酸蚀剂浓度。

临床常用质量分数为37%的磷酸酸蚀。Bhad<sup>[21]</sup>发现5%与37%磷酸酸蚀相比，牙釉质丢失量小而粘接抗剪切强度无区别，建议用5%磷酸取代37%磷酸。

#### ③酸蚀剂剂型。

酸蚀剂有液型、胶型、糊型三种剂型，酸蚀效果（临床观察、扫描电镜观察以及粘接抗剪切强度）基本相同，操作以胶型最佳<sup>[22]</sup>。胶型酸蚀剂不易流动，控制酸蚀面积非常有利，建议优先使用。

#### ④酸蚀时间。

脱矿量随酸蚀时间延长而增加。研究<sup>[23]</sup>发现60s酸蚀后牙釉质脱矿发病率、脱矿指数高于15s酸蚀组。在不影响

酸蚀效果的前提下，建议通常酸蚀20~30s。正畸医师养成读“秒”的习惯，在给患者酸蚀操作时，一定要控制好时间。

#### ⑤酸蚀范围及酸蚀剂去除。

酸蚀的位置参照粘接托槽牙面临床冠中心及粘接高度相结合。酸蚀的范围相当于托槽底板的面积大小。临床操作中酸蚀的范围特别难控制，必须细心，如果酸蚀面积过大，必须及时擦除。酸蚀剂去除时，先用干棉球蘸酸蚀剂，再用自来水冲洗，边冲洗边吸引。

### 2.2.2 激光蚀刻

激光蚀刻牙釉质表面，具有操作步骤少、抗酸作用强、易于树脂渗透等优点，能获得足够的粘接抗剪切强度<sup>[24]</sup>。激光与酸蚀剂联合应用，激光照射后以35%磷酸酸蚀，可获得比单纯酸蚀更高的粘接抗剪切强度<sup>[25]</sup>。激光可能会损伤牙髓，给患者带来不适<sup>[26]</sup>，考虑与激光的强度等有关。在正畸治疗粘接托槽的过程中使用CO<sub>2</sub>激光照射，可减少粘接托槽牙面牙釉质脱矿的发生<sup>[27]</sup>。因为激光改变了牙釉质晶柱方向和钙磷比例，提高了牙齿对酸的抵抗力；同时，改变了牙齿表面的电荷，影响菌斑的生成，减少牙釉质脱矿。

### 2.2.3 粘接

在粘接剂固化前，用探针清除托槽周围多余粘接剂，以免形成“飞边”，增加菌斑附着面积和清除难度。若有没去掉的多余粘接剂，固化后立即用车针轻轻磨除。

目前，常用复合树脂粘接托槽，也可用树脂改良型玻璃离子粘接托槽。树脂改良型玻璃离子能释放氟离子，研究<sup>[28]</sup>发现，第1天释氟量最多，在牙齿表面形成氟化钙，促进酸蚀后的牙齿再矿化；第2天开始减少，持续释氟85周左右。树脂改良型玻璃离子粘接抗剪强度能满足临床需要<sup>[29,30]</sup>，通过聚烯酸中的羧基与牙釉质羟基磷灰石形成离子键结合，因此可以在不对牙釉质进行酸蚀处理的条件下粘接托槽。

玻璃离子水门汀由含氟化物的硅酸铝玻璃粉和浓缩的聚羧酸水溶液组成，能释放氟化物，抑制变异链球菌的生长及产酸，可使用玻璃离子水门汀粘接带环。

### 2.2.4 矫治器和结扎丝的选择

使用不锈钢结扎丝，尽量不用或少用结扎圈，因为其不利于口腔卫生；同时增加了弓丝摩擦力，降低矫治效率。如果牙列重度拥挤或相邻牙齿排列严重不齐，弓丝难以入槽，初戴矫治器时，可使用结扎圈增加弹性结扎，以免弓丝强行入槽致托槽脱落，但应注意口腔卫生。若使用了舌板、平面导板、斜面导板等活动矫治器，餐后及刷牙时，建议把这些活动矫治器取下来再刷牙，刷牙后再戴上。

## 2.3 加强口腔护理

### 2.3.1 氟化物的应用

氟化物预防牙釉质脱矿机制：氟离子代替牙釉质羟基磷灰石羟基形成难溶于酸的氟磷灰石，提高了牙釉质抗酸能力；在牙釉质表面形成氟化钙释放氟离子，能抑制口腔中致

龋菌的生长、抑制细菌产酸；降低牙釉质表面的自由能，阻断菌斑的形成和对牙面的附着。因此，氟化物可以抑制牙釉质脱矿并促进再矿化。

#### ①氟涂料。

氟涂料主要成分为5%氟化钠，涂于牙面后可快速形成保护膜。在粘接托槽后用Duraphat氟涂料处理牙釉质后经过体外pH循环和模拟刷牙磨损实验，可减少托槽周围牙釉质脱矿的面积和深度<sup>[31]</sup>。管兆兰<sup>[32]</sup>等高频率（每4周正畸复诊时）使用多乐氟可有效降低固定矫治患者的脱矿发生率。

#### ②氟化泡沫和氟化凝胶。

二者都是局部用氟方式。程瑞卿等<sup>[33]</sup>在正畸治疗过程中每3个月对患者实施1次氟化泡沫治疗，降低了牙釉质脱矿发病率。李芷萱<sup>[34]</sup>发现氟化凝胶对固定矫治中牙釉质脱矿的预防效果明显，能降低牙釉质脱矿率。

Bock<sup>[35]</sup>等对固定矫治后出现牙釉质白垩斑的患者用1.25%氟化凝胶进行治疗，6个月后评估，未发现脱矿明显改善。建议用氟化泡沫或氟化凝胶预防牙釉质脱矿。

#### ③氟保护漆。

氟保护漆含0.1%双氟硅烷，能持续释放氟在牙面形成保护膜，对牙釉质脱矿具有防治效果<sup>[36]</sup>。朱玉婷<sup>[37]</sup>用Clinpro™ White Varnish氟保护漆为正畸患者每隔3个月复诊时涂布牙齿唇颊面1次，可减少牙釉质脱矿并促进再矿化。吴海苗<sup>[38]</sup>对粘接托槽牙面每隔6个月涂布氟保护漆1次，牙釉质脱矿率、平均脱矿评分都低于对照组。司米护齿涂剂属于氟化钠保护漆，涂抹于牙面形成含氟薄膜，治疗后6、9、12个月，涂抹司米护齿涂剂组牙釉质脱矿、菌斑指数、改良出血指数（MBI）、牙釉质脱矿指数（EDI）发生率较多乐氟护齿剂组的明显降低<sup>[39,40]</sup>。注意涂氟保护漆后45分钟，不漱口、不喝水；4小时不进食；6小时不刷牙。

吴学文<sup>[41]</sup>研究发现，氟保护漆与氟化泡沫均有防龋效果，在提高牙釉质抗酸性、增强显微硬度、改善牙周健康、降低患龋率、脱矿率以及牙釉质脱矿指数、减小激光龋齿探测值等方面，氟保护漆更佳。

### 2.3.2 护牙素

护牙素是一种具有生物活性的钙离子和磷酸盐离子的乳状牙科护理材料，主要成分是酪蛋白磷酸多肽和无定形磷酸钙（complex of casein phosphopeptide and amorphous calcium phosphate, CPP-ACP），通过抑菌、杀菌、缓冲菌斑酸性环境抑制牙釉质脱矿、促进脱矿牙釉质再矿化发挥作用。

付洪等<sup>[42]</sup>观察Tooth Mousse护牙素在模拟口腔环境中对离体牛牙托槽周围牙釉质脱矿与再矿化的影响。60天后扫描电镜观察，牙釉质没有明显的龋蚀孔隙，釉柱排列较规则，大量的矿物质沉积于牙釉质表面，填补牙釉质表面局限性的小凹陷。CPP-ACP凝胶作为一种口腔卫生保健产品，应用于低龄儿童更加安全，降低了氟斑牙发生率<sup>[43,44]</sup>。矫治

患者每天晚上使用护牙素，能有效预防釉质脱矿以及龋齿发生。

董宁<sup>[45]</sup>每月1次将GC护牙素涂抹在牙齿唇面，每6月1次加用3M玻璃离子保护膜。正畸后6、12月，EDI显著低于对照组。

### 2.3.3 光动力疗法

光动力学疗法（photodynamic therapy, PDT）是利用涂布在组织上的光敏剂，使其在特定波长的光源照射下产生光化学反应，从而选择性地杀伤病原微生物而不伤害正常组织的新型疗法。定期使用PDT对固定正畸患者可有效抑制牙釉质脱矿，减少矫治过程中白垩斑的发生<sup>[46]</sup>。

### 2.3.4 两性抗菌肽

彭诗芸<sup>[47]</sup>将两性抗菌肽D-GL13K涂于牙釉质表面，构建具有抗渗透作用的稳定疏水性涂层，体外模拟口腔致龋环境。D-GL13K涂层对变形链球菌表现出抗菌活性及抗脱矿性能，不影响托槽黏接强度，可预防正畸治疗中牙釉质脱矿。

### 2.3.5 磷硅酸钙钠凝胶

李双林等<sup>[48,49]</sup>每次使用含氟牙膏刷牙后用棉签蘸取适量磷硅酸钙钠凝胶涂抹托槽周围牙面，2min/次，能够降低患者正畸治疗中牙釉质脱矿的发生率，改善牙周出血及菌斑指数。因为磷硅酸钙钠凝胶可以释放钙、磷活性成分，与含氟牙膏合用，则可提高牙釉质抗酸、减少脱矿，使早期龋齿再矿化。

### 2.3.6 纳米粒子

纳米粒子（nanoparticles, NPs）通常指直径为1~100nm的固体颗粒，按其功能可分为抗菌、再矿化及载体型，用于改性正畸粘接剂、正畸矫治器、氟保护漆等<sup>[50]</sup>，能预防牙釉质脱矿。

### 2.3.7 多巴胺

曾天<sup>[51]</sup>体外研究发现多巴胺可减少牙釉质脱矿过程中Ca、P的流失和釉柱破坏，通过生物矿化促进脱矿牙釉质表面生成羟基磷灰石，能预防和治疗正畸牙釉质脱矿。

## 3 患者方面

### 3.1 重视口腔卫生

戴固定矫治器后，不吃过硬和粘性食物，吃普通偏软的食物，水果切块。与较硬的食物相比，进食软的食物，降低了咀嚼过程中食物对牙面的自洁作用，更易黏附在牙面上，有利于菌斑形成，增加了菌斑附着面积及清除难度；矫治器妨碍了唇颊舌及食物与牙面直接接触，从而降低牙齿的自洁作用；阻碍了舌头移动食物，利于细菌滞留与增殖等。同时，菌斑的存在，减少了牙面与唾液的接触，阻止了牙齿矿化修复。因此，患者遵医嘱，每天刷牙5次；或进食后，必须刷牙；应重点刷牙龈与牙槽之间的牙面。复诊时带牙膏、牙刷，去除弓丝后现场刷牙，这样牙面较易清洁。

口腔卫生措施对菌斑细菌的组成有明显影响。有研究<sup>[52]</sup>

发现戴固定矫治器后8周,下颌第二前磨牙远中区,刷牙频率高、时间长的组比刷牙频率低、时间短的组,菌斑中杆菌比例低,球菌比例高。调查表明<sup>[53]</sup>,戴矫治器的儿童比不戴矫治器的儿童,牙面的PLI(菌斑指数)反而低,认为刷牙比矫治器更影响菌斑附着。

### 3.1.1 刷牙

#### ①牙刷的选择。

建议选择刷毛硬度适中或偏软的牙刷,不选硬毛牙刷;或用正畸专用牙刷。

#### ②牙膏的选择。

含氟牙膏预防牙釉质脱矿与氟含量有关,氟含量越高,效果越好。陈舟<sup>[54]</sup>认为,氟浓度在10.53 μmol/L以上的含氟牙膏就可以有效防牙釉质脱矿。华咏梅等<sup>[55]</sup>用1.1%氟化钠的酸性磷酸凝胶牙膏预防正畸牙釉质脱矿好于含0.243%氟化钠的二氧化硅牙膏。

#### ③刷牙方法。

推荐 Bass 刷牙法与旋转刷牙法相结合,唇面、颊面、咬合面都要刷,重点刷牙槽与牙龈之间的牙面。

### 3.1.2 冲牙器

冲牙器主要利用高压超细冲水柱对粘接矫治器周围的牙面、牙间隙、龈沟等部位进行清洁,是一种口腔辅助保健工具。张金等<sup>[56]</sup>用正畸牙刷联合冲牙器在口腔固定正畸患者中应用,随访3个月,未见牙釉质脱矿。

### 3.1.3 含氟漱口水

含氟漱口水以氟化钠溶液最为常见,氟浓度通常为230~900ppm<sup>[57]</sup>。每天用氟化钠漱口液漱口和含氟牙膏刷牙比单纯用含氟牙膏刷牙,能更有效地预防牙釉质脱矿。

## 3.2 饮食

不吃糖、不喝饮料,尤其碳酸饮料,因为其增加脱矿的风险。

综上所述,固定正畸矫治过程中,牙釉质脱矿具有较高的发病率,常涉及多颗牙齿、多个牙面,治疗困难、效果不佳,因此,重在预防。患者应注意口腔卫生,不喝饮料,用含氟牙膏仔细刷牙等;医生注重口腔卫生宣教,选用合适的矫治材料、矫治方法和预防措施,在给患者带来良好矫治效果的同时,尽可能减少牙釉质脱矿并发症的发生。

## 参考文献

[1] Sundararaj D, Venkatachalapathy S, Tandon A, et al. Critical evaluation of incidence and prevalence of white spot lesions during fixed orthodontic appliance treatment: A meta-analysis[J]. J Int Soc Prev Community Dent, 2015,5(6):433-439.

[2] Tufekci E, Dixon J S, Gunsolley J C, et al. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances[J]. Angle Orthod, 2011,81(2):206-210.

[3] 郎鑫,储梦诗,Waseem S G,等.中国人固定正畸矫治后牙齿脱矿情况的系统评价和Meta分析[J].中国美容医学,2024,33(1):138-

145.

[4] Buschang PH, Chastain D, Keylor CL, et al. Incidence of white spot lesions among patients treated with clear aligners and traditional braces[J]. Angle Orthod, 2019,89(3):359-364.

[5] 聂廷洪,孙迎春,高丽荣,等.渗透树脂与微研磨技术修复正畸后牙面白垩样病损的对照[J].中国组织工程研究,2019,23(22):3522-3529.

[6] 赵志河.口腔正畸学[M].第7版.北京:人民卫生出版社,2020.

[7] Manal AA, Radhika GB, Eunice MP, et al. Real-time polymerase chain reaction quantification of the salivary levels of cariogenic bacteria in patients with orthodontic fixed appliances[J]. Clin Exp DentRes, 2020,6(3):328-335.

[8] Reichardt E, Geraci J, Sachse S, et al. Qualitative and quantitative changes in the oral bacterial flora occurs shortly after implementation of fixed orthodontic appliances[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2019,156(6):735-744.

[9] Sköld-Larsson K, Sollenius O, Karlsson L, et al. Effect of fluoridated milk on enamel demineralization adjacent to fixed orthodontic appliances[J]. Acta Odontol Scand, 2013, 71(3/4):464-468.

[10] Kerbusch AE, Kuijpers-Jagtman AM, Mulder J, et al. Methods used for prevention of white spot lesion development during orthodontic treatment with fixed appliances[J]. Acta Odontol Scand, 2012,70(6):564-568.

[11] 王楠楠,贺红,花放.正畸相关釉质脱矿危险因素的研究进展[J].国际口腔医学杂志,2024,51(1): 91-98.

[12] 于超然,张宁.影响正畸患者口腔卫生的因素[J].北京口腔医学,2024,32(1):70-73.

[13] 张金,周培.正畸牙刷联合冲牙器对口腔固定正畸患者牙龈指数及菌斑指数的影响[J].医疗装备,2022,35(17):167-169.

[14] 胡祥莹,王璧霞,袁卫军,等.成人正畸患者口腔健康素养现状及影响因素分析[J].上海口腔医学,2023,32(5):545-550.

[15] 张玉革,刘均娥,刘宇,等.菌斑可视化干预对成人正畸伴牙周炎患者牙周组织健康的影响[J].北京口腔医学,2024,32(1):44-49.

[16] 张梦男,管兆兰,胡丹艳,等.基于自我效能理论系统的口腔健康管理对正畸牙釉质脱矿患者的干预效果[J].医药高职教育与现代护理,2024,7(1):49-54.

[17] 采晓燕,尹小青,管兆兰.以护士为主导的口腔健康管理对固定正畸患者牙釉质脱矿的影响[J].中西医结合护理(中英文),2023,9(2):154-156.

[18] 姜肖梅,陈香,张晓磊,等.PRECEDE模式健康教育对固定正畸患者治疗效果的影响[J].齐鲁护理杂志,2017,23(11):123-124.

[19] Davies TM, Shaw WC, Worthington HV, et al. The effect of Orthodontic treatment On plaque and gingivitis[J]. Am J Orthod Dent of Orthop, 1991,99(2):155-161.

[20] Chowdhury AFMA, Islam R, Alam A, et al. Variable smear layer

- and adhesive application: the pursuit of clinical relevance in bond strength testing[J]. *Int J Mol Sci*, 2019,20(21):E5381.
- [21] Bhad WA, Hazarey PV. Scanning electron microscopic study and shear bond strength measurement with 5% and 37% phosphoric acid[J]. *Am J Orthod Dent of Orthop*, 1995, 108(4):410.
- [22] 蒋继英,徐如生,杨连甲,等.三种剂型酸蚀剂比较[J].*口腔医学纵横*,1990,6(1):4-6.
- [23] 王晓玲.正畸酸蚀时间对年轻恒牙釉质脱矿影响的临床观察[J].*浙江预防医学*,2003,15(6):64-65.
- [24] Raji SH, Birang R, Majdzade F, et al. Evaluation of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with Er-YAG laser etching[J]. *Dent Res J(Isfahan)*,2012,9(3):288-293.
- [25] Guven Y, Aktoren O. Shear bond strength and ultrastructural interface analysis of different adhesive systems to Er: YAG laser-prepared dentin[J]. *Lasers MedSci*, 2015,30(2): 769-778.
- [26] Al-Omari WM, Palamara JE. The effect of Nd: YAG and Er, Cr: YSGG lasers on the microhardness of human dentin[J]. *Lasers Med Sci*, 2013, 28(1): 151-156.
- [27] Rafiei E, Fadaei Tehrani P, YassaeiS, et al. Effect of CO<sub>2</sub> laser (10.6 μm) and Remin Pro on microhardness of enamel white spot lesions[J]. *Lasers Med Sci*, 2020,35(5):1193-1203.
- [28] Wiltshire W A, Jansevan Rensburg SD. Fluoride release from four visible light-cured orthodontic adhesive resins[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1995,108(3):278-283.
- [29] 温秀杰,温德升,刘鲁川.树脂加强型玻璃离子水门汀在托槽粘中的应用[J].*口腔医学杂志*,2005,25(5):282-284.
- [30] 卢艳萍,陈斌,马玲.正畸中不同托槽粘接剂对牙釉质脱矿的效果观察[J].*中国城乡企业卫生*,2020,225(7):164-166.
- [31] 董宁,刘东旭.氟化物在预防正畸釉质脱矿中的应用[J].*国际口腔医学杂志*,2007,34(4):306-308.
- [32] 管兆兰,钱雅婧,王威.高频率使用多乐氟预防正畸患者牙脱矿的效果研究[J].*口腔医学*,2023,43(2):141-144.
- [33] 程瑞卿,张志印,齐素青.氟化泡沫预防固定正畸患者牙釉质脱矿的临床评价[J].*全科口腔医学杂志*,2016,3(14):63-64.
- [34] 李芷萱.含氟凝胶对正畸治疗中牙釉质脱矿的预防及对釉质病损程度的改善作用研究[J].*中国冶金工业医学杂志*,2022,39(2):194-195.
- [35] Bock NC, Seibold L, Heumann C, et al. Changes In white spot lesions following post-orthodontic weekly application of 1.25 percent fluoridegel over 6 months-arandomized placebo-controlled clinical trial. Part II : clinical data evaluation [J]. *Eur J Orthod*, 2017,39(2):144-152.
- [36] Sonesson M, Brechter A, Abdulraheem S, et al. Fluoride varnish for the prevention of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances: a randomized controlled trial[J]. *Eur J Orthod*, 2020, 42(3):326-330.
- [37] 朱玉婷,刘江峰,李晓星,等.Clinpro™ White Varnish氟保护漆在正畸治疗中防治牙面脱矿的临床效果研究[J].*国际口腔医学杂志*,2015,42(3):306-309.
- [38] 吴海苗,许衍,叶翠,等.氟保护漆预防固定正畸牙釉质脱矿的临床观察研究[J].*口腔生物医学*,2020,11(2):113-115.
- [39] 刘庆新.司米护齿涂剂治疗正畸过程中牙釉质脱矿的有效性和安全性分析[J].*中国实用医药*,2024,19(2):57-60.
- [40] 刘利娜,巨佳,尚敏,等.司米护齿涂剂用于固定正畸矫治过程中牙釉质脱矿治疗的临床研究[J].*实用口腔医学杂志*,2017,33(5):684-688.
- [41] 吴学文.氟保护漆与氟化泡沫在正畸治疗中的防龋效果和对釉质抗酸性的影响[J].*医学信息*,2022,35(19):85-88
- [42] 付洪,梁芮,肖悦,等.护牙素在正畸治疗中对减少牙齿脱矿及促进再矿化的功效研究[J].*华西口腔医学杂志*,2008,26(3):301-305.
- [43] 汪晓彤,饶南荃,谢静,等.酪蛋白磷酸肽-无定型磷酸钙凝胶治疗釉质脱矿效果的系统评价[J].*华西口腔医学杂志*,2017,35(6):629-634.
- [44] 周尹.树脂渗透技术和微研磨联合CPP-ACP技术治疗正畸后前牙白垩斑的临床研究[D].南昌:南昌大学,2019.
- [45] 董宁.3M玻璃离子保护膜联合GC护牙素预防口腔正畸患者牙釉质脱矿的效果研究[J].*中国现代药物应用*,2022,16(2):78-80.
- [46] 刘子扬.光动力学疗法对固定正畸患者前牙白垩斑预防效果的临床观察[D].南昌:南昌大学,2022.
- [47] 彭诗芸.两性抗菌肽D-GL13K牙釉质表面涂层的构建及其减少正畸治疗牙釉质脱矿的研究[D].南昌:南昌大学,2022.
- [48] 李双林.磷硅酸钙钠凝胶在正畸治疗中的效果[J].*中外医学研究*,2022,20(10):127-129.
- [49] 葛荣晖,史克佳,张海婧.磷硅酸钙钠凝胶制剂在青少年正畸治疗中预防牙釉质脱矿及促进再矿化修复的效果[J].*广西医学*,2021,43(3):288-291.
- [50] 罗婷,颜家榕,花放,等.纳米粒子在正畸釉质脱矿预防中的应用[J].*口腔疾病防治*,2022,30(6):443-446.
- [51] 曾天.多巴胺对正畸致釉质脱矿影响的实验研究[D].兰州:兰州大学,2022.
- [52] 林立,罗颂椒,梁甲兴,等.正畸矫治器对牙面细菌组成变化的影响[J].*华西口腔医学杂志*,2002,20(2):21-124.
- [53] 王剑.浅渍嵌体和高嵌体修复的临床应用[J].*国际口腔医学杂志*,2021,48(5):497-505.
- [54] 陈舟,罗宗莲,杨松.含氟牙膏对釉质脱矿影响的体外研究[J].*华西口腔医学杂志*,2001,19(1):20-22.
- [55] 华咏梅,陈捷,Jean Gong.不同浓度含氟牙膏对正畸牙龋病与脱矿的预防效果[J].*华西口腔医学杂志*,2006,24(2):146-147.
- [56] 张金,周培.正畸牙刷联合冲牙器对口腔固定正畸患者牙龈指数及菌斑指数的影响[J].*医疗装备*,2022,35(17):167-169.
- [57] 吴文治,谢志坚.固定矫治后牙面白垩斑的治疗研究进展[J].*口腔医学研究*,2021,37(6):489-492.