

## 大块充填树脂的临床应用研究进展

张秀茹<sup>1</sup> 张馨方<sup>1</sup> 马丹雯<sup>1</sup> 焦明阳<sup>1</sup> 邵丽娜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国医科大学口腔医学院,沈阳 110002; <sup>2</sup>中国医科大学口腔医学院·附属口腔医院

牙体牙髓病科,辽宁省口腔疾病重点实验室,沈阳 110002

通信作者:邵丽娜,Email:429530054@qq.com

**【摘要】** 大块充填树脂因具有良好的聚合收缩率及机械性能,广泛应用于口腔医学各领域。本文通过总结大块充填树脂的性能,比较大块充填树脂与传统树脂的差异,探讨大块充填树脂在口腔各学科中的应用,以期临床工作提供更多选择。

**【关键词】** 复合树脂; 牙科粘接; 牙体修复

**基金项目:**辽宁省自然科学基金(2020-BS-111);中国医科大学大学生创新创业训练计划(X202210159042)

**引用著录格式:**张秀茹,张馨方,马丹雯,等. 大块充填树脂的临床应用研究进展[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2023, 17(3):228-232.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.03.011

### Research progress of the clinical application of bulk - fill resin

Zhang Xiuru<sup>1</sup>, Zhang Xinfang<sup>1</sup>, Ma Danwen<sup>1</sup>, Jiao Mingyang<sup>1</sup>, Shao Lina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Stomatology, China Medical University, Shenyang 110002, China; <sup>2</sup>Department of Endodontics, School and Hospital of Stomatology, China Medical University, Liaoning Provincial Key Laboratory of Oral Diseases, Shenyang 110002, China  
Corresponding author: Shao Lina, Email:429530054@qq.com

**【Abstract】** Bulk - filling resin composites have been widely used in various fields because of its good polymerization shrinkage and mechanical properties. In this article, the properties of bulk - filling resin composites, their differences from the traditional resin, and their applications in different disciplines were discussed, so as to provide some reference for clinical work.

**【Key words】** Composites resins; Dental bonding; Dental restoration

**Fund programs:** Natural Science Foundation of Liaoning Province (2020 - BS - 111); Innovation and Entrepreneurship Training Program for College Students of China Medical University(X202210159042)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.03.011

随着牙体修复材料的发展,光固化复合树脂因其突出的

美学性能已经逐渐替代银汞合金成为牙体修复的主要选择。但是,传统的复合树脂固化深度有限,且在固化过程中会产生聚合收缩等现象,为提高深层复合树脂的固化程度,在临床上常采用分层充填技术,每次充填厚度不超过2 mm。但分层充填技术需要较长操作时间,技术敏感性强。马鸿翼等<sup>[1]</sup>研究发现,分层充填会导致树脂之间存留微小间隙,影响粘接性能,导致后续修复失败。

大块充填树脂是一种新型复合树脂,通过改变树脂基质和无机填料的成分和比例,使它可以一次性固化4~5 mm,拥有更高的聚合反应速度和更少的聚合收缩,在一定程度上解决了传统的复合树脂材料固化深度不足、临床操作时间较长等问题<sup>[2]</sup>。本文通过总结大块充填树脂的性能及其在口腔各学科中的应用,以期临床工作提供更多的选择。

#### 一、大块充填树脂的性能

1. 大块充填树脂的常见种类与特点:从机械性能方面来看,大块充填树脂的类型可分为高黏度型、低黏度型和黏度可变型。(1)高黏度型大块充填树脂主要有Filtek™ Bulk Fill(3M,美国)、Tetric EvoCeram Bulk Fill(Henry Schein,美国)和X-tra Fil(VOCO,德国)等,它的无机填料含量要显著高于低黏度型大块充填树脂,流动性不好,但由于固化后有较高的硬度,临床上主要用于修复后牙窝洞<sup>[3]</sup>。(2)低黏度型大块充填树脂主要有Filtek™ Bulk Fill Flowable(3M,美国)、Surefil SDR flow(登士柏,德国)和Venus Bulk Fill(Heraeus,德国)等,这一类树脂有着较好的流动性,可以通过注射的方式充填至倒凹处或较小窝洞<sup>[4]</sup>。(3)黏度可变型大块充填树脂有SonicFill(Kerr,美国)和SonicFill2(Kerr,美国)声波树脂2种类型,是大块充填树脂与超声技术结合的产物,由声波手机输送,利用声波的能量降低树脂的黏度以增加充填材料的流动性,使之快速填充窝洞并与腔壁精确适应。声波停止后,即恢复黏度<sup>[5]</sup>。

从固化机制方面来看,有双固化型与光固化型2个类别。光固化型的树脂聚合反应完全是由光照来引发,而双固化型的聚合则是由化学固化与光固化2种方式来引发。由于光固化型仅通过光照射便能达到较好的固化效果,因此常将光固化型大块充填树脂应用于临床<sup>[6]</sup>。

#### 2. 大块充填树脂的性能与优势

(1)机械性能:大块充填树脂应尽可能地与牙体硬组织保持一致或接近的机械性能,使其在受力发生形变时能够与

牙体保持同步,从而降低修复体和牙体之间接触界面上的应力,获得较长的使用寿命。研究显示,高黏度型大块充填树脂与低黏度型大块充填树脂相比表现出更强的显微硬度<sup>[7]</sup>。张欢等<sup>[8]</sup>通过试验比较了3种大块充填树脂的挠曲强度和耐磨耗性能,耐磨耗性能由强到弱依次为 Tetric EvoCeram Bulk Fill、SonicFill 和 Surefil SDR flow;挠曲强度由大到小依次为 SonicFill、Tetric EvoCeram Bulk Fill 和 Surefil SDR flow。此外,大块充填树脂在显微硬度、抗折裂等机械性能方面与传统复合树脂相比也更具优势。高欣等<sup>[9]</sup>试验研究证明,在一次性充填深度为2、4 mm的条件下,SonicFill 大块充填树脂的显微硬度都要强于 Neofil(Kerr,美国)传统复合树脂。苗德田等<sup>[10]</sup>通过 Meta 分析研究发现,在后牙修复中大块充填树脂的抗折性能与传统复合树脂相当,这与 Suneelkumar 等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。而 Heck 等<sup>[12]</sup>试验研究发现,QuiXfil(登士柏,德国)大块充填树脂的抗折裂性能要优于 Tetric N-Ceram Bulk Fill(义获嘉,瑞士)。王南燕等<sup>[13]</sup>通过试验研究发现,Tetric EvoCeram Bulk Fill、Surefil SDR flow 的微拉伸粘接强度分别为(14.63±6.21)、(13.42±5.49) MPa,均高于传统复合树脂。

(2)转化率:转化率是反映树脂固化程度的重要指标,可以显著影响大块充填树脂的生物相容性与机械性能<sup>[14]</sup>。同时,转化率也显著影响大块充填树脂的强度、硬度、模量和溶解度等。转化率与树脂所处的环境和所受的光照等外部条件以及材料自身成分及透光性有关,因此市场化产品往往在大块充填树脂的基础上加入一些如二甲基丙烯酸氨基甲酸酯(UDMA)等新型高分子单体,以便光线穿透树脂,提高其转化率,特别是底层树脂的转化率<sup>[15]</sup>。Alshali 等<sup>[16]</sup>研究表明,传统复合树脂与大块充填树脂的转化率二者之间基本一致。但是 Marovic 等<sup>[17]</sup>研究发现,大块充填树脂在用于充填较深的窝洞时往往有着较高的转化率,可能与其较高的转化活性有关。

(3)美学性能:临床治疗中,充填材料的颜色与透明度的选择往往会对修复结果产生较大影响。大块充填树脂应用于临床后,由于其预备牙体时需要磨除的正常牙体组织较少,牙体预备时技术敏感性较低,所以相对于银汞合金具有较高美学性能。但是,受限于低黏度型大块充填树脂较少的无机填料与颜色的种类较少,美学性能相较于部分传统复合树脂更差<sup>[18]</sup>。目前,随着 SonicFill 声波树脂投入使用,这种情况正在发生改变。SonicFill 声波树脂的色系也较多,弥补了大块充填树脂颜色较少的不足之处。但古林娟等<sup>[19]</sup>通过临床试验研究发现,X-tra Fil 大块充填树脂在充填后牙1、12个月后颜色匹配性均不如传统复合树脂。

## 二、大块充填树脂在牙体牙髓病学中的应用

大块充填树脂能使固化光达到深层部位,增加固化深度,有效地降低聚合收缩。因此,大块充填树脂能够更多地应用于牙体修复中,且常用于后牙 I 类洞、II 类洞深龋充填、楔状缺损和根面龋 V 类洞充填。相对于传统复合树脂具有以下优点。

1. 大块充填树脂具有更深的固化深度:大块充填树脂的固化原理与传统复合树脂类似,通过使光敏引发剂产生自由基成为活化中心促使 C=C 转变为 C-C 形成聚合链,但大块充填树脂增加了光的透过率或增加能量转化率从而增加了固化深度<sup>[6]</sup>。有研究用显微硬度测定法(VHN)对比了5种大块充填树脂的固化深度,大块充填树脂一次光固化照射可达4~5 mm的固化深度,SonicFill 的固化深度最大<sup>[20]</sup>。也有学者对比了不同材料的固化深度、转化率及弯曲强度,得出 SonicFill 的固化深度和弯曲强度明显优于其他材料的结论<sup>[21]</sup>。有对比研究发现,大块充填树脂材料 Tetric EvoCeram Bulk Fill 和 Surefil SDR flow 相较于同一固化深度的传统复合树脂有较高的综合机械性能,并且具有较高的粘接强度<sup>[13]</sup>。

2. 大块充填树脂的聚合收缩率低:Jung 等<sup>[22]</sup>对比了不同树脂 Filtek Z350(3M,美国)、SonicFill、Venus Bulk Fill、Surefil SDR flow 和 Tetric N-Ceram Bulk Fill 的聚合收缩率,得出 SonicFill 的聚合收缩率最低的结论。

3. 大块充填树脂具有更好的粘接性能:Al-Harbi 等<sup>[23]</sup>的试验采用了 II 类洞型,粘接面位于牙骨质,对比不同树脂的粘接强度,结果显示 SonicFill、Surefil SDR flow 的粘接强度明显高于传统复合树脂。van Ende 等<sup>[24]</sup>的研究显示,在高 C 因素的情况下,Surefil SDR flow 大块充填树脂具有更好的粘接强度。有学者对比了2种大块充填树脂 Filtek Bulk Fill Posterior(FBF)、Tetric N-Ceram Bulk Fill(TBF)和2种传统光固化复合树脂 Filtek Z100(Z100)、Spectrum TPH(ST,登士柏,德国)在不同充填厚度时的效果,结果显示大块树脂一次充填4 mm的微拉伸粘接强度仍能达到30 MPa,明显高于传统复合树脂<sup>[25]</sup>。

4. 大块充填树脂可以减少治疗时间,提高效率:尚选等<sup>[26]</sup>将 SonicFill、Surefil SDR flow、Tetric N-Ceram Bulk Fill 和 Filtek Z350 分别用于 I 类洞的充填修复,3种大块充填树脂均可达到与传统复合树脂分层充填相近的边缘封闭性,但 SonicFill 操作时间短,操作简便,更有助于临床应用。宁海燕等<sup>[27]</sup>使用 Z350 纳米复合树脂与 SonicFill 超声树脂充填 II 类洞,比较得出两种不同树脂充填对 II 类洞牙体缺损的修复效果相似的结论,但 SonicFill 超声树脂填充操作时间相对较短,对于依从性不佳的患者来说更为适用。以上研究结果证明,SonicFill 在修复牙齿时能达到与传统复合树脂分层充填一样的临床效果且更加方便节约时间,技术依赖性低。此外,大块充填树脂还可以用于修复老年人根面龋,王晓钰等<sup>[28]</sup>用 Chemi Fill 玻璃离子水门汀、3M 光固化复合树脂和 SonicFill 超声树脂分别充填根面龋患牙,比较各组临床疗效以及操作时间,SonicFill 超声树脂花费时间明显少于另外两组且临床疗效差异无统计学意义,操作简单,患者依从性好。

5. 大块充填树脂有更好的边缘密合性,能够降低微渗漏的发生:Atabek 等<sup>[29]</sup>使用 Herculite Ultra(义获嘉,瑞士)和 SonicFill 分别充填 I 类洞,在2年中的同一阶段大块充填树脂的充填效果可以达到与传统复合树脂分层充填相似的效果。高欣等<sup>[9]</sup>使用 SonicFill 大块充填树脂与传统复合树脂分

层和整体充填后牙Ⅱ类洞, SonicFill均表现为更好的边缘密合性和更大的硬度。杜青等<sup>[30]</sup>用SonicFill和Filtek Z350纳米树脂修复Ⅱ类洞, 观察6个月、1年和2年, 修复成功率差异无统计学意义, 但SonicFill的修复成功率和患者满意度均优于Filtek Z350纳米树脂, 具有更好的边缘密合性, 且操作时间更短。对于修复楔状缺损而言, 有研究显示SonicFill有更好的颈部牙本质适应性; 与3M Filtek Z350纳米复合树脂充填修复相比, 超声树脂填充和修复的临床治疗效果表现得更为明显, 尤其对于炎症反应、疼痛方面的缓解有明显的优势<sup>[31]</sup>。SonicFill的填充物比Filtek Z350具有更均匀的结构, 且与牙齿结合更好, 具有更好的边缘密封性<sup>[32]</sup>。

### 三、大块充填树脂在儿童口腔病学中的应用

由于儿童在治疗时配合性差, 传统复合树脂充填时分层充填耗时太久, 容易导致修复失败, 因此利用大块充填树脂的特性, 可以将其应用到儿童口腔治疗中。张韵晴等<sup>[33]</sup>将SonicFill大块充填树脂应用于乳磨牙根管治疗后的充填, 比较了大块充填树脂和传统复合树脂的操作时间、乳磨牙脱落率、继发龋情况, 均优于传统复合树脂且SonicFill超声树脂充填操作时间对比传统复合树脂充填时间明显减少, 疼痛消失的时间缩短, 能减少因操作时间长而增加微渗漏的风险<sup>[34]</sup>。这证明了SonicFill大块充填树脂在治疗儿童龋齿方面更具价值。

Cantekin等<sup>[35]</sup>对60颗乳磨牙进行牙髓切断术后, 用低黏型大块树脂进行“三明治”充填封闭, 观察1年, 结果显示边缘密合性优于传统不锈钢全冠。向珊珊等<sup>[36]</sup>通过试验发现SonicFill超声树脂修复乳磨牙12个月后, 在修复体的完整度、边缘密合度和边缘着色程度等方面, 与传统复合树脂分层充填相比差异无统计学意义。姚丽萍等<sup>[37]</sup>也进行了类似的临床试验, 通过2年随访, 认为大块充填树脂能降低脱落率, 更适合在儿童口腔中应用。

大块充填树脂还可以用于预成冠的粘接。杨曼等<sup>[38]</sup>用大块充填树脂联合透明预成冠修复乳切牙, 术后12个月进行临床效果的评价, 得出结论: 在短期内修复效果较好, 儿童接受度高, 家长满意度较高。通常在使用传统复合树脂注入预成冠时, 有产生气泡的可能<sup>[39]</sup>; 用SonicFill超声树脂, 可以一次固化4 mm深度, 注入透明预成冠时可避免产生气泡<sup>[40]</sup>。

### 四、大块充填树脂在预防口腔医学中的应用

徐群昊等<sup>[41]</sup>通过在体外对不同材料进行粗糙度和细菌黏附测验得出结论: 大块充填树脂更有利于菌斑控制, 可以有效预防龋病发生。Ionescu等<sup>[42]</sup>试验发现, Filtek Bulk Fill大块充填树脂固化较短时间内, 微生物黏附性就可显著降低。Leon-Pineda等<sup>[43]</sup>研究结果显示, Tetric EvoCeram Bulk Fill大块充填树脂与传统复合树脂相比更能有效抑制修复边缘的脱矿。

### 五、大块充填树脂在口腔修复学方面的应用

Mosharrifian等<sup>[44]</sup>在乳前牙桩冠修复的体外试验中发现, 大块充填树脂的粘接性能与传统复合树脂相似, 但是可以减少椅旁操作的时间, 这与Salama等<sup>[45]</sup>的研究结果一致。

Pham等<sup>[46]</sup>通过修复根管治疗后的中切牙的试验发现, Surefil SDR flow与传统纤维桩核修复在粘接强度和抗折裂性能方面几乎没有差异, Surefil SDR flow可被用于恢复根管治疗后的牙齿。Fantin等<sup>[47]</sup>通过光学显微镜测试发现, 大块充填树脂改制的玻璃纤维桩与传统复合树脂改制的玻璃纤维桩效果相似。Al-Jeaidi<sup>[48]</sup>研究发现, 大块充填树脂核在修复根管治疗后的牙齿时, 抗折裂性能与普通大块树脂相当, 并且能够减少并发症的发生。

### 六、大块充填树脂在口腔正畸学方面的应用

含氟的正畸相关材料已被证实有阻止牙釉质脱矿的作用, Surefil SDR flow作为一种含氟材料, 且氟释放量在一定时间内无显著下降, 可以进一步实验探究Surefil SDR flow作为托槽粘接剂的可行性<sup>[49]</sup>。

### 七、大块充填树脂的不足

大块充填树脂的无机填料含量高、机械性能好<sup>[50]</sup>, 但也有研究表明, 在高应力承载区大块充填树脂的临床表现不及传统树脂<sup>[51]</sup>。因此, 在咬合力较大的区域, 可以在大块充填树脂上覆盖一层传统复合树脂, 延长充填体的使用寿命。这种大块充填树脂与传统复合树脂联合应用的方式也适用于一些对美观要求较高的病例, 因为低黏度型大块充填树脂的填料含量较低, 在使用过程中易增加表面粗糙度, 光泽感较差, 会影响美观<sup>[1]</sup>。Alshali等<sup>[52]</sup>研究表明在光固化试验中, 大块充填树脂相对于传统复合树脂来说硬度增加受限, 可能是由于大块充填树脂的固化深度大于传统复合树脂, 导致到达底部的光线不足使其固化到足够的硬度, 下一步可以通过改进大块充填树脂的透光率来提高底层硬度。Kim等<sup>[53]</sup>通过体外试验研究发现大块充填树脂在固化过程中, 温度上升幅度更大, 且随着树脂体积增大, 产生的热量更多, 导致医源性牙髓损伤的可能性加大, 在临床诊疗过程中, 尤其是深龋患牙, 医生要谨慎操作。

综上所述, 大块充填树脂具有更深的固化深度、聚合收缩小和机械性能强等特点, 既可作为修复牙体缺损的充填材料, 一定条件下又可作为粘接材料。下阶段可以在生物相容性、美学性能和减少聚合收缩等方面对大块树脂进行改进, 增加大块树脂在龋病预防方面的优势, 继续探索大块充填树脂在牙体、修复和预防等方面的临床应用。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] 马鸿翼, 杨东梅. 大块充填树脂在乳牙修复中的应用和研究进展[J]. 口腔医学研究, 2022, 38(12): 1124-1127. DOI: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2022.12.005.
- [2] 陈智, 张磊, 赵小娥. 大块充填树脂在牙体修复中的应用与研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2017, 25(4): 205-210. DOI: 10.12016/j.issn.2096-1456.2017.04.001.
- [3] Barabanti N, Preti A, Vano M, et al. Indirect composite restorations luted with two different procedures: A ten years follow up clinical trial[J]. J Clin Exp Dent, 2015, 7(1): e54-e59. DOI: 10.4317/jced.51604.

- [4] Lassila LV, Nagas E, Vallittu PK, et al. Translucency of flowable bulk-filling composites of various thickness[J]. Chin J Dent Res, 2012, 15:31-35.
- [5] 任玲,刘威震,王小婷,等. 大块树脂微渗漏研究进展[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2021, 15(5):314-319. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.05.011.
- [6] 姜雪,高平,魏茜茜,等. 大块充填树脂的研究进展[J]. 口腔医学, 2019, 39(1):89-92. DOI:10.13591/j.cnki.kqyx.2019.01.020.
- [7] Rizzante EAP, Dugue JA, Duaric MAH, et al. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites [J]. Dent Mater J, 2019, 38(3):403-410. DOI: 10.4012/dmj.2018-063
- [8] 张欢,张梦龙,仇丽鸿,等. 3种大块充填树脂的耐磨耗性能及挠曲强度的比较研究[J]. 上海口腔医学, 2016, 25(3):292-295.
- [9] 高欣,张元,平逸帆,等. 大块树脂与常规树脂整体和分层充填后牙Ⅱ类洞边缘微渗漏及固化程度的比较[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2020, 40(10):1460-1464. DOI:10.7655/NYDXBNS20201011.
- [10] 苗德田,许提提. 大块充填树脂与传统复合树脂直接修复后牙缺损临床效果的meta分析[J]. 中国医药科学, 2022, 12(24):66-70. DOI:10.3969/j.issn.2095-0616.2022.24.017.
- [11] Suneelkumar C, Harshala P, Madhusudhana K, et al. Clinical performance of class I cavities restored with bulk fill composite at a 1-year follow-up using the FDI criteria: A randomized clinical trial [J]. Restor Dent Endod, 2021, 46(2):e24. DOI: 10.5395/rde.2021.46.e24.
- [12] Heck K, Manhart J, Hickel R, et al. Clinical evaluation of the bulk fill composite QuiXfil in molar class I and II cavities: 10-year results of a RCT [J]. Dent Mater, 2018, 34(6):e138-e147. DOI:10.1016/j.dental.2018.03.023.
- [13] 王南燕,张辉燕. 不同复合树脂材料硬度及黏结强度的比较[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(47):7639-7643. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2015.47.017.
- [14] Amirouche-Korichi A, Mouzali M, Watts DC. Effects of monomer ratios and highly radiopaque fillers on degree of conversion and shrinkage - strain of dental resin composites [J]. Dent Mater, 2009, 25(11):1411-1418. DOI:10.1016/j.dental.2009.06.009.
- [15] Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, et al. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites [J]. Odontology, 2016, 104(3):291-297. DOI:10.1007/s10266-015-0227-0.
- [16] Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals [J]. Dent Mater, 2013, 29(9):e213-e217. DOI: 10.1016/j.dental.2013.05.011.
- [17] Marovic D, Tauböck TT, Attin T, et al. Monomer conversion and shrinkage force kinetics of low-viscosity bulk-fill resin composites [J]. Acta Odontol Scand, 2015, 73(6):474-480. DOI:10.3109/00016357.2014.992810.
- [18] 薛晶. 大块充填树脂的临床应用影响因素[J]. 华西口腔医学杂志, 2020, 38(3):237-243. DOI:10.7518/hxkq.2020.03.001.
- [19] 古林娟,张波,赵育明,等. 四种复合树脂充填修复磨牙的临床评估[J]. 临床口腔医学杂志, 2023, 39(2):98-102. DOI:10.3969/j.issn.1003-1634.2023.02.009.
- [20] Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low - stress restorative composites [J]. Dent Mater, 2014, 30(6):688-694. DOI: 10.1016/j.dental.2014.03.006.
- [21] Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites [J]. Dent Mater, 2014, 30(2):149-154. DOI:10.1016/j.dental.2013.10.011.
- [22] Jung JH, Park SH. Comparison of polymerization shrinkage, physical properties, and marginal adaptation of flowable and restorative bulk fill resin-based composites [J]. Oper Dent, 2017, 42(4):375-386. DOI:10.2341/16-254-L.
- [23] Al-Harbi F, Kaisarly D, Michna A, et al. Cervical interfacial bonding effectiveness of class II bulk versus incremental fill resin composite restorations [J]. Oper Dent, 2015, 40(6):622-635. DOI:10.2341/14-152-L.
- [24] van Ende A, de Munck J, van Landuyt KL, et al. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: Effect on adhesion to cavity-bottom dentin [J]. Dent Mater, 2013, 29(3):269-277. DOI: 10.1016/j.dental.2012.11.002.
- [25] 王莹,杨家雪,谢海峰,等. 充填厚度对光固化大块复合树脂充填效果的影响[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(2):169-174. DOI:10.7518/hxkq.2022.02.007.
- [26] 尚选,李侗,朱洪光,等. 3种大块后牙充填树脂体外操作时间与微渗漏的对比观察[J]. 口腔医学, 2017, 37(3):237-239. DOI:10.13591/j.cnki.kqyx.2017.03.010.
- [27] 宁海燕,梁扬师,梁斌,等. 树脂填充对Ⅱ类洞牙体缺损修复效果及龈沟液相关因子水平的影响[J]. 临床口腔医学杂志, 2021, 37(6):368-372. DOI:10.3969/j.issn.1003-1634.2021.06.014.
- [28] 王晓钰,魏美荣,朱洪光,等. Sonic Fill超声树脂修复老年人根面龋的临床疗效观察[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2018, 28(8):471-474. DOI:10.15956/j.cnki.chin.j.conserv.dent.2018.08.008.
- [29] Atabek D, Aktaş N, Sakaryalı D, et al. Two - year clinical performance of sonic - resin placement system in posterior restorations [J]. Quintessence Int, 2017, 48(9):743-751. DOI: 10.3290/j.qi.a38855.
- [30] 林青,杜毅. SonicFill超声树脂充填和Filtek Z350纳米树脂修复年轻恒磨牙深龋Ⅱ类洞的临床观察[J]. 实用口腔医学杂志, 2018, 34(6):850-852. DOI:10.3969/j.issn.1001-3733.2018.06.030.
- [31] Shahidi C, Krejci I, Dietschi D. *In vitro* evaluation of marginal adaptation of direct class II composite restorations made of different "low-shrinkage" systems [J]. Oper Dent, 2017, 42(3):273-283. DOI:10.2341/15-217-L.
- [32] Ostapiuk M, Tarczydło B, Surowska B, et al. Qualitative analysis of the margins of restorations made with different filling

- resins[J]. *Microsc Res Tech*, 2018, 81(8): 823-831. DOI: 10.1002/jemt.23041.
- [33] 张韵晴, 杨志雄, 刘昌明. 大块树脂应用于根管治疗后乳磨牙充填的临床价值分析[J]. *全科口腔医学电子杂志*, 2020, 7(1): 53-55. DOI: 10.16269/j.cnki.cn11-9337/r.2020.01.037.
- [34] Erfan M, Jafarzadeh-kashi TS, Ghadiri M, et al. The effects of dentin bonding agent formulas on their polymerization quality, and tighter with tooth tissues on their microleakage and shear bond strength: An explorative 3 - step experiment [J]. *J Adv Prosthodont*, 2014, 6(5): 333-345. DOI: 10.4047/jap.2014.6.5.333.
- [35] Cantekin K, Gumus H. *In vitro* and clinical outcome of sandwich restorations with a bulk-fill flowable composite liner for pulpotomized primary teeth[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2014, 38(4): 349-354. DOI: 10.17796/jepd.38.4.f718041225w7621q.
- [36] 向珊珊, 丛芳. 超声大块树脂修复乳磨牙根管治疗后牙体缺损疗效观察[J]. *中国中西医结合儿科学*, 2019, 11(6): 506-509. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3865.2019.06.014.
- [37] 姚丽萍, 陈婷婷, 卢志山. SonicFill声波大块充填树脂与传统复合树脂充填乳磨牙两年期疗效对比[J]. *全科口腔医学电子杂志*, 2018, 5(11): 25-27. DOI: 10.16269/j.cnki.cn11-9337/r.2018.11.012.
- [38] 杨曼, 赵远, 魏红, 等. 大块复合树脂联合透明预成冠美学修复乳切牙的临床评价[J]. *口腔疾病防治*, 2021, 29(1): 34-39. DOI: 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.01.005.
- [39] Costa T, Rezende M, Sakamoto A, et al. Influence of adhesive type and placement technique on postoperative sensitivity in posterior composite restorations[J]. *Oper Dent*, 2017, 42(2): 143-154. DOI: 10.2341/16-010-C.
- [40] Francisconi - Dos - Rios LF, Tavares JAO, Oliveira L, et al. Functional and aesthetic rehabilitation in posterior tooth with bulk-fill resin composite and occlusal matrix[J]. *Restor Dent Endod*, 2020, 45(1): e9. DOI: 10.5395/rde.2020.45.e9.
- [41] 徐群昊, 陆钰璞, 白宇宏. 树脂材料 SureFil SDR 行预防性树脂充填的细菌黏附性[J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23(10): 1496-1500. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1616.
- [42] Ionescu AC, Comba A, Brambilla E, et al. Influence of curing time on the microbiological behavior of bulk-fill nanohybrid resin composites [J]. *Polymers (Basel)*, 2021, 13(17): 2948. DOI: 10.3390/polym13172948.
- [43] Leon - Pineda C, Donly K. Inhibition of demineralization at restoration margins of Z100 and tetric EvoCeram bulk fill in dentin and enamel [J]. *Bioengineering (Basel)*, 2019, 6(2): 36. DOI: 10.3390/bioengineering6020036.
- [44] Mosharrafian S, Shafizadeh M, Sharifi Z. Fracture resistance of a Bulk-Fill and a conventional composite and a combination of both for coronal restoration of severely damaged primary anterior teeth [J]. *Front Dent*, 2019, 16(1): 69-77. DOI: 10.18502/ffd.v16i1.1112.
- [45] Salama F, Abdelmegid F, Alhussain M, et al. Comparison of fracture resistance of primary incisors restored with different intracanal - reinforcement materials [J]. *Clin Cosmet Investig Dent*, 2021, 13: 507-512. DOI: 10.2147/CCIDE.S335333.
- [46] Pham KV, Huynh TT. Bond strength and fracture resistance of flowable bulk fill composite posts and cores in endodontically treated teeth [J]. *J Int Soc Prevent Communit Dent*, 2019, 9(5): 522-526. DOI: 10.4103/jispcd.JISPCD\_187\_19.
- [47] Fantin LL, Simões F, Alencar CM, et al. Bond strength and internal adaptation of customized glass fiber posts using different bulk-fill flow resins [J]. *J Clin Exp Dent*, 2022, 14(3): e263-e268. DOI: 10.4317/jced.57683.
- [48] Al-Jeaidi Z. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with Zirconia filler containing composite core material and fiber posts [J]. *Pak J Med Sci*, 2016, 32(6): 1474-1478. DOI: 10.12669/pjms.326.11282.
- [49] 于洋洋, 董鑫, 薛诗京, 等. 三种含氟衬洞材料短期氟释放及抗压强度的探讨[J]. *基因组学与应用生物学*, 2017, 36(6): 2276-2281. DOI: 10.13417/j.gab.036.002276.
- [50] Yadav R, Kumar M. Dental restorative composite materials: A review [J]. *J Oral Biosci*, 2019, 61(2): 78-83. DOI: 10.1016/j.job.2019.04.001.
- [51] Yap AU, Eweis AH, Yahya NA. Dynamic viscoelastic characterization of bulk - fill resin - based composites and their conventional counterparts [J]. *Oper Dent*, 2020, 45(2): 173-182. DOI: 10.2341/19-005-L.
- [52] Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, et al. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites [J]. *J Dent*, 2015, 43(2): 209-218. DOI: 10.1016/j.jdent.2014.12.004.
- [53] Kim RJ, Son SA, Hwang JY, et al. Comparison of photopolymerization temperature increases in internal and external positions of composite and tooth cavities in real time: Incremental fillings of microhybrid composite vs. bulk filling of bulk fill composite [J]. *J Dent*, 2015, 43(9): 1093-1098. DOI: 10.1016/j.jdent.2015.07.003.

(收稿日期:2023-03-14)

(本文编辑:王曼)