

# 儿童带环丝圈式间隙保持器的椅旁数字化设计与制作方法初探

秦庆钊<sup>1</sup> 胡嘉<sup>2</sup> 陈小贤<sup>3</sup> 石冰清<sup>3</sup> 高梓翔<sup>4</sup> 朱玉佳<sup>1</sup> 温奥楠<sup>1</sup> 王勇<sup>1,4</sup> 赵一姣<sup>1,4</sup>

1. 北京大学口腔医学院·口腔医院数字化研究中心, 国家口腔医学中心,

国家口腔疾病临床医学研究中心, 口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心,

国家卫生健康委口腔数字医学重点实验室(中国医学科学院口腔数字医学重点实验室),

口腔数字医学北京市重点实验室, 北京 100081;

2. 北京大学口腔医学院·口腔医院儿童口腔科, 北京 100081;

3. 北京大学口腔医学院·口腔医院第一门诊部儿童口腔科, 北京 100050;

4. 北京大学医学部医学技术研究院, 北京 100191

**[摘要]** **目的** 提出一种儿童带环丝圈式间隙保持器的椅旁数字化设计与制作方法, 并初步验证其临床可行性。**方法** 选取 10 例因乳牙早失需要进行间隙保持的患儿为研究对象, 采集患儿口内扫描数据建立缺牙数字模型, 使用自主研发的儿童带环丝圈式间隙保持器设计软件, 完成个性化带环与丝圈结构的快速设计, 生成一体化带环丝圈式间隙保持器的数字模型。分别采用椅旁金属数控切削工艺(试验组)和技工室金属 3D 打印工艺(对照组)制作间隙保持器。对保持器进行模型试戴, 邀请儿童口腔高年资专家采用视觉模拟评分法(VAS)从间隙保持器的密合度、就位稳定性两个方面进行评价, 并进行统计学分析。**结果** 试验组 10 例间隙保持器的设计及制作总时间均小于 1 h。统计分析结果表明, 2 组间隙保持器均满足临床使用需求, 试验组间隙保持器的密合度、稳定性优于对照组。**结论** 本研究提出的儿童带环丝圈式间隙保持器的椅旁数字化设计与制作方法, 可实现初次就诊当日佩戴间隙保持器, 临床可行性好, 具有良好的临床应用潜力。

**[关键词]** 儿童间隙保持器; 计算机辅助设计与计算机辅助制作; 椅旁数字化; 金属数控切削

**[中图分类号]** R788 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2024.2023346



本文链接 开放科学标识码

## Chairside digital design and manufacturing method for children's band and loop space maintainers

Qin Qingzhao<sup>1</sup>, Hu Jia<sup>2</sup>, Chen Xiaoxian<sup>3</sup>, Shi Bingqing<sup>3</sup>, Gao Zixiang<sup>4</sup>, Zhu Yujia<sup>1</sup>, Wen Aonan<sup>1</sup>, Wang Yong<sup>1,4</sup>, Zhao Yijiao<sup>1,4</sup>

1. Center of Digital Dentistry, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Digital Medical Devices & NHC Key Laboratory of Digital Stomatology (Key Laboratory of Digital Stomatology, Chinese Academy of Medical Sciences) & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China; 2.

Dept. of Pediatric Dentistry, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing 100081, China; 3. Dept. of Pediatric Dentistry, First Clinical Division, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing 100050, China; 4. Institute of Medical Technology, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

**[收稿日期]** 2023-12-12; **[修回日期]** 2024-01-05

**[基金项目]** 国家自然科学基金(82271039, 82071171); 国家重点研发计划项目(2022YFC2405401); 甘肃省重点研发计划项目(21YF5FA165)

**[作者简介]** 秦庆钊, 学士, E-mail: 1526678223@qq.com

**[通信作者]** 王勇, 教授级高级工程师, 硕士, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn; 赵一姣, 高级工程师, 硕士, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn

Supported by: The National Natural Science Foundation of China (82271039, 82071171); National Key R&D Program of China (2022YFC2405401); Key R&D Program of Gansu Province of China (21YF5FA165)

Correspondence: Wang Yong, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn; Zhao Yijiao, E-mail: kqcadcs@bjmu.edu.cn

**[Abstract]** **Objective** This study proposes a chairside digital design and manufacturing method for band and loop space maintainers and preliminarily validates its clinical feasibility. **Methods** Clinical cases of 10 children requiring space maintenance caused by premature loss of primary teeth were collected. Intraoral scan data of the affected children were also collected to establish digital models of the missing teeth. Using a pediatric band and loop space maintainer design software developed by our research team, a rapid personalized design of band and loop structures was achieved, and a digital model of an integrated band and loop space maintainer was ultimately generated. A chairside space maintainer was manufactured through metal computer numerical control machining for the experimental group, whereas metal 3D printing in the dental laboratory was used for the control group. A model fitting assessment was conducted for the space maintainers of both groups, and senior pediatric dental experts were invited to evaluate the clinical feasibility of the space maintainers with regard to fit and stability using the visual analogue scale scoring system. Statistical analysis was also performed. **Results** The time spent in designing and manufacturing the 10 space maintainers of the experimental group was all less than 1 h. Statistical analysis of expert ratings showed that the experimental group outperformed the control group with regard to fit and stability. Both types of space maintainers met clinical requirements. **Conclusion** The chairside digital design and manufacturing method for pediatric band and loop space maintainers proposed in this study can achieve same-day fitting of space maintainers at the first appointment, demonstrating good clinical feasibility and significant potential for clinical application.

**[Key words]** children's space maintainer; computer aided design/computer aided manufacturing; chairside digitalization; metal computer numerical control machining

带环丝圈式间隙保持器在乳磨牙早失的临床应用中具有不可替代的重要性<sup>[1]</sup>。单侧第一或第二乳磨牙的早失会导致远中邻牙近中倾斜移位,从而引发牙弓长度丧失,进一步引发牙列拥挤、食物嵌塞和中线移位等问题<sup>[2-3]</sup>。在乳牙列和混合牙列期间,牙弓长度的维护有利于咬合的正常发育,降低错殆畸形发生率<sup>[1-2]</sup>。因此,当单侧第一或第二乳磨牙缺失时,使用带环丝圈式间隙保持器来保持缺牙间隙的大小和稳定至关重要<sup>[4-5]</sup>。

常用的儿童带环丝圈式间隙保持器一般采用传统非数字化工艺制作<sup>[6]</sup>。临床医生需要挑选适合基牙的预成带环,而缺失牙位则需技师通过手工弯制金属丝(通常是镍铬合金丝)并与带环进行焊接连接,以维持缺陷的近远中距离<sup>[4]</sup>。但由于丝圈与带环焊接处存在结构弱点,易导致断裂<sup>[1,7-8]</sup>,且预成带环与基牙的密合度差,易引起水门汀粘接剂溶解丧失,导致带环松动下沉压迫牙龈或者带环脱落<sup>[8-10]</sup>。康方芳等<sup>[11]</sup>对乳磨牙早失间隙保持器应用的回顾性研究发现,以第二乳磨牙、第一恒磨牙为基牙的带环丝圈式间隙保持器6个月保留率分别为58.66%和49.14%,揭示了传统非数字化工艺制作的间隙保持器存在临床脱落率较高、远期疗效有待改善的问题。

近年来,以计算机辅助设计/计算机辅助制造(computer aided design/computer aided manufacturing, CAD/CAM)为核心的数字化技术为间隙保持器的设计和制作提供了新的制作工艺,并取得了显著的临床应用成果。使用CAD/CAM技术结合生物相容性材料制作间隙保持器的技工室数字化工艺已被广泛研究,并显示出制作精度提高和佩戴效果改善的优势<sup>[1-2,12-15]</sup>。主要体现在以下几个方面:1)基于患儿的口扫数据进行间隙保持器的设计制作,无需制取传统印模,避免患儿制取印模时恶心不适和恐惧不安,提高患儿诊疗配合度<sup>[15-16]</sup>;2)基于基牙表面形态设计的个性化带环与基牙的适合性更好,避免预成带环工艺由于边缘不密合或粘接剂溶解造成的带环松动脱落或基牙继发龋<sup>[14]</sup>;3)一体化制作工艺避免传统带环丝圈式间隙保持器因焊接结构强度薄弱点导致的临床失败问题<sup>[1,17]</sup>;4)易于抛光和清洁,减少牙菌斑积累,有利于维护牙周健康<sup>[9,14]</sup>;5)采用生物相容性材料(钛、聚醚醚酮材料),对镍铬金属过敏的患儿有利<sup>[9]</sup>。

然而,由于缺乏简单高效的设计软件和配套的椅旁加工设备,这些研究提出的数字化工艺主要依赖于技工室内的工艺流程来实现间隙保持器

制作，尚未有效减少患儿的就诊次数与等待保持器制作的时间。因此，本研究创新提出了带环丝圈式儿童间隙保持器的椅旁数字化设计与制作方法，通过使用课题组自主研发的儿童间隙保持器设计软件，配合椅旁钛金属五轴切削技术，实现儿童间隙保持器的椅旁快速制作。该技术方法可做到患儿初次就诊当日佩戴间隙保持器，避免儿童生长发育期因等待保持器制作而引起的缺牙间隙进一步丧失，实现儿童牙列间隙管理的及时性和有效性。

### 1 材料和方法

#### 1.1 研究对象和设备材料

选取2021—2022年就诊于北京大学口腔医院儿童口腔科的10例因乳牙早失需要进行间隙保持的患儿为研究对象。患儿纳入标准：年龄5~10岁，单侧第一乳磨牙早失或第一恒磨牙萌出后、同侧第二乳磨牙早失，继承恒牙牙根形成少于1/3，基牙完整无龋坏<sup>[6,10]</sup>。为了验证带环丝圈式间隙保持器椅旁设计与制作的可行性，本研究分别采用椅旁数字化工艺（试验组）和技工室数字化工艺（对照组）为每例患儿制作间隙保持器，对2种数字化工艺制作的间隙保持器进行比较。本研究已获得北京大学口腔医院生物医学伦理委员会批准（PKUSSIRB-202059187），所有研究对象均签署知情同意书。

研究使用的硬件设备包括：椅旁口内扫描仪（3Shape Trios，3Shape公司，丹麦），用于获取患儿口扫数据；椅旁切削设备灵工五轴 Ideal Mill

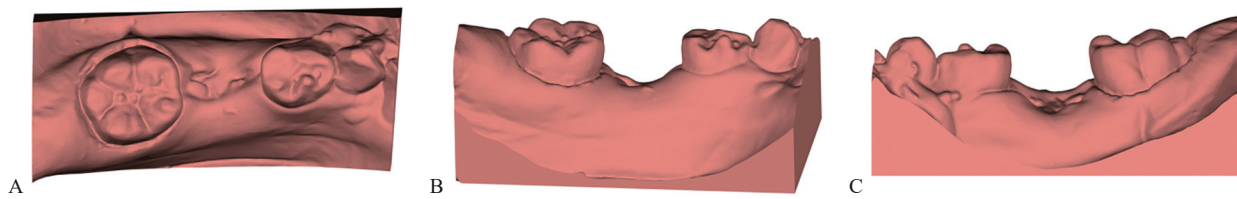
W [切削精度0.02 mm，国数新材（北京）技术有限公司]，用于椅旁即刻加工间隙保持器；技工室金属3D打印设备（Concept laser M2，打印精度0.08 mm，Concept laser公司，德国），用于技工室制作间隙保持器；树脂牙颌模型3D打印机（DLP-1080E，打印精度0.075 mm，大族激光科技产业集团股份有限公司），用于制作间隙保持器试戴的树脂牙颌模型。

研究使用的软件包括：课题组自主研发的儿童带环丝圈式间隙保持器设计软件 [V2.0.2，维视医疗信息科技（山东）有限公司]，用于设计带环丝圈式间隙保持器数字模型；数控切削排版工艺软件（hyperDENT Compact，FOLLOW-ME! Technology Group公司，德国），用于椅旁切削前排版；金属3D打印排版工艺软件（Magics，Materialis公司，比利时），用于技工室3D打印前排版；统计学软件（SPSS 26.0，IBM公司，美国），用于试验结果的统计学分析。

研究使用的材料包括：纯钛盘（西安九洲生物材料有限公司），用于椅旁即刻制作间隙保持器；牙科激光选区熔化钛合金粉末（成都优材科技有限公司），用于技工室制作间隙保持器；T-MOG-522光固化树脂（大族激光科技产业集团股份有限公司），用于制作保持器试戴的树脂牙颌模型。

#### 1.2 扫描获取患儿缺牙数字模型

椅旁使用3Shape口内扫描仪获取患儿缺牙侧的单颌牙列数据，扫描范围包括缺失牙近中2~3颗牙以及远中所有磨牙，扫描数据以STL格式导出（图1）。



A: 殆面观；B: 舌侧观；C: 颊侧观。

图 1 75牙缺失的牙列数字模型

Fig 1 Dentition digital model with 75 tooth loss

#### 1.3 带环丝圈式间隙保持器的数字化设计

试验组与对照组均使用自主研发的儿童带环丝圈式间隙保持器设计软件，完成个性化带环与丝圈结构的快速设计，生成一体化带环丝圈式间隙保持器的数字模型。间隙保持器的设计由接受软件培训后的技师完成，且在设计时接受高年资

儿童口腔科医生指导。记录每例保持器的设计时间，并计算10例保持器设计时间的均值。

一体化带环丝圈式间隙保持器具体设计流程如下。

1) 就位道确定：将1.2中建立的患儿缺牙数字模型导入软件，首先使用软件的“模型观测”

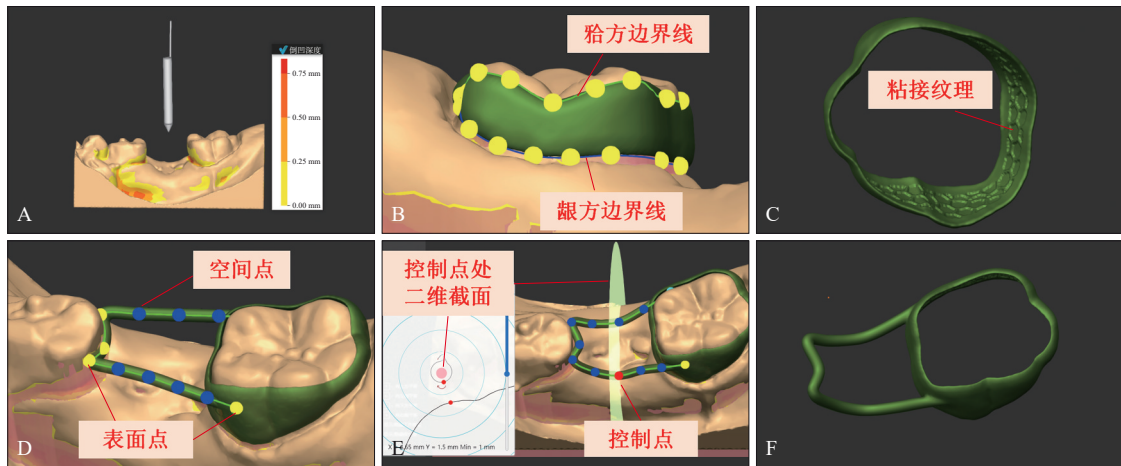
功能进行模型观测以确定带环的就位方向(一般参考牙体长轴方向),填除倒凹(图2A)。

2) 带环设计:使用软件的“绘制带环”功能在基牙上绘制带环的殆方和龈方两条边界线,其中殆方边界线应避免咬合干扰,龈方边界线尽量平齐龈缘,避免压迫牙龈<sup>[4]</sup>。考虑到试验组和对照组分别使用纯钛切削和钛合金3D打印制作,带环厚度参数设计为0.5 mm以保证带环制作工艺的可行性及最终的结构强度<sup>[2,14]</sup>。根据基牙萌出的情况,带环包附基牙各轴面的宽度建议不少于2~3 mm,以保证足够的粘接力,并预留带环与基牙间0.1 mm的粘接剂间隙<sup>[14]</sup>(图2B)。为进一步提高临床粘接效果,借助软件“内侧添加粘接纹理”功能,在带环组织面自动生成密集凹凸网格纹理(图2C)。

3) 丝圈设计:使用软件“绘制弓丝”功能,

通过绘制“表面点”(图2D中黄色点)确定丝圈与带环、邻间隙牙的接触位置,绘制“空间点”(图2D中蓝色点)确定丝圈悬空部分的形态位置。借助“弓丝调整”功能,对初步绘制的丝圈空间形态进行精细调整(图2E),使丝圈悬空部分尽量平行于牙槽嵴,离开牙龈1.0 mm,颊舌径比继承恒牙的颊舌径稍宽,丝圈游离端呈环抱式包绕近中邻间隙牙,接触点位于邻间隙牙远中面最凸点下方<sup>[4]</sup>。软件可设置丝圈的横截面形态为圆形或椭圆形,考虑本研究采用金属材料制作保持器,选择直径为1 mm的圆形截面。

4) 一体化带环丝圈式间隙保持器生成:使用软件“整体修整”功能,通过布尔运算将前序步骤设计的带环和丝圈结构合并为一个完整数据,并对保持器两部件的连接处进行适当地光顺和平滑,导出设计结果的STL格式数据(图2F)。



A: 模型观测确定带环就位方向,填除倒凹; B: 绘制带环的殆方、龈方边界线; C: 在带环组织面添加凹凸网格粘接纹理; D: 通过表面点和空间点快速绘制丝圈,表面点为吸附于工作模型表面的点,空间点为在缺牙间隙中悬空于工作模型的点; E: 在控制点的二维截面上,精确调整丝圈的空间位置; F: 生成一体化带环丝圈式儿童间隙保持器数字模型。

图2 带环丝圈式间隙保持器数字化设计流程

Fig 2 Digital design process for band and loop space maintainer

#### 1.4 带环丝圈式间隙保持器的数字化制作

基于专业技师设计的保持器数字模型,试验组采用椅旁金属数控切削工艺制作间隙保持器,使用的设备为灵工五轴 Ideal Mill W 切削设备,切削材料为纯钛盘,数控切削排版工艺软件为 hyperDENT compact。每块钛盘可排版15个间隙保持器,本研究10个间隙保持器均使用一块钛盘制作,数控切削完成后,由椅旁技师进行打磨抛光。保持器平均制作时间的计算公式如下:  $T=t_1+t_2+t_3$ 。公式中,  $T$  为保持器平均制作时间,  $t_1$  为保持器平均排版时间,  $t_2$  为保持器平均切削时间,  $t_3$  为保持器平均打磨抛光时间。

对照组采用技工室金属3D打印工艺制作间隙保持器,使用的设备为 Concept laser M2 金属打印设备,打印材料为钛合金粉末,3D打印排版工艺软件为 Magics。

#### 1.5 带环丝圈式间隙保持器的临床工作模型试戴评价

使用树脂3D打印机 DLP1080E 制作保持器试戴的树脂牙颌模型。邀请2位儿童口腔高年资专家,采用视觉模拟评分法(visual analogue scales, VAS)分别对试验组和对照组制作的带环丝圈式间隙保持器在3D打印树脂工作牙模上的试戴效果进行评价<sup>[18]</sup>。专家评价使用盲法,具体如下:在

专家进行模型试戴 VAS 评价前，试验设计者分别标注试验组和对照组保持器为 A、B 组，并将 A、B 组 20 个保持器随机打乱，从而使得专家在打分时并不知晓保持器来自试验组还是对照组，以避免专家评分过程中可能出现的主观偏见和影响。VAS 评价的设计包括 2 个方面内容：间隙保持器带环与基牙之间的密合度评价（简称密合度评价）、间隙保持器就位后的稳定性评价（简称稳定性评价），各项内容的评分分值均为 1~5 分，3 分以上定义为基本满足临床应用要求，计算各评分项 2 位专家打分的均值作为评分项的得分。

### 1.6 统计分析

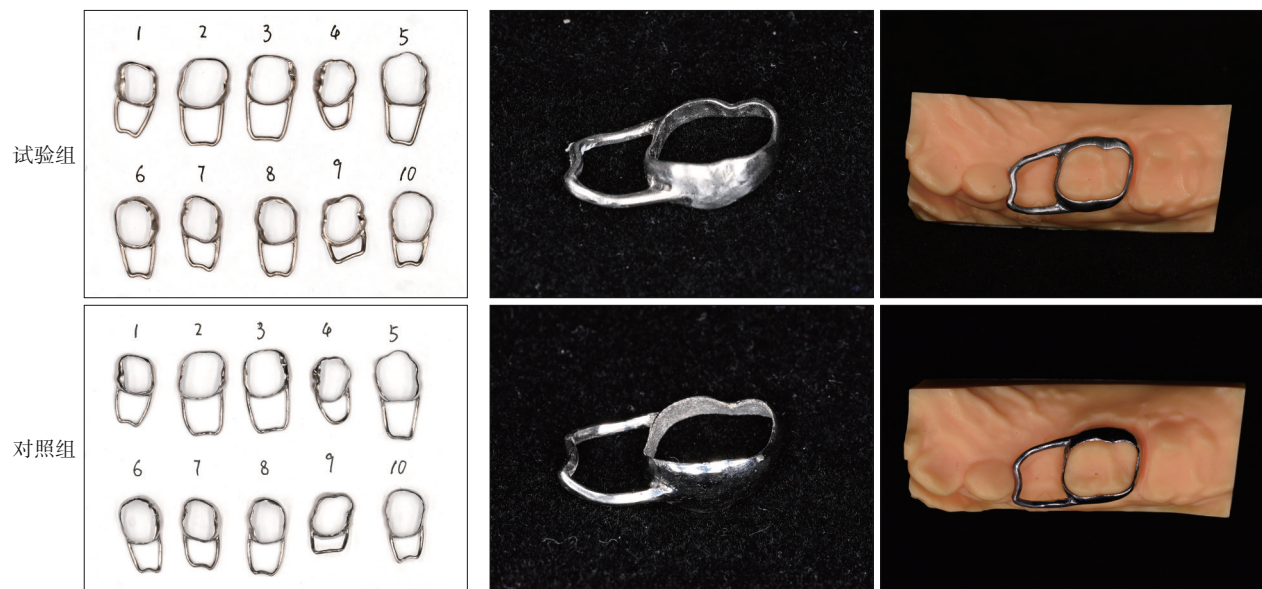
采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。对 2 组各评分项的得分差值进行正态性检验并计算均值。将试验组和对照组视为配对样本，样本量  $n=10$ ，对 2 组的密合度评分、稳定性评分进行显著性检

验，分析其在密合度方面和稳定性方面的差异是否有统计学意义。在进行显著性检验时，若 2 组的各评分项目得分差值符合正态分布，则选择配对  $t$  检验，否则选择 Wilcoxon 符号秩检验。

## 2 结果

儿童间隙保持器的平均设计时间为 7.5 min，试验组保持器平均制作时间为 50.9 min（其中，平均排版时间 5.4 min，平均切削时间 39.2 min，平均打磨抛光时间 6.3 min）。试验组保持器椅旁平均设计及制作时间不超过 1 h。对照组将保持器设计数据发送到技工室后，需等待 7 d 技工室返回。

试验组与对照组所有带环丝圈式间隙保持器在 3D 打印树脂牙颌模型上均就位良好，带环与基牙较为密合，就位后无显著翘动（图 3）。



左：制作的 10 个间隙保持器；右：金属间隙保持器及试戴图（试验组与对照组为同一个病例）。

图 3 2 组儿童间隙保持器及试戴效果图

Fig 3 Children's space maintainers and trial fitting results of two groups

试验组与对照组的保持器密合度与稳定性评分见图 4。试验组的保持器密合度评分均值（4.4）、稳定性评分均值（4.2）均大于 3 分，且 10 例患儿的保持器密合度、稳定性评分均大于等于 3 分，说明试验组的保持器均满足临床使用要求。对照组的密合度评分均值（3.4）、稳定性评分均值（3.2）均大于 3 分，但这 10 例患儿中有 1 例（第 3 例）患儿的保持器密合度评分为 2.5 分，稳定性评分为 2 分，均小于 3 分，不满足临床使用要求。

密合度评价统计分析显示，2 组保持器的密合度评分差值符合正态分布，采用配对  $t$  检验进行组

间比较，结果表明，试验组的保持器密合度评分均值（4.4）大于对照组（3.4），二者间的差异具有统计学意义（ $P=0.01$ ），可认为试验组的保持器密合度优于对照组。

稳定性评价统计分析显示，2 组保持器的稳定性评分差值符合正态分布，采用配对  $t$  检验进行组间比较，结果表明，试验组的保持器稳定性评分均值（4.2）大于对照组（3.2），二者间的差异具有统计学意义（ $P=0.01$ ），可认为试验组的保持器稳定性优于对照组。

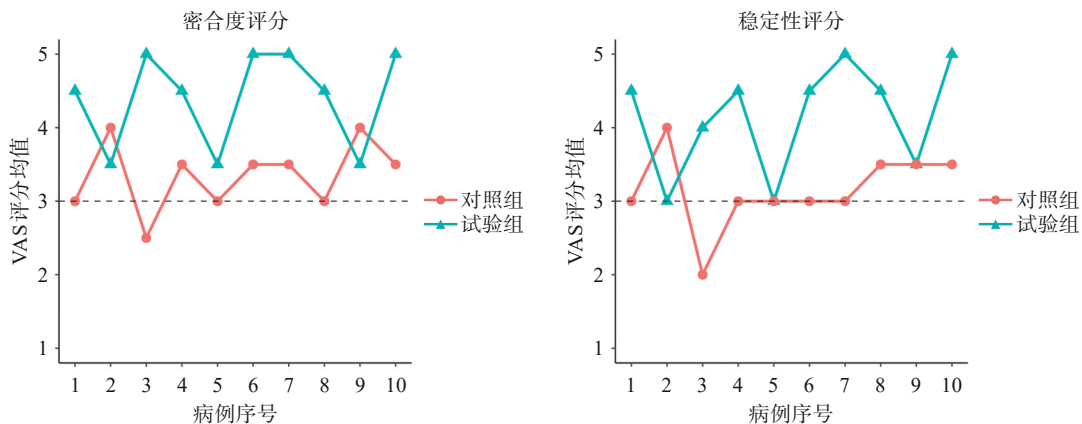


图4 2组保持器的密合度评分、稳定性评分折线图

Fig 4 The line chart of maintainer fit scores and stability scores of two groups

### 3 讨论

#### 3.1 椅旁数字化儿童间隙保持器的设计制作方法具有较好的临床应用优势

采用数字化工艺制作的间隙保持器已在临床上成功应用。Khanna等<sup>[1]</sup>和Pawar等<sup>[2]</sup>使用Dental-CAD 2.2 Valletta软件设计出带环丝圈式间隙保持器的数字模型,并结合技工室金属3D打印技术完成带环丝圈式间隙保持器的制作,结果表明,数字化设计与制作流程不仅减少了人为误差,提高了制作精度,带环适和性更好,同时减少了菌斑滞留和带环与丝圈连接处断裂的问题。冀堃等<sup>[4]</sup>采用3Shape Dental Manager Client软件设计带环丝圈式间隙保持器, Wieland si数控切削设备和聚醚酮酮材料制作保持器,结果表明该间隙保持器具有适合性好、轻量、舒适、菌斑不易附着等优点。

然而由于缺乏简单高效的椅旁设计软件和配套的椅旁加工设备,上述研究提出的数字化工艺均是基于技工室数字化工艺完成间隙保持器的制作,尚未能有效减少患儿的就诊次数与等待保持器制作的时间。本研究针对技工室制作带环丝圈式间隙保持器的生产工艺存在制作周期长、患儿就诊次数多的局限性,提出了一种带环丝圈式间隙保持器的椅旁数字化设计与制作方法。通过为临床医生和椅旁技师定制的国产化儿童间隙保持器设计软件,实现儿童间隙保持器的快速、精确设计,同时配合椅旁五轴金属切削设备,完成儿童间隙保持器的椅旁即刻制作。本研究椅旁数字化设计与制作在1h内即为患儿完成带环丝圈式间隙保持器的制作,相比技工室数字化制作需要7d的时间,椅旁数字化实现了患儿初次就诊当日即

可佩戴间隙保持器,有效减少了患儿就诊次数以及就诊时间延长引起的缺牙间隙丧失,具有良好的临床应用潜力。

#### 3.2 椅旁数控切削制作儿童间隙保持器具有较好的可行性和精度表现

本研究采用VAS对椅旁数字化和技工室数字化设计与制作的间隙保持器进行临床可行性评价,评价内容包括带环与基牙的密合度和就位后的稳定性。结果显示,椅旁数字化制作的间隙保持器的各方面评分均高于技工室数字化制作的间隙保持器。分析原因可能在于:椅旁数字化切削设备的加工精度为0.02 mm,技工室数字化3D打印设备的加工精度为0.08 mm,二者打印设备加工精度间的差异导致了间隙保持器在带环与基牙密合度、就位后稳定性方面的不同。专家评分结果还显示,试验组保持器均满足临床使用要求,对照组除1例保持器外其余均满足临床使用要求。在保持器的数字化设计环节,由接受过培训的椅旁技师在医生的指导下进行保持器设计,可避免因设计不良造成的试戴效果不佳的问题。另外,采用数字化加工工艺,可设计制作适合基牙的个性化带环,提高保持器制作的精密程度。

#### 3.3 不足和展望

本研究间隙保持器的就位后稳定性评价结果表明,试验组的稳定性得分均值(4.2)大于对照组(3.2),差异具有统计学意义,即试验组间隙保持器就位后稳定性优于对照组。但试验组中有1个病例的稳定性得分小于对照组,有2个病例的得分与对照组相同。观察这3个病例的基牙情况,发现其中1个病例以第二乳磨牙作为基牙,2个病例以第一恒磨牙作为基牙。在以第二乳磨牙作为基牙的这个病例中,观察到基牙与远中邻牙紧密接触,

基牙远中面存在扫描盲区, 导致口扫数据只能获得基牙远中邻接触殆方的牙面数据, 缺少邻接触龈方的牙面数据, 使得后续设计环节绘制的带环龈方边界线无法与牙龈平齐, 导致在基牙远中面不能获得理想的带环宽度, 从而在一定程度上影响了带环就位后的稳定性。而在以第一恒磨牙作为基牙的这2个病例中, 观察到基牙远中尚未完全萌出, 基牙远中面大部分被牙龈软组织覆盖, 导致口扫数据无法获取完整的基牙远中面数据, 使得后续设计的带环远中宽度较窄, 影响了带环就位后的稳定性。

上述3个病例中的特殊情况, 提示临床医师在采集口扫数据时, 应尽可能获得完整的基牙数据, 以保证后续设计环节获得具有理想带环宽度的保持器设计数据。针对上述难以获取完整基牙扫描数据的特殊病例, 笔者构思了2种可能的解决方案: 1) 在口扫数据采集环节, 以第二乳磨牙作为基牙时, 通过分牙措施暴露基牙远中面; 以第一恒磨牙作为基牙时, 若远中面覆盖牙龈松软、牙龈沟较宽时, 采用排龈措施暴露基牙远中面。2) 当通过上述方法仍难以获得理想的基牙扫描数据时, 可在间隙保持器的数字化设计前, 通过在逆向工程软件(Geomagic wrap 2021)中, 对口扫数据进行以下预处理, 裁剪删除基牙远中数据, 填充修复基牙远中面, 修整基牙远中面形态, 将基牙远中面数据的殆龈高度人为增加1~2 mm, 以获得理想的基牙数据。在未来的研究中, 可进一步开展实验, 验证这两种方案的可行性, 以提高间隙保持器椅旁数字化工艺的临床病例适合性。

此外, 本研究目前只针对椅旁数字化加工工艺进行了体外模型评价研究, 初步验证了其临床可行性, 尚需进一步对带环丝圈式间隙保持器的椅旁数字化设计与制作工艺进行临床患儿的口内验证评价研究, 通过对间隙保持成功率、使用过程中的断裂率、带环脱落率以及患儿的舒适度等多方面指标的研究, 进一步验证椅旁数字化新方法的临床效果。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

### [参考文献]

- [1] Khanna S, Rao D, Panwar S, et al. 3D printed band and loop space maintainer: a digital game changer in preventive orthodontics[J]. J Clin Pediatr Dent, 2021, 45(3): 147-151.
- [2] Pawar BA. Maintenance of space by innovative three-dimensional-printed band and loop space maintainer[J]. J Indian Soc Pedod Prev Dent, 2019, 37(2): 205-208.
- [3] 张芷莲, 彭怡然, 邹静, 等. 第二乳磨牙早失的间隙保持[J]. 中华口腔医学杂志, 2019, 54(12): 851-854.  
Zhang ZL, Peng YR, Zou J, et al. Space maintenance for the premature loss of the second primary molar[J]. Chin J Stomatol, 2019, 54(12): 851-854.
- [4] 中华口腔医学会儿童口腔医学专业委员会. 儿童间隙保持器临床应用专家共识[J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57(8): 828-835.  
Pediatric Stomatology Committee of Chinese Stomatological Association. Expert consensus on the space maintainer in children[J]. Chin J Stomatol, 2022, 57(8): 828-835.
- [5] 秦满, 夏斌. 儿童口腔医学[M]. 3版. 北京: 北京大学医学出版社, 2020: 205-217.  
Qin M, Xia B. Pediatric stomatology[M]. 3th ed. Beijing: Peking University Medical Press, 2020: 205-217.
- [6] 张静兰, 莫伟兰, 刘芳, 等. 三种间隙保持器的临床效果评价[J]. 新医学, 2021, 52(10): 768-771.  
Zhang JL, Mo WL, Liu F, et al. Evaluation of clinical efficacy of three types of space maintainers[J]. J New Med, 2021, 52(10): 768-771.
- [7] 马宇星, 李小兵. 新型口腔间隙保持器临床应用进展[J]. 中国实用口腔科杂志, 2022, 15(6): 749-754.  
Ma YX, Li XB. Clinical application progress of new dental space maintainers[J]. Chin J Pract Stomatol, 2022, 15(6): 749-754.
- [8] 丁月, 谢玲, 任乐文, 等. 全冠式和带环式丝圈保持器应用于单颗乳磨牙早失的回顾性研究[J]. 口腔医学研究, 2022, 38(12): 1182-1186.  
Ding Y, Xie L, Ren LW, et al. Retrospective study on full crown and band loop space maintainer for premature loss of single deciduous molar[J]. J Oral Sci Res, 2022, 38(12): 1182-1186.
- [9] Dhanotra KG, Bhatia R. Digitainers-digital space maintainers: a review[J]. Int J Clin Pediatr Dent, 2021, 14 (suppl 1): S69-S75.
- [10] Tokuc M, Yilmaz H. Comparison of fit accuracy between conventional and CAD/CAM-fabricated band-loop space maintainers[J]. Int J Paediatr Dent, 2022, 32(5): 764-771.
- [11] 康方芳, 刘茜, 梅予锋. 固定式间隙保持器应用于乳磨牙早失的回顾性研究[J]. 口腔医学, 2021, 41(6): 537-

540.  
Kang FF, Liu Q, Mei YF. Retrospective study on the application of fixed space maintainer in early loss of primary molar[J]. Stomatology, 2021, 41(6): 537-540.
- [12] Lee JH. Fully digital workflow for the fabrication of a tooth-colored space maintainer for a young patient[J]. J Esthet Restor Dent, 2023, 35(4): 561-566.
- [13] Rodrigues LP, Dourado PHN, de Araújo CAR, et al. Digital workflow to produce esthetic space maintainers for growing patients[J]. J Prosthet Dent, 2022: S0022-3913(22)00198-6.
- [14] 冀堃, 朱顶贵, 陆伟, 等. 聚醚酮酮数字化乳牙早失间隙保持器的临床应用观察[J]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2019, 13(6): 368-372.  
Ji K, Zhu DG, Lu W, et al. Clinical application of digital space maintainer fabricated by polyetherketoneketone for premature loss of deciduouseeth[J]. Chin J Stomatol Res (Electron Ed), 2019, 13(6): 368-372.
- [15] 戴丽, 冀堃, 廖莹, 等. 聚醚酮酮数字化乳牙早失间隙保持器的临床效果及满意度[J]. 中国临床研究, 2021, 34(12): 1670-1672, 1676.  
Dai L, Ji K, Liao Y, et al. Clinical effect and satisfaction of PEKK digital space maintainer for premature loss of deciduous teeth[J]. Chin J Clin Res, 2021, 34(12): 1670-1672, 1676.
- [16] Vij AA, Reddy A. Using digital impressions to fabricate space maintainers: a case report[J]. Clin Case Rep, 2020, 8(7): 1274-1276.
- [17] Watson L, Danley B, Versluis A, et al. A structural analysis of 3D printed pediatric space maintainers[J]. Pediatr Dent, 2023, 45(4): 342-347.
- [18] Guo H, Wang Y, Zhao Y, et al. Computer-aided design of polyetheretherketone for application to removable pediatric space maintainers[J]. BMC Oral Health, 2020, 20(1): 201.

(本文编辑 李彩)

## 《口腔临床免疫学实验技术》出版发行

书籍名称: 口腔临床免疫学实验技术

主编: 陈万涛

出版日期: 2023年11月

出版社: 人民卫生出版社

内容简介: 本书主要介绍口腔免疫学领域, 根据近年来国内外免疫学及口腔免疫学的基础和临床研究的最新成果编写而成。全书编写内容循序渐进, 分别为口腔免疫学基础知识, 口腔及口腔颌面部常见的免疫反应性疾病的免疫机制及特点, 病毒免疫和基因工程抗体, 口腔主要免疫系统和特点, 口腔肿瘤免疫和免疫治疗, 黏膜免疫和免疫调节, 免疫检查点和免疫治疗等前沿内容。编写内容层次分明, 便于学生理解和掌握。本书内容丰富全面、重点突出、参考性强。

