·教学改革·

# 虚拟评估系统在口腔医学生后牙金属冠牙体制备评分的应用研究

于卫强[1,2,3]　朱梓园[1,2,3]　苏庭舒[1,2,3]　翁维民[1,2,3]　胥春[1,2,3]
[1]上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔修复科，上海 200011；[2]上海交通大学口腔医学院，上海 200011；[3]国家口腔医学中心，国家口腔疾病临床医学研究中心，上海市口腔医学重点实验室，上海市口腔医学研究所，上海 200011
通信作者：胥春，Email：imxuchun@sjtu.edu.cn

**【摘要】 目的** 评价虚拟评估系统用于口腔医学生后牙金属冠牙体制备结果评分的可行性。**方法** 共50名大学四年级的学生参加了后牙金属冠牙体制备实验教学课程，采用虚拟评估系统对学生进行指导，并抽取38名学生分别由虚拟评估系统和教师对牙体制备结果进行评分，并对二者的评分结果进行相关性分析。采用SPSS 22.0进行相关性分析和差异性检验。**结果** 虚拟评估系统评分与教师评分结果相关性一般（皮尔森相关系数为0.267）。虚拟评估系统评分（60.87 ± 8.73）显著低于教师的评分（74.71 ± 6.56），差异有统计学意义（$P$<0.001），二者评分结果之间的区别主要体现在邻牙损伤评分和不及格分数的评分。**结论** 虚拟评估系统可以辅助教师发现并总结学生在后牙金属冠牙体制备中的易错点，提高学生牙备练习的效率和效果，可作为后牙金属冠牙体制备评分工具。

**【关键词】** 虚拟评估系统；　后牙金属冠；　牙体制备
**【中图分类号】** R33
**基金项目：**上海交通大学医学院附属第九人民医院教学型医师计划（JXXYS-2023-2）
DOI：10.3760/cma.j.cn116021-20240811-02181

**Study on the application of virtual evaluation system in scoring posterior metal crown tooth preparation by dental students**

*Yu Weiqiang[1,2,3], Zhu Ziyuan[1,2,3], Su Tingshu[1,2,3], Weng Weimin[1,2,3], Xu Chun[1,2,3]*
*[1]Department of Prosthodontics, Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; [2]College of Stomatology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200011, China; [3]National Center for Stomatology/National Clinical Research Center for Oral Diseases/Shanghai Key Laboratory of Stomatology/Shanghai Research Institute of Stomatology, Shanghai 200011, China*
*Corresponding author: Xu Chun, Email: imxuchun@sjtu.edu.cn*

**【Abstract】 Objective** To evaluate the feasibility of a virtual evaluation system for scoring posterior metal crown tooth preparation by dental students. **Methods** A total of 50 fourth-year undergraduate students participated in the experimental course on posterior metal crown tooth preparation. A virtual evaluation system was used to guide the students. Tooth preparation of 38 students was scored by both the virtual evaluation system and teachers. A correlation analysis was performed for the two sets of scores. SPSS 22.0 was used for correlation analysis and significance test. **Results** The scores from the virtual evaluation system and teachers showed moderate correlation and a Pearson correlation coefficient of 0.267. The score from the virtual evaluation system (60.87 ± 8.73) was significantly lower than the score given by the teachers (74.71 ± 6.56) ($P$<0.001). The main differences between the two scoring methods were observed in the assessment of adjacent tooth damage and the proportion of failing scores. **Conclusions** The virtual evaluation system can assist teachers to identify and summarize the error-prone points in the preparation of posterior metal crown tooth, and help students improve the efficiency and effectiveness of tooth preparation practice. The virtual evaluation system can be used as a tool for scoring posterior metal crown tooth preparation.

**【Key words】** Virtual evaluation system;　Posterior metal crown;　Tooth preparation
**Fund program:** Teaching Physician Program of the Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong

University School of Medicine (JXXYS-2023-2)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240811-02181

牙体预备是口腔医学生必须掌握的核心修复技能之一。传统教学中，学生通过在仿真头模上进行牙体制备练习，由带教教师借助放大镜和硅橡胶导板评估牙体预备结果，并通过面对面反馈指出不足。然而，由于实验课师生比例较低，教师的评分和反馈效率受限，直接影响教学进度和质量[1-2]。

近年来，数字化虚拟牙备评估系统的应用为这一难题提供了解决方案[3]。该系统通过红外线实时采集牙备数据并生成数字化虚拟图像，在学生完成操作后即刻生成评分结果，同时精准分析预备不足（如肩台宽度、轴面聚合度等），帮助学生自主改进[4-6]。现有研究表明，该系统在前牙全冠预备教学中评估效果显著[7-9]，但针对后牙金属冠预备的应用研究较少[10]。

后牙铸造金属冠既是口腔修复学教学重点，也是口腔执业医师考试必考项目。然而，学生普遍反映相关学时不足、操作时间紧张，加之师生比失衡，教师难以为每位学生提供个性化指导。因此，本研究通过对比数字化系统与教师评分的差异，探讨虚拟评估系统在后牙金属冠预备教学中的应用价值，为优化实验课程设计提供依据。

## 1　对象与方法

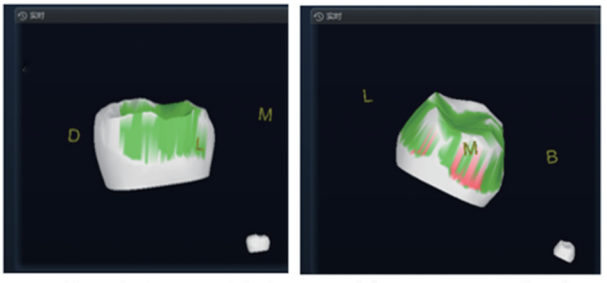
### 1.1　实验系统

参照《口腔修复学（第八版）》（人民卫生出版社）后牙铸造金属冠牙体制备的临床流程和牙体预备量的要求[11]，制定后牙铸造金属冠牙备质量的评分标准，并录入迪凯尔数字化虚拟评估系统（苏州迪凯尔医疗科技有限公司）。

教学对象为上海交通大学口腔医学院四年级本科生共50名学生，参加数字化虚拟评估系统指导下的后牙金属冠牙体制备练习，对牙体制备结果随机抽取38名学生分别由虚拟评估系统和两位口腔修复专家教师进行评分，对二者的评分结果进行比较分析。所有学生均系统学习了后牙铸造金属冠牙体制备要求，均熟练掌握仿真头模，并且均已经采用虚拟评估系统进行过磨牙铸造嵌体的牙体制备练习。该研究获得上海交通大学医学院附属第九人民医院伦理委员会的批准（批号：SH-9H-2022-T30-1）。

### 1.2　实验过程

课程开始时，由经验丰富的带教教师回顾后牙铸造金属冠牙体制备的理论要点，随后在仿真头模（卡瓦盛邦）上进行标准操作示教，重点讲解关键步骤。学生理解操作要点后，在数字化虚拟评估系统的指导下，在仿真头模上进行36号模型牙的金属冠牙体制备练习。虚拟评估系统设置为练习模式，可实时提供视觉反馈：牙体制备量合适→虚拟牙体显示绿色，牙体制备过量→虚拟牙体显示红色（图1）。学生完成牙体制备后提交结果，系统自动生成量化评分（评分标准见附录），并分析预备中的不足（如轴面聚合度、肩台宽度等），帮助学生针对性改进（图2）。同时，带教教师通过虚拟系统教师端对所有学生的预备结果进行评分，并汇总常见错误和扣分点（图3）。为确保评估的客观性，研究邀请两位资深口腔修复专科医师（均具有多年教学及临床经验），对随机选取的38名学生的预备模型进行专家盲评。在放大镜辅助下，从以下维度进行主观评分：𬌗面、颊面、舌面、邻面的预备量，轴面会聚角度、是否存在倒凹、肩台位置及宽度、邻牙牙体及软组织损伤情况。两位专家采用统一评分标准（附录），最终取平均分作为专家评分，用于与虚拟系统评分对比分析。




A. 牙备量合适，显示为绿色　B. 牙备量过量，显示为红色

**图 1**　虚拟牙备图




**图 2**　虚拟评估系统结果分析界面




**图 3**　虚拟评估系统对所有学生牙备质量的分析结果

### 1.3　统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件先对两位专家的评分进行一致性检验，并对 38 名学生牙备结果带教教师的主观评分和虚拟评估系统的评分进行相关性分析和差异性检验，检验水准 $\alpha$=0.05。

## 2　结果

### 2.1　虚拟评估系统结果展示

虚拟评估系统可以对虚拟牙备后的基牙进行数字化切割形成数字化代型，显示界面中可以展示出学生牙体制备后基牙与标准牙体制备模型间的差异（橙色线为实际牙备后基牙，蓝色线为标准牙备后基牙），学生可以根据提示在后续的牙体制备练习中改正不足、提高成绩。同时虚拟评估系统会给出牙体制备的客观评分，带教教师可以从系统中获得所有学生的牙体制备结果分数，并且系统可以通过饼状图详细给出学生扣分点的分布和占比，从而获知学生在牙备中的难点。

### 2.2　虚拟评分和专家评分结果对比

图 4 为专家教师主观评分和虚拟评估系统客观评分的结果散点图，结果显示专家主观评分普遍高于虚拟评分，但学生得分的趋势基本一致。通过 SPSS 软件进行统计分析，两位专家评分的组内一致性检验显示（ICC=0.706，$P$<0.001），因为两位专家评分结果 ICC 大于 0.7，说明评分结果的一致性较高。虚拟评分的平均值是 60.866，标准差是 8.73，专家评分的平均值是 74.711，标准差是 6.56，独立样本 $t$ 检验结果显示虚拟评分和专家评分之间存在差异（$t$=−7.81，$P$<0.001），虚拟评分的平均值显著低于专家评分。二者之间的皮尔森相关系数为 0.267，显著性为 0.106，$P$ 大于 0.05。

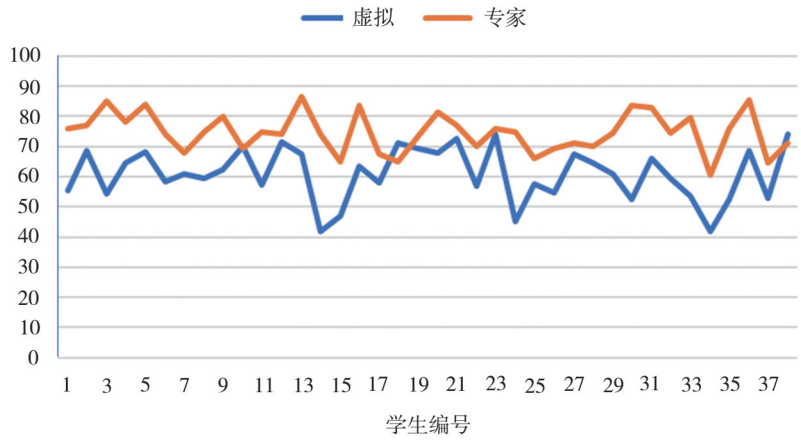



**图4**　牙备结果评分散点图(蓝色为虚拟评分;橙色为专家评分)

## 3　讨论

**3.1**　虚拟仿真评估系统在后牙金属冠牙体制备技能训练的应用

近年来,以迪凯尔为代表的数字化虚拟仿真评估系统的研发与应用,为口腔医学生提升牙体制备技能提供了创新的自主学习平台。多项研究证实[12-15],该系统在前牙烤瓷冠、全瓷冠的牙体制备训练中展现出显著优势:通过实时可视化反馈(如预备量不足或过量的即时提示)和客观量化评分,帮助学生精准识别操作缺陷并自主调整,有效提升了技能训练的效率和自主性。然而值得注意的是,现有研究多聚焦于前牙区修复体的预备训练,针对后牙铸造金属冠这一临床基础且重要的修复体类型,虚拟评估系统的应用效果尚缺乏系统研究。鉴于后牙铸造金属冠在口腔修复教学及执业医师考试中的核心地位,本研究团队首次对该系统在后牙金属冠牙体制备训练中的应用价值进行了探索性研究,以期为口腔临床技能教学提供新的技术支持和教学优化方案。

教学中,学生在进行后牙铸造金属冠牙体制备时,虚拟评估系统不仅可以提示学生制备过程中需采用的车针种类和牙体预备量,而且当学生牙体预备过量时,虚拟评估系统会在显示屏上对基牙相应部位进行实时高亮警示,实时指导和规范学生的牙体制备过程和制备量。另一方面,当学生制备完成后,虚拟评估系统会给出结果评分,并且学生可以通过查看虚拟牙备结果获知自己在牙备训练中的不足之处,从而在下一次牙体制备练习中加以改善提高[12]。通过询问学生,普遍反映虚拟评估系统可以提高自己学习后牙铸造金属冠的兴趣,并且可以客观发现自己在牙体制备的不足之处,能够提高自己课后自行牙备训练的效率[12]。传统教学中,带教教师主要通过课堂巡查发现学生在牙体制备中的难点和易出错点,并在课堂练习结束时向学生反馈总结,并补充讲解相应牙体制备要点和技巧。这种教学方法带有一定的主观性,并且缺少对不同学生的个性化指导,而且可能会有遗漏。而虚拟评估系统可以对所有学生的牙体制备结果进行客观评分和统计分析,并分析总结出易出错点和主要扣分点,带教教师可以根据这个客观的结果进行更有针对性的讲解,提高牙体制备教学的效率和效果[12,16]。

**3.2**　虚拟系统和专家对后牙金属冠牙体制备评分情况

目前,数字化虚拟评分系统在前牙修复体(烤瓷冠、全瓷冠)牙体制备质量评估中已展现出显著优势,其评分结果与传统专家评分具有高度一致性[14,17]。这一技术可靠性已得到广泛认可,现已被应用于国家级乃至国际口腔医学生技能大赛的前牙预备项目评分中。然而,在后牙预备评估领域,数字化评分系统的应用仍属空白。值得注意的是,当前国家口腔执业医师资格考试中,后牙铸造金属冠牙体制备的评分仍完全依赖于监考教师的主观评价,这种传统评分方式存在评分标准不统一、主观偏差等固有局限。如果采用数字化虚拟评估系统对后牙牙体制备质量的评分能够与传统专家评分的结果具有良好的相关性,那么今后在各级技能大赛以及口腔执业医师操作考试中就可以采用该系统进行客观评价、评分。

然而,本研究结果显示,带教教师的评分和数字化虚拟评分结果相关性一般,带教教师的评分高于虚拟评分。研究者通过对扣分小项逐项分析发现,虚拟评估系统对邻牙损伤扣分平均为9.2分,而专家评分的邻牙损伤平均扣分仅为0.54分,分析原

因可能是虚拟系统对接牙体组织量的变化评价更加精确，因此对邻牙损伤的扣分更加严格、客观，学生操作完成的模型上邻牙一旦出现损伤，无论多少，均严格扣分，而专家评分时对邻牙牙体组织量的变化敏感度则相对较低，对邻牙损伤的扣分较少。此外，本研究中制备的第一磨牙其近中和远中均有邻牙阻挡，数字化虚拟评估系统获取牙体邻面数据可能有一定的误差，也可能造成与专家评分上的不同，同时也是该系统在后牙应用较少的原因之一。因此建议数字化虚拟评估系统今后需提高后牙邻面数据采集的精度，如果能够结合仓扫技术，提高该系统识别后牙牙备前后的变化，会提高该系统在后牙牙备评分中的应用。另一方面，虚拟评估系统对学生完成的牙体制备模型与标准牙备后的牙体模型进行严格比较来评分，非常精准，也更加客观、“无情”。而专家评分往往根据学生整体情况，进行“基线评分”，因而普遍评分较高，并且专家一般看到质量差的牙体制备体，为了鼓励学生可能不会评分低于55分，而虚拟评估系统则会按照实际情况给出低于55分的评分[17]。为了鼓励学生操作练习，建议在练习模式时，如学生牙备质量评分结果低于60分，建议系统提示学生“需继续努力练习”并指出需要提高的具体要点，而无需给出具体分数。

## 4　结语

本研究结果初步探索了数字化虚拟评估系统在口腔医学本科生后牙金属冠牙体制备课程中的应用，显示数字化虚拟评估系统可以提高口腔医学生学习后牙金属冠牙体制备的兴趣，辅助带教教师更加全面、客观总结后牙金属冠牙体制备中的易错点和难点，并帮助学生提高牙备练习的效率。但如作为口腔医学生技能大赛以及口腔执业医师操作技能考试中后牙铸造金属冠的评分工具，尚需进一步完善。

**利益冲突**　所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明**　于卫强、胥春：论文构思、撰写论文；朱梓园、苏庭舒：项目实施；翁维民：项目指导

### 参考文献

[1] Nick DR, Clark M, Miler J, et al. The ability of dental students and faculty to estimate the total occlusal convergence of prepared teeth [J]. J Prosthet Dent, 2009, 101(1): 7-12. DOI: 10.1016/S0022-3913(08)60281-4.

[2] Jonsson A, Svingby G. The use of scoring rubrics: reliability, validity and educational consequences [J]. Educ Res Rev, 2007, 2(2): 130-144. DOI: 10.1016/j.edurev.2007.05.002.

[3] 邱莹茜. 数字化虚拟系统在口腔修复实验教学中的应用[J]. 中国继续医学教育, 2019, 11(34): 84-86. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2019.34.033.

[4] Gratton DG, Kwon SR, Blanchette D, et al. Impact of digital tooth preparation evaluation technology on preclinical dental students' technical and self-evaluation skills [J]. J Dent Educ, 2016, 80(1): 91-99.

[5] Liu L, Li J, Yuan S, et al. Evaluating the effectiveness of a preclinical practice of tooth preparation using digital training system: a randomised controlled trial [J]. Eur J Dent Educ, 2018, 22(4): e679-e686. DOI: 10.1111/eje.12378.

[6] 郑家伟, 曹霞, 林育华, 等. DentSim实时交互式虚拟口腔教学系统在口腔临床前实训中的应用[J]. 上海口腔医学, 2014, 23(6): 749-754.

[7] 刘琦, 梁悦娥, 项小珍, 等. 数字化实时评估系统在前牙牙体预备教学中的初步应用[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2019, 20(3): 142-146. DOI: 10.19748/j.cn.kqxf.1009-3761.2019.03.004.

[8] 左艳萍, 崔晓明, 马新扬, 等. 虚拟仿真系统在全冠牙体预备实验教学中的应用[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2021, 22(3): 202-205. DOI: 10.19748/j.cn.kqxf.1009-3761.2021.03.009.

[9] 曹勇, 杨学英, 何灏逾, 等. 数字化过程评估系统在牙体预备教学中的应用评价 [J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2017, 11(1): 53-57. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2017.01.011.

[10] 马赛, 殷琦, 王富, 等. 浅谈口腔虚拟仿真实操训练系统的发展现状[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2023, 24(3): 235-240. DOI: 10.19748/j.cn.kqxf.1009-3761.2023.3.013.

[11] 赵依民. 口腔修复学[M]. 北京: 人民卫生出版社.

[12] Yu W, Zhu Z, Su T, et al. A pilot study on the use of a novel digital real-time evaluation system in undergraduate preclinical training of tooth preparation in fixed prosthodontics [J]. Eur J Dent Educ, 2023, 27(4): 949-955. DOI: 10.1111/eje.12886.

[13] 罗有成, 吴哲, 黄江勇, 等. 数字化虚拟仿真技术在口腔修复学临床教学中的探索[J]. 口腔材料器械杂志, 2022, 31(1): 63-66. DOI: 10.11752/j.kqcl.2022.01.12.

[14] Tang L, Cao Y, Liu Z, et al. Improving the quality of preclinical simulation training for dental students using a new digital real-time evaluation system [J]. Eur J Dent Educ, 2021, 25(1): 100-107. DOI: 10.1111/eje.12580.

[15] 于卫强, 吴玉琼, 苏庭舒, 等. 虚拟实时评估系统在口腔住院医师规范化培训口腔修复课程中的应用[J]. 中国毕业后医学教育, 2020, 4(6): 527-530. DOI: 10.3969/j.issn.2096-4293.2020.06.012.

[16] 李亮, 李晓宁, 曲琳, 等. 虚拟仿真训练实时评估系统在口腔修复科住院医师规范化培训中的应用[J]. 中国毕业后医学教育, 2022, 6(4): 330-334. DOI: 10.3969/j.issn.2096-4293.2022.04.010.

[17] 李雪铃, 杨凌, 吴淑仪, 等. 数字化口腔虚拟教学评估系统用于前牙全瓷冠牙体预备评分的初步评价 [J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2020, 14(3): 187-190. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.03.010.

（收稿日期：2024-08-11）
（本文编辑：唐宗顺）