·教学改革·

# IPN仿釉质牙在口腔修复牙体预备实践教学中的应用

王忠山[1]　惠小勇[2]　李石保[3]

[1]口颌系统重建与再生全国重点实验室，国家口腔疾病临床医学研究中心，陕西省口腔医学重点实验室，第四军医大学口腔医院修复科，西安　710032；[2]火箭军广州特勤疗养中心，广州　515000；[3]口颌系统重建与再生全国重点实验室，国家口腔疾病临床医学研究中心，陕西省口腔医学重点实验室，第四军医大学口腔医院口腔材料学教研室，西安　710032

通信作者：李石保，Email：lishibao@fmmu.edu.cn

**【摘要】 目的**　探索一种可高仿真模拟天然牙操作手感的教学模型义齿，以更好应用于口腔修复牙体预备实践模拟教学。**方法**　选取空军军医大学口腔医学专业四年级学生44名，每名学员依次在仿真头模上应用IPN（interpenetrating polymer network）仿釉质牙、天然牙及传统复合树脂牙完成全冠牙体预备操作训练，并分别进行操作考核，记录每次牙体预备操作时间。按照金属烤瓷全冠牙体预备的要求，分别就轴面聚合度、修复空间、点线角、肩台质量、体位姿势5个方面进行评分（每方面共10分，总分合计50分），并计算总分。考核结束后，每名学员填写对IPN仿釉质牙评价的调查问卷。采用SPSS 23.0进行LSD-*t*检验和塔姆黑尼*T*2检验。**结果**　IPN仿釉质牙组考核总分为（37.15±1.17），天然牙组考核总分为（37.20±1.20），两组之间差异无统计学意义（$P>0.05$）；两组考核总分均高于树脂牙组得分（31.53±1.41），差异有统计学意义（$P<0.05$）；尤其是在轴面聚合度、修复空间、肩台质量方面，IPN仿釉质牙和天然牙组学生得分均高于传统复合树脂牙组（$P<0.05$）。学员问卷调查结果显示，各项评分均较高，为3.7～4.9分。**结论**　IPN仿釉质牙相比于传统复合树脂牙，能够更加全面、有效地模拟对天然牙进行牙体预备时的操作手感和体验，在口腔修复牙体预备实践教学中具有潜在的优势。

**【关键词】** 医学模拟教学；　仿釉质牙；　教学义齿；　牙体预备

**【中图分类号】** R78

**基金项目**：国家自然科学基金青年项目（81700930）

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220901-01338

**Application of interpenetrating polymer network enamel-like teeth in the dental practice teaching of crown preparations**

*Wang Zhongshan[1], Hui Xiaoyong[2], Li Shibao[3]*

*[1]State Key Laboratory of Oral & Maxillofacial Reconstruction and Regeneration , National Clinical Research Center for Oral Diseases , Shaanxi Key Laboratory of Stomatology , Department of Prosthodontics, School of Stomatology , The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China; [2]Rocket Army Guangzhou Special Service Rehabilitation Center, Guangzhou 515000, China; [3]State Key Laboratory of Oral & Maxillofacial Reconstruction and Regeneration, National Clinical Research Center for Oral Diseases, Shaanxi Key Laboratory of Stomatology, Department of Materials, School of Stomatology, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China*

**【Abstract】 Objective**　To explore a type of teaching teeth that can highly simulate natural teeth, and to investigate its application in the practice teaching of crown preparations. **Methods**　A total of 44 senior students majoring in stomatology Fourth Military Medical University were selected, and each student received the training of crown preparations using interpenetrating polymer network (IPN) enamel-like teaching teeth, extracted natural teeth, and traditional composite resin teeth. Operation assessment was performed, and the operation time of each crown preparation was recorded. According to the requirements for crown preparations, scores were determined from the five aspects of axial converging, space for repair, line

angle, shoulder quality, and posture, with 10 points for each aspect and 50 points in total, and the total score was calculated. A questionnaire survey on IPN enamel-like teeth was performed for each student after assessment, and SPSS 23.0 was used to perform the least significant difference t-test and the Tambane's *T*2 test. **Results** There was no significant difference in total assessment score between the IPN enamel-like teeth group and the natural teeth group (37.15 ± 1.17 vs. 37.20 ± 1.20, *P*>0.05), and both groups had a significantly higher total score than the resin teeth group (31.53 ± 1.41) (*P*<0.05). The IPN enamel-like teeth group and the natural teeth group had significantly higher scores than the traditional composite resin teeth group in terms of axial converging, space for repair, and shoulder quality (*P*<0.05). The questionnaire survey of the students showed a relatively high score of 3.7-4.9 for each item. **Conclusion** Compared with traditional composite resin teeth, IPN enamel-like teeth can more comprehensively and effectively simulate the operation and experience of natural teeth for crown preparations and thus have potential advantages in the practice teaching of crown preparations.

【**Key words**】 Simulation-based medical education; Enamel-like teeth; Teaching teeth; Crown preparations

**Fund program:** National Natural Science Foundation Youth Project (81700930)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220901-01338

《关于加快医学教育创新发展的指导意见》指出要夯实五年制临床医学本科教育的基础地位，规范和强化实践教学环节，提升医学生解决临床实际问题的能力。《口腔修复学》是一门实践性很强的学科，其中全冠牙体预备质量直接影响到全冠修复的边缘密合性和长期使用寿命。离体天然牙是学员进行牙体预备实践教学的最佳训练载体，但是现阶段随着患者自我维权意识的增强，天然牙来源受限。此外，天然牙解剖变异大，无法保证统一的标准应用于教学。因此，模型牙可能更适用于实践教学[1]。

医学模拟教学(simulation based medical education，SBME)是利用模拟技术，通过多学科交叉融合，创设出仿真临床模拟场景和模拟患者，代替真实患者进行临床教学和实践的教学方法。基于此理论，近年来数字化虚拟仿真牙医培训系统(Simodont)及仿真头模已在国内外口腔医学院校的实践教学中得到广泛应用[2]。其中仿真头模需要结合复合树脂模型牙使用，然而由于树脂牙结构简单、质地较软，在牙体预备时对学生的操作手感产生了较大的影响，因此仍未达到对标准化患者及临床操作情景的高仿真模拟[3]。

为了高仿真模拟天然牙，近年来一种新型的IPN(interpenetrating polymer network)仿釉质教学义齿被开发出来。其由氧化锆和树脂组分按一定比例混合加工而成，拥有接近于天然牙的微观结构和力学性能。本研究在学生分别使用IPN仿釉质牙、离体天然牙与树脂牙进行牙体预备操作的基础上，探讨IPN仿釉质牙是否更接近于天然牙的操作手感和临床情景模拟，进而可能代替传统树脂牙在口腔修复实践课模拟教学中的应用。

## 1　对象与方法

### 1.1　研究对象

选取空军军医大学口腔医学专业四年级学生44名，其中男28名、女16名，年龄21～23岁。在二年级下学期《口腔诊疗学基础》(医院自编教材)前伸课，所有学生均已学会牙科高速手机的规范使用；在四年级理论课上统一学习了全冠修复牙体预备的原理和方法，并均已在仿真头模上使用树脂牙进行了4学时的牙体预备操作训练。

### 1.2　研究方法

天然牙模型：选择拔除后较完整的离体牙，用戊二醛消毒处理后，按照牙位顺序依次置于标准的橡胶阴模内，调拌石膏后缓缓注入并置于振荡器上减少气泡形成，注入石膏时须将离体牙牢固固定以防止移位，60 min后脱模备用。树脂牙模型：选择传统复合树脂牙全口牙列模型(A5AN-500，日进，日本)。IPN仿釉质牙模型：选择IPN仿釉质牙全口牙列模型(诺德雅科技有限责任公司，西安)。将灌注有离体牙的石膏全口牙列模型、传统复合树脂牙列模型和IPN仿釉质牙列模型分别固定在仿真头模(日进公司，日本)上，并调节仿真头模的位置及体位。在进行牙体预备考核之前，教师向所有学生再次讲解全冠修复牙体预备的详细要求和考核标准。随后根据模型材质的不同，分为IPN仿釉质牙组、天然牙组和树脂牙组，44名学生依次在3种模型上进行全冠牙体预备操作训练，训练时长为1.5 h。完成训练后，全部44名学生依次利用3组教学义齿进行操作考核，收集成品并打分，并对学员进行问卷调查。

**表 1**　3 种不同材料教学不同指标评分比较

| 项目 | 操作时间 | 轴面聚合度 | 修复空间 | 点线角 | 肩台质量 | 体位姿势 | 总分 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IPN 组 | 30.26 ± 1.45 | 8.04 ± 0.59 | 7.48 ± 0.56 | 7.43 ± 0.39 | 6.33 ± 0.48 | 8.30 ± 0.50 | 37.15 ± 1.17 |
| 天然牙组 | 30.59 ± 1.45 | 7.98 ± 0.53 | 7.58 ± 0.58 | 7.38 ± 0.32 | 6.21 ± 0.43 | 8.27 ± 0.42 | 37.20 ± 1.20 |
| 树脂牙组 | 24.46 ± 0.89 | 6.98 ± 0.61 | 5.67 ± 0.74 | 7.47 ± 0.29 | 5.63 ± 0.41 | 8.36 ± 0.38 | 31.53 ± 1.41 |
| *F* 值 | 313.76 | 46.76 | 127.54 | 0.72 | 32.34 | 0.50 | 292.61 |
| *P* 值 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.491 | <0.001 | 0.610 | <0.001 |

### 1.3　评价指标

操作考核是在仿真头模上进行，考核内容为左下第一磨牙金属烤瓷全冠修复的牙体预备。在整个考核过程中，所有学生都需使用相同品牌的高速手机和全新切割车针。评分标准参照人民卫生出版社《口腔修复学》教材中对金属烤瓷全冠牙体预备的要求，主要包括 5 个方面：轴面聚合度、修复空间、点线角、肩台质量、体位姿势。完成的预备体由 3 名具有 5 年以上口腔修复实践教学经验的高年资教师进行评分，每方面共 10 分，总分 50。以 3 名教师的平均分数作为该学生操作考核的最终成绩。同时，记录每名学生完成牙体预备所用的操作时间。考核结束后，全部 44 名学生需要匿名填写调查问卷，分析他们对应用 IPN 仿釉质牙进行牙体预备的反馈评价。问卷使用“5 分”评定量表法，包括 9 个问题，每个问题有“非常同意”“同意”“不一定”“不同意”“非常不同意”5 种回答，分别记为 5、4、3、2、1。每名学生的态度总分就是他对各道题的回答所得分数的加总。

### 1.4　统计学方法

采用 SPSS 23.0 进行统计分析。因 3 组不同材料的得分数据为计量资料，故采用（均数 ± 标准差）表示。随后对收集到的数据进行正态分布和组间方差齐性检验（Levene 检测）。对符合正态分布且满足方差齐性的数据采用 LSD-*t* 检验，对符合正态分布但不满足方差齐性的数据采用塔姆黑尼 *T*2 检验，对不符合正态分布的则需要进行变量转换。检验水准 $\alpha$=0.05。

## 2　结果

44 名学员依次应用 IPN 仿釉质牙、天然牙及树脂牙进行操作考核。3 组牙体预备操作时间比较：IPN 仿釉质牙组与天然牙组比较差异无统计学意义（*P*=0.651），两组操作时长均大于树脂牙组（表 1）。IPN 仿釉质牙组与天然牙组考核总分比较，差异无统计学意义（*P*=0.866）；但两组与树脂牙组相比，差异均有明显统计学意义（*P* 均<0.001）。在轴面聚合度、修复空间、肩台质量方面，IPN 仿釉质牙组和天然牙组相比差异无统计学意义（*P*=0.631、0.789、0.236）；但两组与树脂牙组相比，差异有统计学意义（*P* 均<0.001）；在点线角和体位姿势方面 3 组考核评分比较，差异均无统计学意义（*P*=0.491、0.610）。

操作考核结束后，对全部 44 名学生进行问卷调查，发现学生普遍对将 IPN 仿釉质牙用作教学训练义齿评分较高（3.7~4.9 分），尤其在操作手感、切割碎屑容易被水气冲走、模拟天然牙齿等方面给出了很高的评分（表 2）。

**表 2**　44 名学生对 IPN 仿釉质牙在牙体预备应用中的评分［$(\bar{x} \pm s)$，分］

| 问题 | 评分 |
|---|---|
| 牙体预备时的操作手感与天然牙接近 | 4.8 ± 0.1 |
| 牙体预备时的切割碎屑容易被水气冲走 | 4.6 ± 0.3 |
| 牙体预备时无明显树脂烧焦等气味 | 4.5 ± 0.4 |
| 牙体预备力反馈与天然牙接近 | 4.3 ± 0.5 |
| 可以很好地模拟天然牙齿 | 4.5 ± 0.4 |
| 能够提高操作技能 | 4.4 ± 0.5 |
| 能够提高学习兴趣 | 4.2 ± 0.4 |
| 牙体预备时能够替代天然牙齿 | 4.2 ± 0.5 |
| 能够起到更好的实践教学效果 | 4.3 ± 0.4 |

## 3　讨论

早在 2009 年，空军军医大学口腔医院口腔虚拟仿真实验教学示范中心已被国家教育部批准为国家级实验教学示范中心建设单位，并于 2012 年通过验收。依托于该院国家级实验教学示范中心平台开展口腔修复实践课程的模拟医学教育，创造出高仿真临床操作场景，有助于帮助医学本科生将所学到的理论知识和实践操作技能有效衔接，提高他们的临床操作能力和实践决策水平，是提高我军我国口腔医学人才未来岗位胜任力的重要途径。

多年来，仿真头模结合成品树脂模型牙列应用于口腔修复牙体预备实践教学已成为开展模拟医学教育的典型案例。然而相比于天然牙，目前口腔修复实践教学中最常使用的复合树脂牙被高速手机打磨时硬度明显偏小，导致学生在使用树脂牙进行牙体预备时容易磨除过快，磨削过多，力度稍大

时甚至会出现明显的沟槽或豁口，而且树脂牙碎屑偶尔会因切削高温粘滞，不容易被水气冲走。以上情况均与临床上天然牙的牙体预备体验相差较大[4]。为了高仿真模拟天然牙齿牙体预备时的操作手感，一种新型的IPN仿釉质牙教学义齿于2022年被研发出来。其由氧化锆陶瓷和树脂经特殊工艺制成具有互穿网络结构的有机-无机复合材料，内部有机相和陶瓷相都是连续结构，互为基体和增强相。它不同于以往以树脂为主要组分的传统复合树脂牙、仿真（塑钢）牙[5]及新近开发的3D打印模型牙[6]，其弹性模量、硬度更接近于天然牙齿，磨削特性及操作手感也与天然牙接近，理论上更适用于口腔本科生及青年医师的实践教学培训。

在本研究中，IPN仿釉质牙组与天然牙组牙体预备操作时长相近，均明显大于传统树脂牙组，原因可能是IPN仿釉质牙的硬度、弹性模量、耐磨性等参数更接近天然牙齿。考核评分方面，在轴面聚合度预备、修复空间、肩台质量方面，IPN仿釉质牙组和天然牙组相比差异无统计学意义。学生对操作IPN仿釉质牙的主观细节感受与天然牙相近，普遍反映IPN仿釉质牙硬度接近天然牙，在磨削手感上与天然牙更为接近，且牙体碎屑不容易粘滞，更容易被正压水气冲走。但3组之间在点线角和体位姿势方面3组学生评分比较差异均无统计学意义，原因可能是牙体预备时的点线角圆钝处理和操作者的体位姿势与教学义齿的材料质地无明显的相关性，在某种程度上更依赖于操作者本人的实际经验[7]。

随着人们爱齿护齿意识的加强，拔牙的患者越来越少，离体天然牙的收集越来越困难，而且在口腔实践教学中还对离体牙的牙位、数量和质量有严格要求。传统复合树脂牙虽然可以基本满足学生的模拟临床操作，也容易购买，但传统复合树脂牙硬度较差，不能完全模拟牙釉质和牙本质的硬度、强度等物理性能指标，从而影响学生牙体预备时的手感。另外，由于传统复合树脂牙质地较软，也容易导致“锯齿形”肩台预备型及过大的轴面聚合度[5]。IPN仿釉质牙添加氧化锆填料后相比传统复合树脂牙硬度得到加强，在磨切手感上更接近于天然牙。同时，IPN仿釉质牙也可制备成教学训练用的标准的全口牙列模型，安装入仿真头模，既可以用于口腔修复学科的牙体预备实践教学，也可用于口腔牙体牙髓病学科的制备洞型、开髓等各种操作训练，最终为口腔实验教学探索了一种理想的可替代天然牙的教学义齿[8-10]。

综上，IPN仿釉质牙的物理性质、操作手感相比于传统树脂牙更接近于天然牙，更适合作为仿真教学义齿用于口腔修复实践教学。使用过该教学义齿的学生普遍认为IPN仿釉质牙可以很好地模拟天然牙，特别是在牙体预备时能够替代天然牙，发挥出更好的医学模拟教学效果[11-12]，在一定程度上帮助医学本科生更好、更快地实现从理论知识到临床实践技能的提升。

**利益冲突**　所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明**　王忠山、李石保：确定研究题目、设计研究方案、撰写和修改论文；惠小勇：提供研究建议、审校论文

## 参考文献

[1] 王富，田敏，马赛. Simodont虚拟仿真系统在口腔修复牙体预备教学中的应用[J]. 中国实用口腔科杂志，2022，15(1)：36-40. DOI: 10.19538/j.kq.2022.01.007.

[2] 张岚，柳茜，邓涵丹，等. 虚拟仿真实验训练模式影响中国口腔医学本科生手部技能获得的研究[J]. 中国医学教育技术，2020，34(5)：642-645，650. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202005024.

[3] 肖燕萍，吴紫君，谢胜芬，等. 合成树脂牙硬度的探索研究[J]. 中国医疗器械信息，2022，28(11)：15-17. DOI: 10.15971/j.cnki.cmdi.2022.11.016.

[4] 王忠山，冯志宏，牛丽娜，等. 翻转课堂结合TBL教学模式在口腔瓷贴面教学中的应用[J]. 中国美容医学，2021，30(4)：150-152. DOI: 10.15909/j.cnki.cn61-1347/r.004370.

[5] 陈乃玲，穆玉，张俊梅，等. 仿真（塑钢）牙和离体牙在口腔修复实验教学中的效果比较[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志，2012，22(10)：614-615. DOI: 10.15956/j.cnki.chin.j.conserv.dent.2012.10.001.

[6] 周如玉，张悦蓉，平逸帆，等. 关于3D打印牙模型用于牙体牙髓病学临床前教学培训的研究[J]. 高校医学教学研究（电子版），2021(1)：33-39. DOI: 10.3868/j.issn.2095-1582.2021.01.007.

[7] 刘星纲，刘利霞，魏永杰. 浅析研究生修复实习中牙体预备的学习曲线[J]. 北京口腔医学，2018，26(4)：236-237.

[8] 李晓路，谢百治，孔亮，等. 多元化口腔医学实验教学模式探讨[J]. 中华医学教育探索杂志，2012，11(8)：831-833. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2012.08.020.

[9] 沈银环，刘玉凤，尚建伟，等. PBL联合情景模拟教学法在口腔医学教学中的应用研究[J]. 继续医学教育，2022，36(10)：25-28. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6763.2022.10.007.

[10] 董海涛，赵继志，万阔，等. 仿头模拟教学在住院医师口腔修复教学中的应用探索[J]. 基础医学与临床，2021，41(8)：1231-1233. DOI: 10.16352/j.issn.1001-6325.2021.08.028.

[11] 谢海峰，陆晓庆，吴雨旻，等. 本科生口腔修复学实验教学改革探讨[J]. 基础医学教育，2022，24(8)：612-616. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2022.08.15.

[12] 张宇涛. 新时期普通高校口腔修复学本科教学探究[J]. 继续医学教育，2021，35(11)：86-88. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6763.2021.11.032.

（收稿日期：2022-09-01）

（本文编辑：唐宗顺）