综述

腭裂手术模拟训练的研究进展

陈佳丽　曾　妮　杨　超　郑　谦　石　冰　黄汉尧*

作者单位：四川大学华西口腔医院　唇腭裂外科，口腔疾病研究国家重点实验室，国家口腔疾病临床医学研究中心

*通讯作者：黄汉尧，联系方式：028—85501462，电子邮箱：huanghanyao_cn@scu.edu.cn，通讯地址：四川省成都市武侯区人民南路三段 14 号，610041

【摘要】 腭裂是常见的颌面部先天性发育缺陷，表现为腭部组织结构的不连续性，导致食物反流、发音不清、听力受损等问题，严重影响患者的生存质量。目前，手术治疗是腭裂的主要治疗手段，是颌面外科最重要的一类手术。然而，腭裂手术复杂、手术视野范围小，给手术观摩和学习带来了极大的挑战，且初学者很难在真人患者上进行训练。因此，需要腭裂手术模拟训练帮助口腔医学生了解腭裂的病理结构，掌握腭裂手术流程和手术技法。本文将对目前的腭裂手术模拟器做一综述，旨在为临床上腭裂手术教学和训练提供参考。

【关键词】 腭裂；唇腭裂外科教育；模拟；训练；增材制造技术

Research progress on surgical training with simulator for cleft palate

Jiali Chen, Ni Zeng, Chao Yang, Qian Zhen, Bing Shi, Hanyao Huang. (Department of Oral and Maxillofacial Surgery, West China Hospital of Stomatology, State Key Laboratory of Oral Diseases& National Clinical Research Center for Oral Diseases, Chengdu, Sichuan Province, P.R. China.)*

Correspondence: Hanyao Huang. Tel: 028-85501462. Email: huanghanyao_cn@scu.edu.cn. Address: No.14, Third Section of Renmin Road South, Chengdu 610041, Sichuan Province, P.R. China.

【Abstracts】 Cleft palate is a common congenital developmental malformation of the maxillofacial region, manifested by defect of the palate, leading to problems such as food reflux, unclear pronunciation and impaired hearing, which seriously affect the life quality of patients. Currently, surgery is the main treatment for cleft palate, which maxillofacial surgeons should master skillfully. However, the complexity of the surgery and the narrow field of view makes it extremely challenging to observe and learn. In addition, there are fewer opportunities for medical students to operate on patients. Therefore, surgery simulators for the cleft palate are needed to help medical students understand the pathological structure of the cleft palate and master the surgery procedures and surgical techniques. This review aims to introduce the current simulators for cleft palate surgery to provide a reference for clinical teaching and training in cleft palate surgery.

【Key words】 cleft palate; cleft lip and palate surgery education; simulation; training; additive manufacturing technology

1　引言

腭裂是常见的颌面部先天性发育缺陷，是胚胎发育过程中两侧侧腭突和鼻中隔不完全融合造成的[1-3]，其表现为腭部组织结构的不连续性，轻者仅为悬雍垂不完全融合，重者可从切牙孔至悬雍垂完全裂开[3]。腭裂可能导致患者进食时出现食物反流、发音时无法完成腭咽闭合、听力影响等问题，进而影响患者的社会心理发展，严重影响患者的生存质量[4]。与腭裂发生有关的因素包括遗传、感染、射线、药物、激素和营养等[1,5]。近年来，随着产检的普及和孕妇在孕期叶酸的服用，儿童先天性颌面部畸形的发生率在逐年下降[6]，但腭裂的发生率依然保持在较高水平，约为 0.1%~0.16%[1,7]。

DOI：10.12337/zgkqjxjyzz.2023.03.002

基金项目：四川大学华西口腔医院探索与研发项目资助（项目编号：RD—02—202107），四川省自然科学基金资助（项目编号：2022NSFSC0743），四川省博士后科研项目特别资助（项目编号：TB2022005）

Supported by：Research and Develop Program, West China Hospital of Stomatology Sichuan University (No.RD—02—202107)；Sichuan Province Science and Technology Support Program (No.2022NSFSC0743)；Sichuan Postdoctoral Science Foundation (No.TB2022005)

腭裂的治疗以手术治疗为主，目标是恢复腭部的解剖形态和生理功能，重建良好的腭咽闭合，恢复正常的语音功能[8,9]。腭部复杂解剖结构（口腔黏膜层、肌肉层、骨层和鼻黏膜层）的精细解剖给手术带来了极大的难度[10,11]，另外，目前腭裂修复的手术最佳时期较早，通常在婴幼儿 3~12 月龄进行[9,12]，手术的视野范围小[11,13]。同时，由于患者的年龄小，麻醉风险高[14]，应尽量缩短手术时间，这也加大了手术的难度。手术操作不当，还可能引起如腭瘘、术后感染、语音功能恢复差等严重的术后并发症[15-17]，给患者造成巨大的生活负担，严重影响患者的生存质量[18-20]。

传统的手术学习过程首先是成为手术助手，对手术进行观摩，在大量的观摩过程中对手术流程进行学习[21]；同时，通过术前术后理论的反复学习，进一步加深对手术流程、手术技法以及手术过程中的关键点的理解[22]。在将手术原理和流程了解清楚后，实践操作是必要的[23,24]。但由于手术的视野范围小、手术时间短，给手术观摩和教学带来了难度，对于初学者而言，无法直接让其在真人患者上进行训练[25]。

然而，对于腭裂修复手术而言，手术操作者对菲薄的腭部黏膜、肌肉的准确解剖是必须熟练掌握的。因此，在实际操作前，对手术进行模拟训练是必要的。

2007 年，Vadodaria 等设计了第一个腭裂手术模拟器[13]。目前，存在多种腭裂手术模拟器，其目的是帮助口腔医学生和唇腭裂专科医生了解腭裂病理结构，掌握腭裂手术方法。

2　低仿真腭裂手术模拟器

2.1　纸片式腭裂手术模拟器

早期的纸片式腭裂手术模拟器制作简单。Matthews 在 1999 年用泡沫板和纸片制作了一款简易的腭裂手术模拟器，能应用于双反向 Z 字成形腭裂修复术的讲解和学习[26]。目的相同的一种简单的纸片式腭裂手术模拟器在 2014 年被报道[27]，这款腭裂手术模拟器可以模拟常用的腭裂修复手术——双反向 Z 字成形腭裂修复术。这种模拟训练方法操作简单，原材料容易获得，只需要几张便签纸即可完成。首先，准备三张颜色不同的便签纸分别模拟口腔黏膜层、肌肉层以及鼻腔黏膜层，可以根据需要在便签纸上做标记并画上肌肉的走向以区分这三层结构；然后将这些便签纸修剪成腭裂的形态，一个简单的腭裂手术模拟器即制作完成。制作完成后就可以根据手术原理设计手术切口对双反向 Z 字成形腭裂修复术进行学习和训练（图 1）。

随后，在 2015 年，Lee 等[28]报道了一种由塑料杯、纸片制作的腭裂手术模拟器，但是这款腭裂

图 1　纸片式腭裂手术模拟训练示意图[27]

a. 使用三张不同颜色的便签纸，裁剪成腭裂病损样，设计口腔侧手术切口；b. 肌肉层，画线以示肌肉走向；c. 鼻腔侧手术切口；d. 手术后口腔侧示意图；e. 手术后肌肉层示意图；f. 手术后鼻腔侧示意图

手术模拟训练器模拟的是腭咽成形术。相较于前一种腭裂手术模拟器，这款手术模拟器形成了三维立体结构，有利于手术中每个步骤的三维几何形状和手术概念的讲解。

这种腭裂手术模拟器制作方法简单，制作成本低，但由于其模拟的局限性，仅仅适用于对腭裂手术的概念性学习，帮助学习者了解手术的原理和手术的整体流程，无法实现对腭裂手术过程中腭部肌肉的分离进行学习。

2.2　石膏腭裂手术模拟器

简易的腭裂手术模拟器除了由纸片制作外，还可以由印模材料先制取腭裂患者阴模，再用石膏材料制取阳模获得。Nagy 等曾报道过这种制作方法[29]，他们采用藻酸盐印模材料获取了腭裂患者口内情况，即阴模；然后用石膏灌注，制取腭裂病理石膏模型，即阳模。然后在硬软腭交界的位置画标志线，将软腭部分切除，用海绵替代，最后将整个模型用橡皮障覆盖起来，同时将模型放入塑料杯内，还用大小合适、充满沙子的气球模拟了舌体。

石膏腭裂模拟器相较于纸片式腭裂模拟训练器而言，更真实地模拟了腭裂情况，利用藻酸盐印模材料和石膏材料获取了真实患者的口内情况，但这种方法的可重复性不好，较为局限，需要腭裂患者的配合，且制作过程较耗时。

3　高仿真腭裂手术模拟器

3.1　增材制造技术材料腭裂手术模拟器

随着增材制造技术（也称“3D 打印技术”）（three-dimensional printing techniques，3D）的发展，3D 打印后的腭裂模型已逐渐应用于腭裂的手术模拟训练中[23,30,31]，其中由美国生产的腭裂手术模拟器，能真实反应腭裂的各种解剖形态和变化[32]（图 2）。这种腭裂手术模拟器采用组合式设计，包含多种形态的腭裂模型组块，通过更换腭裂模型组块就可以实现各种腭裂手术的模拟，同时，通过插入组块的角度变换，也可以模拟患者体位的变化。

另外，四川大学华西口腔医院与西安交通大学快速制造国家工程研究中心共同研发了一款 3D 打印腭裂手术训练模拟器[33]，这款手术训练模拟器由腭裂模拟单元、托盘、角度调节机构和底座组成，可通过扫描患者的症状数据打印出各种病症模型，从病症的外部形态到内部结构，近乎精确地给学习者展现出患者的病态特征（图 3）。Cote 等学者评估了一款 3D 打印制造的不完全腭裂手术的触觉模拟模型的学习和训练效果[34]，结果证明，这款腭裂手术模拟器可以帮助训练手术技巧，并可能改善手术效果，与此同时，这款腭裂手术模拟器便携、易于组装，且成本较低。

目前 3D 打印的腭裂手术模拟器的优势在于其对腭裂解剖结构的模拟已较为接近真实状态，如口鼻腔黏膜的翻瓣、腭部肌肉的分离等[34]；但是，其最为显著的缺点在于材料的弹性等物理属性与真实的人体组织存在较大差异[32]，且价格昂贵[33,35]。在 3D 打印制作的腭裂手术模拟器上，能模拟手术过程中的真实状态，能帮助学习者进一步熟悉在较小的操作空间和手术视野下完成手术，但由于材料物理属性的限制无法有效训练手术的技法，如肌肉

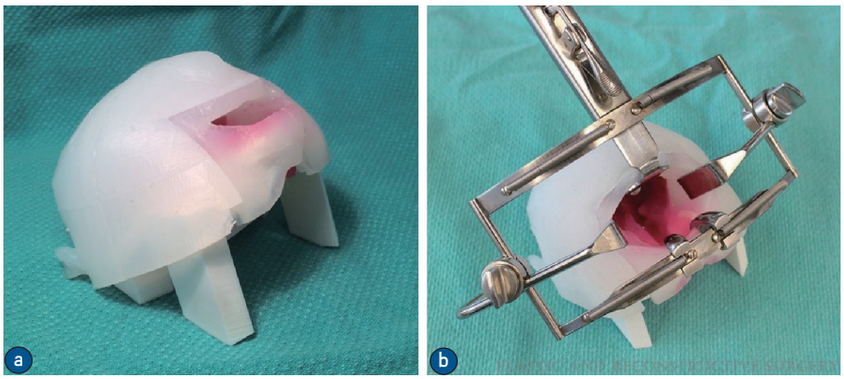

图 2　3D 打印腭裂手术模拟器（美国制造）[32]

a.3D 打印腭裂手术模拟器侧面观；b. 使用开口器打开口腔，暴露上腭

图片来源于 Podolsky DJ，Fisher DM，Wong KW，et al. Evaluation and Implementation of a High-Fidelity Cleft Palate Simulator[J]. Plast Reconstr Surg. 2017；139(1):85e-96e.

图 3　3D 打印腭裂手术模拟器（四川大学华西口腔医院与西安交通大学快速制造国家工程研究中心共同研发）[33]
a．3D 打印腭裂手术模拟器正面观；b．腭裂病损模拟单元；c．腭裂手术模拟器术中角度观；d．腭裂病损模拟单元术中角度观

解剖及腭部黏膜下减张缝合等。

3.2　硅胶材料模具灌制腭裂手术模拟器

目前，也有许多先制作出腭裂病理模具，然后通过灌注硅胶来制作的腭裂手术模拟器。最近，Nicholas 等学者报道了一种新型腭裂手术模拟器[36]，这种腭裂手术模拟器在美国生产的腭裂手术模拟器上进行了改良，主要改变在于腭裂模拟单元，其腭裂模拟单元的制作方法是：①对病理骨骼标本进行高分辨率扫描；②通过 3D 打印将骨骼打印出来；③通过三维表面扫描依次捕获每一种软组织结构，包括肌肉层和黏膜层，制作每种软组织的模具；④利用硅胶材料硬度的可变性，分别将每种软组织结构按顺序灌制出来。

这种采用模具灌制的技术相较美国生产的腭裂模拟器而言，成本较低，高度便携，展现出巨大的广泛应用潜能。然而这种技术的局限性在于研究的样本量较少，模拟训练效果还有待研究，同时，所用的材料与真实生物组织之间的差异仍然存在。

3.3　生物组织类腭裂手术模拟器

遗体和动物也常常用于外科手术的学习和训练当中[37]。但由于腭裂的特殊性，很少有腭裂患者的遗体[38,39]；另外，腭裂的动物模型建模周期长且成功率较低，难以大规模应用于教学中，局限性大[40,41]。因此，常常使用动物组织模拟腭裂来对腭裂手术进行学习和训练。

最近，一项以猪舌为手术对象的腭裂手术模拟训练课程的研究表明，猪舌是目前适合用于腭裂手术模拟的生物组织[25]。研究者对目前实验中常用的几种啮齿类动物的软腭进行分析，包括小鼠、大

鼠和兔子，均发现他们具有与人体相似的软腭结构，但大小不能满足手术模拟的需求。而猪舌不仅具有层次清晰的肌肉组织，且肌肉层几乎占据了舌头组织的 80%，其大小也能满足手术模拟的需求。他们使用猪舌作为手术对象，对学习者进行双反向 Z 字成形腭裂修复术学习和培训，取得了良好的学习效果（图 4）。

基于猪舌的腭裂手术模拟训练成本较低 [25]，可以帮助学习者了解手术概念和手术流程，与使用 3D 打印的腭裂手术模拟器相比，动物组织上的切口、肌肉分离和减张缝合等手术操作可能更类似于人体组织；同时，较低的成本，使其具有推广的潜力，有助于推进发展中国家的唇腭裂外科教育。

4　虚拟现实技术腭裂手术模拟

科学技术的迅速发展也促进了外科手术的进步，近年来，虚拟现实技术在外科手术培训方面展现出巨大的潜力，虚拟现实技术具有构想性、临境感和交互性，使训练者能够在虚拟的三维环境中切身感受手术的整个过程，可为学生提供多次反复的模拟训练机会和安全的培训条件，提高训练效果 [42]。虚拟现实技术在医学手术中广泛应用，例如在腹腔镜手术 [43]、骨科手术 [44] 的模拟训练中都有广泛研究与应用。在腭裂手术中也不例外，Plana 等学者报道了一种完全基于互联网的在线虚拟腭裂手术训练系统 [45,46]，这一系统在交互式 3D 中探索虚拟腭裂，模拟腭裂外科手术，并辅以详细的手术过程介绍与视频，同时，这一系统还具有检测引擎，可测试训练者的知识掌握情况，帮助训练者更好的训练。

但目前虚拟现实技术在腭裂手术中的应用还不成熟，应用范围比较局限，虽然能达到手术过程中手术手感、视野范围以及解剖结构的模拟，但是对于术中出血情况的模拟还难以实现。

5　结论

腭裂手术模拟器为口腔医学专业的医学生和唇腭裂专科医生提供了一个模拟临床教学的平台，通过手术的模拟训练，能强化理论知识，培养临床思维，提高临床前期的实践操作技能（表 1）。理想的腭裂手术模拟器应具备价格低廉、真实展现腭裂病态特征以及还原真实手术手感的特点，这样才能尽可能模拟真实手术，达到更好的学习和训练效果。

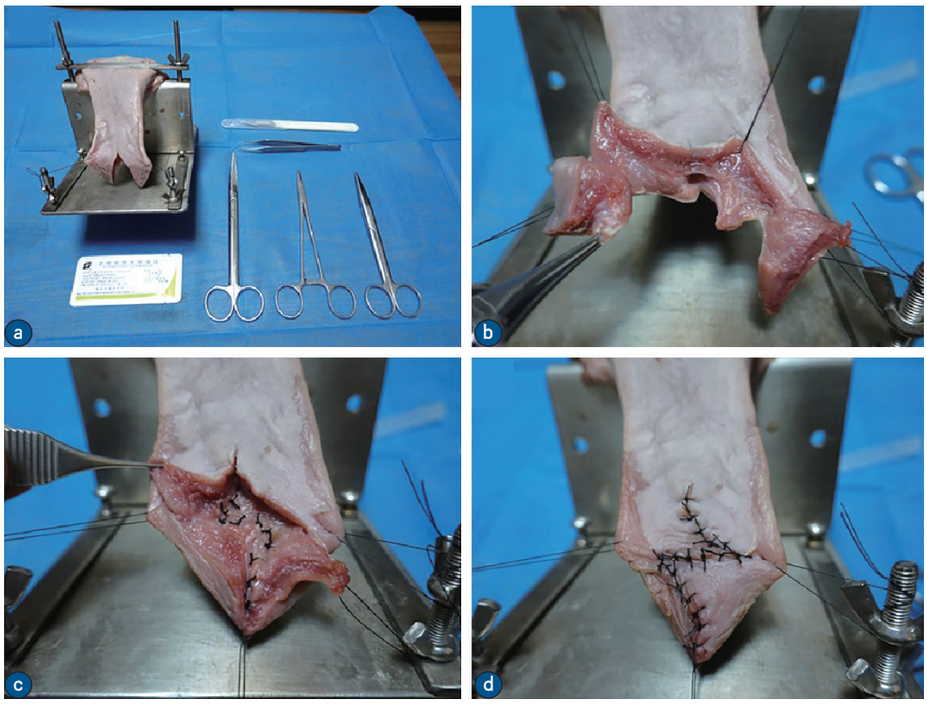

图 4　利用猪舌的腭裂手术模拟训练 [25]

a. 固定猪舌；b. 准备肌层皮瓣和黏膜皮瓣；c. 鼻腔侧 Z 字成形术；d. 口腔侧 Z 字成形术

图片来源于 Huang H，Zeng N，Yang C，et al. The pilot study of a blended learning module using porcine tongue for surgical simulation of double-opposing Z-plasty[J]. J Dent Educ. 2022;1-9.

表 1　各种腭裂手术模拟器

腭裂手术模拟器		材料	模拟手术	年份	优点	缺点
低仿真腭裂手术模拟器	纸片式腭裂手术模拟器	泡沫板和纸片	双反向 Z 字成形腭裂修复术	1999 年[26]	制作简单，原材料易获得，成本低	模拟手术效果差，只适合手术概念和手术流程的学习
		便签纸	双反向 Z 字成形腭裂修复术	2014 年[27]	制作简单，原材料易获得，成本低	模拟手术效果差，只适合手术概念和手术流程的学习
		塑料杯和便签纸	腭咽成形术	2015 年[28]	制作简单，模拟了三维空间结构	模拟手术效果较差，适用于手术中三维几何形态和手术流程的讲解
	石膏腭裂手术模拟器	藻酸盐材料、石膏、橡皮障、海绵、塑料杯、气球等	双反向 Z 字成形腭裂修复术	2009 年[29]	成本较低，模拟了真实腭裂情况	可重复性差，制作过程耗时，且需患者配合
高仿真腭裂手术模拟器	3D 打印腭裂手术模拟器	3D 打印材料和硅胶材料	冯 · 朗根贝克腭成形术	2017 年[32]	组合设计；对腭裂解剖结构的模拟已较为接近真实状态；手术学习效果良好	材料与人体真实组织的物理属性存在较大差异，手感差；价格昂贵
		3D 打印材料和硅胶材料	冯 · 朗根贝克腭成形术	2018 年[34]	模拟较为真实；便携、易于组装，且成本较低；手术学习效果良好	材料与人体真实组织存在差异
		3D 打印材料和塑料	双反向 Z 字成形腭裂修复术	2021 年[33]	模拟较为真实；成本较低；手术学习效果良好	材料与人体真实组织存在差异
	硅胶材料模具灌制腭裂手术模拟器	塑料和硅胶材料	双反向 Z 字成形腭裂修复术	2022 年[36]	模拟较为真实；成本较低；高度便携	手术模拟效果有待研究；材料与人体真实组织存在差异
	利用生物组织的腭裂手术模拟器	支架和猪舌	双反向 Z 字成形腭裂修复术	2022 年[25]	手感更接近人体真实组织，成本较低，可操作性强	固定猪舌时花费时间较长；支架还没有上市，不易获得
虚拟现实腭裂手术模拟	基于虚拟现实技术的腭裂手术模拟	软件	双反向 Z 字成形腭裂修复术	2019 年[45]	在交互式 3D 中探索虚拟腭裂，模拟逼真，具有较好的手术手感、视野范围、解剖结构的模拟	对于术中出血情况的模拟欠缺

参考文献

[1] Leslie EJ, Marazita ML. Genetics of cleft lip and cleft palate[J]. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2013; 163C(4):246-258.

[2] Roberts-Thomson K. Epidemiology of Cleft Lip and Palate[M]. Oral Epidemiology: A Textbook on Oral Health Conditions, Research Topics and Methods. 2021; 159-167.

[3] Alois CI, Ruotolo RA. An overview of cleft lip and

palate[J]. JAAPA. 2020; 33(12):17-20.

[4] Yusof MS, Mohd Ibrahim H. The impact of cleft lip and palate on the quality of life of young children: A scoping review[J]. Med J Malaysia. 2023; 78(2):250-258.

[5] Lauer G, Pradel W, Birdir C. Cleft lip and palate: One of the most frequent congenital malformations[J]. HNO. 2023; 71(4):276-284.

[6] 陈丽娟 , 李晓英 , 茅亚红 . 不同叶酸剂量治疗在降低新生儿唇腭裂发生率中的作用 [J]. 中外女性健康研究 , 2018, (6):57, 60.

[7] Ferreira AN, Da Costa GC. Primary care in early cleft lip and palate rehabilitation: A dental perspective[J]. J Family Med Prim Care. 2022; 11(3):1212-1215.

[8] Sakran KA, Yin J, Yang R, et al. Evaluation of late cleft palate repair by a modified technique without relaxing incisions[J]. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2023; 124(4):101403.

[9] Shaffer AD, Ford MD, Losee JE, et al. The Association Between Age at Palatoplasty and Speech and Language Outcomes in Children With Cleft Palate: An Observational Chart Review Study[J]. Cleft Palate Craniofac J. 2020; 57(2):148-160.

[10] Naidu P, Yao CA, Chong DK, et al. Cleft Palate Repair: A History of Techniques and Variations[J]. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2022; 10(3):e4019.

[11] Jayaram R, Huppa C. Surgical correction of cleft lip and palate[J]. Front Oral Biol. 2012; 16:101-110.

[12] Smarius BJ, Breugem CC. Use of early hard palate closure using a vomer flap in cleft lip and palate patients[J]. J Craniomaxillofac Surg. 2016; 44(8):912-918.

[13] Vadodaria S, Watkin N, Thiessen F, et al. The First Cleft Palate Simulator[J]. Plastic and Reconstructive Surgery. 2007; 120(1):259-261.

[14] 林晓锐 , 李晨曦 , 张秀华 . 瑞芬太尼复合氯胺酮在婴幼儿唇腭裂手术中的麻醉效果分析 [J]. 中国口腔颌面外科杂志 , 2021; 19(1):45-48.

[15] Fisher DM, Sommerlad BC. Cleft lip, cleft palate, and velopharyngeal insufficiency[J]. Plast Reconstr Surg. 2011; 128(4):342e-360e.

[16] Phua YS, de Chalain T. Incidence of oronasal fistulae and velopharyngeal insufficiency after cleft palate repair: an audit of 211 children born between 1990 and 2004[J]. Cleft Palate Craniofac J. 2008; 45(2):172-178.

[17] Hopper RA, Tse R, Smartt J, et al. Cleft palate repair and velopharyngeal dysfunction[J]. Plast Reconstr Surg. 2014; 133(6):852e-864e.

[18] Kasten EF, Schmidt SP, Zockler CF, et al. Team care of the patient with cleft lip and palate[J]. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care. 2008; 38(5):138-158.

[19] Shaye D. Update on outcomes research for cleft lip and palate[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2014; 22(4):255-259.

[20] Buller M, Jodeh D, Qamar F, et al. Cleft Palate Fistula: A Review[J]. Eplasty. 2023; 23:e7.

[21] Marlow N, Altree M, Babidge W, et al. Laparoscopic skills acquisition: a study of simulation and traditional training[J]. ANZ J Surg. 2014; 84(12):976-980.

[22] Kneebone R. Simulation in surgical training: educational issues and practical implications[J]. Med Educ. 2003; 37(3):267-277.

[23] Lioufas PA, Quayle MR, Leong JC, et al. 3D Printed Models of Cleft Palate Pathology for Surgical Education[J]. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2016; 4(9):e1029.

[24] Ericsson KA, Krampe RT, Teschromer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance[J]. Psychological Review. 1993; 100(3): 363-406.

[25] Huang H, Zeng N, Yang C, et al. The pilot study of a blended learning module using porcine tongue for surgical simulation of double-opposing Z-plasty[J]. J Dent Educ. 2022; 1-9.

[26] Matthews MS. A teaching device for Furlow palatoplasty[J]. Cleft Palate Craniofac J. 1999; 36(1):64-66.

[27] Liu MM, Kim J, Jabbour N. Teaching Furlow palatoplasty: the sticky note method[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2014; 78(11):1849-1851.

[28] Lee JJ, Jabbour N. Teaching the pharyngeal flap and sphincter pharyngoplasty: The sticky note method[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2015; 79(11):1905-1908.

[29] Nagy K, Mommaerts MY. Advanced s(t)imulator for cleft palate repair techniques[J]. Cleft Palate Craniofac J. 2009; 46(1):1-5.

[30] Chou PY, Hallac RR, Shih E, et al. 3D-Printed Models of Cleft Lip and Palate for Surgical Training and Patient Education[J]. Cleft Palate Craniofac J. 2018; 55(3):323-

327.

[31] Nicot R, Couly G, Ferri J, et al. Three-dimensional printed haptic model from a prenatal surface-rendered oropalatal sonographic view: a new tool in the surgical planning of cleft lip/palate[J]. Int J Oral Maxillofac Surg. 2018; 47(1):44-47.

[32] Podolsky DJ, Fisher DM, Wong KW, et al. Evaluation and Implementation of a High-Fidelity Cleft Palate Simulator[J]. Plast Reconstr Surg. 2017; 139(1):85e-96e.

[33] Wang X, Yang C, Shi B, et al. An Update on Cleft Palate Simulators for Training on Cleft Palate Treatment in Developing Countries[J]. Plast Reconstr Surg. 2021; 147(4):709e-710e.

[34] Cote V, Schwartz M, Arbouin Vargas JF, et al. 3-Dimensional printed haptic simulation model to teach incomplete cleft palate surgery in an international setting[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2018; 113:292-297.

[35] Alali AB, Griffin MF, Calonge WM, et al. Evaluating the Use of Cleft Lip and Palate 3D-Printed Models as a Teaching Aid[J]. J Surg Educ. 2018; 75(1):200-208.

[36] Nicholas R, Heinze Z, Papavasiliou T, et al. Educational impact of a novel cleft palate surgical simulator: Improvement in surgical trainees' knowledge and confidence[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2022; 75(10):3817-3825.

[37] Tan SS, Sarker SK. Simulation in surgery: a review[J]. Scott Med J. 2011; 56(2):104-109.

[38] Weinzweig J, Panter KE, Pantaloni M, et al. The fetal cleft palate: I. Characterization of a congenital model[J]. Plast Reconstr Surg. 1999; 103(2):419-428.

[39] Gritli-Linde A. The etiopathogenesis of cleft lip and cleft palate: usefulness and caveats of mouse models[J]. Curr Top Dev Biol. 2008; 84:37-138.

[40] 马亚萍 , 吴镝 . 唇腭裂小鼠模型的研究进展 [J]. 组织工程与重建外科 , 2022; 18(4):360-362.

[41] Liu H, Pu L, Tsauo C, et al. A new congenital cleft palate New Zealand rabbit model for surgical research[J]. Sci Rep. 2021; 11(1):3865.

[42] Lesch H, Johnson E, Peters J, et al. VR Simulation Leads to Enhanced Procedural Confidence for Surgical Trainees[J]. J Surg Educ. 2020; 77(1):213-218.

[43] Kowalewski KF, Minassian A, Hendrie JD, et al. One or two trainees per workplace for laparoscopic surgery training courses: results from a randomized controlled trial[J]. Surg Endosc. 2019; 33(5):1523-1531.

[44] Akhtar K, Sugand K, Sperrin M, et al. Training safer orthopedic surgeons. Construct validation of a virtual-reality simulator for hip fracture surgery[J]. Acta Orthop. 2015; 86(5):616-621.

[45] Plana NM, Rifkin WJ, Kantar RS, et al. A Prospective, Randomized, Blinded Trial Comparing Digital Simulation to Textbook for Cleft Surgery Education[J]. Plast Reconstr Surg. 2019; 143(1):202-209.

[46] Plana NM, Diaz-siso JR, Culnan DM, et al. The First Year of Global Cleft Surgery Education Through Digital Simulation: A Proof of Concept[J]. Cleft Palate Craniofac J. 2018; 55(4):626-629.

（上接 165 页）

[30] Preston K, Chen L, Brennan T, et al. Orthodontic treatment protocols in patients with alveolar clefting: a survey of ACPA-approved cleft teams in the United States[J]. Angle Orthod. 2023; 93(1):88-94.

[31] 周恒 , 李巍然 . 唇腭裂术后对裂侧上颌恒侧切牙发育的影响 [J]. 现代口腔医学杂志 , 1997, 11(3):223-224.

[32] Shen CA, Guo R, Li W. Enamel defects in permanent teeth of patients with cleft lip and palate: a cross-sectional study[J]. J Int Med Res. 2019; 47(5):2084-2096.

[33] Abirami S, Panchanadikar NT, Muthu MS, et al. Dental Caries Experience among Children and Adolescents with Cleft Lip and/or Palate: An Umbrella Review[J]. Int J Clin Pediatr Dent. 2022; 15(Suppl 2):S261-S268.

[34] Suri S, Disthaporn S, Ross B, et al. Permanent maxillary central incisor and first molar rotations in the mixed dentition in repaired complete unilateral cleft lip and palate and their relationship with absence of teeth in their vicinity[J]. Angle Orthod. 2018; 88(5):567-574.