

# 手术模拟系统在中耳手术中的应用\*

柯 嘉 朱 丽 李金红 马芙蓉\*\*

(北京大学第三医院耳鼻咽喉头颈外科, 北京 100083)

**【摘要】 目的** 探讨耳科手术模拟系统 Voxel-Man TempoSurg 在不同类型中耳手术的模拟操作中的特点与应用。**方法** 选择 2012 年 6 月~2015 年 3 月中耳手术 40 例, 包括中耳胆脂瘤 21 例, 胆固醇肉芽肿 6 例, 先天性外中耳畸形 4 例, 颞骨多发骨折 9 例, 留取手术录像。利用耳科手术模拟系统对上述病例进行与手术实际操作相同的模拟操作, 对比真实手术, 记录外耳道后上嵴、鼓环/鼓沟、听小骨、面神经、外半规管、乙状窦、脑板、圆窗龛等解剖结构以及病变组织在模拟手术中出现的情况。**结果** 按病变类型分为软组织类型 27 例和骨性类型 13 例, 耳科手术模拟系统中骨性类型中病变的显示率(100%, 13/13)明显优于软组织类型(7.4%, 2/27)(Fisher 检验,  $P=0.000$ ), 其他结构显示率差异无统计学意义( $P>0.05$ )。按乳突气化程度分为气化型 16 例和非气化型 24 例, 气化型乳突中病变的显示率(68.8%, 11/16)显著性高于非气化型(16.7%, 4/24)(Fisher 检验,  $P=0.002$ )。按采用的乳突开放术式分为完璧式 25 例和开放式 15 例, 完璧式病变显示率(48.0%, 12/25)与开放术式(20.0%, 3/15)差异无显著性(Fisher 检验,  $P=0.101$ ), 其他结构显示率差异亦无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** 利用耳科手术模拟器, 在以骨性类型为主的病种及气化较好的乳突中, 可以较好地模拟病变的情况。

**【关键词】** 计算机模拟; 耳外科手术; 颞骨

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2017)03-0256-04

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2017.03.018

**Application of Surgery Simulation System in Middle Ear Surgery** Ke Jia, Zhu Li, Li Jinhong, et al. Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Peking University Third Hospital, Beijing 100083, China

Corresponding author: Ma Furong, E-mail: furongma@126.com

**【Abstract】 Objective** To probe into the characteristics and application of the Voxel-Man TempoSurg in middle ear surgical procedures. **Methods** A total of 40 middle ear surgical procedures from June 2012 to March 2015 were selected, which included 21 cases of cholesteatoma, 6 cases of cholesterol granuloma, 4 cases of congenital external and middle ear malformation, and 9 cases of temporal fractures. The videos of these routine surgical procedures were reserved. Then simulated procedures same as real procedures in the operations were carried out. The appearances of the important structures, such as the posterior crest of the external auditory canal, the tympanic sulcus, the ossicles, the facial nerve, the external semicircular canal, the sigmoid sinus, the cerebral plate and the round window niche were recorded in the simulated procedures while comparing with real procedures. **Results** In terms of types of lesion, there were 27 cases of soft issue structure lesions and 13 cases of bone structure lesions. In otologic surgery simulation system, the displaying rate of lesions in cases with bone structure lesions (100%, 13/13) was significantly higher than that with soft issue structure lesions (7.4%, 2/27). The difference was statistically significant (Fisher's Exact Test,  $P=0.000$ ). However, the displaying rate was not statistically significant in other structures ( $P>0.05$ ). In terms of mastoid pneumatization, there were 16 cases of pneumatic mastoids and 24 cases of non-pneumatic mastoids. The displaying rate of lesions in cases with pneumatic mastoids (68.8%, 11/16) was significantly higher than that with non-pneumatic mastoids (16.7%, 4/24). The difference was statistically significant (Fisher's Exact Test,  $P=0.002$ ). In terms of surgical types of mastoidectomy, there were 25 cases with canal-wall-up mastoidectomy and 15 cases with canal-wall-down mastoidectomy. The displaying rate of lesions in cases with canal-wall-up mastoidectomy (48.0%, 12/25) was significantly higher than that with canal-wall-down mastoidectomy (20.0%, 3/15), without significant difference (Fisher's Exact Test,  $P=0.101$ ). The displaying rate of other structures was not statistically significant ( $P>0.05$ ). **Conclusion** Lesions can be simulated satisfactorily in cases with bone structure lesions and good pneumatic mastoid by using otologic simulator.

**【Key Words】** Computer simulation; Otologic surgical procedures; Temporal bone

\* 基金项目:首都卫生发展科研专项(首发-2016-2-4094)

\*\* 通讯作者, E-mail: furongma@126.com

中耳手术与其他学科的手术不同,由于其解剖标志深埋于颞骨的骨质中,需要层层去除骨质通过一个标志找到另一个标志,加上中耳术野及周围毗邻组织有很多重要的解剖结构,一旦出现损伤都将导致严重的并发症,甚至出现致命的危险,因此中耳手术一直以来都是耳鼻喉科手术中难度较大的手术。它不仅要求手术医师具有全面而丰富的解剖知识,还要有敏锐的空间立体定向力和透视力,以及精湛而熟练的显微外科手术操作技能。耳科手术模拟系统的引入,为大量耳科专业的医生提供了一个术前模拟训练的平台<sup>[1]</sup>。然而由于模拟器功能所限,手术模拟系统对不同手术类型所能提供的信息也有所不同。本研究通过比较不同类型中耳手术中,手术模拟系统与实际手术操作中的异同,探讨耳科手术模拟系统在不同类型中耳手术的实际操作中的特点与应用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

选择 2012 年 6 月 ~ 2015 年 3 月中耳手术 40 例,男 22 例,女 18 例。年龄( $37.3 \pm 16.6$ )岁。中耳胆脂瘤 21 例,胆固醇肉芽肿 6 例,先天性外中耳畸形 4 例,颞骨多发骨折 9 例。均按常规行中耳手术

(乳突根治术、鼓室成形术、面神经探查及减压手术),并留取手术录像。

### 1.2 研究设备

使用德国汉堡大学研发的 Voxel-Man TempoSurg 耳科手术模拟系统。训练者利用 Phantom 力反馈设备,通过镜面反射及佩戴立体眼镜看到立体显示的场景,系统伴随的钻的震动和声音及钻孔的外观也可以得到真实手术的感观效果<sup>[2,3]</sup>。

### 1.3 研究方法

将 40 例患者术前的高分辨率颞骨 CT(层厚 1.0 mm)的 DICOM 数据录入到 Voxel-Man TempoSurg 耳科手术模拟系统的 Patient Data 中,由系统自动加载到虚拟环境中并进行患者个体资料的虚拟三维重建。然后按照术中所采用的路径对患耳进行虚拟的手术操作,寻找并记录操作过程中暴露的解剖结构,上述操作由耳科专业的同一位高年资医师完成。最后导出患者的虚拟手术录像,将其与真实的手术录像进行比较(图 1、2),记录外耳道上嵴、鼓环/鼓沟、听小骨、面神经、外半规管、乙状窦、脑板、圆窗龛等解剖结构及病变在虚拟手术中的显示率。

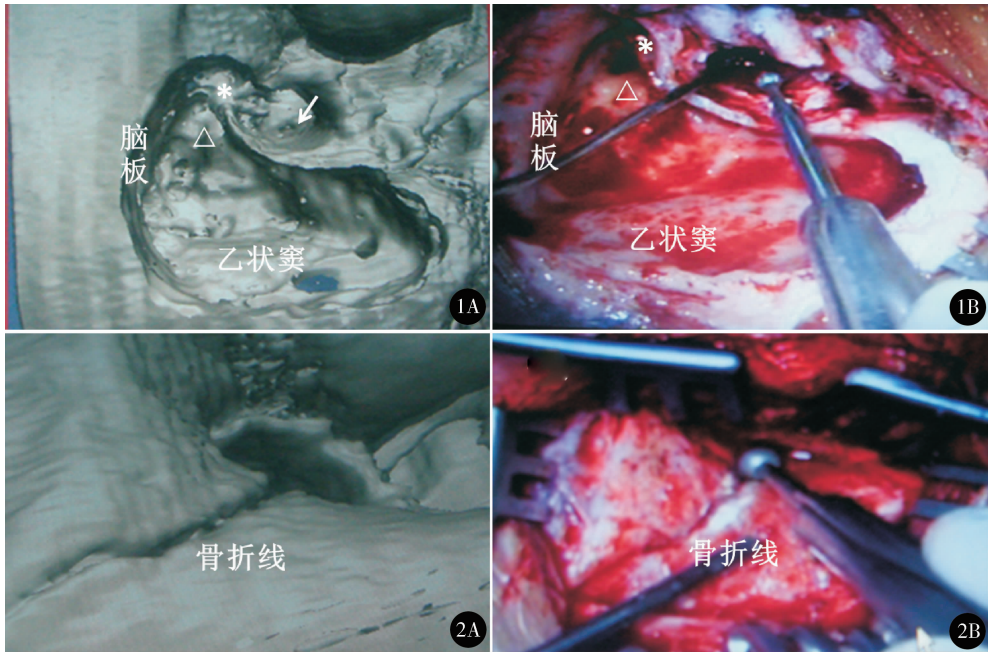


图 1、2 模拟系统中虚拟手术录像(A)与真实手术录像(B)对比图  
( \* 听小骨;△半规管;箭头指示圆窗龛)

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS19.0 软件,对不同组的显示率差异采用 Fisher 精确检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

所有病例均成功进行三维立体虚拟影像重建,重建后的颞骨标本可以进行任意角度的旋转与缩

放,直至达到良好的手术显示效果。

2.1 根据病变类型分类

根据病变的类型,将中耳胆脂瘤 21 例及胆固醇肉芽肿 6 例归为软组织病变(27 例),先天性外中耳畸形 4 例及颞骨多发骨折 9 例划分为骨性病变(13 例)。对手术模拟系统中的手术录像与真实手术中

的手术录像进行比较,对中耳手术中常见的重要解剖标志及结构进行对比,见表 1,各结构显示率差异无统计学意义。软组织类型病变中病变的显示率为 7.4% (2/27),骨性病变中为 100% (13/13),差异有统计学意义( $P=0.000$ )。

表 1 不同病变类型中耳手术中常见解剖标志在模拟手术中的显示率[ $n(\%)$ ]

病变类型	外耳道后上嵴	鼓沟/鼓环	听小骨	面神经	外半规管	乙状窦	脑板	圆窗龛
软组织( $n=27$ )	27(100.0)	23(85.2)	27(100.0)	16(59.3)	18(66.7)	27(100.0)	27(100.0)	19(70.4)
骨性( $n=13$ )	13(100.0)	13(100.0)	13(100.0)	4(30.8)	11(84.6)	13(100.0)	13(100.0)	9(69.2)
$P$ 值	—	0.284	—	0.176	0.286	—	—	1.000

2.2 根据乳突气化类型分类

根据乳突的气化程度<sup>[4]</sup>分为气化型(16 例)和非气化型(24 例),两种气化类型的乳突中常见中耳手术的重要解剖标志及结构在模拟手术中的显示率见表 2,气化型中外半规管显示率高于非气化型,鼓

环/鼓沟显示率低于非气化型,其他结构差异无统计学意义。气化型乳突中 11 例(68.8%)可以清晰显示病变组织,非气化型乳突中仅有 4 例(16.7%),两者之间差异有显著性( $P=0.002$ )。

表 2 不同气化类型的乳突中常见解剖标志在模拟手术中的显示率[ $n(\%)$ ]

气化类型	外耳道后上嵴	鼓环/鼓沟	听小骨	面神经	外半规管	乙状窦	脑板	圆窗龛
气化型( $n=16$ )	16(100.0)	12(75.0)	16(100.0)	5(31.3)	16(100.0)	16(100.0)	16(100.0)	10(62.5)
非气化型( $n=24$ )	24(100.0)	24(100.0)	24(100.0)	15(62.5)	13(54.2)	24(100.0)	24(100.0)	18(75.0)
$P$ 值	—	0.020	—	0.105	0.001	—	—	0.490

2.3 根据乳突开放术式分类

根据不同的乳突开放术式分为完璧式(25 例)和开放式(15 例),各结构在模拟手术中的显示率见

表 3,差异均无统计学意义。完璧术式病变的显示率为 48.0% (12/25),开放术式为 20.0% (3/15),两者差异无显著性( $P=0.101$ )。

表 3 不同乳突开放术式中常见解剖标志在模拟手术中的显示率[ $n(\%)$ ]

乳突开放术式	外耳道后上嵴	鼓环/鼓沟	听小骨	面神经	外半规管	乙状窦	脑板	圆窗龛
完璧式( $n=25$ )	25(100.0)	21(84.0)	25(100.0)	13(52.0)	18(72.0)	25(100.0)	25(100.0)	15(60.0)
开放式( $n=15$ )	15(100.0)	15(100.0)	15(100.0)	7(46.7)	11(73.3)	15(100.0)	15(100.0)	13(86.7)
$P$ 值	—	0.278	—	1.000	1.000	—	—	0.152

3 讨论

随着现代科学技术的飞跃发展,手术模拟系统作为一种先进的医学成像系统,可以利用 CT 或 MR 等数据创造出一种具有立体效果的虚拟现实环境,不但兼具了放射科的影像多平面重建及同时同步进行定位的特点,还可以将这些影像进行实体虚拟,医生可以利用双手直接对虚拟医学图像进行交互式操作,从而获得一个比较直观、全面、立体的解剖概念。近年来,大量针对微创外科手术,特别是针对耳鼻喉科的虚拟手术系统不断被研制出来<sup>[5]</sup>。Voxel-Man 颞骨手术模拟系统(Voxel-Man TempoSurg)可以获取高分辨率颞骨 CT 的影像来重建颅底的三维解剖结构,通过镜面反射和立体眼镜来获得立体视觉,通

过具有力反馈的手柄来完成虚拟手术操作<sup>[1]</sup>。

除了作为教学工具<sup>[6-9]</sup>,该系统还可以直接辅助于临床,在疑难手术前通过模拟系统进行预手术,可以术前对手术的难度进行充分的评估,从而提高手术的安全性。由于中耳手术涉及的病种较多,影响手术难易程度的因素也很多,因此模拟系统在不同中耳手术中的适用程度是不同的。

3.1 不同病变类型对模拟手术显示的影响

Voxel-Man TempoSurg 耳科手术模拟系统的数据来源于患者术前的高分辨率 CT,主要是利用骨窗的一系列数据进行解剖结构的三维重建,因此术中对骨性结构有良好的分辨率。当 CT 的层厚在 1 mm 甚至更薄至 0.6 mm 时,可以获得非常逼真的重建模型,甚至可以观察到如锥隆起、镫骨等细小的结

构。但是其对于软组织的识别相对较差,无论是血管、神经、肌肉还是病变组织,都无法在重建的模型中予以分辨,而统一以气体的空腔形式出现。本组软组织类型中病变的显示率只有 7.4% (2/27),显著低于骨性类型中病变的显示率 100% (13/13)。因此,对于以软组织病变为主要类型的疾病,如中耳胆脂瘤、胆固醇肉芽肿等,在模拟中耳的手术中,往往不能很好地识别病变组织,仅能通过骨质缺损的一些间接征象来判断。而对于一些主要由骨性结构病变来显示的疾病,如先天性中耳发育畸形、颞骨骨折等,该模拟系统可以非常真实地还原术中的情况,通过术前的模拟操作,可以明确提示术者中耳畸形的具体细节以及颞骨骨折线延伸的深度及毗邻。对于一些特殊病例,可以通过术前模拟来预知病变的侵犯情况。

### 3.2 乳突不同气化类型对模拟手术显示的影响

由于手术模拟器是通过容积重建的方式来进行颞骨的三维重建,对于与空气或软组织交界的骨性结构,如乙状窦、中颅窝脑板、听小骨,因为对比明显而容易区分,识别率可达 100%;而对于骨质中不同密度的结构,就不能直观地通过骨质颜色的变化、电钻的声音来反映出骨质密度的变化,如面神经骨管、半规管等结构。气化较好的乳突,由于致密的骨性结构被气房包围,较易于识别。本研究中,在气化较好的乳突中,外半规管隆突及病变的识别率可达到 100% (16/16) 和 68.8% (11/16),均高于非气化型乳突 [54.2% (13/24) 和 16.7% (4/24)], 差异有统计学意义 ( $P = 0.001$ ,  $P = 0.002$ )。因此,气化型的乳突较硬化型乳突在进行模拟手术时能够更加真实地反映术中的情况。

### 3.3 不同乳突开放术式对模拟手术显示的影响

中耳病变最常采用的术式为完壁式和开放式乳突开放、鼓室成形术<sup>[10]</sup>。完壁术式由于保留了外耳道后壁的骨性结构,术后可以获得接近正常的外耳道形态,且术后恢复较快,患者的听力水平及生活质量较高;但该术式的缺点是容易造成病变残留,因此对术者的手术技巧要求很高。而开放术式由于不用保留外耳道后壁,故手术操作的难度降低,术后容易监测病变复发;但缺点是破坏了原有的耳道形态,术后遗留较大术腔,愈合时间延长,生活质量下降。在本研究中,无论采用完壁术式还是开放术式,都是在不伤及重要结构的基础上彻底清除病变,而对重要结构的辨别和规避是模拟器训练的重要意义所在。由于两种术式对于一些重要解剖结构的显示均没有显著性差异,加之完壁术式对手术技巧要求更多,因此建议初学者先采用开放术式进行模拟训练,熟悉解剖结构并根据骨性标志找到软组织,待手术技巧

提高后,再行完壁术式的训练。

由于模拟手术与真实手术具有较高的吻合性,利用手术模拟系统进行中耳手术的术前预手术,特别是涉及解剖变异的中耳手术,能够帮助术者提前了解手术过程中病变相关的解剖结构及其毗邻关系,设计相对安全高效的手术入路,回避手术径路中可能出现的风险,提高手术的安全性。但即使是最精确的模拟成像也不能完全取代术中的真实情况,一个有经验的术者,在进行重要解剖标志的判断和定位时,往往还要结合对解剖结构在空间中位置的熟练掌握、解剖标志颜色的变化、操作中电钻声音的改变、血供的不同等综合因素来定位,才能保证手术的安全。

### 3.4 小结

手术模拟器可以较为真实地反映中耳手术中的情况,对于以骨性病变为主的中耳手术,具有非常高的指导价值;气化较好的乳突在解剖结构的识别上相对容易;选择完壁术式或开放术式,在模拟操作中对解剖结构的暴露上差别不大。因此,利用耳科手术模拟器,可以进行中耳疑难手术病变的预判以及临床径路的设计,从而提高手术的安全性。

### 参考文献

- 1 秦笃烈. DH 临床应用最新进展: ENT 手术模拟器 Voxel-Man TempoSurg. 中国医疗器械信息, 2006, 12(6): 59-61.
- 2 郭庚, 王斌全. 数字化人体在耳鼻咽喉科手术模拟中的应用. 国际耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2007, 31(3): 149-152.
- 3 Zirkle M, Roberson DW, Leuwer R, et al. Using a virtual reality temporal bone simulator to assess otolaryngology trainees. Laryngoscope, 2007, 117(2): 258-263.
- 4 黄选兆, 汪吉宝, 孔维佳, 主编. 实用耳鼻咽喉头颈外科学. 第 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2008. 683.
- 5 谢文, 刘胜林, 孔维佳, 等. 虚拟现实技术在微创外科手术学的应用. 中国医疗设备, 2010, 25(7): 76-77.
- 6 郝欣平, 于子龙, 李永新. 尸头解剖结合 Voxel-man 手术模拟系统在耳科教学中的应用. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2015, 22(2): 107-108.
- 7 Khemani S, Arora A, Singh A, et al. Objective skills assessment and construct validation of a virtual reality temporal bone simulator. Otol Neurotol, 2012, 33(7): 1225-1231.
- 8 Nash R, Sykes R, Majithia A, et al. Objective assessment of learning curves for the Voxel-Man TempoSurg temporal bone surgery computer simulator. J Laryngol Otol, 2012, 126(7): 663-639.
- 9 Reddy-Kolanu G, Alderson D. Evaluating the effectiveness of the Voxel-Man TempoSurg virtual reality simulator in facilitating learning mastoid surgery. Ann R Coll Surg Engl, 2011, 93(3): 205-208.
- 10 宋昱, 马芙蓉. 完壁式乳突根治鼓室成形术的发展及应用. 中国微创外科杂志, 2015, 15(8): 755-758.

(收稿日期: 2016-07-21)

(修回日期: 2016-08-29)

(责任编辑: 王惠群)