

虚拟现实技术在岩骨手术解剖教学中的作用★

赵亚群, 汤可, 周敬安

Educational value of virtual reality skill in the surgical anatomy of petrous bone

Zhao Ya-qun, Tang Ke, Zhou Jing-an

Department of
 Neurosurgery, the
 309 Hospital of
 Chinese PLA, Beijing
 100091, China

Zhao Ya-qun★,
 Master, Associate
 chief physician,
 Department of
 Neurosurgery, the
 309 Hospital of
 Chinese PLA, Beijing
 100091, China
 zhaoyaqu2@
 sina.com

Received: 2011-11-23
 Accepted: 2012-02-20

Abstract

BACKGROUND: Surgical education assignment of petrous bone is difficult for the complexity of anatomic morphology and stereo architecture relationship. Merits including efficient, objective, and interactive exist in computed virtual reality technology, of which the development potential is enormous for the surgical education of petrous bone.

OBJECTIVE: To evaluate the application value of virtual reality technique in the surgical education of petrous bone.

METHODS: The Dicom data of CT scan performed for one case without skull base disease was transferred to the virtual reality system to reconstruct three-dimensional image, and then, the images of structures in the osseous tubes and impressions of petrous bone were extracted to build three-dimensional anatomy model by using the software of image process. Forty volunteers were divided randomly into two groups with 20 members in each group respectively. The examined group had assignment of both textbook reading and image model observation. The control group had only task of textbook reading. Scoring about accuracy for written test of anatomy knowledge and marking of anatomic illustration was employed after 1 week and 2 weeks of study to evaluate the educational effect.

RESULTS AND CONCLUSION: Effect of three-dimensional visualization was well for petrous bone model. Testing was performed after 1 week study, the scores of written test and illustration marking in the examined group were higher than those in the control group. Significant difference existed in the score of written test and illustration marking between two groups ($P < 0.05$). After 2 weeks study, there was no significant difference in the score of written test between two groups ($P > 0.05$). However, the illustration marking score of examined group was significantly higher than that of control group, and there was significant difference of illustration marking score between two groups ($P < 0.05$). The virtual reality three-dimensional model has good advantages in the surgical education of petrous bone.

Zhao YQ, Tang K, Zhou JA. Educational value of virtual reality skill in the surgical anatomy of petrous bone. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(22): 4088-4091. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 岩骨解剖形态和空间构筑关系复杂, 手术教学难度大。计算机虚拟现实技术因其高效、直观、交互性等优点, 用于岩骨手术解剖教学开发潜力巨大。

目的: 评估虚拟现实技术建立岩骨三维解剖模型在岩骨手术教学中的价值。

方法: 1例非颅底病变患者头颅CT Dicom格式数据导入虚拟现实工作站进行三维重建, 利用工作站中的图像处理软件提取岩骨表面和内部解剖结构图像, 构建岩骨三维解剖模型。选取志愿者40名随机分为2组, 每组20名, 受试组安排阅读教科书结合虚拟影像模型观察, 对照组仅安排阅读教科书。在学习后1, 2周分别进行相关解剖知识笔试和图谱标识测试。

结果与结论: 岩骨虚拟现实解剖模型可视化效果良好。学习后1周测试, 受试组解剖知识笔试和图谱标识成绩高于对照组, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。学习后2周测试, 受试组解剖知识笔试与对照组差异无显著性意义($P > 0.05$), 受试组图谱标识成绩高于对照组, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。结果显示虚拟现实三维影像模型用于岩骨手术解剖教学效果良好。

关键词: 虚拟现实; 岩骨; 三维解剖; 教学; 显微外科
 doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.22.023

赵亚群, 汤可, 周敬安. 虚拟现实技术在岩骨手术解剖教学中的作用[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(22):4088-4091. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

解放军第三〇九
 医院神经外科, 北
 京市 100091

赵亚群★, 男,
 1972年生, 河北
 省安国市人, 汉
 族, 2001年解放
 军第四军医大学
 毕业, 硕士, 副主
 任医师, 主要从事
 神经外科的临床
 和基础研究。
 zhaoyaqu2@
 sina.com

中图分类号:R318
 文献标识码:B
 文章编号:1673-8225
 (2012)22-04088-04

收稿日期: 2011-11-23
 修回日期: 2012-02-20
 (20111123010/M·C)

0 引言

岩骨是人体最为复杂的骨性结构之一, 其表面和内部涉及重要的血管神经结构, 一些高难度的颅底手术为了减少对脑组织的牵拉和增加病灶暴露, 需要进行磨除岩骨骨质的操作, 风险极高^[1], 因此对岩骨操作的解剖教学工作具有重要意义。然而利用目前相关解剖的文字描述进行教学缺乏直观性, 教学难度较大, 效果有限。尸头解剖能够提供直观的信息, 但标本

来源十分有限, 因而无法完全满足教学需要。

在医学影像采集和计算机图像处理技术高速发展背景下, 虚拟现实技术是目前用于医学领域中最为强大的集成计算机图形学、人工智能、传感和人机结合的交叉学科技术^[2-3]。本研究利用虚拟现实技术的交互式图像处理基于活体CT数据高效、准确、直观、量化地构建岩骨的三维解剖模型。选取在校学生志愿者, 利用岩骨虚拟模型布置学习任务, 通过随机、对照、双盲的实验设计验证其临床教学效果, 探讨其临床教学意义和优势。

1 对象和方法

设计: 临床教学类双盲随机对照实验。

时间及地点: 实验于2010-01/2011-06在解放军第三〇九医院影像科虚拟现实工作站完成。

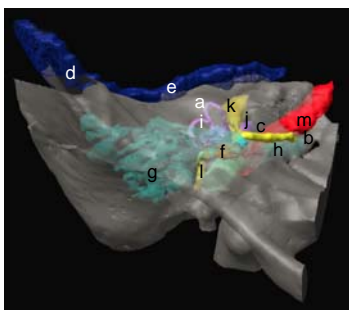
对象: 选取40名学生志愿者, 均为临床医学专业, 年龄22~24岁, 平均23岁, 其中男31名, 女9名。选取1例非颅底病变患者的头颅CT影像数据(FOV 22.0 cm×22.0 cm, Matrix 512×512, 窗位: 40, 窗宽: 300, 层距: 0.5 mm, 层厚: 0.5 mm)。

本院影像科虚拟现实工作站(日本, TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS公司, 软件: Vitrea®)。

学习教材内容摘自周定标编《颅底肿瘤手术学》(人民军医出版社)。

测试图谱选自马芙蓉译《颞骨解剖及手术径路》(人民卫生出版社), 选取标识部位包括: 岩骨嵴, 弓状隆起, 三叉神经压迹, 卵圆孔, 骨性外耳道, 听骨链, 骨性内听道, 面神经管, 咽鼓管, 乳突气房, 膝状神经节, 岩浅大神经, 耳蜗, 半规管, 岩骨段颈内动脉, 岩上窦, 岩下窦, 颈静脉球。

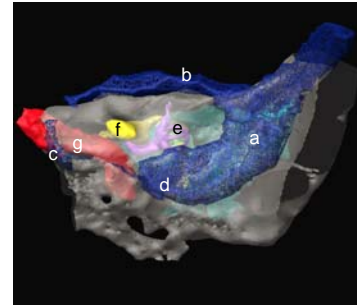
方法: 源影像Dicom格式数据用CD光盘导入虚拟现实工作站, 进行三维重建。利用工作站中的图像处理软件提取岩骨骨性结构包括弓状隆起、卵圆孔和听骨链三维图像, 利用CT数据通过反转图像强度技术从骨性管道内提取乳突气房、咽鼓管、半规管、耳蜗、面听神经复合体、面神经、岩骨段颈内动脉和颈静脉球等结构图像, 利用骨面上的压迹为标志, 提取岩浅大神经、乙状窦、岩上窦、岩下窦等结构图像, 方法详见文献[1]报道, 不同结构标用不同颜色区分, 构建岩骨三维解剖模型, 见图1和图2。



a: Arcuate eminence; b: Foramen ovale; c: Ramus lacrimales nervi petrosi superficialis majoris; d: Sigmoid sinus; e: Superior petrosal sinus; f: Ossicular chain; g: Mastoid air cell; h: Eustachian tube; i: Semicircular canal; j: Cochlea; k: Complex of facial and acoustic nerves; l: Facial nerve; m: Petrosal segment of internal carotid artery

Figure 1 Anterior view of three-dimensional image anatomy model of petrous bone

图1 岩骨三维影像解剖模型前面观



a: Sigmoid sinus; b: Superior petrosal sinus; c: Inferior petrosal sinus; d: Glomus jugulare; e: Semicircular canal; f: Complex of facial and acoustic nerves; g: Petrosal segment of internal carotid artery

Figure 2 Posterior view of three-dimensional image anatomy model of petrous bone

图2 岩骨三维影像解剖模型后面观

志愿者随机分为2组, 每组20名, 受试组安排阅读教科书结合虚拟影像模型观察, 对照组仅安排阅读教科书, 两组的岩骨解剖相关阅读教材一致, 受试组在三维解剖模型中观察岩骨相关各结构的解剖形态、移行分布情况和毗邻关系。在学习后1, 2周分别进行测试, 实验设计者和测试学生成绩者彼此双盲, 测试分为相关解剖知识笔试和图谱标识两部分, 均采用百分制形式, 图谱标识通过选取10张图谱, 每张图谱选取10个标识部位, 按准确性打分的成绩检验受试者的教学效果。

主要观察指标: 结合工作站软件中“模型旋转”、“组织拾取”和“透明度调节”等工具, 从不同方向、不同角度观察岩骨骨质, 岩骨内组织结构, 岩骨表面组织结构的立体解剖形态和空间毗邻关系。

统计学分析: 应用SPSS 13.0统计分析软件, 测试成绩经Shapiro-Wilk W法检验符合正态分布, 用 $\bar{x} \pm s$ 表示; 测试成绩经Levene方差齐性检验后, 符合独立样本t检验条件, 通过对比分析验证两组的教学效果, 取 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 岩骨及其内部结构虚拟现实三维影像模型观察 利用1例非颅底病变患者的CT数据成功构建左右两侧岩骨三维解剖模型, 岩骨外部的弓状隆起、卵圆孔、岩浅大神经、乙状窦、岩上窦、岩下窦、颈静脉球, 以及岩骨内部的听骨链、乳突气房、咽鼓管、半规管、耳蜗、面听神经复合体、面神经、岩骨段颈内动脉等结构图像显示清楚, 岩骨三维影像模型通过调节图像透明度可经岩骨表面直接观察到岩骨内结构, 在立体空间内可任意角度旋转观察。

2.2 教学效果测试结果及分析 经学习后1周进行测试, 受试组解剖知识笔试成绩为 79.55 ± 3.91 , 对照组解剖知识笔试成绩为 74.85 ± 2.93 , 受试组 $>$ 对照组($P <$

0.05); 受试组图谱标识成绩为 90.05 ± 2.61 , 对照组图谱标识成绩为 76.00 ± 2.32 , 受试组 > 对照组 ($P < 0.05$)。经学习后2周进行测试, 受试组解剖知识笔试成绩为 86.70 ± 4.08 , 对照组解剖知识笔试成绩为 85.40 ± 3.71 , 差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 受试组图谱标识成绩为 92.50 ± 2.31 , 对照组图谱标识成绩为 79.00 ± 2.03 , 受试组 > 对照组 ($P < 0.05$)。

3 讨论

在颅底外科手术中, 经颞下和乙状窦前暴露后颅窝的手术入路, 需要进行磨除岩骨的操作^[4], 其因涉及乙状窦、岩上窦、岩下窦、岩骨段颈内动脉、面神经等解剖结构, 损伤后发生合并症的风险很高^[5]。因此, 有关岩骨解剖的教学对于该部位的手术, 具有重要的指导意义。二维解剖关系往往因手术入路和视角的不同而变化, 无法为操作者提供直观的空间映像, 因而用于临床教学, 信息仍显不足, 难以完全做到客观可靠^[6]。三维立体解剖图像, 能够克服二维平面描述解剖仅能表达某一角度的观察结果, 并且避免仅靠空间想象导致解剖关系理解的偏差^[7]。Shimizu等^[8]通过不同入路暴露颅底复杂结构, 利用三维照相技术形成立体图像, 以更好地理解解剖结构的三维空间毗邻关系。但利用尸头进行解剖无法克服其固有局限: ①尸头来源有伦理方面限制, 来源日趋紧张。②尸头灌注和浸泡等准备过程复杂耗时。③尸头解剖工作艰辛, 浸泡药剂不利于操作者健康, 甚至存在朊病毒感染风险^[8]。医学影像显示技术和计算机图像处理的高速发展为解剖和临床研究者开拓了新的观察研究方法, 同时也为临床手术教学提供具有巨大开发潜力的工具^[9-10]。

虚拟现实技术是综合计算机图形学、人工智能、传感和人机结合的多学科集成技术^[11]。该技术最初用于游戏软件中, 用来模拟三维立体环境, 增加真实感, 之后又被军方开发用于飞行模拟等^[12]。目前医学方面已经成功应用于用于解剖模拟、手术计划和临床教学^[13-15]。加强临床医师理解复杂解剖结构的三维空间关系, 是虚拟技术的教学价值所在^[16], 在以往研究中利用虚拟现实技术, 对岩骨三维解剖建模研究, 体现了该技术在解剖可视化研究中的高效、节约、直观、准确的特点^[17]。利用CT原始数据和反转图像强度数据进行重建, 将岩骨及其内部结构在三维立体空间内清楚显示, 通过相关结构图像透明度调节, 不用破坏浅部解剖结构即能暴露深部结构, 便于在整体上理解各解剖结构的相互关系^[18], 可以任意角度旋转, 从不同方向观察, 可重复地利用影像数据模拟人体解剖, 极大地节约教学成本和时间。本研究中, 利用活体影像数据进行解剖教学建模能够克服尸体标本因肿胀或缩水造成的形变, 增加所建立教学模型的

准确性, 通过构建出虚拟三维解剖模型能够针对个体病例显示空间解剖形态和毗邻关系, 满足三维解剖可视化的教学需要, 并且显示出上述虚拟现实影像模型的教学优点。

在教学效率方面, Wang等^[19]研究报道虚拟现实技术能够有效地提高外科医师手术经验并且避免医患冲突, 缓解临床压力。Zirkle等^[20]通过术野中手部运动分析, 比较虚拟影像模型和尸头标本解剖在岩骨手术操作训练中的效果, 总结出虚拟现实技术是住院医师术前培训的新颖、高效的教學手段。本研究纳入医学专业学生, 设计双盲、随机、对照实验, 检验虚拟现实模型学习岩骨解剖的教学成绩, 国内尚未见类似报道。经学习后1周进行测试, 受试组解剖知识笔试和图谱标识成绩均高于对照组 ($P < 0.05$), 同时在图谱标识成绩中体现出相对更大的优势。经学习后2周进行测试, 受试组解剖知识笔试成绩与对照组解剖知识笔试成绩的差异无显著性意义 ($P > 0.05$), 考虑原因在于解剖知识笔试成绩在一定程度上评估学习记忆能力, 经2周学习, 受试组和对照组均对知识点达到良好的记忆效果, 但受试组成绩均值(86.70分)仍略高于对照组(85.40分)。2周后的图谱标识成绩, 受试组 > 对照组 ($P < 0.05$), 结合1周后的测试比较结果, 体现出虚拟现实解剖模型提供直观教学, 有助于形象记忆, 便于对各解剖结构空间形态和毗邻关系的真正理解, 进一步反映虚拟现实岩骨模型的教学重要性。

本研究的虚拟现实三维解剖模型仅在可视化方面体现其教学优势, 尚未做到仿生学模拟实体解剖, 无法体会实体解剖中组织牵拉、切割、磨除骨质的震动感等感觉, 不能经历出血、止血、避开重要结构暴露深部等解剖操作锻炼, 因而用于提高显微手术技能作用仍然有限。本研究中, 鼓索神经、内淋巴囊、鼓膜张肌及岩骨内细微的血管神经等结构受CT成像技术限制未能显示, 需要影像技术发展并且结合多模块成像数据融合手段进而解决。同时研究应当进一步构建颅后窝的小脑半球、脑干、椎基底动脉及其分支、V~XII对颅神经等结构三维图像来体现磨除岩骨后的暴露术野, 从而扩大利用虚拟现实技术来进行岩骨手术解剖教学的知识范围。

4 参考文献

- [1] Tang K, Mo DP, Bao SD, et al. Zhonghua Shiyan Waike Zazhi. 2009; 26(6):794-795.
汤可, 莫大鹏, 鲍圣德, 等. 虚拟现实技术构建岩骨三维解剖模型[J]. 中华实验外科杂志, 2009, 26(6):794-795.
- [2] Wang M, Zhang YD, Zhang LH. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011; 15(13):2425-2428.
王玫, 张月东, 张兰华. 虚拟现实技术在髌白手术中的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(13):2425-2428.
- [3] Wang XP, Wang LH, Sun Y, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011; 15(30):5657-5660.
王欣萍, 王丽华, 孙尧, 等. 虚拟现实技术在临床虚拟标准化患者中的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(30):5657-5660.

[4] Hofer M, Dittrich E, Baumberger C, et al. The influence of various registration procedures upon surgical accuracy during navigated controlled petrous bone surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010;143(2):258-262.

[5] Moser T, Veillon F, Sick H, et al. The hypodense focus in the petrous apex: a potential pitfall on multidetector CT imaging of the temporal bone. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008;29(1):35-39.

[6] Ciappetta P, Occhiogrosso G, Luzzi S, et al. Jugular tubercle and vertebral artery/posterior inferior cerebellar artery anatomic relationship: a 3-dimensional angiography computed tomography anthropometric study. *Neurosurgery.* 2009;64(5 Suppl 2):429-436.

[7] Tanoue S, Kiyosue H, Sagara Y, et al. Venous structures at the craniocervical junction: anatomical variations evaluated by multidetector row CT. *Br J Radiol.* 2010;83(994):831-840.

[8] Shimizu S, Tanaka R, Rhoton AL Jr, et al. Anatomic dissection and classic three-dimensional documentation: a unit of education for neurosurgical anatomy revisited. *Neurosurgery.* 2006;58(5):E1000.

[9] Petrolo L, Testi D, Taddei F, et al. Effect of a virtual reality interface on the learning curve and on the accuracy of a surgical planner for total hip replacement. *Comput Methods Programs Biomed.* 2010;97(1):86-91.

[10] Pomahac B, Aflaki P, Nelson C, et al. Evaluation of appearance transfer and persistence in central face transplantation: a computer simulation analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2010;63(5):733-738.

[11] Lv T, Liu GL, Du HZ, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(43):8099-8103. 吕婷, 刘桂铃, 杜海洲, 等. 虚拟现实技术在生物医学领域中的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(43):8099-8103.

[12] Spicer MA, Apuzzo ML. Virtual reality surgery: neurosurgery and the contemporary landscape. *Neurosurgery.* 2003;52(3):489-497.

[13] Kockro RA, Stadie A, Schwandt E, et al. A collaborative virtual reality environment for neurosurgical planning and training. *Neurosurgery.* 2007;61(5 Suppl 2):379-391.

[14] Munz Y, Almoudaris AM, Moorthy K, et al. Curriculum-based solo virtual reality training for laparoscopic intracorporeal knot tying: objective assessment of the transfer of skill from virtual reality to reality. *Am J Surg.* 2007;193(6):774-783.

[15] Kockro RA, Hwang PY. Virtual temporal bone: an interactive 3-dimensional learning aid for cranial base surgery. *Neurosurgery.* 2009;64(5 Suppl 2):216-229.

[16] Malone HR, Syed ON, Downes MS, et al. Simulation in neurosurgery: a review of computer-based simulation environments and their surgical applications. *Neurosurgery.* 2010;67(4):1105-1116.

[17] Tang K, Mo DP, Bao SD, et al. Zhongguo Weiqinxin Shenjing Waike Zazhi. 2009;14(4):173-175. 汤可, 莫大鹏, 鲍圣德, 等. Destroscope虚拟现实系统在中颅底三维解剖研究中的应用[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2009, 14(4):173-175.

[18] Tomikawa M, Hong J, Shiotani S, et al. Real-time 3-dimensional virtual reality navigation system with open MRI for breast-conserving surgery. *J Am Coll Surg.* 2010;210(6):927-933.

[19] Wang P, Becker AA, Jones IA, et al. A virtual reality surgery simulation of cutting and retraction in neurosurgery with force-feedback. *Comput Methods Programs Biomed.* 2006;84(1):11-18.

[20] 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.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 实验设计为赵亚群, 实验实施为赵亚群、汤可, 实验评估为赵亚群、汤可、周敬安, 资料收集为汤可。赵亚群成文, 周敬安审核, 赵亚群对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 参与实验自愿者对实验过程完全知情同意并签署“知情同意书”。

文章要点: 虚拟现实技术以其高效性、直观性和交互式特征是否能够提高手术教学效果有待验证。

外国专家修饰的医学英语句型：“少突胶质细胞系基因 1 的过表达”

中文	修前	修后
缺氧条件下少突胶质细胞系基因 1 过表达可促进基因 2 在乳鼠脑组织中的表达	Oligodendrocyte transcription factor 1 overexpression promoted oligodendrocyte transcription factor 2 expression in the brain tissues of neonatal rats exposed to hypoxia	Oligodendrocyte transcription factor 1 overexpression promotes oligodendrocyte transcription factor 2 expression in the brains of neonatal rats exposed to hypoxia
证明	Olig1 gene upregulation can promote myelin basic protein expression, indicating important role of Olig1 in repairing the myelin sheath.	<i>Olig1</i> gene upregulation promotes myelin basic protein expression, providing supplementary evidence for an important role of the transcription factor in myelin sheath repair.
动物补充	80 rats were included in the final analysis following supplementation , with 20 animals in each group	Therefore, supplemental animals were provided , and 80 rats were included in the final analysis, with 20 animals in each group.