论著

文章编号:1000-5404(2014)14-1496-04

枕下乙状窦后入路微创显露颈静脉孔区的虚拟现实解剖研究

汤 可,周敬安,赵亚群,周 青,刘 策 (100091 北京,解放军309医院神经外科)

[摘要] **目的** 在构建虚拟现实解剖模型基础上探讨枕下乙状窦后入路微创显露颈静脉孔区的显微解剖特征。**方法** 15例尸体头颅行头颅CT和MRI扫描,影像数据输入虚拟现实系统构建颈静脉孔区三维解剖模型,在颅盖和颅底中选择骨性标志点设计枕下乙状窦后入路的不同微创路径,观察测量和比较伴随微创手术路径改变后解剖结构显露情况。**结果** 模拟枕下乙状窦后入路显露颈静脉孔区的路径均由横窦下方穿过,路径中清晰显示所包含的神经、血管等解剖结构的空间层叠顺序,均不包含椎动脉和小脑后下动脉。路径a中不包含后组颅神经。路径b均不显露面听神经复合体,3例路径b中不显露小脑前下动脉。路径c不显露面听神经复合体、小脑前下动脉和后组颅神经。测量和比较显示手术路径体积和路径中小脑半球体积:路径b>路径a>路径c,路径中显露小脑前下动脉的体积:路径a>路径b,差异均有统计学意义($P<0.01$)。**结论** 枕下乙状窦后入路的不同微创化手术路径能够有效显露颈静脉孔区的不同靶点,联合使用能够充分发挥各自的优势。

[关键词] 颈静脉孔;虚拟现实;三维解剖;乙状窦后入路;微创

[中图法分类号] R319;R323.1 [文献标志码] A

Anatomic research of suboccipito-retrosigmoidal approach for minimally invasive exposure of jugular foramen region utilizing virtual reality technology

Tang Ke, Zhou Jing'an, Zhao Yaqun, Zhou Qing, Liu Ce (Department of Neurosurgery, No. 309 Hospital of PLA, Beijing, 100091, China)

[**Abstract**] **Objective** To discuss microanatomy features of jugular foramen region in suboccipito-retrosigmoidal minimally invasive approach based on virtual reality image model. **Methods** CT and MRI scaning were performed for 15 adult cadaver heads, and then the image data was inputted into Vitrea virtual reality system to establish three-dimensional anatomy model of jugular foramen region. Different minimally invasive suboccipito-retrosigmoidal approaches were simulated by selecting osseous landmark points on the calvaria and skull base. Anatomic exposures in surgical trajectory following alternation of minimally invasive approach were observed, measured and compared. **Results** Routes simulating suboccipito-retrosigmoidal approach for exposure of jugular foramen region passed under the inferior edge of transverse sinus. Spatial sequence of nerves and vessels in the route was displayed clearly. Vertebral artery and posterior inferior cerebellar artery did not show in the route. Lower cranial nerves did not show in route a. Facial-acoustic nerve complex did not show in route b. Three cases of route b did not involve anterior inferior cerebellar artery. Facial-acoustic nerve complex, anterior inferior cerebellar artery, and lower cranial nerves did not show in route c. Measurement and comparative analysis showed that: the volume of route and cerebella involved in route, route b > route a > route c ($P<0.01$); and the volumes of anterior inferior cerebellar artery in route, route a > route b ($P<0.01$). **Conclusion** Different minimally invasive routes of suboccipito-retrosigmoidal approach can expose surgical targets effectively, and their combinations have more advantages.

[基金项目] 解放军309医院院立课题(2013MS-008)

[通信作者] 周敬安,E-mail: slashchow@gmail.com

[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20140107.2043.010.html(2014-01-07)

[**Key words**] jugular foramen, virtual reality, three-dimensional anatomy, retrosigmoidal approach, minimal invasion

Supported by the Project of No. 309 Hospital of PLA (2013MS-008). Corresponding author: Zhou Jing'an, E-mail: slashchow@gmail.com

乙状窦后入路是显露颈静脉孔区的常用入路,由于颈静脉孔区包含颈静脉球和后组颅神经,颅内毗邻脑干、椎基底动脉及其分支等重要结构,向内侧涉及岩尖部、海绵窦等颅底中线区域,结构生命攸关,手术风险巨大[1]。随着微创手术路径日趋丰富,有关乙状窦后入路显露颈静脉孔区的显微解剖信息也亟待进一步完善。本研究利用虚拟现实技术,模拟枕下乙状窦后入路显露颈静脉孔区的微创化手术路径,观察和测量伴随微创手术路径改变后路径中解剖结构的显露情况。

1 资料与方法

1.1 资料

10%(容积比)甲醛溶液固定成人尸体头颅 15 例(共 30 侧),由北京大学解剖实验室提供,进行 CT、MRI 扫描获得 DICOM 格式影像数据,尸体头颅灌注方法、影像数据采集方式和参数见文献[2]报道。Vitrea 虚拟现实系统(日本,东芝公司,软件:Vitrea fx 3.0)。

1.2 方法

①DICOM 格式影像数据经 USB 输入 Vitrea 虚拟现实图像处理工作站,构建颈静脉孔区周围结构三维解剖影像模型,方法详见文献[2]。②三维解剖模型颅后窝中选取标志点:a 内听道入口上缘,定于面神经进入内听道处上方;b 颈静脉孔前缘,定于舌咽神经进入颈静脉孔处上方;c 颈静脉孔后缘,定于乙状窦与颈静脉球交汇处截面中心。③分别以经过颅后窝 a、b、c 三点的轴线做出直径 1 cm 的圆柱,这三点分别为圆柱颅底侧底面圆心,在颅盖表面选择标志点为圆柱颅盖侧底面圆形的上缘,使圆柱上缘与横窦和乙状窦交界处下缘相切,模拟乙状窦后入路显露颈静脉孔区的微创手术路径。④观察上述 a、b、c 三个微创手术路径中解剖结构显露情况并测量体积。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 16.0 统计软件,不同手术路径中的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。3 种手术路径中测量解剖结构数据的比较行单因素方差分析,两两比较行 LSD-t 检验;两种手术路径测量资料的比较行配对 t 检验。

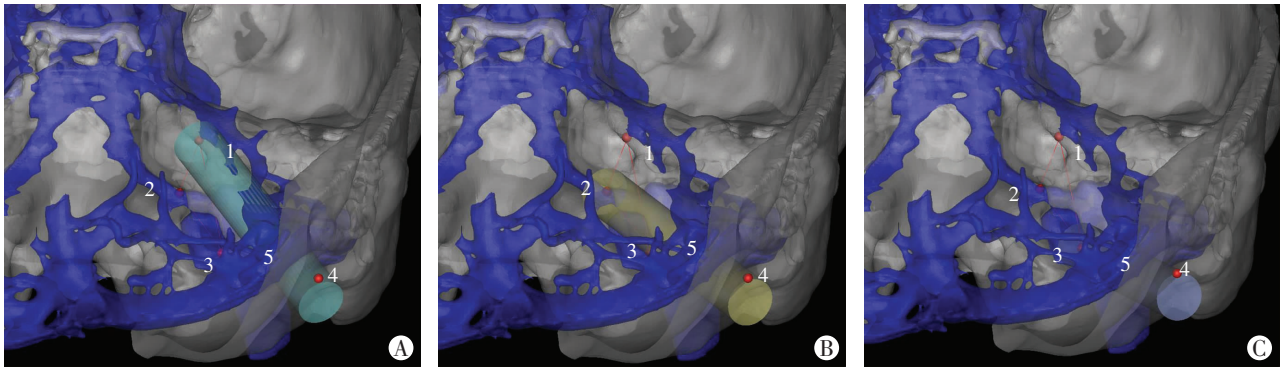
2 结果

2.1 手术路径微创化前后包含解剖结构情况

在 15 例(30 侧)尸体头颅的虚拟现实影像模型模拟枕下乙状窦后入路微创路径中清晰显示所包含的神经、血管、颅底骨质等解剖结构。3 个手术路径均由横窦下方穿过,都不包含椎动脉和小脑后下动脉。路径 a、b、c 所在水平由高至低依次排列。路径 a 由外向内依次显露小脑半球,小脑前下动脉和面听神经复合体,路径中不包含后组颅神经和颈静脉球。路径 b 由外向内依次显露小脑半球,小脑前下动脉和后组颅神经,到达颈静脉球内侧,均不显露面听神经复合体,3 例路径 b 中不显露小脑前下动脉。路径 c 中仅包含小脑半球,到达颈静脉球外侧,不显露面听神经复合体、小脑前下动脉和后组颅神经(图 1、2)。

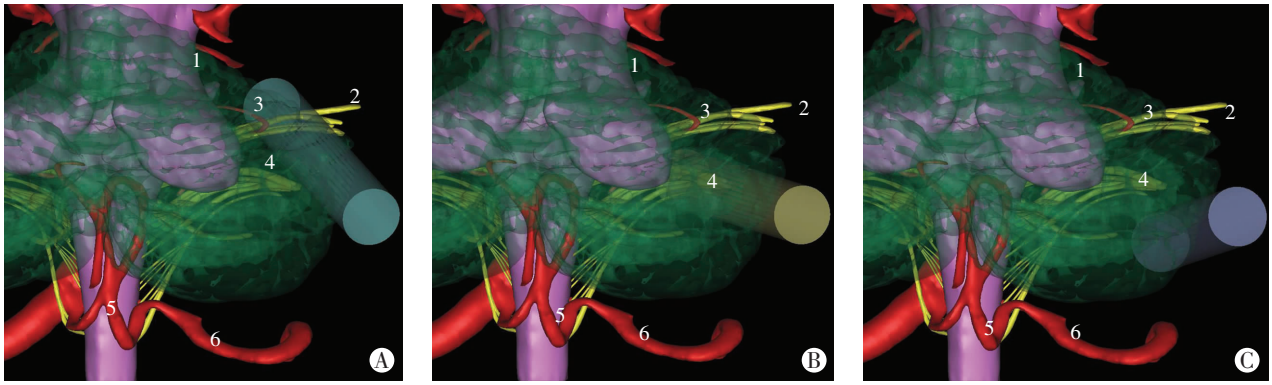
2.2 解剖数据测量和比较

三维影像模型中所测手术路径体积和路径中小脑半球体积:路径 b > 路径 a > 路径 c,差异均有统计学意义($P < 0.01$);路径中显露小脑前下动脉的体积:路径 a > 路径 b,差异有统计学意义($P < 0.01$)。见表 1。



1:内听道入口上缘;2:颈静脉孔前缘;3:颈静脉孔后缘;4:开颅标志点;5:横窦

图 1 枕下乙状窦后入路微创手术路径 a(A)、路径 b(B)、路径 c(C)与骨性标志和横窦的关系



1:小脑;2:面听神经复合体;3:小脑前下动脉;4:后组颅神经;5:小脑后下动脉;6:椎动脉

图2 枕下乙状窦后入路微创手术路径a(A)、路径b(B)、路径c(C)包含解剖结构以及与神经血管的关系

表1 虚拟现实不同微创手术路径中包含解剖结构体积测量与比较(mm^3, $n=30$, $\bar{x}\pm s$)

路径	手术路径	小脑	后组颅神经	面听神经复合体	小脑前下动脉
路径a	4 503.30±531.47	3 787.20±387.30	0	41.66±3.31	11.26±1.59
路径b	4 876.50±509.46[a]	4 162.97±411.23[a]	74.26±8.85	0	5.79±2.97
路径c	4 116.33±543.60[ab]	3 225.53±395.12[ab]	0	0	0
F	15.526	42.152	—	—	—
P	0.000	0.000	—	—	—

a:$P<0.01$,与路径a比较;b:$P<0.01$,与路径b比较

3 讨论

颈静脉孔区是颅后窝的重要区域,该区域涉及椎基底动脉及其分支、颈静脉球、脑干和后组颅神经等重要结构,手术操作目前仍然具有高风险和挑战性。枕下乙状窦后入路常经过颈静脉孔区,有时因为开颅骨窗小,术野狭窄也增加手术风险[3]。尤其在神经内窥镜技术运用于颅底外科日趋广泛的背景下,探讨枕下乙状窦后入路微创显露颈静脉孔区的应用解剖具有重要意义。利用尸体头颅进行解剖除来源日趋紧张外,还存在工作艰辛耗时,难以重复利用等缺点[4]。虚拟现实技术进行影像数据三维解剖建模有效用于颅底解剖研究[5],通过绘制手术入路框架在三维立体空间中模拟出手术入路的情况,直观观察操作空间内解剖结构的构筑关系,实现个体化比较,可靠性较高[6],在手术解剖研究中能够发挥高效、准确、节约时间和标本等优点[7]。本研究利用该技术量化评估枕下乙状窦后入路微创路径对颈静脉孔区不同靶点的显露情况,重点探讨针对不同靶点的微创路径中解剖结构的空间关系,对于怎样利用神经内窥镜辅助该手术入路处理颈静脉孔区病变具有一定的探索价值。

以往报道在Vitrea虚拟现实系统中成功构建涵盖颈静脉孔区和周围颅神经、动脉、静脉、骨性结构和小脑的三维解剖模型,并且对照尸体解剖验证虚拟影像中的测量准确性[8]。其中利用切除小脑半球显露颅神经后MRI扫描数据提取颅神经图像,利用动脉和静脉分次灌注混合造影剂乳胶后CT扫描数据结合减影手段分别提取颈静脉孔区的动脉和静脉图像。该模型不同解剖结构标记不同颜色有助于区分观察,结合图像旋转移动和透明度调节有利于非侵袭,多角度,多层次地观察解剖结构的立体解剖形态以及与周围结构的空间毗邻关系,避免空间猜测造成对三维解剖的理解误差[9]。在此基础上,本研究乙状窦后入路微创显露颈静脉孔区的模拟手术路径中能够充分观察上述解剖结构的空间层叠关系,由于神经内窥镜在路径内的移动使得上述层叠关系成为手术显露次序,同时也可以反映出神经内窥镜向靶点移动中遇到遮挡的顺序。

路径设计方面,骨性标志点依据容易显露和位置固定的原则进行选择。星点和Frankfurt平面是枕下乙状窦后入路常用开颅标志[10],目的在于定位横窦和乙状窦,以便在获得最佳术中观察视野的同时避免损伤静脉窦,但解剖变异将影响上述方法的准确性。本研究利用影像技术通过横窦和乙状窦交界处下缘定位颅盖标志点,保证模拟手术路径与静脉窦下缘相切从

而避免横窦和乙状窦损伤,具有个体化指导术中导航的意义。在颅底所选择的内听道入口上缘、颈静脉孔前缘和颈静脉孔后缘在枕下乙状窦后显露颈静脉孔区的入路中易于明确定位,因此定为显露靶点。以经过3个靶点的轴线做出圆柱,确定了路径方向,形成微创化显露颈静脉孔区的3个模拟路径,有助于数据测量和比较。目前常用神经内窥镜直径为4 mm,本研究圆柱状模拟路径的体积体现出神经内窥镜在路径中的移动和操作范围。经过比较,到达上述靶点的路径体积差异有统计学意义。这一差异反映神经内窥镜在路径中操作所能达到深度的差别。

最大限度显露的同时,最低程度地减少损伤是神经外科手术的重要原则[11]。枕下乙状窦后入路中,小脑牵拉伴随术野显露全过程,由于颈静脉孔前缘、内听道入口上缘和颈静脉孔后缘由内侧向外侧依次排列,因此针对上述3点的手术路径b、a、c对小脑牵拉程度依次减少。后组颅神经是位于乙状窦后入路手术路径最外侧的颅神经,于颈静脉球和岩下窦之间穿出颈静脉孔,手术路径中需要仔细识别颅神经和血管之间关系,避免损伤。在路径b中后组颅神经成为显露结构,同时路径b能够有效避开其他重要神经血管结构,对于微创处理舌咽神经鞘瘤等疾病具有价值。路径a有效显露面听神经复合体,但不包含后组颅神经,提示微创路径能够有效避开后组颅神经形成的遮挡到达面听神经复合体,但经过该微创路径处理由超出面听神经复合体范围而侵犯至颈静脉孔区的脑桥小脑角肿瘤作用有限。面听神经复合体和小脑前下动脉是处理面肌痉挛和听神经瘤等疾病涉及的重要结构[12]。面听神经复合体均不经过路径b和路径c,小脑前下动脉在面听神经复合体外侧的部分27例经过路径b,3例由于空间走行变异不经过路径b,30例均不经过路径c,因此路径b和c处理相关疾病的作用有限。路径c显露靶点位于颈静脉孔后缘,有效显露乙状窦与颈静脉球交汇处。上述3个路径在颈静脉孔区形成一个空间三角锥体,椎体顶点即3个圆柱的共同底面,体现出一个直径1 cm的微创开颅骨窗,当一个路径无法满足病变处理时,可以在这个空间椎体内移动手术器械至另一个路径,达到联合使用微创路径的目的,充分发挥不同微创路径的优势。

虚拟现实三维解剖模型在牵拉和切割的触感等仿生学方面尚有局限,因此在提高手术技能方面,需要结合尸体头颅解剖进行手术相关训练。本研究通过做出圆柱形成的手术框架较为机械,不能完全体现真实手术路径中对小脑组织牵拉情况,同时本研究样本量有限,研究将通过扩大样本并且引入有限元分析方法弥补上述局限。

参考文献:

[1] Fayad J N, Keles B, Brackmann D E. Jugular foramen tumors: clinical characteristics and treatment outcomes[J]. Otol Neurotol, 2010, 31(2): 299-305.

[2] 汤可, 周敬安, 周青, 等. 枕下乙状窦后入路显露颈静脉孔区的虚拟现实模拟研究[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(21): 2359-2362.

[3] Heman-Ackah S E, Cosetti M K, Gupta S, *et al*. Retrosigmoid approach to cerebellopontine angle tumor resection: surgical modifications[J]. Laryngoscope, 2012, 122 (11): 2519-2523.

[4] 汤可, 周敬安, 周青, 等. 联合入路中经额与经眶颧方向显露海绵窦手术的虚拟现实量化比较[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(2): 145-148.

[5] 汤可, 李阳, 周敬安, 等. 经颞下入路磨除岩骨虚拟现实模拟研究[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2012, 12(6): 736-740.

[6] 汤可, 鲍圣德, 周敬安. 虚拟现实技术量化经额入路显露海绵窦区显微解剖研究[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2011, 11(6): 590-594.

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

[8] 李阳, 汤可, 许向亮, 等. Dextroscope虚拟现实系统用于上颌动脉下颌段三维解剖研究[J]. 北京大学学报:医学版, 2012, 44(1): 75-79.

[9] 汤可, 鲍圣德, 周敬安. 虚拟现实技术在海绵窦手术入路定量分析中的作用[J]. 中华神经外科杂志, 2011, 27(5): 496-498.

[10] Kane A J, Sughrue M E, Rutkowski M J, *et al*. Clinical and surgical considerations for cerebellopontine angle meningiomas[J]. J Clin Neurosci, 2011, 18(6): 755-759.

[11] 张鹤, 王洪伟, 韩建达, 等. CT与C型臂辅助遥控型脊柱微创手术机器人系统打孔可靠性研究[J]. 第三军医大学学报, 2012, 34(13): 1314-1317.

[12] 裴万夫, 詹彦, 崔荣周, 等. 面肌痉挛患者与正常人后颅窝容积大小比较[J]. 第三军医大学学报, 2012, 34(3): 265-267.

(**收稿**:2013-11-30;**修回**:2013-12-17)

(编辑 王小宴)