

经枕髁和经颈静脉突方向远外侧入路手术路径的虚拟现实解剖研究比较

钱增辉 汤可 刘爱华

【摘要】 目的 在构建虚拟现实解剖模型基础上,探讨远外侧入路经枕髁和经颈静脉突两种不同方向的微创手术路径对相关解剖结构显露的影响。**方法** 对 15 例尸头标本行头颅 CT 和 MR 扫描,影像数据输入 Vitrea Fx 3.0 虚拟现实系统构建颈静脉孔区 3D 解剖模型。在模型的颅后窝中选取颈静脉结节前缘为标志点,分别做经枕髁和经颈静脉突两个方向的、直径 1 cm 的圆柱体模拟远外侧入路微创手术路径,观察路径中的解剖结构、测量其体积,并采用配对 *t* 检验进行分析比较。**结果** 两种方向的模拟手术路径中均可清晰显示所包含的颅底骨质、神经和血管等解剖结构,均不包含脑干、小脑、椎动脉和小脑后下动脉。经枕髁方向路径包含部分迷走神经、副神经,经颈静脉突方向手术路径包含部分颈内静脉和颈静脉球。经枕髁和经颈静脉突两种方向手术路径体积 [$(3\ 236.20 \pm 228.01) \text{ mm}^3$ vs $(3\ 306.00 \pm 248.23) \text{ mm}^3$] 及路径中舌下神经的体积差异均无统计学意义 (P 值均 > 0.05)。经枕髁方向路径中包含的骨性结构和小脑前下动脉的体积大于经颈静脉突方向路径,而包含的静脉的体积小于经颈静脉突方向路径,差异均有统计学意义 ($t = 7.324, 56.526, 140.580$, P 值均 < 0.01)。**结论** 远外侧入路两种方向的模拟手术路径均有效显露舌下神经。经枕髁方向有助于显露小脑前下动脉,经颈静脉突方向有助于避开后组颅神经,但存在损伤颅内静脉的风险。

【关键词】 神经外科手术; 颅窝,后; 神经导航; 模型,解剖学; 微创性

基金项目:首都卫生发展科研专项基金(2014-4-5073)

Anatomic comparison of trans-condyle versus trans-jugular process route in the far lateral approach by virtual reality technique Qian Zenghui*, Tang Ke, Liu Aihua. * Department of Neurosurgery, Beijing Neurosurgical Institute, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China
Corresponding author: Tang Ke, Department of Neurosurgery, the 309th Hospital of PLA, Beijing 100091, China, Email: tkshoushuda@ sina. com

【Abstract】 Objective To discuss the impact of trans-condyle and trans-jugular process routes in the far lateral approach upon the exposure of realated anatomic structures based on virtual reality anatomic model. **Methods** CT and MR scans were performed to fifteen adult cadaver heads, and then, image data was input into Vitrea Fx 3.0 virtual reality system to establish three-dimensional anatomy model of jugular foramen region. Anterior edge of jugular tubercle in posterior cranial fossa was selected as landmark point to outline cylinder with diameter 1 cm simulating trans-condyle and trans-jugular process routes in far lateral minimally invasive approach. Anatomic exposures and the volume were observed and measured. Statistical comparison was launched by paired *t* test. **Results** Anatomic structures of osseous structures, nerves and vessels in the trans-condyle and trans-jugular process routes were displayed well. Brainstem, cerebellar, vertebral artery and posterior inferior cerebellar artery did not show in route. Trans-condyle route involved partial vagus nerve and accessory nerve. Trans-jugular process route involved partial internal jugular vein and jugular bulb. Comparison did not show statistically significant differences for the volumes of two routes [$(3236.20 \pm 228.01) \text{ mm}^3$ vs $(3306.00 \pm 248.23) \text{ mm}^3$] and hypoglossal nerve involved (all P values > 0.05). The volumes of osseous structures and anterior inferior cerebellar artery involved in trans-condyle route were more than those in trans-jugular process route with statistically significant differences. The volume of vein in trans-jugular process route was more than that in trans-condyle route with statistically significant difference ($t = 7.324, 56.526, 140.580$, all P values < 0.01). **Conclusions** The routes from two directions in the far lateral approach can expose hypoglossal nerve effectively, of which trans-condyle route is prone to expose anterior inferior cerebellar artery. Trans-jugular process route can bypass the lower cranial nerve but with the risk of vein injury.

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2016.04.007

作者单位: 100050 北京,首都医科大学附属北京天坛医院神经外科 北京市神经外科研究所(钱增辉、刘爱华); 解放军第三零九医院神经外科(汤可)

通信作者: 汤可, Email: tkshoushuda@ sina. com

【Key words】 Neurosurgical procedures; Cranial fossa, posterior; Neuronavigation; Models, anatomic; Minimal invasive

Fund program: The Specific Research Projects for Capital Health Development (2014-4-5073)

在远外侧入路显露颈静脉结节的路径中,一旦损伤脑干、后组颅神经、椎动脉及其分支等重要结构时,将出现严重的术后合并症^[1];同时,该入路磨除骨性结构的程度也影响到寰枕关节稳定性^[2]。因此,有必要不断完善该入路的显微解剖信息。在以往研究中,笔者利用虚拟现实技术能够测量和验证手术路径方向改变对解剖显露情况产生的影响^[3]。本研究利用虚拟现实技术,模拟远外侧入路显露颈静脉结节的 3D 解剖影像,观察和测量在经枕髁和经颈静脉突两个方向的手术路径中重要解剖结构的显露情况。

1 材料与方法

1.1 标本

10% 甲醛溶液固定成人尸头标本 15 例 30 侧(标本来源于北京大学解剖实验室),其中男 11 例、女 4 例,年龄 60~71 岁、平均 65.31 岁,15 例均死于心肌梗死。排除头颅外观畸形或创伤标本。标本均行 CT 和 MR 扫描,获得 DICOM 格式影像数据;通过尸体头颅血管灌注混合碘海醇注射液的硫化胶在影像上显示血管。尸体头颅灌注方法、影像数据采集方式和参数见文献^[4]。

1.2 模型构建及解剖观测

(1)CT 扫描采用日本东芝公司 Aquilion ONE 320 排动态容积 CT 扫描仪,球管电压 120 kV,球管电流 300 mA,扫描范围 260 mm,旋转时间 0.75 s,矩阵 512×512,窗宽 300,窗位 40,层厚 0.5 mm,层间距 0.5 mm。MR 扫描采用荷兰 Philips 公司 PHILIPS 1.5 T MR 扫描仪,3D 自旋回波 T₁WI 序列,TR 11.30 ms,TE 4.00 ms,翻转角度 15°,扫描层厚 1.00 mm,层间距为 0,扫描范围 260 mm,扫描时间 12 min,矩阵 512×512,FOV 22 cm×22 cm。将 CT 和 MR 扫描获得的 DICOM 格式影像数据输入 Vitrea Fx 3.0 虚拟现实图像处理工作站(日本,东芝公司),构建颈静脉结节及其周围结构的 3D 解剖影像模型^[5]。(2)在 3D 解剖模型颅后窝中,选取颈静脉结节前缘为标志点,分别以枕髁关节面后缘和颈静脉突下缘与颈静脉结节前缘的连线为轴线,作两个方向的直径为 1 cm 圆柱状,模拟远外侧入路微创手术路径。以颈静脉结节前缘为圆柱颅底侧面圆心,以枕髁关节面后缘和颈静脉突下缘分别为圆柱颅盖侧面圆心。(3)观察路径中出现的解剖结构

并测量其体积。

1.3 统计学方法

应用 SPSS 16.0 统计分析软件对测量数据进行分析。服从或近似服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 *t* 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同方向手术路径包含解剖结构情况

在 15 例(30 侧)尸体头颅的虚拟现实影像模型中,模拟远外侧入路经枕髁和经颈静脉突两种方向的手术路径中所包含的颅底骨质、神经和血管等解剖结构均能清晰显示(图 1、2)。

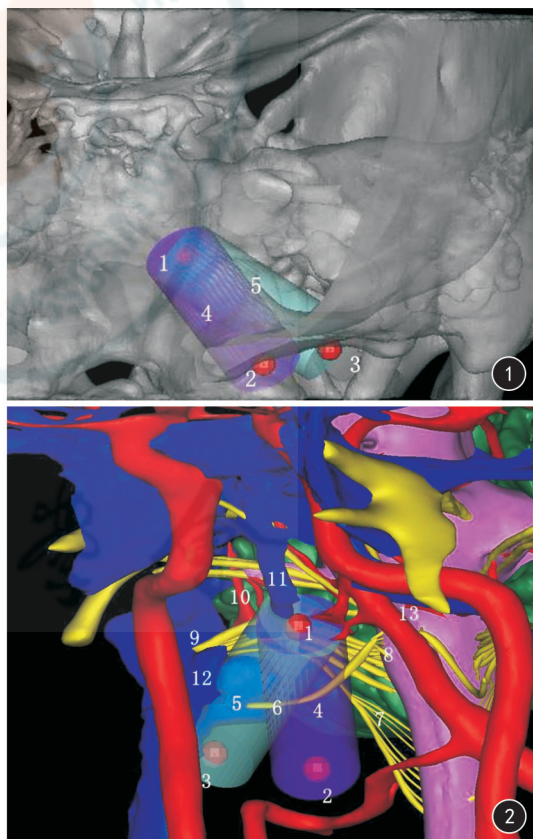


图 1 不同远外侧入路方向手术路径中相关骨性结构的
空间关系 1:颈静脉结节前缘;2:枕髁后缘;3:颈静脉突
下缘;4:经枕髁方向手术路径(紫色);5:经颈静脉突方
向手术路径(浅蓝色) **图 2** 不同远外侧入路方向手
术路径中重要神经、血管的空间关系 1:颈静脉结节前
缘;2:枕髁后缘;3:颈静脉突下缘;4:经枕髁方向手
术路径(紫色);5:经颈静脉突方向手术路径(浅蓝色);6:
舌下神经;7:副神经;8:迷走神经;9:舌咽神经;10:
小脑前下动脉;11:岩下窦;12:颈静脉球;13:脑干腹侧

经过枕髁后缘到达颈静脉结节前缘的微创手术

路径,自脑干外侧、小脑半球腹侧和颈静脉球内侧经过,不包含椎动脉和小脑后下动脉;到达颈静脉结节前于舌咽神经下方穿过,包含部分迷走神经、副神经。路径中舌下神经位于迷走神经和副神经腹侧前方。路径前端包含部分岩下窦,路径中小脑前下动脉位于岩下窦内侧,靠近基底动脉。

经过颈静脉突下缘到达颈静脉结节前缘的微创手术路径,自小脑半球腹外侧和颈静脉球内侧经过,包含部分颈内静脉和颈静脉球下端,不包含椎动脉和小脑后下动脉。路径向前方于舌咽神经、迷走神经和副神经腹侧经过,包含部分舌下神经。路径到达颈静脉结节前缘时包含部分小脑前下动脉和岩下窦,路径中小脑前下动脉由基底动脉发出后位于岩下窦内侧。

2.2 解剖测量数据比较

在 15 例 30 侧尸体标本虚拟现实影像解剖模型中,所测远外侧入路两种方向手术路径的体积差异无统计学意义($P > 0.05$);经枕髁方向路径中包含的骨性结构体积和小脑前下动脉的体积大于经颈静脉突方向路径,而经颈静脉突方向路径中包含的静脉的体积大于经枕髁方向路径,差异均有统计学意义(P 值均 < 0.01);两种路径中包含的舌下神经的体积差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。仅经枕髁方向手术路径中包含迷走神经和副神经,体积为 $(23.05 \pm 1.93) \text{ mm}^3$ 。

3 讨论

笔者在前期研究中,利用尸体头颅数据完成颈静脉孔区的虚拟现实建模,发现利用多模态影像融合技术可以充分发挥不同技术的成像优势^[6],为构建涵盖颈静脉孔区不同组织的活体建模提供有力支持。虚拟现实解剖模型具有不受来源限制、无解剖器械损耗、节约研究成本和时间、可重复利用等优点,能非侵袭、多角度、多层次地观察解剖结构的轮廓和毗邻关系,获得充足的解剖信息,减少空间猜测而造成的偏差,形成直观和整体的解剖理解^[7]。虚拟现实测量工具能够无创、无测量死角和方便快捷地达到难以解剖的区域,提供量化信息。

路径及其中所含骨质、血管、神经等体积的 3D 解剖数据,能够用于评估解剖路径中组织结构占据的空间大小,反映出结构遮挡和术野显露,实现客观量化比较^[8]。因此,笔者将颈静脉孔区虚拟现实解剖模型用于远外侧入路微创手术路径研究。

颈静脉孔周围神经血管关系复杂,是颅底外科的重点研究区域,且治疗微创化理念对该区相应解剖研究提出新的要求^[9]。远外侧入路围绕枕髁进行开颅,向前方沿枕骨大孔外侧缘到达颈静脉结节和岩斜区^[10],显露脑干腹侧病变,该入路到达颈静脉结节时可以形成一个不对小脑和脑干构成牵拉的狭窄路径。在目前日益丰富的不同手术路径尤其是微创化路径中,用于指导术者的有关手术路径的局部解剖信息也亟待进一步丰富。微侵袭神经外科主张,在细节上分析比较手术创伤和解剖显露的关系。笔者以往研究曾设计直径 2 cm 圆柱为普通手术路径,直径 1 cm 圆柱为微创手术路径,经比较发现微创手术路径能够在一定程度上保证解剖显露的同时减少手术损伤^[11]。因此,本研究设计直径 1 cm 的圆柱模拟微创手术路径,探讨手术方向对手术损伤和显露造成的影响。神经内镜下经远外侧入路显露颈静脉孔区的解剖特色和优势在于:神经内镜光源充足,手术靶点周围解剖环境显露全面,减少观察死角;其相关操作器械直径小,对周围正常组织的牵拉和挤压较少^[12]。因此,神经内镜能够适应上述远外侧入路到达颈静脉结节的狭窄路径。本研究探讨手术路径方向,可以在一定程度上理解为神经内镜的操作方向。目前,常用神经内镜直径为 4 mm^[13],本研究圆柱状模拟路径体现出神经内镜的活动范围,经枕髁和经颈静脉突两种方向手术路径体积差异无统计学意义,说明相关器械在路径内的操作范围相同。

远外侧入路开颅时,首先要避免损伤椎动脉,两种微创路径均从椎动脉和小脑后下动脉的腹侧经过,避免对其损伤。在 3D 空间中,如果经过颈静脉结节前缘分别截取冠状面和矢状面图像,经过枕髁后缘到达颈静脉结节前缘的微创手术路径靠近矢状面,可有效避开颈内静脉和颈静脉球。该入路自小

表 1 虚拟现实系统中远外侧入路两种方向手术路径中解剖数据的比较($\text{mm}^3, \bar{x} \pm s$)

手术路径	侧数	手术路径体积	路径中骨性结构体积	路径中舌下神经体积	路径中小脑前下动脉体积	路径中静脉体积
经枕髁	30	3 236.20 ± 228.01	2 166.90 ± 263.04	25.37 ± 1.79	27.88 ± 1.61	29.17 ± 2.00
经颈静脉突	30	3 306.00 ± 248.23	1 770.90 ± 172.75	25.41 ± 1.74	8.62 ± 1.10	573.89 ± 21.48
<i>t</i> 值	-	-1.589	7.324	-0.198	56.526	-140.580
<i>P</i> 值	-	>0.05	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01

脑半球腹侧和脑干外侧经过,未对小脑半球和脑干外侧构成牵拉。其缺点在于路径到达显露终点之前受到迷走神经和副神经的遮挡,且二者在路径中的体积为 $(23.05 \pm 1.93) \text{ mm}^3$,不利于前方舌下神经的显露;消除这种遮挡的条件为肿瘤推挤或者术中牵拉将迷走神经和副神经向背侧和上方移开,因此,存在发生相应神经功能障碍的风险。到达颈静脉结节前缘时,经枕髁方向路径更加靠近基底动脉,因此显露小脑前下动脉较多,于小脑前下动脉外侧路径显露部分岩下窦。经过颈静脉突下缘到达颈静脉结节前缘的微创手术路径靠近冠状面,避开枕髁后缘,受到骨性结构遮挡较少,磨除骨性结构体积减少可能有助于术后寰枕关节稳定性;但是,该路径靠近颈内静脉和颈静脉球,对静脉造成一定程度的推挤,为减少对静脉损伤,前方显露将受到限制,少数情况下可以结扎颈内静脉根部并切断消除这一限制^[14]。路径向前方自舌咽神经、迷走神经和副神经的腹侧经过,可避开这些神经的遮挡;路径腹侧显露舌下神经,前端显露岩下窦和部分小脑前下动脉。两种路径显露舌下神经无差别,但经枕髁方向路径更加适于显露累及舌下神经且靠近小脑半球和脑干的病变,而经颈静脉突方向路径更加适于累及舌下神经并靠近颈静脉孔的病变。

后颅窝血管如小脑前下动脉和小脑后下动脉变异较大^[15],而本研究解剖建模例数有限,未能充分体现解剖变异,有待扩充样本进一步研究。本研究所模拟的圆柱形手术路径较为机械,不能完全体现真实手术路径形态,因此,微创机制需结合实际解剖进一步探讨。本研究手术路径范围限定在颅骨表面至颅内之间,未对颈部肌肉牵拉进行探讨,下一步拟针对颈静脉孔区的颅外结构进行建模研究。

参 考 文 献

- [1] Kim YD, Mendes GA, Seoane P, et al. Quantitative anatomical study of tailored far-lateral approach for the VA-PICA regions[J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2015, 76(1): 57-65. DOI: 10.1055/s-0034-1389373.
- [2] Cinibulak Z, Krauss JK, Nakamura M. Navigated minimally invasive presigmoidal suprabulbar infralabyrinthine approach to the jugular foramen without rerouting of the facial nerve [J]. *Neurosurgery*, 2013, 73(1 Suppl Operative): ons3-ons15. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31827fca8c.
- [3] 汤可,周敬安,赵亚群,等. 经乙状窦前入路的脑干腹侧区微创手术的虚拟解剖学研究[J]. 第三军医大学学报, 2015, 37(13): 1338-1341. DOI:10.16016/j.1000-5404.201410028.
- [4] 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. DOI:10.3969/j.issn.1672-6731.2012.06.019.
- [5] 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. DOI:10.16016/j.1000-5404.2013.21.033.
- [6] Sheth SS, Fader AN, Tergas AI, et al. Virtual reality robotic surgical simulation: an analysis of gynecology trainees[J]. *J Surg Educ*, 2014, 71(1): 125-132. DOI: 10.1016/j.jsurg.2013.06.009.
- [7] 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. DOI:10.16016/j.1000-5404.2013.02.008.
- [8] 汤可,鲍圣德,周敬安,等. 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. DOI:10.16016/j.10.3969/j.issn.1672-6731.2011.06.002.
- [9] 钱增辉,汤可,周敬安,等. 经乙状窦前入路微创手术显露颈静脉孔区的虚拟现实解剖研究[J]. *中华神经医学杂志*, 2015, 14(5): 473-476. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2015.05.009.
- [10] 汤可,周敬安,赵亚群,等. 经枕髁入路显露颈静脉结节的虚拟现实手术解剖研究[J]. *神经疾病与精神卫生*, 2014, 14(6): 552-554. DOI:10.3969/j.issn.1009-6574.2014.06.004.
- [11] 汤可,周敬安,周青,等. 枕下乙状窦后入路微创显露面听神经复合体的虚拟现实解剖学研究[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2014, 14(6): 502-506. DOI:10.3969/j.issn.1672-6731.2014.06.008.
- [12] Iacoangeli M, Salvinelli F, Di Rienzo A, et al. Microsurgical endoscopy-assisted presigmoid retrolabyrinthine approach as a minimally invasive surgical option for the treatment of medium to large vestibular schwannomas [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2013, 155(4): 663-670. DOI: 10.1007/s00701-012-1591-y.
- [13] 汤可,袁小东,周敬安,等. 枕下乙状窦后入路显露颈静脉孔区微创策略的虚拟现实研究[J]. *神经疾病与精神卫生*, 2014, 14(2): 137-139. DOI:10.3969/j.issn.1009-6574.2014.02.008.
- [14] Avci E, Dagtekin A, Ozturk AH, et al. Anatomical variations of the foramen magnum, occipital condyle and jugular tubercle[J]. *Turk Neurosurg*, 2011, 21(2): 181-190. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.3838-10.1.
- [15] Das KK, Kumar R, Ashish K, et al. Extramedullary foramen magnum tumors and their surgical management: an experience with 29 cases[J]. *Asian J Neurosurg*, 2014, 9(4): 223-232. DOI: 10.4103/1793-5482.146616.

(收稿日期:2015-11-10)

(本文编辑:张萍)