文章编号:1000-5404(2013)02-0145-04

论著

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

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

[摘要] **目的** 通过虚拟现实系统建模和模拟,比较联合入路暴露海绵窦的手术中,经额和经眶颧方向的显微解剖特点。**方法** 在Dextroscope虚拟现实系统中利用尸体头颅影像数据三维建模,构建颅中窝海绵窦的手术解剖模型。通过选取骨性标识点连线勾绘空间框架,分别模拟经额和经眶颧方向暴露海绵窦,测量比较框架内距离、面积和体积等数据。**结果** 开颅骨窗三角和海绵窦术野三角之间的距离、到达海绵窦术野三角前的操作空间和经过脑组织体积比较结果为:经额方向>经眶颧方向;开颅骨窗三角面积、海绵窦术野三角面积、操作空间中暴露颅神经体积、经过海绵窦术野三角后磨除前床突体积和暴露颅神经体积比较结果为:经眶颧方向>经额方向,上述差异均有统计学意义($P<0.05$)。经眶颧方向到达海绵窦前的操作空间中无需磨除前床突,不经过颈内动脉和大脑中动脉主干。经过海绵窦术野三角后暴露颈内动脉体积差异无统计学意义($P=0.770$)。**结论** 联合入路中经额方向在显露海绵窦位于颈内动脉内侧的病变具有优势,而利用经眶颧方向能更有效地显露颈内动脉外侧的病变。

[关键词] 海绵窦;手术入路;虚拟现实;三维解剖
[中图法分类号] R322-33;R323.1;R615 [文献标志码] A

Exposing cavernous sinus through transfrontal *vs* transorbitozygomatic approach: a quantitative comparison with virtual reality system

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

[**Abstract**] **Objective** To compare the exposure of cavernous sinus from transfrontal and transorbitozygomatic direction in combined approach by model establishment and simulation in virtual reality system. **Methods** Image data of CT and MRI scanning performed to cadaver heads were inputted into the Dextroscope virtual reality system to build a three-dimensional model of cavernous sinus. Simulations of transfrontal and transorbitozygomatic direction in combined approach for cavernous sinus were made by lining landmark points selected on the calvaria and skull base to form spatial frameworks. Then, the distance, area of surgical entry and volume of tissues in the frameworks were gauged and compared. **Results** Distance between craniotomy window and exposed region, volume of operative space and brain tissue involved in operative space before reaching cavernous sinus, were larger from transfrontal direction than from transorbitozygomatic direction. Triangular area of craniotomy window and exposed field, volume of cranial nerves exposed before reaching cavernous sinus, anterior clinoid process and cranial nerves exposed after entering cavernous sinus were larger from transorbitozygomatic direction than from transfrontal direction. And from transorbitozygomatic direction were larger than those from transfrontal direction. Difference of above data reached statistical significance ($P<0.05$). Anterior clinoid process, internal carotid artery and middle cerebral artery trunk before reaching cavernous sinus were not shown in operative space form transorbitozygomatic direction. Volume of intracavernous sinus artery after entering cavernous sinus from transfrontal direction and transorbitozygomatic direction had no statistically significance ($P=0.770$). **Conclusion** In the combined approach, advantages exist in the exposing of lesion located medial to cavernous sinus from transfrontal direction, and the exposing of lesion located lateral to cavernous sinus is more effective from transorbitozygomatic direction.

[**Key words**] cavernous sinus; surgical approach; virtual reality; three-dimensional anatomy

Corresponding author: Zhou Jing'an, E-mail: Slashchow@gmail.com

[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.20121018.0821.001.html(2012-10-18)

海绵窦是颅底解剖中的复杂区域，手术操作风险巨大[1]，进行相关入路的解剖研究对于减少术中血管、神经损伤具有重要的意义。在神经内窥镜技术发展的背景下，显微外科手术更趋于微创化，选择不同的“关键点”设计联合颅底手术入路在探索良好暴露和降低损伤方面有其研究价值。Dextroscope 虚拟现实系统集成图像处理、计算机图形学、人机交互等多项先进技术，在三维解剖、手术模拟等方面具有节约、直观、高效、准确的特点[2]。本研究利用虚拟现实系统模拟经额和经眶颧两个方向暴露海绵窦，在可视化和量化测量两方面比较其术中解剖特点，探讨联合使用这两种入路暴露海绵窦的使用价值。

1 材料与方法

1.1 材料

10%（容积比）福尔马林溶液固定成人尸体头颅5例（共10侧），于2007年购自北京大学解剖实验室，男性4例，女性1例，平均年龄61.20（60～63）岁，均无颅内病变。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[3]报道。Dextroscope虚拟现实系统（新加坡，Volume Interaction公司，软件：RadioDexter™ 1.0）。

1.2 方法

①DICOM格式影像数据经USB输入Dextroscope虚拟现实操作系统，构建海绵窦三维解剖影像模型，方法详见文献[3]报道，尸体头颅灌注前CT扫描数据获得骨性结构图像，灌注含造影剂乳胶后采集CTA数据获得颈内动脉图像，解剖前MRI扫描数据提取脑组织图像，解剖出颅神经后MRI扫描数据获得颅神经图像。②选取颅骨图像表面的额骨颧突根部上缘、眶下裂外缘、颞骨颧突根部前缘三点连线形成模拟眶颧方向的骨窗开颅三角，选取眉心、眉弓最上缘、额骨颧突根部上缘三点连线形成经额方向开颅骨窗三角。③选取眶上裂外直肌棘、半月切迹后缘、卵圆孔长径中点三点连线形成模拟经眶颧方向进入海绵窦的操作术野三角，选取前床突基底内缘、后床突尖、眶上裂外直肌棘三点连线形成模拟经额方向进入海绵窦的操作术野三角。④在开颅骨窗和海绵窦操作术野三角之间连线围成手术路径，将上述连线在术窗三角后方延长，围成通过操作术野后的暴露范围。⑤测量开颅骨窗和海绵窦操作术野三角中心（三角内3条中线相交交点）之间距离，测量三角边长，根据海伦公式计算三角面积。⑥测量上述手术路径和暴露范围中脑组织、前床突、海绵窦内颅神经、颈内动脉的体积。

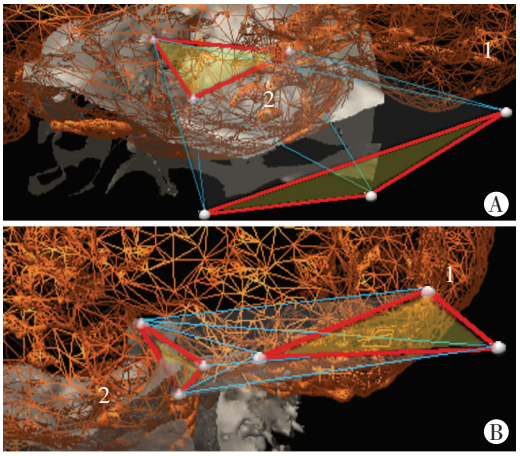
1.3 统计学分析

测量的长度、面积、体积数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示，利用SPSS 13.0统计软件进行配对 t 检验。

2 结果

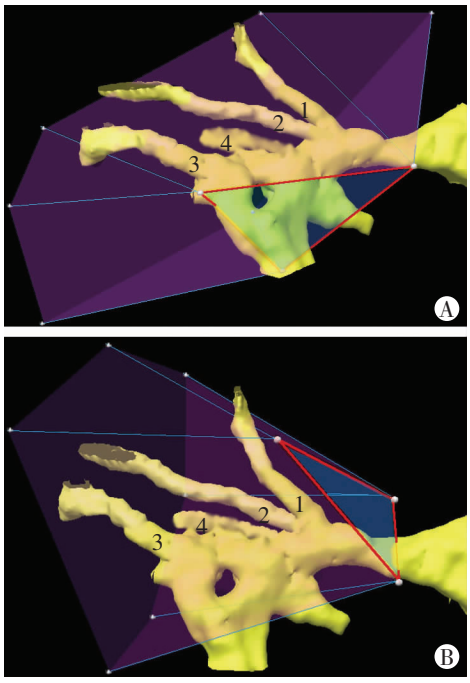
2.1 手术路径和操作术野暴露范围内解剖组织观察

眶颧方向手术路径特征：经眶颧方向需锯断颧弓，去除部分眶外侧壁和颅中窝底前方部分骨质，牵开或切除颞极（图1），沿颅中窝底到达海绵窦，路径位于大脑中动脉主干下方，路径内包括三叉神经下颌支的外侧部分。经额方向手术路径特征：经额方向需磨除眶顶和部分前床突骨质后暴露术野，路径位于颞叶内侧（图1），其中包括颈内动脉床突上段、前垂直段、大脑中动脉起始部以及位于眶尖部的颅神经。眶颧方向操作术野内特征：进入术野后，方向由外下向内上，磨除部分前床突获得最大暴露，经过半月神经节和三叉神经分支，术野内包括海绵窦内滑车神经、动眼神经、外展神经（图2），继续向内可暴露颈内动脉海绵窦段和床突上段（图3）。经额方向操作术野内特征：进入术野后，方向由前上向后下，术野内包含动脉按前后顺序依次为颈内动脉前垂直段、前曲段、水平段、后曲段、后垂直段（图3），包含神经依次为后床突至眶尖部分动眼神经、海绵窦内滑车神经、三叉神经眼支、部分上颌支、部分下颌支、半月神经节和外展神经（图2）。



1：额叶；2：颞叶

图1 经眶颧方向（A）与经额方向（B）操作空间经过脑组织对比观察

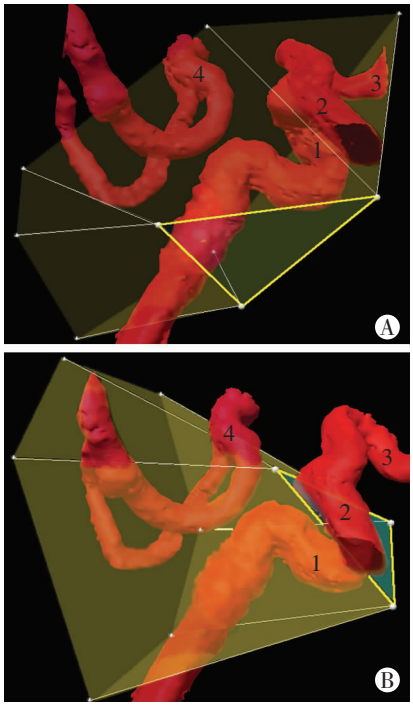


1：动眼神经；2：滑车神经；3：三叉神经；4：外展神经

图2 经眶颧方向（A）与经额方向（B）海绵窦术野中显露颅神经对比观察

表 1　到达海绵窦术野三角前的操作空间中解剖数据测量及比较（$n=10$，$\bar{x}\pm s$）

入路	骨窗与术野三角距离(mm)	骨窗三角面积(mm^2)	操作空间体积(cm^3)	经过脑组织体积(cm^3)	操作空间中颅神经体积(cm^3)	操作空间中前床突体积(cm^3)	操作空间中颈内动脉体积(cm^3)
经额方向	54.31±1.99	524.83±56.78	25.60±0.35	24.78±0.39	0.06±0.01	1.19±0.30	0.20±0.03
经眶颧方向	36.00±1.68	754.41±44.29	16.43±1.68	15.85±1.20	0.25±0.02	0	0
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	–	–



1：颈内动脉；2：大脑中动脉；3：大脑前动脉；4：大脑后动脉

图 3　经眶颧方向（A）与经额方向（B）海绵窦术野中显露颈内动脉对比观察

2.2　解剖数据测量和比较

在到达海绵窦术野三角前的操作空间中进行三维影像测量比较（表 1）。所得开颅骨窗三角和海绵窦术野三角之间的距离、到达海绵窦术野三角前操作空间体积以及经过脑组织体积比较结果为：经额方向 > 经眶颧方向；开颅骨窗三角面积、到达海绵窦术野三角前操作空间中暴露颅神经体积比较结果为：经眶颧方向 > 经额方向；上述差异均有统计学意义（$P<0.05$）。经眶颧方向到达海绵窦前的操作空间中无需磨除前床突，不暴露颈内动脉和大脑中动脉主干。

经过海绵窦术野三角后的显露范围框架内进行三维影像测量比较（表 2）。经过海绵窦术野三角后暴露颈内动脉体积比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）；测得海绵窦术野三角面积、经过海绵窦术野三角后磨除前床突体积和暴露颅神经体积比较结果为：经眶颧方向 > 经额方向；上述差异均有统计学意义（$P<0.05$）。

表 2　经过海绵窦术野三角后的显露范围框架内解剖数据测量及比较（$n=10$，$\bar{x}\pm s$）

入路	海绵窦术野三角面积(mm^2)	显露范围内前床突体积(cm^3)	显露范围内颅神经体积(cm^3)	显露范围内颈内动脉体积(cm^3)
经额方向	88.90±14.11	0.23±0.03	0.47±0.05	0.99±0.08
经眶颧方向	172.70±13.63	0.47±0.03	0.55±0.02	0.98±0.04
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	0.770

3　讨论

伴随神经外科微创化、精确化技术和设备的不断发展进步，神经内镜技术应用于颅底外科的适应证也逐步扩大[4]。其优点为：①神经内镜具有近距离照明和局部放大作用，视野广阔，减少观察盲区；②有利于术中观察保护穿支血管，探查残余病变；③在切除病变的同时，最大限度地减少手术创伤，有利于减少神经功能损害和颅底重建。然而对于范围较大的颅底病变，单个内镜入路显露有限，因此往往需要多个内镜联合入路进行处理。额颞眶颧入路能够有效暴露海绵窦区病变[5]，该入路通过额颞开颅结合颧弓、蝶骨嵴和眶外侧壁的切除，在减少脑组织牵拉的同时广泛显露颅中窝、颈内动脉近端、鞍区和海绵窦病变。影像、内镜技术和微创手术器械的发展能够将以往大创伤的额颞眶颧入路进行微创化改良。本研究基于以往额颞眶颧入路解剖特征，模拟额颞眶颧入路微创化后成为经额和经眶颧两个方向的联合入路，探讨其解剖特征和可行性。

虚拟现实技术集成影像采集、计算机图像处理、传感和人机结合技术[6]，该系统利用影像 DICOM 原始数据以光盘和 USB 途径输入系统，进行三维重建，经镜面反射形成悬浮于眼前的三维立体可视化模型，模型可以任意角度旋转，从不同方向观察，同时通过立体眼镜给予观察者一种身临其境的感受。本组以往研究利用 Dextroscope 虚拟现实系统成功构建海绵窦三维解剖模型[3]，同时比较分析发现尸体头颅和虚拟现实系统中解剖数据测量结果一致性良好[7]。自 Parkinson 提出经滑车神经和三叉神经眼支之间的 Parkinson 三角切开进入海绵窦内进行手术，针对海绵窦顶壁和外侧壁切开进行窦内手术相关的标识性三角相继提出[8]。有关这些三角的研究主要集中在观察经过不同三角所能暴露的结构以及如何避免对颅底神经的损伤。但从整体上将手术方向与海绵窦切开部位相结合，进行手术入路的研究仍缺乏定量比较。通过设计开颅骨窗三角和显露海绵窦区的术野三角，并且连线勾绘手术入路框架来模拟手术入路的整体情况具有以下优点[9]：①直观显示操作空间和显露范围内的解剖结构，实现在同一标本模型中进行不同手术入路数据的个体化比较；②骨窗、术窗三角面积结合相关体积测

量能够客观比较不同入路中手术器械的活动范围、操作距离与及所暴露区域的术中遮挡和所需组织牵拉程;③构建手术入路框架所选骨性标识的位置相对软组织固定,并且诸如前床突尖、后床突尖等标识点在术中相对容易暴露,因此具有一定解剖定位的意义。海绵窦区病变解剖复杂,手术难度高[10],微创化是处理海绵窦病变的重要研究方向[11],采用虚拟现实技术能够在联合入路显露海绵窦的微创化手术路径中有效比较经经额和经眶颧方向的显微解剖特点。

Pontius 等[5]研究显示经额方向特点为:向额底分离,打开侧裂池深部,向外侧牵拉颞极,分离动眼神经周围蛛网膜,显露颈动脉动眼神经三角,磨出前床突后利用该三角进入海绵窦;眶颧方向特点为:去除蝶骨大翼显露三叉神经眼支和上颌支,分离蝶骨小翼硬膜便于处理前床突,必要时打开视神经管和眶上裂,入路中显露位于外下方的动眼神经,内侧的视神经和下方的颈内动脉,沿颈内动脉向颅内进一步暴露海绵窦。本研究虚拟现实系统中所见与文献报道一致,同时清晰显示经过海绵窦术野三角后的显露特征。操作空间和显露范围内解剖结构的体积测量有助于对术中解剖组织暴露和牵拉形成直观理解。经过数据比较发现,经额方向的特征:①到达海绵窦的操作空间体积大,但距离较长,使得操作空间内器械活动范围相对减少,同时受到颈内动脉床突上段和部分眶尖部颅神经遮挡,对脑组织牵拉较多;②经额方向到达海绵窦前需磨除前床突的体积多,显露海绵窦术野面积最小;③经额和经眶颧方向通过海绵窦术野三角后显露颈内动脉体积差异无统计学意义($P=0.770$),但经额方向由于从前向后,使得对颈内动脉的显露受前方结构遮挡较多。因而经额方向较适合于处理海绵窦位于颈内动脉内侧的病变,例如鞍区垂体瘤、颅咽管瘤等侵犯海绵窦,但对于不适于处理颈内动脉外侧的病变。经眶颧方向的特征:①路径经过中颅窝,骨窗面积最大,同时到达海绵窦距离最短,不受大脑中动脉主干和颈内动脉遮挡,因而暴露较好;②操作空间短宽使得对颞叶牵拉较重,甚至需切除部分颞极获得暴露,创伤较大;③到达海绵窦前受三叉神经及其分支的完全遮挡。因而经眶颧方向适合三叉神经受病变累及完全丧失功能时进入海绵窦,处理位于颈内动脉外侧的病变。联合入路综合上述方向的各自优势,互补缺陷,有助于在进入海绵窦后有效显露包裹颈内动脉内外侧的病变。对于两种方向相同的显露范围,可以选择对脑组织牵拉小,受神经血管以及骨性结构等遮挡较小的方向进行操作,达到微侵袭的目的。

Dextroscope 虚拟现实系统中对三维影像进行操作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、切割等感觉,不能进行组织牵拉、模拟出血后止血等显微手术操作锻炼,遇到重要结构时尚无预警系统和触觉反馈[12]。同时,该系统工具有限,尚缺乏吸引器、电凝、动脉瘤夹等手术训练工具,因此有待进一步丰富。本研究通过连线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解剖组织牵拉情况。此外,手术入路的选择除了与路径中包含结构的范围和多少相关外,也与病变性质及与神经血管位置关系和粘连程度有关[13]。因此,上述局限性应当通过发展高分辨率的图像采集技术、仿生学技术和计算机人工智能技术建立更为个体化、实时、仿生的虚拟现实模型得到解决。

参考文献:

[1] 杨刚, 霍钢, 郑履平. 内侧型蝶骨嵴脑膜瘤显微手术治疗[J]. 第三军医大学学报, 2008, 30(10): 983-985.

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

[3] 汤可, 莫大鹏, 鲍圣德, 等. Destroscope 虚拟现实系统在颅中窝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.

[4] Gardner P A, Kassam A B, Thomas A, *et al*. Endoscopic endonasal resection of anterior cranial base meningiomas [J]. Neurosurgery, 2008, 63(1): 36-54.

[5] Pontius A T, Ducic Y. Extended orbitozygomatic approach to the skull base to improve access to the cavernous sinus and optic chiasm [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2004, 130(5): 519-525.

[6] 谭立文, 张绍祥, 宋 林, 等. 基于 VRML 的数字化喉模型的虚拟仿真解剖[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(22): 2210-2213.

[7] 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.

[8] Yasuda A, Campero A, Martins C, *et al*. Microsurgical anatomy and approaches to the cavernous sinus[J]. Neurosurgery, 2008, 62 (6 Suppl 3): 1240-1263

[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] 李多, 孟辉, 冯华, 等. 经颞下入路治疗中后颅窝三叉神经鞘瘤3例[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(12): 1024, 1028.

[11] 陈志, 唐卫华, 缪洪平, 等. 海绵窦区硬脑膜动静脉瘘的治疗探讨[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(13): 1309-1311.

[12] 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.

[13] D'Ambrosio A L, Mocco J, Hankinson T C, *et al*. Quantification of the frontotemporal orbitozygomatic approach using a three-dimensional visualization and modeling application[J]. Neurosurgery, 2008, 62 (3 Suppl 1): 251-261.

(**收稿**:2012-09-09;**修回**:2012-09-20)

(编辑 王 红)