论著

文章编号:1000-5404(2012)04-0332-04

人体喉部血管的应用解剖与三维可视化研究

刘 鸿[1],姜 恒[2] (610083 成都,成都医学院:基础医学院临床医学系[1],检验医学院输血教研室[2])

[摘要] **目的** 通过对人体喉部各结构的解剖定位及毗邻关系与三维可视化的研究,为喉部病变的诊治及手术入路提供解剖学依据。**方法** 12例(成都医学院人体解剖实验室受捐,男女各半)喉部结构完整的尸体标本,运用ABS丁酮溶液行左右颈总动脉预灌注,分别做血管铸型、计算机断层扫描、薄层冰冻铣切、大体和显微解剖,并对喉部血管及毗邻结构作定性和定量研究,并运用Autodesk 3ds Max 2010(32位)进行三维重建。**结果** 喉上动脉入喉处在甲状软骨上角的前下方左侧为(14.60±2.45)mm、右侧为(15.58±2.58)mm,两侧比较有差异统计学意义($P<0.05$)。喉下动脉入喉处在甲状软骨下角后下方左侧(4.78±1.08) mm、右侧(6.25±1.68) mm,两侧差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 完整地重建了喉部血管及毗邻结构,喉部毗邻结构的位置和关系可以单独或联合显示,也可在三维空间上以任意层面多角度显示。

[关键词] 喉;血管;三维重建
[中图法分类号] R319;R322.12;R33.32 [文献标志码] A

Applied anatomy and 3-D visualization of human laryngeal blood vessel

Liu Hong[1], Jiang Heng[2] ([1]Faculty of Clinical Medicine, College of Basic Medical Sciences, [2]Department of Blood Transfusion, College of Laboratory Medicine, Chengdu Medical College, Chengdu, Sichuan Province, 610083, China)

[**Abstract**] **Objective** To investigate the anatomical position and adjacent structures and 3-D visualization of human larynx, in order to provide 3-D anatomical data for diagnosis and surgical approach of larynx diseases. **Methods** A total of 12 embalmed adult cadavers from Chengdu Medical College were dissected by blood vascular casting technique, imaging scanning technique, thin layer cryotomy and gross anatomy, then the vessel and anatomical structures of larynx were analyzed and studied qualitatively and quantitatively. Three dimensional visualization of the larynx was reconstructed by Autodesk 3ds Max 2010(32). **Results** The point where superior laryngeal artery entered the larynx was 14.60±2.45 mm in the left side and 15.58±2.58 mm in the right to front lower place of the superior cornu of thyroid cartilage. There was significant difference ($t=2.58$, $P<0.05$) between the left and right sides. The point where inferior laryngeal artery entered the larynx was 4.78±1.08 mm in the left side and 6.25±1.68 mm in the right to front lower place of the inferior horn of thyroid cartilage. There was significant difference between the left and right sides ($t=3.76$, $P<0.05$). **Conclusion** Our reconstructed 3-D structures of larynx shows 3-D location and relationships of larynx and adjacent structures entirely and conjointly, and also displays in different levels and visual angle in 3-D space.

[**Key words**] larynx; blood vessel; three dimensional reconstruction

Corresponding author: Jiang Heng, E-mail:306870286@qq.com

喉部病变尤以喉部恶性肿瘤喉在颈部疾病中占有较大比例,且发病率有逐年上升之势[1]。喉部的恶性肿瘤多以外科治疗为主,术中视野较局限,缺乏立体感,故经喉部病变的诊治、术前解剖定位及手术路径的选择等带来较大难度和限制[2]。喉部因其解剖结构的复杂性和特殊性,在中国数字化可视人体断层数据中所占比例较小[3]。近年来,国内外学者采用显微解剖或螺旋CT的二维图像来完成喉部的三维重建,已逐渐被应用到喉部肿瘤外科治疗中[4-5]。但因受断层厚度、二维图像分辨率的限制及喉部吞咽动作的影响,重建效果尚需完善。为此,我们在应用不同实验解剖技术及影像学技术对喉部解剖结构观测的基础上,运用Autodesk 3ds Max 2010(32位)对喉部动脉及毗邻结构进行三维重建,为喉部外科手术中术前定位及手术入路选择的等提供三维可视化依据。

1 材料与方法

1.1 实验解剖与影像技术

选取结构完整未经防腐固定的新鲜头颈部成年标本8例

[通信作者] 姜 恒,E-mail:306870286@qq.com

(男女各半),前平气管第 3、4 软骨环间、后平第 7 颈椎下沿离断颈部,将其行颈总动脉预灌注[6],并冷冻备用。于 24 h 后,将 2 例备用头颈部标本浸入 25% 稀盐酸中腐蚀,反复流水漂洗至铸型完全显现;于 36 h 后,将 3 例备用头颈部标本解冻,采用德国西门子 Somatom Esprit 全身螺旋 CT 扫描仪对标本行水平面、冠状面及矢状面扫描术并描计其形态学特征,共计 280 层;于48 h 后,对 3 例备用头颈标本行 1 mm 连续断面的薄层冰冻铣切术,解冻后辨别血管的形态结构。4 例结构完整经防腐固定的头颈部成年标本(男女各半)在大体解剖基础上行显微解剖并观测喉部血管及毗邻结构的解剖学形态。

1.2　观察与测量

用游标卡尺(0.02 mm)和角度规(0.02 °)对喉部动脉的长度、角度及其分支等解剖结构进行数据采集,所得数据采用统计学软件 SPSS 15.0 进行统计学处理,计量资料均采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,计量资料采用 Dunnett-t 检验。

1.3　三维重建

从实验解剖与影像技术处理的人体数据集中选取第 3、4 软骨环间后平第 7 颈椎下的水平连续断层,分别 180 层和 280 层,利用图像上的配准标记点进行配准,分别按 1.5 mm 和 0.5 mm 等间距提取预处理后的连续断层图像,分别 150 层和 210 层。在 Autodesk 3ds Max 2010(32 位)软件平台上,导入连续断层图像与数据,进行三维面重建和体重建。面重建的主要过程:将大体实验解剖和影像解剖图像导入 Autodesk 3ds Max 2010 软件,图像以三维数轴为既定基线在操作界面中匹配与再定位,将其图像界面转化解剖结构体表线面图形,并摄取其轮廓,利用实验解剖构建的喉部解剖数据库以解剖图像体表轮廓在三维坐标轴(X0Y,X0Z,Y0Z)中循序"临摹",在照射束引导下设置不同解剖结构的色素阈值,对"临摹"的线面图形中的线条作平滑处理后转化为三维立体图像,渲染后导出图像。体重建的主要过程:将影像解剖图(CT 图像)导入 Autodesk 3ds Max 2010 软件,利用实验解剖构建的喉部解剖数据库将 CT 图像中的喉部血管分割,将分割出来的血管进行三维细化,确定体素与灰度的阈值后得到动静脉的骨骼线,以"网格锥化"形式衍生成管道树,将血管树转化为"点、线、面、体"形式的血管"网格",将其提取成以结点为基准单位的框架并焊接,再利用 Opengl 扩展库中的 glePolyCone 函数对其进行圆台段重绘,将血管的骨骼线作深层拟和与平滑处理后再作几何模拟后,以照射束为光源点作抛光重绘,最后渲染后导出图像。

2　结果

2.1　喉部动脉应用解剖学观测

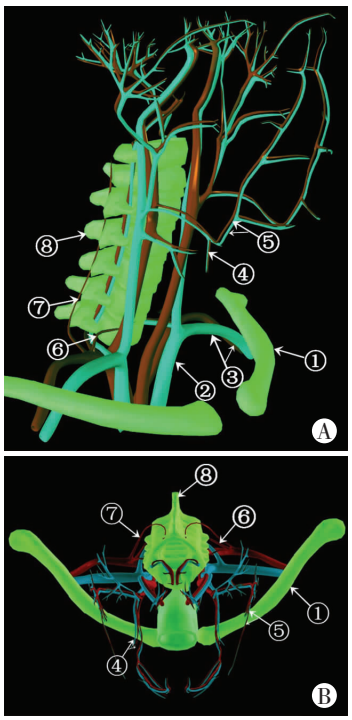
左、右甲状腺上动脉的长度分别为(42.30 ± 0.20) mm 和(40.50 ± 0.20) mm,起点处的管径分别为(1.80 ± 0.30) mm、(1.65 ± 0.30) mm,甲状腺上动脉入喉后分出以 7 支多见。左、右甲状腺下动脉的长度分别为(23.60 ± 0.27) mm 和(22.40 ± 0.24) mm,起始点的管径分别为(1.40 ± 0.25) mm 和(1.35 ± 0.30) mm,甲状腺下动脉入喉后分为 5 个主要分支,分别为甲状腺下动脉第 1 ~ 5 分支。喉上动脉起于甲状腺上动脉,其起点处的管径(1.50 ± 0.20) mm,入喉处管径为(1.32 ± 0.15) mm,长度为(18.60 ± 2.45) mm,其入喉处在甲状软骨上角的前下方左侧为 8.80 ~ 19.50(14.60 ± 2.45) mm、右侧为 9.60 ~ 21.60(15.58 ± 2.58) mm,两侧比较有差异统计学意义($t = 2.58$, $P < 0.05$)。喉下动脉起于甲状腺下动脉末段,自发出后经环甲关节的后方上行,其起点处的管径(1.70 ± 0.30) mm,长度为(15.50 ± 1.80) mm,喉下动脉入喉处在甲状软骨下角后下方左侧为 3.14 ~ 6.65(4.78 ± 1.08) mm、右侧 3.45 ~ 7.98(6.25 ± 1.68) mm,两侧差异有统计学意义($t = 3.76$, $P < 0.05$)。

2.2　喉部侧支循环的解剖研究

甲状腺动脉系统发出的肌支包括所有喉部动脉以及甲状腺下动脉的纵膈系统分支。甲状腺上动脉腺支和甲状腺下动脉腺支内部彼此沟通形成动脉腺体吻合支。在甲状腺血供区于甲状腺峡部的腹侧和背侧,双侧环甲支、双侧甲状腺上、下动脉腺体吻合支之间相互沟通交织成甲状腺动脉侧支循环系统。此外,同侧与对侧的甲状腺上、下动脉腺体吻合支相交通,同侧与对侧的喉上动脉与喉下动脉及纵膈干相吻合。

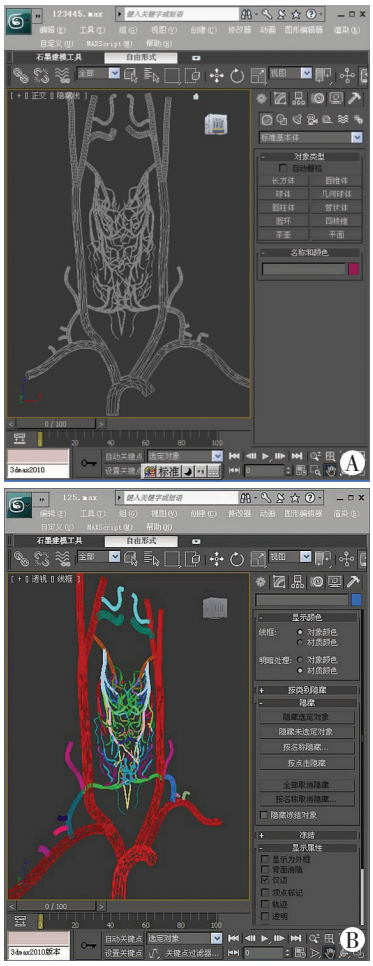
2.3　三维重建结果

利用实验解剖与影像技术数据集面重建了颈部骨骼和血管数字模型;利用显微解剖和影像解剖数据集体重建了喉部微动脉数字模型。Autodesk 3ds Max 2010(32 位)软件完整地重建了喉部毗邻结构,喉部毗邻结构的位置和关系可以单独或联合显示,也可在三维空间上以任意轴面和任意角度显示,见图 1。喉部动脉模型以微血管吻合变细处为界,划分出甲状腺上动脉、甲状腺下动脉、喉上动脉、喉下动脉的解剖供血区域,较清楚显示了喉部血管的大小、走行、分布范围、吻合情况,且显示微小血管较详细、更清楚,见图 2、3。



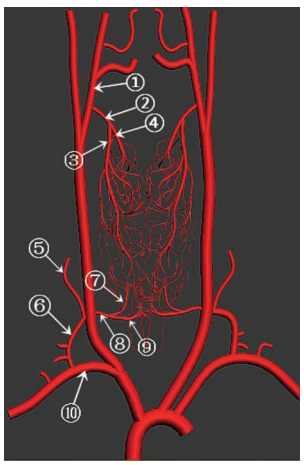
①:锁骨;②:无名静脉;③:锁骨下动脉/静脉;④:甲状腺上动脉/静脉;⑤:面动脉/静脉;⑥:甲状颈干;⑦:椎动脉;⑧:颈椎;
A:右侧面观;B:后上面观

图 1　基于 Autodesk 3ds Max 软件重建的喉模型



A:图像网格锥化界面;B:图像置色线框界面

图2 基于Autodesk 3ds Max软件重建喉动脉模型的操作界面



①:颈外动脉;②:甲状腺上动脉;③:甲状腺上动脉腺支;④:喉上动脉;⑤:颈升动脉;⑥:甲状颈干;⑦:喉下动脉;⑧:甲状腺下动脉;⑨:甲状腺下动脉腺支;⑩:锁骨下动脉

图3 基于Autodesk 3ds Max软件重建的喉动脉模型(前面观)

3 讨论

3.1 喉部血管实验解剖与影像技术的比较

原始性大体解剖喉部可较为清晰且详细的观测到喉部动脉的来源及起始端,但喉部小动脉的分布与走行显示欠佳。血管铸型喉标本能清晰观测喉部动脉形态特征,但其毗邻结构未能显示,且静脉血管铸型效果较差。磁共振成像(MRI)可直接获取喉部横、矢、冠、斜四种断层图像,清晰显示喉部中小血管及病变的解剖结构、组织差异,但对微小血管分辨率显示欠佳[7]。冰冻磨铣法作为侵入性尸体成像技术更能直观显示出喉部血管与不同层面的关系,但喉部血管的形态未能充分显示。光镜体视显微解剖可较准确地显示喉部微血管走行、分布等,但喉血管的宏观层面显示完整性较差。计算机断层扫描(CT)尤其多层螺旋CT能多方位显示喉部软组织的病变特征,但血管尚存伪影等掣肘问题[8]。超声检查技术无创且简便的显示喉部血管的形态及其声学性质,较多的应用于喉部血流动力学参数及喉部组织的血流灌注方面的分析。数字减影血管造影(DSA)显示微细血管及病变成像清晰,分辨率高[9]。通过对喉部血管实验解剖与影像技术成像的比较,应使之相互完善为临床喉部病变的诊治优选出更为全面和科学的方法及技术,对提高喉部疾病诊断的灵敏度和特异性具有重要临床意义。

3.2 喉部动脉的应用解剖与临床意义

喉部的侧支循环极为丰富,与其复杂的功能相互适应,当供应喉部的血管血供障碍时,喉部即可强化喉部侧支循环作为代偿[10];当毗邻器官发生供血障碍时,甲状腺动脉系统呈辐射状向毗邻器官供应血液;反之,亦可通过甲状腺动脉系统汇集毗邻器官的血液以供应喉部[11]。甲状腺动脉系统作为喉部及毗邻器官血供的交通枢纽,保证和维持喉部血供的通畅和生理功能的正常[12-13],故喉部的侧支循环对机体具有重要的作用。本研究通过对喉部微小动脉的数据采集和对喉部结构及毗邻关系的解剖研究,获得薄层断面图像更为清晰、层厚更为均匀,使喉部血管的解剖研究从定性研究向量化发展,能够满足断层解剖及三维重建的需求,为可视化人体喉部微动脉数字化模型的构建,提供精确翔实的三维形态参数。

3.3 Autodesk 3ds Max的三维重建

随着数字、信息及虚拟技术与解剖学的相互交叉和渗透,可视人、虚拟人及数字人逐步实现以任意角度从不同层面以高分辨率对人体三维解剖的数字成像和重建[14]。近年来,谭立文[2]、郭庚[5]、张绍祥等[15]利用Mimics、RadioDexter、Amira等软件对喉部结构的数字解剖与三维重建研究颇有成效,但对喉部微小动脉的三维成像及重建研究较少[16-17]。本研究以Autodesk 3ds Max软件利用喉部实验解剖与影像技术成像采集的数据集对喉部微动脉作三维重建,系3ds

Max软件在数字解剖成像及重建中新尝试,其可视化图像更美观、简便、精确及完整,三维效果图可随意缩放、旋转、移动、切割,全方位、多角度,单独显示或联合显像,适用于观察血管的形态学特征及毗邻关系,其强大的动漫设计功能尚可模拟喉部外科交互式手术以实现虚拟现实技术[18-19]。利用Autodesk 3ds Max对喉部微动脉重建的血管数字模型,可直观形象地显示喉部微血管管径大小、走行、分布范围等解剖学特征,亦可显示毗邻皮穿支的吻合情况,以吻合变细处为界,可较为精确地观测喉部动脉供血系统三级血管以下的解剖供血区域,为临床设计喉部皮瓣提供数字解剖学依据。

3.4 喉部血管三维可视化的临床意义

喉部血管的解剖结构较复杂,个体差异较大,通过对人体喉部血管应用解剖学与三维可视化研究,对喉部肿瘤的放射治疗中的解剖定位和皮瓣设计具有参考和指导价值,为喉部外科手术路径的选择和介入治疗方案的规划提供血管解剖结构的三维可视化基础[20]。此外,喉部血管三维可视化研究为在甲亢术中导管的选择与塑形、超选插管的技巧等提供翔实可靠的解剖学依据,有助于提高和改善临床效果,在有效预防邻近组织损伤等并发症方面亦具有重要临床意义。

参考文献:

[1] Erdogan B A, Bora F, Batmaz T, *et al*. The comparison of preoperative examination, computed tomography and peroperative macroscopic inspection in the determination of anterior commissural involvement in laryngeal cancer[J]. Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg, 2011, 21(6): 318-325.

[2] 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.

[3] Shi Y, Gong H, Zhou L, *et al*. Association between Helicobacter pylori infection and laryngeal squamous cell carcinoma in a Chinese male population[J]. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec, 2011, 73(6): 295-300.

[4] 聂兰英, 唐雷, 李泽宇, 等. 基于影像的人体铸型标本三维计算机建模研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2010, 28(4): 445-447.

[5] 郭庚, 张绍祥, 王斌全. 数字化人体喉的三维重建及其可视化[J]. 解剖学杂志, 2007, 30(6): 679-681.

[6] 谢拥军, 罗天友, 吴少平. 喉部动脉的特点及其临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2011, 29(2): 135-139.

[7] 刘历, 吴景全, 郭宏伟, 等. 64层螺旋CT血管成像评价甲状腺上动脉分支类型[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(11): 2000-2003.

[8] Tregaskiss A P, Goodwin A N, Bright L D, *et al*. Three-dimensional CT angiography: a new technique for imaging microvascular anatomy[J]. Clin Anat, 2007, 20(2): 116-123.

[9] Storck C, Gugatschka M, Friedrich G, *et al*. Developing a 3D model of the laryngeal cartilages using HRCT data and MIMICS's segmentation software[J]. Logoped Phoniatr Vocol, 2010, 35(1): 19-23.

[10] 刘加林, 项涛, 梁传余, 等. 喉上动脉变异支的显微解剖研究[J]. 四川大学学报: 医学版, 2006, 37(3): 486-487.

[11] Banko B, Dukic V, Milovanovic J, *et al*. Diagnostic significance of magnetic resonance imaging in preoperative evaluation of patients with laryngeal tumors[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2011, 268(11): 1617-1623.

[12] 金绍岐. 实用外科解剖学[M]. 第2版. 西安: 世界图书出版社, 2007: 206-234

[13] Yang A, Lohscheller J, Berry D A, *et al*. Biomechanical modeling of the three-dimensional aspects of human vocal fold dynamics[J]. J Acoust Soc Am, 2010, 127(2): 1014-1031.

[14] 王正国. 数字化时代的医学革命[J]. 中国数字医学, 2009, 4(1): 8-11.

[15] 谭立文, 张绍祥, 冉旭, 等. 基于中国数字化可视人体喉区细小结构分割数据集的建立[J]. 第三军医大学学报, 2008, 30(1): 8-10.

[16] Cunsolo E M. Anatomy and physiology of the operated larynx[J]. Acta Otorhinolaryngol Ital, 2010, 30(5): 238-243.

[17] Triep M, Brucker C. Three-dimensional nature of the glottal jet[J]. J Acoust Soc Am, 2010, 127(3): 1537-1647.

[18] Hu A, Wilson T, Ladak H, *et al*. Evaluation of a three-dimensional educational computer model of the larynx: voicing a new direction[J]. J Otolaryngol Head Neck Surg, 2010, 39(3): 315-322.

[19] 郑小林, 朱文武, 罗洪艳, 等. 数字人脑可视化平台的构建研究[J]. 第三军医大学学报, 2010, 32(16): 1708-1711.

[20] 郭志勇, 丁红梅, 尹知训, 等. 人体皮肤微血管构筑的三维可视化[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(4): 653-656.

(**收稿**:2011-09-02;**修回**:2011-11-19)

(编辑 栾 嘉)

作者投稿注意事项

本刊已正式启用远程稿件处理系统,作者首次投稿时,须先登录本刊网站注册。具体操作方法:进入本刊主页(外网:http://aammt.tmmu.com.cn;内网:http://202.202.224.153),通过左上角"用户登录"中"作者读者入口"进行"作者注册"。注册时请注意:一定要填写有效资料,并留下作者常用的邮箱地址和手机号,方便编辑部与您联系,如有变更,请及时修改资料,并通知编辑部。

注册成功后,请点击"作者读者入口"登录进入系统,点击右上角"我要投稿"并按提示进行操作;最后点击"投稿完成",获得稿件编号。并请确认稿件是否上传成功、能否正常打开。

投稿成功后,请及时寄(送)单位介绍信(除证明稿件内容的真实性之外,还应证明稿件无一稿多投、不涉及保密问题、署名无争议等)、论文授权书(在本刊主页下载,请各位署名作者亲笔签名)和审稿费至编辑部。同时请作者关注邮箱里本刊发送的信息,也可随时登录本刊在线系统查看稿件状态。

如有任何疑问,可与本刊编辑部联系(023-68752187)。