

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202423352

· 论著 ·

颈内动脉颅底段的 CT 测量及三维重建

何蕊, 文译辉, 文卫平

(中山大学附属第一医院耳鼻咽喉科医院, 广东 广州 510080)

摘要: **目的** 经鼻内镜鼻咽切除术是目前鼻咽颅底病变微创手术的首选,但颈内动脉损伤是该手术的潜在危险。通过术前对患者 CT 资料进行多层次观测和图像三维重建,评估颈内动脉的走行及其与相关结构的空间关系,以便指导鼻内镜鼻咽及咽旁颅底手术。**方法** 选择 40 例(80 侧)鼻咽及其周围颅底无病变表现的头部增强 CT 资料,在图像工作站上对不同层面中颈内动脉与周围骨性结构的关系进行测量,对图像进行三维重建观察颈内动脉与周围结构的空间关系。**结果** 在骨性下鼻甲层面中,骨性下鼻甲后缘、翼内板后缘、翼外板后缘、中线与颈内动脉的距离分别为(38.8 ± 4.0)、(25.9 ± 2.8)、(19.7 ± 3.8)、(23.8 ± 2.7) mm;骨性下鼻甲后缘及翼内板后缘的延长线与颈内动脉的夹角为(15.0 ± 4.0)、(17.0 ± 6.0)°。在后鼻孔下缘层面中,翼内板后缘与颈内动脉的距离和角度分别为(27.2 ± 3.5) mm 和(12.0 ± 4.0)°。三维重建获得清晰的立体图像。颈内动脉颈段的走行 40% 发生变异,其中大部分为弯曲型,位于口咽至咽隐窝水平,突向咽后壁。**结论** 患者术前进行个体化 CT 三维重建能为经鼻内镜鼻咽颅底手术提供关键解剖信息,便于术中定位颈内动脉,提高手术安全性。人群中颈内动脉变异率较高,突向咽后壁,经鼻内镜鼻咽-咽旁颅底手术风险增高,术前应充分评估。

关键词: 鼻内镜鼻咽切除术;复发性鼻咽癌;CT 测量;三维重建;颈内动脉

中图分类号:R766.3

Computed tomographic measurement and three-dimensional reconstruction for infracranial portion of the internal carotid artery

HE Rui, WEN Yihui, WEN Weiping

(Otorhinolaryngology Hospital, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract: **Objective** Transnasal endoscopic nasopharyngectomy is currently the optimal choice of minimally invasive surgery for nasopharyngeal skull base lesions, but internal carotid artery (ICA) injury is a potential risk of this surgery. This study aims to evaluate the course of ICA and its spatial relationship with related structures through preoperative multiple dimensional observation and three-dimensional image reconstruction of computed tomography (CT) data of patients, so as to guide nasal endoscopic nasopharyngeal and parapharyngeal skull base surgery. **Methods** Head enhanced CT data of 40 cases (80 sides) without pathological manifestations of nasopharynx and its surrounding skull base were selected. The relationships between ICA and surrounding bone structures in different layers were measured on the image workstation, and the spatial relationships between ICA and surrounding structures were observed by three-dimensional reconstruction of the images. **Results** On the plane of the bony inferior turbinate, the distances from the posterior margins of the bony inferior turbinate (PMBIT), posterior margins medial pterygoid plate (PMMP), posterior margins lateral pterygoid plate (PMLP), midline to the ICA were (38.8 ± 4.0) mm, (25.9 ± 2.8) mm, (19.7 ± 3.8) mm, (23.8 ± 2.7) mm, respectively. The angles between the line PMBIT-ICA and the PMBIT elongation, the line PMMP-ICA and the PMMP elongation were (15.0 ± 4.0)° and (17.0 ± 6.0)°, respectively. On the plane of the inferior choanae, the distance from the PMMP to the ICA was (27.2 ± 3.5) mm, the angle between the line PMMP-ICA and the PMMP elongation was (12.0 ± 4.0)°. The three-dimensional reconstruction obtained clear stereoscopic images. Course variation occurred in 40% of the extracranial part of the ICA, most of which were tortuosity type, located at the level of oropharynx to pharyngeal recess and protruding to the posterior pharyngeal wall. **Conclusions** Individualized preoperative three-dimensional CT reconstruction can provide key anatomic information for transnasal endoscopic

基金项目:广州市临床重大技术项目(2023P-ID06)。

第一作者简介:何蕊,女,在读硕士研究生。

通信作者:文译辉,Email: wenyihui@mail.sysu.edu.cn

nasopharyngeal skull base surgery, facilitate intraoperative localization of ICA, and improve surgical safety. The extracranial part of ICA has a high variation rate, protrudes to the posterior pharyngeal wall with increased risk of endoscopic nasopharyngeal-parapharyngeal skull base surgery, which should be adequately evaluated before surgery.

Keywords: Endoscopic nasopharyngectomy; Recurrent nasopharyngeal carcinoma; CT measurement; Three-dimensional reconstruction; Internal carotid artery

经鼻内镜入路鼻咽及颅底手术作为鼻咽部及咽旁颅底肿瘤切除的首选术式,具有创伤小、照明良好、视野放大及并发症少等优点。近 20 年来,随着内镜手术技术及器械高度发展,复发性鼻咽癌、放射性骨坏死、脊索瘤、垂体腺瘤、青少年鼻咽纤维血管瘤、颅底纤维瘤病、颅咽管瘤、脑膜瘤、表皮样囊肿、鼻窦恶性肿瘤^[1-5]等,均可通过鼻内镜鼻咽-咽旁颅底手术进行治疗。鼻内镜技术在复发性鼻咽癌挽救性手术中发展更为迅速,临床随机对照试验显示挽救性鼻内镜手术的 5 年生存率高于再次放疗^[6],且术后患者生存质量更好^[7]。经鼻内镜咽旁颅底手术中至关重要的是颈内动脉的解剖,颈内动脉经过的整个区域复杂、曲折,甚至存在解剖变异。颈内动脉术中受损的常见血管后遗症包括假性动脉瘤、颈动脉海绵状瘘的形成,以及术后血管痉挛甚至血管闭塞导致临床缺血和卒中^[8]。因此,颈内动脉咽旁段中硬腭水平到岩部颈动脉管外口^[9]的定位及与周围结构的关系在手术中显得尤为重要。前期实体解剖研究^[10]显示,头长肌、颈内动脉管外口、枕骨裂孔、咽鼓管峡部、翼内板后缘、翼外板后缘等都可作为颈内动脉定位的标志。

但是,内镜下的鼻腔解剖空间受限,需要确定关键的手术标志,且充分暴露手术区域及重要解剖结构,以确保手术安全及准确的定位。详细评估颈内动脉与周围结构的解剖关系,是避免术中损伤颈内动脉的关键。常规影像学资料可以帮助医生了解颅底的二维结构,但是很多重要结构之间的关系很难在平片上显示或完全涵盖。多层面重建及三维重建是对传统影像学应用的补充,能让术者在任一平面及角度了解各个特殊结构之间的关系,从而在术前充分评估手术暴露的范围及边界。在本研究中,我们探索了使用头部增强 CT 资料,从不同层面测量各骨性结构与颈内动脉的关系,并采用图像三维重建技术,重建了颈内动脉和鼻咽及周围颅底结构的各种标志,并量化关键骨性标志与颈内动脉的关系。

1 方法

1.1 临床资料

回顾性收集中山大学附属第一医院就诊,行头

部增强 CT 患者 40 例(80 侧),其中男 28 例,女 12 例;年龄 22 ~ 81 岁,平均年龄 46.5 岁。纳入标准:①行头部增强 CT;②鼻咽部、咽旁隙及周围颅底无结构病变;③目标测量骨性结构无骨折、移位及压迫等。排除标准:①既往鼻咽部、咽旁隙及周围颅底病变手术、放/化疗史;②目标测量骨性结构骨折、移位及压迫等。

1.2 CT 检查方法

使用 Toshiba Aquillion 64 多层螺旋扫描仪进行 CT 检查,扫描范围为眶顶至第四颈椎。先行常规扫描,设置扫描具体参数:5 mm 层厚,0.4 mm 层间距,512 × 512 矩阵,0.828 螺距,150 mAs 电流,120 kV 电压。之后行增强扫描,采用高压注射器经肘静脉注射 60 ~ 80 mL 碘普罗胺注射液(优维显,300 mg/mL),注射速率 4 mL/s,增强开始后延迟 15 ~ 18 s 扫描。

1.3 图像后处理及数据测量

扫描图像传至 Vitrea2 软件(Vitrea2, version 3.9.0.1)进行观察和测量,并行多层面重建构建斜位图重建,行容积再现技术(volume rendering, VR)对颈内动脉进行三维重建,观察颈内动脉的走行及其与周围组织的空间关系。

用 Vitrea2 软件观测与手术相关的下鼻甲、翼内板、翼外板、颈内动脉等结构的毗邻关系。①骨性下鼻甲层面(由下到上骨性下鼻甲后缘出现的第一个层面,图 1):测量骨性下鼻甲后缘、翼内板后缘与颈内动脉的距离及上述结构向后矢状延长线与颈内动脉的夹角;颈内动脉与翼外板后缘、中线的距离。②后鼻孔下缘层面(由上到下后鼻孔下方骨质出现的第一个层面,图 2):测量翼内板后缘与颈内动脉的距离及其向后矢状延长线与颈内动脉的夹角;颈内动脉与中线的距离。③在多层面重建斜面上测量前鼻棘与颈内动脉管外口的距离(图 3)。

对图像进行三维重建观察颈内动脉的走行及其与周围结构的关系(图 4)。颈内动脉颈段走行的分类参考 Paulsen 等^[11]的分类标准(表 1);年龄的分组参考 Togay 等^[12]的方法分为 ≥ 60 岁及 < 60 岁两组。

1.4 统计学处理

所有测量数据采用 SPSS 22.0 统计软件处理,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。对于差值为正态分布的资料采

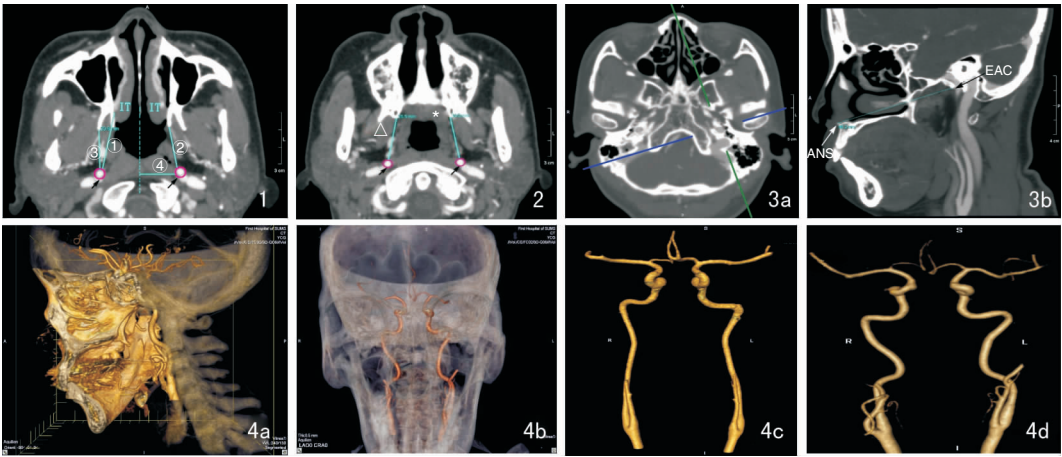


图1 骨性下鼻甲层面 直线①、②、③、④分别为骨性下鼻甲后缘、翼内板后缘、翼外板后缘及中线与颈内动脉的距离;箭头所指为颈内动脉 注:IT(下鼻甲)。**图2** 后鼻孔下缘层面 绿线:翼内板后缘与颈内动脉的距离;箭头所指为颈内动脉 注: * 为翼内板;△为翼外板。**图3** MPR重建图像 3a:水平位,蓝、绿两线可任意移动、旋转;3b:为a图中绿线相对应的斜面,测量前鼻棘(ANS)与颈内动脉管外口(EAC)的距离**图4** 三维重建图像 4a:显示颈内动脉与骨性标志的空间关系,可任意旋转、切割;4b:颅骨透明化;4c:颈内动脉三维重建,左侧为弯曲型,右侧为直线型;4d:颈内动脉三维重建,左侧为弯曲型,右侧为扭折型

表1 颈内动脉走行的分类

类型	特点
直线型	自颈部发出后垂直向上走行或弯曲 <math>< 15^\circ</math>
弯曲型	<math>15^\circ <="" 60^\circ<="" \text{弯曲度}="" math>,呈“s”或“c”型延伸<="" td=""> </math>15^\circ>
扭折型	<math>90^\circ <="" 145^\circ<="" \text{弯曲度}="" math><="" td=""> </math>90^\circ>
卷曲型	有一个明显的360°环形卷曲

注:由于弯曲度 $\geq 60^\circ$, $\leq 90^\circ$ 的类型未被界定,本研究将其归入弯曲型组。文献上将弯曲型、扭折型和卷曲型称为颈内动脉变异。

用配对资料 t 检验,两组间率的比较采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 CT检查结果

所有患者的图像均能清楚显示骨性下鼻甲层面及后鼻孔下缘层面。在骨性下鼻甲层面可观察到下鼻甲后外方分别为翼内板、翼外板;后方为咽鼓管圆枕、咽隐窝;颈内动脉位于咽隐窝的后外方(图1)。83.8%(67侧)颈内动脉位于翼外板后缘延长线上或外侧,16.2%(13侧)颈内动脉位于翼外板后缘延长线内侧。在后鼻孔下缘平面上,颈内动脉全部位于翼外板内侧(图2)。

2.2 骨性下鼻甲层面、后鼻孔下缘层面的颈内动脉与骨性结构的关系

在骨性下鼻甲层面中,翼内外板后缘、中线与颈内动脉的距离分别为 (25.9 ± 2.8) 、 (19.7 ± 3.8) 、

(23.8 ± 2.7) mm,骨性下鼻甲后缘到颈内动脉角度为 $(15.0 \pm 4.0)^\circ$,翼内板到颈内动脉的角度为 $(17.0 \pm 6.0)^\circ$ 。见表2。

在后鼻孔下缘层面,翼内板后缘与颈内动脉距离为 (27.2 ± 3.5) mm,角度为 $(12.0 \pm 4.0)^\circ$;中线与左右侧颈内动脉的距离分别为 (21.7 ± 2.5) mm和 (22.5 ± 2.6) mm,差异具有统计学意义 ($t = -2.461, P < 0.05$)。见表3。

2.3 三维重建检查结果

在MPR重建图像上进行了前鼻棘至颈内动脉管外口距离的测量,发现前鼻棘-颈内动脉管外口的距离为 (90.4 ± 4.5) mm(表4)。颈内动脉三维重建(图4)发现:60%(48侧,左22,右26)颈内动脉自颈总动脉发出后近直线向上走行至颈内动脉管外口入颅(弯曲度 $< 15^\circ$);37.5%(30侧,左17,右13)颈内动脉自颈总动脉发出后向前内上走行,至鼻咽后壁层面再转向后外上行至颈内动脉管外口入颅($15^\circ \leq \text{弯曲度} \leq 90^\circ$);1.25%(1侧,右)颈内动脉走行为扭折型($90^\circ < \text{弯曲度} \leq 145^\circ$);1.25%(1侧,左)颈内动脉在软腭平面发生卷曲(360°)(图5)。颈内动脉颈段走行的变异主要发生在口咽至咽隐窝水平,并突向咽后壁。将以上资料分为 < 60 岁和 ≥ 60 岁两组,其中 ≥ 60 岁组颈内动脉变异率明显高于 < 60 岁组,两组差异具有统计学意义 ($\chi^2 = 3.864, P = 0.049$)。

表2 骨性下鼻甲层面颈内动脉与骨性结构的关系 ($\bar{x} \pm s$)

测量指标	均值	最小值	最大值	<i>t</i>	<i>P</i>
骨性下鼻甲后缘-颈内动脉的距离 (mm)					
左侧	38.5 ± 3.9	30.4	47.4		
右侧	39.0 ± 4.1	29.0	49.6	-1.143	0.260
总体	38.8 ± 4.0	29.0	49.6		
骨性下鼻甲后缘-颈内动脉的角度(°)					
左侧	14.0 ± 4.0	6.0	21.0		
右侧	15.0 ± 5.0	5.0	26.0	-1.086	0.284
总体	15.0 ± 4.0	5.0	26.0		
翼内板后缘-颈内动脉的距离 (mm)					
左侧	26.1 ± 3.0	19.4	30.1		
右侧	25.8 ± 2.6	20.2	30.1	1.259	0.216
总体	25.9 ± 2.8	19.4	30.1		
翼内板后缘-颈内动脉的角度(°)					
左侧	17.0 ± 5.0	6.0	27.0		
右侧	18.0 ± 6.0	5.0	35.0	-0.917	0.365
总体	17.0 ± 6.0	5.0	35.0		
翼外板后缘-颈内动脉的距离 (mm)					
左侧	19.5 ± 3.9	6.0	26.3		
右侧	19.8 ± 3.8	8.3	26.6	-0.572	0.571
总体	19.7 ± 3.8	6.0	26.6		
中线-颈内动脉的距离 (mm)					
左侧	23.6 ± 2.5	18.4	28.7		
右侧	24.0 ± 3.0	19.5	30.8	-1.252	0.218
总体	23.8 ± 2.7	18.4	30.8		

表3 后鼻孔下缘层面颈内动脉与骨性结构的关系 ($\bar{x} \pm s$)

测量指标	均值	最小值	最大值	<i>t</i>	<i>P</i>
翼内板后缘-颈内动脉的距离 (mm)					
左侧	27.2 ± 3.9	15.8	32.7		
右侧	27.2 ± 3.2	21.3	34.1	-0.069	0.946
总体	27.2 ± 3.5	15.8	34.1		
翼内板后缘-颈内动脉的角度(°)					
左侧	12.0 ± 4.0	4.0	20.0		
右侧	12.0 ± 5.0	0.0	22.0	-0.039	0.969
总体	12.0 ± 4.0	0.0	22.0		
中线-颈内动脉的距离 (mm)					
左侧	21.7 ± 2.5	16.4	28.0		
右侧	22.5 ± 2.6	17.4	27.6	-2.461	0.018

表4 多层面重建测量 ($\bar{x} \pm s$)

测量指标	均值	最小值	最大值	<i>t</i>	<i>P</i>
前鼻棘-颈内动脉管外口的距离 (mm)					
左侧	90.3 ± 4.7	79.1	98.5		
右侧	90.4 ± 4.3	82.1	98.0	-0.130	0.897
总体	90.4 ± 4.5	79.1	98.5		

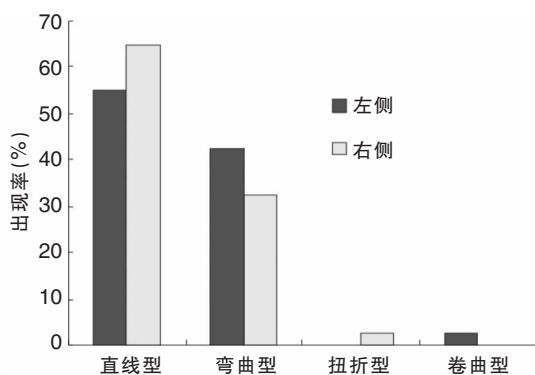


图5 80侧颈内动脉走行类型统计

3 讨论

2005年Yoshizaki等^[13]初次报道经鼻内镜鼻咽病变切除术后,在2007年和2009年Chen等^[14-15]相继报道了经鼻内镜切除复发性鼻咽癌,并在此后的10年间,经鼻内镜鼻咽病变切除术快速发展,耳鼻咽喉科医生将鼻咽部病变的切除范围扩大到了咽旁隙、晚期鼻咽癌甚至是鼻颅底相关肿瘤^[16-17]。Castelnuovo等^[18]报道了通过钻入内侧翼状板以暴露鼻咽附近的咽旁隙,手术切除晚期鼻咽癌的方法。Al-Sheibani等^[19]描述了类似的方法,可以控制咽旁和岩段颈内动脉,并通过切除翼状突和软骨咽鼓管来保证肿瘤被安全地切除。然而鼻咽病切除过程中,咽旁隙深在,后方毗邻颈内动脉,手术具有一定困难及危险。在手术中,翼突内侧板、翼突外侧板、颈动脉管外口、鼻咽中线位置是定位咽旁段颈内动脉的重要标志^[5,10,20]。本研究发现,在骨性下鼻甲层面中,翼突内外板后缘、中线与颈内动脉的距离分别为 (25.9 ± 2.8) 、 (19.7 ± 3.8) 、 (23.8 ± 2.7) mm;在后鼻孔下缘层面,翼内板后缘与颈内动脉距离为 (27.2 ± 3.5) mm,中线与左右侧颈内动脉的距离分别为 (21.7 ± 2.5) mm和 (22.5 ± 2.6) mm,与Xu等^[21-22]在尸头解剖研究中的测量结果较为一致。在Ho等^[23]的咽旁颈内动脉影像研究中,男性中鼻底层面翼外板后缘到颈动脉管外口的平均距 (2.36 ± 0.42) cm,在颅底层面为 (2.33 ± 0.45) cm。女性中,鼻底层面为 (2.37 ± 0.38) cm,颅底层面为 (2.20 ± 0.40) cm。其测量距离较本研究稍大,本研究显示在骨性下鼻甲层面,翼外板后缘与颈内动脉的距离为 (19.7 ± 3.8) mm。差异可能与测量平面不同有关,Ho等^[23]测量平面为硬腭及鼻底层面,本研究以骨性下鼻甲下缘对应平面为测量平面,手术标志更加恒定及明确。

本研究在骨性下鼻甲层面、后鼻孔下缘层面进行观察测量,不仅测量颈内动脉与翼内板、翼外板和鼻咽中点的距离,还对手术入路的深度及角度进行测量。骨性下鼻甲后缘到颈内动脉为 (38.8 ± 4.0) mm,角度为 $(15.0 \pm 4.0)^\circ$;翼内板到颈内动脉的距离为 (25.9 ± 2.8) mm,角度为 $(17.0 \pm 6.0)^\circ$ 。因此,经鼻内镜鼻咽切除术时在骨性下鼻甲层面保持骨性下鼻甲后缘旁开 15° 、向后外走行38 mm,或翼内板后缘旁开 17° 、向后外走行25 mm的范围内操作可以避免损伤颈内动脉。中线在术中亦能起到定位颈内动脉的重要作用,其与左右两侧颈内动脉的距离分别为23.6 mm和24.0 mm,两侧无统计学差异。大部分颈内动脉(83.8%,67侧)位于翼外板后缘延长线上或外侧;翼外板后缘与颈内动脉的距离为19.7 mm,当病变较大、手术范围广时可以应用翼外板后缘作为定位颈内动脉的标志。

在后鼻孔下缘平面,翼内板后缘与颈内动脉的距离和角度分别为27.2 mm和 12° (图2),意义同骨性下鼻甲层面。右侧颈内动脉与中线距离(22.5 mm)较左侧(21.7 mm)长,两侧差异具有统计学意义,考虑为两侧颈内动脉弯曲程度不同引起。熟知各个层面的骨性结构与颈内动脉的关系有助于在术中保持方向感,提高手术安全性。部分测量结果中个体差别较大,考虑与以下因素有关:①颈内动脉在咽旁隙中无骨管限制,其走行存在变异;②翼内、外板由上至下为弧形走行;③不同个体间存在解剖差异。由于这种个体差异性存在,术前充分个体化评估及图像三维重建显得更加重要。

我们还同时进行了多层面重建及三维重建,立体显示了颈内动脉及中颅底其他重要的解剖结构的形态,相对空间位置、角度等,并可以旋转、切割、从不同角度观测各结构的三维空间关系。多层面重建技术可以从不同平面(包括斜面)观察各结构之间的关系,本研究从斜面观察并测量前鼻棘与颈内动脉管外口的距离为90.4 mm(图3)。与Xu等^[21]尸体解剖研究中前鼻孔到颈动脉管外口的距离为9.0~12.7 cm结果较为一致。鼻内镜鼻咽颅底手术中如果器械伸进鼻腔约90 mm时,提示已经接近颈内动脉管外口。

在1965年Weibel和Fields就发现颈内动脉走行存在着弯曲、扭折和卷曲3种变异^[24]。颈内动脉走行的变异是头颈部手术的一个危险因素,术前很少被发现,但是手术中损伤可引起致命性大出血^[8]。本研究对颈内动脉颅底段进行三维重建

(图4),进一步证实了颈段颈内动脉变异的存在:60%为直线型,37.5%为弯曲型,1.25%为扭折型,1.25%为卷曲型,与Ozgun等^[25]结果相近。变异的颈内动脉自颈总动脉发出后向前内上走行,至鼻咽后壁层面再转向后外上行至颈内动脉管外口入颅。 ≥ 60 岁人群颈内动脉变异率明显增加,与文献^[12]报道相符。Jun等^[26]研究亦显示,58.8%的颈内动脉存在解剖变异,41.2%的颈内动脉为直线型,其中弯曲型51.4%,扭折型6.9%,卷曲型0.51%。 < 60 岁人群中,直线型56.2%,弯曲型40.2%,扭折型3.1%,卷曲型0.5%。 > 60 岁人群中弯曲型66.2%,卷曲型12.0%。

本研究发现,颈内动脉颈段走行的变异主要发生在口咽至咽隐窝水平,并突向咽后壁。这些应该引起耳鼻喉科医生的高度重视。因为不论经鼻或经口进行鼻咽-咽旁隙-颅底-口咽手术,都存在位置深、难以充分暴露、操作空间小等问题,颈内动脉走行变异导致手术风险增加。因此,充分的术前评估显得更加重要。相比平片观察,CT三维重建能更加直观地显示颈内动脉的立体走行及其与周围结构的空间关系,可以从任一角度对感兴趣区域进行观察及测量,为术者提供更多更详尽的信息。

本研究通过对鼻咽及颅底CT三维重建,并对相关参数进行测量,总结了鼻内镜复发性鼻咽癌切除术中的相关解剖标志以及颈内动脉与周围毗邻结构之间的规律,并获得了具有普遍指导意义的正常参数范围,有利于辨认和定位颈内动脉,以指导鼻内镜鼻咽及咽旁隙颅底手术。

参考文献:

[1] Li L, London NR, Gao Y, et al. Endoscopic transoral approach for resection of retrostyloid parapharyngeal space tumors: Retrospective analysis of 16 patients[J]. *Head Neck*,2020,42(12):3531-3537.

[2] Liu J, Sun X, Liu Q, et al. A minimally invasive endoscopic transnasal retropterygoid approach to the upper parapharyngeal space: anatomic studies and surgical implications[J]. *Int Forum Allergy Rhinol*,2019,9(11):1263-1272.

[3] 邱前辉,高俊潇.鼻咽癌外科治疗的历史与现状及展望[J].*中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*,2020,26(5):473-477.

[4] Wang EW, Zanation AM, Gardner PA, et al. ICAR: endoscopic skull-base surgery[J]. *Int Forum Allergy Rhinol*,2019,9(S3):S145-S365.

[5] Shirakura S, Tsunoda A, Akita K, et al. Parapharyngeal space tumors: Anatomical and image analysis findings[J]. *Auris Nasus*

Larynx,2010,37(5):621-625.

[6] Liu YP, Wen YH, Tang J, et al. Endoscopic surgery compared with intensity-modulated radiotherapy in resectable locally recurrent nasopharyngeal carcinoma: a multicentre, open-label, randomised, controlled, phase 3 trial[J]. *Lancet Oncol*,2021,22(3):381-390.

[7] Li W, Lu H, Liu J, et al. Quality of life following salvage endoscopic nasopharyngectomy in patients with recurrent nasopharyngeal carcinoma: A prospective study[J]. *Front Oncol*,2020,10:437.

[8] Chin OY, Ghosh R, Fang CH, et al. Internal carotid artery injury in endoscopic endonasal surgery: A systematic review[J]. *Laryngoscope*,2016,126(3):582-590.

[9] Labib MA, Prevedello DM, Carrau R, et al. A road map to the internal carotid artery in expanded endoscopic endonasal approaches to the ventral cranial base[J]. *Neurosurgery*,2014,10 Suppl 3:448-471.

[10] Wen YH, Wen WP, Chen HX, et al. Endoscopic nasopharyngectomy for salvage in nasopharyngeal carcinoma: A novel anatomic orientation[J]. *Laryngoscope*,2010,120(7):1298-1302.

[11] Paulsen F, Tillmann B, Christofides C, et al. Curving and looping of the internal carotid artery in relation to the pharynx: frequency, embryology and clinical implications[J]. *J Anat*,2000,197(Pt 3):373-381.

[12] Togay-Işıkay C, Kim J, Betterman K, et al. Carotid artery tortuosity, kinking, coiling: stroke risk factor, marker, or curiosity?[J]. *Acta Neurol Belg*,2005,105(2):68-72.

[13] Yoshizaki T, Wakisaka N, Muroto S, et al. Endoscopic nasopharyngectomy for patients with recurrent nasopharyngeal carcinoma at the primary site[J]. *Laryngoscope*,2005,115(8):1517-1519.

[14] Chen MK, Lai JC, Chang CC, et al. Minimally invasive endoscopic nasopharyngectomy in the treatment of recurrent T1-2a nasopharyngeal carcinoma[J]. *Laryngoscope*,2007,117(5):894-896.

[15] Chen MY, Wen WP, Guo X, et al. Endoscopic nasopharyngectomy for locally recurrent nasopharyngeal carcinoma[J]. *Laryngoscope*,2009,119(3):516-522.

[16] Falcon RT, Rivera-Serrano CM, Miranda JF, et al. Endoscopic endonasal dissection of the infratemporal fossa: Anatomic relationships and importance of eustachian tube in the endoscopic skull base surgery[J]. *Laryngoscope*,2011,121(1):31-41.

[17] Ferrari M, Schreiber A, Mattavelli D, et al. Surgical anatomy of the parapharyngeal space: Multiperspective, quantification-based study[J]. *Head Neck*,2019,41(3):642-656.

[18] Castelnuovo P, Nicolai P, Turri-Zanoni M, et al. Endoscopic endonasal nasopharyngectomy in selected cancers[J]. *Otolaryngol Neck Surg*,2013,149(3):424-430.

[19] Al-Sheibani S, Zanation AM, Carrau RL, et al. Endoscopic endonasal transpterygoid nasopharyngectomy [J]. *Laryngoscope*,2011,121(10):2081-2089.

[20] Simon F, Vacher C, Herman P, et al. Surgical landmarks of the nasopharyngeal internal carotid using the maxillary swing ap-

- proach; A cadaveric study [J]. *Laryngoscope*, 2016, 126(7): 1562-1566.
- [21] Xu X, Ong YK. An endoscopic anatomical study of the levator veli palatini and its relationship to the parapharyngeal internal carotid artery [J]. *Head Neck*, 2020, 42(8): 1829-1836.
- [22] Li L, London NR, Prevedello DM, et al. Endonasal access to lower cranial nerves: From foramina to upper parapharyngeal space [J]. *Head Neck*, 2021, 43(10): 3225-3233.
- [23] Ho B, Jang DW, Van Rompaey J, et al. Landmarks for endoscopic approach to the parapharyngeal internal carotid artery: A radiographic and cadaveric study [J]. *Laryngoscope*, 2014, 124(9): 1995-2001.
- [24] Weibel J, Fields WS. Tortuosity, coiling, and kinking of the internal carotid artery. I. Etiology and radiographic anatomy [J]. *Neurology*, 1965, 15: 7-18.
- [25] Ozgur Z, Celik S, Govsa F, et al. A study of the course of the internal carotid artery in the parapharyngeal space and its clinical importance [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2007, 264(12): 1483-1489.
- [26] Jun BC, Jeon EJ, Kim DH, et al. Risk factors for decreased distance between internal carotid artery and pharyngeal wall [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2012, 39(6): 615-619.
- (收稿日期: 2023-10-23)

本文引用格式:何蕊,文译辉,文卫平. 颈内动脉颅底段的CT测量及三维重建[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024, 30(5): 48-54. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202423352

Cite this article as: HE Rui, WEN Yihui, WEN Weiping. Computed tomographic measurement and three-dimensional reconstruction for infracranial portion of the internal carotid artery [J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2024, 30(5): 48-54. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202423352