

放射治疗后鼻咽癌患者单侧颈内动脉栓塞术后脑卒中及颅神经麻痹的相关因素分析

王思权¹, 朱洪申², 张晓斌³, 赵洲洋³, 马跃³, 杨一梅³, 黄理金³

1. 湘雅常德医院 神经外科, 湖南 常德 415009

2. 南方医科大学第三附属医院 神经外科, 广东 广州 510630

3. 广东省中医院 神经外科, 广东 广州 510120

摘要: **目的** 分析鼻咽癌患者放射治疗后行单侧颈内动脉(internal carotid artery, ICA)栓塞术后出现脑卒中及颅神经麻痹的相关因素,降低术后并发症的概率,提高该类患者的生存质量。**方法** 回顾性分析在2018年3月1日至2022年10月31日于南方医科大学第三附属医院神经外科进行单侧ICA栓塞的109例患者的临床资料,对其随访1个月。将有术后脑卒中或颅神经麻痹症状的患者定义为有症状组(17例),其余为无症状组(92例),对性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、血压、术前血红蛋白、同侧ICA情况、对侧ICA是否狭窄、眼动脉是否代偿到大脑中动脉、闭塞节段和闭塞侧别等相关因素进行Logistic回归分析。**结果** 有症状组和无症状组在性别、年龄、BMI、对侧ICA是否狭窄、闭塞侧别及球囊闭塞试验(balloon occlusion test, BOT)方面组间差异无统计学意义(P 均 >0.05),而在闭塞节段($P=0.001$)、闭塞侧颈内动脉情况(狭窄、正常及存在假性动脉瘤)($P=0.010$)、术前血红蛋白($P=0.024$)与术后出现脑卒中/颅神经麻痹方面差异具有统计学意义。血红蛋白升高($OR=0.971$)为保护因素,闭塞至海绵窦段($OR=2.292$)为危险因素。**结论** 对于需要闭塞颈内动脉的鼻咽癌患者,应尽量维持术前血红蛋白 ≥ 90 g/L;闭塞节段在海绵窦段以下可以减少术后颅神经麻痹症状,尤其是动眼神经及外展神经麻痹症状。

关键词: 鼻咽癌; 颅神经麻痹; 脑卒中; 闭塞

中图分类号: R651.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-3770(2025)04-0019-07

引用格式: 王思权, 朱洪申, 张晓斌, 等. 放射治疗后鼻咽癌患者单侧颈内动脉栓塞术后脑卒中及颅神经麻痹的相关因素分析[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(4): 19-25. WANG Siqian, ZHU Hongshen, ZHANG Xiaobin, et al. Analysis of factors associated with stroke and cranial nerve palsy after unilateral internal carotid artery embolization in patients with nasopharyngeal carcinoma after radiotherapy[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2025, 39(4): 19-25.

Analysis of factors associated with stroke and cranial nerve palsy after unilateral internal carotid artery embolization in patients with nasopharyngeal carcinoma after radiotherapy

WANG Siqian¹, ZHU Hongshen², ZHANG Xiaobin³, ZHAO Zhouyang³, MA Yue³, YANG Yimei³, HUANG Lijin³

1. Department of Neurosurgery, Xiangya Changde Hospital, Changde 415000, Hunan, China

2. Department of Neurosurgery, Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510630, Guangdong, China

3. Department of Neurosurgery, Guangdong Provincial Hospital of Chinese Medicine, the Second Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510120, Guangdong, China

Abstract: Objective To analyze the factors related to stroke and cranial nerve paralysis following unilateral internal carotid artery (ICA) embolization in patients with nasopharyngeal carcinoma after radiotherapy, in order to reduce the probability of postoperative complications and improve the quality of life for these patients. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 109 patients who underwent unilateral ICA embolization in the Department of Neurosurgery at the Third Affiliated Hospital of Southern Medical University between March 1, 2018, and October 31, 2022. These patients were followed up for one month. Patients with postoperative symptoms of stroke or cranial nerve paralysis were defined as the symptomatic group (17 cases), while the rest were classified as the asymptomatic group (92 cases). Logistic regression analysis was performed on factors such as gender, age, body mass index (BMI), blood pressure, preoperative hemoglobin levels, the status of the ipsilateral ICA, whether the contra-

收稿日期: 2024-09-02

基金课题: 广东省基础与应用基础研究基金(2021B1515140064)

通信作者: 黄理金. E-mail: hlj193@139.com; 杨一梅. E-mail: 39827808@qq.com

lateral ICA was stenosed, whether the ophthalmic artery compensated for the middle cerebral artery, the occlusion segment, and the side of occlusion. **Results** There were no statistically significant differences between the symptomatic and asymptomatic groups in terms of gender, age, BMI, whether the contralateral ICA was stenosed, the side of occlusion, or the balloon occlusion test (BOT) (all $P > 0.05$). However, there were statistically significant differences in the occlusion segment ($P = 0.001$), the status of the occluded ICA (stenosis, normal, or presence of a pseudoaneurysm) ($P = 0.010$), and preoperative hemoglobin levels ($P = 0.024$) with respect to the occurrence of postoperative stroke/cranial nerve paralysis. Elevated hemoglobin levels (OR=0.971) were identified as a protective factor, while occlusion extending to the cavernous sinus segment (OR=2.292) was identified as a risk factor. **Conclusion** For patients with nasopharyngeal carcinoma requiring ICA occlusion, preoperative hemoglobin levels should be maintained at ≥ 90 g/L. Occlusion at segments below the cavernous sinus can reduce postoperative symptoms of cranial nerve paralysis, particularly oculomotor and abducens nerve paralysis.

Key words: Nasopharyngeal carcinoma; Cranial nerve paralysis; Stroke; Occlusion

鼻咽癌(nasopharyngeal carcinoma, NPC)是一种好发于东南亚地区和中国南部的头颈部恶性肿瘤,其起源于鼻咽黏膜上皮,具有较高的致死率^[1]。NPC 的治疗主要以放化疗为主,部分患者经过长期放射治疗的过程,以及随着 NPC 的进展,可能出现局部骨破坏和感染等情况,从而导致颈动脉的形态变得不稳定,形成假性动脉瘤^[2-3]。当假性动脉瘤破裂出血则会引发颈动脉爆裂综合征(carotid blow-out syndrome, CBS),危及患者生命^[4-5]。此外,中晚期复发性 NPC 也可能侵犯或包绕颈内动脉,增加手术中损伤颈动脉的风险。目前,针对这些情况的主要的干预方法有颈动脉栓塞术及覆膜支架置入术^[6-8]。支架置入可保持颈动脉通畅,但容易引发再出血风险,颈动脉栓塞术能够降低出血风险^[9-10],同时减少复发,对紧急大出血的疗效也更为显著^[11],然而,颈动脉栓塞术后出现脑缺血或颅神经麻痹症状的概率也随之增加。国内外其他研究缺少 NPC 患者进行单侧颈内动脉栓塞术后并发症的研究,本中心通过对大量 NPC 血管内治疗病例的分析,寻找出现相关并发症的危险因素,以期指导临床实践,减少相关并发症,提高 NPC 患者的生存质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2018 年 3 月 1 日至 2022 年 10 月 31 日南方医科大学第三附属医院神经外科收治的 109 例单侧颈内动脉(internal carotid artery, ICA) 栓塞的 NPC 患者,其中男 85 例、女 24 例,26~75 岁。研究收集资料包括患者性别、年龄、体质指数(body mass index, BMI)、血压、术前血红蛋白、同侧 ICA 情况、对侧 ICA 是否狭窄、眼动脉是否代偿到大脑中动脉、闭塞节段和闭塞侧别。纳入标准:①鼻咽癌放射治疗后的患者;②符合颈内动脉爆裂综合征影像学表现;磁共振血管成像(magnetic reso-

nance angiography, MRA) 或 CT 血管成像(CT angiography, CTA) 检查提示 ICA 存在病变;或鼻内窥镜检查发现鼻咽局部组织糜烂坏死或肿瘤复发,或伴有颈内动脉裸露;或数字减影血管造影(digital subtractive angiography, DSA) 检查结果证实 ICA 受损伤,动脉瘤或假性动脉瘤形成;③既往未进行过血管内治疗,如 ICA 支架置入、单侧闭塞 ICA 等,未进行过脑血管搭桥等。排除标准:①手术治疗前 DSA 评估不完善;②术前 DSA 或 CTA 显示单侧 ICA 已经闭塞;③术前已经存在脑卒中,且生活能力评分(mRS) ≥ 3 分;④临床资料及影像学资料不完善者。

该研究遵循《赫尔辛基宣言》原则,每例患者均签署了进行颈动脉栓塞的手术知情同意书,经南方医科大学第三附属医院伦理委员会审理批准通过。

1.2 方法

根据患者术后 1 个月内是否出现颅神经麻痹或脑卒中症状及术后患者颅脑 MRI 表现,将其分为有症状组(17 例)和无症状组(92 例),将有症状的病例分为脑卒中组(12 例)及颅神经麻痹组(8 例)。本研究收集患者的临床及影像学表现,采用美国国立卫生院卒中量表(national institute health stroke scale, NIHSS)评分 ≥ 2 分作为患者术后脑卒中评估标准^[7],NIHSS ≥ 2 分可表现为中枢性面瘫、闭塞对侧肢体肌力下降等;采用常规磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI) 评估梗死区信号,作为脑卒中的影像学标准。本研究颅神经麻痹评判标准为出现相应颅神经受损症状,如外展神经损伤时,表现为眼球外展受限;动眼神经受损时表现为复视,上睑下垂,瞳孔斜向外下方,瞳孔直接与间接对光反射消失,瞳孔散大等^[8],且术后 MRI 未见脑干梗死征象。

闭塞节段的判定:以 Bouthillier 等^[9]对 ICA 的划分作为基础,判定栓塞弹簧圈所在的最远端存在

2 个袢以上或 4 根丝以上作为闭塞节段,如图 1。对所有的病例进行编号,然后分别分发给 2 个主治及

以上的神经外科介入医师单独进行评定,如有不同意见,请示主任医师进行讨论后评定。

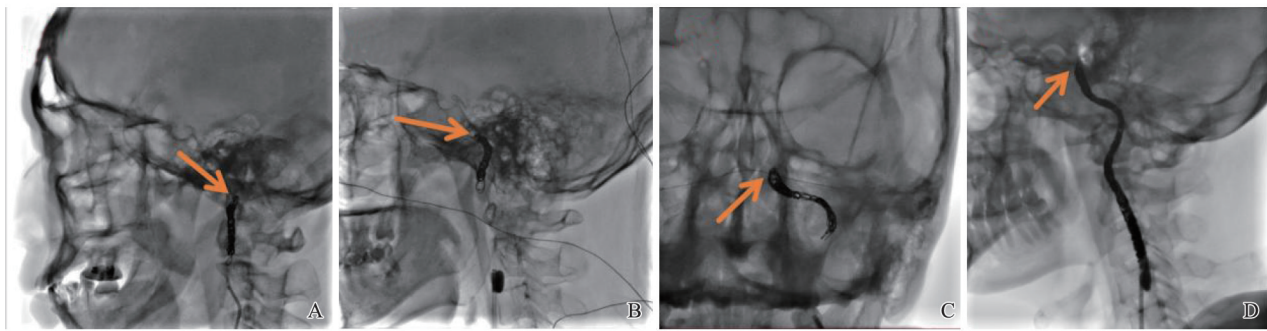


图 1 闭塞节段的判定

A: 颈段; B: 岩段; C: 破裂孔段; D: 海绵窦段

Figure 1 Determination of occluded segments

A: Cervical segment; B: Petrous segment; C: Lacerum segment; D: Cavernous segment

BOT 操作流程为:将封堵球囊送至目标 ICA 岩段拟手术区域并充盈,通过造影技术明确阻断血流情况。每两分钟密切观察患者的四肢活动、言语以及视力状况。一旦出现新的神经功能缺损或患者无法耐受,立即中止试验,并判定为球囊闭塞试验阳性。若在规定的时间内(15 min)未出现上述状况,则进入强化降压试验阶段。在原有的闭塞试验基础上,通过持续静脉泵入 1 mg/mL 硝普钠注射液,逐步将血压降至基础血压的 2/3 水平。在此过程中,同样需要密切观察患者的神经功能状况。如出现新发神经功能缺损,试验立即中止,并判定为强化降压试验阳性。如果患者耐受,则维持 20~30 min 后复查闭塞侧 ICA 造影,以确认血流持续阻断。随后释放球囊并复查造影以明确血流恢复情况。完成整个检查的患者判定为 BOT 阴性^[12]。

1.3 统计学处理

应用 SPSS 25.0 软件。计数资料采用 χ^2 检验,危险因素分析采用二分类 Logistic 回归分析,同时进行 ROC 曲线对该模型的灵敏度及特异度进行验证。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

无症状组共有 92 例, (49.0±10.8) 岁。有症状组有 17 例, (48.5±10.9) 岁。两组患者在性别、年龄、BMI、对侧 ICA 是否狭窄、眼动脉是否代偿至大脑中动脉、闭塞侧别、BOT 执行情况方面差异无统计学意义 ($P>0.05$),而在术前血红蛋白、闭塞节段及闭塞侧 ICA 情况比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 1。

表 1 一般资料

Table 1 General information

因素	无症状组 /例	有症状组 /例	χ^2	P
性别			3.085	0.079
男	75	10		
女	17	7		
年龄			0.414	0.52
<60 岁	78	16		
≥60 岁	14	1		
术前血红蛋白			5.113	0.024
<90 g/L	17	8		
≥90 g/L	75	9		
BMI			0.08	0.77
<18	24	5		
≥18	68	12		
同侧 ICA			9.470	0.01
狭窄	49	12		
假性动脉瘤	8	4		
正常	35	1		
对侧 ICA			0.023	0.89
狭窄	17	4		
正常	75	13		
眼动脉是否代偿至大脑中动脉			1.106	0.29
是	6	3		
否	86	14		
闭塞侧别			0.075	0.79
左侧	52	9		
右侧	40	8		
BOT			0.759	0.38
(-)	64	10		
未做	28	7		
闭塞节段			15.546	0.001
颈段	11	4		
岩段	53	2		
破裂孔段	22	6		
海绵窦段	6	5		

2.2 术后出现脑卒中/颅神经麻痹症状的影响因素

将表 1 中 $P < 0.05$ 的因素纳入 Logistic 回归分析中,结果显示血红蛋白 $< 90 \text{ g/L}$ 与 $\geq 90 \text{ g/L}$ 组间差异具有统计学意义 ($P = 0.024$),提示术前血红蛋白升高是术后出现脑卒中/颅神经麻痹的保护因素。与同侧 ICA 正常的患者相比,存在同侧 ICA 狭窄或假性动脉瘤的患者术后出现脑卒中/颅神经麻痹的

风险显著增加,为危险因素。闭塞颈段与闭塞岩段导致术后出现脑卒中/颅神经麻痹的概率差异存在统计学意义,闭塞至海绵窦段是危险因素。见表 2。如图 2 所示,对血红蛋白、同侧 ICA 情况、闭塞节段进行二元 Logistic 回归分析以预测是否术后出现并发症,再将其预测值进行 ROC 曲线分析,结果显示 AUC 的值为 0.821。

表 2 相关因素的 Logistic 回归分析
Table 2 Logistic regression analysis of related factors

影响因素	B	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
血红蛋白	0.290	0.130	5.129	0.024	0.971	0.996~0.947
同侧 ICA			5.844	0.054		
同侧 ICA(狭窄)	2.148	1.064	4.076	0.043	8.571	68.995~1.065
同侧 ICA(假性动脉瘤)	2.862	1.185	5.837	0.016	17.500	178.434~1.716
闭塞节段			11.184	0.011		
闭塞节段(岩段)	2.266	0.927	5.974	0.015	0.104	0.639~0.017
闭塞节段(破裂孔段)	0.288	0.744	0.150	0.699	0.750	3.222~0.175
闭塞节段(海绵窦段)	0.829	0.841	0.972	0.324	2.292	11.917~0.441

注:同侧 ICA 以正常侧为对照,闭塞节段以颈段为对照;OR < 1 为保护因素,OR > 1 为危险因素。

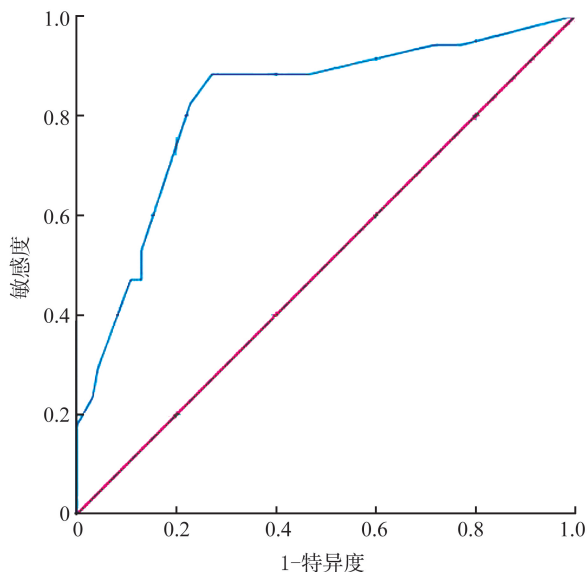


图 2 血红蛋白、同侧 ICA 情况、闭塞节段预测值的 ROC 曲线分析

Figure 2 ROC curve analysis of predicted values of hemoglobin, ipsilateral ICA situation, and occluded segments

2.3 血红蛋白、闭塞节段对术后出现脑卒中组与颅神经麻痹情况的比较

如表 3 所示,颅神经麻痹组闭塞至海绵窦段出现颅神经麻痹的有 4 例,所占比例最高 (50%)。在术前血红蛋白 $< 90 \text{ g/L}$ 且有症状的 8 例患者中,出现脑卒中的患者有 7 例 (87.5%),剩下 1 例为颅神经麻痹的患者,其闭塞节段为海绵窦段。

表 3 术前血红蛋白、闭塞节段在脑卒中、颅神经麻痹组别中的描述分析

Table 3 Description and analysis of preoperative hemoglobin and occluded segments in the stroke and cranial nerve palsy groups 单位:例

因素	脑卒中组 (12 例)	颅神经麻痹组 (8 例)
术前血红蛋白		
<90 g/L	7	3
$\geq 90 \text{ g/L}$	5	5
闭塞节段		
颈段	4	0
岩段	2	1
破裂孔段	3	3
海绵窦段	3	4

注:其中有 3 例患者同时存在脑卒中及颅神经麻痹症状。

3 讨论

NPC 的放射治疗通常需要较高辐射剂量,可能损伤颈内动脉中膜和内皮下的弹性纤维,导致断裂、空泡化和水肿,使动脉壁逐渐变薄,难以维持完整性^[13],最终可能引发动脉破裂,导致大出血,甚至危及生命^[14]。针对此类患者,ICA 栓塞术是一种有效的治疗方案。在本研究中,所有患者都统一在赵洲洋等^[15]提出的评估标准的前提下进行闭塞:对于美国介入和治疗神经放射学学会/介入放射学学会 (American society of interventional and therapeutic neuroradiology/society of interventional radiology scale,

ASITN/SIR)代偿 4 级的患者,选择直接闭塞病灶侧 ICA;对于 ASITN/SIR 3 级且后交通动脉明显代偿的患者,同样选择直接栓塞病灶侧 ICA。因此,ASITN/SIR 分级和后循环代偿这些因素不会对本研究结果产生影响,也无需纳入统计学计算。

3.1 血红蛋白与患者临床预后的关系

本研究术后有症状组中血红蛋白 <90 g/L 的患者高于无症状组,差异具有统计学意义($P=0.024$),且高血红蛋白对于预后具有显著影响,为保护因素。在术前血红蛋白 <90 g/L 且有症状的 8 例患者中,出现脑卒中的患者有 7 例,这提示术前血红蛋白偏低可能增加单侧 ICA 闭塞术后出现脑卒中的概率。有相关研究^[16-17]表明,血红蛋白的存在不仅有助于维持脑部的血液流动,保证充足的氧气供应,还对脑部组织起到至关重要的保护作用,因此,当血红蛋白不足时,脑部的血流量及氧含量不足,出现卒中的概率相应增加。然而,由于目前低血红蛋白且术后脑卒中的病例数较少,这一结论尚需后续更多收集病例支持。

3.2 闭塞侧 ICA 表现情况与患者临床预后的关系

本研究针对同侧 ICA 的三种情况——狭窄、正常及假性动脉瘤进行了深入研究。通过检验和 Logistic 回归分析,我们发现在同侧 ICA 狭窄、正常及存在假性动脉瘤的情况下,术后并发症发生存在的差异具有统计学意义,且闭塞侧狭窄或存在假性动脉瘤的患者,具有危险效应($OR=8.571$)。有研究^[18-20]表明,放射治疗诱导颈动脉狭窄的机制有 3 种:①血管受损引发的纤维化过程;②血管外部的纤维化导致阻塞;③动脉粥样硬化的加速发展。这三种机制都有可能单独或共同作用,导致颈动脉狭窄的发生。基于上述发现,我们考虑存在假性动脉瘤或者同侧 ICA 狭窄的患者,动脉粥样硬化的发展加速,导致脑部供血较前减少,当闭塞同侧颈内动脉后,脑卒中及颅神经麻痹的风险增加。

3.3 闭塞节段与患者临床预后的关系

NPC 的放射治疗常导致颈内动脉在颈段和岩骨段受损,这是因为高剂量的辐射容易导致该区域的骨组织坏死。另外,破裂孔段也是经常受累的区域。肿瘤的侵犯或坏死组织的浸润往往与发生颅神经麻痹相关的基底池和海绵窦有关^[21-25]。对于那些在进行鼻咽内镜手术前需要进行预防性栓塞的患者,其闭塞节段的选择与手术的入路和术式密切相关,主要选择在颈段、岩骨段、破裂孔段以及海绵窦段,其中岩骨段和破裂孔段是最常见的闭塞部位^[26-27]。本研究中,闭塞节段对预后

具有明显影响($P=0.001$),且闭塞至海绵窦段为危险因素($OR=2.292$)。闭塞在海绵窦段的患者中有 5 例出现了症状,其中包括 ASITN/SIR 4 级和后循环评分 2 级的患者。在术后有症状的 17 例患者中,出现颅神经麻痹的患者有 8 例,其中闭塞在海绵窦段的有 4 例,多表现为动眼神经及外展神经受损症状,如上睑下垂、瞳孔散大、外展受限、对光反射迟钝或消失等。由于海绵窦段有 3 个主要的分支血管,分别是脑膜垂体干、海绵窦下外侧干和包膜动脉^[28-29],有研究^[30-31]发现所有的动眼神经标本由来自下外侧干或其等量的分支供血,丰育功等^[32]的研究报道,在海绵窦外侧腔内,外展神经的远段几乎全部接受海绵窦下动脉前支供血。所以当海绵窦段被闭塞时,出现颅神经麻痹的概率相对较高,且主要是动脉眼神经和外展神经麻痹症状。

结合本研究的数据及国内外相关文献,我们建议在现行的评估标准的基础上,术前尽量进行扩容补液输血等治疗,维持血红蛋白在 90 g/L 以上。术中基于颈内动脉受损的具体部位选择闭塞节段,对于损伤部位在海绵窦段以下的患者,应尽量将闭塞节段远离海绵窦段;对于必须闭塞至海绵窦段的患者,应预判其术后发生脑卒中及颅神经麻痹的风险。术后积极纠正贫血和低蛋白血症至关重要,对于无法经口进食的患者,应给予鼻饲管或胃造口术等营养支持措施。同时,要尽量保持血压在正常范围内,采取扩容和补液来维持正常的血容量。对于 CBS III 型的患者,为了防止因脑血管容量不足导致卒中,术后通常会给患者大量补液以维持血容量。对于接受搭桥后栓塞治疗的患者,需要根据其脑血管病危险因素来给予相应的抗血小板药物治疗,术后同样需要进行头部 CT 和 MRI 等影像学检查。

本研究仍有一定的局限性:①本研究为单中心、回顾性的研究;②影响单侧鼻咽癌闭塞患者预后的因素很多,可能会造成偏差;③本研究中有术后脑卒中/颅神经麻痹的病例数明显少于无症状患者,这可能会对分析结果造成一定的影响;④由于前期闭塞至海绵窦段的患者出现颅神经麻痹的概率较高,后期在诊疗过程中尽量避免闭塞至海绵窦段,这也可能对结果产生偏倚;⑤研究在临床治疗过程中按照所要闭塞的节段进行判定的标准可能存在一定的误差。

参考文献:

[1] Zhang YT, Rumgay H, Li MM, et al. Nasopharyngeal cancer incidence and mortality in 185 countries in 2020

- and the projected burden in 2040: population-based global epidemiological profiling [J]. *JMIR Public Health Surveill*, 2023, 9: e49968. doi:10.2196/49968
- [2] 刘冰, 单鹏. 血管损伤后假性动脉瘤形成机制及诊疗原则[J]. *中国实用外科杂志*, 2014, 34(12): 1200-1202. doi:10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2014.12.28
 LIU Bing, SHAN Peng. Formation mechanism and diagnosis and treatment principles of pseudoaneurysm after vascular injury[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2014, 34 (12): 1200-1202. doi: 10. 7504/CJPS. ISSN1005-2208.2014.12.28
- [3] Zeng L, Wan W, Luo Q, et al. Retrospective analysis of massive epistaxis and pseudoaneurysms in nasopharyngeal carcinoma after radiotherapy[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2022, 279(6): 2973-2980. doi:10.1007/s00405-021-07111-x
- [4] Jonas K, Meers A, Gao M. Complication of head and neck cancer: carotid blowout syndrome[J]. *Am J Emerg Med*, 2024, 77: 231.e5-231231.e6. doi:10.1016/j.ajem.2024.01.025
- [5] Lin ZP, Zou XG, Chen Y, et al. Efficacy analysis of endovascular treatment for ruptured internal carotid artery pseudoaneurysm hemorrhage in patients with nasopharyngeal carcinoma after radiotherapy[J]. *Front Surg*, 2024, 11: 1451570. doi:10.3389/fsurg.2024.1451570
- [6] Zhu WY, Huang J, Lu ZQ, et al. Management of post-radiation carotid blowout syndrome in patients with head and neck cancer: a systematic review[J]. *Radiother Oncol*, 2024, 200: 110502. doi:10.1016/j.radonc.2024.110502
- [7] Tang R, Liu SX, Mao S, et al. Safety and efficacy of protective stent insertion to prevent carotid blowout syndrome at the distal internal carotid artery in nasopharyngeal carcinoma patients: a comparison with endovascular occlusion[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2024, 14(2): 1791-1802. doi:10.21037/qims-23-604
- [8] 李海艳, 施展, 张强, 等. 鼻咽癌放疗后颈内动脉爆裂综合征的治疗策略[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2024, 38(6): 467-471. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2024.06.003
 LI Haiyan, SHI Zhan, ZHANG Qiang, et al. Treatment strategy of carotid blowout syndrome after radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2024, 38(6): 467-471. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2024.06.003
- [9] Plaforet V, Tournier L, Deschamps F, et al. Covered stent graft for treatment of carotid blowout syndrome in patients with head and neck cancer[J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2024, 150(11): 995-1001. doi:10.1001/jamaoto.2024.3228
- [10] Wu WB, Zhang XB, Liu YP, et al. Stent pretreatment for internal carotid artery exposed to necrotic lesions in nasopharyngeal carcinoma[J]. *Rhinology*, 2023. doi:10.4193/Rhin22.451
- [11] Yu KW, Ling K, Wu CH, et al. Endovascular management of intracranial carotid blowout syndrome in patients with head and neck cancer [J]. *J Neurointerv Surg*, 2025; jnis-2024-022221. doi:10.1136/jnis-2024-022221
- [12] 黎劭学, 陈锦华, 张燕婷, 等. 球囊闭塞试验在颈内动脉永久闭塞术决策中的参考作用[J]. *局解手术学杂志*, 2016, 25(8): 603-5. doi:10.11659/jjssx.09E015118
 LI Shaoxue, CHEN Jinhua, ZHANG Yanting, et al. Role of balloon occlusion test in the treatment of permanent internal carotid artery occlusion [J]. *Journal of Regional Anatomy and Operative Surgery*, 2016, 25(8): 603-605. doi:10.11659/jjssx.09E015118
- [13] Song JM, Lan L, Lv YQ, et al. Study on carotid artery stenosis after radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2024, 150(5): 273. doi:10.1007/s00432-024-05788-1
- [14] 何引, 吴家森, 殷海. 经鼻内镜下鼻咽癌外科手术治疗进展[J]. *右江医学*, 2023, 51(10): 944-949. doi:10.3969/j.issn.1003-1383.2023.10.015
- [15] 赵洲洋, 黄理金, 陈锦华, 等. 鼻咽癌损伤颈内动脉的 ASITN/SIR 分级评估与栓塞策略 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 55(7): 671-676. doi:10.3760/cma.j.cn115330-20200224-00121
 ZHAO Zhouyang, HUANG Lijin, CHEN Jinhua, et al. Evaluation and embolization strategy by ASITN/SIR grade for injured internal carotid artery of nasopharyngeal carcinoma [J]. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2020, 55(7): 671-676. doi:10.3760/cma.j.cn115330-20200224-00121
- [16] Roberts DJ, Zygun DA. Anemia, red blood cell transfusion, and outcomes after severe traumatic brain injury [J]. *Crit Care*, 2012, 16(5): 154. doi:10.1186/cc11489
- [17] Sekhon MS, McLean N, Henderson WR, et al. Association of hemoglobin concentration and mortality in critically ill patients with severe traumatic brain injury [J]. *Crit Care*, 2012, 16(4): R128. doi:10.1186/cc11431
- [18] Liang HQ, Zhou YY, Xiong W, et al. Impact of radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma on carotid stenosis risk: a meta-analysis [J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2022, 88(4): 98-107. doi:10.1016/j.bjorl.2022.03.001
- [19] Benson EP. Radiation injury to large arteries. 3. Further examples with prolonged asymptomatic intervals [J]. *Radiology*, 1973, 106(1): 195-197. doi:10.1148/106.1.195
- [20] Louis EL, McLoughlin MJ, Wortzman G. Chronic dam-

- age to medium and large arteries following irradiation [J]. *J Can Assoc Radiol*, 1974, 25(2): 94-104
- [21] Cheng SW, Wu LL, Ting AC, et al. Irradiation-induced extracranial carotid stenosis in patients with head and neck malignancies[J]. *Am J Surg*, 1999, 178(4): 323-328. doi:10.1016/s0002-9610(99)00184-1
- [22] Luo CB, Teng MM, Chang FC. Radiation acute carotid blowout syndromes of the ascending pharyngeal and internal carotid arteries in nasopharyngeal carcinoma[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2006, 263(7): 644-646. doi:10.1007/s00405-006-0028-8
- [23] Weber AL, al-Arayedh S, Rashid A. Nasopharynx: clinical, pathologic, and radiologic assessment[J]. *Neuroimaging Clin N Am*, 2003, 13(3): 465-483. doi:10.1016/s1052-5149(03)00041-8
- [24] 刘慧, 何彩娴, 彭继勇, 等. 鼻咽癌放射治疗致放射性颈动脉损伤的研究进展[J]. *实用医学杂志*, 2023, 39(10): 1201-1205. doi: 10.3969/j.issn.1006-5725.2023.10.002
- LIU Hui, HE Caixian, PENG Jiyong, et al. Carotid arterial injuries caused by radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma: a review[J]. *The Journal of Practical Medicine*, 2023, 39(10): 1201-1205. doi: 10.3969/j.issn.1006-5725.2023.10.002
- [25] 谢志伟, 蔡义侠, 黄静. 鼻咽癌放疗致颈动脉损伤的研究进展[J]. *肿瘤防治研究*, 2021, 48(11): 1041-1045. doi:10.3971/j.issn.1000-8578.2021.21.0570
- XIE Zhiwei, CAI Yixia, HUANG Jing. Research progress of carotid artery injury caused by radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. *Cancer Research on Prevention and Treatment*, 2021, 48(11): 1041-1045. doi: 10.3971/j.issn.1000-8578.2021.21.0570
- [26] Pensak ML. The cavernous sinus: an anatomic study with clinical implication[J]. *Laryngoscope Invest Otolaryngol*, 2024, 9(2): e1226. doi:10.1002/lio2.1226
- [27] Sekhar LN, Schramm VL Jr, Jones NF, et al. Operative exposure and management of the petrous and upper cervical internal carotid artery[J]. *Neurosurgery*, 1986, 19(6): 967-982. doi: 10.1227/00006123-198612000-00012
- [28] Corvino S, Villanueva-Solórzano PL, Offi M, et al. A new perspective on the cavernous sinus as seen through multiple surgical corridors: anatomical study comparing the transorbital, endonasal, and transcranial routes and the relative coterminous spatial regions[J]. *Brain Sci*, 2023, 13(8): 1215. doi:10.3390/brainsci13081215
- [29] Harris FS, Rhoton AL. Anatomy of the cavernous sinus[J]. *J Neurosurg*, 45(2): 169-180. doi:10.3171/jns.1976.45.2.0169
- [30] Najera E, Ibrahim B, Muhsen BA, et al. Blood supply of cranial nerves passing through the cavernous sinus: an anatomical study and its implications for microsurgical and endoscopic cavernous sinus surgery[J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 702574. doi:10.3389/fonc.2021.702574
- [31] Krisht A, Barnett DW, Barrow DL, et al. The blood supply of the intracavernous cranial nerves: an anatomic study[J]. *Neurosurgery*, 1994, 34(2): 275-279; discussion 279. doi:10.1227/00006123-199402000-00011
- [32] 丰育功, 周运波, 王雅栋, 等. 海绵窦区颅神经血供的显微解剖及临床应用研究[J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2008, 7(2): 123-126. doi: 10.3969/j.issn.1671-2897.2008.02.008
- FENG Yugong, ZHOU Yunbo, WANG Yadong, et al. Microanatomy of blood supply of cranial nerves in cavernous sinus region and its clinical application [J]. *Chinese Journal of Neurosurgical Disease Research*, 2008, 7(2): 123-126. doi: 10.3969/j.issn.1671-2897.2008.02.008

(编辑:李纬)