doi:10.11659/jjssx.04E024072

·基础研究·

眶外侧锁孔入路下颈内动脉分叉部的显微解剖研究

罗煜宸[1],刘希光[1],张洪伟[2],汤 琼[3] (1.南京医科大学连云港临床医学院神经外科,江苏 连云港 222000;2.徐州医科大学附属连云港医院神经外科,江苏 连云港 222000;3.徐州医科大学附属连云港医院血透室,江苏 连云港 222000)

[摘 要] **目的** 分析眶外侧锁孔(LOK)入路下颈内动脉(ICA)分叉部的显微解剖特点,为该入路下夹闭ICA分叉部动脉瘤提供解剖学支持。**方法** 选取15例(30侧)10%甲醛固定、红蓝乳胶灌注的冷冻尸头标本,模拟LOK入路开颅,显微镜下观察ICA分叉部的结构、周围主要穿支血管的走行及数量,并记录相关数据。**结果** ICA末端直径为(5.40±0.65)mm,ICA在视神经平面以上的长度为(11.99±1.86)mm。A1近端直径为(1.85±0.26)mm,长度为(12.90±3.13)mm;M1近端直径为(3.64±0.64)mm,长度为(15.54±2.10)mm;A1与M1的近端直径、长度比较,差异均具有统计学意义(P<0.05)。A1与ICA的夹角为(77.61±19.43)°,而M1与ICA的夹角为(137.93±10.31)°,二者比较差异有显著统计学意义(P<0.001)。A1与ICA的管径比和A1与ICA的夹角无明显线性关系,M1与ICA的管径比和M1与ICA的夹角无明显线性关系。周围穿支主要为A1近端8.50(5.00,12.00)支、M1近端0.50(0,3.25)支、ICA末端0(0,0.25)支、后交通动脉(8.80±2.40)支、脉络膜前动脉(9.60±3.80)支。共发现Heubner回返动脉主体28侧,其可为单干(30.00%)、双干(43.00%)、三干(20.00%)。**结论** LOK入路可以清楚地暴露ICA分叉部的主体结构及穿支,应用LOK入路时需结合分叉角度、穿支分布及血管变异特点,优化动脉瘤夹闭方案,在彻底处理病变的同时最大程度降低穿支损伤风险。

[关键词] 眶外侧锁孔入路;颈内动脉;显微解剖

[中图分类号] R329.4;R651.1+1 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-04-15

Microanatomical study of the internal carotid artery bifurcation through the lateral orbital keyhole approach

LUO Yu-chen[1], LIU Xi-guang[1], ZHANG Hong-wei[2], TANG Qiong[3] (1. Department of Neurosurgery, Lianyungang Clinical Medical College of Nanjing Medical University, Lianyungang Jiangsu 222000, China; 2. Department of Neurosurgery, Affiliated Lianyungang Hospital of Xuzhou Medical University, Lianyungang Jiangsu 222000, China; 3. Department of Hemodialysis Room, Affiliated Lianyungang Hospital of Xuzhou Medical University, Lianyungang Jiangsu 222000, China)

Abstract: Objective To analyze the microanatomical characteristics of the internal carotid artery (ICA) bifurcation through the lateral orbital keyhole (LOK) approach, thereby providing anatomical support for clipping the ICA bifurcation aneurysm. **Methods** A total of 15 cases (30 sides) of frozen cadaveric head specimens fixed with 10% formaldehyde and infused with red and blue latexes were selected. Craniotomy was performed by simulated LOK approach. The structure, and the course and quantity of the surrounding major perforator vessels of the ICA bifurcation were observed under the microscope, and the relevant data were recorded. **Results** The terminal diameter of ICA was (5.40±0.65)mm, and the length of ICA above the optic nerve plane was (11.99±1.86)mm. The proximal diameter of A1 was (1.85±0.26) mm, and the length of A1 was (12.90±3.13)mm; meanwhile, the proximal diameter of M1 was (3.64±0.64)mm, and the length of M1 was (15.54±2.10)mm. There were significant differences in the proximal diameter and length between A1 and M1 (P<0.05). The angle between A1 and ICA was (77.61±19.43)°, while the angle between M1 and ICA was (137.93±10.31)°, and the difference between the two was statistically significant (P<0.001). There was no obvious linear relationship between the diameter ratio of A1 and ICA and the angle between A1 and ICA, and there was no obvious linear relationship between the diameter ratio of M1 and ICA and the angle between M1 and ICA. The peripheral perforator branches mainly consisted of 8.50 (5.00, 12.00) branches deriving from the proximal end of A1, 0.50 (0, 3.25) branch deriving from the proximal end of M1, 0 (0, 0.25) branch deriving from the distal end of ICA, (8.80±2.40) branches deriving from the posterior communicating artery, and (9.60±3.80) branches deriving from the anterior choroidal artery. The recurrent artery of Heubner was found in 28 sides, its main body could be the single trunk (30.00%), double trunk (43.00%), and triple trunk (20.00%). **Conclusion** The main structure and perforator branches of the ICA bifurcation can be clearly exposed through the LOK approach. When applying the LOK approach, it should be combined with the bifurcation angle, perforator branches distribution, and vascular variation characteristics of ICA bifurcation to optimize the aneurysm clipping plan, thereby thoroughly treating the lesion and minimizing the injury risk of perforator branches.

Keywords: lateral orbital keyhole approach; internal carotid artery; microanatomy

颈内动脉(internal carotid artery,ICA)分叉部是指ICA的终末分叉为大脑中动脉及大脑前动脉的这一“T”形结构。这一结构产生的特殊血流动力学使得ICA分叉部较常形成颅内动脉瘤[1],但该部位的颅内动

[基金项目] 连云港市卫生科技项目(202201)

[通信作者] 刘希光,E-mail:lyglxg@sina.com

脉瘤较前循环处(如大脑前动脉、大脑中动脉)少见,仅占全部颅内动脉瘤的5%左右[2]。目前临床对于ICA分叉部的颅内动脉瘤采用介入治疗还是开颅治疗暂无统一标准。有研究认为,介入治疗填入的弹簧圈在ICA分叉末端血流"直接水锤效应"的影响下成形困难,可能不是理想选择[3];而采取开颅治疗时,由于后交通动脉、脉络膜前动脉、Heubner回返动脉等走行于附近,且内外侧豆纹动脉、丘脑前穿支等血管密集分布其中,这些血管均具有重要生理功能,手术操作时易导致相关血管解剖结构及功能损伤。眶外侧锁孔(lateral orbital keyhole,LOK)入路在前循环血管结构的暴露及操作方面具有独特的优势,取较小的骨窗即可满足手术需要[4-8],但是LOK入路要求术者熟悉解剖结构[9],而既往研究未明确阐述ICA分叉部血管的空间结构特点。因此,本研究选取15例红蓝乳胶灌注的成人尸头标本,应用LOK入路对ICA分叉部进行显微解剖研究,了解其中主要血管的夹角及直径、穿支分布情况,以期为LOK入路下夹闭ICA分叉部动脉瘤提供解剖学支持。

1 材料与方法

1.1 实验标本

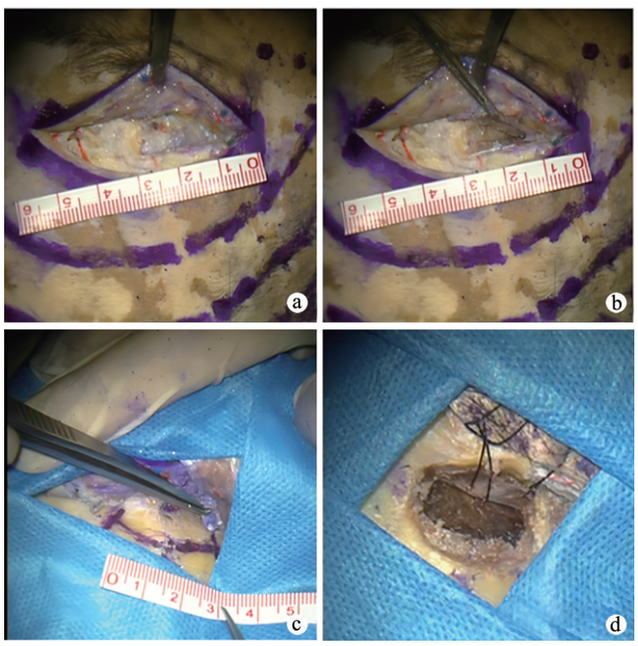
经10%甲醛固定的无明显头颅畸形、外伤及手术干预的冷冻成人尸头标本15例(30侧),由南京医科大学连云港临床医学院颅底解剖实验室提供,其中男11例,女4例,年龄不详。标本颅内双侧动脉系统以红色乳胶灌注显色,颅内双侧静脉系统以蓝色乳胶灌注显色。

1.2 实验设备

德国Leica手术显微镜(HIR100/FS3-23)及配套的成像系统、三钉解剖头架、电动磨钻及铣刀、吸引器、常规开颅手术器械、手术显微器械、脚规、游标卡尺(精确度0.02 mm)、相机等。

1.3 模拟LOK入路开颅

尸头标本备皮后取仰卧位,头部后仰10°~15°,向对侧旋转15°~20°,并侧屈5°~15°,使额颧点成为最高点,用三钉解剖头架固定。以额颧点为中心,沿眶外侧皮纹尽量将切口设计在发际和皮纹内,在鬓发际前缘约4 cm处作1个4~6 cm的弧形切口(图1a),切开少量颞肌并剥离筋膜及骨膜,暴露颞上线(图1b),将头皮并肌肉、骨膜等向前下方牵拉,暴露额颧突(图1c)。于颞线前下缘的关键孔处钻1个孔,铣出约3.0 cm×2.5 cm的椭圆形骨瓣,磨平骨窗边缘的骨嵴,弧形剪开硬脑膜,翻向眶外侧并悬吊(图1d),利用重力使额叶塌陷,露出颅底和额叶间的自然间隙,找到视神经,显微镜下锐性分离视神经上方的蛛网膜及外侧裂池,再依次暴露第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ间隙,显露ICA分叉部的结构。



a:LOK入路切口;b:切开部分颞肌;c:暴露额颧突;d:打开骨窗并悬吊硬脑膜

图1 LOK入路开颅

1.4 观察指标

重点观测A1近端直径、M1近端直径、ICA末端直径、A1长度、M1长度、ICA在视神经平面以上的长度、A1与ICA的夹角、M1与ICA的夹角、A1与ICA的管径比、M1与ICA的管径比,并观测ICA分叉部周围主要穿支血管的走行和数量。A1/M1近端为A1/M1靠近ICA侧的三分之一段,近端直径取移行起始部分最粗的管径;ICA末端为脉络膜前动脉及其分支以远的部分;A1/M1与ICA的夹角则通过转动头位及显微镜视角,使视野正对A1/M1所构成的平面,截图后测量其夹角。

1.5 统计学方法

应用Microsoft excel以及SPSS 27.0统计学软件对数据进行分析,测量数据符合正态分布以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用配对样本t检验;不符合正态分布的数据以中位数(四分位间距)表示,采用*Kruskal-Wallis*检验。采用*Pearson*法进行相关性分析。以$P<0.05$为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 ICA分叉部观测数据

本研究测得ICA末端直径为(5.40±0.65)mm,ICA在视神经平面以上的长度为(11.99±1.86)mm,ICA的末端向内、外分别移行为大脑前动脉和大脑中

动脉。A1与M1的近端直径、长度比较，差异均具有统计学意义（$P<0.05$），A1与ICA的夹角和M1与ICA的夹角比较，差异具有统计学意义（$P<0.001$）；A1与ICA的管径比和M1与ICA的管径比比较，差异具有统计学意义（$P<0.001$），见表1。

表1 LOK入路下ICA分叉部观测数据（$\bar{x}\pm s$）

指标	A1	M1	P	t
近端直径（mm）	1.85±0.26	3.64±0.64	<0.001	−15.828
长度（mm）	12.90±3.13	15.54±2.10	0.002	−3.452
与ICA的管径比	0.35±0.06	0.68±0.12	<0.001	−15.759
与ICA的夹角（°）	77.61±19.43	137.93±10.31	<0.001	−14.513

A1与ICA的管径比和A1与ICA的夹角无明显线性关系，M1与ICA的管径比和M1与ICA的夹角也无明显线性关系（图2）。A1长度和A1与ICA的夹角不存在线性关系，M1长度和M1与ICA的夹角也不存在线性关系（图3）。

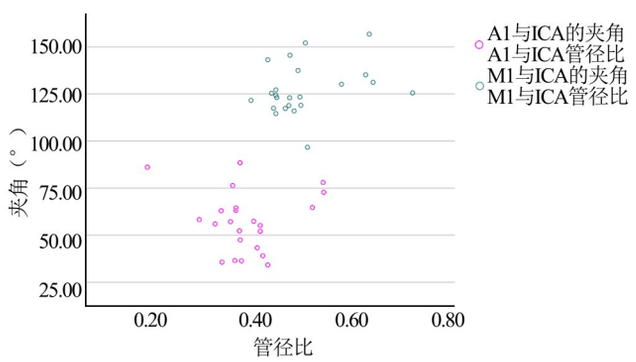


图2 A1/M1与ICA管径比和A1/M1与ICA夹角的*Pearson*相关性分析

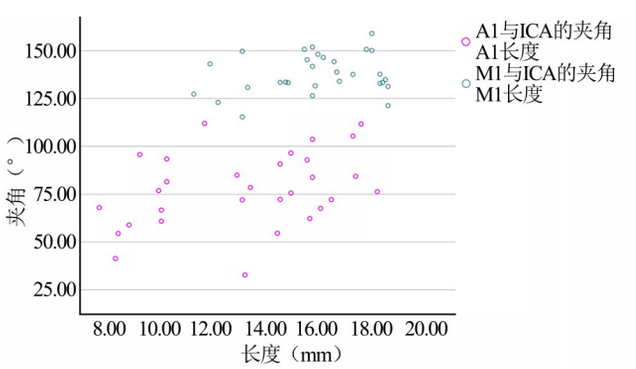


图3 A1/M1长度和A1/M1与ICA夹角的*Pearson*相关性分析

2.2 ICA分叉部周围主要结构

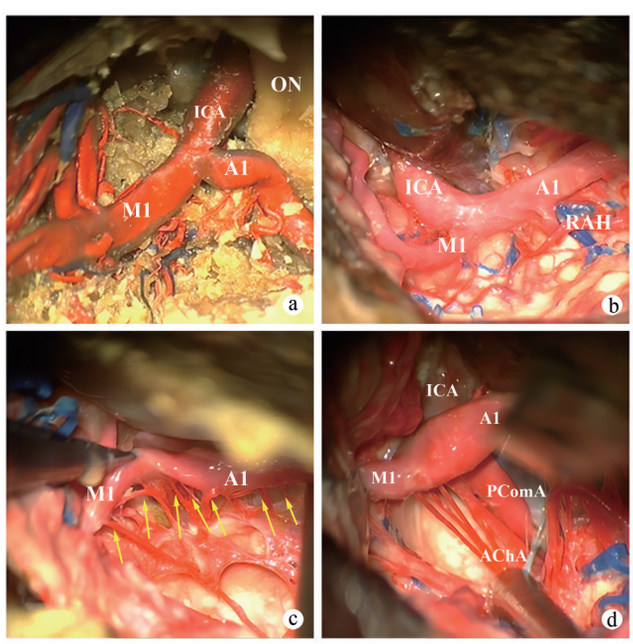
ICA分叉部的内侧紧邻视交叉（图4a），A1较短者分叉部常更贴近视交叉，且视交叉处可见大量从大脑前动脉发出的细小穿支供应。15例标本（30侧）A1段均以单支自分叉后向内弯曲走行于视交叉上方，未见双干变异者。由大脑皮层向脑深部顺着M1走行可见大脑中动脉的分叉紧贴颞叶、岛叶走行于外侧裂内，多为双分叉（18侧，60.00%），其次为三分叉（12侧，40.00%），未见多分叉，LOK入路下外侧裂接近垂直于水平面。

ICA分叉前上方常可见Heubner回返动脉的主干或分支从A1远端或A2起始处反折向外上走行（图4b），多于ICA分叉的上方止于前穿质，同时，此处众多前穿动脉从ICA分叉部供应前穿质（图4c）。本研究共观察到28侧回返动脉，其分支最多为3支，有2侧标本（6.67%）存在单侧回返动脉缺如，未见双侧回返动脉同时缺如者；后上方有静脉走行16侧（53.33%），其中13侧（81.25%）存在2支及以上静脉。

ICA分叉下方有后交通动脉、脉络膜前动脉的主干及分支走行（图4d），通常黏附于颈内动脉池的蛛网膜，后交通动脉距离分叉较远。本研究观察到在LOK入路下有30侧（100%）后交通动脉都被ICA分叉遮盖在下方，均需适当侧方牵拉、扭转ICA才可暴露后交通动脉起始部，多数后交通动脉起始于ICA的下内侧，偏向外侧起始的后交通动脉有11侧（36.67%）。在后交通动脉和ICA分叉之间的是脉络膜前动脉，常伴视束走行，脉络膜前动脉起始部较后交通动脉更偏外侧（本研究未观察到内侧起源的脉络膜前动脉），其走行较后交通动脉也更靠外侧，LOK入路下可见从脉络膜前动脉起始部到分叉前有数个分支从ICA下方发出，侧方牵拉观察到分支距分叉部存在一段无分支区域。

2.3 穿支动脉

ICA分叉部周围走行的穿支动脉大部分供应前穿

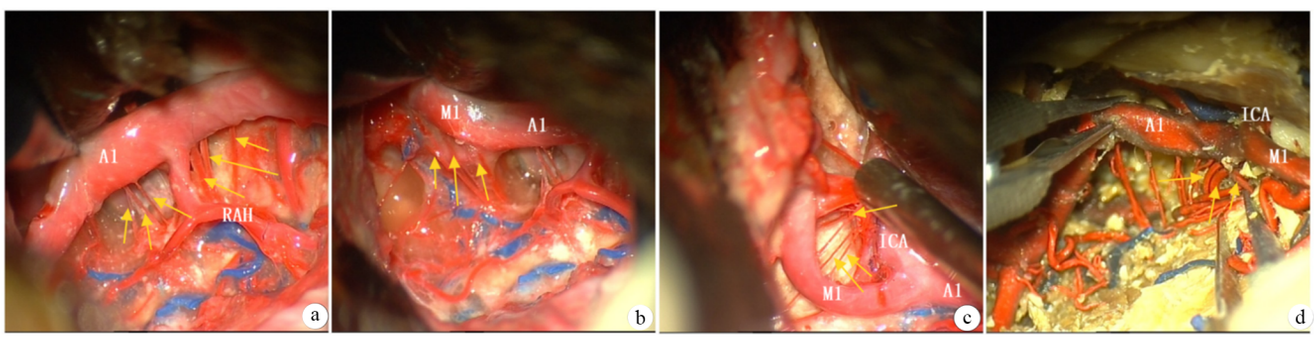


a：ICA分叉主体构成；b：Heubner回返动脉在ICA分叉部的走行；c：ICA分叉部向前穿质发出穿支（黄色箭头：分叉发出的前穿动脉）；d：ICA分叉下方的后交通动脉、脉络膜前动脉及其分支 ON：视神经；RAH：Heubner回返动脉；PComA：后交通动脉；AChA：脉络膜前动脉

图4 ICA分叉部微血管结构

质的内侧半及中央部,主要包括A1、M1近端起源的豆纹动脉,ICA末端发出的细小穿支、后交通动脉、脉络膜前动脉及Heubner回返动脉发出的穿支也供应前穿质。后交通动脉平均发出(8.80±2.40)支穿支走行在ICA分叉部下方,在LOK入路下通过第Ⅱ间隙将ICA向外上翻,可见分支及穿支起自ICA的交通段,并向后方丘脑处延伸,常数支并列,无曲折盘绕。脉络膜前动脉的穿支较后交通动脉偏上外侧,其穿支可供应视束、前穿质、内囊、脉络丛等,平均(9.60±3.80)支。

ICA分叉部向后的"T"形头部穿支分布最为密集,其中A1近端最多见(图5a),发出8.50(5.00,12.00)支,30侧(100%)均有穿支发出至视交叉及前穿质。而M1近端发出0.50(0,3.25)支穿支,较A1近端发出的穿支少(P<0.01),其中有15侧(50.00%)无穿支发出,但M1远端及M2可见大量穿支(图5b、c)。ICA末端发出的穿支则更为少见,发出0(0,0.25)支(图5d),其中23侧(76.67%)无穿支发出。Heubner回返动脉主干及分支常迂曲成襻,供应前穿质大片区域,但未见穿支供应视交叉区域,可为单干9侧(30.00%)、双干13侧(43.33%)、三干6侧(20.00%)。



a:A1近端向前穿质发出穿支;b:M1近端向前穿质发出穿支;c:M1远端发出穿支;d:ICA末端向前穿质发出穿支 RAH:Heubner回返动脉 黄色箭头:分叉发出的穿支

图5 ICA分叉部穿支动脉

3 讨论

3.1 经LOK入路暴露ICA分叉部的优势

LOK入路是在眶上外侧入路基础上的锁孔化改良,国内外诸多学者已证实经该入路治疗前循环动脉瘤是安全有效的[4,10-12]。本研究设计的LOK入路切口大小为4~6 cm,并且切口设计在皮纹及发际内,可达到切口隐蔽、美观的目的。同时,该入路对于颞部肌肉的切开较少,降低了出血风险及肌肉愈合不良的可能。此外,该入路所取骨窗约3.0 cm×2.5 cm,较小的骨窗减少了额颞叶不必要的牵拉[5],且不用磨除蝶骨脊,降低了脑膜中动脉出血风险,缩短了开颅时间[6]。本研究在显微镜下经LOK入路可以良好定位、暴露同侧的床突上段ICA、A1近端、M1近端、Heubner回返动脉、后交通动脉、脉络膜前动脉及其穿支动脉,视野中主要的盲点在ICA分叉下方,但这在翼点入路、眶上外侧锁孔入路也存在,通过适当调整头位可以获得足够的操作空间进行探查。

3.2 ICA分叉部形态特点

ICA分叉部中A1、M1与ICA的直径存在差异,在本研究中M1的直径约为A1直径的2倍,同时A1与ICA的夹角小于M1与ICA的夹角,也就是说A1更加弯曲,这与Gibo等[13]的研究结果基本相符。本研究通过*Pearson*相关性分析发现,A1与ICA的管径比和A1与ICA的夹角无明显线性关系,M1与ICA的管径比和M1与ICA的夹角无明显线性关系,表明较细的A1并不直接导致其更加弯曲,除了解剖因素外,血流动力学因素可能起到关键作用,其中原理需要进一步探索。这也可能是本研究样本量不足导致的误差,或本研究定义的夹角并不能准确反映血管弯曲程度所致。未来可以结合临床影像重建图像、超声多普勒等手段进行多维度的测量与分析。

A1较小的管径使其受到更大的血管壁剪切力,再加上更加小的夹角,两者通过血流动力学可共同影响颅内动脉瘤的发生发展已是共识[14],这些特点使得A1处颅内动脉瘤的发生率更高。目前,国内外的研究认为,颈总动脉分叉及大脑中动脉分叉形态(如管径比、夹角)对斑块形成、卒中发生、颅内动脉瘤的预测具有重要意义[15-19]。以此类推至ICA分叉,ICA分叉部的夹角以及管径在上述方面可能也存在预测价值,可结合影像、解剖、血流动力学对ICA分叉部动脉瘤成因进行分析,这对于ICA分叉部动脉瘤的预防及治疗提供了新思路。

3.3 穿支的特点

本研究发现,ICA分叉的后下方穿支较为密集,ICA末端、A1近端、M1近端均可发出豆纹动脉供应前穿质、内囊等部位,其中A1近端的穿支数量较多且固定出现,供应视交叉和前穿质,M1近端、ICA末端的穿

支数量相对较少且不一定存在,这在相关的解剖文献中也有描述[13,20]。因此,在术中分离瘤颈或行临时阻断时需尽量远离A1近端,通常从M1的远端向近端暴露、探查,再处理A1近端,以避免穿支血管损伤。

本研究观察到ICA分叉上方的Heubner回返动脉通常以单干或双干发出,较其他分支明显粗大,如不能与A1相鉴别,需打开终板池找到其远端的起始部位;虽然Heubner回返动脉通常不会影响颈内动脉分叉部暴露,但LOK入路下操作空间较小,其易被显微器械牵拉挤压,导致内囊缺血,故仍需仔细鉴别。

ICA分叉下方脉络膜前动脉的穿支供应诸多功能区域,有研究发现,在治疗过程中注意保护脉络膜前动脉及其穿支可使脑梗、动脉瘤、烟雾病等患者获益[21],但也有报道显示,脉络膜前动脉的闭塞不一定会引起临床症状[3]。本研究中脉络膜前动脉及后交通动脉的穿支分布集中,且从ICA分叉的下方发出,这些穿支常处于显微镜视野的盲区,操作时容易被损伤,极易导致缺血事件的发生,但在接近分叉的区域通常穿支较少,故操作时需贴近分叉末端[22]。在无法避开穿支的情况下,可通过神经电生理监测及术中造影等辅助手段,选择牺牲对患者影响最小的部分穿支。

综上,LOK入路可以清楚地暴露ICA分叉部的主体结构及穿支,但需结合分叉角度、穿支分布及血管变异特点,优化动脉瘤夹闭方案,在彻底处理病变的同时最大程度降低穿支损伤风险。

[参考文献]

[1] Alfano JM, Kolega J, Natarajan SK, et al. Intracranial aneurysms occur more frequently at bifurcation sites that typically experience higher hemodynamic stresses[J]. Neurosurgery, 2013, 73(3): 497-505. doi: 10.1227/NEU.0000000000000016.

[2] Mahmoud M, Farag A, Farid M, et al. Application of flow diverters in the treatment of aneurysms in the internal carotid artery bifurcation region[J]. Neuroradiol J, 2020, 33(4): 297-305. doi: 10.1177/1971400920924840.

[3] Srinivasan VM, Ghali M, Cherian J, et al. Flow diversion for anterior choroidal artery (AChA) aneurysms: a multi-institutional experience[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(7): 634-637. doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013466.

[4] 张洪伟,刘艾明,李爱民,等. 眶外侧锁孔入路夹闭低分级后交通动脉瘤术中破裂出血的预防与处理[J]. 中华显微外科杂志,2018,41(1):83-86. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2018.01.022.

[5] 刘希光,刘艾明,马草原,等. 眶外侧锁孔入路与常规锁孔入路对于鞍区手术显露的量化对比研究[J]. 中华显微外科杂志,2018,41(5):469-474. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2018.05.013.

[6] 徐进旺,刘希光,李爱民,等. 荧光造影辅助眶外侧锁孔入路夹闭颈内动脉分叉部动脉瘤的疗效分析[J]. 中华神经医学杂志,2021,20(11):1130-1134. doi:10.3760/cma.j.cn115354-20210809-00494.

[7] 杨 华,刘希光,李爱民,等. 单侧眶外侧锁孔入路夹闭双侧颅内动脉瘤的应用解剖研究[J]. 局解手术学杂志,2019,28(12):945-948. doi:10.11659/jjssx.06E019012.

[8] 马草原,刘希光,李爱民,等. 眶外侧锁孔入路颈内动脉眼动脉段的应用解剖研究[J]. 局解手术学杂志,2017,26(12):863-867. doi:10.11659/jjssx.08E017007.

[9] Cho WS, Kim JE, Kang HS, et al. Dual-channel endoscopic indocyanine green fluorescence angiography for clipping of cerebral aneurysms[J]. World Neurosurg, 2017, 100: 316-324. doi: 10.1016/j.wneu.2017.01.042.

[10] Mori K. Keyhole concept in cerebral aneurysm clipping and tumor removal by the supraciliary lateral supraorbital approach[J]. Asian J Neurosurg, 2014, 9(1): 14-20. doi: 10.4103/1793-5482.131059.

[11] La Rocca G, Della PG, Sturiale CL, et al. Lateral supraorbital versus pterional approach: analysis of surgical, functional, and patient-oriented outcomes[J]. World Neurosurg, 2018, 119: e192-e199. doi: 10.1016/j.wneu.2018.07.091.

[12] 刘希光,刘艾明,李爱民,等. 眶外侧锁孔入路显微手术夹闭46例破裂急性期动脉瘤[J]. 中华显微外科杂志,2017,40(4):391-392. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2017.04.024.

[13] Gibo H, Lenkey C, Rhoton AJ. Microsurgical anatomy of the supraclinoid portion of the internal carotid artery[J]. J Neurosurg, 1981, 55(4): 560-574. doi: 10.3171/jns.1981.55.4.0560.

[14] Gao BL, Hao H, Hao W, et al. Cerebral aneurysms at major arterial bifurcations are associated with the arterial branch forming a smaller angle with the parent artery[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 5106. doi: 10.1038/s41598-022-09000-7.

[15] Benlice T, Idil SA, Terzi O, et al. Is the middle cerebral artery bifurcation aneurysm affected by morphological parameters of bifurcation?[J]. Folia Morphol (Warsz), 2021, 80(3): 520-526. doi: 10.5603/FM.a2020.0096.

[16] Zalud NC, Bulusu KV, Plesniak MW. Shear stress metrics associated with pro-atherogenic high-risk anatomical features in a carotid artery bifurcation model[J]. Clin Biomech (Bristol), 2023, 105: 105956. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2023.105956.

[17] Apaydin M, Cetinoglu K. Carotid angle in young stroke[J]. Clin Imaging, 2021, 70: 10-17. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.10.020.

[18] 周存河,崔彩霞,崔慧先,等. 正常中国人双侧大脑中动脉分叉角度测量及其与年龄、性别、侧别的相关性[J]. 中国老年学杂志,2015,25(11):3006-3007. doi:10.3969/j.issn.1005-9202.2015.11.057.

[19] 范文龙,宫希军,王龙胜,等. 大脑中动脉分叉处形态学参数对动脉瘤发生的预测价值[J]. 实用放射学杂志,2022,38(6):871-875. doi:10.3969/j.issn.1002-1671.2022.06.001.

[20] 王守森,章 翔,张发惠,等. 颈内动脉分叉上间隙的显微外科解剖[J]. 中国微侵袭神经外科杂志,2003,8(7):315-317. doi:10.3969/j.issn.1009-122X.2003.07.010.

[21] Yu J, Xu N, Zhao Y, et al. Clinical importance of the anterior choroidal artery: a review of the literature[J]. Int J Med Sci, 2018, 15(4): 368-375. doi: 10.7150/ijms.22631.

[22] Cai Y, Zhang T, Zhao J, et al. Cerebral ischemia after treatment of posterior communicating artery aneurysms: clipping versus coiling[J]. BMC Neurol, 2022, 22(1): 436. doi: 10.1186/s12883-022-02962-1.

(编辑:魏 源)