

·综述 General review·

神经介入术基底动脉显微解剖与成像技术研究进展

陈超, 赵卫

【摘要】 基底动脉是神经介入手术中较常用靶血管, 介入技术不断改进为基底动脉系统疾病诊断和治疗提供了可靠保障。神经介入术是基底动脉多种疾病的首选治疗方案。基底动脉穿支供应脑干、中脑、基底神经节及其内囊结构, 但相关显微解剖特征及影像学文献资料相对缺乏。本文就目前介入手术基底动脉显微解剖及其穿支影像学表现研究现状作一综述。

【关键词】 基底动脉; 动脉瘤; 基底动脉狭窄; 穿支动脉; 显微解剖; 数字减影血管造影
中图分类号: R743.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2018)-04-0390-04

Progress in microsurgical anatomy and imaging technique of cerebral basilar artery in neurointervention CHEN Chao, ZHAO Wei. Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital, Kunming Medical University, Kunming, Yunnan Province 650032, China

Corresponding author: ZHAO Wei, E-mail: kyzyzhaowei@vip.km169.net

【Abstract】 In neurointerventional procedures, the basilar artery has commonly been used as a target vessel. The continuous improvement of interventional techniques has provided a reliable guarantee for the diagnosis and treatment of related diseases of the basilar artery system. For many diseases of basilar artery, neurointerventional management is the therapy of first choice. The perforating branches of basilar artery provide blood supply to brain stem, midbrain, basal ganglia and its internal capsule, but the literature concerning to their microscopic anatomic features and radiographic manifestations have still been relatively lack. This paper aims to make a comprehensive review on the current research progress in the microanatomy of basilar artery and the imaging features of its perforating branches, which are very valuable information in performing neurointerventional procedures. (J Intervent Radiol, 2018, 27: 390-393)

【Key words】 basilar artery; aneurysm; basilar artery stenosis; perforating artery; microanatomy; digital subtraction angiography

近年来, 临床医师发现基底动脉存在很多穿支动脉, 神经介入手术过程中可能会损伤穿支动脉, 导致“雪犁效应”^[1]。即使神经外科手术中应用手术显微镜, 也有损伤这些直径小于 1 mm 穿支血管的风险^[2], 这种损伤可能造成血管永久性损伤。有研究显示穿支血管损伤为椎基底动脉相关手术致残致死的主要原因, 并探讨其影响因素^[3]。目前临床上对基底动脉某些穿支的显微解剖特征仍然未知, 其影像学表现在相关文献报道中也罕有提及。手术前或影像学检查中了解这些穿支颇有价值, 利于理解颅内梗死所致并发症的原因。本文就近年基底动脉显微解剖与影像学表现相关研究作一综述。

1 基底动脉疾病概况

1.1 基底动脉动脉瘤

颅内动脉瘤一般以出血性疾病表示, 后循环动脉瘤可占 15%, 其一半左右均发生于基底动脉^[4]。基底动脉动脉瘤虽整体占比不高, 但破裂出血风险可高达 50%, 且致死致残率明显高于前循环动脉瘤, 2 年内死亡率为 60%, 幸存患者 100% 致残^[5]。某些位置如终末支和分叉处, 或主干血管连接处等的穿支动脉是动脉瘤高发因素, 应予以积极治疗。然而, 此处动脉瘤手术视野不太清晰, 位置较深, 还有许多重要血管和神经结构, 且被颅骨等骨性结构环绕。因此, 此处动脉瘤已成为神经外科很大挑战。据统计, 后循环动脉瘤外科手术相关并发症发生率、死亡率分别为 12.9%、3.0%^[6]。

随着近年神经介入技术不断提高, 国内外研究

报道中较倾向采用介入手术治疗基底动脉动脉瘤,尤其是外科处理较棘手的复杂动脉瘤^[7-9]。但介入手术仍存在一些不可避免的缺陷,如动脉瘤血栓形成、异位栓塞、动脉瘤体积太小、载瘤动脉过于迂曲、微导管难以到达血管远端、造影无法显示细小穿支动脉、引起术后严重并发症等。因此,仍有部分患者需接受神经外科手术,甚至两者结合治疗。无论采用何种治疗方法,临床上均必须弄清楚穿支动脉等解剖结构,避免术中损伤穿支动脉,引起严重并发症。

1.2 基底动脉狭窄或闭塞

缺血性脑卒中在脑血管病中占 86%,后循环缺血占其 20%,引起后循环缺血的主要原因是基底动脉狭窄或闭塞;脑卒中是颅内缺血性疾病的主要代表,其中椎基底动脉系统又占 20%^[10]。基底动脉狭窄患者致死致残率非常高,若未成功治疗可达 80%~95%^[11]。一项随机双盲、多中心“华法林-阿司匹林治疗症状性颅内疾病(WASID)”研究显示,即使口服抗凝或抗血小板药物治疗,基底动脉狭窄患者脑卒中发生率仍达 10.7%。鉴于经典保守治疗预后较差,外科手术风险高且疗效差,临床上一直在探索其它治疗方法。如今,神经介入治疗基底动脉狭窄成为极具前景的治疗方法。Sundt 等^[12]于 20 世纪 80 年代完成首例基底动脉狭窄球囊成形术,但因术后面临诸多并发症等,临床上未能广泛开展。目前多主张支架植入术治疗基底动脉狭窄。Derdeyn 等^[13]报道高风险颅内动脉狭窄患者支架植入与药物治疗的对比结果,近期支架植入患者受益均高于单纯药物治疗。神经介入治疗与外科手术相比致死致残率较低,逐渐受到临床认可。Hatano 等^[14]报道神经介入治疗 44 例颅内椎-基底动脉狭窄患者,平均狭窄率由术前 83%降至术后 23%,术后 30 d 脑卒中发生率和病死率仅为 2.3%,术后 6 个月再狭窄率为 20.4%,出现再狭窄症状患者均顺利接受二次支架植入术或球囊血管扩张术。

然而,作为一项尚处于探索阶段的新技术,颅内支架植入术后出现的并发症仍急需解决。例如基底动脉有很多为脑干供血的细小穿支动脉,DSA 上很难显示,术中可能会因“支架封堵”“雪梨效应”等作用^[1,15]引起穿支动脉损伤,导致即刻脑干缺血梗死,出现严重临床症状。因此,术中保护穿支动脉特别重要。

2 基底动脉显微解剖

基底动脉的穿支动脉供应很重要的脑干、中脑、基底神经节及内囊结构^[16],但相关教科书和文献中对脑干动脉,尤其是穿支动脉的描述均较简单。近期国外曾有基底动脉模型研究报道^[17]。

大脑后循环的核心是基底动脉,在脑桥延髓交界处由椎动脉汇合而成,经脑桥腹侧面向上,向上走行过程中直径慢慢变细,并同时向左或右弯曲,多为单弯,年龄增加同时弯曲也增多,且起始部位有逐渐上移趋势,行至脚间窝水平向左右分出大脑后动脉^[18-20]。由下往上依次发出大分支——小脑前下动脉、小脑上动脉、大脑后动脉,分别供应脑干、小脑和大脑后部。

2.1 基底动脉尾部穿支动脉

基底动脉整体发出很多穿支,术中一旦损伤,引起并发症通常较重。一般分为尾部、主干和头部三组。尾部后壁发出一组动脉,平均为 4 支,称为盲孔支,贴其后壁走行进入延髓盲孔;盲孔支与椎动脉末端、脊髓前动脉分支动脉共同组成前组动脉,前组动脉又分为前内、外侧动脉两组,大多数前内、外侧动脉共干或源于前内侧动脉,延髓腹侧由它们共同供应,而脑桥与延髓交界处中央结构同时也由盲孔支供应,细小分支在这之前常降至延髓前正中裂。尾部两侧常发出短旋支,平均 1~2 支,向下外侧走行,至桥延沟时会翻过此结构,到达外侧隐窝上部,最后进入延髓,供应延髓外侧,在此与小脑前下动脉等其它动脉分支组成外侧组。外侧组有丰富吻合的血管网,位于外侧隐窝处,有时较粗,可成为主干交通支。延髓背侧基底动脉穿支参与较少。

2.2 基底动脉干及头端穿支动脉

基底动脉近端和中间部分主要在尸体灌胶后可观测到,神经外科学和影像学文献上未见对比性描述。

中央支与旁正中支、长旋支与短旋支是基底动脉干的两组主要穿支,有关脑桥网状结构、神经核团和内侧丘系由它们供应。中央支与旁正中支一般平均为 4 支,起自基底动脉后外侧壁,呈直角或是稍向尾侧发出,走行过程中会在基底动脉沟侧分出细支,两侧很少有吻合,直接向通过脑桥并延至第 4 脑室底部,由此供应脑桥腹侧。短旋支一般也平均 4 支,与旁正中动脉共干或直接起于基底动脉背外侧壁,上部较为水平,下部倾斜向外下走行,与小脑前下、上动脉的脑桥支组成外侧组,相互吻合于三叉神经腹内,由此供应脑桥外侧,其中小脑前

下动脉会在前外侧支桥臂伴发出 2~5 支脑桥支。大部分人无小脑下中动脉,若有也会发出分支至脑桥,共同供应脑桥外侧下区。然而在三叉神经根后方,小脑上动脉脑桥支会返至此,由此供应脑桥外侧后方区域,同时和外侧组其它动脉支相互吻合,此处通常有 2~4 支脑桥支。在三叉神经根周围,可见脑桥外侧下区供应血管,与前区和后区供应血管在此吻合。这些穿支相互吻合,可某种程度上代偿脑缺血症状,不易发生缺血。Djulejic 等^[21]研究也证实侧支吻合几乎涉及所有穿支动脉。脑桥背侧血供主要由小脑上动脉外侧支脑桥背侧分支、长旋动脉、中脑外侧支组成的中脑下外侧吻合血管提供。长旋动脉直接起于基底动脉上段侧壁或与旁正中动脉共干,1~2 支占 85%,15%由小脑上动脉发出,绕脑桥腹侧上部向外后走行,常分细支于脑桥外侧后区,穿入脑桥,与小脑上动脉桥支吻合,终支分布至结合臂。有学者研究提示,基底动脉干左右穿支动脉数量无明显差异^[20,22]。总之,脑桥大部分即腹、背侧和外侧,由基底动脉干穿支主供,同时小脑前下、上动脉也参与供应脑桥外侧、背侧和小脑,但通常将它们视为基底动脉长旋支。关于基底动脉头端,后交通和小脑上动脉以及脚间池处分出的双侧大脑后动脉一起形成脚间窝支,后交通和小脑上动脉发出穿支供应丘脑,相关文献对此已有详尽报道,在此不赘述。前两者于头端和起始部发出 2~5 支和 1~2 支穿支动脉,互相吻合一起传入脚间窝,由此供应部分腹侧中脑。鉴于中脑其它位置血供与基底动脉本身发出的穿支动脉关系不大,便不逐一介绍。有学者研究报道,许多穿支血管症状均于脑干、间脑、中央半球区域梗死后出现^[23]。

3 基底动脉穿支影像学及术前预防

穿支动脉众所周知,然而影像学检查并不能很可靠地显示这些潜在的侧支循环,因为这些穿支直径约为 383 μm ,CTA 或 MRA 很难显示。穿支动脉闭塞所致颅内梗死中,小的穿支闭塞可能引起 2~15 mm 腔隙性梗死,较大穿支闭塞可能导致脑实质广泛缺血灶,这在 MRI 上可予观测^[24]。DSA 为血管性疾病临床诊断金标准。基底动脉穿支显示的主要证据在于血管中注入对比剂后,可直观观察到血管内具体情况,如血管代偿和血流方向等。但 DSA 检查受对比剂剂量影响,可引起不完全显影或延迟显影;造影机本身对小穿支分辨率限制等因素,使得对解剖特征细节显示产生一定困难;现有文献报道

中很少有 DSA 描述穿支动脉情况,且该项检查费用昂贵^[25-27]。

临床上基底动脉穿支一旦损伤,即引起严重症状。Saba 等^[28]、Batty 等^[29]报道,患者心脑血管事件发生与问题血管管壁特征及其临床症状密切相关。因此,如何通过 DSA 显示穿支动脉值得研究。近年来,新一代造影设备能某种程度上检测出小的脑桥动脉的主要解剖特征。Kang 等^[30]采用高磁场 MRI 即可发现类似血管。最新一代 DSA 系统具备更高空间分辨率,其 2 K 图像具有 2 480×1 920 像素,平板探测器阵列为 32 cm×32 cm,像素大小甚至可达 308 μm ×308 μm ,间距小至 154 μm ×154 μm ,且在 3 D 旋转造影和重建技术上扫描延长至 5 s,可在自动旋转下获得 133 帧对比增强图像,而扫描平均有效剂量仅为 0.9 mSv。一些研究显示,高分辨率模式下平板探测器空间分辨率可为 3.01 p/mm 或 1.51 p/mm^[31]。3D 旋转造影所获原始图像通过后处理工作站分析,可实现容积再现(VR)、多平面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)等。通常 MPR 层厚为 0.1 mm、MIP 层厚为 6~10 mm、双色窗技术和阈值调整 VR,均可用于小血管分析。Lescher 等^[32]研究显示 3D 旋转造影及其重建与常规造影相比,能更好更早地显示长短旋动脉和脑桥穿支动脉,患者所受辐射剂量更低。

显示更小的脑桥穿支动脉要求更薄层厚,约为 3 mm,而 MPR 层厚可更好地显示基底动脉小分支基本解剖结构,这是因为这些穿支一般走行向下弯曲,朝向脑桥,采用更厚层重建反而引起小血管造影空间分辨率下降,一些小血管无法从重叠中显示出并正确分布。同样在 VR 技术中,通过个性化阈值水平调整可提高图像处理能力,这对穿支动脉显示提供了更大可能性。因此,相比 2K 图像单帧系列,3D 旋转造影连续采集可提供更多可靠的血管图像,3D 重建能使更小穿支从重叠中显影。Lescher 等^[32]研究显示,3D 旋转造影及其重建能够有效显示脑干穿支血管,旋动脉和穿支动脉间侧支循环通路偶尔会检测到。未来在支架植入术前和动脉瘤治疗前,通过基底动脉穿支影像学数据评估治疗风险很有必要。

[参考文献]

- [1] Lylyk P, Vila JF, Miranda C, et al. Endovascular reconstruction by means of stent placement in symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis[J]. *Neurol Res*, 2005, 27(Suppl 1): S84-

- S88.
- [2] Zhu W, Liu P, Tian Y, et al. Complex middle cerebral artery aneurysms: a new classification based on the angioarchitecture and surgical strategies[J]. *Acta Neurochirurg*, 2013, 155: 1481-1491.
- [3] 高亦深, 韩永刚, 孙明阳, 等. 基底动脉中段支架术后穿支动脉闭塞的相关研究[J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23: 933-936.
- [4] Ding D, Starke RM, Jensen ME, et al. Perforator aneurysms of the posterior circulation: case series and review of the literature [J]. *J Neurointerv Surg*, 2013, 5: 546-551.
- [5] Lindner SH, Bor AS, Rinkel GJ. Differences in risk factors according to the site of intracranial aneurysms [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2010, 81: 116-118.
- [6] Tykocki T, Kostkiewicz B. Aneurysms of the anterior and posterior cerebral circulation: comparison of the morphometric features[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014, 156: 1647-1654.
- [7] Higa T, Ujiie H, Kato K, et al. Basilar artery trunk saccular aneurysms: morphological characteristics and management [J]. *Neurosurg Rev*, 2009, 32: 181-191.
- [8] 秦尚振, 马廉亭, 徐国政, 等. 颅内动脉瘤治疗十年回顾 (附 1372 例治疗及随访)[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2012, 17: 1-4.
- [9] 黄巧华, 戴兵, 姚润伟, 等. 血管内介入治疗基底动脉顶端动脉瘤 26 例体会[J]. *中国实用医药*, 2015, 10: 107-108.
- [10] Culafic S, Lakicevic N, Mihajlovic M, et al. Stenting for symptomatic high-grade basilar artery stenosis[J]. *Vojnosanit Pregl*, 2009, 66: 744-748.
- [11] Delgado Acosta F, Jimenez Gomez E, de Asis Bravo Rodriguez F, et al. Vertebrobasilar recanalization techniques before the placement of stent-retrievers: reopening is not synonymous with good outcome[J]. *Radiologia*, 2014, 56: 44-51.
- [12] Sundt TM Jr, Smith HC, Campbell JK, et al. Transluminal angioplasty for basilar artery stenosis[J]. *Mayo Clin Proc*, 1980, 55: 673-680.
- [13] Derdeyn CP, Chimowitz MI, Lynn MJ, et al. Aggressive medical treatment with or without stenting in high-risk patients with intracranial artery stenosis (SAMMPRIS): the final results of a randomised trial[J]. *Lancet*, 2014, 383: 333-341.
- [14] Hatano T, Tsukahara T. Endovascular treatment for intracranial vertebrobasilar artery stenosis[J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2014; 119: 83-89.
- [15] Masuo O, Terada T, Walker G, et al. Patency of perforating arteries after stent placement? A study using an in vivo experimental atherosclerosis-induced model[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26: 543-548.
- [16] Djulejic V, Marinkovic S, Malikovic A, et al. Morphometric analysis, region of supply and microanatomy of the lenticulostriate arteries and their clinical significance[J]. *J Clin Neurosci*, 2012, 19: 1416-1421.
- [17] Rayz VL, Abla A, Boussel L, et al. Computational modeling of flow-altering surgeries in basilar aneurysms[J]. *Ann Biomed Eng*, 2015, 43: 1210-1222.
- [18] 李晖, 刘怀军, 李静武, 等. 基底动脉的活体解剖学[J]. *解剖学报*, 2011, 42: 137-140.
- [19] 卢云, 张奎启, 王福. 椎基底动脉应用解剖学研究[J]. *大连医科大学学报*, 2004, 26: 183-186.
- [20] 李靖武, 刘怀军, 李晖, 等. 基底动脉形态学及其临床意义[J]. *脑与神经疾病杂志*, 2010, 18: 343-346.
- [21] Djulejic V, Marinkovic S, Milic V, et al. Common features of the cerebral perforating arteries and their clinical significance [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157: 743-754.
- [22] 邢晓锋. 基底动脉的显微解剖及临床应用的研究[D]. 天津医科大学, 2013.
- [23] Mugikura S, Kikuchi H, Fujii T, et al. MR imaging of subcallosal artery infarct causing amnesia after surgery for anterior communicating artery aneurysm[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35: 2293-2301.
- [24] Choi HY, Yang JH, Cho HJ, et al. Systemic atherosclerosis in patients with perforating artery territorial infarction[J]. *Eur J Neurol*, 2010, 17: 788-793.
- [25] 汤建军, 王晓平. 基底动脉闭塞研究进展[J]. *内科理论与实践*, 2012, 7: 126-128.
- [26] Pai BS, Varma RG, Kulkarni RN, et al. Microsurgical anatomy of the posterior circulation[J]. *Neurol India*, 2007, 55: 31-41.
- [27] Pais D, Arantes M, Casal D, et al. Brain stem arteries in canis familiaris - implications in experimental procedures[J]. *Braz J Morphol Sci*, 2009, 26: 8-11.
- [28] Saba L, Anzidei M, Sanfilippo R, et al. Imaging of the carotid artery[J]. *Atherosclerosis*, 2012, 220: 294-309.
- [29] Batty JA, Subba S, Luke P, et al. Intracoronary imaging in the detection of vulnerable plaques[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2016, 18: 1-12.
- [30] Kang CK, Park CA, Kim KN, et al. Non-invasive visualization of basilar artery perforators with 7T MR angiography[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 32: 544-550.
- [31] Kyriakou Y, Struffert T, Dorfler A, et al. Basic principles of flat detector computed tomography (FD-CT)[J]. *Radiologe*, 2009, 49: 811-819.
- [32] Lescher S, Samaan T, Berkefeld J. Evaluation of the pontine perforators of the basilar artery using digital subtraction angiography in high resolution and 3D rotation technique [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35: 1942-1947.

(收稿日期:2017-05-24)

(本文编辑:边 倍)