

· 综 述 General review ·

颈内动脉的功能解剖及覆膜支架应用的可行性探讨

王永利, 李明华

The functional anatomy of internal carotid artery and the possible utility of intracranial covered stent in ICA to treat vascular diseases

WANG Yong-li, LI Ming-hua. Department of Intervention, Sixth People's Hospital, Jiaotong University Shanghai 200233, China

【Abstract】 It is difficult to treat the internal carotid arterial (ICA) wall disease between C2 to C7 segment (the definition of ICA by E. Bouthillier, 1996) with present interventional radiological measurements, including pseudoaneurysm, giant or wide neck aneurysm and complicated carotid cavernous fistula. Some literatures have reported a few cases treated with coronary covered stent (e.g. Jomed coronary stent, Symbiot coronary stent), with favorable results. However, these kinds of coronary covered stents are too rigid, with uneasiness to pass through in tortuous ICA, and often resulting in injury of vascular wall. The utility of covered stent in intracranial artery also caused controversies of exclusion of origins of arterial branches. We analyzed the functional anatomy of ICA and reviewed our experimental results and primarily clinical application on professional intracranial covered stent with special designed structure and delivery system for ICA, in order to explore the possibility of utility of covered stent in intracranial arteries. (J Intervent Radiol, 2005, 14: 545-550)

【Key words】 Professional intracranial covered stent; Internal carotid artery; Aneurysm; Carotid cavernous fistula

覆膜支架用于颅段颈内动脉的病变,是医学界一直关注的问题。将冠脉支架加载膜性材料(覆膜支架)后用于颅内段颈动脉血管病变的治疗,近年来,国外已有个案报道¹⁻³。颈内动脉的颅段走行在骨性结构中,迂曲而且发出许多分支动脉,因此,有必要在深入了解颈内动脉功能解剖的基础上,再对覆膜支架在颈内动脉中使用的可行性进行探讨。

一、颈内动脉的功能解剖

(一)颈内动脉分段法的演变 在脑血管造影中,我们描述颈内动脉、大脑前动脉和大脑中动脉的解剖位置时,通常采用 Fischer 提出的 5 段数字分段法(1938 年)。该分段法是从颈内动脉终点开始,以 1~5 数字顺序标记这 3 支血管。大脑前、中动脉分别为 A1~A5 和 M1~M5,颈内动脉为 C1~C5。大脑前、中动脉的序号是顺血流方向排列的,而颈内动脉的序号则是逆血流方向的。

随着显微神经外科的发展,临床上逐渐显示出 Fischer 分段法使用的不便。除上面提到的这个分段法中颈内动脉是按逆血流方向编序以外,该分段法未考虑到颈内动脉在通过岩骨、海绵窦、床突这些特殊解剖空间的关系,因而在解剖学上看,这个分段法的各段分界缺乏明确的标志,对外科手术提供的信息有限。1981 年, Gibo 等把颈内动脉从颈总动脉分

叉起到颈内动脉的颅内终点,顺血流以数字标志分为 4 段(C1~C4),但该分段法忽视了床段,将岩段与破裂孔段合为一段。1987 年, Lasjaunias 等提出了顺血流方向以 C1~C6 标记颈内动脉。这个分段法虽然提出了床段,但忽略了颈内动脉周围的解剖关系。1993 年, Fukushlman 将 Fischer 提出的 5 段增加一个 C6 段(岩段),弥补了 Fischer 分段的不足,但仍未注意颈内动脉周围的重要解剖关系。1996 年, Bouthillier 等⁴提出新的分段法,以数字(C1~C7)顺血流方向标记颈内动脉全程,并考虑到对神经外科具有重要意义的颈内动脉周围解剖。该分段法各段的解剖分界明确,共分为 7 段: C1 颈段(s. cervical), C2 岩段(s. petrous), C3 破裂(孔)段(s. lacerum), C4 海绵窦段(s. cavernous), C5 床段(s. clinic), C6 眼段(s. ophthalmic)和 C7 交通段(s. communicating)。

(二)颈内动脉新分段法(Bouthillier 分段法)

除 C1 走行于颈部,归于颈段外;余各段或走行于颅底骨性结构内、或位于颅内,通称为颅段颈内动脉。

1. C1 颈段:颈段起于颈总动脉分叉水平,终止于颈动脉管颅外口。这段颈内动脉同位于其外侧的颈内静脉和后外侧的迷走神经共同位于颈动脉鞘内。在鞘内,颈内动脉周围绕以含脂肪的结缔组织。静脉丛和节后交感神经。这个颈动脉鞘是由椎前筋膜折叠形成的。在头侧,在颈内动脉进入颈动脉管水平,鞘分为 2 层。内层延续为颈动脉管的骨膜;外层延续为颅底颅外骨膜。颈段几乎不发出分支动

作者单位:200233 上海交通大学附属第六人民医院 介入影像科

通讯作者:李明华

脉,较少见到原应起源于颈外动脉的一些迷走动脉或胚胎期残留动脉,如咽升动脉主干或分支,甲状腺上动脉,枕动脉,脑膜后动脉,永存舌下动脉,永存镫骨动脉和前环椎间动脉-I型。

2.C2岩段:这段颈内动脉位于颈动脉管内,起于颈动脉管颅外口,终止于破裂孔后缘。岩段颈内动脉在颈动脉管骨膜内行走,周围绕以结缔组织、静脉丛和节后交感神经。岩段按其行走方向可分为3部:垂直部、弯曲部(颈内动脉后弯)和水平部(向前、向内行走)。C2段常发出3个分支动脉:颈鼓室动脉,翼管支和骨膜支,罕见原始三叉动脉和原始听动脉。①颈鼓室动脉起自岩骨颈动脉管垂直段末端,进入鼓室。与脑膜中动脉的分支鼓室上动脉,颌内动脉的分支鼓室前动脉,咽升动脉的分支鼓室下动脉及枕动脉的分支茎乳突动脉存在广泛的吻合;②翼管支起于颈内动脉进入翼管供应相应区血运,与颌内动脉的分支-翼管动脉吻合;③原始三叉动脉是颈内动脉-基底动脉吻合支的胚胎残余动脉血管造影出现率为0.1%~0.2%。原始听动脉自岩段发出,在内听道伴面神经及听神经走行。

3.C3破裂(孔)段:破裂孔并非单一的孔道,而是由2部分组成:颅外骨膜上的一个孔和一个垂直管道。后者由破裂孔周围的骨结构和纤维软骨构成。破裂段起于颈动脉管末端,动脉越过孔部,但不穿过这个孔,在破裂孔的垂直管内上升,向着海绵后窦,止于岩舌韧带上缘。岩舌韧带是颈动脉管骨膜的延续,联结前方蝶骨小舌和后方的岩尖之间。此韧带以远,颈内动脉进入海绵窦。破裂段颈内动脉四周为结缔组织、静脉丛和节后交感神经。C3段常发出破裂孔返动脉:自颈内动脉破裂段前壁发出向下内行走,与咽升动脉吻合,血管造影很少显示。

4.C4海绵窦段:此段始于岩舌韧带上缘,止于近侧硬膜环。这段颈内动脉主要行走于海绵窦内,四周为结缔组织、脂肪、静脉丛和节后交感神经。海绵窦段按其行走方向可分为垂直部、后弯、水平部和前弯。近侧硬膜环是由前床突的内、下面骨膜结合形成的,该环不完整地围绕着颈内动脉。颈内动脉海绵窦段分别发出脑膜垂体干,海绵窦下外侧面干和包膜动脉:①脑膜垂体干起源于海绵窦段水平部或弯部,有3个主要分支:小脑幕缘支:沿小脑幕缘向后外侧行走至切迹顶;斜坡支:向内、后方行走,供应斜坡和鞍背;垂体下动脉:向前内侧行走至垂体沟,供应垂体后叶、蝶鞍和海绵窦的硬膜。两侧的脑膜垂体干均有丰富的吻合;②海绵窦下外侧面干:起于颈

内动脉鞍旁下外侧面,主要供应海绵窦内颅神经和硬膜的血运,主要分支为圆孔支,供应三叉神经血运,并与眼动脉、颌内动脉、脑膜副动脉和脑膜中动脉有广泛的吻合;③包膜动脉:由颈内动脉内侧壁发出,血管造影很难显示,主要供应蝶鞍前壁的硬脑膜。

5.C5床段:此段起于近侧硬膜环,止于远侧硬膜环。床段长约4~6mm,斜行于外侧前床突和内侧颈动脉沟之间,呈楔形。一些学者认为该段位于海绵窦外上,另些认为位于海绵窦内。还有学者提出,把床段划在海绵窦外或者在海绵窦内都不适合,但海绵前窦的静脉丛常可通过不完整的近侧环伸入到床段四周。但可以肯定地说,床段C5属于硬膜外结构。

6.C6眼段:该段起于远侧硬膜环,止于后交通动脉起点的紧近侧。颈内动脉穿过远侧硬膜环后,即进入硬膜内,因此远侧硬膜环是颈内动脉硬膜内、外部分的分界线。这段颈内动脉常发出2支重要动脉,即眼动脉和垂体上动脉。在颈内动脉穿过远侧硬膜环的内侧,有时可形成一个小的硬膜囊或隐窝,为硬膜内间隙的扩展,其尖端指向海绵窦这个硬膜隐窝称之为颈动脉窝。此段发出眼动脉和垂体上动脉。眼动脉是出海绵窦的第一分支,一般自颈内动脉内侧发出,变异时可从脑膜中动脉发出。眼动脉常分为眼组(视网膜中央动脉、睫状动脉),眶组(泪腺动脉、眼肌动脉)和眶外组(筛前、后动脉、滑车上动脉、鼻背动脉和眶上动脉)。眼动脉ECA的分支有丰富的吻合支:眶上动脉-脑膜中动脉;鼻背动脉-面动脉;泪腺动脉-颞前深动脉(颌内动脉);筛前动脉-蝶腭动脉(颌内动脉)。垂体上动脉:在眼动脉至后交通动脉之间,颈内动脉后内侧发出1~7支穿支,造影不易显现。主要分布于垂体柄、视交叉、乳头体前区和视束,与对侧同名动脉吻合。

7.C7交通段:交通段起于紧靠后交通动脉起点的近侧,止于颈内动脉分叉处。此段颈内动脉依次发出后交通动脉和脉络膜前动脉。后交通动脉起于颈内动脉交通段,与大脑后动脉的最近端吻合,构成Willis环的外侧面,有时缺如。其上、外侧面发出4~12支穿支动脉,供应下丘脑后部、前部、底部和内囊后支。当其粗大时在其起始部可形成漏斗状扩张,易误诊为动脉瘤,如其直径 ≤ 3 mm,应视为正常,最主要的吻合支是基底动脉-大脑后动脉。脉络膜前动脉从颈内动脉交通段后壁发出,起源与后交通动脉起始相近,在鞍上池和脚间池内向后行走,

从外向内跨越视束走向外侧膝状体,经脉络膜裂入侧脑室下角向脉络丛供血,与大脑后动脉发出的脉络膜后动脉相交通。

二、颅段颈内动脉应用覆膜支架的可行性探讨

(一)覆膜支架在颅段颈内动脉病变中应用的意义及临床价值 发生于颅段颈内动脉的常见病变有动脉瘤(AN)、颈内动脉海绵窦瘘(CCF)、硬脑膜动静脉瘘(DAVF)、医源性颈内动脉破损,包括鼻咽癌放疗后、脑垂体瘤切除术后、中耳切开术后等。其中颅段颈内动脉动脉瘤,约占颅内动脉瘤的 40%,多数为难治性动脉瘤,如巨大囊性动脉瘤、梭形动脉瘤、夹层动脉瘤、宽基动脉瘤和假性动脉瘤等。此外,外伤性颈部 AVF,复杂型颈内动脉海绵窦瘘,放疗后或手术所致医源性颈内动脉损伤等,都是目前外科和介入治疗较为棘手的血管病变。

尽管目前有许多较成熟的血管内微创治疗技术和品种繁多的栓塞材料,如支架(Neuroform)辅助的弹簧圈栓塞、球囊辅助的液体(Onyx)栓塞或单纯球囊栓塞,但对颅段颈内动脉的巨大宽颈囊性动脉瘤、CCF、假性动脉瘤、梭形动脉瘤和高流量的 AVF,这些技术很难获得理想的治疗效果。此外,国内多数患者难以承受神经介入治疗的巨额费用。这均说明覆膜支架治疗颅段颈内动脉病变有其研究价值。

下列情况进一步说明覆膜支架有其研究价值:医源性的颅段颈内动脉海绵窦部创伤常表现为 CCF 和假性动脉瘤,出现在经蝶窦入路垂体瘤切除术(TSS)后。Raymond 等^[5]报道 10% 的 TSS 手术损伤颈内动脉,24% 患者发生显著的 CCF。当手术涉及到中耳或颞骨病变时,如鼓膜切开术,手术入路容易造成颈内动脉损伤,形成颈内动脉动脉瘤。这类医源性颅段颈内动脉创伤,尤其假性动脉瘤,表现为急性大出血,口咽填塞止血无效时,外科修补更困难,采用弹簧圈栓塞颈内动脉缺口常堵塞内耳道,使听力丧失,再就是假性动脉瘤无正常瘤壁支撑,使治疗失败,不得已选择颈内动脉结扎或颈内动脉闭塞。另一种医源性的颈内动脉损伤来自鼻咽癌的放疗,照射野大范围涵盖颅底段的颈内动脉,大剂量的射线造成颈内动脉延迟变性,血管壁脆性增加,血管周围岩骨和软组织坏死或缺失。血压波动或外伤等常导致颈内动脉破裂,形成假性动脉瘤。破口周围以及假性动脉瘤壁没有正常组织支撑,弹簧圈和球囊不能在瘤腔内停留。Auyeung 等^[6]报道的个案中,鼻咽癌放疗后大出血的患者使用覆膜支架后,CT 随访和鼻咽镜检查均显示部分覆膜支架裸露于口咽腔

内。上述原因造成的动脉损伤或破裂,病情危急、凶险,术者难于从容进行颈内动脉的闭塞试验、神经功能缺失评估和支架辅助下的弹簧圈栓塞,因此,无闭塞试验和神经功能评估的颈内动脉球囊闭塞或结扎术难于避免与此相关的并发症,甚至某些能够耐受闭塞试验的患者,在接受颈内动脉闭塞术后仍有 5% ~ 25% 患者出现脑缺血性的并发症^[7,8]。

溃疡形成的动脉粥样硬化性颈内动脉狭窄,裸支架成形术后,源于栓子脱落造成的同侧神经功能缺失时有发生,原因在于新鲜、活动性血栓或软斑块经支架金属丝压裂成碎片,透过支架网孔疝入血管腔。Barbaros 等^[9]使用冠脉覆膜支架,治疗 3 例溃疡性颈内动脉狭窄。随访 6 个月,未发生任何神经功能缺失症状,血管造影,溃疡消失,未见支架内再狭窄;MR 弥散加权成像,颅内未见任何新的梗死灶。

由此可见,覆膜支架能直接隔离动脉瘤,遮盖 CCF 瘘口和 DAVF 供养动脉开口,以及治疗其他类型的颅段颈内动脉病变,保持载瘤动脉通畅,恢复病变区域正常的血流动力学,使前述复杂的病理结构内血栓形成、机化,病变自行闭塞。

(二)颅段颈内动脉应用覆膜支架的解剖学基础 覆膜支架在颈内动脉内应用时可能引发的最大争议在于不可避免地覆盖掉一些颈内动脉的分支动脉,由此带来潜在的并发症。但颈内动脉解剖特征有别于基底动脉:C1 ~ C7 段范围内重要分支动脉少;颈内动脉各段的分支动脉与颈外动脉的分支或对侧同名动脉存在侧支吻合。即使由于客观或人为因素,导致覆膜支架遮盖了分支动脉的开口,也不会出现严重并发症。

颈部和颅脑的解剖学结构特征或血管病理特征决定了颈内动脉的病变好发于 C1 和 C2 的起始部、C3、C4 移行部、C4(水平段)、C6 眼动脉起始部和 C7 的后交通起始部等。颈内动脉起始为血液涡流好发部,常导致动脉粥样硬化斑块和溃疡等病理改变,形成症状性动脉狭窄。C1 也是穿通伤(颈 AVF)的好发部。外伤过程中,巨大的前后冲击力造成软组织和骨性结构非同步运动,常导致颈内动脉在与骨结构交界处(C2 的起始部)的撕裂或挫裂伤。颈内动脉紧邻手术路径或在手术野内,医源性的假性动脉瘤或 CCF 常发生于 C2 段、C3 ~ C4 移行部或 C4(水平)段。根据颅内动脉瘤形成的理论:动脉分叉移行处容易受血流冲击形成动脉瘤,眼动脉和后交通动脉是颈内动脉上较大的分支,因此 C6 段和 C7 段起始处常形成眼动脉段动脉瘤和后交通动脉瘤。这些

部位颈内动脉呈相对的线性走行,应用覆膜支架时,对其贴壁性能要求相对较低。

(三)颅段颈内动脉应用覆膜支架的实验结果 现有的支架柔顺性差,多数情况下支架难于顺利通过颅底、颅内的血管弯曲或骨性管道到达特定靶区,膜性材料致栓率也较高,因此,覆膜支架能否在颈内动脉内应用取决于支架的结构、材料和膜材料的不断研发。至今能够进入颅内动脉的支架仅为比较柔软的冠状动脉支架如 AVE Meditronic, Palmaz - Schatz 等, Boston 公司的颅内动脉支架 (Neuroform™ Microdelivery Stent System), BALT 公司最新上市的两款颅内支架 (BOA-Platinum 和 LEO) 以及微创 (上海) 医疗器械公司新近推出的颅内专用支架 (Apollo) 等。尽管上述研发仅局限于裸支架,但仍为颅内覆膜支架的研究提供了可借鉴的经验和技术。目前,国外所报道病例中颅内动脉的覆膜支架多数是采用膜材料加载在 Jomed Jostent 或 Symbiot 冠脉支架上制作而成^[10,11]。本课题组和协作单位的研究使支架的材料和结构均显著区别于冠脉支架,冠脉支架和第一代颅内覆膜支架均采用 316L 不锈钢管经激光雕刻而成,金属覆盖率高。金属携带正电荷,血小板及其他血细胞成分带负电荷,金属覆盖率越高血栓形成的概率越高。第二代颅内覆膜支架采用钴铬合金管,同样经激光雕刻成形,但在获得相同径向支撑力的状况下,第二代产品较之冠脉支架和第一代覆膜支架的金属覆盖率更低,而且,钴铬合金比之不锈钢有更好的耐腐蚀性和组织相容性。第二代覆膜支架在结构上也进行了微调,如节点连接和节段形态的调整使其柔顺性显著优于冠脉支架和第一代颅内覆膜支架。在降低血栓形成的同时,覆膜支架越过颈内动脉的颅底两个骨性结构 (颈动脉管和破裂孔) 和颅底、颅内 4 个生理弯曲 (C2, C3, C4 和 C5 弯段) 到达 C7 段的可能性显著增加。

覆膜支架的膜性材料可分为高分子合成材料和生物性材料,其中合成材料又可分为非降解性和可降解性。非降解性膜有尼龙膜、真丝编织膜、涤纶、聚酯、聚氨基甲酸乙酯、聚四氟乙烯 (PTFE) 和可膨胀聚四氟乙烯 (ePTFE); 可降解材料包括聚己酸内酯 (PCL)、聚羟基乙酸 (PGLA)、聚乳酸和聚羟基丁酸戊酯 (PHBV)。实验和临床结果显示多数合成膜和可降解膜的生物相容性差,具有致炎性和致栓性,刺激血管内膜过度增生,引起管腔狭窄。近年来,可膨胀聚四氟乙烯作为膜性材料已获得了相对良好的生物相容性,有报道该材料制成的覆膜支架在冠脉内应

用后,血管再狭窄发生率与裸支架无显著差别,均为 24% ~ 28%^[12]。生物膜取材于自体静脉或经过去细胞、脱抗原处理后的猪网膜静脉或猪小肠粘膜下层 (SIS), 有更好的组织相容性,实验显示由生物膜制成的覆膜支架血栓形成率低于高分子膜构成的覆膜支架。

采用 ePTFE 膜整合至 316L 不锈钢及钴铬合金支架上,所制成的颅段颈内动脉第一、二代覆膜支架不但能够顺利通过体外颈内动脉弯段 (C3 ~ C6 段) 的立体模型,而且在模拟颈内动脉虹吸段的犬体内模型中顺畅到达动脉远端,颅内覆膜支架的柔顺性足以使其顺利越过迂曲的颈内动脉,应用于 C2 ~ C7 间任何一段血管病变。

(四)覆膜支架在颅段颈内动脉病变中的临床治疗结果 已知覆膜支架治疗颅段颈内动脉病变的病例有 60 例左右,多数为个案报道,最大的一组病例报道是 Isil 等^[13] 的“24 例 (25 枚支架) 颈内动脉动脉瘤覆膜支架治疗后的中短期随访”。支架释放后立即血管造影和随访结果均表明,覆膜支架治疗 AN 或 AVF 瘘口能够获得理想的封堵效果,除 1 例动脉瘤在覆膜支架端缘呈囊状复发外,其余 AN 囊腔不再有造影剂充盈,梭形 AN 的载瘤动脉恢复正常的血管外形。个别病例术后即刻造影 AN 仍有少量显影,其原因一为 AN 没有完全被覆膜支架遮盖,但术后长期血管造影随访 AN 不再显影,主要是覆膜支架对血管再塑型后,恢复了血管内的正常血流动力,血液在已塑型的动脉内流动,血栓能够在 AN 腔内逐步形成;二为血管远、近端的管径不一致,远端血管直径显著小于近端血管直径,现有的最大直径 (4 mm) 冠脉覆膜支架置放后,支架近端不完全贴壁,血流通过支架近端显影 AN。尽管如此,支架释放后,对支架的不同部位施加不同的球囊充盈压,仍然能够闭塞 AN。Blasco 等^[14] 治疗 1 例颈内动脉巨大 AN,覆膜支架准确放置后,AN 仍显影,在支架远、近端分别施以 8 和 13 个大气压充盈球囊,扩张支架 (球囊爆破压范围内),使支架近端扩张到 4.6 mm 的直径,从而消除了覆膜支架和血管壁之间的潜流,隔绝了 AN 的渗漏。

覆膜支架治疗 3 例溃疡性粥样斑块性动脉狭窄,术后未再发生短暂性脑缺血 (TIA)。

本课题组分别使用第一、二代颅段颈内动脉专用覆膜支架治疗 1 例 C4 段 CCF 和 2 例 C4 和 C6 段巨大动脉瘤,1 例 CCF,覆膜支架及其输送系统均顺利通过颈动脉管、破裂孔、到达 C3 ~ C4 段移行处,

此外,覆膜支架还能够越过海绵窦段后弯和虹吸段弯曲,到达 C6 段。其中一例因 CCF 多次球囊结合弹簧圈栓塞后仍残存假性动脉瘤,覆膜支架置放后完全遮盖动脉瘤,另 1 例巨大动脉瘤在覆膜支架置放后,尚有少量内漏,残留内漏的原因在于覆膜支架的输送系统仍沿用冠脉球囊体系,其最大直径小于 4 mm,增加球囊扩张压并未能使覆膜支架完全贴壁,这一点与文献报道的类似。

上述大组病例报道中术前有占位效应的 7 例脑神经瘫痪(第 II、III 和 VI 脑神经)、6 例头痛和 2 例眼肌完全瘫痪者,覆膜支架治疗后,在随访期 2 周~6 个月,除 1 例头痛部分改善外,余者占位效应完全消失。

覆膜支架颅内应用后出现的并发症:与覆膜支架相关的并发症仅有 1 篇报道,共 5 例,其中 2 例短暂偏瘫,1 例永久偏瘫,1 例颈内动脉夹层瘤,死亡 1 例^[15]。这可能与作者在颅段颈内动脉不恰当使用较硬的周围血管支架(Palmaz stent)有关。除此而外,其他文献并没有出现神经系统功能缺失或障碍的报道。

(五)临床治疗中覆膜支架对颅段颈内动脉及其穿支动脉的实际影响 国内有些血管外科医师认为小口径动脉(管径小于 6 mm)使用覆膜支架不可行,原因在于急性、亚急性血栓形成率和血管狭窄率高。裸支架的管径下降,直径小于 4 mm,支架内急性血栓形成的风险加大,冠脉使用裸支架后已证实了这一点。血管重度狭窄或亚急性母体血管阻塞,一个重要的原因就是血管内膜过度增生,过度增生的过程最早可发生在支架释放后 2 周,延续至 6 个月。Jostent 冠脉覆膜支架在典型的冠脉疾病中置放后,亚急性血栓形成率 5.7%,再狭窄率高达 31.6%,但在颅段颈内动脉中还没有文献报道。从我们的实验结果看,即使高分子合成膜(ePTFE)制成的覆膜支架也能够运用在 3~4 mm 的犬颈总动脉中而未见显著的动脉狭窄,这可能与膜材料厚度大幅下降(100 μm 降至 22 μm)减低了膜自身造成的管腔狭窄有关。此外,有人认为支架的膜性材料可以阻断血管平滑肌细胞向支架内表面迁移以及阻止内皮细胞的过度增生,因此,覆膜支架由大动脉向小口径动脉应用完全可能。我们的实验结果显示:有效而规则的长期抗凝状态下,14 只犬覆膜支架所在的母体动脉中仅 1 例闭塞。

文献中覆膜支架在颅内外颈动脉应用后,随访最长时间为 2 年以上(3 例),多数随访时间为 6 个

月~1 年,未见支架移位。1 例支架释放后 1 周,透视发现支架扭曲成角,2 个月后多普勒超声显示动脉完全阻塞,缘于外力作用,支架扭曲,导致支架和母体动脉闭塞。随访期内覆膜支架和母体血管通畅率达到 98.1%(52/53)。在 52 例支架和母体血管通畅的病例中,仅 2 例报道发生支架或颅段颈内动脉的狭窄,但狭窄程度分别小于 20%和 50%。

颅段颈内动脉中使用覆膜支架的最大不足在于不可避免地闭塞颈内动脉的分支或穿支动脉,但就某些分支动脉而言,存在颈内、外动脉或对侧颈内动脉吻合支,毋庸担忧覆膜支架遮蔽其开口后会造不良后果,侧支循环能够提供相应区域的血供。治疗海绵窦部(C4 段)CCF 或颈内动脉眼段(C6)AN 时,覆膜支架置放后,常导致眼动脉的闭塞。上述大组的病例报道有 8 例覆膜支架覆盖眼动脉,术后即刻及随访期内并未出现并发症。到目前为止,对难治性 CCF 或巨大 AN 采取球囊直接闭塞颈内动脉,这一治疗方法对眼动脉的影响均可预料也是可以接受的。胚胎发育时,眼内结构发生于腹、背原始眼部系统,镫骨动脉也参与供血,从而形成后天的眼动脉与颈外动脉的大量侧支吻合,正如前面颈内动脉的分支功能解剖所述,因此,眼动脉开口闭塞不会产生临床症状和并发症。然而,当覆膜支架放置在颈内动脉眼段时,需特别谨慎,不可遮蔽脉络膜前动脉。

此外,有人甚至将冠脉覆膜支架应用于颅内椎基底动脉系统。多数病例报道,椎基底动脉覆膜支架置放后,支架紧邻小脑后下动脉或前下动脉,但并没有闭塞分支动脉的开口。椎动脉远端和基底动脉有许多穿支动脉,正常情况下,这些穿支动脉的闭塞将产生严重的并发症;病理状态下,许多穿支动脉发自椎动脉和基底动脉主干上的梭形或假性 AN,因为血栓形成的缘故,这些动脉已丧失了功能,覆膜支架对穿支动脉的影响轻微。当然,随着影像设备技术的进步,神经介入医师操作技术的日臻完美,穿支动脉的显示愈加清晰,覆膜支架定位置放也更加精确,因此覆膜支架释放时可以避开重要分支或穿支动脉。

三、颅段颈内动脉内应用覆膜支架存在的问题、对策及展望

覆膜支架在颅段颈内动脉中应用时存在下列问题:覆膜支架在颅段颈内动脉中使用不可避免覆盖分支或穿支动脉,因此,对颅段颈内动脉能否使用覆膜支架,多数人可能持否定态度;现有的冠脉覆膜支架缺乏足够的柔顺性,在迂曲的颅段颈内动脉中

推送困难, 支架难以到位, 常造成医源性的动脉夹层瘤; 支架和现有的高分子膜易产生急性、亚急性血栓形成和再狭窄; 覆膜支架置放后的贴壁性能, 即血流会沿支架和管壁的间隙内渗, 充盈动脉瘤腔; 支架两端血管搏动, 产生纵向剪切力, 动脉内膜不断受到支架顶端刺激, 发生内膜增生, 尤以血液流入端更为显著, 由于膜性结构的存在, 血管损伤后的中膜平滑肌、内皮细胞只能沿支架两端向支架中央移行, 覆膜支架两端新生细胞和细胞外基质多于中央区, 支架两端狭窄; 覆膜阻断了细胞向管腔内的垂直和水平迁移, 虽然抑制了新生内膜的过度增生, 但同时也延缓了支架内表面的内皮化过程。

对此, 有些学者试图克服覆膜支架的上述缺点, 如 Mehta 等^[16] 采用 2 枚金属裸支架, 以支架内支架术治疗 3 例椎动脉夹层瘤。利用支架的金属网杆彼此重叠, 以缩小裸支架网孔的大小, 降低流入病灶内的血流量; Civan 等^[17] 采用稍长的冠脉裸支架 (AVE Medtronic) 套叠稍短的冠脉覆膜支架, 治疗巨大宽颈动脉瘤和巨大梭形动脉瘤, 术后后即刻造影和随访显示血管通畅动脉瘤完全闭塞。然而, 支架内套叠支架, 同样减少了血管的腔径, 最终结果与内膜过度增生引起的动脉狭窄等效。

因此, 选择合适的病例, 放置覆膜支架是避免穿支动脉闭塞的有效方法, 这是所有个案报道者的共识; 其次, 术者接受良好的神经介入操作培训, 充分了解颅内动脉侧支循环, 使用高清晰度的影像设备以及仔细辨别穿支动脉开口, 准确定位后释放覆膜支架等, 都是避免穿支动脉闭塞的有效措施。

改进支架的材料、结构和减薄覆膜的厚度等进一步增加支架的柔顺性; 增加支架的不透射线性能, 赋予支架良好的显影标识, 有效显示覆膜材料的长度, 可避免分支动脉的无谓闭塞; 对现有 ePTFE 膜进行必要的修饰, 如加载血小板抗凝剂、细胞增殖抑制剂和促内皮生长剂, 构成药物缓释体系, 有可能减少覆膜支架内急性、亚急性血栓形成、内膜过度增生和加速支架腔面内皮化, 因此, 研究颅段颈内动脉专用覆膜支架是解决覆膜支架应用中所遇的某些问题的根本途径。

[参 考 文 献]

[1] Singer RJ, Dake MD, Norbash A, et al. Covered stent placement for neurovascular disease. *Am J Neuroradiol*, 1997, 189:507-509.
[2] Marotta TR, Buller C, Taylor D, et al. Autologous vein-covered

stent repair of a cervical internal carotid artery pseudoaneurysm: technical case report. *Neurosurgery*, 1998, 42:408-412.

- [3] Van Nieuwenhove Y, Van den Brande P, van Tussenbroek F, et al. Iatrogenic carotid artery pseudoaneurysm treated by an autologous vein-covered stent. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 1998, 16:262-265.
[4] Bouthillier A, Harry R, Loveren V, et al. Segments of the Internal Carotid Artery: A New Classification. *Neurosurgery*, 1996, 38:425-431.
[5] Raymond J, Hard J, Czepko R, et al. Arterial injuries in transphenoid surgery for pituitary adenoma: the role of angiography and endovascular treatment. *AJNR*, 1997, 18:655-665.
[6] Auyeung KM, Lui WM, Lawrence CK, et al. Massive epistaxis related to petrous carotid artery pseudoaneurysm after radiation therapy: Emergency treatment with covered stent in two cases. *AJNR*, 2003, 24:1449-1452.
[7] Chaloupka JC, Putman CM, Citardi MJ, et al. Endovascular therapy for the carotid blowout syndrome in head and neck surgical patient: diagnostic and managerial considerations. *Am J AJNR*, 1996, 17:843-852.
[8] Eckert B, Thie A, Carvajal M, et al. Predicting hemodynamic ischemia by transcranial Doppler monitoring during therapeutic balloon occlusion of the internal carotid artery. *AJNR*, 1998, 19:577-582.
[9] Barbaros EC, Akpınar E, Peynircioğlu B, et al. Utility of covered stents for extracranial internal carotid artery stenosis. *AJNR*, 2004, 25:1168-1171.
[10] Hüttl K, Sebestyen E, Mikles A, et al. Covered Stent Placement in a Traumatically Injured Vertebral Artery. *JVIR*, 2004, 15(2pt1):201-202.
[11] Alexander MJ, Smith TP, Tucci DL. Treatment of an iatrogenic petrous carotid artery pseudoaneurysm with a Symbiot covered stent: technical case report. *Neurosurgery*, 2002, 50:658-662.
[12] Sovik E, Klow NE, Brekke M, et al. Elective placement of covered stents in native coronary stents in native coronary arteries. *Acta Radiologica*, 2003, 449:294-301.
[13] Saatci I, Cekirge HS, Öztürk, et al. Treatment of Internal Carotid Artery Aneurysms with a Covered Stent: Experience in 24 Patients with Mid-Term Follow-up Results. *AJNR*, 2004, 25:1742-1749.
[14] Blasco J, Macho JM, Burrell M, et al. Endovascular treatment of a giant intracranial aneurysm with a stent-graft. *JVIR*, 2004, 15:1145-1149.
[15] Felber S, Henkes H, Weber W, et al. Treatment of extracranial and intracranial aneurysms and arteriovenous fistulae using stent grafts. *Neurosurgery*, 2004, 55:631-638.
[16] Mehta B, Burke T, Kole M, et al. Stent-within-a-stent technique for the treatment of dissecting vertebral artery aneurysms. *AJNR*, 2003, 24:1814-1818.
[17] Islak C, Kocer N, Albayram S, et al. Stent-graft technique: a new method of endoluminal vascular reconstruction for the treatment of giant and fusiform aneurysms. *AJNR*, 2002, 23:1589-1595.

(收稿日期:2005-07-17)