

· 规范与共识 ·

颈动脉海绵窦瘘诊治中国专家共识

中国医师协会介入医师分会(临床诊疗指南专业委员会)神经介入专业委员会

中华医学会放射学分会介入学组

通信作者:施海彬,南京医科大学第一附属医院介入放射科,南京 210029, Email: shihb@njmu.edu.cn; 刘建民,海军军医大学第一附属医院脑血管病中心,上海 200433, Email: chstoke@163.com; 李天晓,河南省人民医院脑血管病科,郑州 450000, Email: dr.litianxiao@vip.163.com; 郑传胜,华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科,武汉 430048, Email: hqzcsxh@sina.com

【摘要】 颈动脉海绵窦瘘(CCF)在临床上较为常见。近年来随着诊疗技术的发展以及对该病的认识加深,临床处理策略不断发生改变。因此,在结合临床实践经验和相关文献资料的基础上,组织神经介入领域相关专家制定了本专家共识,对 CCF 诊治策略的现状 & 最新进展进行总结,以期对 CCF 的诊疗规范起到指导作用。

【关键词】 颈动脉海绵窦瘘; 诊断; 治疗; 专家共识

Expert consensus on the management of carotid-cavernous fistula

Interventionalists Committee on Neurointervention (Clinical Guidelines Committee) of Chinese Medical Doctor Association, Interventional Group of Chinese Society of Radiology of Chinese Medical Association
Corresponding author: Shi Haibin, Department of Interventional Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China, Email: shihb@njmu.edu.cn; Liu Jianmin, Neurovascular Center, Changhai Hospital, Naval Medical University, Shanghai 200433, China, Email: chstoke@163.com; Li Tianxiao, Department of Cerebrovascular Disease, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450000, China, Email: dr.litianxiao@vip.163.com; Zheng Chuansheng, Department of Radiology, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430048, China, Email: hqzcsxh@sina.com

颈动脉海绵窦瘘(carotid-cavernous fistula, CCF)是指颈动脉及其分支血管与海绵窦形成直接或间接的异常动静脉交通^[1]。该疾病的临床表现以颅内杂音及眼部体征为主,可同时合并头痛、鼻出血、脑内出血及神经系统功能缺损等症状^[2]。近年来随着诊疗技术的发展以及对该病的认识加深,临床处理策略不断发生改变。但是目前国内外尚无关于 CCF 的诊疗指南或共识,各医疗中心在治疗适应证的把握及治疗策略的选择等问题上存在一

定差异。因此,我们结合现有国内外文献资料以及国内相关领域专家的临床实践经验,经反复讨论编写了《颈动脉海绵窦瘘诊治中国专家共识》,以期对 CCF 的规范诊疗提供指导。

一、CCF 的解剖学基础及临床分类

熟悉海绵窦的解剖对于理解 CCF 的临床症状和决定治疗方案至关重要。20 世纪 60 年代 Parkinson^[3]详细描述了海绵窦的解剖结构。海绵窦是位于双侧蝶鞍外侧,由硬脑膜包围的粗细不等

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20221010-00809

收稿日期 2022-10-10 本文编辑 张琳琳

引用本文:中国医师协会介入医师分会(临床诊疗指南专业委员会)神经介入专业委员会,中华医学会放射学分会介入学组. 颈动脉海绵窦瘘诊治中国专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2023, 57(8): 827-835. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20221010-00809.



中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



的静脉丛及相邻静脉管形成的小梁样三角形结构。其外侧壁从上至下依次排列的主要神经包括动眼神经(III)、滑车神经(IV)、三叉神经的第一和第二分支(眼神经 V1 和上颌神经 V2);颈内动脉海绵窦段与展神经(VI)于海绵窦内侧走行。颈内动脉海绵窦段主要分支包括脑膜垂体干、下外侧干、McConnell 动脉、永存三叉动脉及眼动脉。下外侧干供血在间接型 CCF 中最常见,也可累及脑膜垂体干以及其他分支^[4]。最常见的颈外动脉供血分支为上颌动脉,其他受累分支包括脑膜中动脉、副脑膜动脉、咽升动脉、颞深前动脉及耳后动脉等^[5]。这些吻合的脑膜支血管为 CCF 提供侧支供血,了解其解剖结构可以指导经动脉途径治疗间接型 CCF。海绵窦的静脉引流模式如下:(1)向前经眼上静脉、眼下静脉引流;(2)向后经岩上窦、岩下窦引流;(3)通过蝶顶窦引流向上经大脑中浅静脉;(4)向下经卵圆孔、破裂孔等处的导静脉引流至翼静脉丛;(5)向深部静脉(基底静脉、岩静脉、小脑静脉等)引流等。另外,双侧的海绵窦还通过海绵间窦相通。其静脉引流模式是决定 CCF 治疗的适应证以及经静脉最佳治疗途径的重要因素。

基于不同的临床分类依据,CCF 的分类可归纳如下:(1)依据血流动力学特性为基础的分类(高流量型和低流量型);(2)依据病因为基础的分类(创伤性和自发性);(3)依据血管造影解剖学为基础的分类(直接型和间接型)。基于 Peeters 和 Kröger^[6]在 1979 年描述的根据血管造影的分类法,Barrow 等^[7]在 1985 年重新定义并细化了 CCF 的分型(A~D 型)。其具体内容如下:A 型,颈内动脉和海绵窦的直接高流量分流;B 型,颈内动脉脑膜支与海绵窦的分流;C 型,颈外动脉脑膜支与海绵窦的分流;D 型,颈内动脉及颈外动脉脑膜支同时与海绵窦存在分流。其中 Barrow 分型的 A 型即直接型,Barrow 分型的 B~D 型为间接型。虽然目前 Barrow 分型在临床上广泛应用,但是有学者认为 Barrow 分型的 B~D 型应当归类于海绵窦区的硬脑膜动静脉瘘(cavernous sinus dural arteriovenous fistula, CS-DAVF),其分型方法适用性有限^[8-9]。近年来随着静脉途径栓塞治疗间接型 CCF 的发展,Thomas 等^[10]基于静脉引流模式提出了新的分类方法:(1)仅向后或向下引流(引流至岩上窦、岩下窦、翼静脉丛和咽旁静脉丛);(2)向后或向下引流,同时合并向前引流(引流至眼上静脉和眼下静脉);(3)仅向前引流;(4)皮质静脉逆行引流(引流至大

脑中浅静脉、中脑周围及小脑静脉系统),可合并或不合并其他的静脉引流途径;(5)颈内动脉与海绵窦的直接高流量分流(Barrow A 型),可合并或不合并其他的静脉引流途径。此外,关于直接型和间接型 CCF 还有一些研究报道细化的分类^[8, 11-13],但其临床应用价值均有待进一步的研究支持。

专家意见:(1)CCF 的分类方法对于临床治疗具有重要的指导价值,推荐联合上述分类系统对 CCF 进行综合评估。(2)鉴于目前直接型和间接型 CCF 各种细化分型方法的推广应用困难,或存在不同程度的争议,临床价值有待进一步评估。

二、病因、病理生理机制及临床表现

直接型 CCF 最常见病因为穿透性或钝性等创伤,以青年男性多见^[14]。既往文献报道颅脑损伤患者创伤性 CCF 的发生率为 2.5%,合并颅底骨折时其发生率为 3.8%,好发于颅中窝骨折^[15]。创伤性 CCF 存在多种可能的发病机制。Parkinson^[16]认为其由骨折或其他创伤事件造成的剪切力直接撕裂颈动脉和海绵窦形成高流量交通所致。Helmke 等^[17]发现部分创伤性 CCF 患者中并未合并颅骨骨折,其分析认为潜在的可能机制为创伤事件过程中颈动脉管腔内压力突然增加,同时远端动脉受压,迫使血管壁破裂形成瘘管。自发性直接型 CCF 被认为是颈动脉血管壁变弱破裂所致,其病因包括颈内动脉海绵窦段动脉瘤破裂、Ehlers-Danlos 综合征 IV 型、肌纤维发育不良及弹性假黄瘤等^[1]。此外,医源性损伤也可造成直接型 CCF。多数学者认为间接型 CCF 即是 CS-DAVF,常见于中老年妇女,其发病机制尚不清楚^[8-9]。一些证据表明间接型 CCF 可先天性形成^[18]。目前较为认可的发病机制可能是由于海绵窦静脉流出道的原发性血栓形成,继发侧支循环的血流动力学改变导致瘘管形成^[19]。研究报道其他可能机制为穿行于海绵窦区的硬脑膜动脉血管壁薄弱破裂后形成,其导致动脉壁薄弱破裂的危险因素包括高血压、动脉粥样硬化性血管疾病、妊娠及胶原性血管疾病等^[7]。

该病的临床表现多样,主要取决于供血动脉和静脉引流模式。直接高流量型的患者主要临床表现为颅内杂音、搏动性突眼、复视、视力丧失、眼压增高、眼球活动障碍伴球结膜充血、水肿等,严重者可伴有头痛、颅内出血、难治性鼻衄及脑缺血症状等,其中部分患者可在创伤后数月才出现症状。间接型 CCF 患者的症状与体征较上述相仿,但临床表现相对较轻且发病隐匿。向前引流的 CCF 患者以



搏动性突眼等眼部体征为主,严重者可继发青光眼、复视、眼球运动障碍及失明等。向后引流的患者常表现为耳聋、耳鸣,以及无症状或孤立性颅神经麻痹伴随眼眶疼痛。逆行皮质静脉引流的患者可表现为意识模糊或表达性失语症等与静脉充血区域相关的神经系统症状,严重者可出现颅内出血。

专家意见:(1)直接型 CCF 多有明确的发病原因,间接性 CCF 的病因及具体发病机制存在不同的学说,仍有待更多的研究证据支持。(2)CCF 的临床表现取决于血流量和静脉引流途径,应充分了解其血管构筑避免漏诊、误诊,以及结合症状评估治疗适应证、途径及治疗时机等。

三、影像学检查

临床用于评估 CCF 的影像学检查主要包括 CT 及 CTA、MRI 及 MRA、多普勒超声和 DSA。

1.CT 及 CTA:头颅 CT 平扫对于创伤性 CCF 的诊断具有独特优势,可明确有无颅底、眶壁骨折等。增强 CT 扫描的影像学典型表现包括海绵窦迂曲扩张、密度增高及眼上静脉扩张,伴随眼球突出、眼外肌增厚以及眶周软组织肿胀,部分可观察到血栓形成、脑挫裂伤、缺血和出血等间接征象^[20]。由于动静脉分流量的差异,海绵窦的强化程度可用于区分直接和间接型瘘管。CTA 的影像学典型表现为异常扩张的海绵窦与颈内动脉同步早期显影,合并患侧扩张的眼上静脉或其他引流静脉^[21]。一项研究表明瘘管的节段位置影响评估性能,CTA 的检测性能对于颈内动脉 C4~C5 段的瘘管优于 MRA^[22]。此外,一些研究表明 4D-CTA 及双源 CT 双能量血管成像对 CCF 的诊断具有重要价值^[23-24]。

2.MRI 及 MRA: MRI 相对 CT 对于轻微的眼球突出、眼上静脉扩张及眼外肌增厚更为敏感,且可以更好地评估静脉引流的情况^[25-26]。MRI 平扫和增强的影像学典型表现为异常增粗的眼上静脉和扩张的海绵窦呈流空信号影。MRA 可直观显示海绵窦扩张及静脉引流情况。对于向后引流的间接型 CCF,常表现为无症状或者仅有眼肌麻痹而无典型的眼部体征, MRI 能够及早发现此类瘘管。随着 MRI 技术的发展,既往研究表明磁敏感加权成像、动脉自旋标记和薄层 MRI 在间接型 CCF 中存在较高的诊断价值^[27-29]。

3.多普勒超声:眼眶彩色多普勒超声作为辅助成像技术可用于无创评估眼眶血管的解剖和功能,有助于对向前引流的 CCF 的术前临床诊治以及术

后随访。其主要表现包括眼上静脉异常搏动、血流反向、高流速低阻力动脉化血流频谱及增厚的眼外肌,部分可见血栓形成^[30]。对于眼上静脉未扩张或扩张不明显的低流量瘘,其诊断可能存在一定困难,仍需进一步行其他血管成像检查以明确诊断。

经颅多普勒超声(TCD)作为简单、无创及实时评估颅内血流动力学的辅助方案,对于 CCF 的诊断、血管内治疗术中监测以及随访评估具有重要的临床价值^[31]。其主要表现包括:(1)患者颈内动脉高流速低阻力频谱;(2)患侧大脑中动脉或大脑前动脉低流速低阻力频谱;(3)眼上静脉异常搏动、血流反向、高流速低阻力动脉化血流频谱及增厚的眼外肌;(4)患侧颈总动脉压迫后瘘口远端出现血流倒灌。

4.DSA: DSA 检查是诊断 CCF 的金标准,可以明确瘘口位置、大小、静脉引流模式、海绵窦扩张程度及其他相关高风险征象(合并颈内动脉海绵窦血管瘤、假性动脉瘤等),还可清楚显示盗血程度以及侧支循环代偿情况,为临床分型及治疗决策提供指导^[2]。行 DSA 检查时应首先行双侧颈总动脉造影评估颈动脉分叉的形态和颈内动脉的起源,观察有无颈动脉夹层或狭窄、假性动脉瘤及颈总动脉瘘等。然后行颈内动脉、颈外动脉以及椎动脉的选择性造影用于明确瘘的位置、大小以及盗血情况等。对于高流量瘘常规造影难以明确瘘口位置,特定的操作如 Mehringer-Hieshima 手法(行患侧颈内动脉注射造影时压迫同侧颈总动脉)可以减缓瘘管的流速以达到观察目的。此外, Huber 手法(压迫同侧颈动脉选择性行椎动脉造影)可通过开放的后交通动脉充盈瘘管使其清楚显示。压迫患侧颈动脉选择性行健侧颈动脉造影可评估 Willis 环的完整性及血流代偿情况。

专家意见:(1)对于临床怀疑 CCF 的患者,应结合患者的具体症状、体征等情况个体化评估,推荐首先行无创影像检查,优先考虑 CT 及 MR 检查,以期达到明确诊断。(2)对于临床怀疑 CCF 但无创影像检查无异常或不能排除诊断及需要手术干预的患者,推荐进一步行 DSA 检查,以明确瘘管类型、动脉供血及静脉引流等情况。

四、治疗指征及方式选择

CCF 的治疗决策取决于临床症状的严重程度、血管造影特征及颅内出血等严重事件发生的风险。国外相关研究表明部分间接型 CCF 会自行愈合或在接受造影后自行消退,部分患者症状可能随着时



间推移而改善^[32-33]。对于症状较轻的低流量 CCF 患者,可给予保守治疗,但需规律随访。高流量直接型的患者症状进展及颅内出血风险高,保守治疗常无效,因此均应进行早期积极干预。国内学者建议 CCF 伴有鼻出血、急性视力障碍及颅内出血时需急诊治疗^[34-35]。此外,Halbach 等^[36]提出存在以下血管造影特征应积极急诊治疗,以避免严重并发症发生,具体包括合并假性动脉瘤、海绵窦严重曲张、逆行皮质静脉引流以及远离瘘的静脉流出道血栓形成。其治疗的最终目标是封闭瘘口,从而尽可能消除颅内杂音以及眼部症状,恢复神经系统功能,防止颅内出血等严重事件发生。近年来随着介入材料与技术的进步,血管内治疗逐渐成为 CCF 的首选治疗方式,外科手术及立体定向放射治疗可作为二线辅助治疗选择^[2, 37-38]。

(一)内科保守治疗

内科保守治疗包括手动压迫颈动脉、局部药物治疗降低眼内压、改善青光眼等,必要时可用类固醇药物治疗眼部相关症状。Higashida 等^[39]研究发现间歇性手动压迫颈动脉和颈静脉可促进间接型 CCF 愈合。其可能的机制为压迫颈动脉阻塞局部血流,促进海绵窦内血栓形成,进而导致瘘管闭合。此外,压迫眼眶处的眼上静脉也有助于降低血流压力,达到缓解症状的目的。内科保守治疗的患者应密切随访监测,若出现症状进行性加重(包括无法控制的眼压、持续复视、伴有角膜暴露的严重眼球突出、视神经病变及视网膜缺血)、无法耐受及高度焦虑影响生活、合并皮质静脉引流、出血或脑缺血发作等继发于慢性盗血后自主调节受损的间接型 CCF 患者,需进行积极手术干预,以期改善临床功能,避免颅内出血等严重事件发生。

专家意见:内科保守治疗适用于临床症状轻微、评估颅内出血风险较低的间接型低流量 CCF。期间应密切随访监测,对于症状进行性加重及自主调节功能受损等间接型 CCF 患者需积极手术干预。

(二)血管内治疗

血管内治疗的目的是封闭瘘口,尽可能保持颈内动脉及其分支血流通畅。自 1974 年 Serbinenko^[40]首次报道使用可脱性球囊栓塞 CCF 成功以来,血管内介入治疗逐渐成为 CCF 的最主要治疗方式。血管内治疗的具体策略取决于瘘的解剖结构以及术者的技术经验,可经动脉及静脉路径,主要包括可脱性球囊闭塞、弹簧圈和(或)液体胶栓塞、覆膜支架及血流导向装置植入以及上述方法的

联合使用等。

1. 血管内治疗路径的选择:血管内治疗路径的选择取决于瘘的类型。直接型 CCF,如外伤型、海绵窦内动脉瘤破裂型或海绵窦内永存三叉动脉破裂型,首选经患侧颈动脉路径栓塞。对于因创伤性损伤、颈内动脉严重扭曲的患者,若后交通动脉发育良好,可由后循环入路跨后交通动脉,经颈内动脉逆行超选择性插管进入瘘口;对于瘘口较小动脉路径无法进入海绵窦时,可选择经静脉路径。间接型 CCF 的解剖较为复杂,术前需仔细评估动脉及静脉的血管构筑,可以通过选择性动脉造影、旋转动脉造影、3D 容积重建的融合成像技术等,对海绵窦间隔的血管解剖进行判读。间接型 CCF 的供血动脉常累及同侧或双侧颈内外动脉多个细小分支,以脑膜中动脉岩支、海绵窦支、岩鳞支以及颈内动脉下外侧干最常见,经动脉栓塞路径往往较为困难,很难达到治愈性栓塞。另外,这些分支同时存在向颈内动脉的吻合,可引起颅内缺血并发症,而且术后发生颅神经麻痹及缺血事件的风险较大。因此,经静脉路径已成为间接型 CCF 的一线治疗方法,其中经同侧岩下窦进入海绵窦是首选的经静脉途径。岩下窦与同侧颈静脉之间的解剖关系目前被广泛接受的是 Zhang 等^[41]以及 Mitsuhashi 等^[42]分型,他们将岩下窦主要分为以下几型:汇入颈静脉球、舌下神经管水平汇入颈静脉、颅外较低水平汇入颈静脉、岩下窦以静脉丛的形式汇入颅外颈静脉、直接汇入椎静脉丛或者岩下窦缺如,而后三者占比不到 10%。当血管造影显示岩下窦未显影,并不意味着岩下窦缺如或与颈静脉无直接连接,其可能是岩下窦血栓性闭塞所致,可以尝试开通岩下窦,文献报道成功开通率为 54.3%~99%^[43]。若岩下窦开通失败,可以尝试通过对侧岩下窦及海绵间窦再入患侧海绵窦,或选择性通过面静脉、眼上静脉、岩上窦、翼静脉丛等静脉途径进入海绵窦治疗^[44-46]。也有研究报道可在影像指导或外科暴露后直接穿刺颈内静脉、面静脉、眼上静脉及海绵窦治疗复杂 CCF^[47-49]。1 篇纳入 57 项研究 1 575 例患者的 Meta 分析结果显示,经动脉栓塞治疗直接和间接型 CCF 的完全闭塞率分别为 93.9% 和 81.5%,经静脉栓塞治疗直接和间接型 CCF 的完全闭塞率分别为 91.7% 和 86%,两者之间治疗效果并无显著差异^[50]。对于单纯动脉或者静脉路径治疗困难的复杂及治疗后复发病例,联合动静脉路径可能是进一步提高完全闭塞率的良好选择。



专家意见: (1) 推荐直接高流量型 CCF 首选经动脉路径治疗, 可选择覆膜支架重建颈内动脉或经动脉途径栓塞瘘口, 对于动脉路径栓塞无法实现时可考虑经静脉路径治疗。(2) 推荐间接型 CCF 首选经静脉治疗, 优先考虑经岩下窦路径。对于岩下窦未显影, 可尝试开通岩下窦, 或者通过面静脉、海绵间窦或岩上窦等其他途径进入海绵窦。经影像引导或外科直接解剖暴露下直接穿刺眼上静脉等进入海绵窦也可作为复杂病例的临床治疗选择。

2. 血管内治疗方法: 经动脉路径可脱式球囊栓塞术作为治疗瘘口较大的、直接高流量型 CCF 的经典方法, 其经济效益较高、操作安全简便, 一般在局部麻醉下即可进行, 对于低流量小瘘口等情况也可以考虑应用双球囊技术^[51-53]。其主要缺陷包括血管迂曲难以实现球囊到位, 以及球囊早脱、早泄、破裂、移位复发等风险。并且因近年来国内仅有极少数医院能够获得可脱式球囊供应, 可解脱弹簧圈及液体栓塞剂[Onyx 胶或氰基丙烯酸正丁酯(NBCA) 胶]逐渐成为 CCF 的主要栓塞材料^[54], 其治疗过程优选全身麻醉下进行, 以方便手术操作。相比于 NBCA 胶, Onyx 胶固化时间更慢, 术中相对容易控制, 弥散效果更为理想, 有助于减少重复插管、提高栓塞效果。国内外研究表明球囊辅助弹簧圈和(或)Onyx 胶栓塞可有效治疗直接型 CCF, 其主要适应证包括单纯可脱式球囊不可用、球囊闭塞失败或者效果不佳、复杂及复发 CCF^[55-58]。应选择较长的高顺应性低压球囊, 以实现瘘口的完全封闭及定位, 术中须注意间断泄球囊避免缺血事件发生。此外, 术中应根据瘘口大小选择较长且稳定的弹簧圈, 微导管置于瘘口附近的海绵窦区域由远及近填塞。Onyx 胶栓塞应以弹簧圈为基础, 尽可能在球囊辅助下推注减少误栓, 术中缓慢推注至胶体靠近瘘口后应暂停 1~2 min 等待其弥散固化, 并间断造影评估血流灌注情况, 再重复进行此过程直至完全闭塞瘘口。栓塞术中观察到瘘口血流明显减慢并且瘘口以远颈内动脉及颅内分支显影恢复正常或明显改善, 可考虑中止手术, 残留少量血流的瘘口术后可经辅助间断性压迫颈动脉后治愈。术中应充分肝素化, 防止球囊充盈后继发颈内动脉血栓形成。研究报道双侧高流量型 CCF 可经动脉单次栓塞治疗, 若栓塞过程中评估存在远端血流改变的风险, 可分次分步栓塞^[59]。另外, 球囊保护下经动静脉双途径路径进行弹簧圈配合 Onyx 胶栓塞也是临床上常见的选择。覆膜支架腔内单独重建或联合

弹簧圈等其他栓塞材料治疗主要适用于颈内动脉扭曲不严重、瘘口处颈内动脉相对平直、周围无重要分支、管壁撕裂较大或合并假性动脉瘤及梭形动脉瘤的 CCF 患者, 有助于促进受损血管壁的内皮化, 并可避免术中栓塞材料逃逸^[60-61]。一项研究报道覆膜支架治疗直接型 CCF 的远期血管造影闭塞率优于可脱式球囊治疗, 但两组临床结果并无差异^[62]。血流导向装置也被报道超适应证治疗直接型 CCF, 包括单个或多个的血流导向装置置入联合栓塞材料治疗, 但仅限于小样本的复杂病例报道, 尚需要高质量的证据进一步评估其应用价值^[63]。对于使用支架植入的患者, 应根据个体化进行严格的抗血小板治疗, 以预防支架再狭窄、维持颈动脉通畅, 目前仍需大样本的长期随访评估。对于因解剖等原因导致血管内治疗失败的高流量 CCF 患者, 如 Willis 环代偿良好, 应用低血压行颈内动脉球囊闭塞试验明确患者可耐受的基础上, 可采用弹簧圈、球囊等栓塞材料由远及近直接闭塞患侧颈内动脉作为补救方法^[64]。

低流量间接型 CCF 优先考虑经静脉途径弹簧圈单独栓塞或者联合液体胶进行栓塞^[65], 应根据术前增强 MR、术中 3D 造影及 C 臂 CT 仔细分辨瘘口的确切位置, 术中做到精准栓塞, 避免海绵窦的过度栓塞, 尽量保留海绵窦的引流功能。手术目标为闭塞向眼静脉、颅内静脉的逆流为首要目标, 故可以通过优先栓塞海绵窦向眼上静脉的引流通道, 以减轻眼睛充血症状; 对于有皮层静脉逆流的患者, 应确保往皮层静脉的引流通道完全栓塞。对于间接型 CCF 经静脉路径栓塞, 颈内动脉不应用球囊保护可能是合理的, 但术中应密切观察避免胶过度弥散至颈内动脉。

CCF 血管内治疗后的即刻造影结果可分为完全闭塞、近全闭塞及明显残留。完全闭塞定义为瘘管无分流; 近全闭塞定义为仅少量分流残余; 明显残留定义为部分分流减少, 伴有显著残余或栓塞失败。手术的成功定义为术后即刻造影显示瘘口完全闭塞或近全闭塞。

专家意见: (1) 对于可以获得可脱式球囊使用的单位, 推荐直接高流量 CCF 优先考虑可脱性球囊栓塞术, 对于低流量小瘘口可推荐应用双球囊等技术。(2) 推荐颈内动脉顺应性球囊保护下, 经动脉或动静脉路径联合应用弹簧圈及 Onyx 胶栓塞直接型 CCF 作为目前主要的一线治疗方法。(3) 可以使用覆膜支架单独重建或联合弹簧圈等材料治疗经过



筛选后的合并宽颈、假性或夹层颅内动脉瘤以及难治性 CCF。血流导向装置的应用目前尚无明确证据。(4)如低血压球囊闭塞实验耐受良好,直接闭塞患侧颈内动脉可作为直接型 CCF 瘘口栓塞失败的补救治疗。(5)推荐间接型 CCF 首选经静脉路径,单独应用弹簧圈或结合 Onyx 胶进行栓塞。术前及术中影像需精准评估瘘口位置,尽量做到精准栓塞。皮层静脉引流通路、脑深部引流静脉、眼上静脉引流通路是术中优先栓塞目标。

(三)其他治疗方法

开放性手术干预由于较高的并发症发生率,目前临床上已经较少应用。极少数情况下,可对瘘管愈合但眼内压仍持续升高的病例进行眼眶减压手术。立体定向放射外科手术治疗也被报道作为一种替代治疗手段,适用于高龄、血管内治疗失败及辅助治疗的间接型低流量 CCF 患者^[38, 66]。立体定向放射外科治疗后的临床改善存在数周及数月的延迟,因而不适用于需要紧急治疗的患者,且辐射引起的延迟并发症数据有限,仍需大规模的临床研究来证实。

专家意见:对于无需紧急治疗的低流量 CCF 患者,或后期血管内治疗失败后可考虑选择性应用立体定向放射外科治疗作为替代治疗手段。

五、围手术期并发症及管理

围手术期应密切观察生命体征及对症处理各种并发症,尤其是对于创伤型 CCF 可能需要多学科干预。积极调控血压也是围手术期的重要内容之一,如创伤型患者术前血压降低难以维持在 90 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 以上时,应予以多巴胺类升压药物等措施;围手术期应将血压控制在正常范围或收缩压低于基础血压 20~30 mmHg,术后仍需严格控制血压并行动态监测直至血压稳定。

治疗并发症主要与手术方式相关,严重者可引起出血、静脉阻塞等导致神经系统障碍^[2]。球囊栓塞治疗 CCF 期间可存在球囊早脱、早泄、破裂及术中斑块脱落等风险,术中应常规肝素化预防血栓形成。此外,球囊导致的占位及血栓形成效应可导致颅神经病变,也可见于弹簧圈和液体胶的栓塞,绝大多数患者表现为短暂的颅神经麻痹症状,可在数月内自行完全恢复。液体胶栓塞过程中存在微导管黏滞、异位栓塞等风险,术中需规范操作包括持续使用肝素生理盐水冲洗导管腔、间断造影评估血流灌注情况避免并发症发生。覆膜支架及血流导向装置植入过程中可引起血管痉挛及血栓形成,部

分患者由于血管壁脆弱可导致动脉破裂或夹层事件发生。若患者出现出血或者缺血性严重并发症,应根据具体情况进行紧急对症处理,包括调节血压、气管插管、血管内灌注抗痉挛药物及外科治疗等。经眼上静脉路径栓塞可导致眼上静脉穿孔出血、上斜肌腱损伤、滑车损伤及感染等。经眶穿刺治疗的并发症包括球后出血、颈动脉损伤、视神经损伤及眼球损伤。此外,接受放射治疗可合并放射性视神经炎等并发症。其他介入治疗相关并发症包括穿刺部位血肿、假性动脉瘤形成、急性肾功能不全、对比剂过敏及术后高灌注等,均应密切关注及积极予以对症治疗。

六、预后

CCF 经过成功栓塞后,患者的颅内杂音可立即消退,眼内压恢复正常。眼球突出及球结膜水肿等症状通常在数小时至数天内消退,颅神经麻痹及眼外肌增厚等可在数周或数月内改善,多数患者眼部外观可在 6 个月内恢复正常或接近正常^[2]。对于视力下降或者丧失的患者,其视力恢复的程度常取决于发病机制、发病前的严重程度及持续时间等。因脉络膜积液或脱离导致视力丧失的患者在 CCF 治愈后视力可显著改善甚至完全恢复正常,视网膜中央静脉阻塞的患者视力通常恢复不完全。部分患者治疗后由于海绵窦内血栓形成、血流重新分布及压力改变等影响引流静脉,可出现短暂的反常恶化(成功栓塞后原先症状加重或出现新发症状),使用皮质类固醇药物有助于缓解症状。接受放射治疗后的患者临床改善周期相对较长。一项长期随访研究的结果(平均随访时间 56 个月)显示 90% 的间接型 CCF 患者接受血管内治疗后症状和体征完全消退,手术相关的永久性并发症发生率为 2.3%,没有手术相关死亡事件^[5]。另一项研究报道间接型 CCF 患者临床恢复不佳与术后明显残留及晚期限制型瘘管相关,其中反常恶化多见于多个引流静脉^[67]。此外,文献报道创伤性 CCF 患者接受球囊栓塞治疗后动眼神经麻痹完全恢复的时间可能与术前动眼神经麻痹的程度及瘘管的位置等相关^[68]。研究报道 CCF 治疗后复发的可能原因包括较长的发病至治疗时间间隔、栓塞材料的移位、术后瘘管不完全闭塞等^[67-69]。

七、随访

推荐 CCF 患者定期接受随访,包括临床症状、体征以及规律的影像学随访。临床随访方案推荐确诊之后 1~3 个月内、6 个月及 1 年时分别接受 1 次



临床随访,之后每年接受 1 次临床随访。内科保守治疗的患者需充分评估是否出现症状进行性加重、存在高风险的引流模式以及新发神经系统功能缺损等,并及时予以指导治疗。影像学随访方案推荐根据患者的具体发病情况及治疗措施制定,包括脑实质及颅内血管的评估。推荐血管内治疗的患者在术后的 6 个月接受 DSA 随访评估,术后 1 年随访 1 次 CTA 或 MRA 检查,此后每 2~3 年随访 1 次。随访期间如症状反复或影像无创检查提示复发,推荐接受 DSA 重新评估是否需要进一步治疗。

八、总结

CCF 的病因及潜在发病机制各异,多以颅内杂音及眼部体征起病。无创的影像检查有助于早期明确 CCF 的诊断,DSA 检查对于明确瘘管类型、动脉供血及静脉引流等情况具有不可替代的价值。治疗方式包括内科保守治疗、血管内治疗、外科手术和立体定向放射治疗。应充分了解其血管构筑,并结合临床具体症状评估治疗适应证和制定具体治疗策略。即使瘘管成功闭塞,考虑到复发的可能性,仍应进行长期的临床及影像随访。

执笔者:刘圣(南京医科大学第一附属医院介入放射科)、倪恒(南京医科大学第一附属医院介入放射科)

共识专家组成员(按姓氏拼音排序):蔡艺灵(解放军战略支援部队总医院神经内科)、陈左权(同济大学附属第十人民医院神经外科)、戴琳孙(福建医科大学附属第一医院神经外科)、邓钢(东南大学附属中大医院介入与血管外科)、杜彬(首都医科大学附属北京友谊医院神经外科)、范一木(天津市环湖医院神经外科)、方淳(同济大学附属同济医院介入科)、冯文峰(南方医科大学南方医院神经外科)、管生(郑州大学第一附属医院神经介入科)、胡继红(昆明医科大学第一附属医院介入放射科)、胡学斌(华中科技大学同济医学院附属协和医院神经外科)、贾振宇(江苏省人民医院介入放射科)、蒋定尧(浙江大学医学院附属第二医院介入放射科)、李强(海军军医大学附属长海医院脑血管病中心)、李天晓(河南省人民医院脑血管病科)、李志强(河北大学附属医院神经外科)、梁传声(中国医科大学附属第一医院神经外科)、梁国标(解放军北部战区总医院神经外科)、梁文宝(克拉玛依市中心医院神经内科)、林东(上海交通大学医学院附属瑞金医院神经外科)、刘建民(海军军医大学第一附属医院脑血管病中心)、刘圣(南京医科大学第一附属医院介入放射科)、刘一之(苏州大学附属第一医院介入放射科)、刘增品(河北医科大学第二医院神经外科)、马存凯(青海大学附属医院神经外科)、彭秀斌(珠海市人民医院介入科)、彭亚(常州市第一人民医院神经外科)、秦超(广西医科大学附属第一医院神经外科)、施海彬(南京医科大学第一附属医院介入放射科)、史怀璋(哈尔滨医科大学附属第一医院神经外科)、苏浩波(南京市第一医院介入放射科)、孙建成(青岛大学附属医院介入放射科)、汪阳(首都医科大学附属北京朝阳医院神经外科)、王大明(北京医院神经外科)、王峰(大连医科大学附属第一医院介入放射科)、王君

(解放军总医院神经内科)、王守春(吉林大学第一附属医院神经内科)、王晓健(安徽医科大学附属第一医院神经外科)、王子亮(河南省人民医院脑血管病科)、向斌(湖南省人民医院介入放射科)、谢晓东(四川大学华西医院神经外科)、杨华(贵州医科大学附属第一医院神经外科)、杨铭(解放军中部战区总医院神经外科)、杨清武(陆军军医大学附属新桥医院神经内科)、杨新建(首都医科大学附属天坛医院神经外科)、张帆(海南省人民医院介入科)、张鹏(首都医科大学宣武医院神经外科)、张晓波(北京协和医院介入科)、张晓龙(复旦大学附属华山医院放射科)、张杨(中国科学技术大学附属第一医院神经外科)、赵林波(江苏省人民医院介入放射科)、赵世平(太原钢铁集团总医院神经外科)、赵振伟(空军军医大学附属唐都医院神经外科)、郑传胜(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、周斌(中山大学附属第五医院介入放射科)、朱刚(陆军军医大学附属西南医院神经外科)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

致谢 本共识总结参考了颈动脉海绵窦瘘研究领域的优秀成果,对完成这些研究的学者表示深深的敬意!复旦大学附属华山医院放射科张晓龙教授及葛亮医师在共识撰写过程中给予了很多深入的修改建议,对他们表示特别的感谢!国内相关领域多位知名专家对本共识进行了认真审阅,在此对他们提出的宝贵意见和辛勤付出表示衷心的感谢

参 考 文 献

- [1] Henderson AD, Miller NR. Reply to 'Comment on: Carotid-cavernous fistula: current concepts in aetiology, investigation and management' [J]. Eye (Lond), 2018, 32(10):1676. DOI: 10.1038/s41433-018-0113-4.
- [2] Williams ZR. Carotid-cavernous fistulae: a review of clinical presentation, therapeutic options, and visual prognosis[J]. Int Ophthalmol Clin, 2018, 58(2): 271-294. DOI: 10.1097/IIO.0000000000000215.
- [3] Parkinson D. A surgical approach to the cavernous portion of the carotid artery. Anatomical studies and case report[J]. J Neurosurg, 1965, 23(5): 474-483. DOI: 10.3171/jns.1965.23.5.0474.
- [4] Miller NR. Diagnosis and management of dural carotid-cavernous sinus fistulas[J]. Neurosurg Focus, 2007, 23(5):E13. DOI: 10.3171/FOC-07/11/E13.
- [5] Meyers PM, Halbach VV, Dowd CF, et al. Dural carotid cavernous fistula: definitive endovascular management and long-term follow-up[J]. Am J Ophthalmol, 2002, 134(1):85-92. DOI: 10.1016/s0002-9394(02)01515-5.
- [6] Peeters FL, Kröger R. Dural and direct cavernous sinus fistulas[J]. AJR Am J Roentgenol, 1979, 132(4): 599-606. DOI: 10.2214/ajr.132.4.599.
- [7] Barrow DL, Spector RH, Braun IF, et al. Classification and treatment of spontaneous carotid-cavernous sinus fistulas [J]. J Neurosurg, 1985, 62(2): 248-256. DOI: 10.3171/jns.1985.62.2.0248.
- [8] Wenderoth J. Proposal for an improved classification system for cavernous sinus dural arteriovenous fistula (CS-DAVF) [J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9(3): 220-224. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012743.
- [9] Oushy S, Borg N, Lanzino G. Contemporary management of cranial dural arteriovenous fistulas[J]. World



- Neurosurg, 2022, 159: 288-297. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.045.
- [10] Thomas AJ, Chua M, Fusco M, et al. Proposal of venous drainage-based classification system for carotid cavernous fistulae with validity assessment in a multicenter cohort[J]. *Neurosurgery*, 2015, 77(3): 380-385. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000829.
 - [11] Suh DC, Lee JH, Kim SJ, et al. New concept in cavernous sinus dural arteriovenous fistula: correlation with presenting symptom and venous drainage patterns[J]. *Stroke*, 2005, 36(6): 1134-1139. DOI: 10.1161/01.STR.0000166194.82027.63.
 - [12] Chi CT, Nguyen D, Duc VT, et al. Direct traumatic carotid cavernous fistula: angiographic classification and treatment strategies. Study of 172 cases[J]. *Interv Neuroradiol*, 2014, 20(4): 461-475. DOI: 10.15274/INR-2014-10020.
 - [13] Griaudze J, Gemmete JJ, Pandey AS, et al. Dural carotid cavernous fistulas: endovascular treatment and assessment of the correlation between clinical symptoms and the Cognard classification system[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9(6):583-586. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012418.
 - [14] Fattahi TT, Brandt MT, Jenkins WS, et al. Traumatic carotid-cavernous fistula: pathophysiology and treatment [J]. *J Craniofac Surg*, 2003, 14(2): 240-246. DOI: 10.1097/00001665-200303000-00020.
 - [15] Liang W, Xiaofeng Y, Weiguo L, et al. Traumatic carotid cavernous fistula accompanying basilar skull fracture: a study on the incidence of traumatic carotid cavernous fistula in the patients with basilar skull fracture and the prognostic analysis about traumatic carotid cavernous fistula[J]. *J Trauma*, 2007, 63(5): 1014-1020. DOI: 10.1097/TA.0b013e318154c9fb.
 - [16] Parkinson D. Carotid cavernous fistula: direct repair with preservation of the carotid artery. Technical note [J]. *J Neurosurg*, 1973, 38(1): 99-106.
 - [17] Helmke K, Krüger O, Laas R. The direct carotid cavernous fistula: a clinical, pathoanatomical, and physical study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1994, 127(1-2): 1-5. DOI: 10.1007/BF01808537.
 - [18] Ahn HS, Kerber CW. Therapeutic embolization of an external carotid-cavernous sinus fistula in an infant. Case report [J]. *J Neuroradiol*, 1983, 10(3): 261-264.
 - [19] Seeger JF, Gabrielsen TO, Giannotta SL, et al. Carotid-cavernous sinus fistulas and venous thrombosis [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1980, 1(2):141-148.
 - [20] Dos Santos D, Monsignore LM, Nakiri GS, et al. Imaging diagnosis of dural and direct cavernous carotid fistulae [J]. *Radiol Bras*, 2014, 47(4): 251-255. DOI: 10.1590/0100-3984.2013.1799.
 - [21] Lee JY, Jung C, Ihn YK, et al. Multidetector CT angiography in the diagnosis and classification of carotid-cavernous fistula[J]. *Clin Radiol*, 2016, 71(1):e64-71. DOI: 10.1016/j.crad.2015.10.018.
 - [22] Chen CC, Chang PC, Shy CG, et al. CT angiography and MR angiography in the evaluation of carotid cavernous sinus fistula prior to embolization: a comparison of techniques [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26(9):2349-2356.
 - [23] van Amerongen MJ, Pegge S, El Kandoussi M, et al. The non-invasive search for the carotid-cavernous fistula: the added value of the 4D-CTA[J]. *Neuroradiology*, 2017, 59(9):835-837. DOI: 10.1007/s00234-017-1885-0.
 - [24] 王莉,段艳华,王锡明,等.双源CT双能量血管成像对颈内动脉海绵窦瘘的诊断价值[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(2): 107-110. DOI: 10.3760/cma.jissn.1005-1201.2011.02.003.
 - [25] Kwon BJ, Han MH, Kang HS, et al. MR imaging findings of intracranial dural arteriovenous fistulas: relations with venous drainage patterns[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26(10):2500-2507.
 - [26] 全世杰,董光,曹培成,等.颈动脉海绵窦瘘的MRI诊断(附12例报告)[J]. *中华放射学杂志*, 2004, 38(11): 1197-1200. DOI: 10.3760/j.jissn:1005-1201.2004.11.018.
 - [27] Harsha KJ, Basti RS, Kesavadas C, et al. Susceptibility-weighted imaging in carotido-cavernous fistulas. A case control study [J]. *Interv Neuroradiol*, 2013, 19(4): 438-444.
 - [28] Yamamoto N, Yamamoto Y, Izumi Y, et al. Dural arteriovenous fistula at the cavernous sinus diagnosed by arterial spin-labeled imaging[J]. *Intern Med*, 2018, 57(8): 1163-1166. DOI: 10.2169/internalmedicine.9315-17.
 - [29] Kim D, Choi YJ, Song Y, et al. Thin-section MR imaging for carotid cavernous fistula[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(9):1599-1605. DOI: 10.3174/ajnr.A6757.
 - [30] Venturini M, Cristel G, Marzoli SB, et al. Orbital color Doppler ultrasound as noninvasive tool in the diagnosis of anterior-draining carotid-cavernous fistula[J]. *Radiol Med*, 2016, 121(4):301-307. DOI: 10.1007/s11547-015-0607-0.
 - [31] Kiliç T, Elmaci I, Bayri Y, et al. Value of transcranial Doppler ultrasonography in the diagnosis and follow-up of carotid-cavernous fistulae[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2001, 143(12):1257-1265. DOI: 10.1007/s007010100022.
 - [32] Bennett DR, Van Dyk HJ, Davis DO. Carotid cavernous sinus fistula closure following angiography[J]. *JAMA*, 1973, 224(12):1637-1639.
 - [33] Kurata A, Miyasaka Y, Kunii M, et al. The value of long-term clinical follow-up for cases of spontaneous carotid cavernous fistula[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1998, 140(1):65-72. DOI: 10.1007/s007010050059.
 - [34] 吴中学,王忠诚,李佑祥,等.520例外伤性颈动脉海绵窦瘘的血管内栓塞治疗[J]. *中华神经外科杂志*, 1999, 15(3): 135-137. DOI: 10.3760/cma.jissn.1001-2346.1999.03.104.
 - [35] 黄德俊,吴中学,孙涛,等.需急诊治疗的外伤性颈内动脉海绵窦瘘[J]. *中华神经外科杂志*, 2005, 21(4): 200-203.
 - [36] Halbach VV, Hieshima GB, Higashida RT, et al. Carotid cavernous fistulae: indications for urgent treatment[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1987, 149(3): 587-593. DOI: 10.2214/ajr.149.3.587.
 - [37] Brenna C, Priola SM, Pasarikovski CR, et al. Surgical sparing and pairing endovascular interventions for carotid-cavernous fistula: case series and review of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2020, 140: 18-25. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.05.013.
 - [38] Hung YC, Mohammed N, Kearns KN, et al. Stereotactic radiosurgery for cavernous sinus versus noncavernous sinus dural arteriovenous fistulas: outcomes and outcome predictors[J]. *Neurosurgery*, 2020, 86(5): 676-684. DOI: 10.1093/neuros/nyz260.
 - [39] Higashida RT, Hieshima GB, Halbach VV, et al. Closure of carotid cavernous sinus fistulae by external compression of the carotid artery and jugular vein[J]. *Acta Radiol Suppl*, 1986, 369:580-583.
 - [40] Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of



- major cerebral vessels[J]. *J Neurosurg*, 1974, 41(2): 125-145. DOI: 10.3171/jns.1974.41.2.0125.
- [41] Zhang W, Ye Y, Chen J, et al. Study on inferior petrosal sinus and its confluence pattern with relevant veins by MSCT[J]. *Surg Radiol Anat*, 2010, 32(6): 563-572. DOI: 10.1007/s00276-009-0602-z.
- [42] Mitsuhashi Y, Nishio A, Kawahara S, et al. Morphologic evaluation of the caudal end of the inferior petrosal sinus using 3D rotational venography[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28(6): 1179-1184. DOI: 10.3174/ajnr.A0489.
- [43] Jia ZY, Song YS, Sheen JJ, et al. Cannulation of occluded inferior petrosal sinuses for the transvenous embolization of cavernous sinus dural arteriovenous fistulas: usefulness of a frontier-wire probing technique [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39(12): 2301-2306. DOI: 10.3174/ajnr.A5868.
- [44] Heran M, Volders D, Haw C, et al. Imaging-guided superior ophthalmic vein access for embolization of dural carotid cavernous fistulas: report of 20 cases and review of the literature[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2019, 40(4): 699-702. DOI: 10.3174/ajnr.A5994.
- [45] San Millán Ruíz D, Oka M, Fasel JH, et al. Transvenous embolization of a dural arteriovenous fistula of the laterocavernous sinus through the pterygoid plexus[J]. *Neuroradiology*, 2007, 49(8): 665-668. DOI: 10.1007/s00234-007-0245-x.
- [46] Mounayer C, Piotin M, Spelle L, et al. Superior petrosal sinus catheterization for transvenous embolization of a dural carotid cavernous sinus fistula[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2002, 23(7):1153-1155.
- [47] Phan K, Xu J, Leung V, et al. Orbital approaches for treatment of carotid cavernous fistulas: a systematic review[J]. *World Neurosurg*, 2016, 96: 243-251. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.08.087.
- [48] Matsumoto A, Okauchi M, Shindo A, et al. Cavernous sinus dural arteriovenous fistula treated by facial vein direct puncture: case report and review of the literature[J]. *Interv Neuroradiol*, 2017, 23(3): 301-306. DOI: 10.1177/1591019917693413.
- [49] Catapano JS, Srinivasan VM, De La Peña NM, et al. Direct puncture of the superior ophthalmic vein for carotid cavernous fistulas: a 21-year experience[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022. DOI: 10.1136/jnis-2022-019135.
- [50] Texakalidis P, Tzoumas A, Xenos D, et al. Carotid cavernous fistula (CCF) treatment approaches: a systematic literature review and meta-analysis of transarterial and transvenous embolization for direct and indirect CCFs[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 204: 106601. DOI: 10.1016/j.clineuro.2021.106601.
- [51] Niu Y, Chen T, Tang J, et al. Detachable balloon embolization as the preferred treatment option for traumatic carotid-cavernous sinus fistula? [J]. *Interv Neuroradiol*, 2020, 26(1):90-98. DOI: 10.1177/1591019919871849.
- [52] 王子亮, 许斌, 李天晓. 可脱性球囊治疗外伤性颈动脉海绵窦瘘 188 例[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24(9):754-758.
- [53] 吴亮, 冯大勤, 周传凯, 等. 双球囊技术在外伤性颈动脉海绵窦瘘治疗中应用探讨[J]. *介入放射学杂志*, 2021, 30(9): 866-869.
- [54] 刘彦超, 段传志. 不同栓塞材料在治疗外伤性颈动脉海绵窦瘘中的应用[J]. *中华神经外科杂志*, 2014, 30(6): 646-648. DOI: 10.3760/cma.jissn.1001-2346.2014.06.033.
- [55] Yu Y, Li Q, Huang Q, et al. Embolization of direct carotid cavernous fistula with Onyx and coils under transarterial balloon protection[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2014, 37(3):679-685. DOI: 10.1007/s00270-013-0732-x.
- [56] He X, Duan C, Lai L, et al. Comparison of polyvinyl alcohol copolymer with detachable balloons for the embolisation of direct carotid cavernous fistula: a single-centre experience[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(11): 4730-4736. DOI: 10.1007/s00330-017-4864-2.
- [57] 邱雷, 张翔, 张全斌, 等. 弹簧圈结合 Onyx 胶栓塞外伤性颈动脉海绵窦瘘的治疗体会[J]. *中华神经外科杂志*, 2014, 30(2): 121-124. DOI: 10.3760/cma.jissn.1001-2346.2014.02.005.
- [58] 于瀛, 黄清海, 许奕, 等. Onyx 经动脉入路栓塞创伤性颈内动脉海绵窦瘘[J]. *中华神经外科杂志*, 2011, 27(12): 1191-1194. DOI: 10.3760/cma.jissn.1001-2346.2011.12.002.
- [59] Luo CB, Teng MM, Chang FC, et al. Bilateral traumatic carotid-cavernous fistulae: strategies for endovascular treatment[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2007, 149(7): 675-680. DOI: 10.1007/s00701-007-1229-7.
- [60] Lv X, Jiang C, Li Y, et al. Intracranial pseudoaneurysms, fusiform aneurysms and carotid-cavernous fistulas. Repair with percutaneous implantation of endovascular covered stents[J]. *Interv Neuroradiol*, 2008, 14(4): 435-440. DOI: 10.1177/159101990801400409.
- [61] He XH, Li WT, Peng WJ, et al. Endovascular treatment of posttraumatic carotid-cavernous fistulas and pseudoaneurysms with covered stents[J]. *J Neuroimaging*, 2014, 24(3):287-291. DOI: 10.1111/jon.12023.
- [62] Yin B, Sheng HS, Wei RL, et al. Comparison of covered stents with detachable balloons for treatment of posttraumatic carotid-cavernous fistulas[J]. *J Clin Neurosci*, 2013, 20(3): 367-372. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.02.030.
- [63] Stamatopoulos T, Anagnostou E, Plakas S, et al. Treatment of carotid cavernous sinus fistulas with flow diverters. A case report and systematic review[J]. *Interv Neuroradiol*, 2022, 28(1):70-83. DOI: 10.1177/15910199211014701.
- [64] 白卫星, 李天晓, 薛绛宇, 等. 闭塞颈内动脉治疗颈动脉海绵窦瘘的中长期疗效随访[J]. *中华放射学杂志*, 2012, 46(10): 921-924. DOI: 10.3760/cma.jissn.1005-1201.2012.10.011.
- [65] He HW, Jiang CH, Wu ZX, et al. Transvenous embolization with a combination of detachable coils and Onyx for a complicated cavernous dural arteriovenous fistula[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2008, 121(17):1651-1655.
- [66] Park SH, Park KS, Kang DH, et al. Stereotactic radiosurgery for dural carotid cavernous sinus fistulas[J]. *World Neurosurg*, 2017, 106: 836-843. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.04.143.
- [67] Jung KH, Kwon BJ, Chu K, et al. Clinical and angiographic factors related to the prognosis of cavernous sinus dural arteriovenous fistula[J]. *Neuroradiology*, 2011, 53(12): 983-992. DOI: 10.1007/s00234-010-0805-3.
- [68] Liu YC, Duan CZ, Gu DQ, et al. The recovery time of traumatic carotid-cavernous fistula-induced oculomotor nerve paresis after endovascular treatment with detachable balloons[J]. *J Neuroradiol*, 2014, 41(5): 329-335. DOI: 10.1016/j.neurad.2013.10.006.
- [69] 许晓泉, 施海彬, 刘圣, 等. 外伤性颈动脉海绵窦瘘球囊栓塞术后复发危险因素分析及治疗[J]. *介入放射学杂志*, 2011, 20(12):931-934.

