

DOI:10.3724/SP.J.1008.2015.00206

Dyna CT 评估直接型颈内动脉海绵窦瘘的临床价值

田春鸥^{1,2Δ}, 杨志刚^{1Δ}, 张磊¹, 张永巍¹, 黄清海¹, 许奕¹, 赵文元¹, 刘建民¹, 洪波^{1*}

1. 第二军医大学长海医院神经外科, 上海 200433
2. 解放军 422 中心医院神经外科, 湛江 524005

[摘要] **目的** 探讨稀释造影剂增强的 Dyna CT 评估直接型颈内动脉海绵窦瘘(direct carotid-cavernous fistula, DCCF) 的临床价值。**方法** 收集 16 例外伤性单瘘口 DCCF 患者的临床资料, 对比分析 3D 旋转数字减影血管造影(3D-DSA) 及稀释造影剂增强的 Dyna CT 对 DCCF 的诊断价值, 包括对瘘口、软脑膜静脉逆流、引流静脉及海绵窦分隔信息的展示。**结果** 与 3D-DSA 相比, Dyna CT 多显示了 15 例(93.75%) 患者的 21 个信息, 包括显示瘘口 8 个, 软脑膜静脉的逆向引流 2 个, 引流静脉 2 个, 海绵窦分隔 9 个。其中, 在显示瘘口及海绵窦分隔方面, Dyna CT 与 3D-DSA 差异有统计学意义($P < 0.05$); 在显示软脑膜静脉的逆向引流和引流静脉方面二者差异无统计学意义。**结论** 与 3D-DSA 相比, Dyna CT 能更有效地显示 DCCF 的瘘口及海绵窦分隔, 利于指导其临床诊治。

[关键词] 颈内动脉; 颈动脉海绵窦瘘; X 线计算机体层摄影术

[中图分类号] R 651.12 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2015)02-0206-06

Clinical value of Dyna CT in evaluating direct carotid-cavernous fistula

TIAN Chun-ou^{1,2Δ}, YANG Zhi-gang^{1Δ}, ZHANG Lei¹, ZHANG Yong-wei¹, HUANG Qiang-hai¹, XU Yi¹, ZHAO Wen-yuan¹, LIU Jian-min¹, HONG Bo^{1*}

1. Department of Neurosurgery, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China
2. Department of Neurosurgery, No. 422 Hospital of PLA, Zhanjiang 524005, Guangdong, China

[Abstract] **Objective** To discuss the clinical value of diluted contrast enhanced Dyna CT in evaluating direct carotid-cavernous fistula (DCCF). **Methods** The clinical data of 16 patients with traumatic and solo fistulous DCCF were retrospectively studied. The images by 3D rotatory digital subtraction angiography (3D-DSA) and diluted contrast enhanced Dyna CT were used for comparison and analysis of their values for diagnosis of DCCF. The comparison items included information on the orificium fistulae, the retrograde leptomeningeal venous drainage (RLVD), the draining veins and the compartment of the cavernous sinus. **Results** Compared with 3D rotatory DSA, Dyna CT demonstrated 21 more findings in 15 patients (93.75%), including the detection of the orificium fistulae ($n=8$), the RLVD ($n=2$), the draining veins ($n=2$), and compartment of the cavernous sinus ($n=9$), with significant difference found between Dyna CT and 3D-DSA in revealing the orificium fistulae and compartment of the cavernous sinus ($P < 0.05$), while not in revealing RLVD and the draining veins.

Conclusion Compared with 3D-DSA, Dyna CT can more effectively demonstrate the orificium fistulae and compartment of the cavernous sinus of DCCF, which may benefit the clinical diagnosis and treatment of DCCF.

[Key words] internal carotid artery; carotid-cavernous sinus fistula; X-ray computed tomography

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2015, 36(2):206-211]

直接型颈内动脉海绵窦瘘(direct carotid-cavernous fistula, DCCF)的瘘口通常包括两种情况:一种是颈内动脉海绵窦段的外伤性撕裂;另一种是该段颈内动脉动脉瘤自发性破裂^[1-2]。该病会引起海

[收稿日期] 2014-11-16 **[接受日期]** 2014-12-27

[基金项目] 国家自然科学基金(31370810). Supported by National Natural Science Foundation of China (31370810).

[作者简介] 田春鸥, 硕士生, 主治医师. E-mail: tianchunou@126.com; 杨志刚, 博士, 讲师、主治医师. E-mail: renzh1979@163.com

Δ共同第一作者(Co-first authors).

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161794, E-mail: hongbosmmu@yeah.net

绵窦和邻近静脉结构内的压力增高,从而表现出多样的临床症状,主要包括:眼球突出、球结膜水肿、眼眶部杂音和头痛等^[3-6]。1973年 Parkinson^[7]首次成功手术修补瘘口,开创了 DCCF 手术治疗的先河。近年来,血管内介入治疗方法和手段不断发展,DC-CF 的临床诊治也取得了极大的进步。目前 DCCF 的主要治疗方式包括:可解脱球囊、弹簧圈、弹簧圈结合液态栓塞材料及覆膜支架等。

DCCF 理想的治疗目标是确切封闭颈内动脉与海绵窦之间的瘘口,同时保持颈内动脉的通畅。因此,为了更准确地确定治疗策略,术者需要于术前详细了解病变部位解剖及血流动力学信息,包括瘘口信息、引流静脉、海绵窦分隔等,但目前常用的 3D-DSA 难以直接获得瘘口的精细特征。Dyna CT 又称“C臂 CT”、“平板探测器 CT”,其对血管评估具有一定的优势,可以提供血管、软组织和骨结构的高分辨率图像^[8-9]。因此,本研究对比分析 3D-DSA 与

Dyna CT 评估 DCCF 患者病灶周围血管结构的能力差异,探讨 Dyna CT 可能的临床价值,为在 DCCF 诊治中的临床应用提供参考。

1 资料和方法

1.1 一般资料 2012年1月至2012年9月,第二军医大学长海医院神经外科共收治16例 DCCF 患者(均经 DSA 确诊),其中10例男性,6例女性,年龄25~51岁,平均(41.38±9.62)岁。16例患者均为外伤性 DCCF,其受伤到 DSA 确诊的时间间隔2周至12年,中位时间3年。患者主要症状包括头痛、眼球突出、球结膜水肿和耳鸣。所有患者均先行常规和 3D-DSA 评估,再行稀释造影剂增强的 Dyna CT 评估,而后行血管内治疗。患者一般特征及基线资料详见表1。本研究获得第二军医大学长海医院伦理委员会审核通过,所有患者均知情同意并签署知情同意书。

表1 入组患者的一般特征、治疗方法及疗效随访信息汇总表

编号	性别	年龄(岁)	受伤至确诊间隔(年)	瘘口位置	自我颈总动脉压迫	外院治疗	治疗方法	术后即刻造影	临床随访	DSA 随访	是否我院再次治疗
1 ^a	男	25	1	水平段	否	否	单纯弹簧圈栓塞	瘘口消失	无症状	未随访	否
2 ^a	女	46	1.25	水平段	否	否	弹簧圈结合 Onyx	瘘口消失	无症状	治愈	否
3	男	37	0.04	水平段	否	否	单纯弹簧圈栓塞	瘘口消失	复发	复发	是
4	男	49	2	后升段	否	否	单纯 Onyx 栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
5 ^a	男	48	0.08	水平段	否	否	弹簧圈结合 Onyx	瘘口消失	无症状	治愈	否
6	女	26	3	水平段	否	否	单纯弹簧圈栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
7 ^a	男	26	0.25	前垂直	否	否	弹簧圈结合 Onyx	瘘口消失	无症状	未随访	否
8	男	39	0.75	水平段	否	否	单纯弹簧圈栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
9	女	51	3	前垂直	否	否	单纯 Onyx 栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
10 ^a	女	48	12	前垂直	是	否	弹簧圈结合 Onyx	瘘口消失	无症状	治愈	否
11	男	49	10	水平段	是	是	单纯弹簧圈栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
12	女	49	4.33	水平段	否	否	单纯 Onyx 栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
13 ^a	男	45	5	前垂直	是	否	弹簧圈结合 Onyx	瘘口消失	无症状	治愈	否
14	男	46	6	水平段	否	否	单纯弹簧圈栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
15 ^a	男	49	4.75	后升段	否	否	单纯 Onyx 栓塞	瘘口消失	无症状	治愈	否
16	女	29	3.5	水平段	否	否	弹簧圈结合 Onyx	瘘口消失	无症状	治愈	否

^a: Dyna CT 所获得的信息对患者血管内治疗的实施起到了指导作用

1.2 Dyna CT 检查 Dyna CT 以平板探测器 CT 在 C-臂造影系统(Artis zee Biplane, Siemens,

Forchheim, Germany)上实现数据采集。平板探测器采用以下参数设置旋转以获得图像:球管和平板

探测器围绕头部兴趣区域作 20 s 旋转采集,增量为 0.4°,矩阵为 512×512,总旋转角为 200°,采 496 帧。将造影导管超选至颈内动脉后,于导管内注入稀释的非离子型碘化造影剂(Visipaque,GE Healthcare, Carrigtohill, Ireland)。稀释造影剂注射速度 2 mL/s,注射时间 22 s,总用量 44 mL。造影剂稀释比例为 20%,相当于使用了纯造影剂 8.8 mL。延迟 2 s 获取图像,然后将容积参数传输到工作站(syngo X-Worplace VB13, Siemens, Forchheim, Germany)进行后处理。在工作站中选择 3D 选项卡,选取更小的兴趣区域(颈内动脉海绵窦段)对影像进行二次重建。再经多平面重建模式(MPR)产生类 CT 样图像,层厚 0.14 mm。

1.3 观察指标 DCCF 的血流动力学特征主要包括瘘口数目、位置和大小,软脑膜静脉的逆流,引流静脉及海绵窦分隔。比较 3D-DSA 和 Dyna CT 对上述指标的显示效能。将颈内动脉海绵窦段分为后升段、水平段和前垂直段。将瘘口的数目、位置和大小均被准确显示定义为其能被检测到,将引流静脉的所有血管被显示定义为引流静脉能被检测到。将影像学显示的高密度的海绵窦中间出现低密度的条带定义为检测到海绵窦分隔。每例患者的影像学图片由两位神经放射学专家独立判读。

1.4 治疗效果及术后随访 根据 DCCF 的特征及每例患者的个体情况,选择以可解脱球囊、弹簧圈或 乙 烯-乙 烯 醇 共 聚 物(Onyx; ev3 Neurovascular, Irvine, CA)栓塞 DCCF。本组患者中有 3 例曾进行过自我颈总动脉压迫治疗,均效果不佳。16 例患者中有 1 例为外院球囊栓塞术后复发患者。6 例患者采用弹簧圈结合 Onyx 胶栓塞(37.5%),其中 1 例为球囊辅助下弹簧圈结合 Onyx 胶栓塞;6 例患者采用单纯弹簧圈栓塞(37.5%);4 例患者采用单纯 Onyx 胶栓塞(25%)。16 例患者术后即刻造影显示瘘口均消失。介入治疗后半年以上行随访。患者详细治疗及随访情况见表 1。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 19.0 软件,使用配对 χ^2 检验(McNemar 检验)进行统计分析,检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 患者一般情况 16 例患者均接受 DSA 造影

检查,造影显示瘘的引流方向包括:眼上静脉、眼下静脉、皮质静脉、岩下窦、对侧海绵窦及翼静脉丛。所有患者均为单瘘口,共 16 个瘘口,位于颈内动脉海绵窦段。2 个瘘口位于后升段(12.5%),10 个瘘口位于水平段(62.5%),4 个瘘口位于前垂直段(25%)。16 例患者均获得了临床随访,有 1 例症状复发(1/16, 6.25%)。14 例患者接受了 DSA 随访(14/16, 87.5%),其中 13 例治愈(13/14, 92.9%),1 例复发(1/14, 7.1%),该患者后再次行单纯 Onyx 胶栓塞治愈。

2.2 诊断效能对比 16 例患者中 Dyna CT 清晰显示 14 例患者的瘘口数目、位置和大小,清晰显示 5 例患者的软脑膜静脉逆向引流,清晰显示 14 例患者的引流静脉,清晰显示 11 例患者的海绵窦分隔。相比 3D-DSA, Dyna CT 多显示了 15 例(93.75%)患者的 21 个信息,包括显示瘘口($n=8$),软脑膜静脉逆向引流($n=2$),引流静脉($n=2$),海绵窦分隔($n=9$)。Dyna CT 所获得的信息对 7 例(43.8%)患者的血管内治疗起到了指导作用。统计分析结果(表 2)表明: Dyna CT 显示瘘口和海绵窦分隔效能优于 3D-DSA($P<0.05$),但两者在显示软脑膜静脉逆向引流和引流静脉方面差异无统计学意义。3D-DSA 及 Dyna CT 检查过程中均无并发症发生。

表 2 两种方法对 DCCF 诊断效能的比较

	3D-DSA	Dyna CT		P
		+	-	
瘘口	+	6	1	0.039
	-	8	1	
软脑膜静脉逆向引流	+	3	1	1
	-	2	10	
引流静脉	+	12	1	1
	-	2	1	
海绵窦分隔	+	2	1	0.021
	-	9	4	

2.3 典型病例 患者男,48 岁,因“左额部外伤后左眼球突出、复视 1 个月”于 2012 年 5 月 2 日入院。左侧颈内动脉造影显示 1 个位于颈内动脉海绵窦段的 DCCF(Barrow A 型),但无法显示瘘口准确位置。Dyna CT 清晰显示瘘口位于海绵窦段水平段,位于该段颈内动脉的前、下壁。因该患者瘘口较大,

且伴有皮质静脉逆向引流,出血风险较高,故拟行球囊辅助下弹簧圈结合 Onyx 胶栓塞。当经动脉途径置入 4 枚弹簧圈并注入 Onyx 胶后瘘仍有向岩下窦方向的引流,遂在球囊辅助下经静脉途径行 Onyx 胶栓塞。栓塞材料包绕在瘘口周围,主要填塞了与瘘口相通的海绵窦前方分隔。术后造影显示瘘口的静脉引流及皮质逆流完全消失,颈内动脉保持通畅。术后患者眼球突出症状消失,复视明显缓解。患者出院后无症状复发。术后 7 个月 DSA 随访,结果为治愈。该患者详细影像资料见图 1 和图 2。

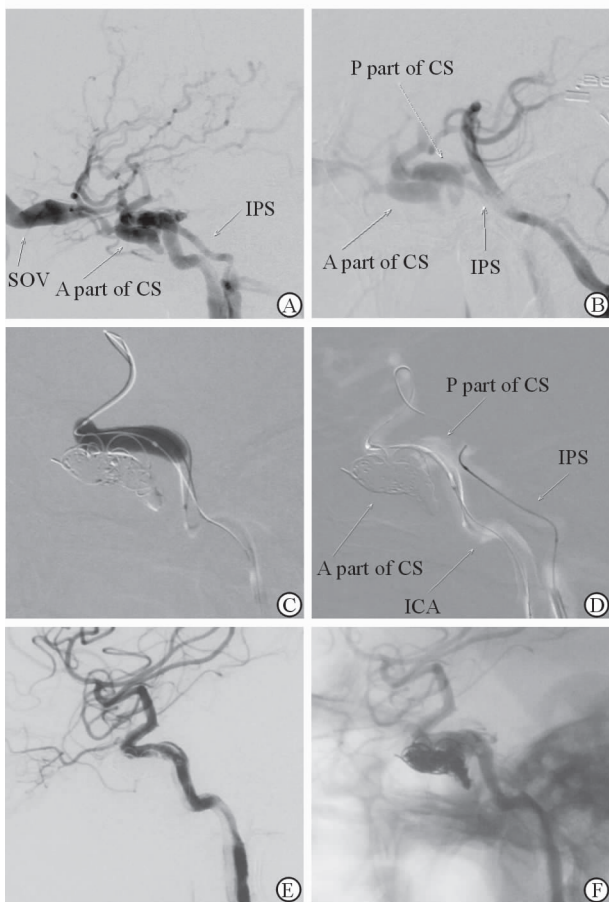


图 1 患者左侧颈内动脉的侧位造影

A: 造影剂经眼上静脉、岩下窦、颞叶深部静脉及软脑膜静脉逆向引流,无法显示瘘口的准确位置;B: 术前 Huber 动作侧位造影显示造影剂通过左侧后交通动脉经左侧颈内动脉充盈海绵窦,结合图 2D 我们可以大致将海绵窦分为前后两部分;C: 球囊辅助下弹簧圈结合 Onyx 胶经动脉途径栓塞瘘口;D: 动脉途径栓塞未能完全闭塞瘘口,故再经岩下窦超选海绵窦,此时结合图 2D 可以大致判断经动脉途径栓塞的材料主要充填海绵窦前方的分隔,而其后方分隔仍然显影良好;E: 术后左侧颈内动脉的侧位造影显示瘘口未显影;F: 术后左侧颈内动脉的侧位造影不减影图像。SOV: 眼上静脉;A: 前方的;CS: 海绵窦;IPS: 岩下窦;P: 后方的;ICA: 颈内动脉

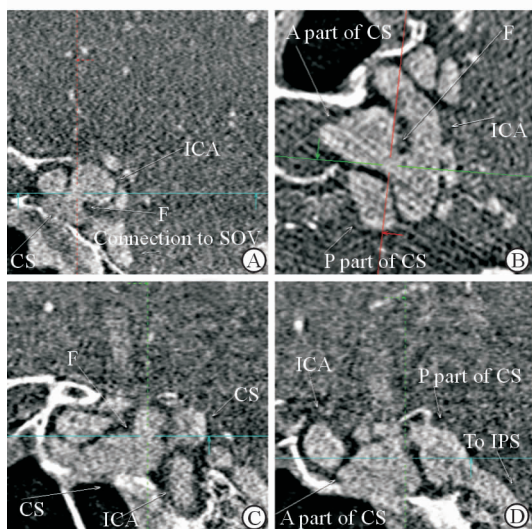


图 2 稀释造影剂增强的 Dyna CT 图像

A: 经过瘘口的冠状位;B: 经过瘘口的轴位;C: 经过瘘口的矢状位;D: 经过瘘口内侧的矢状位。图中的红、绿、蓝三色线条即代表 3 个平面所取的角度,本例我们取的是常规轴位,但将矢状位向平行颈内动脉的方向适当调整,将冠状位向垂直颈内动脉的方向适当调整。以上图像可清晰显示瘘口位于该段颈内动脉的前、下壁。SOV: 眼上静脉;A: 前方的;CS: 海绵窦;IPS: 岩下窦;P: 后方的;ICA: 颈内动脉;F: 瘘口

3 讨论

DCCF 比较适合行血管内治疗。Higashida 等^[10]报道,采用血管内治疗 88% 的患者能获得瘘口完全闭塞同时保持颈内动脉通畅。通过血管内技术对 DCCF 完全闭塞的关键是术前能获得瘘口及海绵窦分隔的详细信息。造影时将帧频调高,采用 Mehringer-Hieshima 动作和 Huber 动作^[11]以及双腔导管的使用^[12]能够获得更好的图像。但是大多数情况下,瘘口的大小往往通过是否全偷流来判断。以往诊断 DCCF 的主要方法有磁共振血管造影(MRA)、计算机断层扫描血管造影(CTA)和 3D-DSA。时间飞跃法(TOF)MRA 主要是通过显示静脉窦扩张和异常引流静脉来诊断动静脉瘘一类的疾病,很难直接地显示瘘口细节^[13]。CTA 的层厚会对其成像的立方体形状产生负面影响,而 Dyna CT 拥有比 CTA 更小的体素尺寸,因此拥有更高的空间分辨率,更好的立方体形状。因此,Dyna CT 对小血管的成像要明显优于 CTA 和 MRA。

3D-DSA 是目前常用的显示血管细节信息的主要方法,如颅内动脉瘤的治疗。而对 DCCF 先行 3D 重建再寻找最佳工作角度 DSA 造影,有时平板探测

器会与检查床冲突而无法就位。比起 Dyna CT, 患者行 3D-DSA 检查接受辐射剂量更大, 且它不能显示瘘口周围的骨质^[14-15]。Dyna CT 之所以在介入单元得以迅速推广, 主要因为: (1) 高空间分辨率和密度分辨率; (2) 无需将患者从介入单元转移至放射科就可快速取得图像, 有利于对并发症的快速处理^[16]; (3) 与常规 CT 比, 辐射剂量更低^[17]。

DCCF 的影像学信息主要包括瘘口数目、位置、大小, 软脑膜皮质静脉逆流, 引流静脉及海绵窦分隔几方面。而瘘口及海绵窦分隔的信息尤其重要, 因为瘘口信息有助于术者选择治疗方式, 海绵窦信息可以使术者争取“选择性栓塞”。分析本研究的结果, 我们发现较 3D-DSA, Dyna CT 恰恰在显示瘘口及海绵窦分隔两方面有明显优势。

多数情况下瘘口周围的骨质结构复杂; 另外高流量的瘘口引流会使瘘口被引流静脉和海绵窦遮挡起来, 3D-DSA 无法清晰显示瘘口^[18]。Dyna CT 可以帮助明确瘘口数目、位置和大小。在后处理所得的类 CT 样三维图像中, 检查者不仅可以按照头常规矢状位、冠状位及轴位观察病变, 还可以沿病变段的血管行纵切面、横切面观察, 更有利于清晰地显示瘘口的立体结构。本研究中, Dyna CT 能清晰显示 14 例患者的瘘口数目、位置和大小, 其中有 8 例 3D-DSA 显示不清。Dyna CT 可以确定瘘口准确位置, 而其与颈内动脉的角度决定了超选瘘口时的微导管头端塑形方向。

在显示软脑膜静脉逆向引流方面, 3D-DSA 与 Dyna CT 均不是强项, 二者差别不大。本研究中, Dyna CT 能显示 5 例患者的软脑膜静脉逆向引流, 3D-DSA 能显示 4 例患者的软脑膜静脉逆向引流, 二者差异无统计学意义。在显示引流静脉方面, 3D-DSA 与 Dyna CT 能力都较强。本研究中, Dyna CT 能显示 14 例患者的引流静脉, 3D-DSA 能显示 13 例患者的引流静脉, 二者差异无统计学意义。

不同个体间海绵窦的分隔差异很大, 以往的影像技术无法清晰地显示各个分隔, 这就容易引起海绵窦的过度堵塞, 导致颅神经麻痹且需要更多弹簧圈^[19]。在 Dyna CT 的后处理图像中, 当操作者选取了恰当的切面, 就可以在高密度的海绵窦中间见到明显低密度的条带。这是海绵窦分隔之间由纤维小梁形成的独立的腔隙, 其与窦腔主体并不相通。本

研究中, Dyna CT 能清晰显示 11 例患者的海绵窦分隔, 其中有 9 例 3D-DSA 显示不清, 二者差异有统计学意义。本研究的典型病例, 因经动脉栓塞未能完全栓塞瘘口, 而后采用经静脉栓塞。有了这种优势后我们的理念是仅栓塞和瘘口直接相通的海绵窦分隔, 保留海绵窦其余分隔的通畅, 这也更有利于保持颈内动脉的通畅。Hiu 等^[20] 在治疗海绵窦区 DAVF 时也使用这种策略。

综上所述, Dyna CT 较 3D-DSA 能更有效地显示 DCCF 的瘘口及海绵窦分隔, 可有效地评估 DC-CF 并指导治疗策略。但本研究样本量较小, 相关结论仍有待进一步长期研究来验证。

4 利益冲突

所有作者声明本文不涉及任何利益冲突。

[参考文献]

- [1] Halbach V V, Higashida R T, Hieshima G B, Hardin C W, Yang P J. Transvenous embolization of direct carotid cavernous fistulas [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 1988, 9: 741-747.
- [2] d'Angelo V A, Monte V, Scialfa G, Fiumara E, Scotti G. Intracerebral venous hemorrhage in "high-risk" carotid-cavernous fistula [J]. Surg Neurol, 1988, 30: 387-390.
- [3] de Keizer R. Carotid-cavernous and orbital arteriovenous fistulas; ocular features, diagnostic and hemodynamic considerations in relation to visual impairment and morbidity [J]. Orbit, 2003, 22: 121-142.
- [4] Gupta A K, Purkayastha S, Krishnamoorthy T, Bodhey N K, Kapilamoorthy T R, Kesavadas C, et al. Endovascular treatment of direct carotid cavernous fistulae: a pictorial review [J]. Neuroradiology, 2006, 48: 831-839.
- [5] Lewis A I, Tomsick T A, Tew J M Jr. Management of 100 consecutive direct carotid-cavernous fistulas: results of treatment with detachable balloons [J]. Neurosurgery, 1995, 36: 239-244.
- [6] Wang W, Li Y D, Li M H, Tan H Q, Gu B X, Wang J, et al. Endovascular treatment of post-traumatic direct carotid-cavernous fistulas: a single-center experience [J]. J Clin Neurosci, 2011, 18: 24-28.
- [7] Parkinson D. Carotid cavernous fistula: direct repair with preservation of the carotid artery. Technical note

- [J]. *J Neurosurg*, 1973, 38:99-106.
- [8] Heran N S, Song J K, Namba K, Smith W, Niimi Y, Berenstein A. The utility of DynaCT in neuroendovascular procedures[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27: 330-332.
- [9] Barrow D L, Spector R H, Braun I F, Landman J A, Tindall S C, Tindall G T. Classification and treatment of spontaneous carotid-cavernous sinus fistulas[J]. *J Neurosurg*, 1985, 62:248-256.
- [10] Higashida R T, Halbach V V, Tsai F Y, Norman D, Pribram H F, Mehringer C M, et al. Interventional neurovascular treatment of traumatic carotid and vertebral artery lesions; results in 234 cases[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1989, 153:577-582.
- [11] Gemmete J J, Ansari S A, Gandhi D M. Endovascular techniques for treatment of carotid-cavernous fistula [J]. *J Neuroophthalmol*, 2009, 29:62-71.
- [12] Berenstein A, Kricheff I I. Balloon catheters for investigating carotid cavernous fistulas[J]. *Radiology*, 1979, 132:762-764.
- [13] Meckel S, Maier M, Ruiz D S, Yilmaz H, Scheffler K, Radue E W, et al. MR angiography of dural arteriovenous fistulas; diagnosis and follow-up after treatment using a time-resolved 3D contrast-enhanced technique [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28:877-884.
- [14] Chappell E T, Moure F C, Good M C. Comparison of computed tomographic angiography with digital subtraction angiography in the diagnosis of cerebral aneurysms; a meta-analysis[J]. *Neurosurgery*, 2003, 52:624-631.
- [15] Hirai T, Korogi Y, Ono K, Murata Y, Sugino-hara K, Omori T, et al. Preoperative evaluation of intracranial aneurysms; usefulness of intraarterial 3D CT angiography and conventional angiography with a combined unit-initial experience [J]. *Radiology*, 2001, 220: 499-505.
- [16] Chu E, McAuliffe W. Use of flat panel DynaCT myelography to locate the site of CSF leak[J]. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2013, 57:455-459.
- [17] Bai M, Liu B, Mu H Q, Liu X H, Jiang Y. The comparison of radiation dose between C-arm flat-detector CT (DynaCT) and multi-slice CT (MSCT): a phantom study[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81:3577-3580.
- [18] Sato K, Matsumoto Y, Kondo R, Tominaga T. Usefulness of C-arm cone-beam computed tomography in endovascular treatment of traumatic carotid cavernous fistulas; a technical case report[J]. *Neurosurgery*, 2010, 67:467-469.
- [19] Agid R, Willinsky R A, Haw C, Souza M P, Vanek I J, terBrugge K G. Targeted compartmental embolization of cavernous sinus dural arteriovenous fistulae using transfemoral medial and lateral facial vein approaches [J]. *Neuroradiology*, 2004, 46:156-160.
- [20] Hiu T, Kitagawa N, Morikawa M, Hayashi K, Horie N, Morofuji Y, et al. Efficacy of DynaCT digital angiography in the detection of the fistulous point of dural arteriovenous fistulas[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30:487-491.

[本文编辑] 贾泽军