

## 创新团队成果专栏

## 动态增强磁共振成像对静脉畸形硬化治疗中硬化剂选择的参考价值

夏志鹏<sup>1</sup>, 袁 瑛<sup>2</sup>, 杨 希<sup>2</sup>, 顾 豪<sup>2</sup>, 林晓曦<sup>2#</sup>, 陶晓峰<sup>1#</sup>

1. 上海交通大学医学院附属第九人民医院放射科, 上海 200011; 2. 上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科, 上海 200011

**[摘要]** **目的**· 探讨动态增强磁共振成像 (dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI) 用于静脉畸形患者血管内泡沫硬化剂治疗的效果预测和硬化剂选择的价值。**方法**· 回顾性分析了 2018 年 1 月—2019 年 6 月在上海交通大学医学院附属第九人民医院行血管内硬化治疗并接受 DCE-MRI 检查的初治静脉畸形患者 56 例。所有患者术中均首先使用泡沫硬化剂治疗, 根据术中疗效判断是否换用无水乙醇硬化剂治疗, 最终分为单纯泡沫硬化剂组 40 例和无水乙醇组 16 例。比较 2 组患者基本资料和 DCE-MRI 参数的差异, Logistic 回归分析选用不同硬化剂的相关因素, 受试者工作特征曲线分析这些相关因素用于确定不同硬化剂的效能。**结果**· 单纯泡沫硬化剂组与无水乙醇组间患者性别、年龄、病灶部位、治疗前病灶体积及有无静脉石比较, 差异无统计学意义。病灶分型、最大强度时间率 (maximum intensity time ratio, MITR) 及增强百分比的差异有统计学意义。多因素 Logistic 回归分析显示, 病灶分型和 MITR 是硬化剂选择的独立相关因素。MITR 的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.947, 病灶分型的 AUC 为 0.844, 两者联合后 AUC 为 0.969, 敏感度为 93.8%, 特异度为 90.0%。**结论**· DCE-MRI 可以辅助临床在静脉畸形血管内治疗时选用适当的硬化剂, 提高治疗的有效性。

**[关键词]** 动态增强磁共振成像; 静脉畸形; 硬化治疗; 硬化剂

**[DOI]** 10.3969/j.issn.1674-8115.2020.07.003 **[中图分类号]** R445.2 **[文献标志码]** A

## Value of dynamic contrast-enhanced MRI in selecting sclerosants for endovascular sclerosis of venous malformation

XIA Zhi-peng<sup>1</sup>, YUAN Ying<sup>2</sup>, YANG Xi<sup>2</sup>, GU Hao<sup>2</sup>, LIN Xiao-xi<sup>2#</sup>, TAO Xiao-feng<sup>1#</sup>

1. Department of Radiology, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 2. Department of Plastic Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

**[Abstract]** **Objective**· To evaluate the value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in predicting the efficacy of foam sclerotherapy and selecting sclerosants for endovascular sclerosis of venous malformations. **Methods**· A retrospective analysis was conducted for 56 patients with venous malformations who underwent intravascular sclerotherapy and DCE-MRI examination from January 2018 to June 2019 in Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. All the patients were firstly treated with foam sclerotherapy. During the surgery, the surgeons determined whether to subsequently use ethanol, depending on the immediate therapeutic effect of foam sclerotherapy. Among them the 40 cases were treated with foam sclerotherapy only (foam sclerotherapy group) and the other 16 cases (ethanol group) with subsequent ethanol. The basic characteristics and DCE-MRI parameters of the two groups were compared. Logistic regression was used to analyze the risk factors of selecting different sclerosing agents, and the receiver operator characteristic curve was applied to assess the efficacy of these risk factors. **Results**· There were no significant differences in the gender, age, lesion location, pre-treatment volume and presence or absence of phleboliths between foam sclerotherapy group and ethanol group. The lesion classification, maximum intensity time ratio (MITR) and peak enhancement percentage showed significant differences between the two groups. Multivariate Logistic regression analysis showed that the lesion classification and MITR were two independent factors for the selection of sclerosing agents. The area under curve (AUC) of MITR was 0.947, while the AUC of lesion classification was 0.844. After the combination of these two parameters, the AUC was 0.969 with the sensitivity of 93.8% and the specificity of 90.0%. **Conclusion**· DCE-MRI can be helpful for clinical selection of appropriate sclerosing agents to improve the effectiveness of venous malformations treatment.

**[Key words]** dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI); venous malformations (VMs); sclerotherapy; sclerosant

**[基金项目]** 国家自然科学基金 (91859202, 81771901); 上海交通大学医学院高水平地方高校创新团队 (SSMU-ZDCX20180702)。

**[作者简介]** 夏志鹏 (1995—), 男, 住院医师, 硕士生; 电子信箱: zhipeng\_xia@163.com。

**[通信作者]** 陶晓峰, 电子信箱: cjr.taoxiaofeng@vip.163.com。林晓曦, 电子信箱: linxiaoxi@126.com。# 为共同通信作者。

**[Funding Information]** National Natural Science Foundation of China (91859202, 81771901); Innovative Research Team of High-Level Local Universities in Shanghai (SSMU-ZDCX20180702)。

**[Corresponding Author]** TAO Xiao-feng, E-mail: cjr.taoxiaofeng@vip.163.com. LIN Xiao-xi, E-mail: linxiaoxi@126.com. #Co-corresponding authors.



静脉畸形 (venous malformations, VMs) 是最常见的一种先天性血管畸形, 是胚胎生长过程中静脉系统发育受阻的结果<sup>[1]</sup>。它的发病率为 1/5 000 ~ 1/2 000, 患病率则高达 1%<sup>[2-3]</sup>; 可发生于全身任何部位, 以头颈部最多见, 躯干四肢次之<sup>[4-5]</sup>。VMs 出生即伴随, 且可随躯体成长进行性增长, 不会自行消退, 可以导致患者的外观畸形及功能受损, 严重者甚至危及生命<sup>[6-8]</sup>。硬化治疗是治疗 VMs 的主要手段<sup>[9]</sup>, 目前用于治疗的硬化剂多种多样, 不同硬化剂的安全性和有效性也不尽相同。MRI 由于其具有多参数、多序列成像及极高的软组织分辨率等优势, 已被越来越广泛地应用于 VMs 的诊断及治疗的研究中。其中动态增强磁共振成像 (dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI) 可以动态监测对比剂从血管进入病变组织的情况, 从而反映组织内血流灌注状态, 而 VMs 内的血流特征与硬化剂的选择及预后息息相关。本研究旨在探讨术前 DCE-MRI 对 VMs 硬化治疗时硬化剂选择的辅助价值, 以达到精准治疗的目的, 提高疗效的同时, 减少并发症的产生。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取 2018 年 1 月—2019 年 6 月在上海交通大学医学院附属第九人民医院接受治疗的 VMs 患者。病例纳入标准: ①初次就诊, 之前未接受过任何形式的治疗。②根据临床病史、体格检查及影像学检查, 并行局部穿刺静脉造影确诊为 VMs。③有完整的影像学资料, 术前均接受 DCE-MRI 检查。排除标准: ① DCE-MRI 图像质量差, 伪影严重, 影响数据的测量。② VMs 病灶伴有其他脉管畸形 (如动静脉畸形或淋巴管畸形等)。最终本次研究共纳入患者 56 例, 根据术中具体使用硬化剂种类, 将患者分为 2 组: 单纯泡沫硬化剂组 (聚多卡醇 + 博来霉素) 与无水乙醇组 (术中泡沫硬化剂疗效不佳, 换用无水乙醇治疗)。

### 1.2 检查方法

所有患者均采用 3.0T 德国西门子 Magnetom Verio MR 扫描仪, 头颈部病灶使用头加颈部线圈, 四肢躯干病灶使用腹部线圈, 扫描序列如下。

**1.2.1 头颈部** 常规轴位 T1 加权成像 (T1 weighted imaging, T1WI): 重复时间 (time of repetition, TR) 620 ms, 回波时间 (time of echo, TE) 8.2 ms, 层厚 3 mm。压脂轴位 T2 加权成像 (T2 weighted imaging, T2WI): TR 4 500 ms, TE 83 ms, 层厚 4 mm。压脂冠状位

T2WI: TR 4 000 ms, TE 94 ms, 层厚 3 mm。轴位容积插值屏气检查 (volume interpolated breath-hold examination, VIBE) DCE 序列: TR 5.53 ms, TE 1.71 ms, 层厚 3 mm, 平均激励次数为 1, 翻转角度 9°, 采集 8 个时相, 每期 15 s

**1.2.2 四肢躯干** T1WI: TR 600 ms, TE 12 ms, 层厚 3 mm。压脂轴位 T2WI: TR 5 500 ms, TE 67 ms, 层厚 4 mm。压脂冠状位 T2WI: TR 5 000 ms, TE 68 ms, 层厚 3 mm。DCE 序列: TR 6.95 ms, TE 2.47 ms, 层厚 3 mm, 平均激励次数为 1, 翻转角度 9°, 采集 20 个时相, 每期 15 s。

**1.2.3 MR 增强扫描对比剂** 对比剂均采用钆喷酸葡甲胺 (Gd-DTPA), 剂量 0.1 mmol/kg, 速率 3 mL/s, 动态增强扫描第 1 个时相结束后即刻静脉注射对比剂, 并在对比剂注射完成后用同样速率继续推注 10 mL 生理盐水以确保注射器内无对比剂残留。

### 1.3 图像分析

由 3 位具有 5 年以上 MRI 诊断经验的放射科医师采用盲法进行数据的采集。根据病灶边界清晰和局限与否, 将其分为局限型和弥散型: 局限型指病灶边界清晰且范围局限, 弥散型指病灶边界模糊或范围弥散。在压脂轴位 T2WI 上测量病灶最大横截面的长径及宽径, 在压脂冠状位 T2WI 病灶最大层面上测量病灶的最大垂直直径, 记为病灶的高。记录有无静脉石。同时利用 Syngo Verio3.0 工作站, 使用 Mean Curve 软件对动态增强图像进行分析, 在 DCE-MRI 后处理中勾画感兴趣区域 (region of interest, ROI) 面积, 预先设定面积为 50 ~ 100 mm<sup>2</sup>, 将强化峰值最高的 ROI 所对应的时间信号强度曲线 (time-intensity curve, TIC) 作为病灶的 TIC。病灶的体积 = 1/6 $\pi$  × 长 × 宽 × 高<sup>[10]</sup>, 增强百分比 (peak enhancement percentage, E<sub>peak</sub>) = (S<sub>peak</sub> - S<sub>0</sub>) / S<sub>0</sub>, 最大强度时间率 (maximum intensity time ratio, MITR) = (S<sub>peak</sub> - S<sub>0</sub>) / T<sub>peak</sub><sup>[11]</sup>; S<sub>0</sub> 为对比剂团注前的信号强度, S<sub>peak</sub> 为对比剂团注后肿瘤组织达到的最大信号强度, T<sub>peak</sub> 为对比剂团注后肿瘤组织达到强化峰值的时间。上述定量参数均采用测量 3 次后取其平均值的计算方法。

### 1.4 治疗方式

所有患者均接受静脉麻醉, 根据术前 MRI 图像标记病灶部位, 用 7 号头皮针经皮穿刺可见暗红色静脉缓慢流出, 挤压病灶可快速流出, 以判断到达畸形血管团中, 然后接 120 cm 延长管缓慢推注造影剂碘克沙醇 (通用电

气药业有限公司, 上海) 行数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 检查, 见静脉窦显影, 证实与 MRI 所显示病灶一致。术者均首先根据病灶充盈显影时造影剂的量, 向病灶内单独、等量注入泡沫硬化剂, 由 3% 聚多卡醇 (Kreussler, 德国) 4 mL、博莱霉素 (浙江海正药业股份有限公司) 15 mg, 液气比 = 1:4, Tessari 法<sup>[12]</sup> 制备。注射完毕后即刻透视, 如病灶窦腔造影剂无残留, 则治疗完毕; 如泡沫硬化剂在病灶内充盈效果较差, 泡沫在病灶内停留时间短, 很快流出, 病灶窦腔内造影剂残留较多, 则换用无水乙醇治疗。经头皮针向病灶内先注入 0.25% 利多卡因 3 mL, 再缓慢推注无水乙醇 (单次治疗最大剂量不超过 0.5 mL/kg, 10 min 内不超过 0.1 mL/kg)。

1.5 统计学分析

使用 SPSS 25.0 进行统计学分析, 符合正态分布的定

量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示, 组间比较采用独立样本  $t$  检验; 不符合正态分布的定量资料用中位数及四分位间距表示, 组间比较采用秩和检验; 定性资料采用频数表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。对相关指标进行单因素及多因素 Logistic 回归分析, 并对有意义指标做受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者及病灶的一般特征

56 例患者中, 单纯使用泡沫硬化剂者 40 例, 改用无水乙醇者 16 例。2 组患者的病灶分型、 $E_{peak}$  及 MITR 差异有统计学意义 (均  $P = 0.000$ ), 而性别、年龄、病灶部位、治疗前病灶体积及有无静脉石的差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ ) (表 1)。

表 1 2 组患者一般临床资料比较  
Tab 1 Clinical characteristics of the two groups

Index	Foam sclerotherapy group (n=40)	Ethanol group (n=16)	P value
Age/year	18.28 ± 12.87	14.63 ± 12.53	0.339
Gender/n			0.799
Male	19	7	
Female	21	9	
Lesion location/n			0.447
Head and neck	18	9	
Limbs and trunk	22	7	
Pre-treatment volume/cm <sup>3</sup>	21.27 (6.79, 73.45)	31.71 (9.64, 64.87)	0.663
Lesion classification/n			0.000
Localized type	30	1	
Diffuse type	10	15	
Presence of phlebolith/n			0.052
Yes	24	5	
No	16	11	
$E_{peak}$	0.77 (0.28, 1.16)	1.39 (1.30, 2.33)	0.000
MITR	2.16 (1.07, 2.59)	4.81 (3.77, 7.09)	0.000

2.2 单因素 Logistic 回归分析结果

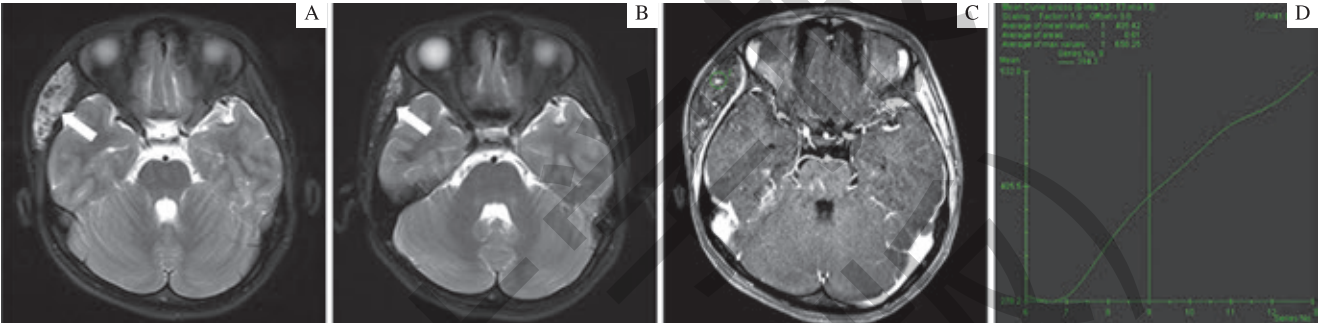
单因素 Logistic 回归分析结果显示, 病灶分型、 $E_{peak}$  及 MITR 这 3 项指标与单纯泡沫硬化剂治疗是否有效有关 (均  $P < 0.05$ ), 而年龄、性别、病灶部位、治疗前体积及

有无静脉石这 5 项指标与此无关 (均  $P > 0.05$ ) (表 2)。表明当病灶呈弥散型、具有较高的  $E_{peak}$  或 MITR 值时, 泡沫硬化剂疗效不佳的风险较大, 建议选用无水乙醇治疗, 代表性病例见图 1 和图 2。

表 2 单因素 Logistic 回归分析  
Tab 2 Univariate Logistic regression analysis

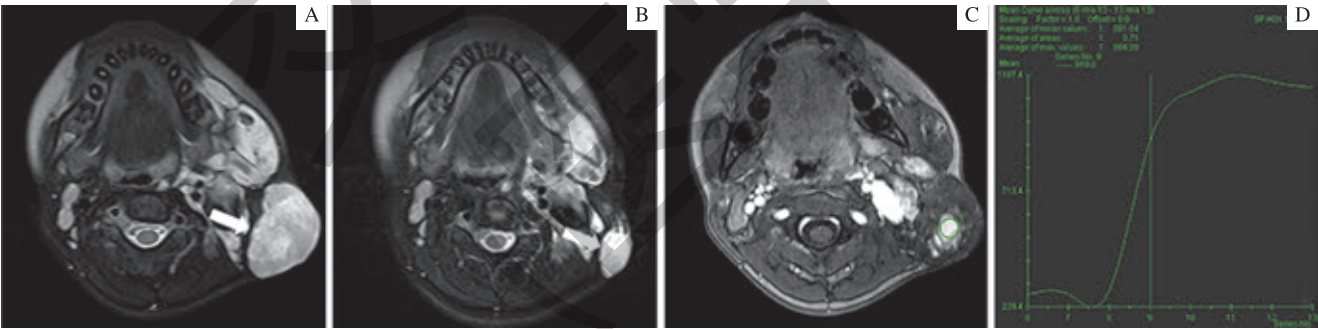
Viarable	OR (95%CI)	P value
Age	0.976 (0.929–1.025)	0.334
Gender <sup>①</sup>	0.860 (0.268–2.760)	0.799
Lesion location <sup>②</sup>	1.571 (0.489–5.052)	0.448
Pre-treatment volume	1.000 (0.997–1.004)	0.932
Lesion classification <sup>③</sup>	45.000 (5.257–385.174)	0.001
Presence of phleboliths <sup>④</sup>	0.303 (0.088–1.039)	0.058
E <sub>peak</sub>	9.100 (2.430–34.080)	0.001
MITR	3.902 (1.728–8.810)	0.001

Note: <sup>①</sup> female as reference; <sup>②</sup> head and neck as reference; <sup>③</sup> localized type as reference; <sup>④</sup> none of phleboliths as reference.



Note: A. The axial T2-weighted image with fat suppression. A well-defined and localized mass without phleboliths (arrow), with the volume of 58.8 cm<sup>3</sup>. B. The axial T2-weighted images with fat suppression. The volume of lesion (arrow) after treatment was 17.5 cm<sup>3</sup>. C. The axial VIBE image. The round cursor marks the ROI selected for signal intensity measurement. D. TIC. MITR=2.17, E<sub>peak</sub>=86.3%.

图 1 一例 9 岁右侧颞肌 VMs 女性患儿接受单纯泡沫硬化剂治疗  
Fig 1 VMs of the right temporalis muscle in a 9-year-old female treated with foam sclerotherapy only



Note: A. The axial T2-weighted image with fat suppression. A diffuse mass without phleboliths (arrow), with the volume of 540.9 cm<sup>3</sup>. B. The axial T2-weighted image with fat suppression. The volume of lesion (arrow) after treatment was 75.3 cm<sup>3</sup>. C. The axial VIBE image. The round cursor marks the ROI selected for signal intensity measurement. D. TIC. MITR=7.10, E<sub>peak</sub>=93.6%.

图 2 一例 11 岁左颈部 VMs 女性患儿改用无水乙醇治疗  
Fig 2 VMs of the left neck in a 11-year-old female treated with subsequent ethanol

2.3 多因素 Logistic 回归分析结果

以最终使用的硬化剂种类为因变量，上述 3 个单因素分析有统计学意义的参数为自变量进行多因素 Logistic 回归分析，发现 MITR ( $OR=3.076$ ,  $95\%CI$  1.217 ~ 7.774) 及病灶分型 ( $OR=19.588$ ,  $95\%CI$  1.179 ~ 325.431) 仍具有统计学意义 (均  $P<0.05$ ) (表 3)。

表 3 多因素 Logistic 回归分析  
Tab 3 Multivariate Logistic regression analysis

Viarable	OR (95%CI)	P value
Lesion classification	19.588 (1.179–325.431)	0.038
E <sub>peak</sub>	3.328 (0.420–26.380)	0.255
MITR	3.076 (1.217–7.774)	0.018

Note: R<sup>2</sup>=0.800.

## 2.4 ROC 曲线分析结果

对 MITR 及病灶分型进行单因素 ROC 曲线分析, MITR ROC 曲线的 cut-off 值为 2.64, 敏感度为 93.8%, 特异度为 80.0%, 曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.947 (95%CI 0.890 ~ 1.000)。病灶分型的 ROC 曲线的敏感度为 60.0%, 特异度为 96.7%, AUC 为 0.844 (95%CI 0.734 ~ 0.953)。两者的联合 ROC 曲线敏感度为 93.8%, 特异度为 90%, AUC 为 0.969 (95%CI 0.929 ~ 1.000) (图 3)。

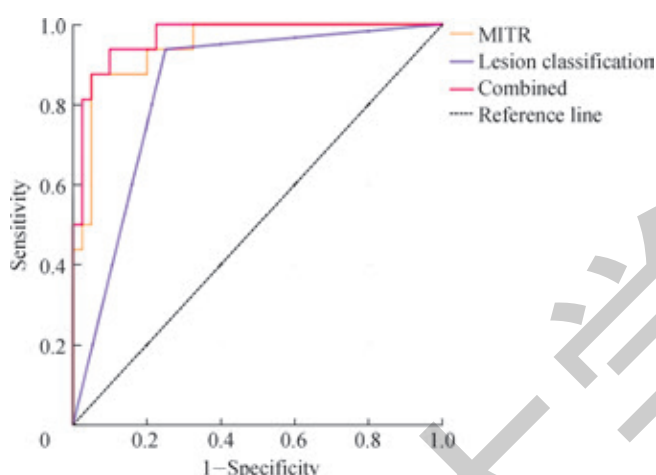


图 3 MITR、病灶分型及两者联合判断有效的硬化剂种类的 ROC 曲线

Fig 3 ROC curves of MITR, lesion classification, and combined model to determine the effective sclerosant

## 3 讨论

本研究发现 VMs 患者术前 MRI 检查尤其是 DCE-MRI 可以提示患者血管内硬化剂治疗时是否适合泡沫硬化剂治疗, 通过常规 MRI 检查确定的病灶分型和 DCE-MRI 获得的 MITR 值均是硬化剂种类选择的独立预测因子。

目前, 血管内硬化治疗因其微创、作用温和、起效快等优点已成为目前 VMs 最主要的治疗方式。本研究所纳入的 VMs 患者采用了 2 种临床上最典型和常用的硬化剂来治疗, 即博来霉素联合聚多卡醇的泡沫硬化剂和无水乙醇。无水乙醇作为液体硬化剂的传统代表, 被认为是目前最有效、复发率最低的硬化剂。Yakes 等<sup>[13]</sup>指出无水乙醇在治疗低流速的脉管畸形时, 有效率高达 96% 或 98%, 然而它作为强效硬化剂带来出色疗效的同时, 也带来了更多严重的并发症, 如明显肿胀、邻近组织及神经损伤、深静脉血栓、溶血、肺血管痉挛等。而博来霉素与十四烷基硫酸钠等较温和的泡沫硬化剂可以在局部麻醉下进行治疗, 疗效虽不及无水乙醇, 但并发症的发生率明显减低<sup>[14-15]</sup>。与液体硬化剂相比, 泡沫硬化剂具有与血管壁接触时间更

长、血药浓度更低的优点。2014 年发布的《欧洲慢性静脉疾病硬化治疗指南》<sup>[16]</sup>建议用泡沫硬化疗法代替液体疗法来治疗 VMs。因此, 依据指南建议, 本研究所有 VMs 患者均首选泡沫硬化剂治疗, 如泡沫硬化剂在病灶内充盈效果较差, 病灶窦腔内造影剂残留较多, 则继而改用无水乙醇治疗。

Carqueja 等<sup>[17]</sup>发现, MRI 影像上边界模糊的 VMs, 硬化治疗的效果比边界清楚的 VMs 要差, 需要更多的治疗次数及更多剂量的硬化剂。本研究我们亦发现边界模糊或范围弥散的弥散型病灶采用泡沫硬化剂效果不佳。究其原因可能与弥散型病灶内常有更多增粗、畸形的静脉, 病灶内血流速度更快有关。因为硬化剂的治疗效果取决于硬化剂对组织作用的强弱, 以及硬化剂在血管腔内的存留量及存留时间<sup>[18]</sup>。当病灶内血流速度较快时, 泡沫硬化剂由于其黏度较低、瞬时破坏力不足, 所以在病灶内停留时间短, 不能很好地填充病灶, 导致疗效不佳, 此时则应换用无水乙醇继续治疗。

病灶内血流速度的快慢是影响术者选择硬化剂的关键因素。对于病灶内的血流情况的了解, 需要术者在术中观察窦腔内造影剂的廓清情况, 根据经验去判断血流速率快慢。丁语等<sup>[19]</sup>曾提出根据 Puig 分型来大致评估流速。但是这些评价方式都较为主观, 依赖于术者的经验, 无法量化评价指标, 且都为有创的术中评价, 无法用于术前确定治疗方案、预测疗效及选择合适的麻醉方式。DCE-MRI 是利用病变组织与正常组织微循环状态差异的原理, 动态监测对比剂从血管进入病变组织的情况, 而目标区域每个体素信号值强度的变化即可反映组织内血流灌注状态<sup>[11]</sup>。目前 DCE-MRI 已被广泛应用于肝脏、乳腺、前列腺等部位良恶性肿瘤的研究<sup>[20-22]</sup>, 但在脉管畸形方面应用较少。由 DCE-MRI 序列可以生成一系列半定量参数, 其中的  $E_{peak}$  可以反映肿瘤整体血管的密度和通透性, 其值越大, 血流越丰富。MITR 可以反映肿瘤内滋养血管的数量, 由于 VMs 主体即为异常的静脉血管, 因此病灶内对比剂信号的增强也可以反映出病灶内的血流量和血容量变化。 $E_{peak}$  和 MITR 都是在肿瘤摄取对比剂阶段获得的, 描述了对比剂向肿瘤输送的速度和强度, 从而可以定量反映出病灶内的血流动力学特征<sup>[23]</sup>。本次研究中我们采用 DCE-MRI 反映病灶内的血流动力学特征, 结果显示当病灶为弥散型且 MITR>2.64 时, 泡沫硬化剂的疗效往往不佳, 此时更适宜选用无水乙醇治疗。此方法相较于术中的经验性评估及单纯的 Puig 分型更为客观, 可以帮助术者在术前更为充分地了解病灶灌注情况, 为选取合适的麻醉方式及硬化剂提供参考, 减少不必要的药物使用, 提高疗效的同

时减少并发症的产生,达到精准治疗的目的。

本研究仍然存在几点不足:第一,本研究为单中心的回顾性研究,且样本量相对较少,我们将开展前瞻性研究进一步验证本研究的结果。第二,在 DCE-MRI 图像后处理中采用手动勾画 ROI 的方法,较易受研究者主观因素的影响,造成偏倚;为了减小这种影响,我们采用多次测量取平均值、控制勾画面积大小、取强化峰值最高 TIC 曲线的方法尽可能

降低其影响,得到最能代表病灶血流量的参数值。

综上所述,VMs 的病灶分型和 DCE-MRI 的 MITR 参数是患者血管内硬化治疗硬化剂选择的独立预测因子。VMs 患者的术前 DCE-MRI 检查可以帮助提前了解病灶内血流动力学特点,辅助临床医师选择泡沫硬化剂或以无水乙醇为代表的液体硬化剂治疗,为患者制定个体化治疗方案,提高治疗的有效性和减少并发症。

## 参·考·文·献

- [1] Colletti G, Ierardi AM. Understanding venous malformations of the head and neck: a comprehensive insight[J]. *Med Oncol*, 2017, 34(3): 42.
- [2] 国际血管联盟中国分部血管畸形专家委员会. 静脉畸形中国专家共识[J]. *介入放射学杂志*, 2019, 28(4): 307-311.
- [3] 陈勇. 面颈部静脉畸形的硬化治疗现状[J]. *临床口腔医学杂志*, 2019, 35(1): 55-58.
- [4] 李国文, 古善智, 黄满平, 等. 聚桂醇泡沫硬化剂治疗静脉畸形效果与安全性评价[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27(7): 680-684.
- [5] Braswell L, Richter G. Management of venous malformations[J]. *Facial Plast Surg*, 2012, 28(6): 603-610.
- [6] Fowell C, Vereia Linares C, Jones R, et al. Venous malformations of the head and neck: current concepts in management[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 55(1): 3-9.
- [7] Seront E, Vikkula M, Boon LM. Venous malformations of the head and neck[J]. *Otolaryngol Clin N Am*, 2018, 51(1): 173-184.
- [8] Olivieri B, White CL, Restrepo R, et al. Low-flow vascular malformation pitfalls: from clinical examination to practical imaging evaluation: part 2, venous malformation mimickers[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2016, 206(5): 952-962.
- [9] Gurgacz S, Zamora L, Scott NA. Percutaneous sclerotherapy for vascular malformations: a systematic review[J]. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28(5): 1335-1349.
- [10] James CA, Braswell LE, Wright LB, et al. Preoperative sclerotherapy of facial venous malformations: impact on surgical parameters and long-term follow-up[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2011, 22(7): 953-960.
- [11] Khalifa F, Soliman A, El-Baz A, et al. Models and methods for analyzing DCE-MRI: a review[J]. *Med Phys*, 2014, 41(12): 124301.
- [12] Cavezzi A, Tessari L. Foam sclerotherapy techniques: different gases and methods of preparation, catheter versus direct injection[J]. *Phlebology*, 2009, 24(6): 247-251.
- [13] Yakes W, Yakes A, Rohlfis F, et al. Current controversies and the state of the art in endovascular treatment of vascular malformations[J]. *J Interv Med*, 2018, 1(2): 65-69.
- [14] Krokidis M, Venetucci P, Hatzidakis A, et al. Sodium tetradecyl sulphate direct intralesional sclerotherapy of venous malformations of the vulva and vagina: report of five cases[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2011, 34(Suppl 2): S228-S231.
- [15] Hage AN, Chick JFB, Srinivasa RN, et al. Treatment of venous malformations: the data, where we are, and how it is done[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2018, 21(2): 45-54.
- [16] Rabe E, Breu FX, Cavezzi A, et al. European guidelines for sclerotherapy in chronic venous disorders[J]. *Phlebology*, 2014, 29(6): 338-354.
- [17] Carqueja IM, Sousa J, Mansilha A. Vascular malformations: classification, diagnosis and treatment[J]. *Int Angiol*, 2018, 37(2): 127-142.
- [18] 曾德筠, 廖良忠, 杨维竹. 硬化剂治疗头颈部静脉畸形临床疗效及作用机制研究[J]. *介入放射学杂志*, 2016, 25(12): 1049-1053.
- [19] 丁诺, 王梦宇, 靳三丁, 等. 无水乙醇和泡沫硬化剂治疗儿童四肢静脉畸形的体会[J]. *介入放射学杂志*, 2019, 28(10): 938-941.
- [20] Dalmis MU, Gubern-Mérida A, Vreemann S, et al. Artificial intelligence-based classification of breast lesions imaged with a multiparametric breast MRI protocol with ultrafast DCE-MRI, T2, and DWI[J]. *Invest Radiol*, 2019, 54(6): 325-332.
- [21] 张萍, 汤蕴琦, 李文华, 等. 磁共振成像在早期子宫内膜癌术前分期诊断中的应用[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2011, 31(4): 477-480.
- [22] Berman RM, Brown AM, Chang SD, et al. DCE MRI of prostate cancer[J]. *Abdom Radiol*, 2016, 41(5): 844-853.
- [23] 曾燕妮, 张卜天, 王娟婷, 等. DCE-MRI 半定量参数评估骨肉瘤新辅助化疗疗效的临床价值[J]. *中国医师杂志*, 2019, 21(11): 1653-1657.

[收稿日期] 2020-03-20

[本文编辑] 瞿麟平



## 团队负责人介绍

陶晓峰 TAO Xiao-feng

博士、主任医师、博士生导师

M.D, Ph.D, Professor, Chief Physician, Doctoral Supervisor

ORCID ID: 0000-0002-8472-0456

陶晓峰（1963—），上海交通大学医学院附属第九人民医院放射科主任、影像组学和分子影像实验室主任。2004 年获中国人民解放军第二军医大学医学影像专业博士学位。2005—2007 年在复旦大学附属华山医院从事博士后工作。2014 年在美国西奈山伊坎医学院进行访问研究。现任上海市医学会放射学专业委员会副主任委员、中国医师协会放射学分会副总干事兼头颈专委会主任委员、中华口腔医学会放射专业委员会副主任委员、中华放射学会头颈专业委员会副主任委员、上海口腔医学会放射专业委员会主任委员。

陶晓峰教授长期致力于头颈部及神经系统功能影像学、分子影像学和影像组学科研工作，获得了多项突破性研究成果。承担多项国家级及省部级科研任务，主持国家自然科学基金委重大研究计划重点支持项目 1 项，国家自然科学基金面上项目 5 项，并得到 2013 年度上海市科学技术委员会优秀学术带头人等人才项目支持。2016 年获得上海市科技进步奖二等奖。

# 特约创新团队介绍

## 创新团队名称

头颈部肿瘤的精准可视化诊断新策略

## 团队主要成员

陶晓峰（主任医师 / 博士） 田捷（研究员 / 博士） 赵辉（教授 / 博士）  
王悍（主任医师 / 博士） 胡振华（研究员 / 博士） 艾松涛（主任医师 / 博士）  
徐斌（主任医师 / 博士） 袁瑛（副主任医师 / 博士）  
张佳胤（副主任医师 / 博士） 王茜敏（助理研究员 / 博士）

TAO Xiao-feng (1963—), director of the Department of Radiology and director of the Radiomics and Molecular Imaging Laboratory, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. He got his doctoral degree in radiology from the Second Military Medical University of the People's Liberation Army in 2004. From 2005 to 2007, he received the postdoctoral training at Huashan Hospital, Fudan University. He was a visiting researcher in Icahn School of Medicine at Mount Sinai, USA, in 2014. He is currently deputy director of the Radiology Committee of Shanghai Medical Association, deputy director-general of the Radiology Branch of Chinese Medical Doctor Association and chairman of the Head and Neck Committee. He is also vice-chairman of the Radiation Committee of Chinese Stomatological Association, deputy director of the Head and Neck Committee of Chinese Society of Radiology, and chairman of the Radiation Professional Committee of Shanghai Stomatological Association.

Dr. Tao has long been engaged in functional imaging, molecular imaging and radiomics of the head, neck and nervous system, and has made significant progress in this field. He is responsible for several scientific research tasks at the national and provincial levels, such as one Key Project of National Natural Science Foundation of China, and five General Projects of National Natural Science Foundation of China. Furthermore, he was supported by the Outstanding Academic Leader Program of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality in 2013. In 2016, he won the second-class prize of Shanghai Advanced Science and Technology.





## 主要研究方向

通过综合应用多模态功能成像、分子影像以及影像组学等多种影像技术,陶晓峰教授领导的团队深入探讨了头颈部肿瘤临床早期诊断和生物学边界判定,以及肿瘤特异性靶点等精准医学难题。在肿瘤分子影像学研究及光学成像领域开展多项研究,取得了丰硕的研究成果,受到了国际同行的关注与认可。在 *Nano Letter*、*Nature Biomedical Engineering*、*Radiology*、*Advanced Science*、*Trends in Molecular Medicine*、*Nature Communications* 等国际著名期刊上发表 SCI 收录论文 80 余篇,被引 2 000 余次。

With the combination of multiple imaging techniques, such as multimodal functional imaging, molecular imaging, and radiomics, Dr. TAO's group tries to understand the early diagnosis and biological boundary determination of head and neck tumors as well as the accuracy of tumor-specific targets. Dr. TAO's group has made important progress in tumor molecular imaging and optical imaging, which are acknowledged by international peers. The group has published more than 80 SCI-indexed papers in *Nano Letter*, *Nature Biomedical Engineering*, *Radiology*, *Advanced Science*, *Trends in Molecular Medicine*, *Nature Communications*, etc., with a total citation of more than 2 000.

## 近 2 年代表性成果

- 1) Wang Q, Taschner M, Ganzinger KA, et al. Membrane association and remodeling by intraflagellar transport protein IFT172[J]. *Nat Commun*, 2018, 9(1): 4684.
- 2) Wu Y, Fan Q, Zeng F, et al. Peptide-functionalized nanoinhibitor restrains brain tumor growth by abrogating mesenchymal-epithelial transition factor (MET) Signaling[J]. *Nano Lett*, 2018, 18(9): 5488-5498.
- 3) Zheng S, Zhang Z, Qu Y, et al. Radiopharmaceuticals and fluorescein sodium mediated triple-modality molecular imaging allows precise image-guided tumor surgery[J]. *Adv Sci (Weinh)*, 2019, 6(13): 1900159
- 4) Wan F, Wang Q, Tan J, et al. Cryo-electron microscopy structure of an archaeal ribonuclease P holoenzyme[J]. *Nat Commun*, 2019, 10(1): 2617.
- 5) Hu Z, Fang C, Li B, et al. First-in-human liver-tumour surgery guided by multispectral fluorescence imaging in the visible and near-infrared-I/II windows[J]. *Nat Biomed Eng*, 2020, 4(3): 259-271.
- 6) Hu Z, Chen WH, Tian J, et al. NIRF nanoprobes for cancer molecular imaging: approaching clinic[J]. *Trends Mol Med*, 2020, 26(5): 469-482.