

钆塞酸二钠3.0T MRI增强对青中年小肝癌MVI的预测价值

刘鹏¹, 牛美晨², 刘宏³

Prediction Value of Gd-EOB-DTPA 3.0T Enhanced MRI for MVI of Small Hepatocellular Carcinoma in Young and Middle-Aged Patients

LIU Peng¹, NIU Meichen², LIU Hong³

1. Department of CT/MR, Fuyang People's Hospital, Fuyang 236000, China; 2. The Thirteenth Ward, The Third People's Hospital of Fuyang, Fuyang 236000, China; 3. Department of Rehabilitation, The Fifth People's Hospital of Fuyang, Fuyang 236000, China

Abstract: Objective To evaluate the predictive value of gadolinium ethoxybenzyl diethylenetriamine pentaacetic acid (Gd-EOB-DTPA) 3.0T enhanced magnetic resonance imaging (MRI) for microvascular invasion (MVI) in young and middle-aged patients with small hepatocellular carcinoma (SHCC).

Methods Seventy young and middle-aged patients with SHCC were divided into MVI ($n=21$) and non-MVI ($n=49$) groups. All patients underwent preoperative univariate analysis of qualitative and quantitative parameters of Gd-EOB-DTPA MRI enhancement, and multivariate logistic regression was performed using the parameters that differed between groups as independent variables. Receiver operating characteristic and Kaplan-Meier survival curves were drawn to determine the predictive parameters and predict postoperative recurrence and metastasis. **Results** Significant differences in the qualitative parameters of tumor shape, tumor margin, pseudocapsule completeness, peritumoral hypointensity in the hepatobiliary phase, and peritumoral enhancement in the artery phase were found between the MVI and non-MVI groups ($P<0.05$); with regard to the quantitative parameters, the apparent diffusion coefficient (ADC) values of tumors between two groups were statistically significant ($P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that small ADC, peritumoral hypointensity in the hepatobiliary phase, and peritumoral enhancement were independent risk factors of MVI in young and middle-aged patients with SHCC ($P<0.05$). Survival analysis revealed that the recurrence rate of the MVI group was higher than that of the non-MVI group in the first two years.

Conclusion Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI is valuable in predicting the presence of MVI and postoperative recurrence and metastasis in young and middle-aged patients with SHCC.

Key words: GD-EOB-DTPA; 3.0T enhanced magnetic resonance imaging; Young and middle aged; Small hepatocellular carcinoma; Microvascular invasion

Competing interests: The authors declare that they have no competing interests.

摘要: 目的 评估钆塞酸二钠 (Gd-EOB-DTPA) 3.0T磁共振 (MRI) 增强影像学检查预测青中年小肝癌微血管侵犯 (MVI) 的效果。**方法** 对70例青中年的小型肝癌患者进行回顾性研究, 并依照术后的病理检查结果, 将他们划分为MVI组 (21例) 与非MVI组 (49例)。所有患者在钆塞酸二钠 MRI增强上进行术前定性参数和定量参数的单因素分析。选择具有差异的参数作为自变量进行多因素Logistic回归分析, 绘制受试者工作特征曲线 (ROC) 及Kaplan-Meier生存曲线来确定有预测价值的参数并预测术后复发转移。**结果** MVI组与非MVI组之间在肿瘤形态、肿瘤边缘、假包膜完整性以及肝胆期瘤周低信号和动脉期瘤周强化方面存在显著差异 ($P<0.05$); 而在定量参数方面, 肿瘤的ADC值差异也有统计学意义 ($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析显示, 肿瘤低ADC值、肝胆期瘤周低信号和动脉期瘤周强化是青中年小肝癌MVI发生的独立危险因素 ($P<0.05$)。生存分析显示, MVI阳性组在前两年复发率均大于

MVI阴性组。**结论** 钆塞酸二钠MRI增强影像学检查对于预测青中年小肝癌患者是否存在MVI及术后复发转移有很好的预判价值。

关键词: 钆塞酸二钠; 3.0T磁共振增强; 青中年; 小肝癌; 微血管侵犯
中图分类号: R735.7

收稿日期: 2025-02-07; 修回日期: 2025-05-02

作者单位: 1. 236000 阜阳, 阜阳市人民医院CT/MR室; 2. 236000 阜阳, 阜阳市第三人民医院十三病区; 3. 236000 阜阳, 阜阳市第五人民医院康复科

作者简介: 刘鹏, 男, 硕士, 主治医师, 主要从事医学影像学及分子影像学的研究, ORCID: 0009-0009-2210-1439

0 引言

近年来,肝细胞癌(Hepatocellular carcinoma, HCC)死亡数和病死率均居全国第2位^[1],尤其是在非老年人群中,青中年患者的HCC数量逐年增加。小肝癌(Small hepatocellular carcinoma, SHCC)通常指单个癌结节最大直径 ≤ 3 cm或多个癌结节数目不超过两个,其最大直径总和 ≤ 3 cm。然而,无论采用肝移植、TACE、手术切除等治疗方法,SHCC患者术后生存率仍然很低。除了肝癌细胞本身的生物学特性外,微血管侵犯(Microvascular invasion, MVI)对肝细胞癌转移、复发和预后的影响也具有重要意义^[2]。然而,目前只能通过术后病理检查来确定肝癌是否存在MVI^[3]。甚至有学者提出应对术前预测存在MVI的SHCC患者的治疗方案进行调整,以降低复发率,提高患者生存率^[4]。钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)是一种临床上用于肝胆特异性对比增强的造影剂,中国原发性肝癌诊疗规范分析指出其在HCC诊断中具有较高的敏感性^[5],在预测MVI方面具有巨大的价值^[6]。一些研究也表明肝癌的某些影像学特征与MVI的发生有关,但大多数研究对象都是老年人或有大型肿瘤的肝癌患者^[7],对于青中年SHCC患者的研究仍然相对较少^[8],且尚无应用钆塞酸二钠专门针对青中年小肝癌MVI的研究。因此,本研究基于钆塞酸二钠增强MRI检查方式,回顾性分析我院肝癌患者数据,探讨结节直径 ≤ 3 cm的青中年SHCC影像学特点与MVI的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2019年3月—2023年2月于阜阳市人民医院收治的70例青中年SHCC患者资料。按照联合国卫生组织对年龄分段的要求,将18~44岁定义为青年人群,45~59岁定义为中年人群^[9]。根据病理组织学诊断结果是否存在MVI,我们将患者分为MVI组(21例)和非MVI组(49例)。

纳入标准:(1)在常规开腹或腹腔镜肝癌切除手术前4周内进行Gd-EOB-DTPA MRI增强检查;(2)符合肝细胞癌的LI-RADS 2018最新标准,并通过术后组织病理学检查确认;(3)首次诊断为HCC;(4)患者年龄18~59岁;(5)肝癌结节最大直径 ≤ 3 cm。排除标准:(1)既往有肝细胞癌手术史或术前接受化疗、免疫治疗等;(2)影像学提示肿瘤已侵犯大血管;(3)存在多发肿瘤或肝外转移;(4)患者患有精神疾病等因素导致影像质量不达标,影响诊断结果。本研究经

本院伦理委员会批准(医伦审查[2024]051号)。

1.2 检测方法

1.2.1 图像采集 MRI扫描仪为Philips Ingenia CX 3.0T(荷兰皇家飞利浦公司,荷兰),采用8通道腹部专用线圈。扫描前准备:禁食禁饮6 h以上。与受检者或家属沟通,必要时进行心理疏导。所有受检者确保取仰卧位,头先进,上腹部置于线圈中央,双上肢置于身体两侧,身体正中线与床中线位置一致,在患者腹部呼吸幅度明显处放置呼吸导航。(1) T2WI脂肪抑制扫描参数:TR=2 500 ms, TE=90 ms,层厚为6 mm,层间距为1 mm,矩阵276×276。(2) T1WI采用压缩感知(Compressed sensing, CS)技术并嘱患者屏气,参数:TR=3.2 ms, TE=1.15 ms,层厚为4 mm,矩阵268×232,总共约100层。(3) 弥散加权成像(Diffusion weighted imaging, DWI)参数:TR=1 770 ms, TE=77 ms, b值取0、800 s/mm²,矩阵140×122。(4) MRI增强扫描采用CS T1WI-mDIXON序列,重复时间3.2 ms,回波时间1.15 ms,层厚为4 mm,层间距为0 mm,矩阵为268×232。增强扫描时采用欧利奇高压注射器通过连接肘静脉以1.5~2.0 ml/s速率推注0.1 ml/kg Gd-EOB-DTPA(商品名:显爱,正大天晴药业集团股份有限公司生产),而后以2.0~2.5 ml/s速率注射20 ml的0.9%氯化钠溶液。并于注射后约20 s(动脉期)、60 s(门静脉期)、180 s(增强延迟期)和20 min(肝胆特异期)时分别采集图像。

1.2.2 图像分析 所有分析结果由两名分别为5年和10年影像学诊断经验的医师在不知晓患者病理结果的情况下一同出具。本研究影像学信息收集包含了钆塞酸二钠下的肿瘤形态、肿瘤边缘、假包膜完整性、瘤内脂肪变性、磁共振扩散加权成像(DWI)、肝胆期瘤周低信号、快进快出、动脉期瘤周强化等。测量肿瘤的表观扩散系数(Apparent diffusion coefficient, ADC)值。

1.2.3 信息收集及随访 另收集患者的性别、年龄、有无肝硬化病史以及甲胎蛋白(α -fetoprotein, AFP)值。手术后患者每3~6个月来院复查,若复发则停止随访,继续对其余未复发者进行随访。早期复发为在术后2年内出现肝内复发或肝内外转移的情况。

1.3 统计学方法

所有数据均采用SPSS 23.0统计学软件进行处理,年龄、ADC等计量资料以($\bar{x} \pm s$)形式表示,两组间比较予以独立样本 t 检验,其余数据即计数资料比较采用 χ^2 检验。将有统计学意义的影响因子均纳入二元Logistic回归分析,用SPSS软件绘制受

试者工作特征曲线（Receiver operating characteristic curve, ROC）以评估诊断效能。采用Kaplan-Meier法绘制出生存曲线。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者信息资料比较

MVI组与非MVI组患者年龄、性别、肝硬化病史、AFP值比较差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），MVI组肿瘤的ADC值明显低于非MVI组（ $P<0.05$ ），见表1。

2.2 两组患者影像学特征比较

MVI组肿瘤形态不规则、肿瘤边缘不清晰、假包膜不完整及肝胆期瘤周低信号和动脉期瘤周强化的患者比例均明显高于非MVI组（ $P<0.05$ ），其余MRI定性资料两组差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ），见表2。

2.3 多因素Logistic回归分析

以有无MVI作为因变量，将单因素中有统计学意义的6个参数进行Logistic回归分析，选用后退法逐步回归，结果提示低ADC值（ $P<0.05$ ）、肝胆期瘤周低信号（ $P<0.05$ ）及动脉期瘤周强化（ $P<0.01$ ）具有统计学意义，是青中年小肝癌MVI的影响因素，见表3。

2.4 ROC曲线

绘制MVI组参数的ROC曲线，肿瘤ADC值的曲线下面积（ 0.850 ± 0.046 ）（95%CI: 0.760~0.940, $P<0.001$ ）高于肝胆瘤周低信号（ 0.653 ± 0.076 ）（95%CI: 0.503~0.803, $P=0.044$ ）和动脉期瘤周强化（ 0.667 ± 0.075 ）（95%CI: 0.519~0.814, $P=0.028$ ），约登指数最大为0.544，对应ADC临界值为 $1.221\times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ ，见图1。

2.5 生存分析

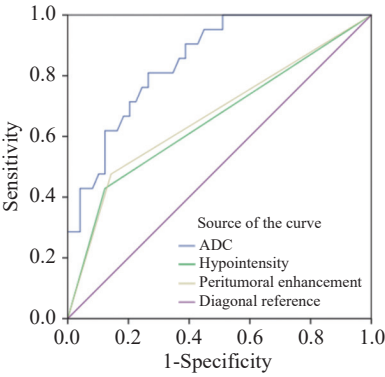
所有患者术后有35例发生复发转移，早期复发

表 1 两组患者信息资料比较

Table 1 Comparison of the information data between the two patient groups

Clinical information	MVI group (n=21)	Non-MVI group (n=49)	t/χ^2	P
Age (years)	50.50±6.33	51.10±4.87	$t=-0.427$	0.671
ADC values ($\times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$)	0.92±0.30	1.40±0.34	$t=-5.565$	<0.001
Gender (n (%))			$\chi^2=0.029$	0.804
Male	15 (71.42)	34 (69.38)		
Female	6 (28.57)	15 (30.61)		
History of liver cirrhosis (n (%))			$\chi^2=0.015$	0.901
Yes	16 (76.19)	38 (77.55)		
No	5 (23.81)	11 (22.45)		
AFP (n(%))			$\chi^2=0.101$	0.751
<300 $\mu\text{g/L}$	16 (76.19)	39 (79.59)		
$\geq 300\text{ }\mu\text{g/L}$	5 (23.81)	10 (20.41)		

Notes: ADC: apparent diffusion coefficient; AFP: α -fetoprotein; MVI: microvascular invasion.



SHCC: small hepatocellular carcinoma.

图 1 三种参数预测小肝癌MVI的ROC曲线

Figure 1 ROC curves of three parameters for predicting MVI in SHCC

者有29例（41.43%，29/70）；晚期复发者有6例（8.57%，6/70）。其中肝内复发者32例，包括肝内新发灶28例和术区旁4例；肝外转移者3例，包括肺转移2例与淋巴结转移1例。在MVI阳性组和阴性组中，1年复发率分别为19.05%（4/21）和6.12%（3/49），2年复发率分别为47.62%（10/21）和16.33%（8/49），见图2。

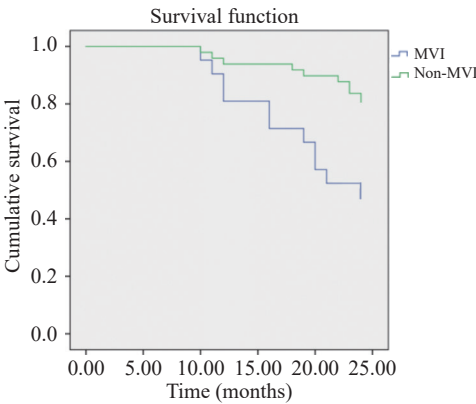


图 2 MVI阳性组和阴性组复发、转移的生存分析

Figure 2 Survival analysis of patients with recurrence and metastasis in MVI and Non-MVI groups

表 2 两组患者影像学特征比较(例(%))

Table 2 Comparison of imaging characteristics between the two patient groups (n (%))

Imaging characteristics	MVI group (n=21)	Non-MVI group (n=49)	χ^2	P
Tumor morphology			5.800	0.016
Regular	5 (23.81)	27 (55.10)		
Irregular	16 (76.19)	22 (44.90)		
Tumor margin			4.826	0.028
Clear	4 (19.05)	23 (46.94)		
Unclear	17 (80.95)	26 (53.06)		
Integrity of pseudocapsule			4.589	0.032
Complete	7 (33.33)	30 (61.22)		
Incomplete	14 (66.67)	19 (38.78)		
Intratumoral steatosis			0.004	0.947
Yes	4 (19.05)	9 (18.37)		
No	17 (80.95)	40 (81.63)		
DWI (b value=800 s/mm ²)			0.556	0.456
Restricted	19 (90.48)	41 (83.67)		
Unrestricted	2 (9.52)	8 (16.33)		
Peritumoral hypointensity in the hepatobiliary phase			7.562	0.006
Yes	8 (38.10)	5 (10.20)		
No	13 (61.90)	44 (89.80)		
Wash in and wash out			2.007	0.157
Yes	19 (90.48)	48 (97.96)		
No	2 (9.52)	1 (2.04)		
Peritumoral enhancement in the artery phase			4.949	0.026
Enhancement	5 (23.81)	7 (14.29)		
No enhancement	16 (76.19)	42 (85.71)		

Note: DWI: diffusion weighted imaging.

表 3 青中年小肝癌MVI影响因素的多变量Logistic回归分析结果

Table 3 Multivariate logistic regression analysis of influencing factors of MVI in young and middle-aged patients with small hepatocellular carcinoma

Influencing factors	β	SE	Wald	V	P	OR	95%CI
ADC	-6.724	2.080	10.447	1	0.001	0.001	0.000-0.071
Peritumoral hypointensity in the hepatobiliary phase	2.517	1.066	5.575	1	0.018	12.396	1.534-100.182
Tumor margin	-2.077	1.186	3.064	1	0.080	0.125	0.012-1.282
Incomplete of pseudocapsule	-1.843	1.184	2.424	1	0.120	0.158	0.016-1.612
Peritumoral enhancement in the artery phase	2.682	1.116	5.780	1	0.016	14.615	1.641-130.132

3 讨论

SHCC的患病率在年轻人中呈上升趋势，术后复发率高和生活质量差等问题仍未得到解决。早期诊断和术前评估是提高SHCC患者生存率、制定个性化治疗方案和改善预后的前提条件。有研究表明，MVI与HCC的侵袭性密切相关，当出现MVI时，肿瘤复发风险增加3.4倍^[10]。目前，MVI的诊断仍需通过活检或术后病理结果来确定，但这些手段都是有创的，给患者带来很大的心理负担，因此，开发术前无创检测方法显得尤为重要，且MVI的诊断亦成为近年来的研究热点。钆塞酸二钠是一种将脂溶性乙氧基苯甲基（EOB）基团引入Gd标记的DTPA中的方法，它通过选择性结合正常肝细胞膜上的OATP8蛋白，从而使其可以快速分布于细胞外间隙并达到平衡状态。这种方法可以延长

扫描窗口时间，帮助区分肿瘤组织和正常肝组织^[11]，同时还可以显示肿瘤的血供和肝功能信息^[12]，其诊断效能也逐渐被临床认可^[13]。钆塞酸二钠在老年SHCC患者中的应用已经被证明可以显著提高诊断准确性^[14-15]，但在青中年SHCC患者的应用尚未有相关文献报道。

本研究发现，基于DWI序列定量分析得出的低ADC值是青中年MVI的独立风险因子。量化ADC值可以体现病变自由水分子扩散受限程度^[16]，当肿瘤组织内细胞密度增高、扩散受到限制时，其ADC值会下降，使得正常组织的ADC值明显低于恶性肿瘤组织。因此，测量ADC值可以辅助判断肿瘤的恶性程度，这与Zhu等^[17]报道ADC值与肿瘤病理分化及微血管浸润有关的结论一致，在术前诊断和预测中起到重要作用^[18]。根据本研究的结果，以

ADC值为 $1.221 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 作为青中年SHCC的阈值,其曲线下面积、敏感度和特异性均较高,并且居于ADC、肝胆期瘤周低信号和动脉期瘤周强化三个参数中的首位,与符萧泓等^[19]对老年SHCC及徐天才^[20]对不限年龄段SHCC的预测结果相似。

此外,本研究还发现肝胆期瘤周围低信号是预测小肝癌MVI的独立危险因素,可能是肿瘤引起了周围灌注的变化,导致肿瘤周围的OATP8和MRPs等转运蛋白功能受阻,使得相对正常肝细胞对钆塞酸二钠的吸收减少,表现为肝胆期瘤周围的低信号^[21]。

本研究还发现动脉期瘤周围强化也是小肝癌发生微血管侵犯的独立危险因素。动脉期瘤周围出现斑片状或片状高信号区域,在门脉期和延迟期呈稍低或等信号。这可能是由于SHCC细胞主要聚集在微静脉内,特别是肿瘤旁边的门脉亚分支中,当它们被侵犯时,会形成癌性栓子,导致门静脉分支受阻,从而限制了门静脉的回流,进而引起动脉高灌注代偿,产生短暂的瘤周强化^[22]。随着时间的延长,门脉期和延迟期瘤周门静脉受阻,血流减少,强化效应逐渐减退。

上述结果与以往在老年SHCC患者或未标明年龄段SHCC患者中的研究结果相似。这可能与SHCC的生长方式、本身特征等受年龄影响较小有关。

另本研究收集的病例大多具有肝硬化史,而肝硬化多由慢性乙型肝炎所致,因此,本研究利用随访及生存分析得到SHCC术后早期复发转移可能与患者本身肝炎、肝硬化等具有相关性,与李彦龙等^[23]研究结果类似,本研究中无论MVI阳性组还是阴性组,其前两年所测复发率均低于张继云、于长江等^[24-25]研究中的复发转移率,可能是他们的研究纳入了部分老年患者的缘故,而本研究纳入病例皆为青中年患者,低复发率可能与其年龄轻、免疫力较高、慢性病较少、所患肝炎肝硬化时间较短、治疗耐受程度大或样本量不多等有关。

本研究尚具有以下几点局限性:(1)样本量有限,尤其青年患者样本数略显不足,可能是因为青年患者SHCC检出率低于中年患者;(2)可能存在选择性偏倚;(3)影像学诊断有一定主观性,这也是近年通过影像学预测MVI的一大难点。

总之,钆塞酸二钠3.0T MRI增强可以成为预测青中年SHCC是否存在MVI的安全、非侵入性和可靠的检查方法,尤其是肿瘤低ADC值、动脉期瘤周强化和肝胆期瘤周低信号具有较高的预测价值。同时其可以较好地预测青中年SHCC术后复发转移的情况,并有助于外科手术制定相应的诊疗方案。

利益冲突声明:

所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献:

- [1] 刘才峰, 刘阳, 张克诚, 等. 原发性肝癌诊疗指南(2024年版)要点解读[J]. 肝胆胰外科杂志, 2025, 37(3): 145-153. [Liu CF, Liu Y, Zhang KC, et al. Key Points Interpretation of the "Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Primary Liver Cancer (2024 Edition)"] [J]. Gan Dan Yi Wai Ke Za Zhi, 2025, 37(3): 145-153.]
- [2] 杜培源, 宋京海, 乔江春, 等. 肝细胞癌患者微血管侵犯影响因素分析[J]. 中华肝胆外科杂志, 2019, 25(1): 26-29. [Du PY, Song JH, Qiao JC, et al. Influencing factors analysis of microvascular invasion in patients with hepatocellular carcinoma[J]. Zhonghua Gan Dan Wai Ke Za Zhi, 2019, 25(1): 26-29.]
- [3] 王莉莉, 李俊峰, 窦郁, 等. MR功能成像对肝细胞癌微血管侵犯的评估价值[J]. 临床肝胆病杂志, 2018, 34(12): 2681-2684. [Wang LL, Li JF, Dou Y, et al. Value of magnetic resonance functional imaging in evaluating microvascular invasion of hepatocellular carcinoma[J]. Lin Chuang Gan Dan Bing Za Zhi, 2018, 34(12): 2681-2684.]
- [4] Erstad DJ, Tanabe KK. Prognostic and therapeutic implications of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. Ann Surg Oncol, 2019, 26(5): 1474-1493.
- [5] 饶圣祥, 张岚. 《原发性肝癌诊疗指南(2024年版)》影像诊断更新解读—聚焦亚厘米肝癌的诊断[J]. 中国医学影像学杂志, 2024, 32(6): 529-532. [Rao SX, Zhang L. Interpretation of Updates for Imaging Diagnosis in Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Primary Liver Cancer(2024Edition)-Focusing on Imaging Diagnosis of Subcentimeter Hepatocellular Carcinoma[J]. Zhongguo Yi Xue Ying Xiang Xue Za Zhi, 2024, 32(6): 529-532.]
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 原发性肝癌诊疗指南(2022年版)[J]. 肿瘤防治研究, 2022, 49(3): 251-276. [National Health Commission of the People's Republic of China. Standardization for diagnosis and treatment of primary hepatic carcinoma(2022 Edition)[J]. Zhong Liu Fang Zhi Yan Jiu, 2022, 49(3): 251-276.]
- [7] Lee JH, Kim YR, Lee GM, et al. Coefficient of variation on Gd-EOB MR imaging: Correlation with the presence of early-stage hepatocellular carcinoma in patients with chronic hepatitis B[J]. Eur J Radiol, 2018, 102: 95-101.
- [8] 王艳, 郭志, 杨雪玲, 等. 85例青年原发性肝癌的临床病理特征及预后因素分析[J]. 天津医科大学学报, 2018, 24(6): 505-508. [Wang Y, Guo Z, Yang XL, et al. Clinicopathological features and prognosis of 85 young patients with primary hepatic carcinoma[J]. Tianjin Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2018, 24(6): 505-508.]
- [9] 刘权, 裴树亮, 李金宝, 等. 瑞舒伐他汀钙治疗不同年龄急性心肌梗死患者的脂代谢相关指标研究[J]. 中国临床医生杂志, 2022, 50(5): 554-557. [Liu Q, PEI SL, Li JB, et al. Effects of rosuvastatin calcium on lipid metabolism in patients with acute myocardial infarction of different ages[J]. Zhongguo Lin Chuang Yi Sheng Za Zhi, 2022, 50(5): 554-557.]
- [10] 王欣琦, 李雪梅, 蔡梦怡, 等. 中青年人群失眠发生率及影响因素的系统评价[J]. 中风与神经疾病杂志, 2023, 40(3): 222-228.

- [Wang XQ, Li XM, Cai MY, *et al.* Systematic review of incidence and influencing factors of insomnia in young and middle-aged adults[J]. *Zhong Feng Yu Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2023, 40(3): 222-228.]
- [11] 刘福超, 孙楠. 普美显动态增强MRI中方案优化对整体图像质量的影响[J]. *实用放射学杂志*, 2023, 39(2): 307-309, 324. [Liu FC, Sun N. The influence of plan optimization in Gd-EOB-DTPA dynamic enhanced MRI on the overall image[J]. *Shi Yong Fang She Xue Za Zhi*, 2023, 39(2): 307-309, 324.]
- [12] Kitao A, Matsui O, Yoneda N, *et al.* Gadoteric acid-enhanced MR imaging for hepatocellular carcinoma: molecular and genetic background[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(6): 3438-3447.
- [13] 熊廷伟, 龚明福, 廖翠薇, 等. 钆塞酸二钠增强MRI与肝细胞肝癌分化程度的相关分析[J]. *检验医学与临床*, 2018, 15(15): 2196-2199, 2203. [Xiong TW, Gong MF, Liao CW, *et al.* The correlation between Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI and the degree of differentiation of hepatocellular carcinoma[J]. *Jian Yan Yi Xue Yu Lin Chuang*, 2018, 15(15): 2196-2199, 2203.]
- [14] Chou Y, Lao I, Hsieh P, *et al.* Gadoteric acid-enhanced magnetic resonance imaging can predict the pathologic stage of solitary hepatocellular carcinoma[J]. *World J Gastroenterol*, 2019, 25(21): 2636-2649.
- [15] 刘敏, 张进, 陆玉. Gd-EOB-DTPA动态增强MRI与64排增强CT评估乙型肝炎肝硬化背景小肝癌病灶的差异[J]. *肝脏*, 2020, 25(12): 1278-1281. [Liu M, Zhang J, Lu Y. Gd-EOB-DTPA dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging and 64-row contrast-enhanced computed tomography for evaluating small hepatocellular carcinoma on the background of hepatitis B-related cirrhosis[J]. *Gan Zang*, 2020, 25(12): 1278-1281.]
- [16] Vanhooymissen IJSM, Thomeer MG, Braun LMM, *et al.* Inpatient Comparison of the Hepatobiliary Phase of Gd-BOPTA and Gd-EOB-DTPA in the Differentiation of Hepatocellular Adenoma From Focal Nodular Hyperplasia[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 49(3): 700-710.
- [17] Zhu SC, Liu YH, Wei Y, *et al.* Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted magnetic resonance imaging for predicting histological grade of hepatocellular carcinoma: Comparison with conventional diffusion-weighted imaging[J]. *World J Gastroenterol*, 2018, 24: 929-940.
- [18] 田雅琪, 胡亚彬, 彭琪琪, 等. 钆塞酸二钠增强MRI列线图模型预测小肝癌微血管侵犯的价值[J]. *磁共振成像*, 2021, 12(10): 57-60, 65. [Tian YQ, Hu YB, Peng QQ, *et al.* The value of Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI nomogram model in predicting microvascular invasion of small solitary hepatocellular carcinoma[J]. *Ci Gong Zhen Cheng Xiang*, 2021, 12(10): 57-60, 65.]
- [19] 符萧泓, 张胜, 王斌. Gd-EOB-DTPA MR动态增强对老年小肝癌MVI的预测价值[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(12): 2859-2862. [Fu XH, Zhang S, Wang B. The predictive value of Gd-EOB-DTPA MR dynamic enhancement for MVI in elderly patients with small liver cancer[J]. *Zhongguo Lao Nian Xue Za Zhi*, 2023, 43(12): 2859-2862.]
- [20] 徐天才. CT影像及MRI表现在早期肝癌患者微血管侵犯发生的危险因素分析[J]. *临床放射学杂志*, 2024, 43(9): 1523-1528. [Xu TC. Risk Factors of Micro vascular Invasion in Patients with Early Liver Cancer Shown by CT and Magnetic Resonance Imaging[J]. *Lin Chuang Fang She Xue Za Zhi*, 2024, 43(9): 1523-1528.]
- [21] 陈培培, 陆健, 张涛, 等. 钆塞酸二钠增强MRI对肝细胞癌微血管侵犯的预测价值[J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(2): 103-108. [Chen PP, Lu J, Zhang T, *et al.* The value of gadolinium?ethoxybenzyl?diethylenetriamine pentaacetic acid enhanced MRI in the prediction of microvascular invasion of hepatocellular carcinoma[J]. *Zhonghua Fang She Xue Za Zhi*, 2019, 53(2): 103-108.]
- [22] 王家臣, 牛蕾, 段崇峰, 等. 肝细胞肝癌微血管侵犯的MRI研究[J]. *医学影像学杂志*, 2018, 28(6): 971-974. [Wang JC, Niu L, Duan CF, *et al.* The study of microvascular invasion of hepatocellular carcinoma with MRI[J]. *Yi Xue Ying Xiang Xue Za Zhi*, 2018, 28(6): 971-974.]
- [23] 李彦龙, 张媛, 王逢茂. 术前CT征象对孤立性肝癌微血管侵犯及术后早期复发的预测分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(1): 113-116. [Li YL, Zhang Y, Wang FM. Predictive Value of Preoperative CT Signs on Microvascular Invasion and Early Postoperative Recurrence of Solitary Hepatocellular Carcinoma[J]. *Zhongguo CT He MRI Za Zhi*, 2021, 19(1): 113-116.]
- [24] 张继云, 张涛. 基于钆塞酸二钠增强MRI预测肝细胞癌微血管侵犯及术后早期复发[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(7): 103-106. [Zhang JY, Zhang T. Prediction of Microvascular Invasion in Hepatocellular Carcinoma and Early HCC Recurrence Based on Gd-EOB-DTPA-Enhanced MRI[J]. *Zhongguo CT He MRI Za Zhi*, 2023, 21(7): 103-106.]
- [25] 于长江. 基于术前钆塞酸二钠MRI对肝细胞癌切除术后早期复发风险的预测研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2023. [Yu CJ. Prediction of early recurrence risk after resection of hepatocellular carcinoma based on preoperative gadolinium disodium MRI[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2023.]

[编辑: 刘红武; 校对: 邱颖慧]

作者贡献:

刘 鹏: 选题设计与构思、论文撰写

牛美晨: 资料收集与整理

刘 宏: 资料的补充、论文修改