

• 论 著 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2026. 02. 009

MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对原发性肝癌的临床诊断价值^{*}

张希铮¹, 李勇航¹, 白宏刚², 刘义文³

湖北省荆州市第二人民医院:1. 放射科;2. 检验科;3. 肝病科,湖北荆州 434000

摘 要:**目的** 探讨磁共振成像(MRI)灌注参数联合血清富亮氨酸 $\alpha 2$ 糖蛋白 1(LRG1)、程序性细胞死亡蛋白 5(PDCD5)对原发性肝癌(PHC)的临床诊断价值。**方法** 选取 2022 年 5 月至 2024 年 5 月该院收治的 119 例 PHC 患者为肝癌组,另选同期该院收治的 119 例肝脏良性肿瘤患者为良性组。收集所有研究对象的基线资料。比较 2 组血清 LRG1、PDCD5、甲胎蛋白(AFP)水平及 MRI 灌注参数[容积转运常数(K^{trans})、血管外细胞外间隙容积分数(V_e)、速率常数(K_{ep})]。采用多因素 Logistic 回归分析发生 PHC 的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 的诊断价值。**结果** 与良性组相比,肝癌组血清 LRG1、PDCD5 水平明显降低($P<0.05$),血清 AFP 水平、有饮酒史占比及病灶 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 均明显升高($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,有饮酒史、血清 AFP 水平升高为发生 PHC 的危险因素($P<0.05$),血清 LRG1、PDCD5 水平升高均为发生 PHC 的保护因素($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 及血清 LRG1、PDCD5 单独诊断 PHC 的曲线下面积(AUC)分别为 0.840、0.825、0.842、0.826、0.813,5 项指标联合诊断 PHC 的 AUC 为 0.937,灵敏度为 84.87%,特异度为 91.60%。5 项指标联合诊断 PHC 的 AUC 明显大于 K^{trans} ($Z=3.317, P=0.001$)、 K_{ep} ($Z=3.498, P=0.001$)、 V_e ($Z=3.143, P=0.002$)及血清 LRG1($Z=3.603, P<0.001$)、PDCD5($Z=4.450, P<0.001$)单独诊断。**结论** PHC 患者血清 LRG1、PDCD5 水平均明显降低,MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 具有较高的诊断价值,可应用于临床进行辅助诊断。

关键词:原发性肝癌; 磁共振成像; 富亮氨酸 $\alpha 2$ 糖蛋白 1; 程序性细胞死亡蛋白 5; 临床诊断
中图法分类号:R735. 7;R814. 42;R446. 1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455 (2026) 02-0198-06

Clinical diagnostic value of MRI perfusion parameters combined with serum LRG1 and PDCD5 for primary liver cancer^{*}

ZHANG Xizheng¹, LI Yonghang¹, BAI Honggang², LIU Yiwen³

1. Department of Radiology; 2. Department of Laboratory; 3. Department of Hepatology, Jingzhou Second People's Hospital, Jingzhou, Hubei 434000, China

Abstract:**Objective** To investigate the clinical diagnostic value of magnetic resonance imaging (MRI) perfusion parameters combined with serum leucine rich $\alpha 2$ glycoprotein 1 (LRG1) and programmed cell death protein 5 (PDCD5) for primary liver cancer (PHC). **Methods** A total of 119 PHC patients admitted to the hospital from May 2022 to May 2024 were selected as the liver cancer group, and 119 patients with benign liver tumors admitted to the hospital during the same period were selected as the benign group. The baseline data of all subjects were collected. The serum levels of LRG1, PDCD5, alpha-fetoprotein (AFP), as well as MRI perfusion parameters [volume transfer constant (K^{trans}), extracellular extravascular volume fraction (V_e), rate constant (K_{ep})] were compared between the two groups. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors for PHC. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic value of MRI perfusion parameters combined with serum LRG1 and PDCD5 for PHC. **Results** Compared with the benign group, the serum levels of LRG1 and PDCD5 in the liver cancer group were significantly decreased ($P<0.05$), while the serum AFP level, the proportion of patients with a history of alcohol consumption, and the K^{trans} , K_{ep} and V_e of the lesions were significantly increased ($P<0.05$). The results of multivariate Logistic regression analysis showed that history of alcohol consumption and increased serum

^{*} 基金项目:湖北省卫生健康科研项目(WJ2021M081)。
作者简介:张希铮,男,主治医师,主要从事医学影像诊断方向的研究。
引用格式:张希铮,李勇航,白宏刚,等. MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对原发性肝癌的临床诊断价值[J]. 检验医学与临床,2026, 23(2):198-202.

AFP level were risk factors for PHC ($P < 0.05$), while increased serum levels of LRG1 and PDCD5 were protective factors for PHC ($P < 0.05$). The results of ROC curve analysis showed that the areas under the curve (AUCs) of K^{trans} , K_{ep} , V_e and serum LRG1 and PDCD5 in the diagnosis of PHC alone were 0.840, 0.825, 0.842, 0.826 and 0.813, respectively. The AUC of the combined diagnosis of PHC by the five indicators was 0.937, with sensitivity of 84.87% and specificity of 91.60%. The AUC of the combined diagnosis of PHC by the five indicators was significantly higher than that of K^{trans} ($Z = 3.317, P = 0.001$), K_{ep} ($Z = 3.498, P = 0.001$), V_e ($Z = 3.143, P = 0.002$), as well as serum LRG1 ($Z = 3.603, P < 0.001$) and PDCD5 ($Z = 4.450, P < 0.001$) alone. **Conclusion** The serum levels of LRG1 and PDCD5 in PHC patients are obviously reduced. The combination of MRI perfusion parameters and serum LRG1 and PDCD5 has high diagnostic value for PHC, and it can be applied clinically for auxiliary diagnosis.

Key words: primary hepatic carcinoma; magnetic resonance imaging; leucine rich alpha-2 glycoprotein-1; programmed cell death protein 5; clinical diagnosis

原发性肝癌(PHC)是一种具有较高发病率的恶性肿瘤,并且随着环境及生活习惯的改变,PHC 的发生率逐年升高,严重危害人们的日常生活及身体健康^[1]。PHC 具有发展迅速、远处转移风险高的特点,大多数患者确诊时已处于中晚期,错过最佳治疗时机,导致预后差,病死率较高^[2]。因此,寻求有效的诊断方法有助于 PHC 的早期诊断及治疗。磁共振成像(MRI)是临床诊断 PHC 常见的一种方式,具有多参数、多方位成像等特点^[3]。然而,单一的 MRI 诊断在准确度和灵敏度方面仍存在一定的局限性,难以满足临床精准诊断的需求。有研究发现,富亮氨酸 $\alpha 2$ 糖蛋白 1(LRG1)与恶性肿瘤的发生、发展密切相关,参与机体免疫反应、炎症反应等生理病理学过程。可通过调控免疫反应,破坏肿瘤血管功能,对恶性肿瘤的发展起到抑制作用^[4-5]。程序性细胞死亡蛋白 5(PDCD5)在机体分子、细胞等生物学过程中发挥重要作用,参与机体肝再生过程,有研究发现,PDCD5 在多种癌症的发生、发展中表达异常,可能与癌症的发生存在一定联系^[6-7],但血清 LRG1、PDCD5 在 PHC 中的作用鲜有研究,因此,本研究拟通过检测 PHC 患者血清 LRG1、PDCD5 水平,分析 MRI 灌注参数联合 LRG1、PDCD5 在 PHC 中的诊断价值,以期临床诊断和改善预后提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 5 月至 2024 年 5 月本院收治的 119 例 PHC 患者为肝癌组,另选同期本院收治的 119 例经病理检查确诊的肝脏良性肿瘤患者为良性组。纳入标准:(1)PHC 患者符合《原发性肝癌诊疗规范(2019 年版)》^[8]中的相关诊断标准,且经病理检查确诊;(2)入院后进行 MRI 检查;(3)均在本院确诊并首次治疗。肝癌组排除标准:(1)48 h 内使用过造影剂、止血或抗肿瘤药物;(2)合并其他恶性肿瘤;(3)存在免疫系统疾病;(4)伴精神异常或有癫痫病史;(5)患心、肺等重要器官功能障碍;(6)合并肝硬化;(7)患有血液系统相关疾病。所有研究对象或其家属均签署知情同意书。本研究经本院医学伦理委

员会批准[审批号:JKY(2022)-010-049]。

1.2 试剂与仪器 离心机(型号:GL-20M,杭州诺丁科学器材有限公司);酶标仪(型号:clariostar,北京科月华诚科技有限公司);LRG1 酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒(货号:HZ-010669,上海传秋生物科技有限公司);PDCD5 ELISA 试剂盒(货号:GT07947,上海富衡生物科技有限公司);MRI(型号:3.0T SKyra,上海西门子医疗器械有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 基线资料收集 通过电子病历系统及既往检查报告收集所有研究对象的年龄、性别、体质量指数(BMI)、有无吸烟史、肿瘤最大径、有无饮酒史、是否合并糖尿病、是否合并高血压等资料。

1.3.2 血清指标检测 采集所有研究对象入院后第 2 天(未接受针对性治疗前,急诊患者 ≤ 6 h,择期患者术前 24 h)晨起空腹静脉血 5 mL,3 500 r/min(离心半径为 15 cm)离心 15 min 后,取上层血清,置于一 80 ℃ 环境保存待测。使用酶标仪采用 ELISA 检测血清 LRG1、PDCD5 水平,采用电化学发光法检测血清甲胎蛋白(AFP)水平,所有步骤均严格按照试剂盒说明书进行操作。

1.3.3 动态增强扫描 MRI 检查 所有研究对象检查前禁食 4~6 h,采用磁共振扫描仪进行检查,取仰卧位,16 通道体部相控阵线圈,对肝脏进行横断面及冠状面扫描,扫描范围从膈顶至双侧肾脏下缘。扫描层厚 5 mm,层距 1 mm,进行常规的 T1WI、T2WI 平扫。通过静脉注射对比剂钆喷酸葡胺(0.2 mL/kg),注射速率 2.5 mL/s,分别于注射后 20、65、180 s 时进行动脉期、门脉期以及延迟期扫描。由 3 位经验丰富的影像学医师分别单独进行分析并判断,意见不统一时采取以多数为准,将扫描数据经过处理工作站进行处理,测量病灶组织容积灌注参数[容积转运常数(K^{trans})、血管外细胞外间隙容积分数(V_e)、速率常数(K_{ep})]。

1.4 统计学处理 采用 SPSS25.0 统计软件进行数据处理与分析。符合正态分布的计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以 n

(%)表示,2 组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素 Logistic 回归分析发生 PHC 的影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_{e} 联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 的诊断价值,曲线下面积(AUC)比较采用 DeLong 检验。以 $P<0.05$ 为差异

有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组临床资料比较

与良性组相比,肝癌组 AFP 水平及有饮酒史占比均明显升高($P<0.05$),血清 LRG1、PDCD5 水平明显降低($P<0.05$)。见表 1。

表 1 2 组临床资料比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $n(\%)$]

组别	<i>n</i>	年龄(岁)	性别		BMI(kg/m ²)	肿瘤最大径(cm)		吸烟史	
			男	女		≤5	>5	有	无
肝癌组	119	48.25±5.33	65(54.62)	54(45.38)	23.12±3.43	42(35.29)	77(64.71)	67(56.30)	52(43.70)
良性组	119	48.52±5.49	63(52.94)	56(47.06)	22.69±3.17	55(46.22)	64(53.78)	53(44.54)	66(55.46)
<i>t</i> / χ^2		0.385	0.068		1.004	2.941		3.294	
<i>P</i>		0.701	0.795		0.316	0.086		0.070	

组别	<i>n</i>	饮酒史		合并糖尿病		合并高血压		AFP (ng/mL)	LRG1 (μg/mL)	PDCD5 (ng/mL)
		有	无	是	否	是	否			
肝癌组	119	73(61.34)	46(38.66)	44(36.97)	75(63.03)	42(35.29)	77(64.71)	516.35±56.94	3.96±1.25	5.23±1.15
良性组	119	51(42.86)	68(57.14)	49(41.18)	70(58.82)	38(31.93)	81(68.07)	78.92±10.38	6.12±2.03	6.87±1.68
<i>t</i> / χ^2		8.149		0.441		0.301		82.445	−9.884	−8.787
<i>P</i>		0.004		0.507		0.583		<0.001	<0.001	<0.001

2.2 2 组 MRI 灌注参数比较

与良性组相比,肝癌组患者病灶 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_{e} 均明显升高($P<0.05$)。见表 2。

表 2 2 组 MRI 灌注参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	<i>n</i>	K^{trans} (min ^{−1})	K_{ep} (min ^{−1})	V_{e} (%)
肝癌组	119	0.52±0.16	1.23±0.35	0.42±0.15
良性组	119	0.36±0.09	0.98±0.26	0.29±0.07
<i>t</i>		9.508	6.255	8.567
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 多因素 Logistic 回归分析发生 PHC 的影响因素

以患者是否为 PHC(是=1,否=0)为因变量,以饮酒史(有=1,无=0)、AFP(实测值)、LRG1(实测值)、PDCD5(实测值)为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,有饮酒史、血清 AFP 水平升高

均为发生 PHC 的危险因素($P<0.05$),血清 LRG1、PDCD5 水平升高均为发生 PHC 的保护因素($P<0.05$)。见表 3。

2.4 MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 的诊断价值

以肝肿瘤状况(PHC=1,肝脏良性肿瘤=0)为状态变量,以 MRI 参数、LRG1、PDCD5 单独及联合为检验变量绘制 ROC 曲线,采用串联试验的方式构建 MRI 参数及血清 LRG1、PDCD5 联合诊断模型。分析结果显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_{e} 及血清 LRG1、PDCD5 单独诊断 PHC 的 AUC 分别为 0.840、0.825、0.842、0.826、0.813,5 项指标联合诊断 PHC 的 AUC 为 0.937,明显大于 K^{trans} ($Z=3.317$, $P=0.001$)、 K_{ep} ($Z=3.498$, $P=0.001$)、 V_{e} ($Z=3.143$, $P=0.002$)及血清 LRG1($Z=3.603$, $P<0.001$)、PDCD5($Z=4.450$, $P<0.001$)单独诊断的 AUC。见表 4。

表 3 多因素 Logistic 回归分析发生 PHC 的影响因素

因素	β	<i>SE</i>	<i>Wald</i> χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	<i>OR</i> 的 95% <i>CI</i>
饮酒史	1.261	0.328	14.774	<0.001	3.529	1.855~6.710
AFP	0.827	0.302	7.495	0.006	2.286	1.265~4.132
LRG1	−0.426	0.017	628.470	<0.001	0.653	0.632~0.675
PDCD5	−0.233	0.046	25.699	<0.001	0.792	0.724~0.867

表 4 MRI 参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 的诊断价值

指标	最佳截断值	AUC	AUC 的 95% <i>CI</i>	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	<i>P</i>
K^{trans}	0.47 min ^{−1}	0.840	0.787~0.884	84.79	75.63	0.605	0.001
K_{ep}	1.12 min ^{−1}	0.825	0.771~0.871	86.55	72.27	0.588	0.001

续表 4 MRI 参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 的诊断价值

指标	最佳截断值	AUC	AUC 的 95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	P
V _e	0.38%	0.842	0.789~0.886	86.55	73.95	0.605	0.002
LRG1	4.89 μg/mL	0.826	0.772~0.872	87.39	62.18	0.496	<0.001
PDCD5	6.52 ng/mL	0.813	0.757~0.860	86.55	70.59	0.571	<0.001
5 项联合	—	0.937	0.898~0.964	84.87	91.60	0.765	<0.001

注：—表示无数据。

3 讨 论

PHC 早期症状难以发现,且发展迅速,因此,极易导致误诊、漏诊,错过手术治疗的时机,增加患者预后差的风险,严重影响患者生存率^[9]。研究发现,PHC 主要是由慢性病毒性肝炎发展而来,首发症状主要为肝脏持续性疼痛,伴有不同程度的消瘦、浑身乏力、食欲不振等,晚期症状主要表现为皮下出血、下肢水肿等,若不及时进行诊断、治疗,会危及患者生命^[10]。临床诊断多以病理学检查为金标准,但是该方法具有创性,因此,MRI 诊断受到广泛关注。MRI 是一种断层成像技术,具分辨率高、信息量大等优点,是临床诊断的重要参考依据,但仍存在一定漏诊、误诊的概率^[11]。随着研究不断深入,肿瘤标志物在癌症早期诊断中的作用逐渐受到重视,主要是通过体液、组织液及血清中的活性物质反映癌细胞的特性,可作为临床诊断的参考。AFP 是一种常见的 PHC 标志物,近年来在肿瘤免疫及蛋白质组学研究中取得重要突破,但是在 PHC 的诊断中灵敏度较低,诊断准确度仍待改进^[12-13]。目前,有研究显示发生脂肪肝病变的患者采用 MRI 诊断模式评估的准确度受到一定程度的影响,其准确度有待提高;然而通过 MRI 联合血清指标可有效改善早期诊断效能^[14-15]。因此,通过分析 MRI 联合血清指标对 PHC 的诊断价值,以提高诊断准确度,为早期诊断提供参考。本研究结果显示,PHC 患者 MRI 灌注参数(K^{trans}、K_{ep}、V_e)均明显高于良性肿瘤患者,说明 MRI 灌注参数对 PHC 具有一定的诊断效能。MRI 作为一种无创检查方式,可用于鉴别病灶良恶性,被广泛应用于临床鉴别诊断中,但其诊断准确度仍待进一步提高。

LRG1 是一种与血管生成相关的生物标志物,参与机体血管生成,可反映机体炎症反应程度,与各种炎症相关疾病的发生、发展存在密切联系^[16]。研究发现,LRG1 对机体炎症反应、免疫反应具有调控作用,LRG1 参与肿瘤的发生、发展以及转移过程,可调控肿瘤血管生成与上皮-间质转化过程,在不同癌症中,LRG1 的作用不尽相同^[17]。曹振振等^[18]研究结果表明,LRG1 主要通过转化生长因子(TGF)信号通路,进而参与血管生成及上皮-间质转化的调节机制,调控肿瘤细胞的增殖、侵袭等病理学过程。既往研究表明,LRG1 可通过调控 TGF-β 通路参与癌细胞的转

移、侵袭等过程,可促进肿瘤心血管的形成,调控细胞凋亡能力,可作为新型肿瘤标志物^[19-20]。本研究结果发现,PHC 患者血清 LRG1 水平明显低于良性肿瘤患者,可能是 LRG1 通过调控血管生成影响肝癌细胞增殖、侵袭等过程,对 PHC 的发生、发展产生一定影响,可作为肿瘤标志物用于临床诊断中。

PDCD5 是一种促细胞凋亡分子,参与细胞凋亡过程,PDCD5 是凋亡正向调控分子,在细胞凋亡早期,PDCD5 快速从细胞质移向细胞核,进而调控细胞凋亡^[21]。据报道,PDCD5 在多种恶性肿瘤中异常表达,如 PDCD5 水平在肝癌患者中显著下调,并且与患者预后情况密切相关,PDCD5 高表达患者生存率更高,可诱导癌细胞凋亡^[22-23]。ZOHEIR 等^[24]研究表明,PDCD5 可正向调节转录辅助调控因子,诱导肝癌细胞凋亡,进而抑制肿瘤生长、转移,可作为潜在治疗靶点。研究指出,PDCD5 在肺癌组织表达下调,其表达下调可促进癌细胞增殖,抑制其凋亡能力,加速癌症的快速进展^[25];PDCD5 在肝癌患者中表达下调,对于其诊断具有良好的效能^[26]。本研究结果表明,PHC 患者血清 PDCD5 水平明显低于良性肿瘤患者,这一结果与上述研究结果一致。提示 PDCD5 与 PHC 的发生、发展存在一定联系,可能通过诱导肿瘤细胞凋亡,抑制肿瘤转移,可用于临床诊断和治疗中,为采取针对性治疗提供新的思路。

本研究结果发现,饮酒史、AFP、LRG1、PDCD5 均为发生 PHC 的影响因素。金映川^[27]研究表明,饮酒是引发肝癌的一种重要因素,并且 AFP 常作为筛查肝癌的重要标志物,对肝癌的早期筛查具有一定指导作用。张利红等^[28]指出,AFP 在 PHC 中具有较高的诊断价值,可反映癌细胞的增殖及肝组织异常增生情况,可作为 PHC 的标志物。因此,临床应密切关注以上指标,以助于尽早确诊并干预。此外,MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 诊断 PHC 的 AUC 优于单一指标诊断,相较于既往研究结果,其诊断特异度明显提高^[29-30]。说明 MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 的诊断效能较高,可提高诊断准确度,具有一定的临床适用性,可用于 PHC 辅助诊断。

综上所述,LRG1、PDCD5 水平在 PHC 患者血清中明显降低,MRI 灌注参数联合血清 LRG1、PDCD5 对 PHC 具有较高的诊断效能。但是本研究存在一些

局限性;首先,血清 LRG1、PDCD5 在 PHC 中的作用机制未进行深入研究;其次,由于样本量不足,缺乏对此分析结果进行验证分析。后续应多中心、增加样本量做进一步的探讨和分析。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 张希铮:设计研究方案、实施研究过程、论文撰写;李勇航:实施研究过程、分析试验数据;白宏刚:资料搜集整理、论文修改;刘义文:进行统计学分析、审核论文。

参考文献

[1] MACIAS I R, MONTE M J, SERRANO M A, et al. Impact of aging on primary liver cancer: epidemiology, pathogenesis and therapeutics[J]. Aging (Albany NY), 2021, 13(19): 23416-23434.

[2] RUMGAY H, FERLAY J, DE MARTEL C, et al. Global, regional and national burden of primary liver cancer by subtype[J]. Eur J Cancer, 2022, 161: 108-118.

[3] KANG Z, JIN K, JING J. The value of MRI combined with AFP, AFP-L3, GP73, and DCP in the diagnosis of early primary liver cancer [J]. Dis Markers, 2022, 2022(1): 999-1012.

[4] WU D, XIE W, CHEN X, et al. LRG1 Is involved in the progression of ovarian cancer via modulating fak/akt signaling pathway[J]. Front Biosci (Landmark Ed), 2023, 28(5): 101-115.

[5] O'CONNOR M N, KALLENBERG D M, CAMILLI C, et al. LRG1 destabilizes tumor vessels and restricts immunotherapeutic potency [J]. Med, 2021, 2(11): 1231-1252.

[6] 张轩斌, 孙潺, 崔艳红. microRNA-21 与 PDCD5 表达交互作用及其对老年非小细胞肺癌患者化疗效果的评估[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(21): 5178-5181.

[7] LI J, WANG Y, ZHANG X, et al. Characterisation of a novel transcript LNPPS acting as tumour suppressor in bladder cancer via PD-CD5-mediated p53 degradation blockage [J]. Clin Transl Med, 2023, 13(1): 1149-1163.

[8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 原发性肝癌诊疗规范(2019 年版)[J]. 中华消化外科杂志, 2020, 19(1): 1-20.

[9] LAI Q, VITALE A, HALAZUN K, et al. Identification of an Upper limit of tumor burden for downstaging in candidates with hepatocellular cancer waiting for liver transplantation: a west-east collaborative effort [J]. Cancers (Basel),

2020, 12(2): 452-466.

[10] 潘春燕, 李凤菊, 陶亚飞, 等. MRI 扫描联合血清 4 项肿瘤标志物诊断原发性肝癌的临床价值研究[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(1): 126-130.

[11] KIM J H, YOON J H, JOO I, et al. Evaluation of primary liver cancers using hepatocyte-specific contrast-enhanced MRI: pitfalls and potential tips[J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 53(3): 655-675.

[12] GAO Y X, YANG T W, YIN J M, et al. Progress and prospects of biomarkers in primary liver cancer (review)[J]. Int J Oncol, 2020, 57(1): 54-66.

[13] 黄澜, 朱宗国, 冯涛. 血清甲胎蛋白、PIVKA-II、GGT、GGT/ALT 检测对早期原发性肝癌的诊断价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(7): 749-752.

[14] KANG Z, JIN K, JING J. The Value of MRI Combined with AFP, AFP-L3, GP73, and DCP in the diagnosis of early primary liver cancer [J]. Dis Markers, 2022, 13(1): 999.

[15] REIZINE E, MEURGEY A, AMADDEO G, et al. Fat in mass in primary liver lesions: are usual MRI diagnostic criteria of both malignant and benign liver lesions still applicable[J]. Abdom radiol (NY), 202, 47(7): 2347-2355.

[16] LIU T T, LUO R, YANG Y, et al. LRG1 mitigates renal interstitial fibrosis through alleviating capillary rarefaction and inhibiting inflammatory and pro-fibrotic cytokines [J]. Am J Nephrol, 2021, 52(3): 228-238.

[17] 孙李妍, 许利利, 曲淑君. 富亮氨酸 α -2 糖蛋白-1 在消化系统肿瘤诊疗中的应用进展[J]. 中国基层医药, 2023, 30(5): 787-790.

[18] 曹振振, 韩会会, 杨文义. 肝癌患者血清成纤维细胞生长因子 21 和富亮氨酸 α 2 糖蛋白 1 表达情况及临床意义[J]. 陕西医学杂志, 2023, 52(3): 305-308.

[19] 孙雷, 范艳玲, 张诒田, 等. 血清 LRG1 联合 β -catenin 在 DLBCL 患者诊断与预后评估的应用 [J]. 分子诊断与治疗杂志, 2023, 15(10): 1689-1693.

[20] GULDSVIK I J, BRAADLAND P R, SIVANE-SAN S, et al. Low blood levels of LRG1 before radical prostatectomy identify patients with high risk of progression to castration-resistant prostate cancer[J]. Eur Urol Open Sci, 2022, 45: 68-75.

(下转第 208 页)

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.02.010

运动激发试验联合 FeNO 检测对儿童咳嗽变异性哮喘的诊断价值*

焦素敏¹, 谷卉姿¹, 王 巍¹, 刘晓灵²

1. 北京京煤集团总医院儿科, 北京 102399; 2. 北京儿童医院呼吸科, 北京 100045

摘要:目的 探讨运动激发试验(ECT)联合呼出气一氧化氮(FeNO)检测在儿童咳嗽变异性哮喘(CVA)中的诊断价值。方法 回顾性分析 2022 年 6 月至 2024 年 6 月北京京煤集团总医院收治的 132 例进行 ECT 的慢性咳嗽患儿的临床资料,并根据是否发生 CVA 将患儿分为 CVA 组($n=72$)与非 CVA 组($n=60$)。采用肺功能测定仪检测患儿第 1 秒用力呼气容积(FEV_1)、用力肺活量(FVC),并计算 FEV_1/FVC 比值。记录 ECT 检查后 FEV_1 下降百分比。使用纳库伦呼气分析仪(Sunvon-CA2122 NO 型)测定患儿 FeNO 水平。采用多因素 Logistic 回归分析慢性咳嗽患儿发生 CVA 的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估相关指标对慢性咳嗽患儿发生 CVA 的诊断价值。**结果** 2 组 FVC、 FEV_1 和 FEV_1/FVC 比值比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);CVA 组 FEV_1 下降百分比明显高于非 CVA 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。CVA 组 FeNO 水平为 (20.68 ± 5.09) ppb,明显高于非 CVA 组的 (13.56 ± 4.17) ppb,差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, FEV_1 下降百分比增加、FeNO 水平升高均为慢性咳嗽患儿发生 CVA 的独立危险因素($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, FEV_1 下降百分比、FeNO 单独及联合诊断慢性咳嗽患儿发生 CVA 的曲线下面积(AUC)分别为 0.758、0.729、0.825,二者联合诊断的 AUC 明显大于各指标单独诊断($P<0.05$)。**结论** FeNO 水平及 ECT 后 FEV_1 下降百分比均对慢性咳嗽患儿发生 CVA 有诊断价值,且二者联合应用可提高诊断效能。

关键词:咳嗽变异性哮喘; 儿童; 运动激发试验; 呼出气一氧化氮; 第 1 秒用力呼气容积; 诊断
中图分类号:R725.6;R446.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)02-0203-06

Diagnostic value of exercise challenge test combined with FeNO
detection on children with cough variant asthma*

JIAO Sumin¹, GU Huizi¹, WANG Wei¹, LIU Xiaoling²

1. Department of Pediatrics, Beijing Jingmei Group General Hospital, Beijing 102399, China;
2. Department of Respiratory Medicine, Beijing Children's Hospital, Beijing 100045, China

Abstract: Objective To explore the diagnostic value of exercise challenge test (ECT) combined with fractional exhaled nitric oxide (FeNO) detection on children with cough variant asthma (CVA). **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 132 children with chronic cough who underwent ECT in Beijing Jingmei Group General Hospital from June 2022 to June 2024. The children were divided into the CVA group ($n=72$) and the non-CVA group ($n=60$) based on whether CVA occurred. The forced expiratory volume in one second (FEV_1) and forced vital capacity (FVC) were measured by pulmonary function tester, and FEV_1/FVC ratio was calculated. The FEV_1 decline percentage after ECT was recorded. The level of FeNO was measured by Nakuren breath analyzer (Sunvon-CA2122 NO). Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors for CVA in children with chronic cough. Receiver operating characteristic (ROC) curve was applied to evaluate the diagnostic value of related indicators for CVA. **Results** Comparisons of FVC, FEV_1 and FEV_1/FVC ratio between the two groups showed no statistically significant differences ($P>0.05$). The FEV_1 decline percentage was significantly higher in the CVA group than that in the non-CVA group ($P<0.05$). The FeNO level in the CVA group was (20.68 ± 5.09) ppb, which was significantly higher than (13.56 ± 4.17) ppb in the non-CVA group ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis revealed that increased FEV_1 decline percentage and elevated FeNO were independent risk factors for

* 基金项目:北京市自然科学基金项目(7202045);北京京煤集团总医院科研自主项目(ZZ2024-50)。

作者简介:焦素敏,女,副主任医师,主要从事小儿呼吸系统、内分泌系统临床方向的研究。

引用格式:焦素敏,谷卉姿,王巍,等.运动激发试验联合 FeNO 检测对儿童咳嗽变异性哮喘的诊断价值[J].检验医学与临床,2026,23(2):203-208.