

• 论 著 •

CT 能谱成像参数联合血清 PRDM16、GPER1 鉴别诊断孤立性肺结节良恶性的临床价值*

王 昀¹, 刀钰洋², 吕 佳³, 蒋红梅³, 蒋 婕¹, 臧永洪¹, 梅 韬¹, 刘跃权¹, 孙学进^{1△}1. 云南省滇东北中心医院医学影像科, 云南昭通 657000; 2. 普洱市人民医院核医学科, 云南普洱 665000;
3. 普洱市人民医院放射科, 云南普洱 665000

摘要:目的 探讨 CT 能谱成像参数联合血清 PR 结构域蛋白 (PRDM) 16、G 蛋白偶联雌激素受体 (GPER) 1 对孤立性肺结节 (SPN) 良恶性的鉴别价值。方法 将云南省滇东北中心医院 2022 年 7 月至 2025 年 5 月收治的 216 例 SPN 患者根据病理结果分为良性组 ($n=127$) 和恶性组 ($n=89$)。采用酶联免疫吸附试验 (ELISA) 检测血清 PRDM16、GPER1 水平, 比较两组基线资料、影像特征、动脉期和静脉期的标准化碘浓度 (NIC) 及血清 PRDM16、GPER1 水平。采用受试者工作特征 (ROC) 曲线分析动脉期 NIC、静脉期 NIC 及血清 PRDM16、GPER1 单独及联合对 SPN 性质的诊断价值, 采用 *Kappa* 检验分析动脉期 NIC、静脉期 NIC 及血清 PRDM16、GPER1 的联合诊断结果与病理结果的一致性。结果 良性组与恶性组结节在边缘形态、分叶征、血管束束征等方面比较, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。相比良性组, 恶性组动脉期 NIC 和静脉期 NIC 均较高, 血清 PRDM16、GPER1 水平均较低, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 动脉期 NIC、静脉期 NIC 联合血清 PRDM16、GPER1 诊断恶性 SPN 的灵敏度和特异度分别为 89.89% 和 79.53%, 曲线下面积 (AUC) 为 0.930, 4 项指标联合检测的 AUC 高于各指标单独诊断 ($P<0.05$)。Kappa 检验结果显示, 4 项指标联合检测诊断与病理结果一致性较高 ($Kappa=0.675, P<0.001$)。结论 CT 能谱成像参数 (动脉期及静脉期 NIC) 联合血清 PRDM16、GPER1 对 SPN 良恶性的鉴别价值较高。

关键词: 孤立性肺结节; CT 能谱成像参数; PR 结构域蛋白 16; G 蛋白偶联雌激素受体 1

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2026.05.012 **中图法分类号:** R734.2; R446.1

文章编号: 1673-4130(2026)05-0593-05 **文献标志码:** A

Clinical value of CT spectral imaging parameters combined with serum PRDM16 and GPER1 in the differential diagnosis of benign and malignant solitary pulmonary nodules*

WANG Yun¹, DAO Yuyang², LYU Jia³, JIANG Hongmei³, JIANG Jie¹,
ZANG Yonghong¹, MEI Tao¹, LIU Yuequan¹, SUN Xuejin^{1△}

1. Department of Medical Imaging, Northeast Yunnan Central Hospital, Zhaotong, Yunnan 657000, China; 2. Department of Nuclear Medicine, Pu'er People's Hospital, Pu'er, Yunnan 665000, China; 3. Department of Radiology, Pu'er People's Hospital, Pu'er, Yunnan 665000, China

Abstract: Objective To explore the value of CT spectral imaging parameters combined with serum PR domain protein (PRDM) 16 and G protein-coupled estrogen receptor (GPER) 1 in differentiating benign and malignant solitary pulmonary nodules (SPN). **Methods** From July 2022 to May 2025, 216 SPN patients admitted to Northeast Yunnan Central Hospital were divided into the benign group ($n=127$) and the malignant group ($n=89$) based on pathological results. The levels of serum PRDM16 and GPER1 were detected by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The baseline data, imaging features, standardized iodine concentration (NIC) in the arterial phase and venous phase, as well as the serum levels of PRDM16 and GPER1 were compared between the two groups. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the diagnostic value of arterial NIC, venous NIC, and serum PRDM16 and GPER1 alone and in combination for the nature of SPN. The *Kappa* test was used to analyze the consistency between the combined diagnostic results of arterial NIC, venous NIC, and serum PRDM16 and GPER1 and the pathological results. **Results** There were statistically significant differences in the edge morphology, lobulation sign, and vascular bundle sign be-

* 基金项目: 2024 年北京医学奖励基金会课题 (YXJL-2024-0350-0311); 2025—2026 年度云南省滇东北中心医院内科研基金项目 (2025ZXYY020)。

作者简介: 王昀, 男, 主治医师, 主要从事影像医学与核医学方向研究。△ 通信作者, E-mail: sunxuejinkm@126.com。

tween the benign group and the malignant group ($P < 0.05$). Compared with the benign group, the NIC values in the arterial phase and venous phase of the malignant group were higher, while the levels of serum PRDM16 and GPER1 were lower, and the differences were all statistically significant ($P < 0.05$). The results of ROC curve analysis showed that the combined detection of arterial phase NIC, venous phase NIC, serum PRDM16, and GPER1 had a sensitivity of 89.89% and a specificity of 79.53%, with an area under the curve (AUC) of 0.930. The AUC of the combined detection of these four indicators was higher than that of each indicator alone ($P < 0.05$). The *Kappa* test result showed that the combined detection of these four indicators had a high consistency with the pathological results ($Kappa = 0.675, P < 0.001$). **Conclusion** The CT spectral imaging parameters (NIC in the arterial phase and venous phase) combined with serum PRDM16 and GPER1 have a relatively high value in differentiating benign and malignant SPN.

Key words: solitary pulmonary nodule; CT spectral imaging parameters; PR domain-containing 16; G protein coupled estrogen receptor 1

孤立性肺结节 (SPN) 是肺部常见疾病, 结节直径较小, 有良恶性之分, 良性 SPN 经过治疗预后良好, 恶性 SPN 即肺癌, 其预后与分期等有关, 整体而言预后比较差^[1-2]。病理活检是诊断 SPN 性质的金标准, 但此诊断方式受结节大小、位置等因素限制, 且有创伤, 因此, 影像检查在 SPN 的诊断中仍具有不可替代的作用^[3]。CT 能谱成像能够比传统 CT 获得更多病灶信息, 虽然准确性较普通 CT 有所提高, 但仍会出现漏诊误诊的现象^[4]。既往研究表明, 血清标志物与影像检查联合有助于提高诊断准确度^[5]。有研究显示, PR 结构域蛋白 (PRDM) 16 和 G 蛋白偶联雌激素受体 (GPER) 1 在肺癌的发生发展中发挥重要作用, 但对 SPN 良恶性的鉴别价值尚不明确^[6-7]。鉴于此, 本研究分析 CT 能谱成像参数联合血清 PRDM16、GPER1 对 SPN 良恶性的鉴别价值, 以期对 SPN 的无创准确诊断提供帮助。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 7 月至 2025 年 5 月云南省滇东北中心医院收治的 216 例 SPN 患者为研究对象, 年龄 (54.86 ± 6.73) 岁, 男 125 例 (57.87%), 女 91 例 (42.13%)。纳入标准: (1) 首次出现肺结节; (2) CT 能谱成像检查结果显示肺部存在肺结节; (3) 年龄 ≥ 18 岁; (4) 影像检查后 1 周内行病理检查。排除标准: (1) 既往恶性肿瘤史; (2) 处于妊娠期; (3) 肝、肾功能不全; (4) 合并急慢性感染。根据病理检查结果将 216 例患者分为良性组 ($n = 127$) 和恶性组 ($n = 89$), 其中良性组包括纤维瘤 35 例, 炎性结节 52 例, 错构瘤 40 例; 恶性组包括腺癌 44 例, 鳞癌 37 例, 腺鳞癌 8 例。本研究经医学伦理委员会审核通过 (伦理编号: kj2025021), 所有研究对象均知情同意, 并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 CT 能谱成像 采用 GE 公司 Revolution CT 扫描仪进行检查, 患者仰卧于检查床, 扫描肺尖至肺底, 胸部平扫后开启能谱扫描模式, 管电压 80/140 kV 瞬时切换, 管电流 600 mA, 螺距 1.375 : 1, 球管转速

0.5 s/r, 层厚、层距均为 5 mm。行增强扫描时, 须将碘佛醇 (1.5 mL/kg) 自肘静脉以 4 mL/s 速率注射, 注射完成 30、60 s 后行动脉期、静脉期扫描, 重建层距、层厚 0.625 mm, 将图像上传至工作站, 最大层面肿瘤区域法选取感兴趣区, 计算动脉期、静脉期的标准化碘浓度 (NIC)。

1.2.2 血清 PRDM16、GPER1 检测 采集患者就诊时肘静脉血标本 2 mL, 2 h 内 3 000 r/min 离心 15 min, 将上层血清转移至新的离心管, 并保存于 -80°C 。采用酶联免疫吸附试验 (ELISA) 检测血清 PRDM16、GPER1, 检测前将血清样品逐步解冻, 向酶标孔中加入标准品和待测血清, 加入生物素标记的抗体、温育并加入显色底物, 终止反应, 检测标本在 450 nm 波长处的吸光度, 重复检测 3 次后取平均值。仪器采用 Multiskan SKY 多功能酶标仪 (赛默飞世尔), 实验由同一组实验员在同一实验室完成。PRDM16 试剂盒 (货号: JL14791) 购自科邦兴业 (北京) 科技有限公司, GPER1 试剂盒 (货号: E-EL-H1160) 购自上海博耀商贸有限公司。

1.3 统计学处理 采用 SPSS27.0 软件进行数据处理。计数资料以 $n(\%)$ 表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 t 检验或单因素方差分析。采用受试者工作特征 (ROC) 曲线分析各个指标单独及联合对 SPN 良恶性的鉴别效能, 采用 *Kappa* 检验分析 CT 能谱成像参数及血清 PRDM16、GPER1 联合诊断的结果与病理结果的一致性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 良性组、恶性组一般资料及影像特征比较 两组患者的结节在边缘是否规则、分叶征、毛刺征、血管集束征和胸膜凹陷征方面差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 良性组、恶性组动脉期、静脉期 NIC 比较 恶性组动脉期和静脉期 NIC 均高于良性组 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 良性组、恶性组血清 PRDM16、GPER1 比较

恶性组血清 PRDM16、GPER1 水平均低于良性组 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 1 良性组、恶性组一般资料及影像特征对比 [$\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$]

项目	良性组 ($n=127$)	恶性组 ($n=89$)	t/χ^2	P
年龄(岁)	54.51±6.59	55.37±6.82	0.931	0.353
结节最大径(cm)	1.43±0.25	1.49±0.28	1.652	0.100
性别			0.488	0.485
男	71(55.91)	54(60.67)		
女	56(44.09)	35(39.33)		
吸烟史			1.167	0.280
有	45(35.43)	38(42.70)		
无	82(64.57)	51(57.30)		
饮酒史			0.874	0.350
有	49(38.58)	40(44.94)		
无	78(61.42)	49(55.06)		
结节位置			2.225	0.136
左肺	54(42.52)	47(52.81)		
右肺	73(57.48)	42(47.19)		
边缘			61.249	<0.001
规则	97(76.38)	20(22.47)		
不规则	30(23.62)	69(77.53)		
分叶征			45.110	<0.001
有	34(26.77)	65(73.03)		
无	93(73.23)	24(26.97)		
毛刺征			78.889	<0.001
有	15(11.81)	63(70.79)		
无	112(88.19)	26(29.21)		
血管束束征			59.671	<0.001
有	18(14.17)	58(65.17)		
无	109(85.83)	31(34.83)		
胸膜凹陷征			67.020	<0.001
有	12(9.45)	55(61.80)		
无	115(90.55)	34(38.20)		

2.4 不同病理类型恶性 SPN 患者血清 PRDM16、

GPER1 比较 腺癌、鳞癌及腺鳞癌患者血清 PRDM16、GPER1 比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 4。

表 2 良性组、恶性组动脉期、静脉期 NIC 对比 ($\bar{x} \pm s$, mg/mL)

组别	n	动脉期 NIC	静脉期 NIC
良性组	127	0.19±0.04	0.44±0.09
恶性组	89	0.25±0.06	0.57±0.12
t		8.819	9.095
P		<0.001	<0.001

表 3 良性组、恶性组血清 PRDM16、GPER1 水平对比 ($\bar{x} \pm s$, ng/mL)

组别	n	PRDM16	GPER1
良性组	127	2.37±0.40	3.03±0.56
恶性组	89	1.85±0.31	2.37±0.49
t		10.287	8.969
P		<0.001	<0.001

表 4 不同病理类型恶性 SPN 患者血清 PRDM16、GPER1 水平对比 ($\bar{x} \pm s$, ng/mL)

类型	n	PRDM16	GPER1
腺癌	44	1.89±0.33	2.43±0.45
鳞癌	37	1.82±0.29	2.32±0.41
腺鳞癌	8	1.72±0.26	2.23±0.36
F		1.246	1.116
P		0.293	0.332

2.5 CT 能谱成像参数联合血清 PRDM16、GPER1 诊断 SPN 良恶性的价值 绘制动脉期 NIC、静脉期 NIC、血清 PRDM16、GPER1 诊断恶性 SPN(以良性为对照)的 ROC 曲线,结果显示,4 项指标单独及联合诊断恶性 SPN 的曲线下面积(AUC)分别为 0.819、0.809、0.816、0.814 及 0.930,DeLong 检验显示,联合诊断的 AUC 高于各指标单独诊断 ($Z = 3.710$ 、4.104、4.328、4.421,均 $P < 0.001$)。见表 5。

表 5 CT 能谱成像参数联合血清 PRDM16、GPER1 诊断 SPN 良恶性的价值

项目	AUC	P	cut-off 值	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	Youden 指数
动脉期 NIC	0.819	<0.001	>0.21 mg/mL	0.761~0.868	71.91	84.25	0.562
静脉期 NIC	0.809	<0.001	>0.53 mg/mL	0.750~0.859	62.92	88.98	0.519
PRDM16	0.816	<0.001	≤2.06 ng/mL	0.758~0.865	65.17	81.10	0.463
GPER1	0.814	<0.001	≤2.60 ng/mL	0.756~0.864	67.42	82.68	0.501
联合诊断	0.930	<0.001	—	0.887~0.960	89.89	79.53	0.694

注:—表示无数据。

2.6 一致性检验 四格表计算得,动脉期 NIC、静脉

期 NIC 联合血清 PRDM16、GPER1 诊断恶性 SPN 的

准确度为 83.80%，阳性和阴性预测值分别为 75.47%、91.82%。*Kappa* 检验显示，联合诊断的结果与病理检查一致性较高 (*Kappa* = 0.675, *P* < 0.001)。

3 讨 论

SPN 可由病原菌感染、慢性炎症和肿瘤性病变引起，据统计，肺癌是男性中发病率、病死率最高的恶性肿瘤，严重威胁人类健康^[8]。CT 能谱成像具有辐射剂量小、图像质量高的优点，此成像方式能够获得多个参数，其中，NIC 能够反映病灶的血液供给情况，在疾病的临床诊断中具有重要价值^[9-10]。本研究首先对不同性质 SPN 患者的 CT 能谱成像影像特征进行比较，结果显示，恶性 SPN 多存在分叶征、胸膜凹陷征等，进一步比较，恶性组动脉期和静脉期的 NIC 均较良性组高，这主要与恶性 SPN 会形成大量新生血管、血供丰富有关，与陈晓雪等^[11]的报道基本一致。ROC 曲线分析结果显示，动脉期 NIC 和静脉期 NIC 诊断恶性 SPN 的特异度均较高，AUC 分别为 0.819 和 0.809，提示 CT 能谱成像参数对 SPN 良恶性具有一定鉴别价值。

在人类中，PRDM16 是由 1 276 个氨基酸组成的锌指转录因子，其编码基因位于染色体 1p36.32 区域，PRDM16 能够调控多个基因的表达，且参与调控能量代谢、肝细胞分化、癌细胞生长等过程^[12]。MENG 等^[13]研究显示，肺腺癌组织及其癌细胞中 PRDM16 表达下降，可作为早期诊断标志物。郭宏鹏等^[14]研究也表明，下调 PRDM16 表达有助于抑制甲状腺癌细胞增殖、侵袭。上述研究提示 PRDM16 在不同类型癌症中可能发挥促癌作用，也可能发挥抑癌作用。本研究结果显示，恶性组血清 PRDM16 水平低于良性组，推测 PRDM16 可能介导恶性 SPN 的发生过程，PRDM16 在肺癌的发生、发展中起着抑癌作用。LI 等^[15]研究表明，PRDM16 通过调控免疫细胞浸润影响肺腺癌进展；SUN 等^[16]研究发现，微小 RNA-4433a-3p 可能通过调控 PRDM16 等基因表达影响肺腺癌生长、转移。结合上述研究，推测 PRDM16 或通过介导免疫细胞浸润、癌细胞增殖等过程参与 SPN 的发生过程。本研究 ROC 曲线分析结果显示，血清 PRDM16 诊断恶性 SPN 的灵敏度为 65.17%，特异度为 81.10%，提示 PRDM16 对恶性 SPN 具有一定鉴别诊断价值。

GPER1 是一种膜受体，可介导多种信号通路的激活，从而调节细胞增殖等过程，其表达水平也受到雌激素、细胞因子的影响，人 GPER1 编码基因位于 7 号染色体上^[17-18]。刘巧等^[19]研究发现，激活 GPER 能够抑制上皮间质转化，从而起到抑制结肠癌细胞迁移的作用。本研究中，恶性 SPN 患者血清 GPER1

水平明显较良性组低，提示 GPER1 与恶性 SPN 的发生有关，GPER1 高水平抑制恶性 SPN 的发生。CHEN 等^[20]研究发现，GPER1 通过调控磷脂酰肌醇 3-激酶/蛋白激酶 B 信号转导的激活抑制肺癌细胞铁死亡。结合本研究结果及既往研究推测 GPER1 可能通过影响癌细胞增殖和铁死亡等过程参与恶性 SPN 的发生。本研究中，ROC 曲线分析结果显示，血清 GPER1 对 SPN 的性质具有一定鉴别价值，当血清 GPER1 ≤ 2.60 ng/mL 时，SPN 可能为恶性，并且动脉期 NIC、静脉期 NIC 联合血清 PRDM16、GPER1 指标诊断 SPN 良恶性的灵敏度达 89.89%，AUC 达 0.930，提示联合诊断效能更佳。此外，*Kappa* 检验结果显示，4 项指标联合诊断 SPN 良恶性的结果与病理结果具有较高的一致性。

综上所述，恶性 SPN 患者动脉期和静脉期 NIC 较高，血清 PRDM16、GPER1 水平较低，基于 CT 能谱成像获得的动脉期 NIC、静脉期 NIC 联合血清 PRDM16、GPER1 对 SPN 良恶性具有较高鉴别价值。本研究结果对于 SPN 的无创准确诊断具有一定参考价值，有助于提高无创诊断的准确性。

参考文献

- [1] LIN C Y, GUO S M, LIEN J J, et al. Combined model integrating deep learning, radiomics, and clinical data to classify lung nodules at chest CT[J]. *Radiol Med*, 2024, 129(1):56-69.
- [2] HINO H, SHINOHARA S, OKANO Y, et al. Solitary ground-glass nodule mimicking lung cancer due to focal progression of usual interstitial pneumonia[J]. *Int J Surg Pathol*, 2023, 31(5):656-661.
- [3] WANG X, CUI Y, WANG Y, et al. Assessment of lung nodule detection and lung CT screening reporting and data system classification using zero echo time pulmonary MRI[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2025, 61(2):822-829.
- [4] LACOMBE H, LABOUR J, DE OLIVEIRA F, et al. Ultra-high resolution spectral photon-counting CT outperforms dual layer CT for lung imaging: results of a phantom study[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2025, 106(2):60-67.
- [5] 李飞, 王超, 孙涛, 等. Revolution CT 能谱成像技术联合肺癌血清 4 项对肺癌患者的诊断及疗效评估价值分析[J]. *临床和实验医学杂志*, 2023, 22(5):528-533.
- [6] 杨锦燮, 张隽, 谌倩芸, 等. PR 结构域在 PRDM16 抑制结肠癌迁移中的作用研究[J]. *中南药学*, 2024, 22(11):2837-2845.
- [7] 刘畅. GPER1 在非小细胞肺癌中的表达及对患者生存预后的影响[D]. 昆明:昆明医科大学, 2022.
- [8] LUO G, ZHANG Y, RUMGAY H, et al. Estimated worldwide variation and trends in incidence of lung cancer by histological subtype in 2022 and over time: a population-

- based study[J]. *Lancet Respir Med*, 2025, 13(4): 348-363.
- [9] JOKERST C, ADLER C, GOTWAY M, et al. Dual energy technique adds value to solitary pulmonary nodule analysis with dynamic contrast-enhanced CT: a 100 nodule experience[J]. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2023, 52(1): 25-30.
- [10] JUNGBLUT L, EULER A, LANDSMANN A, et al. Pulmonary nodule visualization and evaluation of AI-based detection at various ultra-low-dose levels using photon-counting detector CT[J]. *Acta Radiol*, 2024, 65(10): 1238-1245.
- [11] 陈晓雪, 李可峰, 韩海森, 等. CT 能谱成像参数联合血清细胞角蛋白 19 片段抗原 21-1 水平对孤立性肺结节性质的鉴别诊断价值[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2024, 32(9): 95-98.
- [12] YAN C, WANG P, ZHAO C, et al. Long noncoding RNA MAGI2-AS3 represses cell progression in clear cell renal cell carcinoma by modulating the miR-629-5p/PRDM16 axis[J]. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr*, 2023, 33(7): 43-56.
- [13] FAN M, LI M, ZHOU J, et al. Clinical value of serum PRDM16 in early diagnosis and prognosis assessment of lung adenocarcinoma[J]. *Mol Biol Rep*, 2025, 52(1): 225.
- [14] 郭宏鹏, 李尤, 刘奇, 等. NKX2-1-AS1 介导 miR-96-5p/PRDM16 轴对未分化甲状腺癌细胞增殖、迁移和侵袭的影响[J]. *中国医科大学学报*, 2024, 53(6): 547-554.
- [15] LI M, REN H, ZHANG Y, et al. MECOM/PRDM3 and PRDM16 serve as prognostic-related biomarkers and are correlated with immune cell infiltration in lung adenocarcinoma[J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 772686.
- [16] SUN Z, SUN J, HU H, et al. A novel microRNA miR-4433a-3p as a potential diagnostic biomarker for lung adenocarcinoma[J]. *Heliyon*, 2024, 10(9): e30646.
- [17] FAN Y C, WU W, LENG X F, et al. Utility of G protein-coupled oestrogen receptor 1 as a biomarker for pan-cancer diagnosis, prognosis and immune infiltration: a comprehensive bioinformatics analysis [J]. *Aging*, 2023, 15(21): 12021-12067.
- [18] HAMBACH L, GALLWAS J, GRÜNDKER C. Expression of "hallmarks of cancer" genes in cervical carcinoma is differentially affected by GPER1 overexpression depending on histologic entity[J]. *Cancer Genomics Proteomics*, 2025, 22(3): 415-433.
- [19] 刘巧, 刘小东, 张兵钱, 等. 特异性激活 G 蛋白偶联雌激素受体通过活性氧途径调控结直肠癌细胞迁移[J]. *中国肿瘤生物治疗杂志*, 2023, 30(10): 868-873.
- [20] CHEN J, ZHAO R, WANG Y, et al. G protein-coupled estrogen receptor activates PI3K/AKT/mTOR signaling to suppress ferroptosis via SREBP1/SCD1-mediated lipogenesis[J]. *Mol Med*, 2024, 30(1): 28.
- (收稿日期: 2025-07-18 修回日期: 2025-11-11)
-
- (上接第 592 页)
- [20] FERNÁNDEZ-HERNANDO C, SUÁREZ Y. ANGPTL4: a multifunctional protein involved in metabolism and vascular homeostasis[J]. *Curr Opin Hematol*, 2020, 27(3): 206-213.
- [21] XU Z, JIANG G. ANGPTL4: a protein involved in glucose metabolism, lipid metabolism, and tumor development[J]. *J Gene Med*, 2024, 26(11): e3740.
- [22] ZUO Y, HE Z, CHEN Y, et al. Dual role of ANGPTL4 in inflammation[J]. *Inflamm Res*, 2023, 72(6): 1303-1313.
- [23] KATANASAKA Y, SAITO A, SUNAGAWA Y, et al. ANGPTL4 expression is increased in epicardial adipose tissue of patients with coronary artery disease[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(9): 2449.
- [24] LIU Y Z, ZHANG C, JIANG J F, et al. Angiotensin-like proteins in atherosclerosis[J]. *Clin Chim Acta*, 2021, 521: 19-24.
- [25] QIU Z, YANG J, DENG G, et al. Angiotensin-like 4 promotes angiogenesis and neurogenesis in a mouse model of acute ischemic stroke[J]. *Brain Res Bull*, 2021, 168: 156-164.
- [26] YI H, YE R, WANG J, et al. Diagnostic value of serum ficolin-3 and gal-3 in sepsis complicated with acute kidney injury[J]. *Int J Gen Med*, 2024, 17: 5299-5307.
- [27] FUKAMI Y, KOIKE H, IJIMA M, et al. Role of complement components in vasculitic neuropathy associated with systemic lupus erythematosus and rheumatoid arthritis[J]. *Muscle Nerve*, 2022, 66(2): 175-182.
- [28] LIDANI K C F, ANDRADE F A, BELTRAME M H, et al. Ficolin-3 in chronic Chagas disease: low serum levels associated with the risk of cardiac insufficiency[J]. *Parasite Immunol*, 2021, 43(6): e12829.
- [29] CHEN C C, YU T H, WU C C, et al. Loss of ficolin-3 expression is associated with poor prognosis in patients with hepatocellular carcinoma[J]. *Int J Med Sci*, 2023, 20(8): 1091-1096.
- [30] 郑文华, 王学仕, 王明达, 等. Ficolin-3 水平对老年急性脑梗死患者颈动脉粥样硬化斑块形成的预测价值[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(18): 4368-4372.
- [31] MOLNAR T, CSUKA D, PUSCH G, et al. Associations between serum L-arginine and ficolins in the early phase of acute ischemic stroke-A pilot study[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29(8): 104951.
- (收稿日期: 2025-07-14 修回日期: 2025-12-10)