

经颅多普勒超声联合血清 Adropin、SFRP5 对急性脑梗死预后的预测价值

林 佳¹, 梅育嘉¹, 韦桂香²

(1. 广西医科大学第二附属医院神经内科, 广西 南宁 530007; 2. 广西南宁市第一人民医院超声科, 广西 南宁 530022)

摘要:目的 探究经颅多普勒超声(TCD)联合血清 Adropin、分泌型卷曲相关蛋白 5(SFRP5)预测急性脑梗死(ACI)患者预后的价值。方法 选取 2020 年 1 月至 2022 年 7 月本院收治的 104 例 ACI 患者为 ACI 组,另选取 104 例健康体检者为对照组。比较 ACI 组、对照组 TCD 参数平均血流速度(MV)、Adropin、收缩期峰值流速(PSV)、SFRP5、搏动指数(PI)水平;比较不同预后 ACI 患者一般资料及 TCD 参数 MV、PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 水平;Logistic 回归分析 ACI 患者预后的影响因素;受试者工作特征(ROC)曲线分析 TCD 参数 MV、PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 预测 ACI 患者预后的价值。结果 ACI 组患者 MV、PSV 及血清 Adropin、SFRP5 水平低于对照组($P < 0.05$),PI 高于对照组($P < 0.05$);预后不良组 ACI 患者 MV、PSV 及血清 Adropin、SFRP5 水平低于预后良好组($P < 0.05$),PI 高于预后良好组($P < 0.05$);低水平 PSV、Adropin、SFRP5、高水平 PI 均是 ACI 患者预后的危险因素($P < 0.05$);PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 预测 ACI 患者预后的曲线下面积(AUC)分别为 0.697、0.828、0.855、0.865,且 PI、血清 Adropin、SFRP5 联合预测 ACI 患者预后的 AUC 为 0.978,其灵敏度为 97.6%,特异性为 85.5%。结论 TCD 参数 PI 与血清 Adropin、SFRP5 联合评估 ACI 患者预后的价值较高,其可能是临床评估 ACI 患者预后的潜在方法。

关键词: Adropin; 经颅多普勒超声; 急性脑梗死; 分泌型卷曲相关蛋白 5; 预后

中图分类号:R743.33 文献标识码:A

The Prognostic Value of Transcranial Doppler Ultrasound Combined with Serum Adropin and SFRP5 in Patients with Acute Cerebral Infarction

LIN Jia¹, MEI Yujia¹, WEI Guixiang²

(1. Department of Neurology, Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530007, China;

2. Department of Ultrasound, First People's Hospital of Nanning, Nanning 530022, China)

Abstract: **Objective** To explore the prognostic value of transcranial Doppler ultrasound (TCD) combined with serum Adropin and secreted frizzled-related protein 5 (SFRP5) in patients with acute cerebral infarction (ACI). **Methods** A total of 104 ACI patients admitted to our hospital from January, 2020 to July, 2022 were selected as ACI group, while 104 healthy people were selected as the control group. The mean blood flow velocity (MV), Adropin, peak systolic velocity (PSV), SFRP5 and pulsatility index (PI) of TCD parameters in ACI group and the control group were compared; The general data and TCD parameters MV, PSV, PI, serum Adropin, SFRP5 in patients with ACI with different prognosis were compared; Logistic regression analysis was used to analyze the prognostic factors of ACI patients, and the prognostic value of TCD parameters MV, PSV, PI, serum Adropin and SFRP5 in patients with ACI was evaluated by ROC curve. **Results** MV, PSV, and levels of Adropin and SFRP5 in ACI group were lower than those in the control group ($P < 0.05$), while PI was higher than that in the control group ($P < 0.05$); MV, PSV, levels of serum Adropin and SFRP5 in the poor prognosis group were lower than those in the good prognosis group ($P <$

DOI:10.11748/hjmy.issn.1006-1703.2023.06.020

收稿日期:2023-05-05;修回日期:2023-05-31

基金项目:2020 年度广西医科大学第二附属医院院级重点科研项目(编号:EFYKY2020006)

作者简介:林佳(1986—),女,本科,研究方向:经颅多普勒超声、血管超声。Tel:18376881078;E-mail:rufazo@163.com

0.05), while PI was higher than that in the good prognosis group ($P < 0.05$); Low level PSV, Adropin, SFRP5 and high level PI were all risk factors for prognosis of ACI patients ($P < 0.05$); The area under the curve (AUC) predicted by PSV, PI, serum Adropin and SFRP5 for the prognosis of patients with ACI were 0.697, 0.828, 0.855 and 0.865, respectively. AUC of PI, serum Adropin and SFRP5 for predicting the prognosis of patients with ACI was 0.978, with sensitivity of 97.6% and specificity of 85.5%. **Conclusion** The combination of TCD parameter PI, serum Adropin and SFRP5 is of high value in evaluating the prognosis of patients with ACI, which could serve as a potential new method for clinical evaluation of the prognosis of patients with ACI.

Key words: Adropin; Transcranial Doppler ultrasound; Acute cerebral infarction; Secreted frizzled-related protein 5; Prognosis

急性脑梗死 (acute cerebral infarction, ACI) 是一种脑部缺血缺氧的急症, 其发病率高, 预后差^[1-2]。经颅多普勒超声 (transcranial Doppler ultrasound, TCD) 可测定脑部血流、方向, 其可能是评估 ACI 患者预后的一种可靠方法^[3-4]。研究^[5-6]发现, ACI 病理变化与氧化应激、自噬、炎症反应、血管内皮功能紊乱等有关。Adropin 是一种能量调节因子, 可影响血管内皮功能, 其在 ACI 中水平较低, 经远端血管通路导管治疗后, Adropin 水平升高, 其可能参与 ACI 病变进程^[7]。另外, 分泌型卷曲相关蛋白 5 (secreted frizzled-related protein 5, SFRP5) 在 ACI 中呈低水平, 其可能影响颈动脉粥样硬化斑块形成, 检测血清 SFRP5 水平可能有助于判定颈动脉粥样硬化斑块性质^[8]。但 TCD 联合血清 Adropin、SFRP5 是否可高效评估 ACI 患者预后尚不确定。因此, 本文通过测定 ACI 患者血清 Adropin、SFRP5 水平, 确定 TCD 相关的平均血流速度 (MV)、收缩期峰值流速 (PSV)、搏动指数 (PI) 等参数, 旨在分析 TCD 参数与血清 Adropin、SFRP5 联合评估 ACI 患者预后的价值。

材料和方法

1 临床资料

选取 2020 年 1 月至 2022 年 7 月本院诊治的 ACI 患者 104 例为 ACI 组, 男 58 例, 女 46 例; 年龄 40~65 岁, 平均年龄 55.4 ± 8.4 岁。并纳入同期健康体检者 104 例为对照组, 男 55 例, 女 49 例; 年龄 40~65 岁, 平均年龄 54.0 ± 8.2 岁。对照组、ACI 组性别比、年龄比, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

ACI 纳入标准: ① 104 例 ACI 患者符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》中 ACI 判定标准^[9], 经头部 CT/MRI 确诊; ② 受试者/家属对本研究知情同意; ③ 患者检查资料均完整, 且均为首次发病。排除标准: ① 患有心源性脑梗死者; ② 合并肿瘤、肝、肾、肺等脏器功能不全者; ③ 有重度脑部外伤史者; ④ 合并

造血系统疾病、自身免疫性疾病、心肌梗死或其他心脏疾病者; ⑤ 哺乳期/妊娠期女性; ⑥ 存在认知障碍或患精神疾病者。对照组纳入标准: ① 体检未发现明显疾病; ② 临床资料完整; ③ 受试者/家属对本研究知情同意。排除标准同 ACI 组。本研究经本院伦理委员会批准。

2 方法

2.1 临床收集 收集所有 ACI 患者年龄、男/女比、合并高脂血症、高血压、糖尿病、饮酒史、吸烟史等资料。

2.2 样本收集 收集所有 ACI 患者、健康体检者在行 TCD 检查前的空腹外周血 4~5 mL, 静置约 0.5 h, 4 600 r/min 离心 8 min, 分离血清, 存于 -80°C 冰箱备用。

2.3 TCD 检查 利用经颅多普勒超声血流分析仪 (Doppler-Box, Nicolet SONARA/tek 公司) 对所有受试者进行 TCD 检查, 频率为 2.0 MHz, 从双侧颞窗探查大脑中、前、后动脉之后, 从枕窗探查受试者双侧椎动脉/基底动脉, 记录所有受试者 MV、PSV、PI。

2.4 酶联免疫吸附法 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 检测血清 Adropin、SFRP5 水平 利用人 Adropin ELISA 试剂盒 (ZC-31721, 上海茁彩生物科技有限公司)、人 SFRP5 ELISA 试剂盒 (E-EL-H5544c, 武汉伊莱瑞特生物科技股份有限公司) 配制一系列浓度的 Adropin、SFRP5 标准品溶液, 于 450 nm 波长处, 利用酶标仪 (xMark, 伯乐公司) 测定 Adropin、SFRP5 标准品溶液、血清的吸光度, 绘制 Adropin、SFRP5 的标准回归曲线, 根据 Adropin、SFRP5 标准回归曲线, 计算血清 Adropin、SFRP5 水平。

3 预后

对 ACI 患者随访 3 个月, 利用改良 Rankin 量表 (modified rankin scale, mRS)^[3,10] 对其预后进行判

断,根据随访结果将所有 ACI 患者分为预后良好组($n=62$,mRS 评分为 ≥ 3 分)和预后不良组($n=42$,mRS 评分为 <3 分)。

4 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件分析数据。计量数据均符合正态分布,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,行独立样本 t 检验;“例”表示计数数据,行 χ^2 检验;Logistic 回归分析 ACI 患者预后的影响因素;受试者工作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线评估 TCD 参数 MV、

PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 预测 ACI 患者预后的价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1 ACI 组、对照组 TCD 参数 MV、PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 水平比较

ACI 组患者 MV、PSV 及血清 Adropin、SFRP5 水平低于对照组($P < 0.05$),PI 高于对照组($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 ACI 组、对照组 TCD 参数 MV、PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	MV(cm/s)	PSV(cm/s)	PI	Adropin($\mu\text{g/mL}$)	SFRP5(ng/mL)
对照组	104	62.9 \pm 12.6	75.4 \pm 18.8	0.75 \pm 0.19	5.77 \pm 1.92	35.27 \pm 8.57
ACI 组	104	46.5 \pm 9.3	50.7 \pm 12.7	1.12 \pm 0.28	2.59 \pm 0.86	26.34 \pm 6.44
t 值	—	10.707	11.102	11.151	15.415	8.495
P 值	—	<0.001	<0.001	<0.001	0.263	<0.001

2 不同预后 ACI 患者一般资料及 TCD 参数 MV、PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 水平比较与预后良好组相比,预后不良组 ACI 患者 MV、PSV 及血清 Adropin、SFRP5 水平降低($P < 0.05$),

PI 升高($P < 0.05$),而年龄、男/女比、合并高脂血症、高血压、糖尿病、饮酒史、吸烟史差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 不同预后 ACI 患者一般资料及 TCD 参数 MV、PSV、PI、血清 Adropin、SFRP5 水平比较($n/n, \bar{x} \pm s$)

临床指标	预后良好组($n=62$)	预后不良组($n=42$)	t 值/ χ^2 值	P 值
年龄(岁)	54.9 \pm 8.2	56.2 \pm 8.5	0.779	0.438
男/女(例)	33/29	25/17	0.403	0.526
合并高脂血症	6/56	7/35	1.118	0.290
合并高血压	7/55	6/36	0.205	0.650
合并糖尿病	4/58	5/37	0.942	0.332
有饮酒史	30/32	23/19	0.407	0.523
有吸烟史	25/37	21/21	0.951	0.330
MV(cm/s)	52.8 \pm 10.6	37.1 \pm 7.4	8.887	<0.001
PSV(cm/s)	58.3 \pm 14.6	39.3 \pm 9.9	7.944	<0.001
PI	0.93 \pm 0.23	1.40 \pm 0.35	7.649	<0.001
Adropin($\mu\text{g/mL}$)	3.16 \pm 1.05	1.75 \pm 0.58	8.790	<0.001
SFRP5(ng/mL)	30.86 \pm 7.72	19.67 \pm 4.92	9.032	<0.001

3 Logistic 回归分析 ACI 患者预后的影响因素以 MV、PSV、PI、Adropin、SFRP5 为自变量,以 ACI 患者预后为因变量(预后良好=0,预后不良=1),

行多因素 Logistic 回归分析,结果显示,低水平 PSV、Adropin、SFRP5、高水平 PI 均为 ACI 患者预后危险因素($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 影响 ACI 患者预后的 Logistic 回归分析

指标	β 值	SE 值	Wald	P 值	OR 值	95% CI
MV	0.199	0.182	1.194	0.275	1.220	0.854~1.743
PSV	-0.439	0.102	18.482	<0.001	0.645	0.528~0.788
PI	0.983	0.248	15.717	<0.001	2.673	1.644~4.346
Adropin	-0.370	0.104	12.631	<0.001	0.691	0.564~0.847
SFRP5	-0.531	0.101	27.643	<0.001	0.588	0.482~0.717

4 TCD参数及血清Adropin、SFRP5对ACI患者预后的预测价值

ROC曲线显示,PSV、PI、血清Adropin、SFRP5预测ACI患者预后的曲线下面积(area under curve, AUC)分别为0.697、0.828、0.855、0.865,PI、血清

Adropin、SFRP5联合预测ACI患者预后的AUC为0.978,高于单独预测价值($Z=3.238, 3.816, 2.927, P=0.001, 0.001, 0.003$),且三者联合预测的灵敏度为97.6%,特异性为85.5%。见表4、图1。

表4 各项指标对ACI患者预后的预测效能

指标	AUC	95% CI	截断值	灵敏度(%)	特异性(%)	约登指数
PSV	0.697	0.598~0.796	47.36cm/s	73.8	56.5	0.303
PI	0.828	0.741~0.915	1.22	73.8	87.1	0.609
Adropin	0.855	0.782~0.929	2.31 μ g/mL	76.2	85.5	0.617
SFRP5	0.865	0.793~0.938	24.58ng/mL	71.4	88.7	0.601
PI、Adropin、SFRP5联合	0.978	0.957~0.998	—	97.6	85.5	0.831

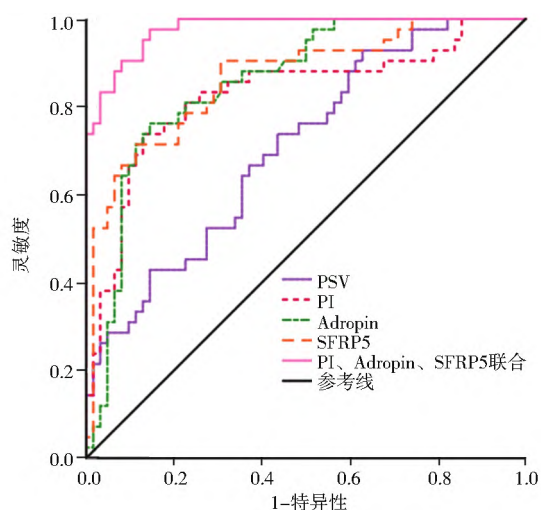


图1 TCD参数PSV、PI、血清Adropin、SFRP5预测ACI患者预后的ROC曲线

讨论

ACI是一种致残率较高的脑血管疾病,其可损害神经功能,对患者生存状况构成不利影响^[11-12]。目前,临床表现与影像学指标结合是判断ACI患者病情、评估患者预后的重要方法,但该方法有一定滞后性^[3]。因此,寻找更为有效、及时预测ACI患者预后的方法,对制定干预方案,降低ACI患者死亡率有积极意义。

TCD是一种无创检测技术,其检查费用较低、无辐射,可观察到脑部病变部位的血流变化,反映脑血管狭窄程度,用于评估ACI患者预后^[3,13]。有关报道^[14]显示,TCD可辅助诊断缺血性脑血管疾病。另外,泮露萍等^[15]研究发现,TCD可评估ACI患者颅内血流动力学,其具有评估ACI患者动脉内机械取栓血管再通后的神经功能预后。本研究中ACI患者MV、PSV水平降低,PI升高,与游文静等^[3]研究

结果相符,提示ACI患者存在血流异常,行TCD检查有利于判断机体是否发生ACI。本文中预后不良的ACI患者MV、PSV水平低于预后良好的ACI患者,PI高于预后良好的ACI患者,提示TCD参数MV、PSV、PI与ACI患者预后关系密切。Logistic回归分析发现,低水平PSV、高水平PI的ACI患者发生不良预后的风险更高,及时监控TCD参数PSV、PI可能有利于临床及早评估ACI患者预后。ROC曲线分析显示,PSV、PI预测ACI患者预后的AUC分别为0.697、0.828,表明PI可能对ACI患者预后一定预测价值,提示TCD参数PI>1.22的ACI患者发生不良预后的几率较大,临床应对该类ACI患者给予高度重视,及时调整治疗方案,以期改善ACI患者预后。

Adropin是一种分泌蛋白,其可维持胰岛素敏感性,调节能量代谢,保护血管内皮功能,参与动脉粥样硬化过程,与心力衰竭、冠心病、ACI等疾病过程相关^[16-17]。研究^[18]发现,冠心病患者血清Adropin水平与白介素-6等促炎因子呈负相关,且其水平随冠心病加重而呈降低趋势,Adropin可作为判断冠心病患者病情的血清指标。另外,ALTINTAS等^[19]研究发现,Adropin水平降低与ACI患者不良结局显著有关,低水平Adropin是ACI的危险因素。本研究显示,ACI患者血清Adropin水平较低,与卢旭等^[7]研究结果类似,提示低水平Adropin可能与ACI病理发展相关,推测低水平Adropin对血管内皮功能的保护作用减弱,影响ACI发病过程。本文中预后不良的ACI患者血清Adropin水平低于预后良好的ACI患者,且低水平Adropin是ACI患者预后的危险因素,血清Adropin预测ACI患者预后的AUC为0.855,提示Adropin与ACI患者预后关系紧密,且Adropin或可

成为预测 ACI 患者预后的血清指标。

SFRP5 是一种脂肪抗炎因子,其可通过抑制抑制脂肪/巨噬细胞释放炎症介质,进而炎症反应,参与心力衰竭、脂质代谢、动脉粥样硬化,与心脑血管疾病有关^[20-21]。近期研究^[22]显示,SFRP5 在冠心病中呈低水平,与血脂显著相关,SFRP5 是评估冠心病严重程度的潜在指标。另外,苏丹等^[23]报道显示,SFRP5 在急性心肌梗死中水平降低,其是急性心肌梗死患者预后的保护因素,SFRP5 具有预测急性心肌梗死患者预后的潜在价值。本文中 ACI 患者血清 SFRP5 水平较低,与耿翠等^[8]研究结果相符,提示 SFRP5 可能参与 ACI 病变过程,推测 SFRP5 可能通过抑制炎症介质释放,影响动脉粥样硬化进程,从而在 ACI 中发挥抑制作用。另外,本研究中预后不良的 ACI 患者血清 SFRP5 水平低于预后良好的 ACI 患者,Logistic 回归分析发现,低水平 SFRP5 的 ACI 患者预后不良的风险更高,且血清 SFRP5 预测 ACI 患者预后的 AUC 为 0.865,提示 SFRP5 与 ACI 患者预后密切相关,检测血清 SFRP5 水平有利于临床评估 ACI 患者预后。

进一步研究发现,PI、血清 Adropin、SFRP5 联合预测 ACI 患者预后的 AUC 为 0.978,高于单独预测价值,且其灵敏度为 97.6%,特异性为 85.5%,提示 TCD 参数 PI、血清 Adropin、SFRP5 联合可更有利于临床判定 ACI 患者预后情况。此外,本研究发现,血清 Adropin、SFRP5 降低者 ACI 患者发生不良预后风险更高,及时监控血清 Adropin、SFRP5 水平可能对临床及早治疗 ACI 有益。

综上,预后不良的 ACI 患者 TCD 参数 MV、PSV、血清 Adropin、SFRP5 水平较低,PI 较高,且 TCD 参数 PI 与血清 Adropin、SFRP5 联合评估 ACI 患者预后的价值较高,可能有益于临床评估 ACI 患者预后。但样本较少,可能造成结果偏倚,后期将扩大样本进行多中心研究。

参考文献

[1] FU Y, ZHENG S, KONG H, et al. Clinical value of combined detection of UA and MMP-9 in evaluating bleeding transformation and prognosis after thrombolysis in acute cerebral infarction[J]. ApplBiochem Biotechnol, 2022, 194(11):5236-5254.

[2] QIN W, WANG S, YANG L, et al. Correlation between bispectral index and prognosis of patients with acute cerebral infarction[J]. Curr Neurovasc Res, 2021, 18(4):389-394.

[3] 游文静,李菁,董燕清,等. LP-PLA2 与经颅多普勒超声对急性

缺血性脑卒中预后的预测价值[J]. 中国医药导报, 2022, 19(2):71-74.

- [4] GUO Y, HU H, XU G, et al. Cerebral hemodynamic changes assessment by transcranial doppler ultrasound in patients with acute cerebral infarction before and after treatment with butylphthalide[J]. Pak J Pharm Sci, 2022, 35(2(Special)): 613-618.
- [5] PU Y, LI S, WANG L, et al. Association between high-sensitivity C-reactive protein and prognosis of patients with acute cerebral infarction[J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2022, 18(8):1771-1778.
- [6] YAN P, CAO J, ZHOU Y, et al. Serum levels of sLOX-1 and Lp-PLA2 can predict the prognosis of acute cerebral infarction with a high specificity [J]. Physiol Rep, 2022, 10(1): 5160-5168.
- [7] 卢旭,朱任媛,杜娟,等. 远端血管通路导管治疗急性脑梗死对血清 Adropin 蛋白,载脂蛋白 A1 的影响[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(6):1088-1092.
- [8] 耿翠,王辰,马铭,等. 急性脑梗死患者血清 Sfrp5, Wnt5a 的表达与颈动脉粥样硬化斑块稳定性的关系[J]. 广东化工, 2020, 7(3):33-35.
- [9] 彭斌,吴波. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9):666-682.
- [10] 陈圣君,李波,陈国柱,等. 血清视锥蛋白样蛋白 1 和 CXC 型趋化因子配体 16 及抗心磷脂抗体水平与急性脑梗死患者病情及预后的关系研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(27):3464-3468.
- [11] LI Z, XIN Z. Expression and significance of S-100 β , CysC and NF- κ B in patients with acute cerebral infarction[J]. Exp Ther Med, 2021, 21(2):149-156.
- [12] YANG J, GAO Y. Clinical relevance of serum omentin-1 levels as a biomarker of prognosis in patients with acute cerebral infarction[J]. Brain Behav, 2020, 10(7):1678-1685.
- [13] SHAHRIPOUR R B, AZARPAZHOOH M R, AKHUANZADA H, et al. Transcranial doppler to evaluate postreperfusion therapy following acute ischemic stroke: A literature review [J]. J Neuroimaging, 2021, 31(5):849-857.
- [14] 李婵娟,张玮,周英. 颈动脉超声联合经颅多普勒超声对缺血性脑血管疾病的诊断价值分析[J]. 浙江医学, 2021, 43(22): 2434-2436.
- [15] 泮露萍,金蛟蕾,黄睿,等. 经颅多普勒在急性脑梗死患者动脉内机械取栓后神经功能预后评估中的应用[J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32(7):835-839.
- [16] ALI I I, D' SOUZA C, SINGH J, et al. Adropin's role in energy homeostasis and metabolic disorders[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(15):8318.
- [17] MUSHALA B A S, SCOTT I. Adropin: a hepatokine modulator of vascular function and cardiac fuel metabolism[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2021, 320(1):238-244.
- [18] 吕英俊,余平,陈奕,等. 冠状动脉粥样硬化性心脏病患者血清 adropin 蛋白与炎症指标水平变化及相关性分析[J]. 重庆医学, 2019, 48(23):4116-4118.

(下转第 1056 页)

控方案的灵敏度。

本研究建立的 5-SA 方案通过对成本函数的创新性优化,为临床实验室获取 PBRTQC 方案中最关键的 5 个参数(n 、TLH、TLL、CLH 和 CLL)的最优组合,提供了一种科学、可靠、便捷的途径。退火算法并非单独考虑 PBRTQC 的某一个参数设置的情况,而是采用将关键参数作为整体进行优化的方式,不仅能够最大化规避人为倾向性判断引起的方法学偏差,还可以为选择 PBRTQC 参数提供更为合理的理论依据,是我们目前了解到最合理的参数优化方式。研究结果显示(表 1),除 CL 检测项目的 5-SA 方案中,CLL 和 CLH 之间范围较窄,易造成错误拒绝率(P_{fr})升高。总的来说,6 个检测项目采用 5-SA 方案的 ANPed 结果较小,且具备 n 结果较小,CL 和 TL 范围较宽的特点,符合临床质控的使用预期。从研究结果可以发现 5-SA 的方法性能优势,但实际研究操作中我们发现,运行 5-SA 程序很不稳定,需要进行多次结果输出才能得到相对可靠的结果,操作较为复杂。也许由于没有固定 CL 参数,造成参数匹配不稳定因素增加。这就造成在进行质控参数优化结果选择时,对操作人员素质要求较高,既要了解算法原理,又需要熟悉临床检测项目情况来进行判断,排除不可接受的结果,寻找理想的参数结果组合。此外,本研究仅为方法学理论研究,纳入临床检测项目较少,今后可以在后续研究中扩大检测项目进一步探讨方案的适用性,探讨稳健的参数优化程序。

总之,模拟退火算法以其方法优势为 PBRTQC 提供了更为科学、有效的参数优化方式,适于临床实验室应用。

参考文献

- [1] HOFFMANN R G, WAID M E. The "average of normals" method of quality control [J]. *Am J Clin Pathol*, 1965, 43: 134-141.
- [2] NG D, POLITO F A, CERVINSKI M A. Optimization of a moving averages program using a simulated annealing algorithm; the goal is to monitor the process not the patients [J]. *Clin Chem*, 2016, 62(10): 1361-7131.
- [3] CEMBROWSKI G S, CHANDLER E P, WESTGARD J O. Assessment of "average of normals" quality control procedures and guidelines for implementation [J]. *Am J Clin Pathol*, 1984, 81(4): 492-499.
- [4] 凌云,程华丽,王尉. 基于偏态数据的两种实验室实时质控方案比较[J]. *标记免疫分析与临床*, 2022, 29(6): 1032-1036.
- [5] 程华丽,王丹,蔡珍,等. 两种 PBRTQC 方案检出 PSA 项目小偏差能力的比较[J]. *标记免疫分析与临床*, 2022, 29(10): 1752-1756, 1762.
- [6] FLEMING J K, KATAYEV A J C B. Changing the paradigm of laboratory quality control through implementation of real-time test results monitoring: For patients by patients [J]. *Clin Biochem*, 2015, 48(7-8): 508-513.
- [7] BIETENBECK ANDREAS, CERVINSKI MARK A, KATAYEV ALEX, et al. Understanding patient-based real-time quality control using simulation modeling [J]. *Clin Chem*, 2020, 66(8): 1072-1083.
- [8] BURNETT R W, COVINGTON A K, FOGH-ANDERSEN N, et al. IFCC reference measurement procedure for substance concentration determination of total carbon dioxide in blood, plasma or serum [J]. *Clin Chem Lab Med* 2001, 39(3): 283-289.
- [9] Anonymous. Generalscandinavian recommendations on quality control and quality assurance in clinical chemistry [J]. *Scand J Clin Lab Invest*, 1990, 50(2): 225.
- [10] Quality control and proficiency testing standards for laboratories in Medicare hospitals [J]. *Fed Regist*, 1978, 43(39): 7984-7985.
- [11] CDC. Compliance with the Clinical Laboratory Improvement Amendments of 1988 for hemoglobin screening—California, 1995 [J]. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 1996, 45(20): 419-422.
- [19] OZGE ALTINTAS KADIRHAN, OKKES TAHA KUCUKDAGLI, BEDIA GULEN. The effectiveness of serum S100B, TRAIL, and adropin levels in predicting clinical outcome, final infarct core, and stroke subtypes of acute ischemic stroke patients [J]. *Biomedica*, 2022, 42(Sp.1): 55-63.
- [20] WANG D, ZHANG Y, SHEN C. Research update on the association between SFRP5, an anti-inflammatory adipokine, with obesity, type 2 diabetes mellitus and coronary heart disease [J]. *J Cell Mol Med*, 2020, 24(5): 2730-2735.
- [21] AN Y, WANG Q, WANG H, et al. Clinical significance of sFRP5, RBP-4 and NT-proBNP in patients with chronic heart failure [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(6): 6305-6311.
- [22] 张锦, 尚茹茹, 王兴兴, 等. 冠状动脉粥样硬化性心脏病患者血清 SFRP5, FGF21, IGF-1 水平与血脂和冠状动脉病变严重程度的相关性研究 [J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(2): 315-319.
- [23] 苏丹, 王博. 急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗近期预后的影响因素分析 [J]. *中华生物医学工程杂志*, 2021, 27(6): 661-666.

(上接第 1006 页)