

血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C 联合 N 末端 B 型脑钠肽前体诊断心力衰竭患者的临床价值

郑秀敏¹, 郭长城², 马晓琳³

(1. 鹤壁市中医院检验科, 河南鹤壁 458030;

2. 黄河水利委员会黄河中心医院检验科, 河南郑州 450003;

3. 山东大学附属儿童医院输血科, 山东济南 250022)

【摘要】目的 探讨在心力衰竭患者的诊断中应用血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C 联合 N 末端 B 型脑钠肽前体的临床价值。**方法** 选择鹤壁市中医院收治的心力衰竭患者 52 例为观察组, 健康体检者 50 例为对照组, 入选时间为 2022 年 12 月至 2024 年 7 月, 所有患者均检测血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C、N 末端 B 型脑钠肽前体水平, 诊断金标准为心脏彩超, 分析血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C 联合 N 末端 B 型脑钠肽前体检测对心力衰竭的诊断效能。**结果** 观察组 N 末端 B 型脑钠肽前体水平为 (0.38 ± 0.10) ng/mL, 胱抑素 C 水平为 (2.13 ± 0.34) mg/L, 血清肌钙蛋白 T 水平为 (2487.85 ± 64.31) ng/L, 均明显高于对照组的 (0.07 ± 0.02) ng/mL、 (0.84 ± 0.12) mg/L、 (46.83 ± 11.24) ng/L ($P < 0.05$)。血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C 联合 N 末端 B 型脑钠肽前体检测与心脏彩超结果一致性较高 (Kappa 值 = 0.823, $P < 0.001$)。血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C 联合 N 末端 B 型脑钠肽前体检测的灵敏度、特异度、准确度、阳性预测值、阴性预测值分别为 87.72%、95.56%、91.18%、96.15%、86.00%。**结论** 血清肌钙蛋白 T、胱抑素 C 联合 N 末端 B 型脑钠肽前体对心力衰竭患者的诊断效能较高, 对心力衰竭患者的早期识别和病情评估具有重要的临床应用价值。

【关键词】 脑钠肽; 胱抑素; 血清肌钙蛋白; 心力衰竭; 心脏彩超

【中图分类号】 R541.6

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242 (2025) 03-0342-06

Clinical Value of Cardiac Troponin T, Cystatin C Combined with NT-proBNP in the Diagnosis of Heart Failure Patients

ZHENG Xiumin¹, GUO Changcheng², MA Xiaolin³

(1. Department of Clinical Laboratory, Hebi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hebi, Henan 458030, China;

2. Department of Clinical Laboratory, Yellow River Central Hospital, Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou, Henan 450003, China;

3. Department of Blood Transfusion, Children's Hospital Affiliated to Shandong University, Jinan, Shandong 250022, China)

【Abstract】Objective To investigate the clinical value of cardiac troponin T (cTnT), cystatin C (CysC) combined with N-terminal pro-B type brain natriuretic peptide (NT-proBNP) in the diagnosis of heart failure.

收稿日期: 2025-03-28。

作者简介: 郑秀敏 (1988—), 汉族, 本科生, 河南安阳人, 主管技师, 研究方向为心力衰竭。邮箱: JYKZX@163.com。

通信作者: 马晓琳 (1990—), 汉族, 硕士研究生, 山东滨州人, 主管技师, 研究方向为临床血液学与临床输血。邮箱: 529134281@qq.com。

Methods 52 patients with heart failure admitted to Hebi Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine were selected as the observation group and 50 healthy subjects as the control group. The inclusion time was from December 2022 to July 2024. cTnT, CysC and NT-proBNP were detected in all patients. To analyze the diagnostic efficacy of cTnT and CysC combined with NT-proBNP in heart failure. **Results** The NT-proBNP (0.38 ± 0.10) ng/mL, CysC (2.13 ± 0.34) mg/L, and cTnT (2487.85 ± 64.31) ng/L in the observation group were significantly higher than those in the control group (0.07 ± 0.02) ng/mL, (0.84 ± 0.12) mg/L, and (46.83 ± 11.24) ng/L ($P < 0.05$). The results of cTnT and CysC combined with NT-proBNP were consistent with those of cardiac color ultrasound ($Kappa=0.823$, $P < 0.001$). The positive predictive value, negative predictive value, sensitivity, specificity and accuracy of cTnT and CysC combined with NT-proBNP were 96.15%, 86.00%, 87.72%, 95.56% and 91.18%, respectively. **Conclusion** cTnT, CysC combined with NT-proBNP have high diagnostic efficacy in patients with heart failure, and has important clinical application value for early recognition and disease evaluation of patients with heart failure.

【Key words】Brain Natriuretic Peptide; Cystatin; Cardiac Troponin; Heart Failure; Cardiac Color Ultrasound

0 引言

心力衰竭作为一种严重的心血管疾病,其发病率、病死率及致死率逐年升高,严重威胁患者生命安全^[1]。当前,临床上对心力衰竭的诊断主要依赖患者的症状、体征、超声心动图及血液生化指标等多方面的综合评估^[2]。然而,这些症状和体征往往缺乏特异性。因此,寻找更加敏感、特异的血清标志物,以辅助心力衰竭的诊断,一直是心血管领域的研究热点。在心肌损伤中,血清肌钙蛋白 T (Cardiac Troponin, cTnT) 是其敏感指标之一,该指标水平在心肌梗死和非缺血性心肌损伤中均可能升高^[3]。胱抑素 C (Cystatin C, CysC) 作为胱氨酸代谢的一种产物,经肾脏排出,不受饮食、情绪、性别、年龄的影响。有研究发现, CysC 与心血管疾病的危险度分层存在关联,可能是潜在的诊断心力衰竭和预后的指标^[4]。N 末端 B 型脑钠肽前体 (N-terminal pro-B type Natriuretic Peptide, NT-proBNP) 作为评估心脏功能的指标,在心力衰竭的诊断和监测过程中发挥着重要作用,其水平的升高往往提示心力衰竭的存在,同时可作为心力衰竭治疗过程中的剂量监测和疗效监测指标^[5]。国内外多项研究表明,单一使用这 3 个指标在心力衰竭诊断中虽然具有一定的价值,但诊断的敏感性和特异性并不理想。本研究旨在探讨三者联合检测对心力衰竭患者的临床价值,期望能够进一步提高心力衰竭的诊断准确性,为患者的及时治疗和预后评估提供

有力依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择鹤壁市中医院收治的心力衰竭患者 52 例为观察组,健康体检者 50 例为对照组,入选时间为 2022 年 12 月至 2024 年 7 月。观察组年龄 53 ~ 78 岁,平均年龄 (68.56 ± 7.98) 岁;男 31 例,女 21 例;身体质量指数 21 ~ 27 kg/m²,平均身体质量指数 (24.72 ± 2.20) kg/m²;基础疾病方面,高血压、心肌病、贫血、糖尿病患者人数分别为 35 例、12 例、8 例、21 例。对照组年龄 51 ~ 76 岁,平均年龄 (67.36 ± 7.51) 岁;男 27 例,女 23 例;身体质量指数 21 ~ 28 kg/m²,平均身体质量指数 (25.21 ± 2.35) kg/m²;基础疾病方面,高血压、心肌病、贫血、糖尿病患者人数分别为 33 例、14 例、7 例、20 例。两组基线资料比较无差异 ($P > 0.05$),具有可比性。

纳入标准:①观察组均符合心力衰竭诊断标准^[6],具体包括存在呼吸困难、乏力、水肿、夜间阵发性呼吸困难、运动耐量下降等症状,以及颈静脉扩张、肝颈静脉回流征阳性、病理性第三心音、心尖搏动移位、心界扩大等体征,并结合心电图检查、胸部 X 线片、超声心动图等辅助检查结果;②检查前未接受相关治疗;③均行心脏彩超检查及 cTnT、NT-proBNP、CysC 检验;④经患者及其家属知情同意。

排除标准：①对本研究检查不配合者；②患有凝血功能障碍者；③患有精神类疾病者；④有心脏疾病手术史者；⑤患有严重器质性疾病者。

本研究已通过医院伦理委员会的批准。

1.2 研究方法

两组均在清晨空腹状态下采集静脉血，将血液样本以 2000 ~ 3000r/min 的速度离心 10 ~ 20min，分离出血清。cTnT 和 NT-proBNP 水平采用循环增强荧光分析仪（Pylon 3D）测定；血清 CysC 水平通过胶乳免疫比浊法测定，使用胶乳免疫比浊法的试剂盒将处理好的血清样本转移至反应体系中，按照试剂盒说明书进行配置，根据校准曲线和试剂盒说明书计算样本中 CysC 的浓度。阳性诊断标准：cTnT $\geq 14\text{pg/mL}$ ；CysC 参考范围为 0 ~ 1.17mg/L；NT-proBNP $\geq 125\text{pg/mL}$ 。

1.3 观察指标和评价标准

比较两组 cTnT、CysC、NT-proBNP 水平；分析 cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测与心脏彩超结果的一致性以及对心力衰竭的诊断效能。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 22.0 统计软件分析数据，计数资料用 % 表示，采用 χ^2 检验；计量资料均符合正态分布，用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，采用独立样本 t 检验；一致性采用 Kappa 检验， $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组 cTnT、CysC、NT-proBNP 水平对比

与对照组相比，观察组 cTnT、CysC、NT-proBNP 水平明显更高 ($P < 0.05$)，具体数据如表 1 所示。

表 1 两组 cTnT、CysC、NT-proBNP 水平对比 ($\bar{x} \pm s$)
Tab.1 Comparison of cTnT, CysC, and NT-proBNP levels between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	cTnT/ (ng/mL)	CysC/ (mg/L)	NT-proBNP/ (ng/L)
观察组 (n=52)	0.38 \pm 0.10	2.13 \pm 0.34	2487.85 \pm 64.31
对照组 (n=50)	0.07 \pm 0.02	0.84 \pm 0.12	46.83 \pm 11.24
t 值	21.903	25.743	269.466
P 值	0.000	0.000	0.000

2.2 cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测与心脏彩超结果的一致性

cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测与心脏彩超结果的一致性较高 (Kappa 值 = 0.823, $P < 0.001$)，具体数据如表 2 所示。

表 2 cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测与心脏彩超结果的一致性
Tab.2 Consistency between cTnT, CysC combined with NT-proBNP detection and cardiac color ultrasound results

检查方法		心脏彩超结果		合计 / 例
		阳性 / 例	阴性 / 例	
cTnT、CysC联合NT-proBNP检测结果	阳性	50	7	57
	阴性	2	43	45
合计		52	50	102

2.3 cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测对心力衰竭的诊断效能

cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测的灵敏度、特异度、准确度、阳性预测值、阴性预测值分别为 87.72%、95.56%、91.18%、96.15%、86.00%，具体数据如表 3 所示。

表 3 cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测对心力衰竭的诊断效能
Tab.3 The diagnostic efficacy of cTnT and CysC combined with NT-proBNP detection for heart failure

检查方法	灵敏度	特异度	准确度	阳性预测值	阴性预测值
cTnT、CysC联合NT-proBNP检测结果	87.72% (50/57)	95.56% (43/45)	91.18% (93/102)	96.15% (50/52)	86.00% (43/50)

2.4 超声检查结果对比

图 1 (a) 所示的超声检查结果临床诊断为急性外伤后疼痛。心力衰竭指标检测结果显示为 12pg/mL，处于正常范围 (0 ~ 100pg/mL) 内。超声检查：心脏各房室大小及大动脉根部内径均在正常范围内；各瓣膜回声光滑，未见异常；房室间隔连续完整，无缺损等情况；室壁厚度正常，运动幅度协调，未见明显异常运动；左室收缩功能检测值正常；心包腔未见明显积液或其他异常。超声提示：心脏结构及功能未见明显异常。彩色多普勒超声 (Color Doppler Flow Imaging, CDFI) 检查：各瓣膜口未见明显异常血流信号，血流动力学未见明显异常。

图 1(b) 所示的超声检查结果临床诊断为短暂性心力衰竭发作。心力衰竭指标检测结果为 2338pg/mL, 超出正常范围 (0 ~ 100pg/mL)。超声检查: 心脏各房室大小及大动脉根部内径均在正常范围内; 各瓣膜回声光滑, 房室间隔连续完整, 未见缺损等异常情况; 室壁厚度正常, 运动幅度协调, 左室收缩功能检测值正常; 心包腔未见明显积液或其他异常。超声提示: 三尖瓣、主动脉瓣、肺动脉瓣少量返流束; 左室松弛功能减退。CDFI 检查: 于三尖瓣上可检测到少量返流束, V (血液流速, 下同): 1.2m/s, P (压强, 下同): 6mmHg; 于主动脉瓣下可检测到少量返流束, V : 1.9m/s, P : 14mmHg; 于肺动脉瓣下可检测到少量返流束, V : 2.1m/s, P : 18mmHg。

超声检查结果与联合检测结果相一致, 从影像学角度验证了联合检测对心力衰竭的诊断效能。

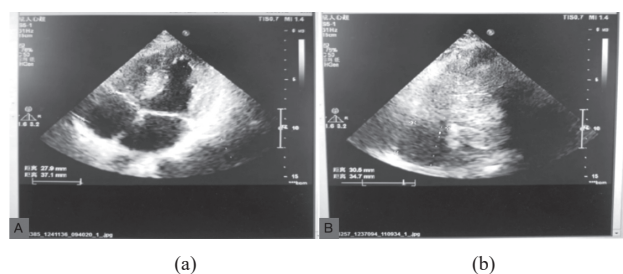


图 1 超声检查结果对比

Fig.1 Comparison of ultrasound examination results

3 讨论

心力衰竭是由于心脏收缩或舒张功能受损, 无法将静脉回流的血液完全排出心脏, 导致静脉血液淤积和动脉系统灌注不足, 从而引发的一系列循环功能障碍综合征, 其高发病率和死亡率对人们的生命健康造成了严重威胁^[7]。尽管现有诊断方法在一定程度上能够帮助医生判断患者的心力衰竭状况, 但在实际应用中仍存在诸多挑战。首先, 由于心力衰竭的临床表现多样且复杂, 有时难以与其他心血管疾病相区分, 导致误诊或漏诊的情况发生; 其次, 超声心动图、放射性核素检查等高级诊断技术费用较高, 增加了患者的经济负担; 最后, 部分诊断手段依赖专业设备及技术人员操作, 这在基层医疗机构中往往难以开展^[8-9]。为了克服这些挑

战, 需要寻找更加准确、经济且操作简便的心力衰竭诊断标志物。近年来, cTnT 和 CysC 作为心肌损伤与肾功能损害的敏感指标, 受到人们的广泛关注, 它们在心力衰竭患者体内的变化可能为诊断提供新线索。

在本研究中, 与对照组相比, 观察组 cTnT、CysC、NT-proBNP 水平明显更高, 与 Petrie 等^[10]的研究结果相似。cTnT 作为心肌细胞损伤的特异性指标, 其水平升高能够敏感地反映出心肌细胞的损伤程度, cTnT 在心肌损伤后的释放动力学特性使其成为评估心肌损伤严重程度和预测患者预后的重要工具。CysC 为小分子非糖基化蛋白, 其血清水平与肾小球滤过率有密切的关联。由于心力衰竭患者常伴有肾功能损害, 因此 CysC 水平不仅能够反映患者的肾功能状态, 还能间接评估患者的心脏功能。NT-proBNP 是 B 型脑钠肽的前体片段, 当患者出现心力衰竭时, 心室肌细胞会分泌并释放大量 NT-proBNP, 其水平的高低能够直接反映心力衰竭的严重程度, 是目前临床上用于心力衰竭诊断和预后评估的重要指标之一^[11]。联合检测 cTnT、CysC 与 NT-proBNP 三种生物标志物, 可以更准确地评估患者的病情, 制定个性化治疗方案, 并预测患者的预后情况。同时, 这种联合检测方法不仅提高了诊断的准确性, 还简化了操作流程, 降低了检测成本, 对于心力衰竭的临床诊断和治疗具有重要的实践意义。

cTnT 作为心肌细胞中的一种特异性蛋白, 在心肌细胞受损或坏死时会迅速释放入血, 使 cTnT 水平显著上升, 这一特性使 cTnT 成为一个敏感且特异的心肌损伤标志物^[12]。心力衰竭患者的心肌细胞常因缺氧、缺血而发生损伤或坏死, 因此检测 cTnT 水平对于心力衰竭的诊断具有重要意义。cTnT 检测方法的敏感性和特异性较高, 能够精确反映心肌细胞的受损程度。在心力衰竭的病情进展中, 随着心脏功能的下降, 心肌细胞的损伤会逐渐加重, cTnT 水平会不断升高。通过检测 cTnT 水平的变化, 医生可以及时了解患者心肌细胞的损伤情况, 为心力衰竭的早期诊断和治疗提供有力依据。但是, cTnT 检测方法也有其局限性, 如在某些特

殊情况下（如肾功能不全等），cTnT 水平可能受到影响。血清 CysC 的滤过是由肾脏的肾小球完成的，并由近曲小管完成降解和重吸收，这一特性使血清 CysC 水平能够准确反映肾小球的滤过率，进而成为评估肾功能状态的一个敏感指标，在心力衰竭的病情进展中，患者常伴有不同程度的肾功能损伤，导致血清 CysC 水平升高，因此，检测血清 CysC 水平可以间接反映心脏功能的状态，特别是在心力衰竭的情况下，由于心脏泵血功能下降，全身血流动力学学会发生变化，进而影响肾脏的血流灌注和滤过功能，这种变化可以通过血清 CysC 水平来监测和评估^[13]。当患者出现心力衰竭时，心室壁压力的增加和心脏泵血功能的受损会刺激心肌细胞分泌并释放 NT-proBNP，导致其血清水平显著升高。NT-proBNP 水平与心力衰竭的严重程度紧密相关，因此它能够作为一个敏感指标，反映心脏泵血功能和心室壁的压力状态^[14]。在临床实践中，NT-proBNP 检测的准确性和可靠性得到了广泛认可，有助于心力衰竭的早期发现^[15]。本研究结果显示，cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 检测与心脏彩超结果的一致性较高，联合检测的灵敏度、特异度、准确度、阳性预测值、阴性预测值分别为 87.72%、95.56%、91.18%、96.15%、86.00%。联合检测可以综合考虑心肌损伤、肾功能状态和心脏功能等多个方面的信息，从而更准确地识别心力衰竭患者，减少漏诊和误诊的可能性，并有助于对心力衰竭患者进行更精确的危险分层和预后判断，帮助医生全面地把握患者的病情严重程度及其潜在发展趋势，进而制定科学的治疗策略。

综上所述，cTnT、CysC 联合 NT-proBNP 对心力衰竭患者的诊断效能较高，能够更全面地反映患者的心肌损伤和心功能状态，对心力衰竭患者的早期识别、病情评估及预后判断具有重要的临床应用价值。本研究仍存在局限性。例如，样本规模较小，较小的样本量可能影响结果的广泛适用性和推广性，更大的样本量将有助于更精确地了解这些生物标志物在不同人群中的表现，从而提高诊断的准确性和可靠性；未对研究对象进行心功能分级和病因的详细分析。心力衰竭是一种复杂的疾病，其严

重程度和病因各异，这可能影响生物标志物的水平，未来的研究可以进一步细分患者群体，探讨不同心功能状态和病因对血清 cTnT、CysC 和 NT-proBNP 水平的影响，从而更深入地理解这些标志物在心力衰竭病情进展中的作用。

参考文献

- [1] 郑红静, 丁延魁, 高峰, 等. HbA1c 联合 NT-proBNP 检测在急性心力衰竭近期死亡风险中的预测作用 [J]. *分子诊断与治疗杂志*, 2024, 16 (7): 1359-1367.
JIA Hongjing, DING Yankui, GAO Feng, *et al.* The predictive role of HbA1c combined with NT-proBNP detection in the risk of recent death from acute heart failure[J]. *Journal of Molecular Diagnostics and Therapy*, 2024, 16(7): 1359-1367.
- [2] 李岗峰, 李刘文, 刘璐. 慢性心力衰竭患者血清内源性 Apela、NT-proBNP 及 CysC 水平与并发肾功能不全的相关性分析 [J]. *现代检验医学杂志*, 2022, 37 (3): 167-171.
LI Gangfeng, LI Liuwen, LIU Lu. Correlation analysis of endogenous Apela, NT-proBNP and CysC levels in serum of patients with chronic heart failure and concurrent renal insufficiency[J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2022, 37(3): 167-171.
- [3] 陈小丹, 熊晨, 颜凤玲. 动态心电图联合血清 NT-proBNP、CysC 诊断老年冠状动脉粥样硬化性心脏病无症状心肌缺血的价值分析 [J]. *联勤军事医学*, 2023, 37 (11): 944-947.
CHEN Xiaodan, XIONG Chen, YAN Fengling. Analysis of the value of combined use of ambulatory electrocardiogram and serum NT-proBNP, CysC in diagnosing asymptomatic myocardial ischemia in elderly patients with coronary atherosclerotic heart disease[J]. *Military Medicine of Joint Logistics*, 2023, 37(11): 944-947.
- [4] 陈鹏丽, 梁耀臣. 超声心动图评估心肌梗死后新发房颤患者左心功能的变化 [J]. *生物医学工程学进展*, 2021, 42 (4): 230-232.
CHEN Pengli, LIANG Yaochen. Changes in left heart function of patients with newly developed atrial fibrillation after myocardial infarction assessed by echocardiography[J]. *Progress in Biomedical Engineering*, 2021, 42(4): 230-232.
- [5] DONG M, WEN S, ZHOU L. The relationship between the blood-brain-barrier and the central effects of glucagon-like peptide-1 receptor agonists and sodium-glucose cotransporter-2 inhibitors[J]. *Diabetes Metabolic Syndrome Obesity*, 2022, 15(1): 2583-2597.
- [6] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46 (10): 760-789.

- Chinese Society of Cardiology Heart Failure Group, Chinese Medical Doctor Association Heart Failure Professional Committee, Chinese Journal of Cardiology Editorial Board. Chinese heart failure diagnosis and treatment guidelines 2018[J]. **Chinese Journal of Cardiology**, 2018, 46(10): 760-789.
- [7] TANAKA A, TOYODA S, IMAI T, *et al.* Effect of canagliflozin on N-terminal pro-brain natriuretic peptide in patients with type 2 diabetes and chronic heart failure according to baseline use of glucose-lowering agents[J]. **Cardiovasc Diabetol**, 2021, 20(1): 175.
- [8] PACKER M, ANKER S D, BUTLER J, *et al.* Cardiovascular and renal outcomes with Empagliflozin in heart failure[J]. **New England Journal of Medicine**, 2020, 383(15): 1413-1424.
- [9] 韩晶晶, 王国林, 李侃, 等. 血清氨基末端脑钠肽前体、白蛋白和同型半胱氨酸与射血分数保留型心力衰竭患者预后的相关性 [J]. **岭南心血管病杂志**, 2022, 28 (1) : 63-66.
- HAN Jingjing, WANG Guolin, LI Kan, *et al.* Correlation between serum amino-terminal brain natriuretic peptide precursor, albumin, and homocysteine and prognosis in patients with reduced ejection fraction heart failure[J]. **South China Journal of Cardiovascular Diseases**, 2022, 28(1): 63-66.
- [10] PETRIE M C, BORLAUG B A, BUTLER J, *et al.* Semaglutide and NT-proBNP in obesity-related HFpEF: insights from the STEP-HFpEF program[J]. **Journal of the American College of Cardiology**, 2024, 84(1): 27-40.
- [11] 闵伟, 张景发. 心脏超声检查缺血性心肌病与扩张型心肌病的特征分析 [J]. **生物医学工程学进展**, 2020, 41 (4) : 221-224.
- MIN Wei, ZHANG Jingfa. Characteristic analysis of ischemic cardiomyopathy and dilated cardiomyopathy by cardiac ultrasound[J]. **Progress in Biomedical Engineering**, 2020, 41(4): 221-224.
- [12] PAGEL P S, TAWIL J N, BOETTCHER B T, *et al.* Heart failure with preserved ejection fraction: a comprehensive review and update of diagnosis, pathophysiology, treatment, and perioperative implications[J]. **Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia**, 2021, 35(6): 1839-1859.
- [13] 李晓龙, 赵瑛, 周立新, 等. 血清 NT-proBNP 联合胰岛素抵抗指数对老年 2 型糖尿病合并射血分数保留心力衰竭的诊断价值 [J]. **中国老年学杂志**, 2022, 42 (6) : 1326-1329.
- LI Xiaolong, ZHAO Ying, ZHOU Lixin, *et al.* Diagnostic value of serum NT-proBNP combined with insulin resistance index in elderly patients with type 2 diabetes mellitus and preserved ejection fraction heart failure[J]. **Chinese Journal of Gerontology**, 2022, 42(6): 1326-1329.
- [14] PATEL-MURRAY N L, ZHANG L, CLAGGETT B L, *et al.* Aptamer proteomics for biomarker discovery in heart failure with preserved ejection fraction: the PARAGON-HF proteomic substudy[J]. **Journal of the American Heart Association**, 2024, 13(13): e033544.
- [15] HANEY D, MA Y, DALMACY D, *et al.* High-sensitivity troponin T, NT-proBNP, and cognitive outcomes in SPRINT[J]. **Hypertension**, 2024, 81(9): 1956-1965.