

# 综述

## Tei 指数对急性心肌梗死后心功能评估和预后的应用价值\*

喻珮<sup>1,2</sup> 徐承义<sup>1</sup> 鄢华<sup>1</sup> 宋丹<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 武汉科技大学附属武汉亚洲心脏病医院心内科, 湖北武汉 430022

<sup>2</sup> 武汉科技大学医学院, 湖北武汉 430081

**关键词** Tei 指数; 急性心肌梗死; 心功能; 预后

**中图分类号** R542.2<sup>+</sup>2

**文献标识码** A

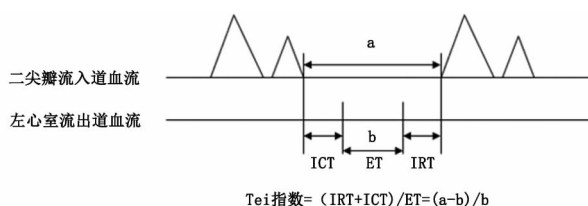
**DOI** 10.11768/nkjwzzzz20230613

超声心动图在评估心功能方面具有无创、快捷、可重复性强等优势,同时可以准确从各种角度评估心脏的结构<sup>[1]</sup>,通过测定左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、二尖瓣舒张早期血流峰速度(E)/舒张晚期血流峰速度(A)值等参数评估左心室容积和收缩功能<sup>[2]</sup>。但这些常规参数往往受心率、心脏前后负荷等因素的影响,且同时忽略了心室几何形态对心功能的影响,临床结果存在一定偏差。发生急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)时,心肌收缩功能和舒张功能出现障碍,梗死部位不协调的心肌运动导致心室重构(心室发生大小、形态、结构及功能上的改变),心脏形态变得不规则,LVEF 等参数不能准确地反映患者的实际心功能。Tei 指数不依赖心脏结构的几何形态,测量简便,可重复性强,不受心率、血压的影响<sup>[3]</sup>,常用于综合评估 AMI 患者的心功能。本文针对 Tei 指数及其应用于 AMI 后心功能和预后评估的临床价值进行综述。

### Tei 指数概述

Tei 指数由日本学者 Tei 等<sup>[4]</sup>首次提出的一种综合评估心脏收缩与舒张功能的指数,可以用心动周期表示,Tei 指数 = (IRT + ICT)/ET,也可以用另一个公式表示,即 Tei 指数 = (a-b)/b,见图 1。

以往采用脉冲多普勒测定 Tei 指数,即在心尖四腔切面将取样置于二尖瓣瓣尖测定二尖瓣血流;在心尖五腔切面将取样置于主动脉瓣环下测定主动脉瓣血流<sup>[5]</sup>,但脉冲多普勒成像难以准确评估心肌



注:IRT:等容舒张时间;ICT:等容收缩时间;ET:心室射血时间;a:二尖瓣血流 A 峰终止到下一个心动周期二尖瓣血流 E 峰始端的时间间隔;b:主动脉瓣口血流开始到终止的时间;a-b:心室等容收缩期与等容舒张期的和,即 a-b = IRT + ICT, b = ET,评估右心功能时,Tei 指数则测量三尖瓣和肺动脉瓣的流出道血流

图 1 Tei 指数的测量方法

局部的病变,三维斑点追踪技术的出现弥补了不足。三维斑点追踪技术是一种结合实时三维超声心动图与斑点追踪技术的新技术,测得的心肌应变参数敏感度高,能够准确直接的评估局部或整体的心肌收缩功能。近年来认为三维斑点追踪技术联合 Tei 指数能更好评价心功能<sup>[6]</sup>,准确分析 AMI 患者治疗后的心功能并评估预后<sup>[7,8]</sup>。三维超声心动图可以更加准确客观地显示心肌在立体空间中的运动,成为了评估心功能的重要技术,得到广泛应用<sup>[9,10]</sup>。

### Tei 指数应用于心功能评估的临床研究

Tei 指数应用于左心功能的评估 成人左心室 Tei 指数正常参考值范围为 0.35 ~ 0.45,将 Tei 指数 ≥ 0.47 作为心功能异常的界值<sup>[11,12]</sup>。左心室重构影响 AMI 患者预后,准确评估 AMI 患者的左心室重构情况有利于改善预后。秦华等<sup>[9]</sup>报道 AMI 患者

\* 基金项目:武汉市科技局知识创新专项基础研究项目(No:2022020801010576)

\* 通信作者:宋丹,E-mail:Songdan8300@163.com,湖北省武汉市江汉区京汉大道 753 号

左心室构型异常组的 Tei 指数高于构型正常组,同时 Tei 指数与左心室的构型异常呈正相关,表示可通过判断患者左心室构型是否异常来评估心室功能,改善预后。曾伟等<sup>[6]</sup>联合 Tei 指数与三维斑点追踪技术,观察了 96 例行经皮冠状动脉介入治疗术(percutaneous coronary intervention, PCI)的 AMI 患者,与健康体检者比较,术前 AMI 患者的 Tei 指数升高,左心室应变参数(整体纵向应变、整体圆周应变、整体径向应变、整体面积应变)显著降低,而 PCI 术后,Tei 指数降低,左心室应变参数升高。Tei 指数与左心室应变参数的显著变化能真实反应 AMI 患者 PCI 后的心功能水平,指导 AMI 患者预后及治疗。

**Tei 指数应用于右心功能的评估** AMI 后左心室泵血障碍,肺静脉淤血导致右心室前负荷增加,从而出现右心衰竭<sup>[13]</sup>。右心衰竭也是 AMI 患者预后不良的重要影响因素,但由于右心室形态不规则,且位于胸骨后,解剖结构较左心室复杂,传统的超声心动图无法对右心进行准确评价<sup>[14, 15]</sup>,因此对 AMI 后右心功能的评估也随着三维超声心动图的应用而增加。

右心室 Tei 指数正常值范围为 $(0.28 \pm 0.04) \sim (0.38 \pm 0.04)$ <sup>[16, 17]</sup>。Tei 指数可用来评估心脏整体功能,当右心室收缩和舒张障碍时,Tei 指数将上升。罗娜等<sup>[18]</sup>将老年 AMI 后心力衰竭患者的 LVEF 分为 3 级,Ⅰ级组( $40\% \leq \text{LVEF} < 50\%$ ),Ⅱ级组( $30\% \leq \text{LVEF} < 40\%$ ),Ⅲ级组( $\text{LVEF} < 30\%$ ),用三维超声心动图采集 Tei 指数(包括室间隔及右心室游离壁三尖瓣环),显示二者均高于健康者( $0.33 \pm 0.03, P = 0.000$ ),同时随着 LVEF 的降低,室间隔 Tei 指数与右心室游离壁三尖瓣环 Tei 指数逐渐升高(Ⅰ级组: $0.68 \pm 0.05$ ,Ⅱ级组: $1.44 \pm 0.05$ ,Ⅲ级组: $1.88 \pm 0.07, P = 0.000$ )。Antoni 等<sup>[19]</sup>认为右室 Tei 指数可用于预测 AMI 患者急诊 PCI 术后临床预后。右心室与左心室密切相关,影响整体心功能,Tei 指数的及时预测可以对疾病进展做一定的干预。早期检测 AMI 后右心室功能能够给临床诊治和预后判断提供重要的指导价值。

### Tei 指数应用于预后与疗效的评估

AMI 后心力衰竭等不良事件高发, Bennett 等<sup>[20]</sup>系统综述中纳入了 16 项研究,共 2886 例患者参与,研究表明 Tei 指数在识别重大不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACE)中具

有较大的价值,推测 Tei 指数可能是 AMI 患者的重要预后标志物。

Tei 指数联合风险分层对 AMI 预后的评估 GRACE (Global Registry of Acute Coronary Events) 风险评分被广泛推荐用于 AMI 患者的风险评估,能预测 MACE。然而,GRACE 风险评分难以定义心脏收缩与舒张功能,有研究者将 Tei 指数加入 GRACE 风险评分预测 AMI 后院内 MACE 风险,通过计算曲线下面积(area under the curve, AUC)发现 Tei 指数的联合运用显著提高了 GRACE 风险评分的预测值(GRACE 风险评分单独 AUC:0.753; Tei 指数联合 GRACE 风险评分 AUC:0.801)<sup>[21]</sup>,表明 Tei 指数联合 GRACE 风险评分可显著改善风险分层。Biering-Sørensen 等<sup>[22]</sup>研究也体现了,Tei 指数联合系统冠状动脉风险评估更好预测了未来心血管死亡率的模型。Tei 指数对 AMI 患者的风险分层或许有指导作用,能否改善风险分层值得进一步探索。

Tei 指数联合生物标志物对 AMI 预后的评估 AMI 发生后,心室张力和压力负荷过重,在神经体液因子及炎性因子的作用下,心肌细胞被刺激生成大量 N 末端 B 型利钠肽(N-terminal pro-B type natriuretic peptide, NT-proBNP),血清中的 NT-proBNP 明显升高<sup>[23, 24]</sup>。随着 NT-proBNP 的增高,AMI 患者心室的结构与功能每况愈下,预后随之变差,大量研究证明 NT-proBNP 能预测 AMI 患者的预后<sup>[25~27]</sup>。但 NT-proBNP 对心脏的结构判断也有一定的局限性,而 Tei 指数能有效弥补这一点,因此 Tei 指数与 NT-proBNP 的联用有助于对患者预后进行判断<sup>[28]</sup>。Cao 等<sup>[29]</sup>对 3 306 例 AMI 患者进行了 4 年随访,335 例患者出现了 MACE,NT-proBNP 越高患者无事件生存率越低( $P < 0.001$ )。Tei 指数联合 NT-proBNP 可作为 AMI 患者并发心力衰竭的预后指标。尹然等<sup>[30]</sup>报告 AMI 患者的 Tei 指数及 NT-proBNP 明显升高,且 AMI 患者 PCI 术后并发心力衰竭者的 Tei 指数明显大于未并发者( $P < 0.05$ )。该研究纳入 249 例 AMI 后行 PCI 术的患者,联合 Tei 指数、NT-proBNP 与心肌肌钙蛋白 I(cardiac troponin, cTnI)进行分析,判断 AMI 并发心力衰竭的 Tei 指数的最佳截断点(Cut-off 值)为 0.45, AUC 为 0.848,高于 Cut-off 值时 AMI 并发心力衰竭特异度为 89.55%,灵敏度为 75%,而三者联合运用时时灵敏度高达 97.92%,灵敏度均高于单独预测( $\chi^2 = 10.766, P = 0.001$ ;  $\chi^2 = 8.317, P = 0.004$ ;  $\chi^2 = 12.042, P = 0.001$ ), AUC 也高于单独预测( $Z = 2.313, P =$

0.021;  $Z = 2.134$ ,  $P = 0.033$ ;  $Z = 2.075$ ,  $P = 0.038$ ), 表明 Tei 指数的联合预测更为理想, 提高了 AMI 患者发生心力衰竭的预测效果, 可以较好评估心肌梗死患者的预后和疗效, 为临床决策提供证据。

精氨酸加压素 (arginine vasopressin, AVP) 是一种生物活性肽 (bioactive peptides, BAP), 而和肽素是 AVP 原羧基末端的一部分, 作为 AVP 的替代物也可以作为 AMI 的诊断和预测指标<sup>[31]</sup>。Morawiec 等<sup>[32]</sup>证明了和肽素在 AMI 患者早期诊断中的价值, 与 Wang 等<sup>[33]</sup>研究结论一致。而 Ahmed 等<sup>[34]</sup>则通过对 79 例 AMI 患者进行 1 年的随访, 通过多元回归分析, 显示和肽素是 AMI 患者 MACE 的独立预测因子 ( $OR: 0.01$ ,  $95\% CI: 0.0 \sim 0.8$ ,  $P = 0.001$ ), 有助于 AMI 的危险分层和 MACE 预测。袁桂莉等<sup>[35]</sup>将 80 例 AMI 后心力衰竭患者为研究组, 30 例无急性心血管事件的冠心病患者为对照组, 通过检测和肽素水平及对 Tei 指数进行分析, 发现研究组的和肽素和 Tei 指数明显高于对照组, 且 AMI 后心力衰竭患者的和肽素与 Tei 指数呈正相关 ( $r = 0.910$ ,  $P = 0.000$ ), 二者均有预测 AMI 后心力衰竭的价值, 临床上可以通过检测 Tei 指数与和肽素水平指导 AMI 后心力衰竭的预后及治疗。

### 心肌梗死与 Tei 指数的相关原理及讨论

在应用 Tei 指数之前, 超声心动图评估心功能主要是通过 LVEF、E/A 等参数, LVEF 在临床上常用来评价心脏收缩功能, 易受心率、血压、瓣膜返流以及成像条件的影响, 无法显示冠心病患者早期心功能的不良状况; E/A 用来评价心脏舒张功能, 正常情况下  $E/A > 1$ , 心脏舒张功能受损时,  $E/A < 1$ , 但随着病程进展, 当左心房压明显升高,  $E/A > 1$  时, 易出现假性正常化<sup>[36]</sup>, 虽然 E/A 值可以早期反映心功能受损, 但难以反映出心功能受损的程度。二者均不能对总体心功能进行评估, 而对于 AMI 患者, 由于收缩与舒张障碍往往同时存在, 需要从整体上进行评估, 故单纯测量该参数不可取。

当发生 AMI 时, 心肌局部缺血出现大量坏死的心肌细胞, 缺血梗死区膨胀, 室壁变薄、心室腔扩大, 室壁运动障碍引起心肌变形能力减弱, 心肌收缩不协调, 室间隔肌纤维方向受到影响, 左心收缩功能受损进而影响右心室, 收缩及舒张功能减弱, 左心室向主动脉内射血压力降低, 心室血流动力学发生改变, 心脏收缩及舒张功能均出现障碍, ICT 与 IRT 随之延长, ET 缩短, Tei 指数增加<sup>[30, 35, 37, 38]</sup>。ICT、IRT、

ET 的变化导致了 Tei 指数的变化。对于 AMI 患者来说, Tei 指数与其他超声指标比较具有一定优势。随着近年来超声新技术的出现, 联合指标的运用对心功能及预后的评估具有更好的应用价值<sup>[39]</sup>。Tei 指数对 AMI 患者的研究具有较高的临床意义, 可作为辅助指标进一步使用。

### 结 语

新的生物标志物可以用来单独或者联合使用来评估心血管高风险患者的预后<sup>[40~42]</sup>, Tei 指数与其联用或许更有助于临床医生对风险分层进行判断。

随着超声技术的不断发展, Tei 指数联合超声新技术及生物标志物应用于 AMI 后心功能评估和预后的临床价值已逐渐被证实, 但 Tei 指数依然存在一定的局限性, 对于发生严重 AMI 的患者目前还不适用, 仍旧需要大量研究来验证, 能否改善既往对 AMI 患者的风险预测也值得进一步探究。

### 参 考 文 献

- 1 Li P, Zhang X. Diagnostic value and clinical performance of cardiac ultrasound in patients with chronic heart failure with chronic heart failure with hypertension[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2022, 2022: 4238284.
- 2 汪雨珊, 张丽, 李玉曼, 等. 三维超声心动图自动定量技术评估冠心病患者经皮冠状动脉介入术后左心室容积及收缩功能[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(1): 6-10.
- 3 Mansour H, Nassar AI, Abdel Rehim WA, et al. Can tei index predict high syntax score in patients with chronic coronary syndrome and normal left ventricular systolic function[J]. J Cardiovasc Echogr, 2021, 31(1): 11-16.
- 4 Tei C, Ling LH, Hodge DO, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function—a study in normals and dilated cardiomyopathy[J]. J Cardiol, 1995, 26(6): 357-366.
- 5 徐承, 张仁坤. 评价心肌梗死后心室整体功能的新指标—Tei 指数[J]. 国外医学. 心血管疾病分册, 2005, 32(2): 74-76.
- 6 曾伟, 李学永, 张晓娜, 等. 三维斑点追踪技术联合 Tei 指数评估心肌梗死患者 PCI 后心室功能的变化[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2021, 13(12): 1480-1482, 1486.
- 7 安秀芝, 王秋霜, 黄党生, 等. 三维超声斑点追踪技术评价心肌梗死对左室局部收缩功能的影响[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(4): 561-564.
- 8 Raluca T, Ștefana BR, Dumitru Z, et al. Impact of three-dimensional strain on major adverse cardiovascular events after acute myocardial infarction managed by Primary Percutaneous Coronary Intervention—A Pilot Study[J]. Life (Basel), 2021, 11(9): 930.
- 9 秦华, 郑剑武. 实时三维超声心动图对心肌梗死后左心室重构评价的初步研究[J]. 心电与循环, 2020, 39(2): 168-171.
- 10 郑锦滨, 黄贤生. RT-3DE 评价急性心肌梗死患者左心室局部功能变化的价值分析[J]. 内科急危重症杂志, 2018, 24(3): 213-216.
- 11 Song B, Qi Q, Liu R, et al. Clinical value of Tei index in pediatric patients with repaired tetralogy of Fallot[J]. Int J Clin Exp Med, 2015,

- 8(5): 7971-7976.
- 12 Kaplan S, Öztürk M, Kırış G, et al. Evaluation of the relationship between epicardial adipose tissue and myocardial performance (Tei) index[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2014, 7(6): 1598-1602.
- 13 Cha MJ, Kim HS, Kim SH, et al. Prognostic power of global 2D strain according to left ventricular ejection fraction in patients with ST elevation myocardial infarction[J]. *PLoS One*, 2017, 12(3): e0174160.
- 14 Jung YH, Ren X, Suffredini G, et al. Right ventricular diastolic dysfunction and failure: a review[J]. *Heart Fail Rev*, 2022, 27(4): 1077-1090.
- 15 Tadic M, Kersten J, Nita N, et al. The Prognostic Importance of Right Ventricular Longitudinal Strain in Patients with Cardiomyopathies, Connective Tissue Diseases, Coronary Artery Disease, and Congenital Heart Diseases[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(6): 954.
- 16 Eidem BW, Leary PW, Tei C, et al. Usefulness of the myocardial performance index for assessing right ventricular function in congenital heart disease Usefulness of the myocardial performance index for assessing right ventricular function in congenital heart disease[J]. *Am J Cardiol*, 2000, 86(6): 654-658.
- 17 Eidem BW, Tei C, Leary PW, et al. Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1998, 11(9): 849-856.
- 18 罗娜, 辛明志, 王淑英, 等. 实时三维超声心动图评估老年心肌梗死后心力衰竭患者右心功能的价值[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(12): 2838-2840.
- 19 Antoni ML, Scherptong RW, Atary JZ, et al. Prognostic value of right ventricular function in patients after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2010, 3(3): 264-271.
- 20 Bennett S, Wong CW, Griffiths T, et al. The prognostic value of Tei index in acute myocardial infarction: a systematic review[J]. *Echo Research and Practice*, 2020, 7(4): 49-58.
- 21 Dalimunthe NN, Alwi I, Nasution SA, et al. The Role of Tei Index added to the GRACE risk score for prediction of in-hospital MACE after acute myocardial infarction[J]. *Rom J Intern Med*, 2022, 60(4): 222-228.
- 22 Biering-Sørensen T, Mogelvang R, Jensen JS. Prognostic value of cardiac time intervals measured by tissue Doppler imaging M-mode in the general population[J]. *Heart*, 2015, 101(12): 954-960.
- 23 Budnik M, Bialek S, Peller M, et al. Serum copeptin and copeptin/NT-proBNP ratio - new tools to differentiate takotsubo syndrome from acute myocardial infarction[J]. *Folia Med Cracov*, 2020, 60(1): 5-14.
- 24 陈东, 董玲玲, 苏浩, 等. 高尿酸联合 BNP、CRP、HCY 可预测急性心肌梗死患者主要不良心血管事件[J]. *内科急危重症杂志*, 2022, 28(6): 504-507.
- 25 Kontos MC, Lanfear DE, Gosch K, et al. Prognostic value of serial N-terminal pro-brain natriuretic peptide testing in patients with acute myocardial infarction[J]. *Am J Cardiol*, 2017, 120(2): 181-185.
- 26 Mathbout M, Asfour A, Leung S, et al. NT-proBNP level predicts extent of myonecrosis and clinical adverse outcomes in patients with ST-elevation myocardial infarction: a pilot study[J]. *Med Res Arch*, 2020, 8(2): 10.18103/mra.v8i2.2039.
- 27 Liu HH, Cao YX, Jin JL, et al. Prognostic value of NT-proBNP in patients with chronic coronary syndrome and normal left ventricular systolic function according to glucose status: a prospective cohort study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1): 84.
- 28 Pala S, Sari M, Kahveci G, et al. Plasma YKL-40 elevation on admission and follow-Up is associated with diastolic dysfunction and mortality in patients with acute myocardial infarction[J]. *Cardiol Res Pract*, 2018, 2018: 8701851.
- 29 Cao YX, Li S, Liu HH, et al. Prognostic value of N-Terminal Pro-B-Type natriuretic peptide and high-sensitivity C-reactive protein in patients with previous myocardial infarction[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 797297.
- 30 尹然, 庞敏, 吕楠. 超声心动图活动指数结合血清 NT-proBNP、cTnI 水平对 ACS 患者 PCI 术后并发心力衰竭的预测分析[J]. *医学影像学杂志*, 2022, 32(4): 596-602.
- 31 Gaber MA, Omar O, El-Deek S, et al. Copeptin miRNA-208 and miRNA-499 as new biomarkers for early detection of acute coronary syndrome[J]. *Appl Biochem Biotechnol*, 2022, 194(3): 1193-1205.
- 32 Morawiec B, Kawecki D, Przywara-Chowanec B, et al. Copeptin as a prognostic marker in acute chest pain and suspected acute coronary syndrome[J]. *Dis Markers*, 2018, 2018: 6597387.
- 33 Wang J, Tan GJ, Han LN, et al. Novel biomarkers for cardiovascular risk prediction[J]. *J Geriatr Cardiol*, 2017, 14(2): 135-150.
- 34 Ahmed T, Johny JS, Abdel-Malek MY, et al. The additive value of copeptin for early diagnosis and prognosis of acute coronary syndromes[J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 50: 413-421.
- 35 袁桂莉, 郭继忠, 要彤, 等. 和肽素及 Tei 指数诊断急性心肌梗死后心力衰竭的临床价值[J]. *疑难病杂志*, 2019, 18(6): 545-548.
- 36 Oh JK, Ding ZP, Gersh BJ, et al. Restrictive left ventricular diastolic filling identifies patients with heart failure after acute myocardial infarction[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1992, 5(5): 497-503.
- 37 Salah K, Stienen S, Pinto YM, et al. Prognosis and NT-proBNP in heart failure patients with preserved versus reduced ejection fraction[J]. *Heart*, 2019, 105(15): 1182-1189.
- 38 Cha MJ, Kim HS, Kim SH, et al. Correction: prognostic power of global 2D strain according to left ventricular ejection fraction in patients with ST elevation myocardial infarction[J]. *PLoS One*, 2017, 12(10): e0186437.
- 39 Wang AD, Dai LF, Yang L, et al. Upregulation of miR-335 reduces myocardial injury following myocardial infarction via targeting MAP3K2[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2021, 25(1): 344-352.
- 40 Kott KA, Bishop M, Yang C, et al. Biomarker development in cardiology: reviewing the past to inform the future[J]. *Cells*, 2022, 11(3): 588.
- 41 Wettersten N, Horiuchi Y, Maisel A. Advancements in biomarkers for cardiovascular disease: diagnosis prognosis and therapy[J]. *Fac Rev*, 2021, 10: 34.
- 42 朱洪斌, 李毓娟, 李文强, 等. 血清丝氨酸蛋白酶抑制剂 A3 水平可预测急性 ST 段抬高型心肌梗死患者的预后[J]. *内科急危重症杂志*, 2021, 27(5): 412-415.

(2021-03-09 收稿 2023-08-24 修回)