

胱抑素 c 水平与衰弱发生风险的关系—— 基于 CHARLS 的实证研究

邢玉萍¹, 邢辉¹, 李森¹, 高燕²

1. 山东中医药大学第一临床医学院, 山东 济南 250035; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院

摘要:目的 探讨血清胱抑素 C (Cystatin C, CysC) 水平与衰弱发生风险之间的关系。方法 本研究使用 2011 年中国健康与养老追踪调查 (CHARLS) 的数据。通过问卷调查和体格检查, 收集调查对象的患病情况、日常活动能力等 32 项信息计算衰弱指数 (Frailty index, FI) 评估衰弱状态。采用多因素 logistic 回归模型探究 CysC 水平和衰弱之间的关系, 同时采用限制性立方样条和阈值效应分析二者的剂量-反应关系。结果 研究共纳入了 6 941 名 45 岁及以上的成人, 平均年龄为 59.2 ± 9.8 岁, 其中 48.1% 为男性, 共计 1 004 人 (14.5%) 发生衰弱。多因素 logistic 回归模型调整混杂因素后, CysC 水平最高组 (T3) 患衰弱风险是 CysC 水平最低组 (T1) 的 2.13 倍 ($OR = 2.13, 95\% CI: 1.75 \sim 2.60$)。当 CysC 作为连续变量时, CysC 每升高一个单位, 衰弱发生风险增加 1.89 倍。限制性立方样条函数分析结果显示, CysC 水平与衰弱发生风险呈近似“J”型曲线关系 ($P_{\text{非线性}} < 0.05$), 拐点分析显示 CysC 水平 ≥ 1.05 mg/L 时, 随着 CysC 水平的升高, 衰弱发生风险显著增加。结论 CysC 水平与衰弱密切相关且二者存在非线性关系。

关键词: 衰弱; 胱抑素 C; 横断面研究; CHARLS

中图分类号: R195.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)06-1123-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202310143

Relationship between Cystatin C level and the risk of frailty: an empirical analysis based on CHARLS data

XING Yu-ping*, XING Hui, LI Miao, GAO Yan

* Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong 250035, China

Abstract: Objective To investigate the relationship between serum cystatin C (CysC) levels and the risk of frailty. **Methods**

This study used data from the 2011 China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS). Through questionnaires and physical examination, 32 items of information were collected from the respondents, such as illness, ability to perform daily activities to calculate the frailty index (FI) to assess the state of frailty. A multivariate logistic regression model was used to explore the relationship between CysC levels and frailty, while restricted cubic spline was used to analyse the non-linear relationship. **Results** A total of 6 941 adults aged 45 years and older, with a mean age of 59.2 ± 9.8 years, 48.1% of whom were male, were included in the study, with a total of 1 004 (14.5%) experiencing frailty. After adjusting for confounders in the multivariate logistic regression model, the risk of developing frailty in the group with the highest CysC level (T3) was 2.13 times higher than that in the group with a lower CysC (T1) ($OR = 2.13, 95\% CI: 1.75 - 2.60$). When CysC was used as a continuous variable, the risk of frailty increased 1.89-fold for each unit increase in CysC. Restricted cubic spline function analyses showed an approximately "J" shaped relationship between CysC levels and the risk of debility ($P_{\text{non-linear}} < 0.05$), the risk of frailty increased significantly with increasing CysC levels when CysC levels were ≥ 1.05 mg/L. **Conclusion** CysC levels are closely related to frailty, and there is a nonlinear relationship between them.

Keywords: Frailty; Cystatin C; Cross-sectional studies; CHARLS

衰弱是一种新兴的全球健康负担, 其患病率将随着人口老龄化的快速增长而上升。衰弱的特征是多

个生理系统的功能下降, 伴随着对压力源的脆弱性增加, 其本质为个体储备能力和抵御能力下降, 最终导致机体功能更易受损^[1]。研究表明, 衰弱会导致跌倒、残疾、心血管疾病和死亡等不良结局的发生风险升高, 造成巨大的经济负担^[2-4]。衰弱是一个动态过程, 识别衰弱的潜在危险因素, 探索影响衰弱的预测指标, 有助于更精准地干预衰弱, 逆转衰弱状态^[5]。

基金项目: 军队后勤科研项目保健专项课题 (23BJZ45)

作者简介: 邢玉萍 (1997—), 女, 硕士在读, 研究方向: 老年心血管疾病; 老年综合征

通信作者: 高燕, E-mail: gaoyantianyu74@163.com

胱抑素 C 是一种半胱氨酸蛋白酶抑制剂, 广泛存

在于各种组织的有核细胞和体液中,是一种低分子量蛋白质的碱性非糖化蛋白质^[6]。据报道,CysC 与死亡率、终末期肾病、心血管事件、衰弱等密切相关^[7]。已有研究指出较高的胱抑素 C 水平与衰弱发生风险有关联^[8-9],但涉及的研究对象大多集中在 65 岁以上的群体,因此,本研究利用中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)的数据,纳入 45 岁以上的人群研究 CysC 水平与衰弱之间的关联,以期降低衰弱的发病率,为衰弱提供可靠的预测指标。

1 资料与方法

1.1 资料来源和研究对象 研究对象来自 CHARLS 项目中 2011 年的数据,CHARLS 是一项具有全国代表性的随机抽样调查,为保证样本的无偏性和代表性,该项目采用多阶段抽样,按照概率比例规模抽样,从全国 30 个省级行政单位范围内随机抽取 450 个村进行追踪调查,每两年追踪调查一次^[10-11]。CHARLS 经北京大学伦理审查委员会批准,所有研究对象均由本人或家属签署了知情同意书。CHARLS 是研究中老年人口健康状况和可能影响因素的可靠数据库。本研究排除了缺失血清 CysC 信息和衰弱指数相关信息的参与者,最终纳入拥有完整数据的 6 941 名合格参与者。

1.2 研究方法 CHARLS 研究包括了调查问卷、体格检查和实验室检测等。本研究探讨血清 CysC 水平和衰弱指数的相关性。研究者摘取符合研究目的的完整数据,其中血压的测定采用欧姆龙 HEM-7200 血压计三次测量的平均值(mmHg);欧姆龙 HN286 电子人体秤测量体重(kg);静脉血样本由医务人员从禁食超过 12 小时的参与者身上采集,采用免疫比浊法在中心实验室获得血清 CysC 水平。

1.3 主要分析指标与判定标准

1.3.1 CysC 根据血清 CysC 水平的三分位数分为 3 组,分别为 T1 组: < 0.9 mg/L,共 2 334 例;T2 组: 0.9 ~ 1.05 mg/L,共 2 198 例;T3 组: > 1.05 mg/L,共 2 409 例。

1.3.2 衰弱 衰弱状态由衰弱指数(Frailty index, FI)进行评估,FI 根据本研究中参与者的 32 项健康调

查报告得出,是从 0 到 100 的连续指标,分数越高表示衰弱程度越高。基于先前的研究^[12]和 CHARLS 数据目录,本研究共选择 32 个项目构建衰弱指数。这些条目包括慢性患病情况(高血压、糖尿病、心脏病、中风、癌症、关节炎、慢性肺病、哮喘、记忆相关疾病)、身体机能(独立穿衣、洗澡或淋浴、吃饭、上下床等)、视力障碍,听力障碍,心理健康和认知状况等 32 个指标。将满足不健康条件的指标记为 1 分,不满足的指标记为 0 分。对于每个参与者,FI 计算为当前健康缺陷的总和除以 32 并乘以 100。因此,FI 是范围为 0 至 100 的连续变量,并且较高的值指示较高的衰弱程度。与既往研究一致,衰弱定义为 $FI \geq 25$ ^[13]。

1.4 统计分析 计量资料符合正态分布采用 $(\bar{x} \pm s)$,采用 *t* 检验进行组间比较,若不符合则采用 *M* (P_{25}, P_{75}) 进行描述,采用秩和检验进行组间比较;计数资料采用率和构成比进行描述,组间比较采用 χ^2 检验。我们建立了 logistic 回归分析模型,将 CysC 作为连续变量和分类变量(三分位数)进行分析,结果以优势比(OR)和 95% 置信区间(CI)表示。模型 1 是未调整模型;模型 2 调整了性别、婚姻状况、教育水平、居住地;模型 3 在模型 2 的基础上进一步调整吸烟状况、饮酒状况、体质指数、自评健康状况。采用限制性立方样条和阈值效应分析进一步探究 CysC 水平与衰弱风险的剂量-反应关系。本研究将年龄、性别、婚姻状况、受教育程度和 BMI 分为不同亚组进行分析,以 T1 为参照,模型调整了年龄、性别、居住地、教育程度、婚姻状况、吸烟、饮酒、自评健康状况、体质指数。所有上述统计分析均使用软件 R 4.1.2 和风锐统计软件 V 1.8 完成。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 研究对象基本情况 本研究纳入 6 941 名研究对象,年龄为 (59.2 ± 9.8) 岁,其中女性 3 601 名(51.9%)。衰弱的患病率为 14.5% (1 004/6 941)。与非衰弱人群相比,衰弱人群的年龄更大,偏向女性,未婚/离异/丧偶,居住在农村,学历高中以下,低体重和超重/肥胖,自评健康状况差,CysC 水平更高,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 1。

表 1 衰弱组与非衰弱组基本特征比较

Table 1 Comparison of the basic characteristics in the frailty and non-frailty groups

特征	非衰弱组($n = 5\ 937$)	衰弱组($n = 1\ 004$)	合计($n = 6\ 941$)	$\chi^2/t/Z$ 值	<i>P</i> 值
性别[$n(\%)$]				37.885	<0.001
男性	2 947(49.6)	393(39.1)	3 340(48.1)		
女性	2 990(50.4)	611(60.9)	3 601(51.9)		
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	58.3 \pm 9.6	64.5 \pm 9.6	59.2 \pm 9.8	365.988	<0.001

(续表)

特征	非衰弱组(n=5 937)	衰弱组(n=1 004)	合计(n=6 941)	$\chi^2/I/Z$ 值	P 值
婚姻状况[n(%)]				65.252	<0.001
未婚/离异/丧偶	647(10.9)	200(19.9)	847(12.2)		
已婚	5 290(89.1)	804(80.1)	6 094(87.8)		
居住地[n(%)]				16.134	<0.001
农村	4 622(77.9)	838(83.5)	5 460(78.7)		
城镇	1 315(22.1)	166(16.5)	1 481(21.3)		
教育状况[n(%)]				51.579	<0.001
高中以下	5 198(87.6)	957(95.3)	6 155(88.7)		
高中及以上	739(12.4)	47(4.7)	786(11.3)		
过去一年饮酒情况[n(%)]				1.515	0.218
每月饮酒<1次	3 562(60.0)	623(62.1)	4 185(60.3)		
每月饮酒≥1次	2 375(40.0)	381(37.9)	2 756(39.7)		
吸烟情况[n(%)]				7.975	0.005
现在不吸烟	3 522(59.3)	643(64.0)	4 165(60.0)		
现在吸烟	2 415(40.7)	361(36.0)	2 776(40.0)		
BMI[kg/m ² ,n(%)]				8.980	0.011
低体重	324(6.1)	67(7.9)	391(6.4)		
正常体重	2 793(52.9)	407(47.8)	3 200(52.2)		
超重/肥胖	2 166(41.0)	377(44.3)	2 543(41.5)		
自评健康状况[n(%)]				725.660	<0.001
非常好/很好/好	2 984(50.3)	277(27.6)	3 261(47.0)		
一般	2 207(37.2)	250(24.9)	2 457(35.4)		
差	746(12.6)	477(47.5)	1 223(17.6)		
CysC(mg/L, $\bar{x} \pm s$)	1.0 ± 0.2	1.1 ± 0.4	1.0 ± 0.3	111.587	<0.001
衰弱指数[M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	8.5(4.9,14.3)	32.5(28.7,39.3)	10.8(5.2,19.5)	2 576.142	<0.001

注: BMI 是体质指数, 低体重、正常体重、超重/肥胖分别为 <18.5 kg/m²、18.5~24.0 kg/m²、≥24.0 kg/m²。

2.2 CysC 水平与衰弱的关联分析 CysC 作为连续变量进行分析, 调整性别、婚姻状况、教育状况、居住地、吸烟和饮酒、体重指数、自评健康状况后, 结果显示 CysC 水平每增加一个单位, 衰弱发生风险增加 1.89 倍(OR = 2.89, 95% CI: 2.19 ~ 3.82)。将 CysC

水平按照三分位数分为 3 组, 调整混杂因素后, CysC 最高组(T3)引发衰弱风险是 CysC 水平最低组(T1)的 2.13 倍, T2 组与衰弱发生风险无关联(OR = 1.23; 95% CI: 1 ~ 1.52), 详见表 2。

表 2 胱抑素 C 水平与衰弱发生风险的关联

Table 2 Association between cystatin c levels and risk of frailty

因素	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR (95% CI)	P 值	OR (95% CI)	P 值	OR (95% CI)	P 值
CysC 分组	3.08 (2.45 ~ 3.89)	<0.001	4.43 (3.45 ~ 5.40)	<0.001	2.89 (2.19 ~ 3.82)	<0.001
T1	1		1		1	
T2	1.18 (0.98 ~ 1.41)	0.080	1.23 (1.02 ~ 1.48)	0.027	1.23 (1.00 ~ 1.52)	0.052
T3	2.05 (1.73 ~ 2.41)	<0.001	2.19 (1.84 ~ 2.60)	<0.001	2.13 (1.75 ~ 2.60)	<0.001

注: CysC 为胱抑素 C, 按三分位分为 T1 <0.9 mg/L, T2 为 0.9~1.05 mg/L, T3 >1.05 mg/L; 以 T1 组为参照, 模型 1 未调整混杂因素, 模型 2 调整性别、居住地、教育程度、婚姻状况, 模型 3 在模型 2 的基础上调整吸烟、饮酒、体质指数、自评健康状况。

2.3 CysC 水平与衰弱的剂量-反应关系 限制性立方样条分析结果显示, 在调整性别、婚姻状况、教育状况、居住地、吸烟和饮酒、体质指数、自评健康状况后, CysC 水平与衰弱发生风险存在非线性关系, 呈近似“J”型曲线关系(P_{非线性} = 0.006), 见图 1。拐点分析结果显示, 当 CysC 水平 ≥1.05 mg/L 时, 随着 CysC 水平的升高, 衰弱风险显著增加。见表 3。

2.4 亚组分析 以 CysC 三分位数分组, 调整混杂因素后, 纳入性别、年龄、婚姻状况、受教育水平、BMI 进

表 3 血清 CysC 水平与衰弱指数的阈值效应分析

Table 3 Threshold effect analysis for the relationship between CysC and frailty index

项目	Adjusted OR (95% CI)	P 值
拐点 (K)	1.050	
CysC <1.05 mg/L	1.616 (0.736 ~ 3.550)	0.232
CysC ≥1.05 mg/L	3.477 (1.822 ~ 6.422)	<0.001
对数似然比检验		0.022

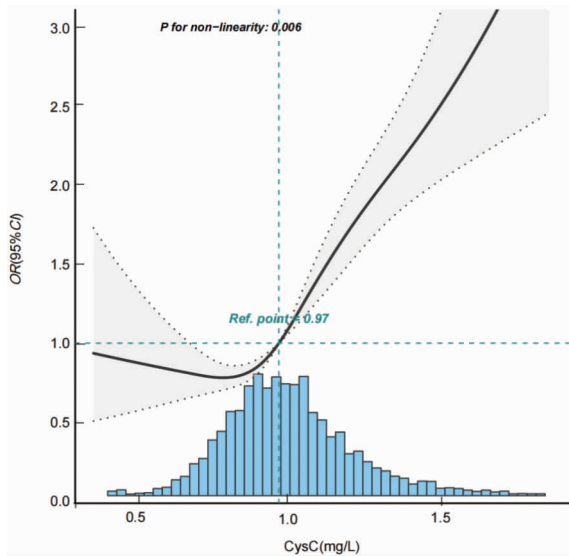


图 1 血清 CysC 水平与衰弱发生风险的限制性立方样条图

Fig. 1 Restricted cubic spline plot of the relationship between serum CysC levels and the risk of frailty

行亚组分析。多因素 logistic 回归模型分析结果显示,年龄与 CysC 水平对衰弱之间有交互作用,在 45 ~ 65 岁分层中,T3 水平较 T1 水平衰弱风险增加 1.07 倍,在 ≥65 岁分层中,T3 和 T1 水平衰弱风险比较,差异无统计学意义。在不同性别、婚姻状态、受教育程度及不同 BMI 水平的人群中,T3 和 T1 水平衰弱风险比较,差异均有统计学意义,结果稳定。见表 4。

3 讨论

本研究选取 2011 年 CHARLS 数据,探讨了 CysC 与衰弱发生风险的关系。我们将 CysC 三分位数分组进行多因素 logistic 回归模型分析,结果显示,CysC 最高组(T3 组)引起衰弱风险是 CysC 水平最低组(T1 组)的 2.13 倍。此外,采用限制性立方样条函数和阈值效应探讨了 CysC 水平与衰弱发生风险的剂量 - 反

表 4 CysC 水平与衰弱的亚组分析 [OR(95% CI)]

Table 4 Subgroup analysis of CysC levels and frailty [OR (95% CI)]

因素	T1	T2	T3	<i>P</i> _{交互} 值
性别				0.492
男	1	1.07(0.76 ~ 1.49)	1.92(1.43 ~ 2.57)	
女	1	1.33(1.06 ~ 1.67)	2.27(1.82 ~ 2.83)	
年龄(岁)				<0.001
45 ~ 65	1	1.26(1.00 ~ 1.59)	2.07(1.63 ~ 2.63)	
≥65	1	0.73(0.51 ~ 1.04)	0.92(0.68 ~ 1.26)	
婚姻状况				0.299
未婚/离异/丧偶	1	1.01(0.61 ~ 1.68)	1.59(1.03 ~ 2.44)	
已婚	1	1.29(1.05 ~ 1.58)	2.35(1.93 ~ 2.85)	
教育状况				0.161
高中以下	1	1.24(1.02 ~ 1.50)	2.12(1.77 ~ 2.54)	
高中及以上	1	1.24(0.50 ~ 3.07)	4.05(1.81 ~ 9.05)	
BMI(kg/m ²)				0.655
低体重	1	1.10(0.44 ~ 2.77)	2.44(1.07 ~ 5.53)	
正常体重	1	1.13(0.84 ~ 1.52)	1.94(1.48 ~ 2.56)	
超重/肥胖	1	1.39(1.03 ~ 1.87)	2.42(1.82 ~ 3.23)	

注:CysC 为胱抑素 C,按三分位分为 T1 < 0.9 mg/L,T2 为 0.9 ~ 1.05 mg/L,T3 > 1.05 mg/L;以 T1 为参照;低体重、正常体重、超重/肥胖分别为 < 18.5 kg/m²、18.5 ~ 24.0 kg/m²、≥24.0 kg/m²。

应关系,二者呈近似“J”型曲线关系,当 CysC 水平 ≥ 1.05 mg/L 时,随着 CysC 的升高,衰弱指数显著增加。

越来越多的研究表明 CysC 水平和衰弱发生风险密切相关^[14-15]。一项前瞻性队列研究表明,胱抑素 C 不仅是早期肾损伤的灵敏指标,而且可以作为评估衰弱和身体功能下降的风险标志物^[16]。印度一项针对 65 岁以上人群的横断面研究表明较高的胱抑素 C 水平与更高的衰弱风险显著相关^[17]。但这些研究仅针对 65 岁以上的人群,而本研究纳入了 45 岁以上的人群,提高了对 45 ~ 65 岁人群衰弱的风险的认识。

此外,美国一项基于 67 岁及以上老年男性的前瞻性研究发现,较高的 CysC 水平与衰弱风险和死亡率增加相关,CysC 水平可作为衰老研究生物标志物^[18]。包括这项研究在内的多数研究使用衰弱表型评估衰弱,而本研究中使用 FI 评估衰弱,FI 包含更多的维度,可以更全面地反映衰弱程度。因此,本研究以更全面的衰弱评估方案,在更广泛的人群中探讨了胱抑素 C 与衰弱风险的相关性。

衰弱是一种年龄相关的临床综合征,目前关于衰弱风险的研究集中在 65 岁以上的老年人群,这个人群中因为年龄增长、肌少症、营养摄入等因素共同影

响,衰弱发生风险显著增加^[19-20]。但目前 65 岁以下人群衰弱危险因素的研究较少,本研究采用 65 岁作为分界值进行亚组分析,结果显示,年龄与 CysC 水平对衰弱有交互作用,在小于 65 岁人群中,随着 CysC 水平的升高,衰弱风险显著增加。而在大于 65 岁的人群中,这种量效关系差异没有统计学意义。这表明不同人群对 CysC 与衰弱的关联有不同的敏感性,早期暴露于高水平 CysC 的中年人群有更高的衰弱风险,提示我们在中年人群中制定相关筛查和干预方案的必要性。出现这种结果可能有两个原因:(1)与中年人群相比,老年人衰弱的危险因素更多,比如高龄、营养不良、认知障碍、肌少症等^[21-22],这些都降低了 CysC 的独立作用。(2)在中年人群中,在不伴有上述衰弱的危险因素时,高水平 CysC 对衰弱的独立作用更显著。这提示临床,在 <65 岁的中年群体中,CysC 水平可作为衰弱的可靠预测指标。

目前,CysC 增加衰弱风险的相关机制尚不明确,炎症反应和肥胖参与了这个过程^[23]:(1)CysC 水平升高会增加肥胖发生风险^[24],肥胖降低生长激素和睾酮的水平,从而影响肌肉质量导致衰弱发生^[25](2)CysC 水平升高引起的衰弱可能归因于炎症反应^[26]。有研究表明较高的 CysC 水平会伴随 C 反应蛋白(CRP)水平升高,引发炎症反应,而炎症状态会引发免疫功能和肌肉质量下降,进而导致衰弱^[27]。

本研究是一项基于全国人群的临床研究,具有全国代表性并且样本量较大。此外,本研究补充了国内关于 65 岁以下人群 CysC 水平与衰弱发生风险的证据,为中老年人衰弱的预防和控制提供了新的思路。但同样存在以下局限性:衰弱评估包含的 32 项内容通过问卷调查获得,可能存在信息偏倚;本研究使用 CHARLS 数据库 2011 年的数据进行横断面研究,由于没有 2018 年血清 CysC 数据因此无法进行 CysC 与衰弱发生风险的因果关系推断。未来需要进行队列研究,进一步明确 CysC 与衰弱之间的因果关系。

综上所述,CysC 水平与衰弱发生风险密切相关,较高的 CysC 水平增加衰弱的发生风险,CysC 水平与衰弱指数呈近似“J”型曲线关系,CysC 可以作为中老年人衰弱患病的预测指标。未来应进一步研究 CysC 水平与衰弱发生风险之间潜在的作用机制。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 周巧学,周建荣,库敏,等. 社区高龄老年人衰弱状况及影响因素的研究[J]. 护理学杂志,2019,34(21):68-72.
Zhou QX, Zhou JR, Ku M, et al. Prevalence and influencing factors of frailty among the oldest old in community[J]. Journal of

Nursing Science, 2019, 34(21): 68-72.
[2] Hoogendijk EO, Afilalo J, Ensrud KE, et al. Frailty: implications for clinical practice and public health [J]. Lancet, 2019, 394(10206): 1365-1375.
[3] Vermeiren S, Vella - Azzopardi R, Beckwée D, et al. Frailty and the prediction of negative health outcomes: a Meta - Analysis [J]. Journal of the American Medical Directors Association, 2016, 17(12): 1163.e1-1163.e17.
[4] Yang XB, Lupón J, Vidán MT, et al. Impact of frailty on mortality and hospitalization in chronic heart failure: a systematic review and Meta - Analysis [J]. Journal of the American Heart Association, 2018, 7(23): e008251.
[5] Dent E, Martin FC, Bergman H, et al. Management of frailty: opportunities, challenges, and future directions [J]. Lancet, 2019, 394(10206): 1376-1386.
[6] 郭茜,曹树刚,夏明武,等. 胱抑素 C 与心脑血管疾病[J]. 国际脑血管病杂志,2016,24(8):751-755.
Guo Q, Cao SG, Xia MW, et al. Cystatin C and cardiocerebrovascular diseases [J]. International Journal of Cerebrovascular Diseases, 2016, 24(8): 751-755.
[7] Shlipak MG, Matsushita K, Ärnlöv J, et al. Cystatin C versus creatinine in determining risk based on kidney function [J]. New England Journal of Medicine, 2013, 369(10): 932-943.
[8] Hart A, Paudel ML, Taylor BC, et al. Cystatin C and frailty in older men [J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2013, 61(9): 1530-1536.
[9] Shi XT, Wang S, Hu JQ, et al. Relationship of frailty with kidney function in adults more than 60 - Years - Old: effect of using different formulas to estimate glomerular filtration rate [J]. Clinical Interventions in Aging, 2023, 18: 999-1007.
[10] Sha TT, Yan Y, Cheng WW. Associations of childhood socioeconomic status with mid - life and late - life cognition in Chinese middle - aged and older population based on a 5 - year period cohort study [J]. International Journal of Geriatric Psychiatry, 2018, 33(10): 1335-1345.
[11] Zhao YH, Hu YS, Smith JP, et al. Cohort profile: the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) [J]. International Journal of Epidemiology, 2014, 43(1): 61-68.
[12] He D, Qiu YW, Yan MS, et al. Associations of metabolic heterogeneity of obesity with frailty progression: Results from two prospective cohorts [J]. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 2023, 14(1): 632-641.
[13] Fan JN, Yu CQ, Guo Y, et al. Frailty index and all - cause and cause - specific mortality in Chinese adults: a prospective cohort study [J]. The Lancet. Public Health, 2020, 5(12): e650-e660.
[14] McAdams - Demarco M, Chu NM, Segev DL. Differences between cystatin C - and creatinine - based estimated GFR - Early evidence of a clinical marker for frailty [J]. American Journal of Kidney Diseases, 2020, 76(6): 752-753.
[15] Potok OA, Ix JH, Shlipak MG, et al. The difference between cystatin C - and Creatinine - Based estimated GFR and associations with frailty and adverse outcomes: a cohort analysis of the systolic blood pressure intervention trial (SPRINT) [J]. American Journal of Kidney Diseases, 2020, 76(6): 765-774.
[16] Li CL, Ma YJ, Yang C, et al. Association of cystatin C kidney function measures with long - term Deficit - Accumulation frailty

- trajectories and physical function decline [J]. JAMA Network Open, 2022, 5(9): e2234208.
- [17] Gunasekaran V, Dey S, Chakrawarty A, et al. Raised serum cystatin C can be a potential biomarker of frailty detected by cumulative deficit model[J]. Aging Medicine, 2018, 1(2): 149 - 153.
- [18] Hart A, Blackwell TL, Paudel ML, et al. Cystatin C and the risk of frailty and mortality in older men [J]. The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences, 2017, 72(7): 965 - 970.
- [19] 刘俊鑫, 魏源, 周锦辉, 等. 中国 9 个长寿地区 ≥ 65 岁老年人超敏 C 反应蛋白水平与虚弱及其组分的关联研究[J]. 中华预防医学杂志, 2023, 57(5): 626 - 633.
- Liu JX, Wei Y, Zhou JH, et al. Association of hs - CRP with frailty and its components among the elderly over 65 years old in 9 longevity areas of China [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2023, 57(5): 626 - 633.
- [20] 鞠爱鹏, 周锦辉, 顾珩, 等. 中国 80 岁及以上老年人体重指数、腰围与虚弱的关联研究[J]. 中华预防医学杂志, 2022, 56(11): 1584 - 1590.
- Ju AP, Zhou JH, Gu H, et al. Association of body mass index and waist circumference with frailty among People aged 80 years and older in Chinese [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2022, 56(11): 1584 - 1590.
- [21] 林丽玉, 许丽春, 张鑫, 等. 老年认知衰弱的危险因素 Meta 分析 [J]. 现代预防医学, 2022, 49(9): 1653 - 1658.
- Lin LY, Xu LC, Zhang X, et al. Meta - analysis of risk factors of cognitive frailty in the elderly [J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(9): 1653 - 1658.
- [22] 吴慧敏, 罗艳艳, 姚桂英, 等. 社区老年人认知衰弱与自我感知老化的关系研究 [J]. 现代预防医学, 2021, 48(21): 3940 - 3944, 3978.
- Wu HM, Luo YY, Yao GY, et al. Association between cognitive frailty and self - perceptions of ageing in community - dwelling elderly [J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(21): 3940 - 3944, 3978.
- [23] Stevens LA, Schmid CH, Greene T, et al. Factors other than glomerular filtration rate affect serum cystatin C levels [J]. Kidney International, 2008, 75(6): 652 - 660.
- [24] Marmarinos A, Garoufi A, Panagoulia A, et al. Cystatin - C levels in healthy children and adolescents: Influence of age, gender, body mass index and blood pressure [J]. Clinical Biochemistry, 2016, 49(1 - 2): 150 - 153.
- [25] Chu LW, Tam S, Kung AWC, et al. Serum total and bioavailable testosterone levels, central obesity, and muscle strength changes with aging in healthy Chinese men [J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2008, 56(7): 1286 - 1291.
- [26] Knight EL, Verhave JC, Spiegelman D, et al. Factors influencing serum cystatin C levels other than renal function and the impact on renal function measurement [J]. Kidney International, 2004, 65(4): 1416 - 1421.
- [27] Clegg A, Young J, Iliffe S, et al. Frailty in elderly People [J]. Lancet, 2013, 381(9868): 752 - 762.

收稿日期: 2023-10-11

(上接第 1117 页)

- Cheng YG, Yue ZF, Dou Y, et al. Supervision requirements, problems and suggestions for safety inspection and supervision of imported food [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(21): 8112 - 8118.
- [6] 陈孟裕, 赵明刚, 焦阳, 等. 进口食品安全口岸监管相关问题研究 [J]. 中国标准化, 2022, (23): 58 - 62.
- Chen MY, Zhao MG, Jiao Y, et al. Research on the ports supervision of import food safety [J]. China Standardization, 2022, (23): 58 - 62.
- [7] 腾克, 王震. 数据挖掘在进口食品质量安全检测中的运用分析 [J]. 当代化工研究, 2021, (20): 47 - 48.
- Teng K, Wang Z. Application analysis of data mining in quality and safety inspection of imported food [J]. Modern Chemical Research, 2021, (20): 47 - 48.
- [8] 朱战国, 李子键. 来源国形象对消费者进口食品态度的影响 [J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2017, 16(5): 113 - 123.
- Zhu ZG, Li ZJ. Multidimensional Country - of - Origin image on imported food of consumer attitude [J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2017, 16(5): 113 - 123.
- [9] 韩树文. 《商品名称及编码协调制度》及其在我国的应用 [J]. 条码与信息系统, 2010, (1): 34 - 35.
- Han SW. Harmonized commodity Name and code system》and its application in China [J]. Bar Code & Information System, 2010, (1): 34 - 35.
- [10] 杨鹏. 磷酸盐在烘焙食品、海产品及肉制品中的应用研究 [J]. 中国食品, 2022, (4): 141 - 143.
- Yang P. Application study of phosphate salts in baking, seafood&meat products [J]. China Food, 2022, (4): 141 - 143.
- [11] 张丽, 汪霞丽, 张继红. 湖南省部分食品中二氧化硫残留量风险情况分析 [J]. 现代食品, 2023, 29(14): 203 - 206.
- Zhang L, Wang XL, Zhang JH. Analysis on the risk situation of Sulfur dioxide residues in Some foods in Hunan province [J]. Modern Food, 2023, 29(14): 203 - 206.
- [12] 邵宏宏, 周秀锦, 相兴伟, 等. 4 种海产品冷藏期间挥发性盐基氮和生物胺含量变化 [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(9): 2794 - 2801.
- Shao HH, Zhou XJ, Xiang XW, et al. Changes in total volatile basic Nitrogen and biogenic amines in 4 kinds of Marine products during refrigerated storage [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(9): 2794 - 2801.
- [13] 刘倍汐, 邓艳, 邵秀红, 等. 水产品中重金属污染现状及其重金属去除技术的研究现状 [J]. 广州化工, 2023, 51(2): 187 - 189, 223.
- Liu BX, Deng Y, Tai XH, et al. Current status of heavy metal pollution in aquatic products and its heavy metal removal technology [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2023, 51(2): 187 - 189, 223.
- [14] 李苗, 马月皎, 李建成. 动物产品中莱克多巴胺的残留检测研究进展 [J]. 中国兽药杂志, 2022, 56(5): 69 - 79.
- Li M, Ma YJ, Li JC. A review of the development of residue detection for ractopamine in animal products [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2022, 56(5): 69 - 79.

收稿日期: 2023-11-28