

# 中国8个长寿地区65岁及以上老年人慢性肾脏病的6年发生风险预测

周锦辉<sup>1</sup> 魏源<sup>1,2</sup> 吕跃斌<sup>1</sup> 段俊<sup>1,3</sup> 康琪<sup>1,2</sup> 王蛟男<sup>1</sup> 石婉荧<sup>1</sup> 殷召雪<sup>4</sup> 赵峰<sup>1</sup>  
曲英莉<sup>1</sup> 刘玲<sup>1</sup> 刘迎春<sup>1</sup> 曹兆进<sup>1</sup> 施小明<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所,北京 100021; <sup>2</sup>吉林大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学教研室,长春 130012; <sup>3</sup>安徽医科大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学系,合肥 230032; <sup>4</sup>中国疾病预防控制中心慢病和老龄健康管理处,北京 102206

通信作者:施小明, Email:shixm@chinacdc.cn

**【摘要】 目的** 建立适用于中国 $\geq 65$ 岁老年人慢性肾脏病(CKD)的发生风险预测工具。**方法** 基于前瞻性队列研究,收集来自“中国老年健康影响因素跟踪调查”子队列—“老年健康生物标志物队列研究”2008/2009年至2014年和2012年至2017/2018年3 742名研究对象的数据,对基线未患CKD的1 055人追踪2次肾功能结局,使用Lasso方法筛选预测因素,采用Cox比例风险回归模型构建CKD发生风险预测模型并通过列线图工具实现模型可视化。采取bootstrap 1 000次重复抽样的方法进行内部验证,并使用C指数和校准曲线评估模型的性能。**结果** 研究对象年龄为 $(80.8 \pm 11.4)$ 岁。经过4 797人年随访,262例(24.8%)研究对象发生CKD。年龄、BMI、性别、文化程度、婚姻状况、退休金或保险、高血压、血尿酸、血尿素氮、TC和基线肾小球滤过率因素纳入6年CKD发生风险预测模型,模型校正C指数为0.766。校准曲线显示预测CKD发生概率和实际发生概率在高风险组中一致性较高,但在低风险组人群中一致性相对较差。**结论** 本研究建立的CKD发生风险预测模型性能较好,列线图可作为可视化工具用于中国 $\geq 65$ 岁老年人的6年CKD发生风险预测。

**【关键词】** 慢性肾脏病; 发生风险; 预测模型; 老年人

**基金项目:**国家自然科学基金(81872707, 81573247); 国家重点研发计划(2018YFC2000400)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.01.009

## Prediction of 6-year incidence risk of chronic kidney disease in the elderly aged 65 years and older in 8 longevity areas in China

Zhou Jinhui<sup>1</sup>, Wei Yuan<sup>1,2</sup>, Lyu Yuebin<sup>1</sup>, Duan Jun<sup>1,3</sup>, Kang Qi<sup>1,2</sup>, Wang Jiaonan<sup>1</sup>, Shi Wanying<sup>1</sup>, Yin Zhaoxue<sup>2</sup>, Zhao Feng<sup>1</sup>, Qu Yingli<sup>1</sup>, Liu Ling<sup>1</sup>, Liu Yingchun<sup>1</sup>, Cao Zhaojin<sup>1</sup>, Shi Xiaoming<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Environmental Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100021, China; <sup>2</sup>Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Jilin University, Changchun 130021, China; <sup>3</sup>Department of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei 230032, China; <sup>4</sup>Division of Non-communicable Disease and Aging Health Management, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China

Corresponding author: Shi Xiaoming, Email: shixm@chinacdc.cn

**【Abstract】 Objective** To establish a prediction model for 6-year incidence risk of chronic kidney disease (CKD) in the elderly aged 65 years and older in China. **Methods** In this prospective cohort study, we used the data of 3 742 participants collected during 2008/2009–2014 and during 2012–2017/2018 from Healthy Aging and Biomarkers Cohort Study, a sub-cohort of the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey. Two follow up surveys for renal function were successfully conducted for 1 055 participants without CKD in baseline survey. Lasso method was used for the selection of risk factors. The risk prediction model of CKD was established by using Cox proportional hazards regression models and visualized through nomogram tool. Bootstrap method (1 000 resample) was used for internal validation, and the performance of the model was assessed by C-index and calibration curve. **Results** The mean age of participants was  $(80.8 \pm 11.4)$  years. In 4 797 person years

of follow up, CKD was found in 262 participants (24.8%). Age, BMI, sex, education level, marital status, having retirement pension or insurance, hypertension prevalence, blood uric acid, blood urea nitrogen and total cholesterol levels and estimated glomerular filtration rate in baseline survey were used in the model to predict the 6-year incidence risk of CKD in the elderly. The corrected C-index was 0.766, the calibration curve showed good consistence between predicted probability and observed probability in high risk group, but relatively poor consistence in low risk group. **Conclusion** The incidence risk prediction model of CKD established in this study has a good performance, and the nomogram can be used as visualization tool to predict the 6-year risk of CKD in the elderly aged 65 years and older in China.

**【Key words】** Chronic kidney disease; Incidence risk; Prediction model; Elderly

**Fund programs:** National Natural Science Foundation of China (81872707, 81573247); National Key Research and Development Program of China (2018YFC2000400)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.01.009

慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)具有患病率高、知晓率低、预后差和医疗费用高等特点<sup>[1]</sup>。横断面研究显示中国 $\geq 18$ 岁成年人CKD的患病率为10.8%,在 $\geq 70$ 岁老年人中则高达18.5%,但患者的知晓率仅为10.0%左右<sup>[2]</sup>。既往研究表明CKD常与多种疾病并发,如高血压和糖尿病等,中国约有2 430万以上的人同时患有糖尿病和CKD<sup>[3-4]</sup>。目前国内外开展的CKD发生风险预测模型研究证实年龄、性别、文化程度、高血压、糖尿病、血尿酸、血尿素氮和血脂等指标均与CKD的发生密切相关<sup>[5-9]</sup>。CKD发生发展与研究人群的年龄和种族关系密切<sup>[2,10]</sup>。为进一步识别影响健康长寿的关键因素和生物标志物、促进老年健康研究与成果应用<sup>[11]</sup>,本研究利用以社区为基础的“中国老年健康影响因素跟踪调查”(Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey)子队列—“老年健康生物标志物队列研究”(Healthy Aging and Biomarkers Cohort Study, HABCS)的调查数据,建立适用于中国 $\geq 65$ 岁老年人的6年CKD发生风险预测工具。

## 对象与方法

1. 研究对象:数据来源于HABCS 2008/2009年至2014年和2012年至2017/2018年调查资料,HABCS在8个长寿地区开展,包括广东省佛山市、广西壮族自治区永福县、海南省澄迈县、河南省夏邑县、湖北省钟祥市、湖南省麻阳县、山东省莱州市和江苏省如东县。本研究为前瞻性队列研究,2008/2009年和2012年基线调查分别在2008年5月至2009年6月和2012年5—9月完成,随访完成时间分别为2014年9月和2018年9月,随访时间为(4.5 $\pm$ 1.3)年。基线调查3 742人(2008/2009年2 035人和2012年1 707人),排除 $< 65$ 岁人群657人,基线未测量血肌酐者155人,第一次随访死亡或失访1 289人,第一次随访未测量血肌酐者92人,基线CKD患者

494人,最终纳入1 055名基线未患CKD的 $\geq 65$ 岁老年人。该研究通过北京大学伦理委员会审查(批准文号:IRB00001052-13074),所有参与调查的研究对象或其代理亲属均签署知情同意书,研究的详细介绍参见文献[12]。

2. 数据收集:HABCS调查通过面对面访谈收集研究对象的一般人口学特征、吸烟和饮酒情况、身体活动情况等指标,并收集自报糖尿病、高血压、心脏病和脑卒中等疾病的患病情况。通过体格检查测量血压、身高和体重。并收集血液和尿液样本进行实验室检测,血红蛋白水平在现场完成测定,FPG、血肌酐、血尿素氮、TC、TG和血尿酸等指标由首都医科大学临床检验中心使用商业诊断试剂(德国罗氏诊断公司)在日本Hitachi 7180全自动生化分析仪上(日本Hitachi公司)统一检测<sup>[13]</sup>。

3. CKD诊断标准:基于血清肌酐水平,参照文献[14-15]估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)。依据中国2017年发布的《慢性肾脏病筛查、诊断及防治指南》和美国肾脏病基金会“肾脏病预后质量倡议”(Kidney Disease Outcomes Quality Initiative),将 $eGFR \leq 60 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$ 判定为患有CKD<sup>[1,16]</sup>。

4. 预测指标定义:研究对象BMI通过体格检查测量的身高和体重计算;由于研究对象多数未接受过正式教育,因此将接受过教育1年及以上者的文化程度定义为“接受过教育”,否则定义为“未接受过教育”;通过问题“您现在的婚姻状况是?”来判断婚姻状况,如果回答“已婚,并且与配偶住在一起”则定义为“有配偶”,否则定义为“无配偶”;通过问题“您目前有哪些社会保障和商业保险?”判断是否有退休金或保险,如果回答有则定义为“是”,否则定义为“否”;血压由专业医生在研究对象静坐休息间隔测量2次取平均值,高血压诊断依据《中国老年高血压管理指南2019》<sup>[17]</sup>,将 $SBP \geq 140 \text{ mmHg}$

(1 mmHg=0.133 kPa)和(或)DBP $\geq$ 90 mmHg,或曾明确诊断高血压且正在接受降压药物治疗的老年人定义为患高血压;eGFR [ $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$ ]根据基线的三分位数分为最低(60.0~72.8)、中间(72.9~84.0)和最高( $>84.0$ )3组。

5. 统计学分析:连续变量分布用 $\bar{x}\pm s$ 描述,分类变量分布用例数和百分比(%)描述。发生CKD和未发生CKD老年人基线特征的差异使用 $t$ 检验和 $\chi^2$ 检验进行比较,预测因素的内部差异使用 $Z$ 检验进行比较。研究基于已有文献或指南中已知的CKD危险因素,通过Lasso方法<sup>[18]</sup>对研究收集的人口学特征、生活方式、体格检查和实验室检测指标进行变量筛选,将纳入的预测因素用于Cox比例风险模型建立并使用列线图工具进行可视化,使用bootstrap 1 000次重复抽样方法进行模型的内部验证<sup>[19]</sup>,分别使用C指数和校准曲线进行预测模型的区分能力和校准度性能评估。C指数在0.5~1.0之间,值越高则代表区分能力越好,如果值为0.5代表无区分能力,值为1.0则代表区分能力非常好。校准曲线是根据6年CKD发生风险将研究对象分为10组,分别计算不同风险组CKD发生的平均预测概率和实际概率,判断预测结果和实际结果的一致性程度。列线

图最上方的“分数”项是评分尺,下方为对应的预测因素。根据每个因素的位置在评分尺中查询对应的得分,并累加所有因素的得分计算总分,在“总分”项查询分数的位置后查看该分值对应的“预测6年CKD发生风险”,即可获得未来6年发生CKD的预测概率。所有分析使用R语言软件3.5.3版本(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)完成,用到的软件包为“survival”“rms”“glmnet”和“pec”。双侧检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

1. 基本情况:共纳入研究对象1 055人,年龄为(80.8 $\pm$ 11.4)岁,51.0%为男性。经过4 797人年随访,共262人(24.8%)发生CKD,随访期间CKD发生率为54.6/1 000人年。除TC、BMI和血尿素氮以外,发生CKD组和未发生CKD组基线特征差异均有统计学意义,见表1。年龄较高、女性、接受过教育、无配偶、无退休金或保险、患高血压、血尿酸较高和基线eGFR较低的研究对象未来6年内发生CKD的风险较高。发生CKD组eGFR最低三分位数组比例占55.7%,最高三分位数组占10.3%;而未发生CKD组

表1 中国8个长寿地区1 055名老年人基线特征

基线特征	合计( $n=1\ 055$ )	未发生CKD( $n=793$ )	发生CKD( $n=262$ )	$P$ 值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )	80.8 $\pm$ 11.4	79.0 $\pm$ 11.0	86.4 $\pm$ 11.02	<0.001
性别				<0.001
男	538(51.0)	434(54.7)	104(39.7)	
女	517(49.0)	359(45.3)	158(60.3)	
文化程度				0.018
接受过教育	453(42.9)	357(45.0)	96(36.6)	
未接受过教育	602(57.1)	436(55.0)	166(63.4)	
婚姻状况				<0.001
有配偶	518(49.1)	439(55.4)	79(30.2)	
无配偶	537(50.9)	354(44.6)	183(69.8)	
退休金或保险				0.036
有	441(41.8)	346(43.6)	95(36.3)	
无	614(58.2)	447(56.4)	167(63.7)	
高血压				0.001
是	529(50.1)	374(47.2)	155(59.2)	
否	526(49.9)	419(52.8)	107(40.8)	
血尿酸( $\mu\text{mol/L}$ , $\bar{x}\pm s$ )	26.2 $\pm$ 7.57	25.75 $\pm$ 7.49	27.55 $\pm$ 7.67	0.001
TC( $\text{mmol/L}$ , $\bar{x}\pm s$ )	4.09 $\pm$ 1.14	4.08 $\pm$ 1.17	4.11 $\pm$ 1.07	0.778
BMI( $\text{kg/m}^2$ , $\bar{x}\pm s$ )	21.53 $\pm$ 3.74	21.54 $\pm$ 3.76	21.48 $\pm$ 3.70	0.805
血尿素氮( $\text{mmol/L}$ , $\bar{x}\pm s$ )	6.22 $\pm$ 1.66	6.17 $\pm$ 1.63	6.37 $\pm$ 1.76	0.102
eGFR [ $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$ ]				<0.001
最低三分位数组	352(33.4)	206(26.0)	146(55.7)	
中间三分位数组	351(33.2)	262(33.0)	89(34.0)	
最高三分位数组	352(33.4)	325(41.0)	27(10.3)	

注:CKD:慢性肾脏病;eGFR:估算肾小球滤过率

eGFR最低三分位数组比例占26.0%,最高三分位数组比例占41.0%。见表1。

2. 预测模型情况:多因素分析结果显示,女性、接受过教育、患有高血压,以及基线年龄、BMI、血尿酸和血尿素氮较高的老年人未来6年CKD发生风险升高;而有配偶、有退休金或保险,以及基线TC水平高、eGFR水平较高的老年人未来6年CKD发生风险下降。见表2。此外,本研究发现基线eGFR和文化程度、保险或退休金存在交互作用,基线eGFR最低、接受过教育但无保险或退休金的老年人未来6年发生CKD的风险最高;基线eGFR最高、未接受过教育的老年人,无论是否有保险或退休金,其未来6年发生CKD的风险都较低。见图1。

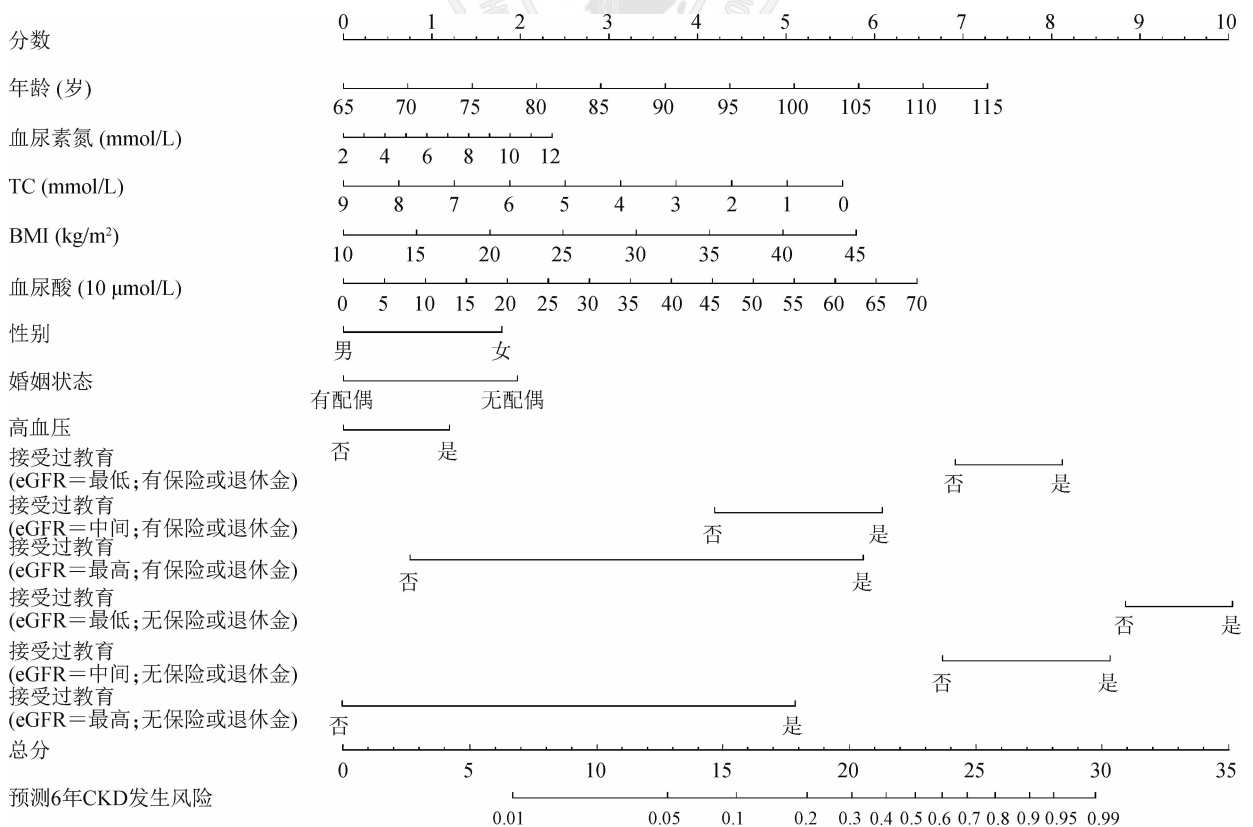
研究基于Cox比例风险模型中的因素建立了列线图预测工具,年龄、血尿酸、BMI、TC以及eGFR在预测未来6年CKD发生风险上起到了最主要的作用。通过列线图能够计算各因素的得分,并统计总分用于预测中国≥65岁老年人未来6年发生CKD的概率,见图1。本研究利用C指数对预测工具的区分能力进行评估,利用bootstrap 1 000次重复抽样进

表2 Cox比例风险模型中CKD发生风险预测因素

因素	系数	HR值(95%CI)
年龄(/岁)	0.036	1.04(1.02 ~ 1.05) <sup>a</sup>
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	0.037	1.04(1.00 ~ 1.07) <sup>b</sup>
女性	0.449	1.57(1.13 ~ 2.18) <sup>c</sup>
接受过教育	0.486	1.63(1.16 ~ 2.27) <sup>c</sup>
有配偶	-0.479	0.62(0.45 ~ 0.85) <sup>c</sup>
有退休金或保险	-0.415	0.66(0.50 ~ 0.87) <sup>c</sup>
高血压	0.230	1.34(1.04 ~ 1.72) <sup>b</sup>
血尿酸(/10 μmol/L)	0.021	1.02(1.00 ~ 1.04) <sup>b</sup>
TC(/mmol/L)	-0.146	0.86(0.77 ~ 0.97) <sup>c</sup>
血尿素氮(/mmol/L)	0.049	1.05(0.98 ~ 1.13) <sup>d</sup>
基线eGFR		
最低三分位数组		1.00
中间三分位数组	-0.495	0.61(0.47 ~ 0.80) <sup>a</sup>
最高三分位数组	-1.330	0.26(0.17 ~ 0.42) <sup>a</sup>

注:Z检验:<sup>a</sup>P<0.001; <sup>b</sup>P<0.05; <sup>c</sup>P<0.01; <sup>d</sup>P<0.1

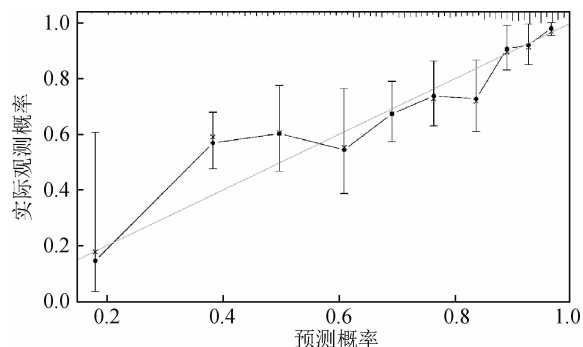
行内部验证C指数为0.772,校正后的C指数为0.766,提示模型具有较好的区分能力,能够用于预测个体未来6年是否发生CKD。校准曲线结果表明除了第2、3组预测概率较低、第7组预测概率较高外,其他各组预测概率和实际观测概率差异较小,整体趋势显示为低风险组的预测概率与实际相符程度



注:CKD:慢性肾脏病;eGFR:估算肾小球滤过率;列线图最上方的“分数”项是评分尺,下方为对应的预测因素;根据每个因素的位置在评分尺中查询对应的得分,并累加所有因素的得分计算总分,在“总分”项查询分数的位置,并查看该分值对应的“预测6年CKD发生风险”,即未来6年发生CKD的预测概率

图1 CKD 6年发生风险预测列线图

较差,高风险组的平均预测概率和实际观测概率一致性较高,见图2。



注:根据预测风险由低到高将研究对象平均分为10组,比较不同风险组的平均6年CKD发生的预测概率与实际观测概率大小并绘制折线图,如果折线图的分布与灰色直线的吻合程度较高,则提示预测概率和实际概率的一致性高

图2 预测工具内部验证的校准曲线

## 讨 论

本研究利用HABCS项目中8个长寿地区1 055名基线未患有CKD且完成2次肾功能结局随访的 $\geq 65$ 岁老年人调查数据,建立了CKD的6年发生风险列线图预测工具。该工具纳入年龄、BMI、性别、文化程度、婚姻状况、退休金或保险、高血压、血尿酸、血尿素氮、TC和基线eGFR等因素,经bootstrap 1 000次重复抽样内部验证表明该预测工具有较好的区分能力和校准度。该工具可用于评估中国 $\geq 65$ 岁老年人未来6年CKD发生的风险,可为临床治疗和实施个体化干预措施提供科学依据。

目前国内外有关CKD发生风险预测研究主要集中在 $<65$ 岁的人群。在中国台湾地区 and 山东省开展的CKD预测研究纳入对象平均年龄在39~53岁之间<sup>[5,8-9]</sup>,而美国、日本和泰国等人群中研究对象的平均年龄也均低于65岁<sup>[6-7,10,20]</sup>。上述研究的C指数或者受试者工作特征曲线下面积在0.667~0.880之间,而本研究得到校正的C指数为0.766,在 $\geq 65$ 岁老年人中模型预测能力良好。

本研究中高龄老年人、女性、高血压和高BMI人群发生CKD的风险较高,与国内外研究结果相一致<sup>[5,7,9,20]</sup>。将血尿酸和血尿素氮作为连续变量纳入分析发现随着血尿酸和血尿素氮的升高,CKD发生风险逐渐升高,与之前分组研究的结果一致<sup>[5,9]</sup>。本研究发现接受过教育的老年人CKD发生风险反而较高,与中国台湾地区的研究结论相反<sup>[8]</sup>,可能与基线eGFR和文化程度、保险或退休金存在交互作用

相关,基线eGFR最低、接受过教育但无保险或退休金的老年人未来发生CKD的风险最高;基线eGFR最高、未接受过教育的老年人,无论是否有保险或退休金,其未来发生CKD的风险都较低。此现象可能与接受过教育者生活水平更高而摄入更多的肉类相关(趋势检验 $P<0.001$ ),从而导致eGFR升高和肾脏疾病加重<sup>[21-22]</sup>。另外,可能与本研究中接受过教育者的BMI和尿酸较高、TC较低有关,而这些因素与CKD高发生风险相关联。本研究在老年人中发现TC较高者的CKD发生风险相对较低,与CKD患者中发现的TC与eGFR呈正相关、高TC老年人死亡风险较低的结果相符合<sup>[23]</sup>,也与本团队在以往研究中发现的TC和认知功能受损风险的规律一致,即存在“血脂悖论”<sup>[24]</sup>,但与平均年龄低于50岁的群体中获得的关系相反<sup>[25]</sup>。

本研究存在局限性。首先,研究人群年龄为80.8岁,部分研究对象因发生死亡而无法进一步随访CKD结局,可能造成选择偏倚;其次,因未能获取到其他队列老年人CKD发生风险随访研究数据,该预测工具未在外部数据进行验证,但本研究使用bootstrap 1 000次重复抽样的方法进行内部验证显示出模型具有较好的稳定性。

综上所述,本研究为中国 $\geq 65$ 岁老年人提供了6年CKD发生风险的列线图预测工具,能够直观地反映不同个体的CKD发生风险,在一定程度上能够为临床开展个体化预防、干预和治疗提供科学的依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] 上海慢性肾脏病早发现及规范化诊治与示范项目专家组. 慢性肾脏病筛查诊断及防治指南[J]. 中国实用内科杂志, 2017, 37(1):28-34. DOI:10.19538/j.nk2017010108. Expert Group on Early Detection, Diagnosis and Treatment System Construction of Chronic Kidney Disease in Shanghai. Guideline for screening, diagnosis, prevention and treatment of chronic kidney disease [J]. Chin J Pract Intern Med, 2017, 37(1):28-34. DOI:10.19538/j.nk2017010108.
- [2] Zhang LX, Wang F, Wang L, et al. Prevalence of chronic kidney disease in China: a cross-sectional survey [J]. Lancet, 2012, 379(9818):815-822. DOI:10.1016/S0140-6736(12)60033-6.
- [3] Tanner RM, Calhoun DA, Bell EK, et al. Prevalence of apparent treatment-resistant hypertension among individuals with CKD [J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2013, 8(9):1583-1590. DOI:10.2215/CJN.00550113.
- [4] Zhang LX, Long JY, Jiang WS, et al. Trends in chronic kidney disease in China [J]. New Engl J Med, 2016, 375(9):905-906. DOI:10.1056/NEJMc1602469.

- [5] Chien KL, Lin HJ, Lee BC, et al. A prediction model for the risk of incident chronic kidney disease[J]. *Am J Med*, 2010, 123(9): 836–846.e2. DOI: 10.1016/j.amjmed.2010.05.010.
- [6] Saranburut K, Vathesatogkit P, Chittamma A, et al. Evaluation of the Framingham Heart Study risk factors and risk score for incident chronic kidney disease at 10 years in a Thai general population[J]. *Int Urol Nephrol*, 2017, 49(5): 851–857. DOI: 10.1007/s11255-017-1530-1.
- [7] Umesawa M, Sairenchi T, Haruyama Y, et al. Validity of a risk prediction equation for CKD after 10 years of follow-up in a Japanese population; the Ibaraki prefectural health study[J]. *Am J Kidney Dis*, 2017, 71(6): 842–850. DOI: 10.1053/j.ajkd.2017.09.013.
- [8] 孙凤, 郁凯, 陶庆梅, 等. 中国台湾省35~74岁体检人群慢性肾病5年发病风险预测模型[J]. *中国预防医学杂志*, 2013, 14(1): 47–52.  
Sun F, Yu K, Tao QM, et al. Estimated risks on developing chronic kidney disease within 5 years for adults aged 35–74 based on Taiwan MJ health-checkup Database [J]. *Chin Prev Med*, 2013, 14(1): 47–52.
- [9] 周苗, 夏同耀, 孙爱玲, 等. 健康管理人群慢性肾脏病风险预测模型[J]. *山东大学学报: 医学版*, 2017, 55(6): 98–103. DOI: 10.6040/j.issn.1671-7554.0.2017.359.  
Zhou M, Xia TY, Sun AL, et al. Risk prediction model of chronic kidney disease in health management population [J]. *J Shandong Univ: Health Sci*, 2017, 55(6): 98–103. DOI: 10.6040/j.issn.1671-7554.0.2017.359.
- [10] O' Seaghdha CM, Lyass A, Massaro JM, et al. A risk score for chronic kidney disease in the general population[J]. *Am J Med*, 2012, 125(3): 270–277. DOI: 10.1016/j.amjmed.2011.09.009.
- [11] 何耀. 开展老年健康影响因素的系统研究, 推动老年健康促进行动的科学实践[J]. *中华流行病学杂志*, 2020, 41(1): 9–12. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.01.003.  
He Y. Conducting systematic researches on influencing factors for healthy ageing and promoting scientific implementation of health promotion program for the elderly [J]. *Chin J Epidemiol*, 2020, 41(1): 9–12. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.01.003.
- [12] Zeng Y. Towards deeper research and better policy for healthy aging-using the unique data of Chinese longitudinal healthy longevity survey[J]. *China Economic J*, 2012, 5(2/3): 131–149. DOI: 10.1080/17538963.2013.764677.
- [13] 殷召雪, 王静雷, 吕跃斌, 等. 中国8个长寿地区65岁及以上老年人群血浆白蛋白水平与认知功能关系的研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37(10): 1323–1326. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.10.001.  
Yin ZX, Wang JL, Lyu YB, et al. Association between serum albumin and cognitive performance in elderly Chinese [J]. *Chin J Epidemiol*, 2016, 37(10): 1323–1326. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.10.001.
- [14] Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate[J]. *Ann Intern Med*, 2009, 150(9): 604–612. DOI: 10.7326/0003-4819-150-9-200905050-00006.
- [15] Kong XL, Ma YC, Chen JH, et al. Evaluation of the Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration equation for estimating glomerular filtration rate in the Chinese population[J]. *Nephrol Dial Transpl*, 2013, 28(3): 641–651. DOI: 10.1093/ndt/gfs491.
- [16] National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification [J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 39(2 Suppl 1): S1–266.
- [17] 中国老年医学学会高血压分会, 国家老年疾病临床医学研究中心中国老年心血管病防治联盟. 中国老年高血压管理指南2019[J]. *中国心血管杂志*, 2019, 24(1): 1–23. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.001.  
China Geriatric Cardiovascular Disease Prevention and Control Alliance, National Geriatric Disease Clinical Research Center, Hypertension Branch, Chinese Geriatric Society. 2019 Chinese guidelines for the management of hypertension in the elderly [J]. *Chin J Cardiovasc Med*, 2019, 24(1): 1–23. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.001.
- [18] Zhang HH, Lu WB. Adaptive LASSO for Cox's proportional hazards model [J]. *Biometrika*, 2007, 94(3): 691–703. DOI: 10.1093/biomet/asm037.
- [19] Collins GS, Reitsma JB, Altman DG, et al. Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD Statement [J]. *BMC Med*, 2015, 13(1): 1. DOI: 10.1186/s12916-014-0241-z.
- [20] Bang H, Vupputuri S, Shoham DA, et al. Screening for Occult Renal Disease (SCORED): a simple prediction model for chronic kidney disease [J]. *Arch Intern Med*, 2007, 167(4): 374–381. DOI: 10.1001/archinte.167.4.374.
- [21] Preiss DJ, Godber IM, Lamb EJ, et al. The influence of a cooked-meat meal on estimated glomerular filtration rate [J]. *Ann Clin Biochem*, 2007, 44(1): 35–42. DOI: 10.1258/000456307779595995.
- [22] Nair S, O'Brien SV, Hayden K, et al. Effect of a cooked meat meal on serum creatinine and estimated glomerular filtration rate in diabetes-related kidney disease [J]. *Diabetes Care*, 2014, 37(2): 483–487. DOI: 10.2337/dc13-1770.
- [23] Kovesdy CP, Anderson JE, Kalantar-Zadeh K. Inverse association between lipid levels and mortality in men with chronic kidney disease who are not yet on dialysis: effects of case mix and the malnutrition-inflammation-cachexia syndrome [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2007, 18(1): 304–311. DOI: 10.1681/ASN.2006060674.
- [24] Lv YB, Yin ZX, Chei CL, et al. Low-density lipoprotein cholesterol was inversely associated with 3-year all-cause mortality among Chinese oldest old: data from the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey [J]. *Atherosclerosis*, 2015, 239(1): 137–142. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2015.01.002.
- [25] Schaeffner ES, Kurth T, Curhan GC, et al. Cholesterol and the risk of renal dysfunction in apparently healthy men [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2003, 14(8): 2084–2091.

(收稿日期: 2019-06-12)

(本文编辑: 万玉立)