

血尿酸水平与超极速脉搏波传导速度的相关性及其在性别间的差异^{*}

高慧¹ 朱正球¹ 刘福明² 邹冲³ 戴萍¹ 马学慧¹ 黄辉¹

(江苏省中医院·南京中医药大学附属医院 1. 超声医学科; 2. 心血管内科; 3. GCP 中心, 江苏 南京 210029)

【摘要】 目的 探讨血尿酸水平与超极速脉搏波传导速度(ufPWV)的相关性及其在性别间的差异。**方法** 选取 2016 年 3 月~2020 年 12 月在南京中医药大学附属医院体检人群 130 例,具有动脉粥样硬化危险因素患者 226 例,共 356 例,分别根据男女血尿酸水平的四分位数将全部人群分为 Q1、Q2、Q3、Q4 共 4 组。利用 ufPWV 技术检测颈动脉收缩起始脉搏波速度(PWV-BS)和收缩末期脉搏波速度(PWV-ES)。比较不同尿酸水平间及男性女性间 PWV-BS、PWV-ES 差异。分析血尿酸水平与年龄、BMI、eGFR 等临床资料间的相关性。应用 Logistic 回归分析血尿酸水平与 ufPWV 增高的关系。**结果** 随着血尿酸水平增高,年龄、BMI、TC、Scr、PWV-ES 及高血压患病率显著增高, eGFR、HDL 显著降低。男性血尿酸、PWV-BS 及 PWV-ES 均显著高于女性(P 分别为 <0.001 、 0.0024 、 0.0018),男性血尿酸与 PWV-BS、PWV-ES 均不相关,女性血尿酸仅与 PWV-ES 呈正相关($r=0.265$, $P<0.05$)。男性与女性血尿酸均与 BMI、TC、Scr 成显著正相关,与 HDL、eGFR 成显著负相关,并且女性相关程度大于男性。Logistic 回归显示以 Q1 组为对照,在校正了年龄、BMI、SBP、DBP、TC、TG、HDL、LDL、FBG、Scr、吸烟、高血压、糖尿病等混杂因素后,血尿酸 Q4 组可独立于上述因素成功预测 PWV-ES 增高的风险,女性(OR: 5.15, 95% CI: 1.20~22.10, $P=0.027$),全体人群(OR: 2.41, 95% CI: 1.42~5.69, $P=0.042$),但该因子预测价值不能独立于 eGFR 而存在。**结论** 血尿酸可间接反应动脉硬化的进展,同时 PWV-ES 可作为血尿酸对血管功能损伤早期无创性评估的指标;血尿酸是女性动脉粥样硬化的独立危险因素,但其预测价值具有一定的 eGFR 依赖性。

【关键词】 超极速脉搏波;血尿酸;动脉粥样硬化;颈动脉;性别

【中图分类号】 R589 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2022.12.017

Association of serum uric acid level with ultrafast pulse velocity and gender differences

GAO Hui¹, ZHU Zhengqiu¹, LIU Fuming², ZOU Chong³, DAI Ping¹, MA Xuehui¹, HUANG Hui¹

(1. Department of Ultrasound, The Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Nanjing 210029, China;

2. Department of Cardiology, The Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Nanjing 210029, China;

3. Center of Good Clinical Practice, The Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Nanjing 210029, China)

【Abstract】 Objective To explore the relationship between serum uric acid and ultrafast pulse velocity (ufPWV) and its gender difference. **Methods** A total of 356 cases were enrolled, including 130 check-up population and 226 patients with atherosclerosis risk factors. According to the quartile of serum uric acid level of male and female respectively, the whole population was divided into Q1, Q2, Q3, and Q4 groups. The initial-systolic pulse wave velocity (PWV-BS) and end-systolic pulse wave velocity (PWV-ES) of bilateral carotid artery were measured by ufPWV. The differences of PWV-BS and PWV-ES among different serum uric acid levels and between male and female were compared. The correlation between serum uric acid and clinical data was analyzed. Logistics regression was used to analyze the relationship

基金项目:江苏省第十六批“六大人才高峰”创新人才团队项目(TD-SWYY-069)

通信作者:黄辉, E-mail: szcrhh007@vip.163.com

引用本文:高慧,朱正球,刘福明,等.血尿酸水平与超极速脉搏波传导速度的相关性及其在性别间的差异[J].西部医学,2022,34(12):1807-1811. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2022.12.017

between serum uric acid level and high ufPWV. **Results** Those in the higher quartiles of serum uric acid tend to be older, had higher BMI, TC, Scr, PWV-ES and lower eGFR, HDL, had a high prevalence of hypertension. Serum uric acid, PWV-BS and PWV-ES in males were significantly higher than those in females ($P < 0.001$, 0.0024 , 0.0018 , respectively), but there was no correlation between serum uric acid and PWV-BS and PWV-ES in males, while there was a positive correlation between serum uric acid and PWV-ES in females ($r = 0.265$, $P = 0.000$). Serum uric acid was significantly positively correlated with BMI, TC and Scr, and negatively correlated with HDL and eGFR in both males and females, and the degree of correlation was greater in females than in males. Logistic regression shows Q1 as reference, after adjusted confounding factors such as age, BMI, SBP, DBP, TC, TG, HDL, LDL, FBG, Scr, smoking, high blood pressure, diabetes, Q4 can independently predict the risk of high PWV-ES of women (OR: 5.15, 95% CI: 1.20-22.10, $P = 0.027$), and all the people (OR: 2.41, 95% CI: 1.42-5.69, $P = 0.042$), but the predictive value could not be independent of eGFR. **Conclusion** There is a certain correlation between serum uric acid and PWV-ES, and there is a significant gender difference. Serum uric acid is an independent risk factor for female atherosclerosis, but its predictive value is dependent on eGFR to some extent.

[Key words] Ultrafast pulse wave velocity; Serum uric acid; Atherosclerosis; Carotid artery; Gender

高尿酸血症是一种代谢性疾病,全球发病率逐年攀升,并呈高流行、青年化趋势,已成为不容忽视的公共健康问题。高尿酸血症不仅是痛风发作的直接病因,还是高血压、动脉粥样硬化、冠心病、脑卒中独立危险因素^[1-2]。脉搏波传导速度(Pulse wave velocity, PWV)是早期检测动脉硬化的主要方法,已成为预测心血管事件发生及评估预后的重要指标。国内外已有血尿酸与臂-踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)及颈-股脉搏波传导速度(carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)相关性的报道^[3-5],然而该结论尚存在争议,并且在性别间可能存在差异。相较与传统操作繁琐且测值稳定性差的 baPWV、cfPWV 技术,超极速脉搏波(ultrafast pulse wave velocity, ufPWV)技术是目前新型的无创超极速超声成像技术^[6],利用高达 2000 帧/秒的拍照技术可实时记录颈总动脉内膜线运动轨迹,精确地测算出收缩起始脉搏波速度(PWV of beginning systole, PWV-BS)及收缩末期脉搏波速度(PWV of ending systole, PWV-ES)。目前尚缺少血尿酸与 ufPWV 相关性的报道,因此本研究旨在利用 ufPWV 对颈动脉硬化进行实时测量,从而明确血尿酸与 ufPWV 相关性及其在性别间的差异。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2016 年 3 月~2020 年 12 月在南京中医药大学附属医院体检中心、心血管内科检查或就诊并完成 ufPWV 检查的患者为研究对象共 402 例,所有入组受试者均签署知情同意书,并通过我院伦理委员会审查。排除资料不全 14 例,ufPWV 测量失败 7 例及符合排除标准受试者 25 例,最后共纳入 356 例,其中体检人群 130 例,具有动脉粥样硬化危险因素患者 226 例。排除标准:①年龄 < 20 岁。②6 个

月内发生心脑血管事件、痛风、恶性肿瘤、严重肝肾功能疾病、妊娠或哺乳。③近期服用降尿酸药物或影响尿酸代谢的降压药或利尿剂。

1.2 分组 分别根据男性、女性血尿酸水平的四分位数将人群分为四组。Q1 组:男性和女性血尿酸分别 < 284.5 $\mu\text{mol/L}$, < 212.0 $\mu\text{mol/L}$ 。Q2 组:男性血尿酸 $\geq 284.5 \mu\text{mol/L}$, 且 < 347.3 $\mu\text{mol/L}$, 女性血尿酸 $\geq 212.0 \mu\text{mol/L}$, 且 < 259 $\mu\text{mol/L}$ 。Q3 组:男性血尿酸 $\geq 347.3 \mu\text{mol/L}$, 且 < 396.2 $\mu\text{mol/L}$, 女性血尿酸 $\geq 259 \mu\text{mol/L}$, 且 < 308 $\mu\text{mol/L}$ 。Q4 组:男性和女性血尿酸分别 $\geq 396.2 \mu\text{mol/L}$, $\geq 308 \mu\text{mol/L}$ 。

1.3 临床资料收集 记录受试者的一般资料,包括年龄、性别、身高、体重指数(BMI)、收缩压(SBP)及舒张压(DBP)、空腹血糖(FBG)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL)、血尿酸(SUA)、肌酐(Scr)。采用 CKD-EPI 公式^[7]计算估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)。

1.4 ufPWV 检测 使用法国 Super Sonic Imagine AixPlorer 超声诊断仪,探头(SL2-10)频率 2~10 MHz。患者仰卧位,适当垫高颈部,先对双侧颈动脉常规二维扫查,随后选取颈总动脉较平直段,清晰显示前后壁内中膜结构。待图像稳定后,启动 ufPWV 成像系统并自动完成 ufPWV 扫描与测量,获得 PWV-BS 及 PWV-ES 见图 1。测量误差 $\Delta < 1.0 \text{ m/s}$ 视为有效测量,所有有效测量均重复 3 次,并取双侧颈总动脉平均值作为最终结果。将所有数据及图像记录并储存,待后续进一步分析。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计软件分析数据。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,不同血尿酸水平之间各因素比较采用单因素方差分析,计数资料以(%)表

示,采用 χ^2 检验进行各组间比较;男性与女性组间比较采用独立样本 t 检验;SUA与各临床资料间相关性采用Pearson's相关性分析,SUA对PWV-ES影响

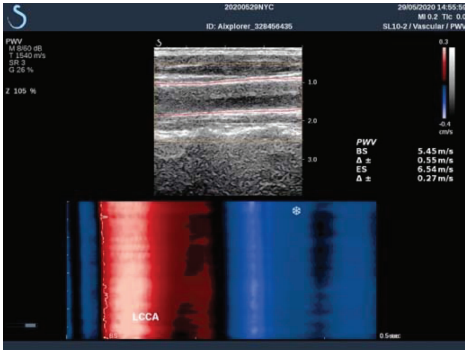


图 1 颈动脉 ufPWV 测值

Figure 1 ufPWV measurements of carotid artery

采用单因素及多因素的二元 Logistic 回归,以 PWV-ES $\geq$ PWV-ES 50%百分位(7.9 m/s)定义为增高。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同血尿酸水平之间临床资料的比较 随着血尿酸水平增高,年龄、BMI、TC、Scr、高血压患病率及PWV-ES显著增高(均 $P<0.05$),HDL、eGFR随血尿酸水平增高显著降低(均 $P<0.05$);性别、吸烟、糖尿病、SBP、DBP、TG、LDL、PWV-BS各组间比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.2 男性与女性血尿酸、PWV-BS 及 PWV-ES 的比较 男性血尿酸、PWV-BS 及 PWV-ES 均显著高于女性(P 分别为 <0.001 、 0.002 、 0.001),见图 2。

表 1 不同水平血尿酸人群临床资料比较[($\bar{x}\pm s$), $n(\times 10^{-2})$]

Table 1 Characteristics of participants according to serum uric acid quartile

参数	Q1 组($n=87$)	Q2 组($n=90$)	Q3 组($n=89$)	Q4 组($n=90$)	P
年龄(岁)	54.98 $\pm$ 13.95	50.83 $\pm$ 13.74	54.84 $\pm$ 14.12	56.98 $\pm$ 16.52	0.038
男性	45(51.72)	45(50.00)	44(49.44)	46(51.11)	0.990
BMI(kg/m ²)	22.26 $\pm$ 2.75	22.69 $\pm$ 2.68	23.61 $\pm$ 3.27	24.86 $\pm$ 3.41	<0.001
吸烟	12(13.79)	13(14.44)	8(8.99)	12(13.33)	0.497
SBP(mmHg)	123.91 $\pm$ 19.04	128.17 $\pm$ 19.66	127.08 $\pm$ 18.43	130.80 $\pm$ 20.26	0.134
DBP(mmHg)	73.64 $\pm$ 9.64	74.87 $\pm$ 10.65	73.36 $\pm$ 13.05	75.14 $\pm$ 11.80	0.652
高血压	15(17.24)	16(17.78)	23(25.84)	33(36.67)	0.007
糖尿病	5(5.75)	5(5.56)	6(6.74)	6(6.67)	0.982
TC(mmol/L)	0.95 $\pm$ 0.46	1.13 $\pm$ 0.79	1.39 $\pm$ 0.91	1.85 $\pm$ 1.44	<0.001
TG(mmol/L)	4.46 $\pm$ 0.96	4.67 $\pm$ 0.90	4.52 $\pm$ 1.06	4.78 $\pm$ 0.90	0.128
LDL(mmol/L)	2.42 $\pm$ 0.79	2.54 $\pm$ 0.62	2.51 $\pm$ 0.65	2.68 $\pm$ 0.71	0.099
HDL(mmol/L)	1.50 $\pm$ 0.37	1.48 $\pm$ 0.38	1.38 $\pm$ 0.41	1.34 $\pm$ 0.40	0.018
FBG(mmol/L)	5.26 $\pm$ 1.49	5.19 $\pm$ 1.21	5.04 $\pm$ 0.99	5.29 $\pm$ 1.25	0.525
Scr(mmol/L)	71.35 $\pm$ 29.69	67.38 $\pm$ 14.03	75.87 $\pm$ 26.87	87.04 $\pm$ 42.86	<0.001
eGFR(mL/min/1.73m ²)	96.93 $\pm$ 19.00	101.66 $\pm$ 13.92	92.03 $\pm$ 19.87	82.08 $\pm$ 22.27	<0.001
SUA(μ mol/L)	215.77 $\pm$ 43.27	279.08 $\pm$ 49.16	328.47 $\pm$ 50.44	410.12 $\pm$ 66.03	<0.001
PWV-BS(m/s)	6.53 $\pm$ 1.42	6.58 $\pm$ 1.50	6.27 $\pm$ 1.43	6.53 $\pm$ 1.39	0.452
PWV-ES(m/s)	8.62 $\pm$ 2.41	8.08 $\pm$ 2.13	8.62 $\pm$ 2.41	8.68 $\pm$ 2.41	0.049

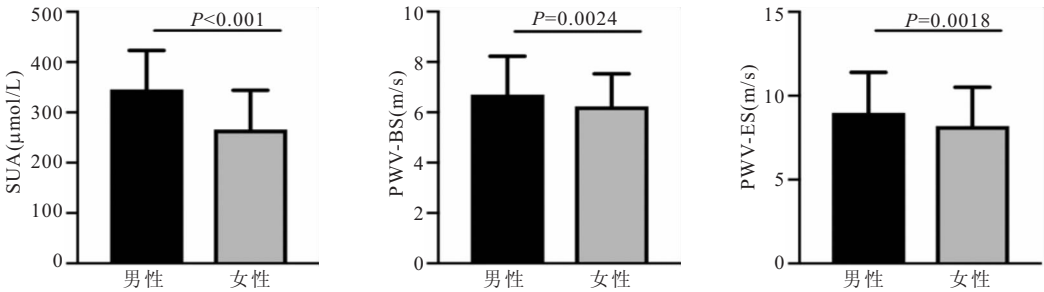


图 2 男性与女性血尿酸、PWV-BS 及 PWV-ES 的比较

Figure 2 The differences of serum uric acid, PWV-BS, PWV-ES by gender

2.3 血尿酸与各临床资料之间相关性分析 男性与女性血尿酸均与 BMI、TC、Scr 成正相关,与 HDL、eGFR 成负相关,并且女性相关程度大于男性。女性血尿酸还与年龄、LDL、PWV-ES 成正相关(分别 $r=0.288$, $P<0.001$; $r=0.168$, $P=0.026$; $r=0.265$, $P<$

0.001)。男性血尿酸与年龄、LDL、PWV-ES 无相关($P>0.05$)。男性与女性血尿酸与 SBP、DBP、TG、FBG、PWV-BS 均无相关($P>0.05$)。见表 2。

2.4 血尿酸水平与PWV-ES增高的Logistic回归分析 以PWV-ES增高与否作为因变量(以 $\geq$ PWV-

表 2 血尿酸与各临床资料之间相关性

Table 2 Correlation between serum uric acid and clinical parameters

临床资料	男性		女性	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
年龄	-0.116	0.123	0.288	<0.001
BMI(kg/m ²)	0.337	<0.001	0.355	<0.001
SBP(mmHg)	0.141	0.060	0.188	0.13
DBP(mmHg)	0.097	0.198	-0.004	0.962
TC(mmol/L)	0.305	<0.001	0.520	<0.001
TG(mmol/L)	0.041	0.584	0.123	0.104
LDL(mmol/L)	0.081	0.277	0.168	0.026
HDL(mmol/L)	-0.220	0.003	-0.282	<0.001
FBG(mmol/L)	-0.008	0.917	0.091	0.228
SCr(mmol/L)	0.331	<0.001	0.315	<0.001
eGFR(mL/min/1.73m ²)	-0.193	0.009	-0.492	<0.001
PWV-BS	-0.032	0.699	0.028	0.716
PWV-ES	0.016	0.834	0.265	<0.001

表 3 不同血尿酸水平与 PWV-ES 增高的 Logistic 回归

Table 3 Logistic regression analysis between serum uric acid and PWV-ES

		男		女		总体	
		OR	<i>P</i>	OR	<i>P</i>	OR	<i>P</i>
M1	Q1	1.0		1.0		1.0	
	Q2	0.63(0.27~1.46)	0.285	1.31(0.55~3.12)	0.535	0.89(0.49~1.61)	0.710
	Q3	0.87(0.37~2.07)	0.764	1.72(0.72~4.07)	0.216	1.19(0.66~2.16)	0.552
	Q4	1.26(0.52~3.02)	0.804	5.23(2.06~13.29)	<0.001	2.40(1.29~4.47)	0.006
M2	Q1	1.0		1.0		1.0	
	Q2	0.81(0.29~2.22)	0.688	1.40(0.45~4.34)	0.554	1.09(0.53~2.22)	0.794
	Q3	1.07(0.37~3.09)	0.899	1.47(0.46~4.65)	0.511	1.24(0.59~2.59)	0.566
	Q4	1.89(0.59~6.08)	0.282	5.15(1.20~22.10)	0.027	2.41(1.02~5.69)	0.042
M3	Q1	1.0		1.0		1.0	
	Q2	0.82(0.29~2.25)	0.700	1.40(0.45~4.34)	0.552	1.10(0.54~2.25)	0.781
	Q3	1.15(0.39~3.38)	0.790	1.38(0.43~4.44)	0.581	1.23(0.58~2.57)	0.583
	Q4	1.96(0.61~6.31)	0.257	4.46(0.99~20.08)	0.051	2.34(0.98~5.58)	0.053

注：M1：未校正；M2：校正了年龄、BMI、SBP、DBP、TC、TG、HDL、LDL、FBG、Scr、吸烟、高血压、糖尿病；M3：M2 基础上校正了 eGFR

3 讨论

尿酸是人类嘌呤化合物的终末代谢产物，有清除氧自由基和保护红细胞膜不被脂质氧化的作用；同时尿酸也是一种强氧化剂，较高的 SUA 水平能促进氧化应激，导致血管内皮细胞功能障碍、平滑肌细胞增生、炎症产生以及一氧化氮产物减少，从而促进动脉粥样硬化和血栓形成^[8]。本研究发现 PWV-ES 随着血尿酸水平的增高而增高，并且年龄、BMI、TC、Scr、PWV-ES 及高血压亦随之增高。表明血尿酸增高可促进动脉粥样硬化的发生，常伴有如高龄、高血压、脂异常、肥胖等，这些心血管病危险因素可协同血尿酸促进动脉硬化的发生和发展。

进一步通过性别间比较发现，男性血尿酸，PWV-BS、PWV-ES 均高于女性。这与雄性激素可促进尿酸的重吸收、减少排泄以及影响肝脏的嘌呤代谢过程，而雌激素可促进肾脏尿酸排泄有关。同时由于雌激

ES50%百分位数赋值为 1，以<PWV-ES50%百分位数赋值为 0)，以各临床资料为 x，在不同的血尿酸水平(Q2,Q3,Q4)分别独立分析，以 Q1 组为对照组，采用单因素及多因素 Logistic 回归分析。在女性及全体人中血尿酸 Q4 组是 PWV-ES 增高风险预测因子(分别 OR:5.23,95%CI:2.06~13.29,P<0.001;OR:2.40,95%CI:1.29~4.47,P=0.006)，并且在校正了年龄、BMI、SBP、DBP、TC、TG、HDL、LDL、FBG、Scr、吸烟、高血压、糖尿病等混杂因素后，血尿酸水平在 Q4 组可独立于上述因素成功预测 PWV-ES 增高的风险(分别 OR:5.15,95%CI:1.20~22.10,P=0.027;OR:2.41,95%CI:1.42~5.69,P=0.042)，但该因子预测价值不能独立于 eGFR 而存在，对 eGFR 有较强的依赖性。男性血尿酸与 PWV-ES 增高无相关性(P>0.05)。见表 3。

素对动脉结构和功能具有保护性作用^[9-10]，因此女性 PWV-BS、PWV-ES 均低于男性。然而，相关性分析发现男性 PWV 与血尿酸并无相关性；女性血尿酸与 PWV-ES 呈正相关，但与 PWV-BS 并不相关。说明血尿酸与 PWV 的相关性在性别间存在明显差异。进一步 Logistic 回归证实血尿酸是女性 PWV-ES 增高的独立危险因素，男性血尿酸与 PWV-ES 之间无相关性，这与 Rebora 等^[11]研究结果部分一致：有关血尿酸与 PWV 相关性的 Meta 分析，部分纳入文献在矫正混杂因素后，仅女性血尿酸与 baPWV 成正相关；而另有部分纳入文献认为血尿酸与 cfPWV 在全体人群中成正相关。

尽管血尿酸与 PWV 的相关性在不同性别间存在差异的机制仍不十分明确，但以往研究^[12-13]认为女性尿酸水平与代谢综合征及胰岛素抵抗的联系更加密切，尤其在围绝经期及绝经后女性中，随血清尿酸水

平的升高发生代谢综合征的风险明显增高。研究^[8,14]认为女性尿酸异常与肥胖、高血糖、高甘油三酯、高血压密切相关,而男性仅仅与肥胖、超重、高密度脂蛋白减低相关联。而这些因素都是常见的动脉粥样硬化危险因素,可导致显著的动脉弹性衰退。Ofori 等^[15]的研究解释了女性血尿酸的水平低于男性,但血尿酸却是女性全因死亡率和血管疾病死亡率的独立预测因子^[16]。本研究中女性与 BMI 及脂质代谢的关系较男性更加密切,且考虑到本研究女性以中老年为主,这可能是血尿酸导致女性 PWV-ES 明显增高的重要原因之一。

此外,虽然男性与女性尿酸水平都与肾功能密切相关,但在女性尿酸增高导致肾功能下降更明显,且血尿酸增高的程度是导致 eGFR 下降的独立危险因素^[16-17]。本研究中血尿酸与 eGFR 成负相关,并且女性相关程度大于男性。血尿酸增高导致肾功能减退,进而使得尿酸进一步增高,如此反复,造成恶性循环^[18]。随着肾小球滤过率的降低,导致酸碱失衡、电解质代谢紊乱、“血管保护性蛋白”(如胎球蛋白 A)缺乏,动脉弹性减退硬度增加^[19]。推测这些可能是导致女性血尿酸与 PWV-ES 相关性对 eGFR 有较强的依赖性的原因,但需要进一步研究证实。

本研究具有一定的局限性,样本量较少,研究对象是普通人群,对人群的特征无额外筛选,研究对象年龄跨度较大,对于使用的可能影响尿酸代谢的药物并未纳入研究,对研究结果可能有一定的偏差。

4 结论

血尿酸可间接反应动脉硬化的进展,同时 PWV-ES 可作为血尿酸对血管功能损伤早期无创性评估指标;血尿酸是女性动脉粥样硬化的独立危险因素,但其预测价值具有一定的 eGFR 依赖性。

【参考文献】

- GRASSI G. The European Society of Cardiology (ESC)/European Society of Hypertension (ESH) 2018 guidelines for hypertension diagnosis and treatment: New concepts and recommendations-ScienceDirect [J]. *Pharmacological Research*, 2019, 139:489-490.
- CICERO A F G, ROSTICCI M, FOGACCI F, *et al.* High serum uric acid is associated to poorly controlled blood pressure and higher arterial stiffness in hypertensive subjects[J]. *European Journal of Internal Medicine*, 2017, 37:38.
- 马为,朱赛楠,王淑玉,等.北京市社区人群血尿酸水平与肱-踝动脉脉搏波传导速度的关系[J]. *中华心血管病杂志*, 2012, 40(003):204-208.
- GOMEZ-MARCOS M A, RECIO-RODRIGUEZ J I, PATINO-ALONSO M C, *et al.* Relationship between uric acid and vascular structure and function in hypertensive patients and sex-related differences[J]. *Am J Hypertens*, 2013, 26(5):599-607.
- DING X H, WANG X, CAO R, *et al.* A higher baseline plasma uric acid level is an independent predictor of arterial stiffness: a community-based prospective study [J]. *Medicine*, 2017, 96(6):e5957.
- COUADEM, PERNOT M, MESSAS E, *et al.* Ultrafast imaging of the arterial pulse wave [J]. *IRBM*, 2011, 32(2):106-108.
- HU J W, WANG Y, CHU C, *et al.* The Relationships of the Fractional Excretion of Uric Acid with Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and Ankle Brachial Index in Chinese Young Adults [J]. *Kidney Blood Press Res*, 2018, 43(1):234-245.
- NAGAHAMA K, INOUE T, KOHAGURA K, *et al.* Associations between Serum uric acid levels and the incidence of hypertension and metabolic syndrome: a 4-year follow-up study of a large screened cohort in Okinawa, Japan [J]. *Hypertens Res*, 2015, 38(3):213-218.
- VAN MIL S R, BITER L U, VAN DE GEIJN G J M, *et al.* The effect of sex and menopause on carotid intima-media thickness and pulse wave velocity in morbid obesity[J]. *Eur Clin Invest*, 2019, 49(7):e13118.
- RHEE T M, KIM H L, OH S, *et al.* Gender difference in the association between brachial-ankle pulse wave velocity and cardiovascular risk scores [J]. *Korean Intern Med*, 2019, 34(3):539-548.
- REBORA P, ANDREANO A, TRIGLIONE N, *et al.* Association between uric acid and pulse wave velocity in hypertensive patients and in the general population: a systematic review and meta-analysis [J]. *Blood Press*, 2020, 29(4):220-231.
- ZHANG Q, ZHANG C, SONG X, *et al.* A longitudinal cohort based association study between uric acid level and metabolic syndrome in Chinese Han urban male population[J]. *BMC Public Health*, 2012, 12:419.
- 安平,王安平,闫文华,等.中老年男性及绝经前后女性中血尿酸水平与代谢综合征的关系[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2017, 33(12):1031-1037.
- ZURLO A, VERONESE N, GIANTIN V, *et al.* High serum uric acid levels increase the risk of metabolic syndrome in elderly women: The PROVA study[J]. *Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases Nmc*, 2016, 26(1):27-35.
- OFORI S N, ODIA O J. Serum uric acid and target organ damage in essential hypertension[J]. *Vasc Health Risk Manag*, 2014, 10:253-261.
- 牛敏,董莹莹,高政南,等.中老年妇女尿酸的变化程度对肾功能的影响——3 年随访研究[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2017, 33(5):392-397.
- 谢超,张胜健,谭嘉莉,等.血尿酸升高是导致肾功能下降的独立危险因素[J]. *中华肾脏病杂志*, 2019, 35(2):100-105.
- YE M, HU K, JIN J, *et al.* The association between time-mean serum uric acid levels and the incidence of chronic kidney disease in the general population: a retrospective study[J]. *BMC Nephrol*, 2018, 19(1):190.
- 李宏波,王晗,黄辉,等.超极速脉搏波技术在慢性肾病患者颈动脉弹性评价中的应用[J]. *生物医学工程与临床*, 2019, 114(6):74-77.

(收稿日期:2021-12-14;修回日期:2022-03-06;编辑:黎仕娟)