

应用营养

基于回归和分类树模型的重庆7~17岁儿童青少年高尿酸血症
影响因素分析陈京蓉^{1,2}, 罗书全², 熊鹰², 赵怡楠², 李继斌¹

(1. 重庆医科大学公共卫生与管理学院, 重庆 400016; 2. 重庆市疾病预防控制中心, 重庆 400042)

摘要:目的 了解儿童青少年高尿酸血症(HUA)的影响因素,为HUA的早期干预提供参考依据。方法 2016—2017年,采用多阶段分层随机抽样方法在重庆市各选取3个城市和农村调查点,抽取部分7~17岁在校学生,开展问卷调查、体格测量和实验室检测,采用因子分析法分析膳食模式,应用回归和分类树模型探索HUA的影响因素。结果 共抽取1544名学生,HUA发生率为19.49%,男生高于女生,年龄较高的学生的HUA检出率也较高。因子分析共纳入4个公因子,对总方差的贡献率为42.641%,对应肉类蔬果、零食、谷薯豆类坚果和主食4种膳食模式。按照每个因子得分由低到高排序后分成4等分(Q1~Q4),单因素回归结果显示肉类蔬果模式、主食模式Q4水平HUA患病风险分别是Q1水平的1.687倍、1.764倍,谷薯豆类坚果模式Q4水平的患病风险是Q1水平的0.588倍。调整监测地区类型、性别、年龄、腰围、体质指数、血脂、血糖、身体活动等因素后,谷薯豆类坚果模式Q4水平的患病风险是Q1水平的0.638倍。分类树模型显示,年龄、性别、BMI水平是该群体HUA主要的影响因素。结论 重庆市7~17岁儿童青少年HUA检出率较高,应特别关注男生、12岁及以上、超重和肥胖学生HUA的发生,鼓励谷薯豆类坚果膳食模式。

关键词:儿童青少年;高尿酸血症;膳食模式

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2022)05-1077-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.05.034

**Analysis on the influencing factors of hyperuricemia among children and adolescents aged
7-17 years in Chongqing: based on regression and classification tree models**CHEN Jingrong^{1,2}, LUO Shuquan², XIONG Ying², ZHAO Yinan², LI Jibin¹

(1. School of Public Health and Management, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China;

2. Chongqing Center For Disease Control And Prevention, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To investigate the influencing factors of hyperuricemia (HUA) among children and adolescents, and provide evidences for early intervention. **Methods** From 2016 to 2017, a multi-stage stratified random sampling method was used to select three urban and rural sites in Chongqing, and some students aged 7~17 years were selected to conduct questionnaires, physical measurements and laboratory tests. Factor analysis was used to analyze dietary patterns. Regression and classification tree models were used to explore the influencing factors of HUA. **Results** A total of 1 544 students were enrolled in the study. The prevalence rate of HUA was 19.49% which was higher among male and elder students. Four common dietary patterns including meat and vegetable/fruit, snacks, cereal/potato/bean/nut and staple were included in the factor analysis, and the contribution rate to total variance was 42.641%. Scores of each pattern were divided into four ranking (Q1~Q4) from low to high. The results of univariate regression showed that participants with the fourth quartile (Q4) score of meat and vegetable/ fruit pattern had a higher risk of HUA (OR=1.687) compared to those with the first quartile (Q1) score, while the odds ratio was 1.764 in staple pattern; participants with the Q4 score of bean/nut pattern had a lower risk of HUA (OR=0.588) compared to those with Q1 score. After adjusting for confounding factors of monitoring area, gender, age, waist circumference, BMI, blood lipids, blood sugar and physical activity, participants with Q4 score had a lower risk of HUA (OR=0.638) compared to those with Q1 score in cereal/potato and bean/nut pattern. Classification tree model showed that age, gender and BMI level were the main influencing factors of HUA among

收稿日期:2021-04-30

作者简介:陈京蓉 女 在读研究生 研究方向为营养与食品卫生 E-mail:598290735@qq.com

通信作者:李继斌 男 教授 研究方向为营养与慢性非传染性疾病 E-mail:100091@cqmu.edu.cn

this group. **Conclusion** The prevalence of HUA in children and adolescents aged 7~17 years in Chongqing was high. Strong attention should be paid to the incidence of HUA among boys, especially aged 12 years and above, overweight and obese, and the dietary pattern of cereal/potato and bean/nut pattern should be encouraged.

Key words: Children and adolescents; hyperuricemia; dietary pattern

尿酸是嘌呤代谢的最终产物,主要来自细胞代谢分解的核酸和其他嘌呤类化合物以及食物中的嘌呤,体内的尿酸主要经肾脏和肠道排出。人体内的尿酸在正常情况下保持平衡,但当生成过多或(和)排泄减少时,会引起高尿酸血症(Hyperuricemia, HUA)。研究表明,HUA不仅与痛风有关,还与脂肪肝、代谢综合征、糖尿病、肾损害等疾病发生密切相关^[1-3]。关于HUA的危险因素,以往研究发现可能与年龄、性别、饮酒、吸烟、体质指数(Body mass index, BMI)、空腹血糖(Fasting plasma glucose, FPG)、血脂异常等^[4]有关,但迄今为止危险因素仍不完善,且对BMI、FPG等因素影响作用的认识还存在分歧。随着社会经济水平不断提高,人们的饮食结构和生活方式发生变化,HUA发病率增高且呈现低龄化趋势,近年研究发现儿童期不伴有痛风的HUA发生率较高^[5-6],儿童期HUA并不会出现痛风性关节炎、痛风石等典型的临床表现^[7],因而易被忽视,但儿童期的HUA即可引起肾损害、高血压等疾病^[8-9]。为探索影响儿童HUA患病的相关因素,本研究拟分析重庆市7~17岁儿童青少年HUA患病情况及影响因素,为HUA的预防控制措施提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本次研究对象为2016—2017年“中国儿童与乳母营养健康监测”中重庆市的监测对象,抽样方法为多阶段分层随机抽样。按照全国整体抽样框架,在重庆市选取3个城市调查点(含大城市2个、中小城市1个)和3个农村调查点(含普通农村1个、贫困农村2个),分别为渝北区、南岸区、江津区、綦江区、云阳县和奉节县。每个监测点按人口规模排序系统抽样的方法在城市点抽取2个街道、农村点抽取2个乡镇,每个乡镇/街道各抽取1所小学和1所初中,每个监测点抽取1所高中。共抽取了12所小学、12所初中、6所高中,合计1695人,排除年龄不在7~17岁、结果不完整的151人,最终共有1544名学生纳入分析。

本项目通过中国疾病预防控制中心伦理审查(伦理审批号:201614),调查对象及监护人在调查开始前都签署了知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 调查内容

问卷调查:包括年龄、性别等基本信息,以及食物频率和生活方式等。

体格测量:包括身高、体质量、腰围等,体质指数(BMI)=体质量(kg)/身高(m)²。

实验室检测:采集调查对象空腹静脉血6 mL,甘油三酯(Triglyceride, TG)、血清总胆固醇(Total cholesterol, TC)采用酶比色法,高密度脂蛋白-胆固醇(High-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白-胆固醇(Low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)采用直接清除法,血尿酸采用尿酸氧化酶法检测。

1.2.2 判定标准

体格测量指标:采用《7岁~18岁儿童青少年腰围筛查界值(WS/T 611—2018)》《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查(WS/T 586—2018)》《学龄儿童青少年营养不良筛查(WS/T 456—2014)》判定腰围、超重肥胖和消瘦。

实验室检测指标:采用2009年《中华儿科杂志》编委会等4家机构联合发布的“儿童青少年血脂异常防治专家共识”,TC>5.18 mmol/L为高总胆固醇血症, TG>1.70 mmol/L为高TG血症, LDL-C≥3.37 mmol/L为高LDL-C血症, HDL-C<1.03 mmol/L为低HDL-C血症,以上4项中任意1项异常即判定为血脂异常^[10]。年龄>15岁男性空腹血尿酸超过420 μmol/L;女性或年龄<15岁男性空腹血尿酸超过360 μmol/L判定为高尿酸血症^[11]。采用美国糖尿病协会提出的FPG异常或高血糖界定值,即为空腹静脉血血糖≥5.6 mmol/L^[12]。

1.3 统计学分析

采用“中国儿童与乳母营养健康监测”数据上报系统建立数据库,应用SPSS 25.0进行统计分析,计数资料以频数/率表示。组间计数资料比较采用 χ^2 检验。采用因子分析法提取膳食模式,按照每个因子得分由低到高排序后分4等分(Q1~Q4)。采用Logistic回归模型分析膳食模式与HUA的关系。应用分类树模型分析HUA主要的影响因素。检验水准 $\alpha=0.05$ 。P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 各年龄段学生的血尿酸水平

血尿酸均值为 304.38 μmol/L,男生高于女生,差异具有统计学意义($P<0.001$),从各年龄段来看,男、女生血尿酸水平在 12~14、15~17 岁的差异具有统计学意义($P<0.001$)。随年龄升高,尿酸水平也升高。见表 1。

表1 各年龄组男、女生血尿酸水平(mean±SD, μmol/L)

Table 1 Serum uric acid levels of boys and girls in different age groups (mean ± SD, μmol/L)

年龄段	男生	女生	t值	P值
7~8岁	272.08±63.78	265.03±59.62	1.024	0.306
9~11岁	292.45±66.57	282.69±65.41	1.676	0.094
12~14岁	351.31±76.78	303.47±64.63	6.686	<0.001
15~17岁	377.65±80.07	298.66±59.41	9.993	<0.001
合计	321.45±82.47	287.27±64.33	9.081	<0.001

2.2 不同性别、年龄段学生的高尿酸血症检出情况及相关因素调查

HUA 总体检出率为 19.49%,男生、12~14 岁、居住在中小城市、静坐时间≥10 h、腰围≥高腰围界值点、超重和肥胖、FPG≥5.6 mmol/L 的学生 HUA 检出率较高,结果见表 2。

表2 不同特征分类组学生高尿酸血症检出率比较

Table 2 Comparison of the detection rate of hyperuricemia among students of different characteristic classification groups

特征分类	总人数	HUA/[n, (%)]	χ ² 值	P值
性别	男	773	202(26.13)	43.450 <0.001
	女	771	99(12.84)	
年龄	7~8岁	322	28(8.70)	79.619 <0.001
	9~11岁	514	69(13.42)	
	12~14岁	392	124(31.63)	
	15~17岁	316	80(25.32)	
	合计	1544	19.49	
地区	大城市	502	89(17.73)	8.821 0.032
	中小城市	264	68(25.76)	
	普通农村	262	53(20.23)	
	贫困农村	425	91(17.64)	
中高强度身体活动时间	<60 min	1 005	198(19.70)	0.078 0.780
	≥60 min	539	103(19.11)	
静坐时间分类	≤6 h	421	63(14.96)	14.946 0.001
	>6~<10 h	768	146(19.01)	
	≥10 h	355	92(25.92)	
腰围分类	<高腰围界值点	1 365	233(17.07)	44.125 <0.001
	≥高腰围界值点	179	68(37.99)	
BMI分类	消瘦和正常	1 282	215(16.77)	35.723 <0.001
	超重和肥胖	262	86(32.82)	
血脂	正常	1 356	255(18.81)	3.374 0.066
	异常	188	46(24.47)	
血糖	正常	1 331	241(18.11)	11.846 0.001
	≥5.6 mmol/L	213	60(28.17)	
合计	1 544	19.49		

2.3 重庆7~17岁青少年学生的膳食模式分析

采用因子分析,将膳食数据纳入分析模型,得到

KMO 值为 0.789, Bartlett's 球形检验 $\chi^2=2 449.969$, $P<0.001$ 。提取特征根>1 的因子,结合碎石图共提取出 4 个因子,累计方差贡献率为 42.641%。因子 1:畜、禽肉和蔬果,定义为肉类蔬果模式,其特点是畜禽肉类和蔬果类摄入较高;因子 2:饮料、油炸、小吃甜饼类,定义为零食模式,其特点是饮料类、油炸食品类和小吃甜饼类摄入较高;因子 3:其他谷薯类、豆类、坚果,定义为谷薯豆类坚果模式,其特点是其他谷薯类(玉米及其制品、荞麦/小米等、薯类)、豆类和坚果种子类摄入较高;因子 4:米类、面类、其他谷薯类,定义为主食模式,其特点是米、面等主食类食品摄入较高。见表 3。

表3 4种膳食模式不同食物组的因子载荷量分布

Table 3 Distribution of factor loads in different food groups of the four dietary patterns

食物	肉类蔬果模式	零食模式	谷薯豆类坚果模式	主食模式
畜肉类	0.669	-0.049	0.016	0.202
禽肉类	0.618	0.165	0.042	0.071
蔬果类	0.582	0.135	0.094	0.073
奶类	0.581	0.213	0.067	-0.203
蛋类	0.369	-0.030	0.452	-0.142
小吃甜饼类	0.311	0.506	0.096	-0.083
水产品类	0.304	0.289	0.180	-0.216
动物内脏类	0.208	0.456	0.209	0.132
饮料类	0.191	0.709	-0.074	-0.031
豆类	0.131	0.096	0.654	-0.028
面类	0.078	0.348	-0.050	0.554
米类	0.073	-0.048	0.187	0.768
其他谷薯类	0.032	0.147	0.713	0.252
菌藻类	0.031	0.305	0.315	-0.262
坚果种子类	-0.012	0.037	0.636	0.051
油炸食品类	-0.100	0.642	0.128	0.214

2.4 7~17岁儿童青少年膳食模式与高尿酸血症的关系

将膳食模式因子得分的 4 个水平作为自变量, HUA 是否检出(无 HUA=0,有 HUA=1)作为因变量,进行单因素二元 Logistic 回归分析。结果显示肉类蔬果模式、主食模式 Q4 水平 HUA 患病风险分别是 Q1 水平的 1.687、1.764 倍,而谷薯豆类坚果模式 Q4 水平的发病风险是 Q1 水平的 0.588 倍。在膳食模式基础上,调整了地区经济水平、年龄、性别、BMI、腰围、身体活动、血脂、血糖等因素,再次进行多因素二元 Logistic 回归分析,结果显示谷薯豆类坚果膳食模式的 Q4 水平 HUA 患病风险是 Q1 水平的 0.638 倍,结果见表 4。

2.5 HUA 影响因素的分类树模型

将膳食模式及以上调整因素共同纳入分类树模型,共筛选出 3 个主要解释变量:年龄、性别及不同 BMI 水平。结果显示,年龄在 12 岁及以上的学生 HUA 检出率较高,为 28.8%,其次是 9~11 岁的学生,为 13.4%,均高于 7~8 岁学生,年龄为影

表4 儿童青少年膳食模式与高尿酸血症的关系(n=1 544)

Table 4 Relationship between dietary pattern and hyperuricemia in children and adolescents (n=1 544)

膳食模式	分类	HUA		单因素分析		多因素分析	
		HUA 患病数	HUA 患病率/%	OR	95% CI	OR	95% CI
肉类蔬果模式	Q1	65	16.84		1.00		1.00
	Q2	68	17.62	1.175	0.801~1.725	1.175	0.765~1.804
	Q3	69	17.88	1.160	0.789~1.706	1.146	0.470~1.869
	Q4	99	25.65	1.687	1.165~2.444	1.645	0.982~2.757
零食模式	Q1	82	21.24		1.00		1.00
	Q2	75	19.43	0.965	0.670~1.390	0.913	0.616~1.353
	Q3	61	15.80	0.739	0.505~1.081	0.690	0.456~1.043
	Q4	83	21.50	0.976	0.683~1.395	0.672	0.446~1.012
谷薯豆类坚果模式	Q1	93	24.09		1.00		1.00
	Q2	67	17.36	0.700	0.486~1.009	0.825	0.554~1.228
	Q3	77	19.95	0.805	0.566~1.146	0.846	0.576~1.244
	Q4	64	16.58	0.588	0.408~0.846	0.638	0.427~0.954
主食模式	Q1	65	16.84		1.00		1.00
	Q2	62	16.06	0.979	0.664~1.445	0.848	0.557~1.290
	Q3	75	19.43	1.370	0.938~2.001	1.037	0.677~1.589
	Q4	99	25.65	1.764	1.228~2.535	1.037	0.681~1.581

注:调整了监测地区类型、性别、年龄、腰围、BMI、有无血脂异常、是否空腹血糖异常、静坐时间、中高强度身体活动时间,其中监测地区类型、性别、年龄、腰围、BMI、是否空腹血糖异常在多因素回归模型中对HUA检出的影响有统计学意义

响重庆市7~17岁儿童青少年HUA发生的主要因素。12岁及以上学生中男生HUA检出率(39.9%)高于女生(17.1%),进一步影响12岁及以上男生HUA检出的因素是BMI水平,超重和肥胖学生的

检出率远高于消瘦和正常组学生。同时影响9~11岁学生HUA检出的主要因素也是BMI水平,超重和肥胖学生检出率远高于消瘦和正常组学生。见图1。

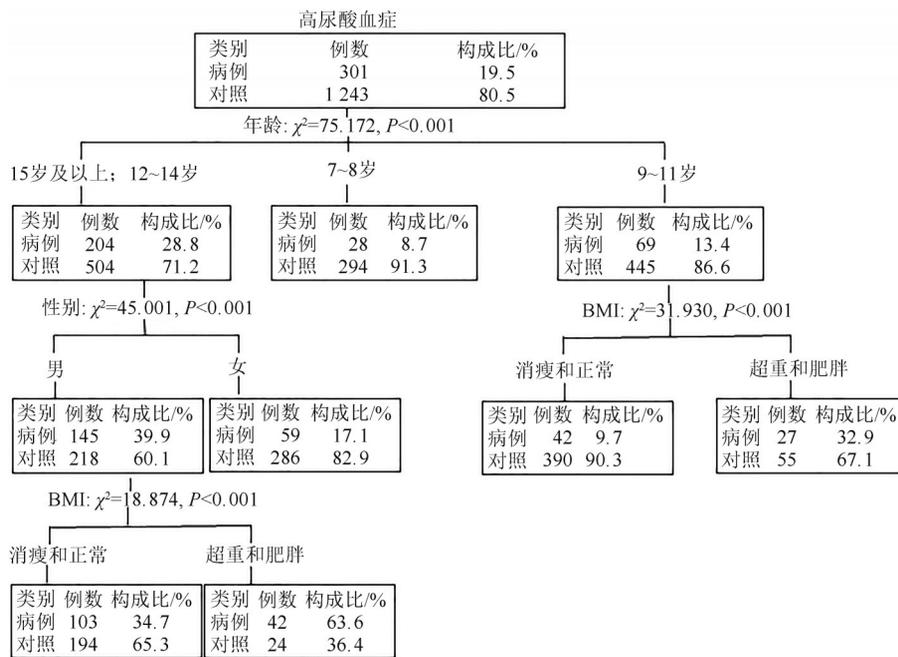


图1 HUA危险因素分类树模型

Figure 1 HUA risk factor classification tree model

3 讨论

研究结果显示重庆市7~17岁学生血尿酸均值为304.38 μmol/L,男、女生分别为(321.45±82.47) μmol/L、(287.27±64.33) μmol/L,低于天津市同年龄段学生^[13]和广州市7~10岁学龄儿童水平^[5];HUA检出率为19.49%,较天津市和广州市学

龄儿童略低。男、女生HUA检出率分别为26.13%、12.84%,男生高于女生,与目前相关研究结果一致^[13],可能与雄激素抑制尿酸排泄、雌激素利于尿酸排泄^[14]有关。在一项针对成年人的研究中^[15],年龄对HUA的影响并不显著,本研究中年龄的影响在调整了其他因素后仍有统计学意义,与两个研究

的对象年龄不同有关。有研究显示,持续 0.5~3 h 的短期剧烈运动会使血清尿酸水平随运动强度成比例提高,可能与运动加速肌肉中嘌呤降解和血液中乳酸增加抑制尿酸排泄有关,但长期运动会使健康久坐者细胞外体积增加和肾血浆流量改善^[16],促进尿酸的排泄,从而降低血尿酸水平。本研究发现中高强度身体活动时间短、静坐时间长,HUA 检出率越高,但在调整了其他因素后,影响不再具有统计学意义,相关性还有待进一步验证。

多因素回归结果显示腰围、BMI 及 FPG 异常与 HUA 检出正相关。BMI 的结果与 CUI 等^[17]研究基本一致,可能因为肥胖者内分泌系统紊乱,雄激素和促肾上腺皮质激素水平下降,抑制尿酸排泄,导致 HUA 并发^[14]。腰围已被证实与主要慢性病和全死因死亡风险正相关^[18],本研究结果显示,腰围是独立于 BMI 的 HUA 危险因素。关于血糖与 HUA 发生的关系,有研究发现糖尿病在男性中与 HUA 负相关,可能由于高糖水平抑制了尿酸在近端小管的重吸收^[19],另有研究显示^[20]血糖和尿酸水平之间的关系呈倒 U 型,但对低糖水平导致血尿酸较高的机制尚未完全明了。

经因子分析确定重庆市 7~17 岁儿童青少年共有 4 种膳食模式,分别为肉类蔬果模式、零食模式、谷薯豆类坚果模式和主食模式,目前,关于膳食模式对 HUA 影响的研究还较少,本研究中,膳食模式单因素回归分析发现,肉类蔬果和主食模式与 HUA 正相关,谷薯豆类坚果模式与 HUA 负相关。调整了监测地区类型、性别、年龄、腰围、BMI、血脂和 FPG 异常、身体活动等因素后,谷薯豆类坚果模式 Q4 水平人群 HUA 患病风险低于 Q1 水平(OR=0.638, 95%CI:0.427~0.954),可能与谷薯、豆类和坚果类食物中嘌呤含量不高,代谢产生的尿酸少有关。分类树模型结果显示,重庆市 7~17 岁儿童青少年 HUA 发生的主要影响因素是年龄、性别、BMI 水平。

综上所述,超重肥胖、腰围和血糖偏高可能会增加重庆市 7~17 岁儿童青少年 HUA 的发病风险,尤其应关注 12 岁及以上的男生,谷薯豆类坚果膳食模式可能有助于儿童青少年血尿酸水平的控制,因此,建议对儿童青少年开展正确的体质量管理、避免中心性肥胖发生,适时监测血糖变化,选择合理的膳食模式。本研究可为儿童青少年 HUA 健康管理提供一定的依据,但也有部分不足之处,由于本研究为横断面设计,部分结论尚需进一步队列研究论证;其次,本研究采用的食物频率调查问卷为近 1 个月的食物消费状况,可以在一定程度上反映学生的饮食习惯,但可能会受到季节性食物等因素的影响

出现部分偏倚。

参考文献

- [1] YU T Y, JEE J H, BAE J C, et al. Serum uric acid: a strong and independent predictor of metabolic syndrome after adjusting for body composition[J]. *Metabolism*, 2016, 65 (4): 432-440.
- [2] HAYASHINO Y, OKAMURA S, TSUJII S, et al. Association of serum uric acid levels with the risk of development or progression of albuminuria among Japanese patients with type 2 diabetes: a prospective cohort study [Diabetes Distress and Care Registry at Tenri (DDCRT 10)] [J]. *Acta Diabetologica*, 2016, 53 (4): 599-607.
- [3] KANBAY M, SOLAK Y, AFSAR B, et al. Serum uric acid and risk for acute kidney injury following contrast [J]. *Angiology*, 2017, 68 (2): 132-144.
- [4] XIONG Z J, ZHU C S, QIAN X, et al. Serum uric acid is associated with dietary and lifestyle factors in elderly women in Suburban Guangzhou in Guangdong Province of South China[J]. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 2013, 17 (1): 30-34.
- [5] 雷伊玲, 源梓妃, 唐钊协, 等. 广州学龄儿童尿酸水平与心血管代谢指标的关联[J]. *中国学校卫生*, 2020, 41(11): 1726-1729.
LEI Y L, YUAN Z F, TANG Z X, et al. Association between uric acid level and cardiovascular and metabolic indexes in school-age children in Guangzhou [J]. *Chinese Journal of School Health*, 2020, 41(11): 1726-1729.
- [6] 程远, 黄洁兴, 黄向晖, 等. 广州地区学龄期儿童原发性高尿酸血症的危险因素及其血管早期病变的影像学研究[J]. *国际泌尿系统杂志*, 2020, 40(5): 826-829.
Cheng Y, Huang J X, Huang X H, et al. Risk factors for primary hyperuricemia in school-age children in Guangzhou and study the videography in early vascular lesions [J]. *International Journal of Urology and Nephrology*, 2020, 40(5): 826-829.
- [7] 王晶晶, 毛建华. 儿童高尿酸血症及相关肾损害的发生机制及临床意义[J]. *中华儿科杂志*, 2016, 54(9): 711-714.
Wang J J, Mao J H. Mechanism and clinical significance of hyperuricemia and related renal damage in children [J]. *Chinese Journal of Pediatrics*, 2016, 54(9): 711-714.
- [8] FIDAN C, KANTAR A, BASKIN E, et al. Effects of hyperuricemia on renal function in pediatric renal transplant recipients [J]. *Experimental and Clinical Transplantation: Official Journal of the Middle East Society for Organ Transplantation*, 2015, 13 (Suppl 1): 247-250.
- [9] 徐洁, 毛建华. 儿童高尿酸血症与高血压关系的研究进展[J]. *中国实用儿科杂志*, 2018, 33(11): 914-919.
Xu J, Mao J H. Research progress in the relationship between hyperuricemia and hypertension in children [J]. *Chinese Journal of Practical Pediatrics*, 2018, 33(11): 914-919.
- [10] 向伟. 儿童青少年血脂异常防治专家共识解读[J]. *中国社区医师*, 2010, 26(31): 9-10.
Xiang W. Interpretation of expert consensus on prevention and treatment of dyslipidemia in children and adolescents [J]. *Chinese Community Doctors*, 2010, 26(31): 9-10.

- [11] CHUANG S Y, CHEN J H, YEH W T, et al. Hyperuricemia and increased risk of ischemic heart disease in a large Chinese cohort[J]. *International Journal of Cardiology*, 2012, 154 (3): 316-321.
- [12] American Diabetes Association (ADA). Standards of medical care in diabetes——2007 [J]. *Diab care*, 2016, 39(Suppl 1): S1-S2.
- [13] 薄慧, 杨箐岩, 刘戈力, 等. 学龄期儿童血尿酸水平调查分析[J]. *实用儿科临床杂志*, 2011, 26(11): 853-855.
Bo H, Yang Q Y, Liu G L, et al. Analysis of serum uric acid in school-age children [J]. *Journal of Applied Clinical Pediatrics*, 2011, 26(11): 853-855.
- [14] GUAN S C, TANG Z, FANG X H, et al. Prevalence of hyperuricemia among Beijing post-menopausal women in 10 years [J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2016, 64: 162-166.
- [15] 王雪莹, 李楠, 郭佳桐, 等. 基于分类树模型对高尿酸血症的影响因素分析[J]. *中华疾病控制杂志*, 2019, 23(11): 1364-1369.
Wang X Y, Li N, Guo J T, et al. Analysis on the associated factors of hyperuricemia: Based on classification tree model [J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2019, 23 (11): 1364-1369.
- [16] ROWELL L B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress [J]. *Physiological Reviews*, 1974, 54 (1): 75-159.
- [17] CUI L F, MENG L M, WANG G Y, et al. Prevalence and risk factors of hyperuricemia: Results of the Kailuan cohort study [J]. *Modern Rheumatology*, 2017, 27 (6): 1066-1071.
- [18] 李嘉琛, 吕筠, 高萌, 等. 中国成年人体质指数和腰围与主要慢性病风险的关联研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2019, 40 (12): 1541-1547.
Li J C, Lyu J, Gao M, et al. Association of body mass index and waist circumference with major chronic diseases in Chinese [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2019, 40(12): 1541-1547.
- [19] SHEN Y, WANG Y L, CHANG C, et al. Prevalence and risk factors associated with hyperuricemia among working population at high altitudes: a cross-sectional study in Western China [J]. *Clinical Rheumatology*, 2019, 38 (5): 1375-1384.
- [20] NAN H R, PANG Z C, WANG S J, et al. Serum uric acid, plasma glucose and diabetes [J]. *Diabetes & Vascular Disease Research*, 2010, 7 (1): 40-46.