

# 山东省居民 24 小时尿钠钾比与代谢综合征的关系

葛增 张吉玉 陈晓荣 郭晓雷 颜流霞 唐俊利  
蔡小宁 徐建伟 厚磊 马吉祥

**【摘要】** 目的 分析山东省居民 24 h 尿钠钾比与 MS 的关系。方法 2011 年在山东省采用四阶段分层随机抽样方法抽取 18~69 岁居民作为研究对象,测量其血糖、血脂四项、尿钠、尿钾和尿肌酐等指标。依据 24 h 尿钠钾比值将研究对象按照四分位数法分组,采用二分类 logistic 分析钠钾比与 MS 的关系。结果 1 906 名研究对象纳入分析,其中男性 1 003 人,女性 903 人。MS 患病率为 24.7%。经多因素 logistic 模型分析,与 24 h 尿钠钾比值 <4.3 组相比,4.3~5.6、5.7~8.1 和 ≥8.1 组 MS 患病风险 OR 值(95%CI)分别为 1.27(0.93~1.71)、1.06(0.78~1.46)和 1.45(1.06~1.97),趋势检验显示, $P < 0.05$ 。在 MS 各组分中,中心性肥胖和血压升高风险与 24 h 尿钠钾比之间存在线性趋势(线性趋势检验  $P < 0.05$ )。结论 随着 24 h 尿钠钾比增加,MS 患病风险呈上升趋势。

**【关键词】** 代谢综合征; 24 h 尿钠钾比; 横断面研究

**Association between 24 h urinary sodium to potassium ratio and metabolic syndrome in Chinese adults** Ge Zeng<sup>1</sup>, Zhang Jiyu<sup>2</sup>, Chen Xiaorong<sup>1</sup>, Guo Xiaolei<sup>2</sup>, Yan Liuxia<sup>1</sup>, Tang Junli<sup>2</sup>, Cai Xiaoning<sup>1</sup>, Xu Jianwei<sup>1</sup>, Hou Lei<sup>1</sup>, Ma Jixiang<sup>1</sup>. 1 Division of Cardiovascular Disease Control and Prevention, National Center for Chronic and Noncommunicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; 2 Department of Noncommunicable Disease Control and Prevention, Shandong Provincial Center for Disease Control and Prevention. Corresponding author: Ma Jixiang, Email: majix@163.com

The work was supported by grants from the SD-MOH Action on Salt and Hypertension and Provincial Technical Development Plan of the People's Government of Shandong Province (No. 2012GSF11828).

**【Abstract】 Objective** To examine the association between 24 h urinary sodium to potassium ratio and metabolic syndrome (MS) in Chinese adults. **Methods** A population-based cross-sectional study was conducted among Chinese adults aged 18–69 years in Shandong province in 2011. Data on 24 h urinary excretion of sodium and potassium and components of MS were examined. Participants were divided into four groups according to the quartile of 24 h urinary sodium to potassium ratio. **Results** Of the 1 906 Chinese adults eligible for final data analysis, 471 (24.7%) were with MS. After completion of multivariate logistic regression analysis, when compared to the participants with 24 h urinary sodium to potassium ratio <4.3, the OR (95% CI) of participants with 24 h urinary sodium to potassium ratio during 4.3–5.6, 5.7–8.1, and ≥8.1 were 1.27 (0.93–1.71), 1.06 (0.78–1.46), and 1.45 (1.06–1.97), respectively ( $P$  values for linear trend <0.05). As for the components of MS, the odds of central obesity and elevated blood pressure but not the odds of elevated triglycerides, low high density lipoprotein cholesterol and elevated fasting glucose, had significantly increases with successive 24 h urinary sodium to potassium ratio quartiles ( $P$  values for linear trends <0.05). **Conclusion** The 24 h urinary sodium to potassium ratio appeared significantly associated with the odds of MS.

**【Key words】** Metabolic syndrome; Twenty-four hour urinary sodium to potassium ratio; Cross-sectional study

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.08.004

基金项目:山东省人民政府卫生部联合减盐防控高血压项目;山东省科技发展计划(2012GSF11828)

作者单位:100050 北京,中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心(葛增、陈晓荣、颜流霞、蔡小宁、徐建伟、厚磊、马吉祥);山东省疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心(张吉玉、郭晓雷、唐俊利)

通信作者:马吉祥, Email: majix@163.com

已有研究显示,我国居民人均每天盐摄入量已由 1982 年的 13 g 降至 2002 年的 12 g、2010 年的 10.6 g,但仍有 72.6%和 80.9%的家庭人均食盐摄入量分别高于《中国居民膳食指南(2007)》和 WHO 建议的成年人每天食盐摄入量(分别为 6 g 和 5 g)<sup>[1-2]</sup>。既往流行病学研究证实,高盐饮食可导致血压升高,进而增加心血管疾病的发病和死亡风险。目前关于高盐饮食与 MS 关系的研究较少,钠摄入量一般通过膳食调查法获得<sup>[3-4]</sup>。24 h 尿钠和尿钾排泄测定法是获得钠和钾摄入量的最佳方法,国内鲜有基于 24 h 尿液标本的关于钠钾比与 MS 关系的文献发表。本研究拟分析山东省居民 24 h 尿钠钾比与 MS 的关系。

### 对象与方法

1. 研究对象:利用 2011 年山东省人民政府-卫生部联合减盐防控高血压项目基线调查资料。该项目采用四阶段分层随机抽样方法抽取 20 个县(市、区)作为调查点(其中城市点 8 个,农村点 12 个),再采用人口容量比例概率(PPS)抽样方法从农村点抽取 3 个、城市点抽取 2 个乡镇或街道;从中再以 PPS 法抽取 1 个行政村或居委会;每个行政村或居委会采用简单随机抽样法抽取 42 名 18~69 岁居民。在 20 个抽样单位中(行政村或居委会)随机抽取 2 184 人,共有 2 112 人完成了 24 h 尿液标本收集,总应答率为 96.7%,合格尿液标本 2 024 份,合格率为 95.8%。在删除 MS 信息不完整的 49 人和缺失其他变量的 69 人后,最终 1 906 人纳入分析(其中男性 1 003 人,女性 903 人)。

2. 资料收集:基线收集研究对象的一般人口学信息、体力活动、文化程度、吸烟、饮酒情况和高血压史等。体力活动是指在闲暇时间是否参加体力活动。吸烟者定义为一生中连续或累积吸烟 $\geq 100$ 支。饮酒者定义为过去 1 年饮酒 $\geq 12$ 次。人体测量指标包括身高、体重、腰围和血压。血压测量方法为研究对象静坐 5 min 后,由培训并考核合格的调查员使用经调整的标准水银柱血压计测量右臂血压,共测量 3 次,每次间隔 30 s,取 3 次测量值的平均值(测量前 30 min 内避免吸烟、饮酒、饮用含有咖啡因的饮料以及剧烈运动)。测量腰围时,研究对象直立,用软皮尺直接贴着皮肤,在肚脐以上 1 cm 的水平面上进行测量,并告知参加者正常呼吸,不应收腹或屏气。

采集研究对象的空腹血和 24 h 尿液标本,在冰

冻保存下,运送到济南艾迪康医学检验中心有限公司统一测定 FPG、TC、TG 和 HDL-C、LDL-C、24 h 尿钠、尿钾和尿肌酐。尿钠、尿钾的定量测定方法为离子电极法,采用奥林巴斯 AU680 进行检测(钠和钾变异系数分别为 1.5%和 2.5%)。尿肌酐的定量测定方法为苦味酸法,采用奥林巴斯 AU640 进行检测,使用试剂为宁波瑞源生物科技有限公司产品(变异系数 3.0%)。

3. 定义和标准:MS 定义采用 2009 年国际糖尿病联盟(IDF)、美国心脏协会(AHA)等多家组织共同形成的 MS 诊断标准<sup>[5]</sup>,具备以下 $\geq 3$ 项即可诊断为 MS,①中心性肥胖:腹型肥胖的腰围标准为男性 $\geq 90$  cm,女性 $\geq 80$  cm(中国人群标准);②血压:SBP $\geq 130$  mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),DBP $\geq 85$  mmHg,或诊断为高血压并治疗;③TG: TG $\geq 150$  mg/dl(1.7 mmol/L);④HDL-C:男性 $< 1.0$  mmol/L(40 mg/dl),女性 $< 1.3$  mmol/L(50 mg/dl);⑤血糖升高:FPG $\geq 5.6$  mmol/L(100 mg/dl),或降糖治疗。以 24 h 尿液体积 $\geq 500$  ml 且分性别 24 h 尿肌酐 $\pm 2$  s 以内(男性 24 h 尿肌酐值为 1.91~18.27,女性为 1.36~14.28)为尿夜标本合格判定标准。钠钾比=尿钠值/尿钾值。依据 24 h 尿钾比值将研究对象按照四分位数法分组。

4. 统计学分析:采用 SAS 9.3 软件进行统计学分析。连续性变量采用 *t* 检验,分类变量用 $\chi^2$ 检验,24 h 尿钠钾比与 MS 患病关系采用二分类 logistic 模型进行分析,检验水准 $\alpha < 0.05$ 。

### 结 果

1. 基线特征:MS 患病率为 24.7%。与非 MS 者相比,MS 者中年龄偏大,SBP、DBP、BMI、腰围、血糖、TG 和 24 h 尿钠水平均较高,高中以上文化程度比例和 HDL-C 水平较低。MS 和非 MS 者在吸烟、饮酒、农村居民所占比例以及 24 h 尿钾水平和尿钾比值等差异均无统计学意义(表 1)。

2. 24 h 钠钾比值与 MS 组分个数的关系:研究对象具有 0、1、2、3、4 或 5 个 MS 组分的人数分别为 498、511、426、302 和 169,其所对应的 24 h 钠钾比值分别为 6.46、6.57、6.82、6.65 和 6.95,24 h 尿钠钾比值并未随 MS 组分个数的增加而呈上升趋势(线性趋势检验 $P > 0.05$ ),见图 1。

3. 24 h 尿钠钾比与 MS 的关系:按照 24 h 尿钠钾比值四分位数分组,调整年龄、性别、吸烟、饮酒、文化程度、体力活动和城乡后,与 24 h 尿钠钾比 $<$

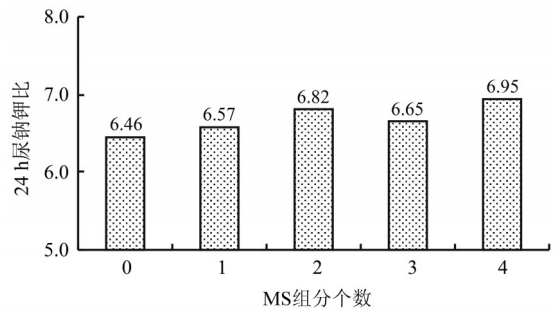
**表 1** 山东省 18~69 岁 MS 与非 MS 居民的基线特征

项目	非 MS	MS	检验 统计量	P 值
人数	1 435	471		
男性(%)	54.6	46.7	8.78	0.003
年龄(岁)	39.7(13.9)	46.1(13.0)	-8.76	<0.001
SBP(mmHg)	117.0(16.0)	134.0(19.5)	-18.91	<0.001
DBP(mmHg)	76.0(10.2)	87.2(10.7)	-20.48	<0.001
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.4(3.3)	27.8(3.6)	-24.63	<0.001
腰围(cm)	80.4(9.5)	93.4(10.1)	-25.45	<0.001
高中以上文化程度(%)	26.6	20.2	7.86	0.005
吸烟(%)	32.1	29.3	1.25	0.26
饮酒(%)	36.8	36.7	0.001	0.98
体力活动(%)	19.6	20.1	0.23	0.63
城市(%)	32.1	33.8	0.43	0.51
血糖(mmol/L)	5.3(0.8)	6.2(1.7)	-16.03	<0.001
TG(mmol/L)	1.0(0.8)	2.5(2.6)	18.99	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.5(0.3)	1.2(0.3)	12.81	<0.001
24 h 尿钠(mmol)	224.8(80.3)	240.4(88.0)	-3.56	<0.001
24 h 尿钾(mmol)	40.4(19.7)	41.9(19.5)	-1.43	0.15
24 h 钠钾比	6.6(3.7)	6.8(3.6)	-0.78	0.44

4.3 组相比, 4.3~5.6、5.7~8.1 和 ≥8.1 组 MS 患病风险 OR 值(95% CI) 分别为 1.27(0.93~1.71)、1.06(0.78~1.46) 和 1.45(1.06~1.97), 线性趋势检验显示,  $P < 0.05$ , 即 24 h 尿钠钾比与 MS 风险呈正相关, 且存在线性趋势。在 MS 各组分中, 中心性肥胖和血压升高与 24 h 尿钠钾比也呈正相关, 且存在线性趋势, 如与 24 h 尿钠钾比 <4.3 组相比, 4.3~5.6、5.7~8.1 和 ≥8.1 组中心性肥胖的风险 OR 值(95% CI) 分别为 1.16(0.88~1.52)、1.31(1.00~1.72) 和 1.56(1.18~2.05), 线性趋势检验显示,  $P < 0.05$ 。调整年龄后, 24 h 尿钠钾比与 TG 升高风险存在线性趋势, 但在多因素调整后, 该线性趋势无统计学意义(表 2)。

### 讨 论

本研究发现, 在调整年龄、性别、吸烟、饮酒、文化程度、体力活动和城乡后, 24 h 尿钠钾比与 MS 风险呈正相关, 且存在线性趋势, 即随 24 h 尿钠钾比的升高, MS 患病风险呈上升趋势。同样, 在 MS 各组分中, 24 h 尿钠钾比与中心性肥胖、



注: 趋势检验  $P > 0.05$

**图 1** MS 组分个数与 24 h 尿钠钾比的关系

血压升高和 TG 升高均呈正相关, 且存在线性趋势。食盐摄入量评价包括膳食调查方法(膳食回顾法和食物频率表法)和尿钠排泄测定法(晨尿、夜尿和 24 h 尿液样本)。国内已发表研究中食盐摄入量大多通过膳食调查方法获得, 研究结果显示, 高盐饮食是 MS 的独立危险因素<sup>[3-4]</sup>。同样基于 2011 年山东省人民政府-卫生部联合减盐防控高血压项目基线调查数据显示, 24 h 尿钠水平与 MS 风险呈正相关, 但 24 h 尿钾水平与 MS 风险无显著关联<sup>[6]</sup>, 这与国外流行病学研究结果一致<sup>[7]</sup>。

24 h 尿钠排量是目前探索个体盐摄入量的最佳方法。本研究是基于 24 h 尿液标本探讨钠钾比与 MS 风险的关系, 结果显示, 随着 24 h 尿钠钾比的升高, MS 及其组分中心性肥胖、血压升高和 TG 升高患病风险均呈上升趋势, 与已有研究结果相符, 如

**表 2** 不同 24 h 尿钠钾比水平人群患 MS 及其各组分的危险性[OR 值(95% CI)]

因素	24 h 尿钠钾比				P 值 <sup>a</sup>
	<4.3	4.3~5.6	5.7~8.1	≥8.1	
MS					
模型 <sup>b</sup>	1.00	1.21(0.89~1.63)	1.01(0.74~1.38)	1.37(1.01~1.85)	0.06
模型 <sup>c</sup>	1.00	1.27(0.93~1.71)	1.06(0.78~1.46)	1.45(1.06~1.97)	0.038
中心性肥胖					
模型 <sup>b</sup>	1.00	1.04(0.81~1.35)	1.15(0.88~1.49)	1.31(1.01~1.71)	0.025
模型 <sup>c</sup>	1.00	1.16(0.88~1.52)	1.31(1.00~1.72)	1.56(1.18~2.05)	0.001
血压升高					
模型 <sup>b</sup>	1.00	1.28(0.97~1.70)	1.18(0.89~1.58)	1.67(1.25~2.22)	<0.001
模型 <sup>c</sup>	1.00	1.22(0.92~1.63)	1.09(0.81~1.46)	1.55(1.16~2.08)	0.005
TG					
模型 <sup>b</sup>	1.00	1.40(1.01~1.93)	1.38(0.99~1.91)	1.60(1.16~2.21)	0.013
模型 <sup>c</sup>	1.00	1.35(0.97~1.87)	1.32(0.95~1.84)	1.44(1.04~2.00)	0.08
HDL-C					
模型 <sup>b</sup>	1.00	0.77(0.57~1.04)	0.81(0.60~1.11)	0.80(0.59~1.09)	0.33
模型 <sup>c</sup>	1.00	0.85(0.62~1.17)	0.97(0.70~1.34)	1.01(0.73~1.39)	0.68
血糖升高					
模型 <sup>b</sup>	1.00	0.96(0.73~1.25)	0.80(0.61~1.06)	0.94(0.71~1.23)	0.64
模型 <sup>c</sup>	1.00	0.95(0.73~1.25)	0.78(0.59~1.04)	0.94(0.71~1.24)	0.67

注: <sup>a</sup> 线性趋势检验; <sup>b</sup> 调整年龄; <sup>c</sup> 调整年龄、性别、文化程度、城乡、体力活动、饮酒和吸烟



Jain等<sup>[8]</sup>的研究作为仅有的1篇探讨了基于第一次晨尿的钠钾比与肥胖关系的前瞻性队列研究发现,晨尿钠钾比与通过双能X线吸收法测量的全身脂肪百分比变化值存在正相关,即钠钾比每增加3个单位,全身脂肪百分比变化值为0.75(0.25~1.25)。Du等<sup>[9]</sup>分析了16 869名来自1991—1999年中国营养与健康状况调查队列研究数据后发现,基于连续3天24小时膳食回顾调查估算的钠钾比与高血压发生风险呈正相关。

本研究作为较大样本的收集24 h尿液标本的横断面研究,在对二者的关系探讨中,使用了多元回归模型,很好地控制了年龄、性别、吸烟、饮酒、文化程度和城乡等各种因素的影响,总体结果比较可靠。但是由于本研究未收集影响24 h尿钠排泄的膳食因素、治疗高血压药物和能量摄入量等信息,以及个体每天钠和钾排泄量情况会有差异,24 h尿钠钾比水平对MS患病风险的估计有可能受影响,因此二者关系还有待更多的大样本研究或前瞻性队列研究进一步验证。

MS已逐渐成为影响我国居民健康的较为普遍的公共卫生问题<sup>[10]</sup>。本研究结果显示,24 h尿钠钾比与MS风险存在正向关联,即随着24 h尿钠钾比升高,MS的患病风险呈上升趋势。因此,降低钠钾比将是预防MS发生及发展的有效措施之一。

#### 参 考 文 献

- [1] Wang LD. Report of China nutrition and health status I :2002 overall report [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005. (in Chinese)  
王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一:2002综合报告[M]. 北京:人民卫生出版社,2005.
- [2] Chinese Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic and Non-Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention. Report on chronic disease risk factor surveillance in China (2010) [M]. Beijing: Military Medical Science Press, 2012. (in Chinese)  
中国疾病预防控制中心,中国疾病预防控制中心慢性非传染性
- [3] Guo XH, Wang W, Liu YN, et al. Two-level logistic model analysis on risk factors of metabolic syndrome [J]. Chin J Health Stat, 2010, 27(2): 139-141. (in Chinese)  
郭秀花,王玮,刘韞宁,等. 利用两水平logistic回归模型探讨代谢综合征的影响因素[J]. 中国卫生统计, 2010, 27(2): 139-141.
- [4] Hu YS, Zhai FY, He YN, et al. Relationship between metabolic syndrome and dietary modalities in Chinese population [J]. Pract Prev Med, 2008, 15(1): 1-8. (in Chinese)  
胡以松,翟凤英,何宇纳,等. 中国人群代谢综合征与食物摄入的相关性研究[J]. 实用预防医学, 2008, 15(1): 1-8.
- [5] Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; national heart, lung, and blood institute; American heart association; world heart federation; international atherosclerosis society; and international association for the study of obesity [J]. Circulation, 2009, 120(16): 1640-1645.
- [6] Ge Z, Guo XL, Chen XR, et al. Association between 24 h urinary sodium and potassium excretion and the metabolic syndrome in Chinese adults: the Shandong and Ministry of Health Action on Salt and Hypertension (SMASH) study [J]. Brit J Nutr, 2015, 113(6): 996-1002.
- [7] Hoffmann IS, Cubeddu LX. Salt and the metabolic syndrome [J]. Nutr Metab Cardio Dis, 2009, 19: 123-128.
- [8] Jain N, Minhajuddin AT, Neeland IJ, et al. Association of urinary sodium-to-potassium ratio with obesity in a multiethnic cohort [J]. Am J Clin Nutr, 2014, 99(5): 992-998.
- [9] Du SF, Neiman A, Batis C, et al. Understanding the patterns and trends of sodium intake, potassium intake, and sodium to potassium ratio and their effect on hypertension in China [J]. Am J Clin Nutr, 2014, 99(2): 334-343.
- [10] Meng DJ. Relationship between physical activity and the incidence of metabolic syndrome in Chinese adults: a prospective cohort study [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2013. (in Chinese)  
孟德敬. 中国成年人人体力活动与代谢综合征发病关系的前瞻性队列研究[D]. 北京:北京协和医学院,2013.

(收稿日期:2015-01-17)

(本文编辑:万玉立)