

# 低钠富钾替代盐对农村社区人群 血压影响的现场观察

张高辉 马吉祥 郭晓雷 董静 陈希 张吉玉 苏军英 唐俊利 徐爱强

**【摘要】** 目的 评价市售低钠富钾替代盐对农村社区居民血压的影响效果。方法 采用流行病学类实验设计,在山东省莱芜市 2 个农村社区,经过血压筛查,将 411 名 30~60 岁的研究对象分为高血压组和非高血压组,两组均以家庭为单位给予 3 个月的低钠富钾替代盐替换普通食盐进行干预,定期观察血压及其 24 h 尿钠的变化。结果 用低钠富钾替代盐干预 1 个月时高血压组和非高血压组人群血压开始呈下降趋势,3 个月后评估时高血压组收缩压(SBP)平均下降 7.4 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa; $t=10.096, P=0.000$ ),舒张压(DBP)下降 3.8 mm Hg( $t=8.017, P=0.000$ );非高血压组 SBP 平均下降 1.2 mm Hg( $t=2.507, P=0.007$ ),DBP 下降 1.0 mm Hg( $t=2.987, P=0.002$ )。干预 3 个月后评估时高血压组 24 h 尿钠平均下降 15.5 mmol( $t=1.803, P=0.037$ ),尿钾上升 4.2 mmol( $t'=2.132, P=0.018$ ),钠钾比下降 1.2( $t=2.786, P=0.003$ );非高血压组 24 h 尿钠平均下降 1.7 mmol( $t=0.211, P=0.417$ ),尿钾上升 3.7 mmol( $t'=2.207, P=0.015$ ),钠钾比值下降 0.7( $t=1.818, P=0.036$ )。结论 低钠富钾替代盐能有效降低人群血压水平,且人群依从性较好,是一种有效的非药物预防控制高血压方法。

**【关键词】** 高血压;低钠富钾替代盐;社区人群;干预效果

**Field observation on the effect of low-sodium and high-potassium salt substitute on blood pressure in the rural community-based population in China** ZHANG Gao-hui<sup>1</sup>, MA Ji-xiang<sup>2</sup>, GUO Xiao-lei<sup>2</sup>, DONG Jing<sup>2</sup>, CHEN Xi<sup>1</sup>, ZHANG Ji-yu<sup>2</sup>, SU Jun-ying<sup>2</sup>, TANG Jun-li<sup>2</sup>, XU Ai-qiang<sup>1,2</sup>.

1 Institute of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Shandong University, Jinan 250012, China; 2 Shandong Provincial Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: XU Ai-qiang, Email: aqxuepi@163.com

This work was supported by a grant from the Luxemburg-WHO-Shandong Rural Doctor Training & NCD Prevention Program (No. 2007-2010).

**【Abstract】** Objective To investigate the effect of commercial low-sodium and high-potassium salt substitutes on blood pressure in the rural community-based population in China. Methods We conducted a quasi-experiment on 411 adults, who were 30 to 60 years of age, in 2 rural communities from Laiwu city in Shandong province of China on data from blood pressure screening. The subjects were divided into 2 groups: high blood pressure (HBP) and non-HBP (NHBP). Both groups and their family members took a low-sodium and high-potassium salt substitute for 3 months to replace the normal salt in their bodies. Blood pressure (BP) and 24-hour urinary sodium and potassium were measured regularly in the 2 groups. Results There was a continuously decreasing trend for BP at the end of the first month. Three months later, the mean BP decreased by 7.4 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa,  $t=10.096, P=0.000$ ) for SBP and 3.8 mm Hg ( $t=8.017, P=0.000$ ) for DBP in the HBP group, when compared to a 1.2 mm Hg ( $t=2.507, P=0.007$ ) decrease on SBP and 1.0 mm Hg ( $t=2.987, P=0.002$ ) on DBP in the NHBP group. The mean urinary sodium had a decrease of 15.5 mmol/24 h ( $t=1.803, P=0.037$ ), but the urinary potassium increased by 4.2 mmol/24 h ( $t'=2.132, P=0.018$ ). The result of urinary sodium appeared to be as follows: potassium ratio ( $Na^+/K^+$ ) decreased by 1.2 ( $t=2.786, P=0.003$ ) in the HBP group. However, in NHBP group, the mean urinary sodium decreased by 1.7 mmol/24 h ( $t=0.211, P=0.417$ ) and urinary potassium

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.09.003

基金项目:卢森堡-世界卫生组织-山东省农村卫生人员培训及慢病控制项目(2007-2010)

作者单位:250012 济南,山东大学公共卫生学院流行病与卫生统计学研究所(张高辉、陈希、徐爱强);山东省疾病预防控制中心(马吉祥、郭晓雷、董静、张吉玉、苏军英、唐俊利、徐爱强)

通信作者:徐爱强, Email: aqxuepi@163.com

increased by 3.7 mmol/24 h ( $t' = 2.207, P = 0.015$ ), together with the decrease of  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  by 0.7 ( $t = 1.818, P = 0.036$ ). **Conclusion** Results from our study clearly demonstrated that the intake of low-sodium and high-potassium salt substitute could effectively reduce the BP with good compliance among adults in the rural community-based population in China. This was an effective but non-medical method to prevent and control the high blood pressure.

**【Key words】** Hypertension; Low-sodium and high-potassium salt substitute; Community population; Intervention effect

大量流行病学研究均显示食盐摄入量与血压水平存在正相关,且减盐是一种有效的通过改变生活方式达到控制血压目的的治疗方法<sup>[1,2]</sup>。调查显示,山东省居民平均每日仅烹调用盐的摄入量高达13.1 g,是中国居民膳食指南推荐量(6 g)的2倍多,且成年人高血压患病率(29.2%)高于全国平均水平(18.8%)<sup>[3,4]</sup>。一项Meta分析显示,在人群推广长期低盐饮食也不适合高血压的初期预防,血压和24 h尿钠的下降不是很理想<sup>[5]</sup>。而补钾具有降低血压的作用,一些临床试验显示,使用低钠盐可以有效降低血压水平<sup>[6]</sup>,为此,本研究于2010年在山东省莱芜市农村社区人群中进行了为期3个月的市售低钠富钾替代盐(低钠盐)现场干预观察。

### 对象与方法

1. 研究对象:在山东省莱芜市莱城区寨里镇选取2个社会经济水平相近、人口在2000人左右的农村社区作为研究现场。以家庭为单位,抽取年龄在30~60岁的成年人,按照《中国高血压防治指南》的判断标准<sup>[7]</sup>,即以隔日2次测量血压,平均收缩压(SBP)  $\geq 140$  mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa)和(或)平均舒张压(DBP)  $\geq 90$  mm Hg,结合服药情况筛查出所有高血压患者,按照纳入和排除标准首先筛选出高血压组研究对象,每个家庭仅选1名高血压患者作为研究对象;再从高血压研究对象家庭中,按照非高血压组的纳入和排除标准,选出非高血压研究对象(先选其配偶,如无符合条件者,则选择其他家庭中1名年龄相近的异性)。

(1)高血压组纳入标准:①常住人口,年龄30~60岁;②每周在外就餐 $\leq 7$ 次;③患者无继发性高血压;④筛选之前1个月内未用抗高血压药物或者影响血压的药物的原发性高血压患者;⑤尿蛋白试纸检测阴性;⑥目前未使用保钾利尿药。排除标准:①充血性心力衰竭;②糖尿病用胰岛素或口服降糖药;③严重的精神或器质性疾病;④恶性肿瘤;⑤继发性高血压患者;⑥正在使用保钾利尿药,肾功能异常,尿蛋白检测阳性;⑦目前坚持低钠饮食者;⑧不能或不愿参加者;⑨研究期间发生心脑血管等突发事件

不能继续干预者,及时终止干预;⑩3级高血压患者(SBP  $\geq 180$  mm Hg 和/或 DBP  $\geq 110$  mm Hg),或研究对象在干预期间服用降压药物者。

(2)非高血压组纳入标准:①常住人口,年龄30~60岁;②每周在外就餐 $\leq 7$ 次;③非高血压患者。排除标准:①充血性心力衰竭;②糖尿病用胰岛素或口服降糖药;③严重的精神或器质性疾病;④恶性肿瘤;⑤目前坚持低钠饮食者;⑥不能或不愿参加者;⑦研究期间发生心脑血管等突发事件不能继续干预者,及时终止干预。

2. 研究方法:采用流行病学类实验设计,对高血压组和非高血压组人群开展基线调查后,收回所有研究对象家庭的普通食盐,以家庭为单位免费发放市售低钠盐全面替换普通食盐进行为期3个月(7月下旬至10月下旬)现场干预观察。低钠盐每月发放1次,以人均最大量计算,研究期间不干涉家庭饮食的使用量。基线/终期评估内容包括:①问卷调查:个人基本信息、健康状况;②体格检查:血压测量;③实验室检查:24 h尿钠、尿钾。此外,分别于低钠盐干预后1个月和2个月时测量两组人群的血压变化。本研究使用的市售低钠盐为泰安市七星强化营养食品研究所产品,主要成分为氯化钠(%): $65.00 \pm 5.00$ ,氯化钾(%): $25.00 \pm 5.00$ ,硫酸镁(%): $10.00 \pm 2.00$ 。本研究经山东省疾病预防控制中心预防医学伦理委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。

3. 测量指标和方法:血压测量采用《中国高血压防治指南》中推荐的方法,使用标准水银柱血压计,以柯氏音的变化为判断标准,观察对象休息5 min后开始测量,相隔1~2 min重复测量,取2次读数的平均值<sup>[7]</sup>。24 h尿液收集及尿钠、尿钾测定:给每名尿液收集对象发放带有硼酸防腐剂的尿桶和尿杯,指导其进行正确收集24 h尿,计算尿液体积后,采集5 ml尿液标本冷冻保存送到实验室,采用直接电极法进行测量。

4. 质量控制:调查人员均经过严格的培训,实验器材均经过统一校正,24 h尿钠、尿钾的测定由济南市艾迪康医学检验中心完成,收集的资料采用双录

人,研究期间每 2 周入户随访,并了解高血压组研究对象降压药物的使用情况。

5. 统计学分析:使用 EpiData 3.0 软件建立数据库,应用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析。计量资料采用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组内比较用配对  $t$  检验和  $t'$  检验(当方差不齐时);双侧  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. 一般情况:经初筛共选定 411 人为研究对象,涉及家庭 251 户,其中高血压组 195 人,非高血压组 216 人。终期评估随访 377 人(高血压组 181 人,非高血压组 196 人),34 人失访(占 8.3%),失访原因为研究对象外出务工或经商,纳入本研究的高血压组研究对象在干预期间均未使用降压药物。经初筛后,高血压组与非高血压组平均年龄分别为(47.6±6.2)岁和(46.9±7.1)岁。高血压组男性 115 人(54.8%),非高血压组男性 95 人(45.2%);两组基线特征见表 1。

表 1 411 名研究对象基线特征( $\bar{x} \pm s$ )

特征	高血压组	非高血压组
SBP(mm Hg)	146.0±13.0	121.1±9.4
DBP(mm Hg)	94.0±8.5	78.9±6.3
尿钠(mmol/24 h)	204.0±62.0	184.6±56.7
尿钾(mmol/24 h)	24.8±11.0	23.7±9.5
钠钾比	9.0±2.8	8.4±2.3

2. 血压变化情况:低钠盐干预 3 个月后高血压组血压比干预前时明显下降,SBP 平均下降 7.4 mm Hg ( $t=10.096, P=0.000$ ),DBP 平均下降 3.8 mm Hg ( $t=8.017, P=0.000$ )。非高血压组血压也有下降,SBP 平均下降 1.2 mm Hg ( $t=2.507, P=0.007$ ),DBP 平均下降 1.0 mm Hg ( $t=2.987, P=0.002$ )。

选择 3 次血压监测数据均完整的研究对象进行血压变化情况比较,图 1 显示,两组人群血压均呈现先快速下降然后平台期,最后略微升高的特征。两组人群均为低钠盐干预第 2 个月时平均 SBP 下降最大,高血压组下降幅度最大,为 11.6 mm Hg,非高血压组则为 6.5 mm Hg;与 SBP 不同的是,两组人群平均 DBP 均在第 1 个月下降最大,高血压组为 5.9 mm Hg,非高血压组为 3.9 mm Hg,随后第 2 个月平均 DBP 较第 1 个月略微上升。

3. 尿钠、尿钾变化情况:低钠盐干预 3 个月后两组人群 24 h 尿钠平均值均有所下降,干预后高血压组 24 h 尿钠值平均为 188.4 mmol( $s_2=5.8$  mmol),

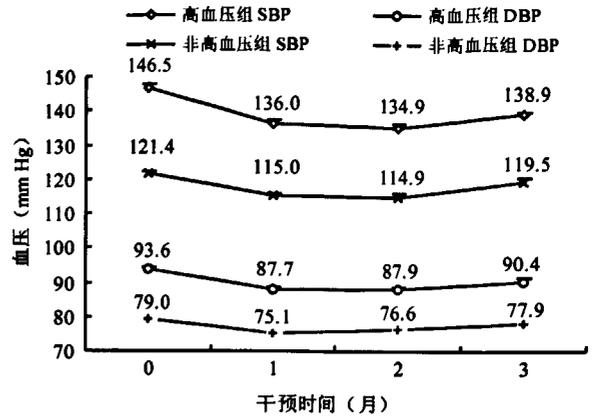
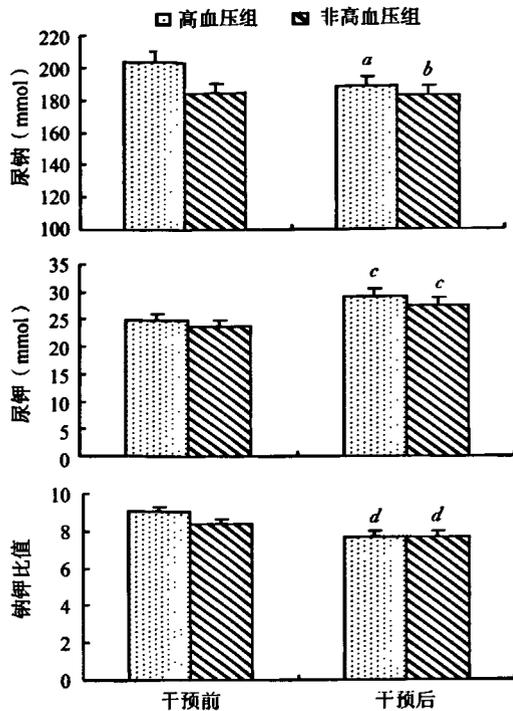


图 1 两组人群低钠盐干预不同时间血压变化情况( $\bar{x} \pm s$ )

低于干预前的 204.0 mmol( $s_2=6.3$  mmol),二者之间的差异有统计学意义( $t=1.803, P=0.037$ )。非高血压组干预后 24 h 尿钠平均值为 182.9 mmol( $s_2=5.5$  mmol),略低于干预前的 184.6 mmol( $s_2=5.8$  mmol),二者之间的差异无统计学意义( $t=0.211, P=0.417$ )。两组人群干预前后 24 h 尿钾平均值均呈上升趋势,高血压组干预后为 29.0 mmol( $s_2=1.6$  mmol),高于干预前的 24.8 mmol( $s_2=1.1$  mmol/24 h),二者之间的差异具有统计学意义( $t'=2.132, P=0.018$ ),非高血压组人群干预后为 27.4 mmol( $s_2=1.3$  mmol),高于干预前的 23.7 mmol( $s_2=1.0$  mmol),二者之间差异具有统计学意义( $t'=2.207, P=0.015$ )。两组人群的钠钾比值均呈显著下降趋势( $t=2.786, P=0.003; t=1.818, P=0.036$ ),高血压组和非高血压组的钠钾比值分别由干预前的 9.0( $s_2=0.3$ )和 8.4( $s_2=0.2$ )下降到干预后的 7.7( $s_2=0.3$ )和 7.7( $s_2=0.3$ )。见图 2。

### 讨 论

本次研究表明,低钠盐对高血压和非高血压人群有明显的降血压作用,高血压人群平均 SBP 和 DBP 的下降幅度分别为 7.4 和 3.8 mm Hg。非高血压人群平均 SBP 和 DBP 的下降幅度也达 1.2 和 1.0 mm Hg。血压的下降幅度在干预第 2 个月时最为显著,终期评估时血压水平较干预 2 个月后血压水平有所上升,这可能与干预终期评估时已入秋季的气温明显低于基线调查时夏季的气温有一定的关系。在中国其他高盐摄入地区也开展过含钾替代盐研究,其中采用含有叶酸的低钠盐经过 1 年的干预 SBP 下降了 5.4 mm Hg<sup>[8]</sup>,Mu 等<sup>[9]</sup>在中国西北部开展钾钙替代盐研究,进行干预 2 年后高血压患者 SBP 和 DBP 下降



注：\*高血压组平均 24 h 尿钠量干预前后比较  $P < 0.05$ ；\*非高血压组平均 24 h 尿钠量干预前后比较  $P > 0.05$ ；<sup>c</sup>两组平均 24 h 尿钾量干预前后比较  $P < 0.05$ ；<sup>d</sup>两组 24 h 尿中钠钾比值干预前后的比较  $P < 0.05$

图 2 两组人群低钠盐干预前后 24 h 尿钠、尿钾和尿钠钾比值的平均水平

5.9 和 2.8 mm Hg, 与其不同的是本研究采用了以家庭为干预单位, 在干预前将研究对象家庭的食盐都统一收回, 并每月免费发放充足的低钠盐, 排除普通盐的干扰, 并且研究对象在干预期间均没有服用降压药物, 排除了降压药物对血压的干扰。目前, 中国的高血压患病人群在逐年增大, 药物治疗策略不能十分有效地降低高血压的患病率和新发病例数, 因此通过非药物等低成本的方式作为控制和治疗高血压的辅助手段变得日趋重要, 通过多食富含钾的水果和蔬菜改变饮食结构的非药物治疗方法被证明降低血压的效果并不理想<sup>[10,11]</sup>; 本研究结果为采用低钠盐非药物预防控制高血压提供了科学依据。

低钠盐是用氯化钾代替部分氯化钠, 在降低钠摄入的同时补充钾的摄入量。钾通过  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  置换  $\text{Na}^+$  等机制来实现降低血压的作用<sup>[12,13]</sup>。大量流行病学研究表明, 单独补钾也能起到降血压的作用<sup>[14-17]</sup>, 且通过补充钾的摄入量能减少服用高血压药物的量<sup>[18]</sup>; 既减轻了服用高血压药物本身带来的副作用, 同时节省了医疗成本。本研究使用低钠盐后, 在人群钠平均摄入量降低的同时增加了人群钾摄入量, 且没有不良反应, 改善了人群

钠钾比值。钠钾比值和血压的关系更为重要<sup>[19]</sup>, 研究进一步证明使用低钠盐可明显降低人群平均血压水平, 对于高血压人群, 其降低人群平均血压效果明显, 对非高血压人群也可达到较好的控制血压作用。本次研究收集研究对象的 24 h 尿液, 进行尿钠(钾)测量。结果表明使用低钠盐后, 高血压组平均 24 h 尿钠水平下降幅度最大(15.5 mmol)。钠钾比值降低幅度明显, 下降 1.2, 非高血压组则下降 0.7。这些结果证明钠钾的改变影响血压变化。但是钠钾比值依然远高于美国高血压教育项目推荐的 0.5, 我国居民钠钾比例仍需大幅度降低<sup>[20]</sup>。高血压组人均 24 h 尿钠下降幅度较大, 可能与高血压组干预对象在干预期间主动减少自己食盐的摄入量有关, 在一定程度上解释了高血压组血压下降幅度较大的缘由。

本研究所选的研究对象在干预期间均没有服用降压药物, 同时采用自身前后对照, 减少了混杂因素的影响, 并且收集人群的 24 h 尿液进行尿钠、尿钾测定, 能够直接反映使用低钠盐后体内钠钾的变化情况。但由于未严格设立空白对照组, 在一定程度上可产生血压测量的系统误差, 也不能了解自然人群在干预期间 3 个月内的血压变化情况; 在干预期间, 由于研究对象了解有关高血压的相关知识, 可能会主动改变其他生活方式而使血压发生变化, 在一定程度上导致因未采取随机盲法所带来的研究偏倚。此外, 本研究干预时间较短, 没有进行长期干预随访以观察使用低钠盐的长期效果。因此, 今后应进一步开展后期随访跟踪, 调查当地居民生活方式是否变化和低钠盐的继续使用情况以及血压的变化情况。

(本研究现场调查得到莱芜市莱城区疾病预防控制中心及其相关单位工作人员大力支持, 山东大学公共卫生学院研究生参与现场调查, 有关国际组织的学者在课题设计和论文撰写过程中予以指导, 一并致谢)

参 考 文 献

[1] Adroque HJ, Madias NE. Mechanisms of disease: sodium and potassium in the pathogenesis of hypertension. *New Engl J Med*, 2007, 356(19):1966-1978.

[2] Meneton P, Jeunemaitre X, De Wardener HE, et al. Links between dietary salt intake, renal salt handling, blood pressure, and cardiovascular diseases. *Physiol Rev*, 2005, 85(2):679-715.

[3] Wang LD. One of the survey report of China national nutrition and health-synthesis report 2002. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005:53-57. (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. 北京:人民卫生出版社,2005:53-57.
- [4] Zhou JY, Zhang JL. The nutrition and health status of Shandong residents-nutrition and health survey of Shandong province, 2002. Jinan: Shandong Electronic Audio and Video Publishing House, 2002:8-9. (in Chinese)  
周景洋,张俊黎. 山东省居民膳食营养与健康状况——2002年山东省居民营养与健康状况调查. 济南:山东电子音像出版社, 2008:8-9.
- [5] Hooper L, Bartlett C, Davey Smith G, et al. Systematic review of long term effects of advice to reduce dietary salt in adults. *BMJ*, 2002, 325(7365):628-637.
- [6] Meng ML, Liu SM, Zhang Y, et al. The effect of artificial low sodium salt on relative factors in hypertension. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1998, 20(4):469-471. (in Chinese)  
孟铭伦,刘素梅,张英,等. 人工配制低钠盐对高血压病患者的影响. *营养学报*, 1998, 20(4):469-471.
- [7] Revision Committee of Chinese Hypertension Prevention Guide. Chinese Hypertension Prevention Guide. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006:9-10. (in Chinese)  
《中国高血压防治指南》修订委员会. 中国高血压防治指南. 北京:人民卫生出版社, 2006:9-10.
- [8] Zhou X, Liu JX, Shi R, et al. Efficacy and safety of a novel low sodium compound Ion salt on blood pressure control in a community based population trial. *Chin J Hypertension*, 2009, 17(6):546-552. (in Chinese)  
周欣,刘军翔,石蕊,等. 新型低钠复合离子盐降压作用的社区人群干预研究. *中华高血压杂志*, 2009, 17(6):546-552.
- [9] Mu JJ, Liu Z, Liu F, et al. Family-based randomized trial to detect effects on blood pressure of a salt substitute containing potassium and calcium in hypertensive adolescents. *Am J Hypertens*, 2009, 22(9):943-947.
- [10] Wu Y, Huxley R, Li L, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in China: data from the China national nutrition and health survey 2002. *Circulation*, 2008, 118(25):2679-2686.
- [11] Berry SE, Mulla UZ, Chowienczyk PJ, et al. Increased potassium intake from fruit and vegetables or supplements does not lower blood pressure or improve vascular function in UK men and women with early hypertension: a randomised controlled trial. *Br J Nutr*, 2010, 104(12):1839-1847.
- [12] Iwamoto T, Kita S. Hypertension,  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  exchanger, and  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase. *Kidney Int*, 2006, 69(12):2148-2154.
- [13] Bussemaker E, Hillebrand U, Hausberg M, et al. Pathogenesis of hypertension: interactions among sodium, potassium, and aldosterone. *Am J Kidney Dis*, 2010, 55(6):1111-1120.
- [14] He FJ, Markandu ND, Coltart R, et al. Effect of short-term supplementation of potassium chloride and potassium citrate on blood pressure in hypertensives. *Hypertension*, 2005, 45(4):571-574.
- [15] Geleijnse JM, Kok FJ, Grobbee DE. Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a metaregression analysis of randomised trials. *J Hum Hypertens*, 2003, 17(7):471-480.
- [16] Whelton PK, He J. Potassium in preventing and treating high blood pressure. *Semin Nephrol*, 1999, 19(5):494-499.
- [17] Whelton PK, He J, Cutler JA, et al. Effects of oral potassium on blood pressure. Meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *JAMA*, 1997, 277(20):1624-1632.
- [18] Siani A, Strazzullo P, Giacco A, et al. Increasing the dietary potassium intake reduces the need for antihypertensive medication. *Ann Intern Med*, 1991, 115(10):753-759.
- [19] Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. Intersalt Cooperative Research Group. *BMJ*, 1988, 297(6644):319-328.
- [20] Whelton PK, He J, Appel LJ, et al. National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from the National High Blood Pressure Education Program. *JAMA*, 2002, 288:1882-1888.

(收稿日期:2011-03-31)

(本文编辑:尹廉)