

高食盐摄入对人体健康的影响

洪 洋, 姜 华, 孟丑拴, 袁桂莉*

(河北北方学院附属第一医院, 张家口 075000)

摘 要: 食盐是造成高血压和心血管疾病的重要原因之一, 资料证明食盐和高血压存在着必然的关联, 现在高血压的治疗方式, 主要是抗高血压药物治疗, 但是药物治疗副作用比较多, 减少盐摄入量是对降低高血压患者发病率最直接有效的手段。基于对盐摄入量有精确评估方法的可靠研究显示, 低盐摄入量与高血压、心血管疾病、及其他疾病(如肾病、胃癌和骨质疏松症)的风险降低有关。本综述提供了盐与血压、其潜在的生理机制、钾与血压、盐与血压及心血管疾病相关的健康证据, 并且简要介绍了减盐行动所带来的成本效益及世界各地在减盐行动中发挥的作用, 希望能为高血压及心血管疾病等慢性疾病的防治提供一定的理论支撑。

关键词: 食盐; 钠; 高血压; 心血管疾病; 生理机制

Effects of high salt intake on human health

HONG Yang, JIANG Hua, MENG Chou-Shuan, YUAN Gui-Li*

(The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China)

ABSTRACT: Salt is one of the important causes of hypertension and cardiovascular disease. Data show that there is a certain correlation between salt and hypertension. Now the treatment of hypertension is mainly antihypertensive drugs, but the side effects of drug therapy are more. Reducing salt intake is the most direct and effective way to reduce the incidence rate of hypertension. Reliable studies based on accurate assessment of salt intake have shown that low salt intake is associated with reduced risk of hypertension, cardiovascular disease, and other diseases such as kidney disease, gastric cancer, and osteoporosis. This review provided the health evidence of salt and blood pressure, its potential physiological mechanism, potassium and blood pressure, salt and blood pressure, and cardiovascular disease. In addition, this paper briefly introduced the cost-effectiveness of salt reduction and the role of salt reduction in the world, hoping to provide some theoretical support for the prevention and treatment of chronic diseases such as hypertension and cardiovascular disease.

KEY WORDS: salt; sodium; high blood pressure; cardiovascular disease; physiological mechanism

0 引 言

钠离子是维系机体正常生理功能和内环境稳态必需的组成成分之一^[1], 主要通过饮食途径摄入, 绝大多数是经肾脏途径排泄。钠一般以氯化钠的形式存在, 按重量计算, 食盐含有 40%钠元素和 60%的氯元素, 盐是钠在饮食

中的主要来源(≈90%), 2010 年, 全球钠盐摄入水平调查显示居民平均钠盐摄入量为 10.06 g/d, 比世界卫生组织推荐的 5 g/d 钠盐摄入量高出一倍多^[2]。中国第 5 次总膳食调查发现居民平均钠盐摄入量从 2000 年的 16 g/d 下降到 2009 年的 14 g/d, 但仍属高钠盐摄入国家^[3]。2017 年全球范围内大约 7000 万伤残人士和 300 万患者死于高盐摄入,

*通信作者: 袁桂莉, 主要研究方向为高血压、心力衰竭、食品营养。E-mail: td6930@163.com

*Corresponding author: YUAN Gui-Li, The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China. E-mail: td6930@163.com

使其成为三大饮食风险因素之一^[4]。大量证据表明, 食盐和高血压存在一定的因果关系。

本文通过汇总当前一些钠盐与高血压及心血管疾病的研究资料, 包括钠盐与血压的关系及机理研究、钠盐与心血管疾病的关系研究等, 并且对减盐行动所带来的成本效益及世界各地在减盐行动中发挥的作用进行了简要介绍。希望为全球减盐行动的提倡及高血压等慢性疾病的治疗提供一些参考性建议。

1 钠与血压的关系

影响高血压发病的危险因素很多, 主要分为 2 大类: 遗传和环境。在环境因素中, 高盐摄入目前被认为是导致高血压发生和发展的主要危险因素, 随着 21 世纪的到来, 人们饮食习惯和结构也随之变化, 钠盐摄入量过高是导致各类慢性疾病高发的主要原因。钠是人体必需的微量元素, 钠在控制血压方面所起的重要作用一直以来都是研究的热点^[5]。钠摄入过量时, 会造成机体细胞外液中阳离子的过量积聚而致使水钠潴留, 致使机体血容量在一定程度升高, 进而导致血压上升, 使高血压患者血压处于较高水平, 钠离子摄入过量会加重高血压征象^[6]。

1.1 观察性的流行病学研究

长期以来, 盐摄入量评估方法一直限制着流行病学研究的发展。盐与血压国际研究学会(International Study of Salt and Blood Pressure, INTERSALT)组织了一次大规模横截面研究, 此研究共纳入了 32 个国家($n=10074$)。结果表明钠盐摄入量与高血压存在正相关性。每日食盐量增加 5~6 g, 收缩压/舒张压升高 3~6/0.1~2.5 mm Hg(1 mm Hg=0.1333 kPa), 若每日食盐量较目前食盐量增加 6 g, 持续 30 年后, 总体人群收缩压水平升高 9 mmHg^[7], 同样, 在一项纳入 18 个国家 102216 例参与者的前瞻性城乡流行病学研究(prospective urban rural epidemiology, PURE)中发现, 平均每增加 1 g 钠(相当于 2.5 g 食盐)摄入, 收缩压/舒张压升高 2.11/0.78 mm Hg; 而且研究还发现对于每日摄钠量 > 5 g 组, 每增加 1 g 钠的摄入, 收缩压升高 2.58 mm Hg, 而每日摄入量 3~5 g 组, 每增加 1 g 钠的摄入, 收缩压升高 1.74 mmHg, 每日摄入量 < 3 g 组, 每增加 1 g 钠的摄入, 收缩压升高 0.74 mmHg^[8]。此外, 也有研究^[9]发现, 通过对高血压患者实施低盐饮食控制, 将每日摄入的盐量控制在营养学会规定的 6 g 以内, 为期 1 个月, 即可降低 8 mm Hg 收缩压及 5 mm Hg 舒张压。许多流行病学研究及干预实验表明, 钠摄入量的减少与收缩压和舒张压的降低有关, 在高血压患者人群中更为显著^[10]。我国居民目前食用盐的摄入量显著高于国际标准, 不同程度的高血压患者每日食用盐的摄入量应控制在 1.5~5 g 左右^[11]。

钠含量很容易超标, 尤其是在食物中, 这将增加一系

列心血管疾病发生的风险。OKUDA 等^[12]利用 INTER-MAP 资料, 在全球范围内研究比较了中国、日本、美国、英国等国家中年人 24 h 尿钠排泄量, 从研究结果可知, 最高的尿钠排泄量在中国, 且北方高于南方。我国通过多次膳食调查结果发现, 北方地区平均食盐量为 12~18 g/d, 显著高于南方的 7~8 g/d。因此, 目前多数国家将减少盐的摄入列为 5 项控制慢性病的生活方式干预措施之一^[13], 建议盐(氯化钠)的摄入量 < 6 g/d, 加拿大甚至建议盐(氯化钠)的摄入量 < 3.5 g/d^[14]。

1.2 盐摄入量和血压之间的剂量-反应关系研究

关于实验摄入量与血压之间的剂量关系有很多, 最令人信服的有以下 2 个实验。参与者被按要求摄入不同水平含量的食盐, 其中一项实验的摄入量水平为 11.2、6.4、2.9 g/d, 另一项试验分别为 8、6、4 g/d, 2 项试验最后的研究结果一致相同, 表明血压随着钠盐摄入量的变化而变化, 食盐摄入量越低, 高血压发生率越小^[15]。相关研究发现, 减少盐的摄入量至 5 g/d(世界卫生组织推荐的摄入量标准)将会减少慢病发生率, 进一步减少至 3 g/d 对身体健康将会更有益^[16]。

1.3 低钠摄入对血压和心血管疾病的影响

饮食中过度限制钠盐的摄入也可能会带来一些潜在风险。虽然减盐对血压稳定和人体健康的益处是巨大的, 但也有些研究显示, 食盐摄入与高血压存在“J”形或逆向性联系, 即高盐和低盐饮食均可引起机体特别是心血管系统的不良后果^[17]。高盐摄入量会导致心血管疾病等慢病的发生是广为人知的, 然而有研究表明低盐饮食也会增加心血管疾病的发生机会, 这类研究争议较大, 目前最可能的解释原因是在研究低盐摄入对心血管疾病的影响时综合了其他影响因素的干扰。

目前大多数学者认为食盐摄入量的减少可能与肾素活性和血管紧张素II水平的代偿性升高有关, 进而刺激交感神经系统, 使血浆容量减少, 血浆脂质浓度升高, 导致高血压相关心血管疾病发生风险的增大^[18]。降低食盐摄入量对血压正常人群影响较小, 然而钠盐摄入量长期不足, 对人体会有潜在的危害。盐敏感性具有个体性差异, 研究发现盐敏感性在老年人、黑人和患有代谢综合征或者肥胖人群中尤为显著, 随着食盐摄入量的减少, 高血压患者、黑人和老年人的血压下降幅度要大于血压正常、白人和年轻人, 这可能至少部分归因于肾素-血管紧张素-醛固酮系统(renin angiotensin aldosterone system, RAAS)反应的差异^[19]。

1.4 生理机制研究

关于盐的膳食摄入量与血压关系的机理尚待阐明, 目前几种主要的理论如下: (1)血管内皮功能紊乱, 包括内

皮依赖性血管舒张因子/收缩因子系统紊乱、一氧化氮(NO)/NO合成酶系统等;(2)肾素-血管紧张素-醛固酮系统(RAAS)失衡;(3)交感神经系统激活;(4)血管平滑肌细胞在各种因素刺激下增殖;(5)炎症反应。与盐摄入相关的高血压发病机制主要表现为RAAS失衡。过量的盐摄入会抑制RAAS(肾素-血管紧张素-醛固酮系统),进而减少钠的再吸收,从而促进钠的排泄。RAAS依赖于肾脏,肾脏随着年龄会老化。钠的平衡是通过提升钠的排泄来维持的,而是靠增加血浆心钠肽和升高血压来实现的。随着肾脏功能的不断恶化和结构的改变,RAAS越来越受损,导致钠和水的滞留。因此,盐摄入量的少量增加会导致血压值的大幅度上升^[20]。

与盐摄入相关的高血压发病机制早期的理论主要集中于血浆容量增加引起的血压升高^[18]。然而,该理论不能解释部分慢性高血压病患者血浆容量与血压成反比的情况。有研究结果表明^[21],血压正常人群与高血压患者的心脏指数相似,而高血压患者的外周血管阻力显著升高。因此,盐摄入量增加引起的血压升高可能与外周血管收缩亦有关。

血浆钠可通过细胞外液量影响血压的升降。盐摄入量的变化导致正常血压和高血压患者血浆钠的含量变化是平行的^[21-22]。血浆钠含量的上升会通过细胞外间隙渗透压增高将液体从细胞内移动细胞外隔间得到缓冲。血浆中钠的少量增加也会刺激口渴中枢,导致精氨酸加压素的摄入和分泌,导致水分潴留,这些作用机制使血浆钠恢复到正常水平,同时也增加了细胞间隙的体积^[23]。这也会刺激其他的补偿机制,如血浆中的钠含量的轻度改变就能影响下丘脑、血管紧张素系统、心血管及炎症机制。

2 盐摄入量与心血管疾病的关系

心血管疾病(cardiovascular diseases, CVD)是造成我国疾病负担的首要原因,《中国心血管病报告 2018》^[24]显示,2018年我国CVD现患病人数为2.9亿,死亡率居各病因首位,占居民疾病死亡构成的40%以上,其中成人高血压患病率为27.9%(加权率为23.2%),男性高于女性(加权率:24.5%:21.9%),且患病率随年龄增加而升高。高血压作为CVD的首要危险因素,越来越受到重视,降压治疗的根本目的在于降低心血管并发症和死亡的总风险。Lancet近期发布了一项全球195个国家及地区饮食结构对健康影响的大规模研究,指出中国人群每日的盐摄入量超过全球其他国家,高钠饮食是我国心血管疾病高发的重要原因^[25]。超量钠盐的摄入与高血压^[26]、脑卒中、心血管疾病^[27]和肥胖均有密切关系。

2.1 盐对心血管疾病的影响

大多数研究证实钠盐摄入是高血压发病中重要的环境

因素之一,减少钠盐摄入可以降低血压水平;但是,近年来有研究^[28]结果表明,人体血压从115/75 mmHg开始即与心血管疾病发生风险存在持续的、分级的关系。由于减少食盐摄入量不仅能降低高血压患者的血压,对正常人的血压也有部分降低效应^[29],从而可预防高血压,降低心血管疾病的发生风险。

盐损伤靶器官主要通过升高血压,但也通过激素和炎症机制,以及更多新的途径,如免疫反应和肠道微生物,所有的路径都是相互连接的,其作用途径如下:(1)随血压升高而来的压力负荷会对多个部位和组织造成损害,如在血管系统中会导致内皮功能障碍、动脉粥样硬化、动脉硬化性狭窄,以及大小动脉和主动脉瘤的重塑;(2)通过荷尔蒙系统造成伤害,高醛固酮水平可介导盐对左心室肥厚的影响。研究表明^[30],在高血压或原发性醛固酮增多症患者和一般人群中,左心室肥厚与尿中钠和醛固酮的排泄以及血浆醛固酮的分泌有关;(3)通过炎症和氧化压力损伤^[31-32]。炎症机制在介导盐对肾脏和内皮损伤中的作用日益被认识。对于非慢性阻塞性肺病的患者,高盐摄入可促进促炎性和促纤维化状态;(4)通过免疫反应造成的损害,高盐摄入可促进具有促炎功能的巨噬细胞和T细胞的发育,从而破坏免疫反应的过程和平衡;(5)通过肠道微生物的破坏,肠道菌群最近被认为是盐对中间机制(如炎症)和健康状况影响的关键调节者^[33-34]。

2.2 前瞻性研究汇总

在过去的30年,已有超过30个队列研究报道了食盐摄入与心血管疾病的关系。2015年,一项纳入229785名受试者的meta分析^[35]结果表明,食盐摄入与心血管疾病的发生成正比。然而,有部分队列研究^[36]结果显示,食盐摄入与心血管疾病的发生存在“J”型相关。MENTA等^[37]研究发现,与每日食盐摄入量为10.0~12.5 g相比,过少和过多的食盐摄入均会使心血管疾病发生风险和全因死亡率升高。这些队列研究尚存在方法学的偏差,包括纳入人群偏差和对食盐摄入量评估误差。纳入人群偏差是低食盐摄入与心血管疾病发生风险相关的主要误差因素,许多队列研究中纳入了合并血管疾病或心血管疾病高风险的人群,比如合并慢性肾病和糖尿病的患者人群^[38],只能食用少量食物或盐的人群,以及被建议减少食盐摄入量的人群。因此,这种食盐摄入与心血管疾病发生风险的负相关性可能不是由食盐摄入过少引起的,也可能是人群合并的原发疾病本身产生的。

3 测量缺乏规范的方法和统一的标准

准确评估日常生活中钠摄入量显得极为重要,尤其是对于高血压、糖尿病和动脉粥样硬化性疾病患者。目前计算饮食中钠、钾摄入量的方法主要有膳食回顾调查法和

24 h 留尿法 2 种, 此外点尿法作为一种新的评估方法在我国也有一定的临床应用。目前普遍认为评估饮食中钠摄入量的金标准是 24 h 留尿法。有研究者^[39]对 2 种方法进行比较后发现, 采用膳食回顾调查可能对最终的实验结论产生不同乃至颠覆性的影响, 从而影响整个研究结论的准确性和可靠性, 需要在评价一项实验时仔细辨别。

3.1 单点尿样本评估食盐摄入量的研究

单点尿钠水平不仅取决于食盐摄入量, 还可能受液体消耗量、时间节律、小便样本量、便前一餐食盐摄入量的影响。采用 24 h 尿钠水平评估食盐摄入量的研究证明了单点尿钠水平评估食盐摄入量存在系统偏差, 且准确性、重复性较差^[39]。此外, 短时间的钠排泄量受神经内分泌系统(如交感神经系统、RAAS)调控, 而神经内分泌系统与心血管结局密切相关^[40]。因此, 对于可能反映钠排泄与心血管疾病发生风险的单点尿钠水平测定的结果是不稳定的, 用于评估食盐摄入量可产生较大的偏差。

3.2 多个非连续性 24 h 尿钠评估食盐摄入量的研究

评估食盐摄入量的金标准是 24 h 尿钠。由于不同时间段盐的消耗和排泄存在差异, 单个 24 h 尿样本可能仍不能准确反映日常盐摄入量。OLDE 等^[41]的研究纳入 901 例患者, 比较其单个基线 24 h 尿液样本和 1、5、15 年样本平均值评估的食盐摄入量。结果显示, 相对于单一基线 24 h 尿液样本测定值, 1、5、15 年平均值评估食盐摄入量分别有 49%、50%、48% 的患者 24 h 尿钠差异 > 2 g。因此, 采用多个非连续性 24 h 尿液样本评估食盐摄入量的研究方法结果更为可信。2016 年 COOK 团队^[42]采用多个非连续性 24 h 尿液样本评估方法的高血压预防实验(trial of hypertension prevention, TOHP)中对受试者随访, 研究结果显示, 食盐摄入量与心血管疾病死亡风险呈线性相关, 而非“J”形或“U”形曲线相关, 且这种直接的线性关系可被延伸至每日 3 g 食盐摄入量的水平。

4 钾元素对高血压的影响

为保持体内钠钾平衡, 降低高血压的发病风险, 国家以碘盐为原料, 添加一定量氯化钾制成现行的低钠盐。许多研究结果均表明钾具有降低血压的作用。ABURTO 等^[43]通过 Meta 分析发现, 钾摄入量为在 90~120 mmol/d 可降低血压并可降低脑卒中发病率。另有研究已表明, 当钠盐摄入量超过 10 g/d 时, 摄入钾可达到降低血压的最好效果。但实际上无论高钠饮食还是低钠饮食, 额外摄入钾均可不同程度地有效降低血压。MENTE 等^[44]的一项 Meta 荟萃分析发现钾对高血压患者有一定的降压作用, 可使收缩压降低 9.5 mmHg, 舒张压降低 6.4 mmHg。此外, 钾可能通过多种途径发挥降低血压的作用, 主要包括: (1) 钠尿激肽的刺激; (2) 内皮功能和一氧化氮释放的改善; (3) 钠/钾泵和质

膜钾通道的刺激, 导致内皮超极化和胞质平滑肌钙减少; (4) 具有血管平滑肌松弛的交感神经系统的活性降低。

5 成本效益分析和全球限盐行动

根据高收入、低收入和中等收入国家的大量成本效益分析表明, 全人口范围内减盐在减少高血压和心血管病方面具有很高的成本效益^[45], 英国的减盐计划每年预防了 9000 例心血管疾病死亡, 每年为医疗保健服务节省了 15 亿英镑, 在美国, 每天减少 3 g 盐的摄入量, 每年可预防 146000 例 CVD 新病例和 >40000 例患者死亡^[46]。

在高收入国家中, 饮食中 80% 的盐来自于熟食、餐馆和快餐, 因此, 促使所有食品制造商缓慢、持续地减少食品含盐量至关重要。分别为不同食品类别制定减盐目标, 并配套制定独立、透明的监控计划, 营造公平竞争的环境, 让所有的公司都朝着同样的目标努力。英国已经在 10 年间实现了许多食品中盐含量减少 20% 到 50% 的目标, 使得人群盐摄入量、血压和心血管疾病死亡率同时下降^[47]。加拿大、澳大利亚和美国各州等已经效仿英国的模式, 自愿设定了盐含量的目标^[48-49]。然而在大多数低收入国家食盐摄入量依然很高, 且限盐行动比较滞后, 他们承担着几乎全球 80% 与盐相关导致的疾病^[50]。一般情况下, 食盐主要来自于烹饪和调味品中, 因此, 需要开展盐意识教育, 鼓励个人减少在家做饭时使用的盐量。

6 结论与展望

综上所述, 高盐摄入是高血压、心血管疾病等慢性病发生的主要原因, 中国居民膳食指南(2016 年)建议居民食盐摄入量控制在 5 g/d, 建议多食蔬菜水果, 提倡高钾低钠等。控制食盐摄入量减少慢病人群数量是全世界都应该重视的话题, 因为减少食盐摄入是最经济、最可行的战略方式。

参考文献

- [1] STIGLER FL, GARTLEHNER G, SPRENGER M. Salt in health and disease-A delicate balance [J]. *New Engl J Med*, 2013, 368(26): 1229-1237.
- [2] MOZAFFARIAN D, FAHIMI S, SINGH GM, et al. Global sodium consumption and death from cardiovascular causes [J]. *New Engl J Med*, 2014, 371(7): 624-634.
- [3] HIPGRAVE DB, CHANG S, LI X, et al. Salt and sodium intake in China [J]. *Jama*, 2016, 315(7): 703-705.
- [4] AFSHIN A, SUR PJ, FAY KA, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: A systematic analysis for the global burden of disease study 2017 [J]. *Lancet*, 2019, 393(10184):1958-1972.
- [5] 熊成霞. 食盐摄入量对高血压患者血压控制影响的研究进展[J]. *当代护士*, 2019, 26(2): 25-27.
- XIONG CX. Research progress on the influence of salt intake on blood

- pressure control in patients with hypertension [J]. *Contemp Nurses*, 2019, 26(2): 25–27.
- [6] 刘涛. 低钠饮食控制原发性高血压临床探讨[J]. *中国现代药物应用*, 2010, 4(4): 228–229.
- LIU T. Clinical study on control of essential hypertension with low sodium diet [J]. *Chin J Mod Pharm Appl*, 2010, 4(4): 228–229.
- [7] Anonymous. Intersalt: An international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hours urinary sodium and potassium excretion [J]. *Brit Med J*, 1988, 297(6644): 319–328.
- [8] MENTE A, O'DONNELL MJ, RANGARAJAN S, *et al.* Association of urinary sodium and potassium excretion with blood pressure [J]. *New Engl J Med*, 2014, 371(7): 601–611.
- [9] 黄莹. 高血压防止, 从低盐饮食做起[J]. *中国医药指南*, 2013, 11(9): 362–363.
- HUANG Y. To prevent hypertension, start from low-salt diet [J]. *Chin Med Guide*, 2013, 11(9): 362–363.
- [10] 庄妍, 刘涛, 李凌, 等. 贵州省城乡居民高血压患病率及与食盐量的相关分析[J]. *微量元素与健康研究*, 2016, (3): 48–49.
- ZHUANG Y, LIU T, LI L, *et al.* Correlation analysis of hypertension prevalence rate and salt intake among urban and rural residents in Guizhou province [J]. *Trace Elem Health Res*, 2016, (3): 48–49.
- [11] 秦小媛. 健康宣教对高血压病人的影响[J]. *医药前沿*, 2017, 7(1): 376–377.
- QIN XY. The influence of health education on hypertensive patients [J]. *Front Med*, 2017, 7(1): 376–377.
- [12] OKUDA N, STAMLER J, BROWN IJ, *et al.* Individual efforts to reduce salt intake in China, Japan, UK, USA: What did people achieve? the INTER-MAP population study [J]. *J Hyperten*, 2014, 32(12): 2385–2392.
- [13] 李园, 骆蓉, 张普洪. 减盐防控慢性病进展[J]. *中华预防医学杂志*, 2018, 52(7): 757–761.
- LI Y, LUO R, ZHANG PH. Salt reduction for prevention and control of chronic diseases [J]. *Chin J Prev Med*, 2018, 52(7): 757–761.
- [14] 杨婷婷, 陈志恒, 朱小伶, 等. 钠盐摄入量与在外就餐频率及常见慢性病的相关性[J]. *临床心血管病杂志*, 2020, 36(3): 75–80.
- YANG PT, CHEN ZH, ZHU XL, *et al.* Correlation between sodium intake and eating out frequency and common chronic diseases [J]. *J Clin Cardiovas Dis*, 2020, 36(3): 75–80.
- [15] MACGREGOR GA, MARKANDU ND, SAGNELLA GA, *et al.* Double-blind study of three sodium intakes and long-term effects of sodium restriction in essential hypertension [J]. *Lancet*, 1989, 334(8674): 1244–1247.
- [16] HE FJ, TAN M, MA Y, *et al.* Salt reduction to prevent hypertension and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(6): 632–647.
- [17] VAN HL. Dietary sodium and blood pressure: How low should we go? [J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2015, 58(1): 61–68.
- [18] GRAUDAL NA, HUBECK-GRAUDAL T, JURGENS G, *et al.* Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride [J]. *Cochrane Database System Rev*, 2017, 4(4): CD004022.
- [19] WEINBERGER MH, FINEBERG NS. Sodium and volume sensitivity of blood pressure. Age and pressure change over time [J]. *Hypertension*, 1991, 18(1): 67–71.
- [20] 袁帅, 张艳达, 丁茹, 等. 减盐饮食的争议与探索[J]. *上海医学*, 2019, 42(7): 60–64.
- YUAN S, ZHANG YD, DING R, *et al.* Controversy and exploration of salt reduction diet [J]. *Shanghai Med*, 2019, 42(7): 60–64.
- [21] HE FJ, MARKANDU ND, SAGNELLA GA, *et al.* Plasma sodium ignored and underestimated [J]. *Hypertension*, 2004, 17(5): 181–182.
- [22] DE WARDENER HE, HE FJ, MACGREGOR GA. Plasma sodium and hypertension [J]. *Kidney Int*, 2005, 66(6): 2454–2466.
- [23] HE FJ, MARKANDU ND, SAGNELLA GA, *et al.* Effect of salt intake on renal excretion of water in humans [J]. *Hypertension*, 2001, 38(3): 317.
- [24] 胡盛寿, 高润霖, 刘力生, 等. 《中国心血管病报告 2018》概要[J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(3): 209–220.
- HU SS, GAO RL, LIU LS, *et al.* Summary of *China cardiovascular disease report 2018* [J]. *Chin J Circul*, 2019, 34(3): 209–220.
- [25] HE FJ, MARKANDU ND, SAGNELLA GA, *et al.* Plasma sodium ignored and underestimated [J]. *Hypertension*, 2004, 17(5): 181–182.
- [26] O'DONNELL MJ, SCHMIEDER RE, YUSUF S. Urinary sodium excretion and cardiovascular events-reply: Salt, blood pressure and cardiovascular disease [J]. *Jama*, 2012, 307(11): 1138–1139.
- [27] YIN L, DENG G, MENTE A, *et al.* Association patterns of urinary sodium, potassium, and their ratio with blood pressure across various levels of salt-diet regions in China [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 6727.
- [28] COLLABORATION PS, LEWINGTON S, CLARKE R, *et al.* Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: A meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies [J]. *Lancet*, 2002, 360: 1903–1913.
- [29] HE FJ, LI J, MACGREGOR GA. Effect of longer-term modest salt reduction on blood pressure [J]. *Cochrane Database System Rev*, 2013, 4(4): CD004937.
- [30] LÚCIA MA, GOMES MF, FUJIHARA CK, *et al.* Persistent hypertension and progressive renal injury induced by salt overload after short term nitric oxide inhibition [J]. *Clinics*, 2007, 62(6): 749–756.
- [31] JABLONSKI KL, RACINE ML, GEOLFOS CJ, *et al.* Dietary sodium restriction reverses vascular endothelial dysfunction in middle-aged/older adults with moderately elevated systolic blood pressure [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61(3): 335–343.
- [32] BOEGEHOLD MA, DRENJANCEVIC I, LOMBARD JH. Salt, angiotensin II, superoxide, and endothelial function [M]. *John Wiley & Sons, Inc*, 2015.
- [33] FARACO G, BREA D, GARCIA-BONILLA L, *et al.* Dietary salt promotes neurovascular and cognitive dysfunction through a gut-initiated TH17 response [J]. *Nat Neurosci*, 2018, 21(2): 240.
- [34] WILCK N, MATUS MG, KEARNEY SM, *et al.* Salt-responsive gut commensal modulates TH17 axis and disease [J]. *Nature*, 2017, 551(7682): 585–589.
- [35] POGGIO R, GUTIERREZ L, MARÍA G, *et al.* Daily sodium consumption and CVD mortality in the general population: Systematic review and meta-analysis of prospective studies [J]. *Publ Health Nutr*, 2015, 18(4): 695–704.
- [36] Anonymous. Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events [J]. *New Engl J Med*, 2014, 371(13): 1267–1267.
- [37] ANDREW M, MARTIN O'D, SUMATHY R, *et al.* Associations of urinary sodium excretion with cardiovascular events in individuals with and

- without hypertension: a pooled analysis of data from four studies [J]. *The Lancet*, 2016, 388(10043): 465–475.
- [38] 韩伟中. 高盐与血压和心血管疾病的关系[C]// 中国医疗保健国际交流促进会; 北京医师协会; 北京市社区卫生协会, 2016.
- HAN WZ. Relationship between high salt content and blood pressure and cardiovascular disease [C]//China Healthcare International Communication Association; Beijing Medical Doctors Association; Beijing Community Health Association, 2016.
- [39] JI C, MILLER M A, VENEZIA A, *et al.* Comparisons of spot vs 24-h urine samples for estimating population salt intake: Validation study in two independent samples of adults in Britain and Italy [J]. *Nutr Metab Cardiovas Dis*, 2014, 24(2): 140–147.
- [40] ARMANINI D, BORDIN L, ANDRISANI A, *et al.* Considerations for the assessment of salt intake by urinary sodium excretion in hypertensive patients [J]. *J Clin Hypertens*, 2016, 18(11): 1143–1145.
- [41] OLDE ERHG, VAN DHTC, VAN NND, *et al.* Using single versus multiple 24-hour urine samples to assess the relation between sodium intake and renal outcome [J]. *Nephrol Dialy Transp*, 2016, 33(S1): 185.
- [42] COOK NR, APPEL LJ, WHELTON PK. Sodium intake and all-cause mortality over 20 years in the trials of hypertension prevention [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(15): 1609–1617.
- [43] ABURTO NJ, HANSON S, GUTIERREZ H, *et al.* Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: Systematic review and meta-analyses [J]. *BMJ*, 2013, 346: f1378.
- [44] MENTE A, O'DONNELL MJ, RANGARAJAN S, *et al.* Association of urinary sodium and potassium excretion with blood pressure [J]. *New Engl J Med*, 2014, 371(7): 601–611.
- [45] NICE. Cardiovascular disease prevention [EB/OL]. [2019-08-19]. <https://www.nice.org.uk/guidance/ph25/resources/cardiovascular-disease-prevention-pdf-1996238687173>.
- [46] BIBBINS-DOMINGO K, CHERTOW GM, COXSON PG, *et al.* Projected effect of dietary salt reductions on future cardiovascular disease [J]. *New Engl J Med*, 2010, (362): 590–599.
- [47] HE FJ, BRINSDEN HC, MACGREGOR GA. Salt reduction in the United Kingdom: A successful experiment in public health [J]. *J Human Hypertens*, 2014, 28(6): 345–352.
- [48] BARBERIO AM, SUMAR N, TRIEU K, *et al.* Population-level interventions in government jurisdictions for dietary sodium reduction: A cochrane review [J]. *Int J Epidemiol*, 2017, 45(5): 28204481.
- [49] TRIEU K, NEAL B, HAWKES C, *et al.* Salt Reduction Initiatives around the world-A Systematic review of progress towards the global target [J]. *PLoS One*, 2015, 10(7): 0130247.
- [50] YACH D, HAWKES C, GOULD CL, *et al.* The global burden of chronic diseases [J]. *Jama*, 2004, 291(21): 2616.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

洪 洋, 主要研究方向为高血压、心力衰竭、食品营养。
E-mail: 865932069@qq.com

袁桂莉, 主要研究方向为高血压、心力衰竭、食品营养。
E-mail: td6930@163.com