

富钾低钠盐 12 个月干预对普通人群代谢的影响——中国盐试验

张红叶¹ (通讯作者) 黄秀先² 窦相峰³ 魏华¹ 王兴宇¹ 刘力生¹

1.北京高血压联盟研究所, 北京 100039

2.河北省邢台市清河县中医院, 河北 清河 054800

3.北京市疾病预防控制中心, 北京 100013

摘要: 目的: 探讨富钾低钠盐(氯化钠与氯化钾重量比为 1:1)在北方社区人群中应用一年的安全性、可行性及其对血压和尿钠钾比值的影响。方法: 采用整群随机抽样方法, 以家庭为单位选取北方清河县城镇和村庄居民。受试者被随机分为干预组(食用富钾低钠盐)和对照组(食用普通食盐), 研究采用单盲法设计。两组研究用盐均免费发放, 并同步开展减盐对血压控制益处的健康宣教。结果: 基线时纳入 40 岁及以上人群 421 人, 平均体重指数(BMI)为 26.0 kg/m²; 点尿钠钾比均值为 10.58±5.04(molar ratio)。一年随访时, 301 人完成复查。结果显示, 两组点尿钠钾比均显著下降, 其中干预组下降幅度更大(7.4 vs. 5.8, $P<0.05$)。两组收缩压和舒张压未见显著变化。血清钾和血肌酐浓度均在正常范围内, 且未报告与富钾低钠盐相关的不良反应或不适症状。两组对盐的口味接受度无统计学差异。结论: 长期食用富钾低钠盐安全可行, 且易于被社区人群接受。富钾低钠盐可显著降低尿钠钾比值, 同时有效补充钾的摄入量。

关键词: 富钾低钠盐(NaCl:KCl = 1:1); 点尿钠钾比值; 血压; 社区干预; 安全性

生活方式在人类健康维护与疾病预防中扮演着决定性角色。根据世界卫生组织(WHO)的健康决定因素理论框架, 个体健康状态受多重因素影响, 其中个人生活方式占比高达 60%, 显著高于遗传因素(15%)、社会因素(10%)、医疗条件(8%)和气候地理因素(7%)的总和(40%)^[1]。在这一背景下, 高血压作为典型的可预防性非传染性慢性疾病, 其防控策略的核心在于生活方式的优化和膳食结构的调整。

2019 年全球疾病负担研究的系统分析显示, 膳食因素造成了全球 1100 万死亡病例, 其中高钠饮食是首要的膳食风险因素^[2]。这一发现在 INTERSALT 研究最新分析中得到进一步验证。该研究通过跨国队列研究证实, 钠盐摄入量与血压水平呈显著线性相关($P<0.001$)^[3]。

然而, 膳食习惯的改变面临着巨大的实践挑战。中国北方地区居民普遍存在“高钠低钾”的典型膳食特征, 尽管公共卫生部门持续开展限盐宣教, 但传统饮食习惯的社会文化根深蒂固, 单纯依靠行为干预难以取得理想效果。因此, 探索基于替代性减盐策略具有重要的公共卫生意义。2021 年中国盐替代品多中心研究(China Salt Substitute Multicenter Study)的阶段性结果显示, 市售含钾低钠盐在感官接受度、生物利用度和短期生理效应等方面展现出显

著优势^[4-7]。

基于上述发现, 本研究团队设计并实施了“中国盐试验”(China Salt Trial), 这是一项为期 12 个月的社区干预研究。研究采用整群随机对照设计, 旨在系统评估富钾低钠盐在中长期应用中的安全性、依从性及其对心血管代谢指标的影响, 重点关注尿钠钾比和血压水平的动态变化。通过这项研究, 我们期望为制定基于循证医学证据的减盐策略提供科学依据, 为慢性病防控探索创新性解决方案。

1 设计和方法

1.1 研究设计

1.1.1 研究对象

本研究采用社区为基础的整群随机对照试验设计。研究现场选择中国北方典型的高盐饮食地区——河北省清河县, 该地区具有代表性的人口特征和饮食习惯。研究对象以家庭为单位纳入, 纳入标准包括: (1) 家庭成员中至少有一人长期在家就餐; (2) 家庭中无孕妇、备孕期妇女及 13 岁及以下儿童; (3) 预计在研究期间(1-2 年)不会搬迁。排除标准包括: (1) 患有严重肾功能不全; (2) 正在使用保钾利尿剂; (3) 有明确医嘱限制钾摄入的疾病。

1.2 随机分组与干预措施

将符合条件的家庭按 1:1 比例随机分配至干预组 and 对照组。干预组接受富钾低钠盐(NaCl:KCl = 1:1, 重量比), 对照组使用普通食盐(NaCl 接近 100%), 受试者不知用盐种类。研究用盐均采用统一包装, 每月按基线调查的家庭食盐消耗量免费发放, 并建立严格的发放登记制度。

1.3 数据收集与质量控制

基线调查于 2010 年 5 月完成, 随后进行为期 12 个月的随访。数据收集包括: (1) 问卷调查: 采用标准化问卷收集人口学特征、饮食习惯、疾病史等信息; (2) 体格检查: 由经过统一培训的调查员使用校准后的设备测量血压、身高、体重、腰围等指标; (3) 实验室检测: 收集空腹静脉血和点尿样本, 并收集 24 小时尿液小样本, 检测血清电解质、肾功能指标及尿钠、尿钾水平。所有实验室检测均在同一实验室完成, 实施严格的质量控制。

1.4 随访安排

研究期间每 3 个月进行一次定期随访, 12 个月时进行全面复查。随访内容包括: 盐消耗量评估、血压测量、不良反应记录、依从性评估, 并采集血尿样本进行检测。

1.5 统计方法

所有调查问卷数据使用 Epidata 软件双人双录入, 并进行逻辑核查与一致性检验, 对比修改后建立数据库, 采用 SPSS 22.0 软件分析。计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, t-检验用于比较两组均值差异。计数资料采用频数[n (%)]表示, 组间比较采用卡方检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 研究结果

2.1 基线特征

本研究共纳入 361 户家庭的 480 名研究对象。其中, 40 岁及以上人群完成基线调查且资料完整者 421 人(男性 160 人, 女性 261 人), 平均年龄为 58.3±9.6 岁。

表 1 研究人群基线特征

指标	对照组 (n=228)	干预组 (n=193)	P 值
性别(男/女)	88/140	72/121	0.697
年龄(岁)	56.4±8.55	60.6±10.36	<0.001
收缩压(mmHg)	138.78±21.80	141.21±21.33	0.215
舒张压(mmHg)	80.79±11.82	79.22±11.46	0.138
高血压患病率(%)	62.3	68.9	0.128
点尿钠钾比	10.08±5.08	11.14±5.00	0.033
体重指数(kg/m ²)	25.89±4.00	26.08±4.04	0.615
超重比例(%)	53.1	60.2	0.120

研究人群超重(BMI>25kg/m²)比例为 56.1%(236/421),

高血压患病率达 65.3%(275/421)。点尿钠钾比均值为 10.57±5.06, 提示该地区居民存在典型的高钠低钾膳食模式。两组在性别构成、收缩压、舒张压、高血压患病率及体重指数(BMI)等方面差异均无统计学意义。详见表 1。

2.2 12 个月随访结果

在为期 12 个月的随访中, 全程完成随访的共 301 例, 失访率为 25.0%(120/421)。经电话随访核实, 失访原因主要包括外出务工、照顾孙辈、探亲访友等。采用敏感性分析比较完成随访者与失访者的基线特征, 结果显示失访对象在人口学特征、血压水平及点尿钠钾比等方面和随访成功的研究对象差异均无统计学意义(P>0.05), 提示失访未对研究结果造成显著偏倚。

与基线的点尿钠钾比(UnaK)的比较显示, 对照组和干预组的点尿钠钾比均出现下降, 但干预组的下降幅度更大, 两组点尿钠钾比下降幅度的差异具有统计学差异(P=0.015), 同时两组间随访满一年时点尿钠钾比差异也具有统计学显著性(P=0.011)。血压方面, 两组的收缩压(SBP)和舒张压(DBP)均未出现显著下降, 且与基线血压的差异在两组间也无显著统计学意义。体重指数(BMI)在一年复查时与基线相比无明显变化, 详细数据见表 2。

表 2 对照组与干预组基线及随访一年指标比较

指标	组别	随访时间	
		基线($\bar{M} \pm SD$)	随访一年($\bar{M} \pm SD$)
SBP	对照组 (N=176)	138.76 ± 21.13	138.09 ± 20.35
SBP	干预组 (N=125)	141.51 ± 20.32	142.24 ± 20.56
DBP	对照组 (N=176)	79.63 ± 11.90	79.68 ± 10.63
DBP	干预组 (N=125)	80.00 ± 10.99	80.16 ± 10.27
Una k	对照组 (N=176)	10.64 ± 5.18	4.90 ± 2.71
Una k	干预组 (N=125)	11.51 ± 5.27	4.13 ± 2.42
BMI	对照组 (N=176)	26.09 ± 3.81	26.04 ± 3.64
BMI	干预组 (N=125)	26.47 ± 4.25	26.32 ± 4.00

2.3 SBP 与相关因素的线性回归分析

采用多元线性回归分析方法, 探讨随访 12 个月时收缩压(SBP)与性别、年龄、基线 SBP、尿钠钾比(UnaK)、BMI 及用盐种类等因素的相关性。结果显示, 随访 12 个月的 SBP 与年龄($\beta=0.469, P<0.001$)、基线 SBP($\beta=0.527, P<0.001$)、BMI($\beta=1.061, P<0.001$)及尿钠钾比($\beta=0.397, P=0.025$)呈显著正相关, 而与性别($\beta=-2.26, P=0.235$)

及用盐种类 ($\beta=0.109$, $P=0.953$) 无统计学意义 (表 3)。

表 3 随访 12 个月时收缩压与相关因素的线性回归分析

指标	B	SE	P
性别	-2.26	1.900	0.235
年龄	0.469	0.105	0.000
基线收缩压	0.527	0.046	0.000
BMI	1.061	0.243	0.000
Unak	0.397	0.176	0.025
用盐种类	0.109	0.003	0.953

为进一步探讨 BMI 对 SBP 的影响, 研究以基线 BMI=25 为界进行分层分析。在 BMI $\leq$ 25 组中, SBP 与年龄 ($\beta=0.526$, $P=0.002$)、基线 SBP ($\beta=0.496$, $P<0.001$)、BMI ($\beta=1.872$, $P=0.022$) 及尿钠钾比 ($\beta=0.567$, $P=0.042$) 均呈显著正相关, 而与性别 ($\beta=-0.576$, $P=0.840$) 及用盐种类 ($\beta=-1.18$, $P=0.679$) 无显著关联。在 BMI>25 组中, 尿钠钾比对 SBP 的影响未达到统计学意义 ($\beta=0.285$, $P=0.224$), 而年龄 ($\beta=0.450$, $P=0.001$)、基线 SBP ($\beta=0.569$, $P<0.001$) 及 BMI ($\beta=1.221$, $P=0.001$) 仍与 SBP 呈显著正相关。这一结果表明, 在超重或肥胖人群中, BMI 对 SBP 的影响显著强于尿钠钾比, 提示 BMI 可能是超重和肥胖人群血压升高的主要驱动因素。

2.4 富钾低钠盐安全性、食用口味评价

本研究用的富钾低钠盐为氯化钠: 氯化钾=1:1 (重量比)。研究期间未发生不良反应和不适症状, 血清钾和肌酐浓度均在正常范围内。富钾低钠盐食用口味的评价是研究重要环节之一, 本研究共有 273 人 (对照组 152 人、干预组 121 人) 参加了研究用盐口味的评价。为准确掌握受试者对本研究用盐口味的评价、与自己原来所用盐的情况比较, 采用三项调查内容给予评价: ①无差别、②略有差别好吃、③略有差别不如原来的盐好吃。受试者评价结果提示无差别和略有差别好吃共占 87.9%、略有差别不如原来的盐好吃仅 12.1%。卡方双尾检验可见两组无显著性差别 ($P=0.311$)。研究证实长时间食用富钾低钠盐是安全可行的, 受试者对其口味认可、可被接受。详见表 4。

表 4 富钾低钠盐与原来用盐口味比较的评价

口味评价	对照组 (N, %)	干预组 (N, %)	合计 (N, %)
无差别	112 (73.7)	84 (69.4)	196 (71.8)
略有差别好吃	20 (13.2)	24 (19.8)	44 (16.1)
有差别, 不如原来的好吃	20 (13.2)	13 (10.7)	33 (12.1)
合计	152 (100)	121 (100)	273 (100)

3 讨论

本研究采用富钾低钠盐 (氯化钠: 氯化钾=1:1, 重量

比) 对我国北方地区居民进行为期一年的干预研究。研究期间, 受试者未报告任何不良反应或不适症状, 血清钾和肌酐浓度均维持在正常范围内。此外, 受试者对富钾低钠盐的口味表示认可, 证实了长期食用富钾低钠盐的安全性和口味可接受性。

研究结果显示, 富钾低钠盐显著降低了尿钠钾比, 增加了钾的摄入量, 有效改善了该人群的高钠低钾状况。干预组 (食用富钾低钠盐) 的尿钠钾比始终低于对照组 (食用普通盐), 一年后复查时, 干预组尿钠钾比平均下降 7.38。然而, 研究期间两组血压未观察到显著下降, 这可能与研究人群中超重和肥胖比例较高有关 (超重 BMI>25 者占 56.1%, 基线和一年复查时 BMI 均值分别为 26.2 ± 4.0 和 26.1 ± 3.8)。这表明超重和肥胖对血压的影响可能独立于食盐摄入和尿钠钾比。因此, 调整生活方式和饮食习惯是维护健康的重要手段, 日常生活中不仅应限制高盐摄入, 还应增加蔬菜、水果和谷类食物的摄入, 以增加钾的来源此外, 戒烟限酒、适量运动、保持正常体重以及维持良好的生活饮食习惯也是必要的^[8]。

本研究存在一定的局限性, 约 20% 的受试者在一年研究期间未能坚持食用研究用盐 (如因外出或孩子放假回家就餐而改用原用盐), 这可能低估了富钾低钠盐的效果。未来研究应继续扩大人群应用富钾低钠盐, 并长期观察其对血压、心血管病危险因素和事件的影响^[9,10]。

根据我国食品安全国家标准 (GB2021-2015), 低钠盐是以精制盐、粉碎洗涤盐、日晒盐等为原料, 通过添加国家允许的食品添加剂 (如氯化钾) 以降低钠离子浓度而制成的食用盐。低钠盐中氯化钾的含量范围为 10%~35%。低钠盐有助于调节人体的钠钾平衡, 减少钠的摄入。针对我国居民高钠低钾的饮食现状, 推广使用市售的含钾低钠盐替代普通食盐是一种有效的补钾减钠措施^[11,12], 特别是在高血压人群中, 可作为高血压和心血管病防治的有效途径之一。

4 结论

本研究证实长期食用富钾低钠盐 (氯化钠: 氯化钾=1:1 重量比) 安全可行、口味可接受。富钾低钠盐显著降低了尿钠钾比, 有效补充钾的摄入量。超重和肥胖对血压的影响独立且大于食盐摄入和尿钠钾比。

致谢: 本研究项目经费由北京力生心血管健康基金会公益性资助。

参考文献:

[1] World Health Organization. Global action plan for the

- prevention and control of NCDs 2013–2020[R]. Geneva: WHO,2019.
- [2]GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet*,2020,396(10258):1223–1249.
- [3]O'DONNELL M, MANSON J E, RIDKER P M, et al. Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events[J]. *New England Journal of Medicine*, 2021,385(7):612–623.
- [4]YIN X, LIU H, WEBSTER J, et al. Effect of salt substitution on cardiovascular events and death[J]. *New England Journal of Medicine*,2021,385(12):1067–1077.
- [5]中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准食用盐(GB 2021–2015)[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [6]HU J H, ZHAO L C, THOMPSON B, et al. Effects of salt substitute on home blood pressure differs according to age and degree of blood pressure in hypertensive patients and their families[J].*Clinical and Experimental Hypertension*, 2018, 40(7):664–672.
- [7]KONG B, YANG S, LONG J, et al. National initiatives on salt substitutes: scoping review[J].*JMIR Public Health and Surveillance*,2023,9:e45266.
- [8]YUAN Y, GAO C, YIN X, et al. The guidelines for use and promotion of low sodium salt in China[J]. *Journal of Evidence-Based Medicine*,2024,17(2): 454–467.
- [9]中国预防医学杂志编辑部.中国低钠盐推广应用指南[J]. *中国预防医学杂志*,2024,25(08).
- [10]牟建军.重视低钠盐在我国高血压防控中的意义[J]. *中华高血压杂志(中英文)*,2024,32(11):1003–1005.
- [11]范志.大力推广低钠盐服务健康美好生活[J].*健康中国观察*,2023,(08):42–43.
- [12]郭淑琴.我为中盐低钠盐“代言”[J]. *中国盐业*,2024,(02):19–20.
- 作者简介:** 张红叶(1944—),女,汉族,河北省唐山市人,本科,研究员。原就职于中国医学科学院阜外医院流行病学研究室,从事高血压及相关疾病的研究。现工作在北京高血压联盟研究所。