

论著

不同铁营养强化剂对贫血学生体内铁储量的影响

孙 静¹ 黄 建¹ 李文仙¹ 王丽娟¹ 王安绪² 霍军生¹ 陈君石¹ 陈春明³

(1. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100050;

2. 宛城区疾病预防控制中心;河南 南阳 473009; 3. 中国疾病预防控制中心,北京 100050)

摘要:目的 观察 NaFeEDTA、FeSO₄ 及电解质铁对贫血学生血红蛋白和体内铁储量的影响。方法 将 418 名 11~18 岁贫血学生分为 4 组:对照组、NaFeEDTA 组、FeSO₄ 组和电解质铁组。通过强化面粉进行 6 个月铁补充,每公斤面粉铁强化量分别 NaFeEDTA 20 mg、FeSO₄ 30 mg、电解质铁 60 mg,对照组为同等级普通面粉。在 0、2、4 和 6 个月时,分别取血测定全血血红蛋白和血清铁蛋白、运铁蛋白受体,并通过铁蛋白和运铁蛋白受体计算体内铁储量。结果 各观察组通过强化面粉平均每日铁摄入量:NaFeEDTA 组 6.6 mg、FeSO₄ 组 11 mg、电解质铁组 22 mg。NaFeEDTA 组、FeSO₄ 组和电解质铁组在干预 6 个月后血红蛋白升高 17.5、9.3 和 3.9 g/L;铁蛋白水平上升 14.0、5.0、1.9 ng/ml。转运蛋白受体降低 12.9、8.8 和 2.9 nmol/L。NaFeEDTA 和 FeSO₄ 组铁储量与血红蛋白水平呈正相关。而对照组各项检验指标干预前后差异无统计学意义。结论 NaFeEDTA 强化面粉升高血红蛋白和增加人体铁储量的作用优于 FeSO₄ 强化面粉,FeSO₄ 强化面粉优于电解质铁强化面粉。

关键词:铁;膳食;贫血;缺铁性;乙二胺 4 乙酸钠;亚硫酸盐类;电解质

Influence of Iron Fortificants on Body Iron Store of Anemia Students

SUN Jing, HUANG Jian, LI Wen-xian, WANG Li-juan, WANG An-xu, HUO Jun-sheng, CHEN Jun-shi, CHEN Chun-ming

(National Institute for Nutrition and Food Safety, Chinese CDC, Beijing 100050, China)

Abstract: Objective To observe the different effects of electrolytic iron, FeSO₄ and NaFeEDTA on body iron store of anemic school students. **Method** 418 anemic students, aged 11 to 18 years old, were divided into four groups and each group was supplied with an iron fortificant through wheat flour as food vehicle in six months. The fortification level of electrolytic iron, FeSO₄

对民间厨师进行普查、登记,建立厨师档案,定期进行卫生和法制知识培训,抓重点培训对象,并注意民间厨师相关认知中的薄弱环节,对于提高农村家宴卫生质量,控制农村食物中毒的发生有着重要意义。

(志谢 江苏省吴江、太仓、宜兴、江阴、姜堰、靖江、通州、如东、金湖、盱眙、东台、大丰市(县)卫生监督所参与实施了调查、培训工
作,在此表示感谢!)

参考文献

[1] 赵玫莉. 食品从业人员健康教育效果评价[J]. 实用医技杂志, 2005, 11(11): 2464 - 2465.

[2] 张强. 试论农村家宴食品卫生监督管理对策[J]. 中国食品卫生杂志, 2005, 17(1): 38 - 40.

[3] 黄中秀,刘艳,彭梅. 成都市农村群宴调查[J]. 预防医学情报杂志, 2005, 21(2): 230 - 234.

[4] 江苏省统计局. 江苏统计年鉴 2005 电子版 [EB/OL]. <http://www.jssb.gov.cn/sjzl/tjnj/2005/nj19.htm>, 2006 - 02 - 16.

[5] 张丽兰,王俊宁,顾永权,等. 大理市食品从业人员卫生知识培训效果分析[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(11): 1376.

[6] WORSFOLD D, WORSFOLD P. Increasing HACCP awareness: a training intervention for caterers [J]. J R Soc Health, 2005, 125(3): 129 - 135.

[7] POWYS COUNTY COUNCIL. Guidance sheet on food hygiene supervision and instruction [EB/OL]. [2004-03-17]. http://www.powys.gov.uk/uploads/media/guidance_sheet_food_hygiene_supervision.pdf.

[收稿日期:2007 - 09 - 12]

中图分类号:R15;R127 文献标识码:A 文章编号:1004 - 8456(2008)03 - 0217 - 04

基金项目:国际微量元素行动机构
作者简介:孙静 女 副研究员
通讯作者:霍军生 男 研究员

and NaFeEDTA were 60 mg Fe/kg, 30 mg Fe/kg and 20 mg Fe/kg respectively. The control group was supplied with none fortified flour. Blood samples were collected at 0, 2, 4 and 6 months and Hb, SF and TFR were measured and body iron store were calculated with SF and TFR. **Results** In three tested groups of NaFeEDTA, FeSO₄, and electrolytic iron, the daily iron intake were 6.6 mg, 11 mg and 22 mg, Hb levels increased by 17.5, 9.3 and 3.9 g/L, increments of SF levels 14.0, 5, 1.9 ng/ml, TFR levels decreased by 12.9, 8.8 and 2.9 nmol/L respectively. NaFeEDTA and FeSO₄ had positive effects on body iron in anemic students. Those parameters did not show significant change in control group. **Conclusion** NaFeEDTA was better than that of FeSO₄ while electrolytic iron showed less effect on body iron store on anemic students.

Key word: Iron, Dietary; Anemia, Iron-Deficiency; NaFeEDTA; Sulfites; Electrolytes

铁缺乏及缺铁性贫血是全球关注的营养问题之一,铁强化食品被广泛用于预防和控制铁缺乏及缺铁性贫血^[1]。由于铁在体内的吸收率、生物学作用以及铁强化对食品感官的影响和价格等多个因素影响铁营养强化剂的选择,以及铁的吸收利用受人体自身代谢及机体铁营养状况影响,所以选择适宜的铁强化剂非常重要。近年来,铁储量作为一个稳定、有效的指标被用于铁营养状况的评价,主要是通过铁蛋白和运铁蛋白受体计算铁储量来评价人体铁营养状况^[2]。元素铁和硫酸亚铁(FeSO₄)是被广泛应用的铁强化剂,乙二胺四乙酸铁钠(NaFeEDTA)作为一种新型铁强化剂,由于其较高的吸收率及良好的改善效果,已在预防和控制缺铁性贫血中,取得了较好的效果^[3,4]。为了选择面粉中的铁强化剂,本文比较了NaFeEDTA、硫酸亚铁和电解质铁强化面粉对改善贫血与体内铁储量的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 对象与分组 对河南省南阳市宛城区4所学校的4534名学生(11~18岁)进行血红蛋白普查,依据WHO推荐的贫血诊断标准^[5],将筛选出的418名贫血学生分为4组,即对照组109人(男47,女62)、NaFeEDTA组106人(男42,女64)、硫酸亚铁组107人(男44,女63)、电解质铁组96人(男42,女54)。

1.1.2 铁营养强化剂及铁强化面粉 NaFeEDTA由北京维他公司生产,铁含量为13%,硫酸亚铁和电解质铁由SUSTAIN提供,铁含量分别为98%和32%。铁强化面粉由南阳市教育面粉厂生产,强化用基础面粉质量符合国家相关标准。中国疾病预防控制中心营养与食品安全所负责铁强化面粉的质量控制。学校食堂负责组织学生食用铁强化面粉,食用时间6个月。每公斤面粉铁强化量分别为:NaFeEDTA,20 mg Fe/kg;FeSO₄,30 mg Fe/kg;电解质铁,60 mg Fe/kg。

1.1.3 仪器 Hemocue B - Hemoglobin (瑞典Hemocue AB公司)、RANDOX SF试剂盒(FN3452,

RANDOS公司)、SYNCHRON CX4PRO/BECKMAN全自动生化分析仪(美国贝克曼公司)、Opsys MR酶标仪和Opsys MW洗板机(美国Dynex公司)。

1.2 方法

1.2.1 检测指标 食用铁强化面粉前(0个月)及食用后2、4、6个月时,分别进行血红蛋白、铁蛋白、运铁蛋白受体测定,膳食调查及强化面粉摄入量调查。研究方案通过中国疾病预防控制中心营养与食品安全所“人体试验伦理道德专家审查委员会”审查,并向学生及家长发放知情同意书。

1.2.2 检测方法 用Hemocue B - Hemoglobin测定血红蛋白;RANDOX SF试剂盒^[6]测定铁蛋白;双抗体夹心ELISA法^[7]测定运铁蛋白受体;食物频率法^[8]进行膳食调查。

1.2.3 体内铁储量的计算^[3] 铁储量 = - [lg(运铁蛋白受体/铁蛋白) - 2.8229]/0.1207

2 结果

2.1 铁摄入情况

各组学生每日铁强化面粉平均摄入量为316~368 g,通过铁强化面粉平均每日铁补充量:NaFeEDTA组6.6 mg、硫酸亚铁组11 mg、电解质铁组22 mg。

2.2 血红蛋白

各组血红蛋白水平干预前差异无统计学意义,对照组在干预期间没有显著性变化。NaFeEDTA组血红蛋白在2个月时开始显著增高,并持续至观察期末(6个月);硫酸亚铁组血红蛋白在4个月后显著升高;而电解质铁组血红蛋白水平在干预6个月后才显著升高。对照组和电解质铁组在观察期内血红蛋白水平与铁储量没有显著相关,而NaFeEDTA和硫酸亚铁组的铁储量增加与血红蛋白水平变化呈现正相关,见图1。

2.3 血清铁蛋白与运铁蛋白受体

在观察期6个月内对照组及电解质铁组血清铁蛋白水平没有明显变化。NaFeEDTA组于食用铁强化面粉4个月后铁蛋白水平显著增加。食用铁强化面粉6个月时,NaFeEDTA和硫酸亚铁组铁蛋白水平

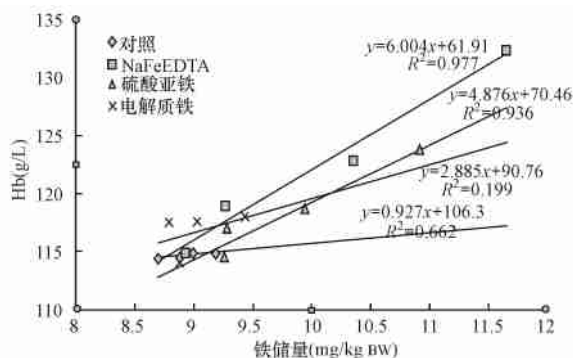


图 1 干预 2、4、6 个月人体铁储量与血红蛋白的相关性

分别上升 14.0 和 5.0 ng/ml,与基线和对照组相比均差异有统计学意义,见表 1。

对照组运铁蛋白受体水平观察前后没有显著性变化。而 NaFeEDTA 组、硫酸亚铁组及电解质铁组在食用铁强化面粉 2~6 个月后均有不同程度的降低,至观察期末分别降低 12.9、8.8 和 2.9 nmol/L,与基线和对照组比,差异均有统计学意义,见表 1。

表 1 观察期间铁营养指标的变化

组	月	血红蛋白 (g/L)	铁蛋白 (ng/ml)	运铁蛋白受体 (nmol/L)
对照组	0	114.5 ±5.3	48.9 ±19.4	37.3 ±8.5
	2	114.4 ±8.4	45.6 ±25.1	38.4 ±9.7
	4	114.8 ±7.2	47.8 ±21.4	35.2 ±8.0
	6	114.9 ±8.0	46.8 ±23.8	36.3 ±9.2
NaFeEDTA 组	0	114.9 ±5.0	46.0 ±20.5	36.4 ±7.2
	2	118.3 ±9.3 ^a	47.5 ±19.6	34.2 ±8.3 ^d
	4	122.9 ±9.7 ^{bd}	55.3 ±21.3 ^{bc}	30.0 ±7.1 ^{bd}
	6	132.4 ±10.2 ^{bd}	60.0 ±24.5 ^{bd}	23.4 ±4.6 ^{bd}
硫酸亚铁组	0	114.5 ±6.5	49.0 ±19.8	35.5 ±7.7
	2	117.0 ±14.4	47.2 ±30.0	34.0 ±8.9 ^d
	4	118.7 ±13.5 ^{ac}	50.8 ±19.4	30.8 ±7.4 ^{bd}
	6	123.8 ±13.1 ^{bd}	58.5 ±20.9 ^{bd}	27.5 ±6.1 ^{bd}
电解质铁组	0	114.1 ±4.7	46.4 ±17.9	37.1 ±8.6
	2	117.3 ±8.4	43.3 ±18.9	35.4 ±8.5 ^c
	4	117.6 ±12.4	44.4 ±20.1	34.1 ±8.1 ^a
	6	118.0 ±10.9 ^a	48.3 ±20.4	33.4 ±8.1 ^{bc}

注:a 为与基线比较, $P < 0.05$; b 为与基线比较, $P < 0.01$; c 为与对照组比较, $P < 0.05$; d 为与对照比较, $P < 0.01$ 。

2.4 体内铁储量

对照组体内铁储量在观察期内没有显著性变化,NaFeEDTA 组和硫酸亚铁组铁储量在观察期随着铁的摄入而逐渐增加,在观察期末显著高于基线和对照组 ($P < 0.05$);电解质铁组在干预前 4 个月没有变化,在干预 6 个月有一定的升高,但差异无统计学意义,见图 2。

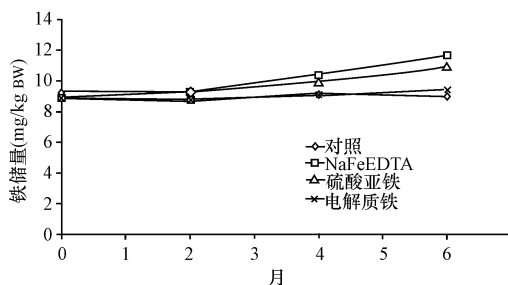


图 2 干预期间体内铁储量的变化

3 讨论

20 世纪 30 年代开始应用铁强化面粉纠正贫血,元素铁(主要包括还原铁、电解质铁和羰基铁等)及硫酸亚铁由于价格便宜被广泛应用于面粉强化。已有大量关于元素铁、硫酸亚铁及其它铁化合物在强化面粉中铁的吸收率和生物学效果的研究报道。Elwood 的一项研究显示还原铁强化面包在干预 6 个月后,贫血患者的血红蛋白水平没有显著性变化,提示还原铁的吸收率较低^[9]。Elwood 另一项研究发现还原铁强化面包在干预 9 个月后,受试者血红蛋白水平有一定增加^[10]。可见还原铁对贫血干预的作用结果有矛盾。但之后的多项研究结果均显示,元素铁的吸收率较低,其中还原铁的吸收率低于电解质铁^[11]。而电解质铁对于铁缺乏和缺铁性贫血的改善效果低于硫酸亚铁和 NaFeEDTA^[12]。

南美国家 20 世纪中叶开始应用硫酸亚铁 (30 mg/kg) 强化面粉后,成功地将贫血率下降到 1% 以下^[13]。硫酸亚铁作为营养强化剂被广泛用于食品强化,但由于硫酸亚铁易氧化,在食品中稳定性差、影响食物感官品质,并且受铁吸收抑制剂的影响,应用受到一定限制。

NaFeEDTA 作为一个新型的铁营养强化剂,具有高吸收、有效改善贫血、在植物性膳食中受植酸和草酸影响较小、稳定性好、不影响食物感官品质等特点,越来越多地被应用于食物强化^[12]。此次干预研究结果进一步显示了 NaFeEDTA 强化面粉对铁储量的改善效果明显优于硫酸亚铁和电解质铁强化面粉。硫酸亚铁在强化剂量高于 NaFeEDTA 的 1.5 倍时,显示了一定的改善效果,而电解质铁的强化量是 NaFeEDTA 的 3 倍,在干预 4 个月后,仍未明显显示作用。

血红蛋白广泛用于人体贫血的诊断,而血清铁、原卟啉、总铁结合力、铁蛋白和运铁蛋白受体等是评价机体铁营养状况的主要指标^[14]。然而在评价身体铁状况时,单一指标敏感性较低,其结果往往不能获得广泛认同。而采用多个指标进行评价时,指标之间的相关性较差,结果有时相互矛盾,所以铁营养

状况的评价一直是贫血研究中的重要课题。近些年, Cook 等人建立了用铁储量评价铁营养状况的方法^[3]。铁储量是身体中贮存铁的含量,通过铁蛋白和运铁蛋白受体的含量进行估算,与其它指标相比,消除了体重及代谢造成的不确定影响。铁储量可能成为身体铁状况比较客观而科学的评价指标,可以与血红蛋白分别应用于铁缺乏和贫血的评价,同时铁储量也可用于鉴别缺铁性贫血和其他类型的贫血^[15]。但目前,铁储量作为指标还处于研究阶段,需要积累不同人群的研究结果,我国目前尚缺乏人群铁储量的研究数据^[3]。本项目进行的3种铁强化面粉对铁储量的影响结果显示,铁储量与血红蛋白的水平显示了正相关性,说明所观察的贫血人群可能以缺铁性为主,同时可以认为食物中的铁被吸收后,首先成为储存铁,通过生物转化成为血红蛋白的一部分后被机体利用。本试验人群的铁储量与其他相关研究的铁储量结果相比基本一致,但贫血人群铁储量水平略高,需要进一步的试验来确定是否存在人群差异。

铁储量对评价机体铁状况比其他指标更为可行,本研究通过铁储量评价认为,NaFeEDTA 比硫酸亚铁和电解质铁强化面粉具有更为显著的效果。当然选择使用铁强化剂还应考虑价格、对食物品质的影响等其他因素。对于不同地区、不同人群、不同膳食背景人体铁储量指标需要积累更多的基础数据,其与血红蛋白量化关系的研究也十分必要,铁储量的影响因素也需进一步探讨。

参考文献

- [1] RANU M P. Cereal enrichment in lorenz. Handbook of cereal science and technology [M]. New York: Dekker Press, 1991, 3-15.
[2] COOK J D, FLOWERS C H, SKIKNE B S. The quantitative assessment

- of body iron [J]. Blood, 2003, 101 (9) :3359-3364.
[3] HURRELL R F. Fortification: overcoming technical. and practical barriers [J]. J Nutr, 2002, 132(Suppl) :806S-812S.
[4] HERTRAMP F E. Iron fortification in the Americas [J]. Nutrition Reviews, 2002, 60(Suppl 1) :22-25.
[5] WHO/NHD. Iron deficiency assessment, prevention, and control a guide for programme managers [M]. WHO document 2001.
[6] MUHAMMAD IDRIS, ANIS-UR-REHMAN. Iron deficiency anemia in moderate to severely anaemic patients [J]. J Ayub Med Coll Abbottabad, 2005, 17(3) :45-47.
[7] 崔伟历, 石凌波, 江悦华, 等. 三种诊断缺铁性贫血检测指标的诊断价值比较[J]. 人民军医, 2004, 47(8) :452-454.
[8] WEN-HUA ZHAO, KYOKO HASEGAWA, JUN-SHI CHEN. The use of food-frequency questionnaires for various puposes in China [J]. Public Health Nutr, 2002, 5(6A) :829-833.
[9] ELWOOD P C. A clinical trial of iron fortified bread [J]. BMJ, 1963, 1:224-227.
[10] ELWOOD P C, WATERS W E, SWEETLAN P. The haematinc effect of iron in flour [J]. Clin Sci, 1971, 40:31-37.
[11] HURRELL R, BOTHWELL T, COOK J D, et al. The usefulness of elemental iron for cereal flour fortification: a sustain task force report. Sharing United States Technology to Aid in the Improvement of Nutrition[J]. Nutr Rev, 2002, 60(12) :391-406.
[12] ANDANGO P E A, SIM OSENDARP, Ayah R, et al. Efficacy of ironfortified whole maize flour on iron status of schoolchildren in Kenya: a randomised controlled trial [J]. The Lancet. 2007, 369(9575) :1799-1806.
[13] GARCÍA-CASAL M N, LAYRISSE M. Iron fortification of flours in Venezuela [J]. Nutrition reviews, 2002, 60 (Suppl 1) :26-29.
[14] COHEN J H, HAAS J D. The comparison of mixed distribution analysis with a three-criteria model as a method for estimating the prevalence of iron deficiency anaemia in Costa Rican children aged 12-23 months [J]. Int J Epidemiol, 1999, 28:82-89.
[15] PUNNONEN K, IRJAL A K, RAJAMAK I A. Serum transferrin receptor and its ratio to serum ferritin in the diagnosis of iron deficiency[J]. Blood, 1997, 89:1052-1057.

[收稿日期:2008-02-29]

中图分类号:R15; TS202.3; TS213 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2008)03-0220-04

消息(四)

国际标准化组织 ISO 在 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)安全管理体系标准的基础上,制定出 ISO 22000 2005 标准《食品(包装)安全管理体系-对食品链中任何组织的要求》。

ISO 22000 引用了食品法典委员会提出的 5 个初始步骤和 7 个原理。5 个初始步骤包括:建立 HACCP 小组;产品描述;预期使用;绘制流程图;现场确认流程图。7 个原理包括:危害性分析;确定关键控制点;建立关键限值;建立关键控制点;当监视体系显示某个关键控制点失控时确立应当采取的纠正措施;建立验证程序以确认 HACCP 体系运行的有效性;建立文件化的体系。ISO 22000 明确了食品安全管理中的共性要求,而不是针对食品链中任何一类组织的特定要求。