

缺锌及补锌对大鼠体内元素分布和血脂的影响

袁秀琴, 李东阳, 陈淑兰, 谢红卫, 童玲玲

(南华大学公共卫生学院卫生统计学教研室, 湖南省衡阳市 421001)

[关键词] 卫生学; 锌缺乏影响体内微量元素的分布和血脂水平; 原子吸收分光光度法; 大鼠锌缺乏模型; 微量元素; 血脂

[摘要] 为了解锌缺乏及补锌对大鼠体内元素分布和血脂的影响。将出生后断乳一周的SD大鼠随机分为缺锌组、配喂组、对照组、补锌组和高锌组五组, 缺锌组、对照组和高锌组分别用缺锌饲料(锌含量 $<1\text{ mg/kg}$)、常锌饲料(锌含量为 50 mg/kg)和高锌饲料(锌含量为 150 mg/kg)喂养8周, 补锌组用缺锌饲料喂养三周后改用高锌饲料喂养五周, 配喂组用常锌饲料喂养, 给料量按缺锌组前一天实际进食量添加。8周后处死, 用极谱法测定血清中锌、铜、铁和钙的含量, 用原子吸收分光光度法测定肝、肾、脾和睾丸中锌、铜、铁和钙的含量, 用酶法测定血清中血脂的含量。结果发现, 缺锌使大鼠血清、肝脏、脾脏、肾和睾丸中锌和铁的含量显著降低, 肾、脾脏中铜的含量下降, 缺锌大鼠体内血清中甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白的含量未见下降。说明锌缺乏不仅直接导致组织器官中锌含量降低, 而且对其他元素在体内的代谢与分布产生影响。缺锌对大鼠体内血脂的影响不明显。

[中图分类号] R1

[文献标识码] A

Effect of Zinc Deficiency and Zinc Replenishment on the Distribution of Elements in Rats

YUAN Xiu-Qin, LI Dong-Yang, CHEN Shu-Lan, XIE Hong-Wei, and TONG Ling-Ling

(School of Public Health, Nanhua University, Hengyang, Hunan, 421001 China)

[KEY WORDS] Rat Model with Zinc Deficiency; Microelements; Blood Fat

[ABSTRACT] **Aim** The effect of zinc deficiency and zinc replenishment on the distribution of elements in rats. **Methods** SD rats were randomized into zinc-deficient diet (ZD) group, pair-fed (PF) group, zinc normal group (ZN), zinc supplemented (ZS) group and high zinc (HZ) group. ZD group, ZN group, and HZ group were fed up with zinc deficient dietary (content of zinc $<1\text{ mg/kg}$), zinc-normal dietary (50 mg/kg) and high zinc dietary (150 mg/kg) for 8 weeks respectively. ZS group were fed with zinc deficient dietary for 3 weeks, then changed to be treated with high-zinc dietary for 5 weeks. PF group were fed with zinc normal dietary according to the actual quantity of ZD group at the former day. All of the rats were killed after 8 weeks. The concentration of Zn, Cu, Fe, and Ca in serum were measured with polarography and with atomic absorption spectroscopy (AAS) in liver, kidney, spleen, and testicle. **Results** The concentration of Zn, Fe in serum, liver, spleen, kidney, testicle and Cu in kidney, spleen decreased significantly owing to zinc deficiency, while the concentration of triglyceride, cholesterol, high density lipoprotein and low density lipoprotein in serum remained the same. **Conclusions** Zinc deficiency not only decreased zinc concentration in organism directly, but also affected the metabolism and distribution of elements. However, it didn't affect serum significantly.

锌是机体必需的微量元素之一, 在体内有广泛而重要的生理功能。缺锌可引起代谢紊乱和生理功能异常, 甚至出现许多病理改变。锌缺乏不仅导致动物体内某些元素含量降低, 而且会对其它元素的转运和生物利用率产生影响^[1,2]。缺锌对脂代谢的影响报道不多, 结果也不尽一致。本文通过对缺锌大鼠体内主要元素含量及血脂的测试分析, 进一步了解其代谢与分布特征, 为改善机体矿物质营养

状况采取干预措施提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

缺锌饲料参考美国营养协会^[3]的配方和 Beker 等^[4]配方加以修改后制成, 饲料锌含量 $<1\text{ mg/kg}$ 。缺锌饲料成份为鸡蛋清 20%、蛋氨酸 0.3%、玉米淀粉 66.5%、纤维素 3.0%、豆油 5.0%、氯化胆碱 0.2%、混合维生素 1.0% 和混合矿物质盐 4.0%。常锌饲料在缺锌饲料的基础上添加 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 使锌含量为 50 mg/kg 。高锌饲料在缺锌饲料的基础上添加 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 使锌含量为 150 mg/kg 。

1.2 实验动物分组及喂养

[收稿日期] 2003-12-01 [修回日期] 2003-12-20

[基金项目] 湖南省教育厅基金(00C153)资助

[作者简介] 袁秀琴, 女, 1964 年出生, 湖南省安仁县人, 硕士研究生, 副教授, 主要从事儿少卫生和卫生统计教学与科研。李东阳, 男, 1949 年出生, 湖南省祁阳县人, 硕士研究生导师, 教授, 主要从事营养学及卫生学的教学与科研。陈淑兰, 女, 1953 年出生, 湖南省安乡县人, 经济师, 主要从事统计工作。

选用出生后断乳一周的 SD 大鼠(清洁级,由湖南中医学院动物科学部提供),体重 71.2 ± 5.5 g,按体重均衡,雌雄各半的原则随机分为缺锌组 10 只;对照组 10 只;补锌组 10 只;高锌组 10 只,配喂组 8 只。缺锌组用缺锌饲料喂养 8 周;对照组用常锌饲料喂养 8 周;补锌组用缺锌饲料喂养 3 周后,改用锌含量为 150 mg/kg 高锌饲料喂养 5 周。配喂组用常锌饲料喂养,给料量与缺锌组大鼠一致,即按缺锌组前一天实际进食量添加,喂养 8 周。高锌组用高锌饲料喂养 8 周。各组大鼠均饮用去离子水,自由进食。动物房通风防尘,温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$,昼夜周期 12 h/12 h。所用笼具,塑料饮水瓶均经 1% EDTA 处理,并定期用去离子水清洗,防止金属元素污染。喂养过程中每天称取各组食物摄取量,每周固定时间测定大鼠体重、尾长 1 次。同时观察大鼠外观、行为、活动方式等的变化。

1.3 动物处死及标本收集

用乙醚麻醉大鼠,立即由股动脉取血样分离血清。快速取出肝、肾、脾、肺和胸骨,剥离出睾丸,进行大体观察并立即称重,所有标本均于 -40°C 冰箱保存待用。

1.4 血清及器官中元素测定

1.4.1 血清中元素测定 首先,在各种元素底液中加入锌、铜、铁和钙的标准溶液,用极谱仪测定,绘制标准曲线,然后在各种元素底液中,加入 50 μL 血清,在极谱仪上读数,换算成各种元素的浓度。

1.4.2 肝、肾、脾和睾丸中元素测定 准确称取一定量的器官组织后,放入锥形瓶中,加混合酸(高氯酸:浓硝酸为 2:5) 15 mL,在电炉上加热消化至白色结晶状物质为止,将其定容至 25 mL。用火焰原子吸收分光光度计测样品中的微量元素锌、铜、铁和钙的含量。同时制作标准系列,绘制标准曲线。在测定过程中,所用器皿均由 5% 的稀硝酸浸泡,去除金属离子和矿物质。

1.5 血清中血脂的测定

大鼠体内胆固醇的测定采用氧化酶法,甘油三酯采用 GPO-POD 酶法,试剂盒均购于美国 Colab 公司;用直接一步法测定高密度脂蛋白含量,试剂盒购于英国 RANDOX 公司,用换算法折算出低密度脂蛋白的含量。

1.6 数据的统计学处理

各指标均用 $\bar{x} \pm s$ 表示,无论用 SPSS10.0 统计软件建立数据库并进行统计分析。

2 结果

2.1 一般情况

缺锌组大鼠喂养 2 周后表现出缺锌症状:体重、尾长增长缓慢,进食量下降,活动减少,被毛杂乱稀疏、干燥无光泽,口、鼻、爪糙红,眼分泌物增多,至第 5 周开始出现脱毛、脱须。至第 7 周死亡一只,立即解剖发现肺部大量散在的脓肿, 0.5×0.5 cm 左右。喂养满 8 周后大鼠被处死,缺锌组发现 6 只大鼠出现肺脓肿,大小不等,最大的达到 1.0×1.5 cm 左右。补锌组大鼠喂养 2 周后也出现以上症状,至第 3 周补锌后缺锌症状逐渐减轻至消失,补锌 1 周后,大鼠体重、身长出现快速增长趋势,进食量增加。与对照组相比,高锌组大鼠的体重、尾长增长最快,进食量最大,被毛浓密而有光泽,活动力强。

2.2 锌对体内元素分布的影响

五组大鼠血清、肝脏、脾脏、肾和睾丸中锌、铁、铜和钙的含量见表 1(Table 1)。可见缺锌组血清中的锌和铁含量显著低于其它四组($P < 0.01$);高锌组铜和钙的含量高于缺锌组($P < 0.01$);缺锌组脾脏、肝脏和肾中的锌和铁含量均显著低于其它四组($P < 0.01$),铜含量低于对照组,肝脏中钙也受影响;补锌组等四组大鼠睾丸中锌的含量显著高于缺锌组($P < 0.01$),铁的含量略有增高;睾丸中锌的含量以高锌组最高。缺锌组和配喂组中肾和脾中铜的含量降低。缺锌后补锌可以恢复各种元素含量。结果提示,动物处于锌缺乏状态时,可导致血清、肝、肾、脾和睾丸中锌和铁含量显著降低,肾和脾脏中铜的含量下降。

2.3 缺锌对大鼠体内血脂的影响

四组大鼠血清中甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白(high density lipoprotein, HDL)和低密度脂蛋白(low density lipoprotein, LDL)的含量见表 2(Table 2)。可见四组大鼠血清中四项指标的差异经方差分析无统计学意义($P > 0.05$),即缺锌对大鼠体内血脂的影响不明显。

3 讨论

锌缺乏不仅直接导致组织器官中锌含量降低,而且对其他元素在体内的代谢与分布产生重要影响^[5],本实验显示,当动物处于锌缺乏状态时,由于锌吸收减少,使肝、肾、脾、睾丸、血液中锌的含显著降低,同时铁的含量也下降,说明低锌状态影响肠道铁的吸收,与国内报道相一致^[2]。补充锌可使锌、铁含量恢复正常。缺锌组、配喂组大鼠肾脾中铜的含

表 1. 大鼠血清和器官中四种元素的含量 ($\bar{x} \pm s$, mg/kg)

Table 1. The content of elements in serum and organism of rats

部位及分组	Zn	Cu	Fe	Ca
肝脏				
缺锌组	22.0 ± 2.8	2.6 ± 0.5	74 ± 16	8.3 ± 1.5
补锌组	39.1 ± 8.5 ^b	2.6 ± 0.4	125 ± 29 ^b	8.5 ± 1.7
高锌组	34.5 ± 3.6 ^b	3.0 ± 0.6	139 ± 32 ^b	7.9 ± 1.4
对照组	35.9 ± 5.8 ^b	2.7 ± 0.5	122 ± 26	7.2 ± 1.4
配喂组	32.4 ± 4.8 ^b	2.6 ± 0.6	112 ± 14 ^b	8.7 ± 1.5
F	10.864	0.977	8.762	1.169
P	0.000	0.433	0.000	0.342
肾脏				
缺锌组	38.5 ± 5.1	9.2 ± 2.0	85 ± 12	11.8 ± 2.9
补锌组	52.2 ± 6.1 ^b	12.8 ± 1.3 ^b	95 ± 9	11.0 ± 4.2
高锌组	64.4 ± 5.5 ^b	15.1 ± 1.9 ^b	106 ± 19 ^a	12.4 ± 3.2
对照组	60.1 ± 7.0 ^b	14.3 ± 1.4 ^b	109 ± 14 ^b	13.9 ± 3.66
配喂组	58.8 ± 5.2 ^b	10.6 ± 1.8	105 ± 22 ^a	12.5 ± 4.0
F	25.665	17.132	3.202	0.696
P	0.000	0.000	0.025	0.600
脾脏				
缺锌组	33.6 ± 5.5	2.0 ± 0.8	216 ± 42	15.0 ± 2.4
补锌组	52.7 ± 2.4 ^b	3.3 ± 1.1 ^b	347 ± 66 ^b	18.0 ± 3.64
高锌组	56.8 ± 6.9 ^b	3.4 ± 0.5 ^b	426 ± 75 ^b	23.0 ± 4.68 ^b
对照组	54.5 ± 6.0 ^b	3.4 ± 0.4 ^b	410 ± 62 ^b	21.2 ± 3.12 ^b
配喂组	51.9 ± 4.2 ^b	3.1 ± 0.3 ^b	386 ± 32 ^b	16.7 ± 3.6
F	23.009	5.926	16.0119	6.361
P	0.000	0.010	0.000	0.010
睾丸				
缺锌组	25.2 ± 2.5	未检出	49 ± 7	3.9 ± 0.8
补锌组	33.8 ± 3.5 ^b	未检出	59 ± 3 ^a	3.5 ± 0.5
高锌组	42.4 ± 3.9 ^b	未检出	63 ± 4 ^b	4.2 ± 0.7
对照组	39.4 ± 0.5 ^b	未检出	60 ± 3 ^b	4.0 ± 0.3
配喂组	38.8 ± 1.7 ^b	未检出	56 ± 6	3.8 ± 0.8
F	24.343	—	4.254	0.247
P	0.000	—	0.017	0.555
血清				
缺锌组	1.6 ± 0.4	0.9 ± 0.5	57 ± 12	14.1 ± 4.4
补锌组	2.4 ± 0.4 ^b	1.3 ± 0.3	87 ± 6 ^b	17.3 ± 3.8
高锌组	2.6 ± 0.5 ^b	1.5 ± 0.4 ^b	95 ± 12 ^b	23.1 ± 3.2 ^b
对照组	2.4 ± 0.5 ^b	1.3 ± 0.4	89 ± 10 ^b	17.7 ± 3.1
配喂组	2.3 ± 0.4 ^b	1.0 ± 0.7	83 ± 7 ^b	16.1 ± 4.7
F	7.050	2.864	20.504	4.842
P	0.000	0.035	0.000	0.003

a: $P < 0.05$, b: $P < 0.01$, 与缺锌组比较。表 2. 各组大鼠血清中四项血脂指标的含 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)

Table 2. The content of four factors of blood fat in serum

分 组	n	甘油三酯	胆固醇	HDL	LDL
缺锌组	9	1.06 ± 0.32	2.99 ± 0.88	0.65 ± 0.32	2.13 ± 0.54
补锌组	7	0.94 ± 0.22	3.20 ± 0.58	0.62 ± 0.17	2.40 ± 0.48
对照组	7	0.90 ± 0.24	2.62 ± 0.82	0.49 ± 0.26	1.95 ± 0.54
高锌组	7	0.84 ± 0.13	3.47 ± 0.76	0.70 ± 0.26	2.60 ± 0.53
F		1.112	1.485	0.822	2.151
P		0.362	0.242	0.494	0.118

量也受到影响。据报道,轻度锌缺乏可以引起铜含量的升高,造成血铜/血锌比值反转,而中度或严重锌乏可影响铜的吸收,造成机体铜缺乏,这主要是锌缺乏可以引起的动物摄食量下降,从而使铜摄入量减少所致^[2,6]。

锌对体内血脂代谢的影响,到目前为止研究不多,结果也不尽一致,锌与血清胆固醇水平有关,缺锌大鼠体内血浆甘油三酯水平升高,并可以引起高密度脂蛋白、低密度脂蛋白内部构成发生改变^[7],本研究结果显示四组大鼠血清中胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白含量无差别,即缺锌对大鼠体内血脂的影响不明显。

[参考文献]

- [1] Anthony B, Osama E, Rita G. Placental copper transport in rats; effects of elevated dietary zinc on fetal copper, iron and metallothionein. *J Nutr*, 1998, 128 (6): 1 037-041
- [2] 赵长峰, 杨洪旗, 姜会敏, 韩雪梅. 锌缺乏对孕鼠及其胎鼠体内元素分布的影响. *卫生研究*, 2001, 30 (5): 277-279
- [3] Hamdi SA, Nassif OI, Ardawi MS. Effect of marginal or severe dietary zinc deficiency on testicular development and functions of the rat. *Arch androl*, 1997, 38 (3): 343-353
- [4] 艾华, 陈吉棣, 贺师鹏. 缺锌并补充睾酮对大鼠睾酮合成和骨骼肌影响的研究. *卫生研究*, 1997, 26 (3): 211-215
- [5] Kathleen J, Kennedy, Tia M, Rains, Neil F. Shay zinc deficiency changes preferred macronutrient intake in subpopulations of sprague-dawley outbred rats and reduces hepatic pyruvate kinase gene expression. *J-Nutr*, 1998, 128 (1): 43-49
- [6] Prasad AS. Effects of zinc deficiency on Th1 and Th2 cytokine shifts. *J Infect Dis*, 2000, 182 (supp 1): 62-68
- [7] 李峰. 锌在机体代谢中的作用. *国外医学医学地理分册*, 1999, 20 (3): 103-106

(此文编辑 胡必利)