

63.67%降低到35.38%，差异显著($P<0.05$)；补体 C_3 从107.32单位/毫升提高到120.10单位/毫升，补体 C_3 缺乏率由43.48%降到10.14%，差异非常显著($P<0.01$)。

营养状态、传染病和免疫力是互相因果，相互作用的。由于井下矿工食用了矿工保健面包后，血清白蛋白、血清维生素A、 B_2 、C和D、补体 C_3 和E玫瑰花等营养水平和免疫功能的提高，大大增强了机体的抗感染能力，具体表现在实验组感冒发病率比对照组低25.6%，差异非常显著($P<0.01$)，因此提高了出勤率和劳动效率。

参考文献

- 〔1〕上海商品检验局：食品化学分析，上海科技出版社1979。
- 〔2〕T. Bueros et al: J Chzomatogr, 256, 93~100, 1983,
- 〔3〕R. C. Williams et al: J. Chzomatogr, Sci, 10, 494, 972。

- 〔4〕P. wimalasiri, J. Chzomatogr, 256, 368~371, 1983
- 〔5〕潘家秀等：蛋白质化学分析技术，P 30~71，科学技术出版社，1965。
- 〔6〕上海市医学研究所主编：临床生化检验，P. 37, 45，上海科技出版社，1982。
- 〔7〕陈学存主编：应用营养学，P. 311，人民卫生出版社，1984。
- 〔8〕陈学存主编：应用营养学，P. 323，人民卫生出版社，1984。
- 〔9〕A. J. Speek et al: J. Chroma to-gr, 228, 311~310, 1982。
- 〔10〕〔日〕石牛畅：临床化学检查，P. 649, 1975。
- 〔11〕陈学存主编：应用营养学，P. 304，人民卫生出版社，1984。
- 〔12〕上海市医学研究所主编：临床生化检查，P. 225，上海科技出版社，1982。
- 〔13〕陈学存主编：应用营养学，P. 303，人民卫生出版社，1984。
- 〔14〕徐宜为：实验免疫学技术，P. 117，科技出版社，1979。
- 〔15〕陶义训：临床免疫学检验，P. 28，上海科技出版社，1983。
- 〔16〕山东省卫生防疫站：1982年山东省营养调查报告，1983。

断奶食品中补充锌对铜、铁、钙的吸收

山西医学院 柴宁宁 柳 黄

断奶期的婴幼儿易发生锌缺乏。许多断奶食品中，除了强化铁之外，常分别给予不同程度的锌强化，以期达到补充作用。但国外一些学者报道，长期摄入较高的锌，可导致铜营养状况的障碍，给动物以理想或亚理想水平范围的锌、铜时，可观察到锌、铜之间在营养和代谢方面有一种抵抗关系，人体锌、铁存在着竞争性的吸收。^{〔1,2,3,4,5〕}因此，全面仔细的评价断奶食品中各元素间代谢的相互作用是必要的，不仅要考虑到强化元素本身的吸收效应，而且也要考虑到其它元素，其它营养素的相互作用，这在多种维生素和矿物质强化的婴幼儿食品中尤有重要的营养学意义。

在我们实验的断奶期食品中，亦补充了少量的锌^{〔6〕}，它在断奶食品中的营养作用如何，对机体铜、铁、钙代谢有何影响，以及锌本身的利用情况尚不十分清楚，为此，再次作了动

物喂养试验，以比较加锌与不加锌断奶食品对刚断奶大鼠的作用。

一、材料与方法

1. 原料及处理 莜麦粉，蛋黄粉购自山阴县，全脂大豆粉购自太原市。豆粉，莜麦粉及豆油处理同前^{〔6〕}，所有器具都为不锈钢或搪瓷等材料制作，尽可能避免锌、铜、铁等的污染。

2. 配方 将前次试验设计的配方I^{〔6〕}稍作适当改动，作为基础饲料，加锌5 mg/100g者作为配方A，不加锌者作为配方B，测得主要营养成分见表1，其氨基酸评分都在95以上。

3 动物实验 本实验室繁殖的Wistar雄性大鼠24只，日龄26天，随机区组法分成三组，组间平均体重之差 <1 克。于不锈钢丝网底的有机玻璃代谢笼中，单笼饲养，自由进食，饮去离子蒸馏水。每周称体重，记录进食量，喂养

表1 各断奶食品的营养成分 (100克)

成分	配方A	配方B	宝宝乐	成分	配方A	配方B	宝宝乐
蛋白质(g)	22.1	22.1	19.1	V _C (mg)	40	40	40
脂肪(g)	17.2	17.2	8.3	V _{B₁} (mg)	0.7	0.7	0.98
碳水化合物(g)	50.4	50.4	65.2	C _a (mg)	766	766	595.7
灰分(g)	3.4	3.4	3.4	F _e (mg)	14	14	8.75
水分(g)	5.1	5.1	3.6	Z _n (mg)	6.38	1.38	1.28
粗纤维(g)	1.8	1.8	0.6	Cu(mg)	0.51	0.51	0.40

期五周。到第三周时,收集三天粪便,分别放入2N盐酸浸泡过的玻璃瓶内,测铁含量。不锈钢丝网底均经0.2% EDTA和去离子水处理。动物分组为:实验I组给配方A饲料,实验II组给配方B,第III组为“宝宝乐”(北京)作为对照。

4. 各项指标的测定:实验期末,采动物空腹血测血红蛋白,血清总蛋白,血清钙(测定方法均同前实验⁽³⁾)及血清锌^(7,8)铜⁽⁹⁾(无火焰原子吸收分光光度法)。

饲料锌、铜、铁及粪便中铁测定用无火焰原子吸收法。称取1克样品,以4:1(硝酸:高氯酸)的混合酸15ml消化至白烟反应,液体少于1ml,用去离子水(80万 Ω 以上)定容至50ml。仪器为岛津AA-640-13型原子吸收分光光度计。测试条件见表2。(以稀硝酸稀

释液测样,每个样品取10 μ l进样测三次,取均值求得样品中含量),回收率分别为:锌90%,铜96%,铁94.5%。

表2 饲料、粪便样品中锌、铜、铁测定条件

	锌	铜	铁
标准曲线范围(ppm)	0.02~0.1	0.025~0.5	0.02~0.5
灯电流(mA)	7	7	15
波长(\AA)	2141	3250	2485
气流(升/分)	1	1	1
狭缝(\AA)	3.8	3.8	1.9

实验结束时,颈椎脱臼处死动物,称重,尸解,并求得心、肝、肾脏体比值。

二、结果与讨论

1. 血清锌 加锌饲料组的动物,血清锌水平明显高于不加锌组和对照组($P<0.01$)。表明经强化后,确能提高机体的锌水平。不加锌组与宝宝乐组之间血清锌水平差异无显著性($P>0.05$)。

2. 血清铜 食物中铜的利用可受锌含量的影响,以往有许多关于锌影响铜吸收的研究,但其所用锌的剂量都较大,如有人报道大鼠饲料中含锌24ppm比含7.5ppm时通过肠粘膜运

表3 各组血清锌、铜的含量

($\mu\text{g}/100\text{g}$)

动物编号	锌			铜		
	加锌组	不加锌组	宝宝乐组	加锌组	不加锌组	宝宝乐组
1	104	170	180	132	127	116
2	210	120	47	121	154	83
3	210	110	110	143	121	121
4	160	80	50	132	138	176
5	210	80	50	121	121	110
6	177	104	62	105	99	105
7	250	110	80	110	127	99
8	150	109	110	120	132	132
平均(M \pm SD)	184 \pm 46	111 \pm 28	86 \pm 46	123 \pm 12	127 \pm 16	118 \pm 28

转的铜要少得多,当循环系统中的锌超过750~850 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 的界线时,血浆铜迅速降低。^[2]也有一些实验表明当锌摄入量不高时,或人体摄入推荐量的锌时,血清铜水平变化不大。Fischer观察到当食物中含有6 ppm铜时,喂饲7.5ppm和30ppm锌组动物其血清铜水平相似,而在120 ppm组,则明显降低^[10]。本实验中加锌组饲料含锌为64ppm,不加锌组为14 ppm,铜的含量两组都是5 ppm。血清铜测定结果似表明两组没有明显差别,加锌组食物铜的吸收和贮留受到的影响不大。

3. 铁的吸收 无机铁与锌在肠道吸收方面有相互阻抑作用,已被许多实验证明。食物中添

加无机铁可降低锌的吸收,补充锌可以减少体内铁的贮留量。由表4结果可以看出,加锌组、不加锌组及宝宝乐组铁的消化吸收率分别约为13、21及32%,虽然统计分析结果前两者差异不显著($p>0.05$)。但仍可看到加锌至60PPm时对铁吸收似有一定影响。宝宝乐组与不加锌组的锌含量基本相同,但铁的吸收率又高于不加锌组,这可能与铁含量较低(8.7 mg %)有关,因为膳食中中铁含量要比高铁含量时可有较高的吸收率。^[11]

4. 血清钙 各组血清钙值都在正常范围之内,无显著差异($P>0.05$)。Spencer曾就肠道钙吸收的影响在人作了观察,结果在低钙膳食

表4 实验组与对照组铁的吸收率

动物编号	加 锌 组			不 加 锌 组			宝 宝 乐 组		
	摄入mg	排出mg	吸收率%	摄入mg	排出mg	吸收率%	摄入mg	排出mg	吸收率%
1	8.39	8.24	1.79	8.88	4.65	47.6	4.18	2.55	39.0
2	8.34	8.0	4.08	7.99	6.40	19.90	4.66	3.04	34.76
3	9.58	7.80	18.58	7.50	6.88	8.27	5.02	4.18	16.73
4	8.06	6.46	19.85	7.94	6.34	20.15	5.01	3.33	33.53
5	7.84	4.90	37.50	8.19	5.63	31.26	4.94	2.16	56.28
6	8.12	6.75	16.87	6.47	5.38	16.85	4.81	3.53	26.60
7	7.99	7.50	6.10	7.97	7.04	11.67	4.51	2.80	37.92
8	9.04	8.80	2.65	8.43	7.0	16.96	4.59	3.88	15.47
平均(M \pm SD)	8.42 \pm 0.6	7.3 \pm 1.24	13.43	7.92 \pm 0.71	6.17 \pm 0.87	21.58	4.72 \pm 0.29	3.18 \pm 0.68	32.54

表5 血清钙的测定 (mg/100g)

动物编号	加 锌 组	不加锌组	宝宝乐组
1	9.53	10.16	10.0
2	9.69	8.28	9.14
3	10.31	9.38	11.41
4	10.31	10.94	10.12
5	11.88	9.33	9.77
6	9.94	9.52	10.23
7	10.30	9.66	10.78
8	10.47	8.91	9.53
平均(M \pm SD)	10.3 \pm 0.78	9.52 \pm 0.86	10.12 \pm 0.77

时,摄入较高的锌可干扰肠道对钙的吸收,但在常钙水平800mg/天,则吸收不受干扰。^[12]动物与人的情况可能有所差别,然而在本实验配方含钙水平情况下(766 mg %),未看到锌与不加锌组血清钙有明显变化,可以推测本试验中添加锌量对钙吸收的影响不大。

5. 生长反应 试验结果表明动物生长与前次实验相似。加锌组与不加锌组动物的增重和体长基本相同,无显著性差异,但都明显高于对照组。实验中未看到加锌后对动物生长的促进作用。本实验强化锌量是参考婴幼儿的需要量而加入的,动物的锌需要量与人有所不同,据文献报道生长中大鼠锌需要为13.3mg/kg^[13]

表6 各组动物体重与体长

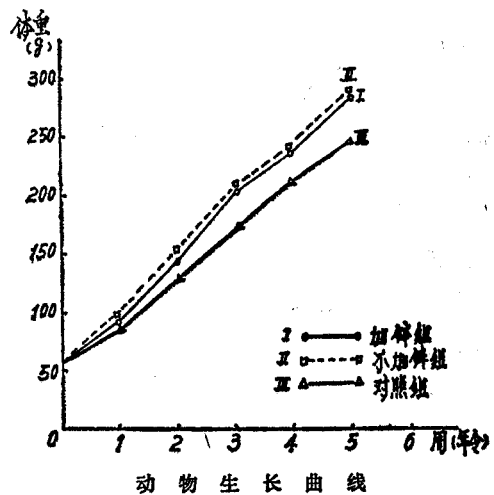
组别	初重(g)	末重(g)	增重(g)	初长(cm)	末长(cm)	增长(cm)
加锌组	56.7±6.6	290±18.5	235±13.4	11.3±0.7	22.4±0.8	11.1±0.9
不加锌组	55.8±5.8	291.3±17.6	236±13.0	10.5±1.7	22.2±0.7	11.7±1.8
宝宝乐组	55.7±5.9	250.6±22.3	195±18.0	11.3±1.4	21.6±0.8	10.5±1.0

饲料, 本实验中不加锌组饲料含锌为 13.8 mg/kg, 实际上已达到大鼠的需要量水平, 动物处于非缺锌状态, 故加锌组虽然含锌量有进一步提高, 但对生长并未出现明显促进作用, 类似情况其他学者也有报道, 如有人观察到不缺锌大鼠补充锌后, 并不加速伤口愈合。国内也有用柠檬酸锌强化的断奶食品, 对实验动物无明显效果^[10]。许多实验还表明给与动物不同水平的锌, 在一定范围内, 动物体重可以随锌增加而增长较多, 但锌过高反而使体重降低, 所以在婴幼儿食品中进行锌强化时应当慎重, 必须根据食物的组成成分及含锌情况、地区儿童锌的营养水平和必要的实验研究全面权衡。就本实验来看加锌组与不加锌组其生长和体重同样良好, 表明锌没有不良影响。关于这次试验中锌强化的数量是否完全适用于儿童有待进一步儿童喂养实验中继续研究。

表7 各组动物血红蛋白、血清总蛋白含量 (M±SD)

	血红蛋白g/dl	血清总蛋白g/dl
加锌组	13.8±0.5	7.43±0.69
不加锌组	13.7±0.5	6.97±0.56
宝宝乐组	13.4±0.6	7.0±0.68

各组动物血红蛋白及血清总蛋白测定结果见表7, 平均值均在正常范围, 组间差异无显著性, 各组间脏体比值亦无显著差异。



参考文献

- [1] Solomons NW et al. J Nutr 113:337~349, 1983
- [2] Hill GM et al. J Nutr 114:2283~2291, 1984
- [3] Magee AC and Matrone G. J Nutr 72:233~242 1960
- [4] 沈铁夫 生理科学进展. 17(2):150, 1986
- [5] Murthy L et al. J Nutr 104: 1458~1465, 1974
- [6] 柴宁宁等 山西医药杂志. 16(6)321~324, 1987
- [7] Chool MK et al. Clinical Chemistry. 21: 632~634, 1975.
- [8] Kurz D et al. Analytical Biochemistry. 53: 586~593, 1973
- [9] 路西春等 理化检验(化学分册)20(4):19, 1984
- [10] Fischer PWF et al. J Nutr 113: 462~469, 1983
- [11] Schriber BK et al. J Nutr 113: 996~1001, 1983
- [12] Spencer H et al. Am J Clin Nutr 35: 829, 1982
- [13] Leonard A et al. Animal Nutrition Tth ed, p 582 MC Graw-Hill Book Company. New York, 1979.
- [14] 靳雅莹等 营养学报 8(3):217, 1986.