

• 论 著 •

河南省 0~12 岁儿童全血中 7 种元素检测结果分析

赵 柯, 李东阳, 田晓莉, 尤冬梅, 赵玉玲, 丁利霞[△]

郑州金城临床检验中心有限公司, 河南郑州 450000

摘 要:目的 调查河南省 0~12 岁儿童全血中镁、铅、铁、锌、铜、锰及钙 7 种元素的检测结果, 了解儿童健康状况, 为儿童营养健康管理提供依据。**方法** 选择 2019—2023 年在郑州金城临床检验中心有限公司进行微量元素检测的 0~12 岁儿童全血样本 135 385 例, 应用安捷伦电感耦合等离子体质谱仪进行 7 种元素(镁、铅、铁、锌、铜、锰及钙)的检测。该实验室元素检测方法经过严格的方法学验证, 并参与了国家卫生健康委临床检验中心组织的室间质评活动。根据性别、年龄、季节、地区及年份进行分组, 比较不同状况下 6 种元素(镁、铁、锌、铜、锰、钙)缺乏及铅超标情况。**结果** 该研究中, 7 种元素在不同年龄段组、不同性别组、不同年份组、不同地区组比较均 $P < 0.001$, 不同季节组除铅 P 值为 0.002 外, 其余均 < 0.001 , $P < 0.05$, 差异具有统计学意义。其中, 儿童全血中镁、铁、锌随着年龄增长呈上升趋势, 铜、锰、钙随着年龄增长呈下降趋势。铁、锌及锰缺乏 0~1 岁儿童占比最高, 分别为 24.7%、48.20% 及 0.65%; 铜及钙缺乏占比最高在 $> 11 \sim 12$ 岁, 分别为 20.43% 及 0.17%; 铅超标在 0~1 岁占比最高为 0.87%。除锰及钙水平外, 其余 5 种元素水平均为男童高于女童。镁、铜水平在春季最高, 铁、锌、钙水平在冬季最高, 锰、铅水平在夏季最高。镁缺乏、钙缺乏及铅超标呈逐年降低趋势。其中三门峡市及济源市相对其他地区儿童铅水平较高。**结论** 河南省 0~2 岁婴幼儿铁、锌元素缺乏较为严重, 应重视婴幼儿铁及锌元素的补充。同时, 也应注意到铜元素随着年龄增长缺乏率增高, 重视少儿铜元素的补充。

关键词:微量元素; 儿童; 电感耦合等离子体质谱仪

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.09.018

中图法分类号:R153.2

文章编号:1673-4130(2025)09-1114-07

文献标志码:A

Analysis of trace elements in whole blood in children aged 0—12 years in Henan province

ZHAO Ke, LI Dongyang, TIAN Xiaoli, YOU Dongmei, ZHAO Yuling, DING Lixia[△]

Zhengzhou Kingmed Clinical Laboratory Inc., Zhengzhou, Henan 450000, China

Abstract: **Objective** To investigate the the levels of magnesium, lead, iron, zinc, copper, manganese, calcium in whole blood in children aged 0—12 years in Henan province, understand the health status of children and provide a basis for their nutrition and health management. **Methods** Data were collected from totally 135 385 children aged 0—12 years who underwent trace element testing at Zhengzhou Kingmed Clinical Laboratory Inc. from 2019 to 2023 were selected, and agilent inductively coupled plasma mass spectrometer was used to detect seven elements (magnesium, lead, iron, zinc, copper, manganese, and calcium). The elemental detection method in the laboratory has been strictly methodologically verified, and has participated in the external quality assessment organized by National Center for Clinical Laboratories. Grouping was conducted based on gender, age, season, region, and year to compare the deficiencies and lead exceedances of six elements (magnesium, iron, zinc, copper, manganese, calcium) under different conditions. **Results** In this study, the mean P -values of seven elements in different age groups, gender groups, year groups, and regional groups were all < 0.001 . Except for lead with a P -value of 0.002, all other elements in different season groups were < 0.001 . The P -values were all less than 0.05, indicating statistically significant differences. Among them, Magnesium, iron, and zinc in children's whole blood showed an increasing trend with age, while copper, manganese, and calcium showed a decreasing trend with age. The proportions of children aged 0—1 years with iron, zinc, and manganese deficiencies were the highest, at 24.70%, 48.20%, and 0.65%, respectively. The highest proportion of copper and calcium deficiency was in the age range of 11—12 years old, accounting for 20.43% and 0.17% respectively. The highest proportion of lead exceeding the standard was 0.87% among children aged 0—1. Except for manganese and calcium levels, the levels of the other five elements were higher in boys than in girls. Magnesium and copper levels were highest in spring, iron, zinc, and calcium levels were highest in winter, and manganese and lead levels were highest in summer. Magnesium deficiency, calcium deficiency, and

lead excess were showing a decreasing trend year by year. Among them, the lead levels of children in Sanmenxia and Jiyuan were relatively high compared to other areas. **Conclusion** 0—2 years children are mainly characterized by calcium and zinc deficiency in Henan province. Attention should be paid to iron and zinc supplementation in infants and young children. At the same time, it should also be noted that the deficiency rate of copper increases with age, and attention should be paid to the supplementation of copper in children.

Key words: trace elements; children; inductively coupled plasma mass spectrometry

微量元素是人体所需的微量成分, 占体重的 0.005%~0.010%, 虽然其在人体内含量较少, 但却具有强大的生物作用^[1]。它们参与酶、激素、维生素和核酸的代谢过程, 摄入不足、过量都会导致不同程度的异常甚至中毒^[2]。微量元素铁、锌、铜对淋巴组织、吞噬细胞杀菌作用和细胞免疫功能的影响更明显^[3]。钙属于常量元素, 与微量元素共同构成矿物质, 铁、钙、锌、铜、镁、铅等元素与儿童的生长发育密切相关^[4]。儿童处于生长发育高峰期, 对微量元素营养需求比较大, 因此定期进行微量元素的检测, 了解儿童营养状况, 预防儿童微量元素缺乏至关重要。为了解河南地区儿童元素分布及缺乏情况, 本研究对 135 385 例 0~12 岁儿童 7 种元素进行统计分析, 了解不同年龄时期儿童元素的变化规律, 为儿童及时补充元素和预防相关疾病提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2019—2023 年在郑州金城临床检验中心有限公司进行微量元素检测的 0~12 岁儿童全血样本, 共获得 135 385 例样本, 覆盖河南省下辖 18 个地级市, 未纳入临床信息及一般检查等信息。按性别分为男与女两组, 其中男 80 805 例、女 54 580 例。按季节分为春、夏、秋、冬 4 组, 其中 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12 月至次年 2 月为冬季。按年份分为 5 组, 分别为 2019、2020、2021、2022、2023 年。按年龄分为 0~1 岁, >1~2 岁, >2~3 岁, >3~4 岁, >4~5 岁, >5~6 岁, >6~7 岁, >7~8 岁, >8~9 岁, >9~10 岁, >10~11 岁, >11~12 岁共 12 组。按地区分为郑州市、开封市、洛阳市、平顶山市、安阳市、鹤壁市、新乡市、焦作市、濮阳市、许昌市、漯河市、三门峡市、南阳市、商丘市、信阳市、周口市、驻马店市、济源市共 18 组。

1.2 仪器与试剂 电感耦合等离子体质谱仪(安捷伦 ICP-MS 7900); Milli-Q Gradient 超纯水机; 快速混匀器(上海精科); 血液混匀器(北京大龙兴创)。硝酸, 分析纯, 购自广东光华化学厂有限公司; 曲拉通, 国药集团化学试剂有限公司; 标准品, 国标试剂, 购自国家有色金属及电子材料分析测试中心。

1.3 实验方法 将全血样本混匀, 使用事先配好的稀释液稀释全血, 涡旋振荡器充分混匀后以备检测。仪器操作按照仪器说明书进行。开机后检查仪器状态, 待仪器状态正常后进行检测, 先建立标准曲线, 要求曲线相关系数 ≥ 0.999 , 然后进行质控检测, 质控在控方可进行样本检测。在检测过程中穿插高低值质

控以监测偏移情况。

1.4 质量控制 该检测通过国家卫生健康委临床检验中心(NCCL)组织的室间质评及正确度验证活动。镁检出限为 0.15 mg/L, 定量限为 0.51 mg/L; 重复性不精密度为 2.25%(浓度 1)、3.34%(浓度 2), 中间不精密度为 2.19%(浓度 1)、4.48%(浓度 2)。钙检出限为 0.18 mg/L, 定量限为 0.59 mg/L; 重复性不精密度为 3.27%(浓度 1)、3.72%(浓度 2), 中间不精密度为 5.51%(浓度 1)、4.37%(浓度 1)。锰检出限为 0.40 $\mu\text{g/L}$, 定量限为 1.32 $\mu\text{g/L}$; 重复性不精密度为 5.47%(浓度 1)、4.93%(浓度 2), 中间不精密度为 5.86%(浓度 1)、4.76%(浓度 2)。铁检出限为 1.91 mg/L, 定量限为 6.37 mg/L; 重复性不精密度为 1.08%(浓度 1)、3.04%(浓度 2), 中间不精密度为 1.14%(浓度 1)、3.32%(浓度 2)。铜检出限为 1.30 $\mu\text{g/L}$, 定量限为 4.34 $\mu\text{g/L}$; 重复性不精密度为 1.17%(浓度 1)、2.90%(浓度 2), 中间不精密度为 1.16%(浓度 1)、3.09%(浓度 2)。锌检出限为 0.22 mg/L, 定量限为 0.74 mg/L; 重复性不精密度为 1.48%(浓度 1)、2.94%(浓度 2), 中间不精密度为 1.79%(浓度 1)、3.17%(浓度 2)。铅检出限为 0.18 $\mu\text{g/L}$, 定量限为 0.61 $\mu\text{g/L}$; 重复性不精密度为 0.93%(浓度 1)、3.68%(浓度 2), 中间不精密度为 0.97%(浓度 1)、4.38%(浓度 2)。铅可溯源至国家标准样品 GSB 04-1742-2004, 铜可溯源至国家标准样品 GSB 04-1725-2004, 锌可溯源至国家标准样品 GSB 04-1761-2004, 铁可溯源至国家标准样品 GSB 04-1726-2004, 镁可溯源至国家标准样品 GSB 04-1735-2004, 钙可溯源至国家标准样品 GSB 04-1720-2004, 锰可溯源至国家标准样品 GSB 04-1736-2004。

1.5 统计学处理 采用 SPSS18.0 统计学软件进行数据分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组间比较采用独立样本 t 检验, 多组比较采用方差分析。计数资料用例数或百分率表示, 采用 χ^2 检验进行检验。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同年龄段儿童元素水平比较 不同年龄段儿童 7 种元素水平比较, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$), 见表 1。不同年龄段儿童全血中镁、铁、锌随着年龄的增长呈升高趋势; 铜、锰、钙随着年龄增长呈下降趋势; 铅随着年龄增长平均水平下降。不同年龄段儿童 6 种元素(镁、铁、锌、铜、锰、钙)缺乏及铅超标情况见表 2。经 χ^2 检验, 不同年龄段儿童镁缺乏人数所

占比例各年龄段比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。其中 $>8\sim 9$ 岁儿童镁缺乏人数占比最高为 0.06%。铁、锌、铜、锰、钙缺乏各年龄段比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。其中,铁、锌及锰缺乏 0~1 岁儿童占比最高,分别为 24.7%、48.20%及 0.65%;铜及钙缺

乏占比最高在 $>11\sim 12$ 岁,分别为 20.43%及 0.17%;铅超标在 0~1 岁占比最高为 0.87%。整体上婴幼儿铁及锌相对缺乏,10 岁以上儿童铜缺乏相对较多。

表 1 不同年龄段儿童元素水平($\bar{x}\pm s$)

年龄段	<i>n</i>	镁(mg/L)	铁(mg/L)	锌(mg/L)	铜(μg/L)	锰(μg/L)	钙(mg/L)	铅(μg/L)
0~1 岁	17 320	36.29±3.75	404.30±48.82	3.82±0.78	1 110.37±172.26	13.56±3.88	66.22±6.36	23.15±22.14
>1~2 岁	15 434	36.40±3.75	420.66±46.50	4.25±0.73	1 096.64±162.20	13.44±3.61	63.74±5.97	23.54±19.35
>2~3 岁	13 427	36.62±3.67	432.84±43.52	4.58±0.74	1 076.45±155.41	12.68±3.27	62.50±5.72	20.89±15.31
>3~4 岁	12 733	36.70±3.72	436.10±43.25	4.78±0.73	1 063.08±151.99	12.68±11.66	61.72±5.49	20.39±16.59
>4~5 岁	12 114	36.70±3.73	440.64±43.68	4.92±0.74	1 036.17±146.62	12.51±3.15	61.36±5.46	19.69±13.03
>5~6 岁	11 901	36.70±3.70	443.70±43.89	4.98±0.74	1 018.22±143.60	12.48±3.16	61.08±5.49	19.53±12.77
>6~7 岁	11 806	36.73±3.72	446.99±43.37	5.04±0.74	1 002.74±138.40	12.34±3.05	60.67±5.35	19.12±12.79
>7~8 岁	10 252	36.86±3.73	451.63±43.73	5.10±0.74	987.26±135.84	12.41±3.12	60.49±5.39	18.73±14.30
>8~9 岁	8 698	36.96±3.73	454.59±44.11	5.14±0.75	973.81±134.46	12.35±3.09	60.29±5.38	18.15±11.93
>9~10 岁	8 684	37.01±3.71	456.58±44.38	5.16±0.75	957.41±131.18	12.48±3.22	59.94±5.42	18.06±13.10
>10~11 岁	6 541	37.11±3.74	459.67±45.92	5.20±0.77	938.02±132.73	12.59±3.19	59.80±5.33	17.80±13.84
>11~12 岁	6 475	37.12±3.80	463.81±47.90	5.28±0.79	909.63±131.44	12.72±3.28	59.30±5.47	17.52±12.23
<i>F</i>		2.35	34.88	90.93	38.96	3.76	31.05	7.40
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 不同年龄段儿童 6 种元素(镁、铁、锌、铜、锰、钙)缺乏及铅超标情况[*n*(%)]

年龄段	<i>n</i>	镁(mg/L)	铁(mg/L)	锌(mg/L)	铜(μg/L)	锰(μg/L)	钙(mg/L)	铅(μg/L)
0~1 岁	17 320	5(0.03)	4 278(24.70)	8 348(48.20)	384(2.22)	112(0.65)	7(0.04)	151(0.87)
>1~2 岁	15 434	5(0.03)	2 189(14.18)	3 866(25.05)	310(2.01)	44(0.29)	2(0.01)	116(0.75)
>2~3 岁	13 427	2(0.01)	1 024(7.63)	1 674(12.47)	329(2.45)	62(0.46)	3(0.02)	54(0.40)
>3~4 岁	12 733	5(0.04)	810(6.36)	903(7.09)	337(2.65)	70(0.55)	5(0.04)	59(0.46)
>4~5 岁	12 114	6(0.05)	650(5.37)	635(5.24)	452(3.73)	46(0.38)	3(0.02)	36(0.30)
>5~6 岁	11 901	3(0.03)	588(4.94)	492(4.13)	577(4.85)	57(0.48)	6(0.05)	35(0.29)
>6~7 岁	11 806	4(0.03)	495(4.19)	422(3.57)	631(5.34)	55(0.47)	4(0.03)	31(0.26)
>7~8 岁	10 252	1(0.01)	352(3.43)	317(3.09)	677(6.60)	39(0.38)	5(0.05)	22(0.21)
>8~9 岁	8 698	5(0.06)	260(2.99)	244(2.81)	688(7.91)	49(0.56)	4(0.05)	15(0.17)
>9~10 岁	8 684	3(0.03)	267(3.07)	250(2.88)	845(9.73)	48(0.55)	2(0.02)	16(0.18)
>10~11 岁	6 541	1(0.02)	193(2.95)	171(2.61)	900(13.76)	36(0.55)	5(0.08)	13(0.20)
>11~12 岁	6 475	3(0.05)	199(3.07)	148(2.29)	1 323(20.43)	22(0.34)	11(0.17)	12(0.19)
χ^2		7.248	8 850.227	27 679.330	5 296.054	34.402	33.492	195.290
<i>P</i>		0.779	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 不同性别儿童元素水平比较 男童和女童 7 种元素水平比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 3。除锰及钙水平外,其余 5 种元素水平均为男童高于女童。男童及女童 6 种元素缺乏及铅超标情况见表 4,其中男童和女童的镁、钙缺乏比较,差异无统计学意义($P>0.05$);铁、锌、铜、锰缺乏及铅超标比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 不同季节儿童元素水平比较 不同季节儿童元素水平比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。其中

镁、铜水平在春季最高,铁、锌、钙水平在冬季最高,锰、铅水平在夏季最高。不同季节儿童元素缺乏及铅超标情况比较,钙缺乏、铅超标各组间差异无统计学意义($P>0.05$),镁、铁、锌、铜、锰缺乏各组间有统计学差异($P<0.05$)。其中镁、铜、锰、钙缺乏率在冬季最高,分别为缺 0.06%、6.04%、0.67%、0.06%;铁缺乏在春季最高为 8.86%,锌缺乏在秋季最高为 13.91%,铅超标在冬季最高为 0.48%。见表 5~6。

2.4 不同年份儿童元素水平比较 不同年份儿童元

2.5 不同地区儿童元素水平比较 不同地区儿童元素水平各组间比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 9。不同地区儿童元素缺乏及铅超标情况比较,各组间差异均有统计学意义($P<0.05$)。各地区元素水平接近,其中三门峡市及济源市相对其他地区儿童铅水平较高。在 18 个地区中,各地区均为铁、锌、铜缺乏相对较高,见表 10。

表 8 不同年份儿童元素缺乏及铅超标情况[$n(\%)$]								
年份	n	镁(mg/L)	铁(mg/L)	锌(mg/L)	铜($\mu\text{g/L}$)	锰($\mu\text{g/L}$)	钙(mg/L)	铅($\mu\text{g/L}$)
2019 年	44 589	24(0.05)	4 748(10.65)	6 279(14.08)	1 507(3.38)	143(0.32)	25(0.06)	248(0.56)
2020 年	28 973	11(0.04)	3 244(11.20)	4 637(16.00)	1 549(5.35)	74(0.26)	13(0.04)	100(0.35)
2021 年	23 001	2(0.01)	968(4.21)	2 078(9.03)	905(3.93)	218(0.95)	10(0.04)	97(0.42)
2022 年	17 485	2(0.01)	978(5.59)	1 894(10.83)	1 656(9.47)	138(0.79)	4(0.02)	67(0.38)
2023 年	21 337	4(0.02)	1 328(6.22)	2 582(12.10)	1 836(8.60)	67(0.31)	5(0.02)	48(0.22)
χ^2		14.455	1 453.567	688.353	1 420.390	209.969	5.432	44.166
P		0.006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.246	<0.001

表 9 不同地区儿童元素水平比较($\bar{x}\pm s$)								
地区	n	镁(mg/L)	铁(mg/L)	锌(mg/L)	铜($\mu\text{g/L}$)	锰($\mu\text{g/L}$)	钙(mg/L)	铅($\mu\text{g/L}$)
郑州市	13 246	36.66 $\pm$ 3.69	439.54 $\pm$ 47.29	4.73 $\pm$ 0.89	1 012.69 $\pm$ 156.30	12.68 $\pm$ 3.29	61.96 $\pm$ 5.96	17.59 $\pm$ 15.09
开封市	21 855	36.48 $\pm$ 3.85	436.42 $\pm$ 51.79	4.71 $\pm$ 0.93	1 071.43 $\pm$ 169.37	14.02 $\pm$ 9.27	62.47 $\pm$ 6.87	19.84 $\pm$ 15.39
洛阳市	10 497	36.91 $\pm$ 3.67	439.39 $\pm$ 48.31	4.76 $\pm$ 0.87	1 021.44 $\pm$ 151.84	12.46 $\pm$ 3.27	61.95 $\pm$ 5.90	20.30 $\pm$ 15.14
平顶山市	3 906	36.47 $\pm$ 3.66	431.32 $\pm$ 47.80	4.73 $\pm$ 0.85	1 039.28 $\pm$ 158.23	12.46 $\pm$ 3.19	62.00 $\pm$ 5.67	20.94 $\pm$ 15.46
安阳市	3 810	36.66 $\pm$ 3.59	446.07 $\pm$ 46.65	4.91 $\pm$ 0.79	1 007.34 $\pm$ 153.56	12.54 $\pm$ 3.13	60.89 $\pm$ 5.45	23.54 $\pm$ 13.49
鹤壁市	207	36.60 $\pm$ 3.98	441.73 $\pm$ 43.49	4.86 $\pm$ 0.76	977.24 $\pm$ 146.72	12.53 $\pm$ 3.45	61.57 $\pm$ 5.96	20.29 $\pm$ 9.56
新乡市	17 713	36.68 $\pm$ 3.68	438.56 $\pm$ 47.56	4.75 $\pm$ 0.87	1 019.60 $\pm$ 155.66	12.53 $\pm$ 3.22	61.92 $\pm$ 5.84	21.89 $\pm$ 15.47
焦作市	5 946	36.35 $\pm$ 3.73	432.18 $\pm$ 47.61	4.67 $\pm$ 0.85	1 030.33 $\pm$ 155.71	12.65 $\pm$ 3.30	61.98 $\pm$ 5.67	24.72 $\pm$ 13.79
濮阳市	1 059	36.27 $\pm$ 3.81	432.97 $\pm$ 53.68	4.71 $\pm$ 0.84	1 029.90 $\pm$ 161.52	12.27 $\pm$ 3.31	62.36 $\pm$ 6.12	22.19 $\pm$ 18.42
许昌市	4 100	36.75 $\pm$ 3.61	444.43 $\pm$ 46.72	4.85 $\pm$ 0.87	1 002.81 $\pm$ 149.01	12.47 $\pm$ 3.23	61.52 $\pm$ 5.78	22.38 $\pm$ 23.04
漯河市	15 715	36.43 $\pm$ 3.69	433.01 $\pm$ 46.99	4.72 $\pm$ 0.85	1 040.46 $\pm$ 159.28	12.40 $\pm$ 3.16	61.79 $\pm$ 5.62	17.72 $\pm$ 14.04
三门峡市	4 172	36.76 $\pm$ 3.68	436.22 $\pm$ 46.78	4.45 $\pm$ 0.91	1 021.08 $\pm$ 152.17	12.54 $\pm$ 3.56	62.18 $\pm$ 5.99	39.30 $\pm$ 27.60
南阳市	8 682	37.20 $\pm$ 3.86	437.99 $\pm$ 46.77	4.79 $\pm$ 0.88	1 010.23 $\pm$ 162.08	12.37 $\pm$ 3.19	62.13 $\pm$ 5.93	17.70 $\pm$ 13.01
商丘市	2 925	36.66 $\pm$ 3.86	438.92 $\pm$ 47.24	4.66 $\pm$ 0.85	1 062.59 $\pm$ 158.62	12.91 $\pm$ 3.65	61.48 $\pm$ 5.43	17.14 $\pm$ 10.86
信阳市	4 338	36.99 $\pm$ 3.65	444.11 $\pm$ 47.41	4.96 $\pm$ 0.84	1 030.72 $\pm$ 161.04	12.72 $\pm$ 3.42	60.93 $\pm$ 5.82	16.68 $\pm$ 8.56
周口市	11 897	37.32 $\pm$ 3.77	443.26 $\pm$ 47.64	4.78 $\pm$ 0.86	1 016.01 $\pm$ 154.79	12.32 $\pm$ 3.12	61.97 $\pm$ 5.93	15.97 $\pm$ 11.03
驻马店市	4 413	36.31 $\pm$ 3.59	438.16 $\pm$ 46.45	4.77 $\pm$ 0.86	1 040.63 $\pm$ 161.97	12.78 $\pm$ 3.32	60.99 $\pm$ 5.99	17.31 $\pm$ 10.78
济源市	904	36.07 $\pm$ 3.65	445.27 $\pm$ 45.06	4.91 $\pm$ 0.80	1 000.91 $\pm$ 148.11	12.71 $\pm$ 3.36	60.76 $\pm$ 5.53	52.53 $\pm$ 26.42
F		50.97	475.75	66.45	145.08	113.88	36.94	839.18
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 10 不同地区儿童元素缺乏及铅超标情况[$n(\%)$]								
地区	n	镁(mg/L)	铁(mg/L)	锌(mg/L)	铜($\mu\text{g/L}$)	锰($\mu\text{g/L}$)	钙(mg/L)	铅($\mu\text{g/L}$)
郑州市	13 246	2(0.02)	978(7.38)	1 764(13.32)	922(6.96)	66(0.50)	5(0.04)	49(0.37)
开封市	21 855	16(0.07)	2 265(10.36)	3 244(14.84)	821(3.76)	57(0.26)	18(0.08)	76(0.35)
洛阳市	10 497	1(0.01)	847(8.07)	1 348(12.84)	567(5.40)	54(0.51)	3(0.03)	32(0.30)
平顶山市	3 906	1(0.03)	398(10.19)	477(12.21)	168(4.30)	25(0.64)	0(0.00)	32(0.82)
安阳市	3 810	0(0.00)	206(5.41)	268(7.03)	280(7.35)	15(0.39)	1(0.03)	8(0.21)
鹤壁市	207	0(0.00)	15(7.25)	17(8.21)	22(10.63)	1(0.48)	0(0.00)	0(0.00)
新乡市	17 713	4(0.02)	1 437(8.11)	2 220(12.53)	1 037(5.85)	90(0.51)	5(0.03)	54(0.30)

续表 10 不同地区儿童元素缺乏及铅超标情况[n(%)]

地区	n	镁(mg/L)	铁(mg/L)	锌(mg/L)	铜(μg/L)	锰(μg/L)	钙(mg/L)	铅(μg/L)
焦作市	5 946	2(0.03)	602(10.12)	825(13.87)	307(5.16)	32(0.54)	0(0.00)	17(0.29)
濮阳市	1 059	0(0.00)	138(13.03)	136(12.84)	65(6.14)	7(0.66)	1(0.09)	4(0.38)
许昌市	4 100	0(0.00)	258(6.29)	439(10.71)	295(7.20)	22(0.54)	1(0.02)	35(0.85)
漯河市	15 715	5(0.03)	1 482(9.43)	2 034(12.94)	708(4.51)	79(0.50)	4(0.03)	40(0.25)
三门峡市	4 172	1(0.02)	369(8.84)	978(23.44)	223(5.35)	29(0.70)	2(0.05)	118(2.83)
南阳市	8 682	1(0.01)	668(7.69)	1 069(12.31)	641(7.38)	54(0.62)	4(0.05)	16(0.18)
商丘市	2 925	0(0.00)	206(7.04)	436(14.91)	92(3.15)	12(0.41)	1(0.03)	6(0.21)
信阳市	4 338	4(0.09)	271(6.25)	321(7.40)	272(6.27)	19(0.44)	7(0.16)	2(0.05)
周口市	11 897	2(0.02)	795(6.68)	1 349(11.34)	747(6.28)	51(0.43)	4(0.03)	16(0.13)
驻马店市	4 413	3(0.07)	325(7.36)	487(11.04)	215(4.87)	22(0.50)	1(0.02)	6(0.14)
济源市	904	1(0.11)	45(4.98)	58(6.42)	71(7.85)	5(0.55)	0(0.00)	49(5.42)
χ ²		29.610	396.602	838.284	409.801	36.255	31.989	1 262.486
P		0.029	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.015	<0.001

3 讨 论

微量元素是人体酶与蛋白质的重要组成成分,在人体新陈代谢中起着至关重要的作用^[5-7]。钙、镁是构成骨骼并维持其生长的重要元素,缺钙易导致儿童佝偻病、骨畸形等疾病,缺铁、锌易导致儿童贫血、多动症等疾病^[8-11]。铅在自然界中无法自然降解,能通过水、空气、食物等途径进入人体,铅中毒是一个积累的过程,影响儿童的神经系统,缺钙、铁、锌可增强机体对铅的吸收,易造成铅中毒^[12-13]。生命所需的维生素及由微量元素和常量元素构成的矿物质共同参与到机体代谢,与蛋白质、碳水化合物等组成营养素,维持儿童的生长发育和大脑发育^[14]。可见微量元素在人体中有着非常重要的作用。本研究为了解河南地区儿童元素分布及缺乏情况,对 135 385 例 0~12 岁儿童 7 种元素进行统计分析。

本研究中各个年龄组血钙、镁、铁、铜和锌元素水平比较相差较小,差异均有统计学意义($P<0.05$)。全血中镁、铁、锌随着年龄的增长呈升高趋势,铜、锰、钙随着年龄增长呈下降趋势,其中铁、锌、铜及钙的趋势与文献结果一致^[15-16]。本研究与其他文献报道元素缺乏类型一致,但是缺乏率不尽相同,这可能与本地区地质环境、饮食结构、生活环境、当地政府宣传力度和重视程度不同有关。铁及锌主要表现为缺乏,且年龄越小,缺乏率越高。随着年龄增大,缺乏率呈下降趋势,铁及锌缺乏 0~1 岁儿童占比最高,分别为 24.7%及 48.20%,其原因可能为婴儿期孩子主要以母乳或奶粉为主,膳食比较单一以及婴儿消化吸收功能还不够成熟有关^[17]。铜及钙缺乏占比最高在>11~12 岁,分别为 20.43%及 0.17%。近年来婴幼儿从出生即开始补充维生素 D 制剂及钙,随着年龄的增长,钙需求越来越大,但大多数家长忽略钙制剂的补充,因此出现随着年龄增长,缺乏率增高的趋势。铜

的主要生物学功能之一是维持正常造血功能,参与铁的代谢和红细胞生成,不仅对生成运铁蛋白有重要作用,还能促进血红蛋白的生成^[3]。婴幼儿造血功能旺盛,机体对铜的需求量比较大,铜水平最高,本研究中>11~12 岁儿童铜水平最低,而铁水平最高,说明铁与铜之间可能存在一种负反馈调节作用。

按性别分组,铅超标率男性高于女性,与文献结果一致^[18-19],这可能由于男孩酷爱户外运动,相对顽皮多动,受铅污染机会大导致。铅超标在 0~1 岁占比最高为 0.87%,随着年龄增长,铅超标及铅平均水平整体呈下降趋势,这可能是婴幼儿阶段对未知事物兴趣广泛,啃咬玩具及其他物品等导致。本研究结果显示河南省铅超标率呈逐年下降趋势,这得益于我国“零铅工程”和对儿童成长环境的多项治理措施,使得本地区儿童铅中毒的防治有了较大的进步。其中三门峡市及济源市相对其他地区儿童铅平均水平较高,应当引起当地相关部门的重视。铅是广泛存在的工业污染物,能够造成一系列生理、生化指标的变化,影响中枢和外周神经系统、心血管系统、生殖系统、免疫系统的功能,引起胃肠道、肝肾和脑的疾病。儿童和孕妇尤其容易受铅的影响,铅中毒使得儿童的智力、学习能力、感知理解能力下降,注意力不集中、多动、易冲动,并造成语言学习的障碍^[20]。儿童血铅水平升高的主要原因来源于环境污染和不良生活习惯,未经过处理的汽车尾气,随意丢弃的废电池,含铅涂料,被污染的土壤、饮用水和大气,以及由铅罐包装的食物,不良生活卫生习惯等。长期低浓度暴露,潜移默化的影响着儿童身心健康。国家层面,应继续积极推行无铅汽油、无铅电池;控制装修材料、学习用具、玩具等含铅量;大力进行铅暴露危害的健康宣教,营造一个安全的健康成长环境。

本研究结果显示,河南省 0~1 岁儿童铁及锌缺

乏较为严重,>11~12 岁儿童铜缺乏较为严重。锌是保障人体生长发育的重要微量元素之一,参与蛋白质、核酸的分解与代谢,维持机体代谢活动。锌元素有助于促进人体生长发育,维持人体正常食欲,有助于增强人体免疫力。锌缺乏一定程度上会导致儿童免疫力降低及营养不良,进而影响儿童生长发育。补锌治疗不仅可以纠正锌缺乏,也是防治某些严重疾病的重要措施,在临床实践中建议儿科医生结合患儿饮食摄入情况、血锌水平、临床体征及症状等,进行综合评估诊断^[21]。铜具有维持正常的造血功能,维护中枢神经系统的完整性,促进骨骼、血管和皮肤健康以及参与机体的抗氧化过程等重要作用^[22]。近年来对微量元素铁、锌、硒等的研究较多,对铜的研究常常被忽略,了解铜在人体中的营养状况及其对人体健康的作用显得十分必要^[23]。随着近年来分子生物学等新技术的快速发展和应用,铜在人体内的代谢及其与相关疾病关系的研究将更加深入。河南地区相关部门应重视 0~2 岁儿童铁及锌的补充、>11~12 岁儿童铜的补充健康宣教工作。

本研究调查统计了河南省 0~12 岁儿童全血中镁、铅、铁、锌、铜、锰及钙 7 种元素的检测结果,结果显示河南地区 0~2 岁儿童铁及锌缺乏较为严重,>11~12 岁儿童铜缺乏较为严重,应引起足够重视。儿保机构需根据本地区不同年龄段儿童微量元素的变化规律,因地制宜指导儿童及时补充微量元素。本研究的局限性在于未纳入一般检查及临床信息等,后续可完善临床信息进行分组统计。

参考文献

[1] WANG X,ZHAO Y,WU X,et al. Editorial: trace element chemistry and health[J]. *Front Nutr*,2022,18(9):1-3.

[2] ALIASGHARPOUR M. Trace elements in human nutrition (II)-an update[J]. *Int J Prev Med*,2020,11:2.

[3] 廖培成,穆亚平,李娜. 微量元素与儿童免疫功能的认识及进展[J]. *中国医药指南*,2023,21(17):69-71.

[4] 王澈. 微量元素与儿童生长发育的相关性分析[J]. *妇儿健康导刊*,2023,2(22):65-67.

[5] DEMERS I,MOFFET H,HéBERT L,et al. Growth and muscle strength development in children with developmental coordination disorder[J]. *Dev Med Child Neurol*,2020,62(9):1082-1088.

[6] TALEBI S,GHAEDI E,SADEGHI E,et al. Trace element status and hypothyroidism;a systematic review and meta-analysis[J]. *Biol Trace Elem Res*,2020,197(1):1-14.

[7] ZEMRANI B,BINES J E. Recent insights into trace element deficiencies: causes, recognition and correction[J]. *Curr Opin Gastroenterol*,2020,36(2):110-117.

[8] SUNDARARAJAN S,RABE H. Prevention of iron deficiency anemia in infants and toddlers[J]. *Pediatr Res*,2021,89(1):63-73.

[9] CEYLAN M N,AKDAS S,YAZIHAN N. Is Zinc an important trace element on bone-related diseases and complications? A meta-analysis and systematic review from serum level, dietary intake, and supplementation aspects [J]. *Biol Trace Elem Res*,2021,199(2):535-549.

[10] BRION L P,HEYNE R,LAIR C S. Role of zinc in neonatal growth and brain growth:review and scoping review [J]. *Pediatr Res*,2021,89(7):1627-1640.

[11] GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ Á, MILLÁN-MARTÍNEZ M, DOMÍNGUEZ-RISCART J,et al. Altered metal homeostasis associates with inflammation, oxidative stress, impaired glucose metabolism, and dyslipidemia in the crosstalk between childhood obesity and insulin resistance [J]. *Antioxidants (Basel)*,2022,11(12):2439.

[12] 周弋丰,郑曙,张强,等. 丽水地区 6 570 例儿童全血中铁、锌、铜、镁、钙、铅检测结果分析[J]. *中国卫生检验杂志*,2019,31(17):2119-2122.

[13] TANVIR E M,KOMAROVA T,COMINO E,et al. Effects of storage conditions on the stability and distribution of clinical trace elements in whole blood and plasma;application of ICP-MS[J]. *J Trace Elem Med Biol*,2021,68(126804):1-9.

[14] YANG Z Y,ZHANG Q,ZHAI Y,et al. National nutrition and health systematic survey for children 0 — 17 years of age in China[J]. *Biomed Environ Sci*,2021,34(11):891-899.

[15] 李建华,李宁侠,陶绍辉,等. 未成年人 2 552 例体内镉,铜,铁,铅,锌,钙,镁元素水平调查研究[J]. *陕西医学杂志*,2020,49(12):1691-1694.

[16] 吕美艳,施卫勤,姚侠,等. 永康市 79 145 例全血微量元素检测结果分析[J]. *中国卫生检验杂志*,2023,33(3):377-381.

[17] 李慧娟,樊路娟. 郑州航空港区 7 038 例婴幼儿全血微量元素检测结果分析[J]. *中国卫生检验杂志*,2020,30(14):1777-1780.

[18] 林丹红,谢军花,杨春英,等. 23 037 例儿童和成人血铅水平及中毒率分析[J]. *中国卫生检验杂志*,2021,31(13):1641-1643.

[19] 郭胜利,郭丽丽,李守霞,等. 2016—2021 年邯郸地区儿童血铅检测结果回顾分析[J]. *标记免疫分析与临床*,2023,30(03):459-463.

[20] FULLER R,LANDRIGAN P J,BALAKRISHNAN K,et al. Pollution and health: a progress update [J]. *Lancet Planet Health*,2022,6(6):e535-e547.

[21] MAYWALD M,RINK L. Zinc in human health and infectious diseases[J]. *Biomolecules*,2022,12(12):1748.

[22] BOST M,HOUDART S,OBERLI M,et al. Dietary copper and human health:current evidence and unresolved issues[J]. *J Trace Elem Med Biol*,2016,35:107-15.

[23] 付鹏钰,韩涵,叶冰,等. 微量元素铜对人体健康的影响[J]. *河南预防医学杂志*,2021,32(12):888-892.