文章编号：2095-9982(2018)06-0506-06　　中图分类号：R153.4　　文献标志码：A

【专栏：居民膳食与营养】

唐山市某钢铁厂高温作业工人膳食营养状况调查

郑翔[1]，刘为甜[1,2]，张博[1,3]，唐咏梅[1]

摘要：

［目的］ 调查和分析唐山市某钢铁厂高温作业工人的膳食摄入情况及体内营养素水平。

［方法］ 采用整群随机抽样方法，调查唐山市某钢铁厂高温作业工人226人。根据高温环境测定结果将工人岗位分为高温作业III级和IV级；对工人进行一般状况调查、体格检查、膳食状况调查、体内营养素水平检测和评价。

［结果］ 体重正常、超重、肥胖和消瘦的工人分别占调查工人总数的52.2%、29.6%、15.9%和2.2%。钢铁厂高温作业工人每日摄入的食物以谷薯类为主，占食物摄入总量的32.8%；其次为蔬菜类、水果类、畜禽肉类、大豆及坚果类、蛋类、油类、奶及奶制品类、水产类和盐类，分别占食物摄入总量的26.1%、18.1%、8.3%、5.3%、4.0%、2.3%、1.8%、1.0%和0.3%。工人对水、抗坏血酸、核黄素、维生素A、钾、钙、硒的摄入低于高温作业建议摄入量（均$P<0.05$），分别占高温作业建议摄入量的32.5%~49.4%、56.7%~78.5%、52.2%~70.6%、51.0%、76.6%~89.1%、64.6%、95.9%；IV级高温作业工人水的摄入量高于III级高温作业工人（$P<0.05$）。高温作业工人的抗坏血酸、钾、钠、维生素A、锌、核黄素、铁、钙的缺乏率分别为95.6%、57.1%、42.0%、41.1%、38.5%、31.9%、31.0%、26.1%。IV级高温作业工人的核黄素、钾、钠、钙、铁、锌的体内缺乏率高于III级高温作业工人（均$P<0.05$）。

［结论］ 钢铁厂高温作业工人水、抗坏血酸、核黄素、维生素A、钾、钙、硒的摄入不足；95.6%工人体内抗坏血酸缺乏，维生素A、钾、钠的体内缺乏率均在40%以上。需要对高温作业工人进行营养指导以改善其膳食结构，并根据高温作业等级进行工间液体补充。

关键词：钢铁厂；高温作业；膳食调查；营养状况

引用：郑翔，刘为甜，张博，等.唐山市某钢铁厂高温作业工人膳食营养状况调查[J].环境与职业医学，2018，35(6)：506-510，515.

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17771

Nutrition survey of workers with occupational heat exposure in a steel plant in Tangshan

ZHENG Xiang[1], *LIU Wei-tian*[1,2], *ZHANG Bo*[1,3], *TANG Yong-mei*[1] (1.*School of Public Health, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei* 063000, *China*; 2.*Beijing Tongzhou Liyuan Hospital, Beijing* 101100, *China*; 3.*Kailuan Hospital, Tangshan, Hebei* 063000, *China*). *Address correspondence to TANG Yong-mei, E-mail: yongmeitang@sina.com*

· *The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.*

Abstract:

［Objective］ To investigate and analyze the dietary intake and nutrition level of workers exposed to heat stress in a steel plant in Tangshan.

［Methods］ A total of 226 workers with occupational heat exposure were selected from a steel plant in Tangshan by cluster random sampling method, and were classified into grade III and grade IV heat stress groups according to the detection results of workplace temperature. The general information, physical examination data, surveyed dietary information, nutritional levels were collected or estimated.

［Results］ The workers with normal weight, overweight, obesity, and marasmus accounted for 52.2%, 29.6%, 15.9%, and 2.2% of the total surveyed workers, respectively. The daily intake of the steel workers was dominated by grain which accounted for 32.8% of the total intake. Vegetables, fruits, meat, beans and nuts, eggs, oil, milk and dairy products, aquatic products, and salt accounted for 26.1%, 18.1%, 8.3%, 5.3%, 4.0%, 2.3%, 1.8%, 1.0%, and 0.3% of the total food intake, respectively. The intakes of water, ascorbic acid, riboflavin, vitamin A, potassium, calcium, and selenium were lower than the recommended intakes for workers with

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

［基金项目］河北省科学技术研究与发展计划项目（编号：11276906D）

［作者简介］郑翔（1993—），男，硕士生；研究方向：特殊人群营养与健康；E-mail：914780567@qq.com

［通信作者］唐咏梅，E-mail：yongmeitang@sina.com

［作者单位］1.华北理工大学公共卫生学院，河北 唐山 063000；2.北京通州梨园卫生院，北京 101100；3.开滦医院，河北 唐山 063000

occupational heat exposure ($Ps<0.05$), accounting for 32.5%-49.4%, 56.7%-78.5%, 52.2%-70.6%, 51.0%, 76.6%-89.1%, 64.6%, and 95.9% of corresponding recommended intakes. The water intake of grade IV heat stress workers was higher than that of grade III heat stress workers ($P<0.05$). The deficiency rates of ascorbic acid, potassium, sodium, vitamin A, zinc, riboflavin, iron, and calcium of the workers were 95.6%, 57.1%, 42.0%, 41.1%, 38.5%, 31.9%, 31.0%, and 26.1%, respectively. The deficiency rates of riboflavin, potassium, sodium, calcium, iron, and zinc in the grade IV heat stress workers were higher than those of the grade III heat stress workers ($Ps<0.05$).

[Conclusion] Water, ascorbic acid, riboflavin, vitamin A, potassium, calcium, and selenium intakes are deficient in the steel workers with occupational heat exposure. Specifically, 95.6% of the workers lack ascorbic acid and more than 40% of the workers lack vitamin A, potassium, and sodium. It is necessary to improve dietary structure of heat stress exposed workers by proper nutrition guidance and provide liquid supplement during work according to heat stress work classification.

Keywords: steel plant; high-temperature work; dietary survey; nutritional status

Citation: ZHENG Xiang, LIU Wei-tian, ZHANG Bo, et al. Nutrition survey of workers with occupational heat exposure in a steel plant in Tangshan[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(6): 506-510, 515. **DOI**: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17771

钢铁作业是高温作业的主要工种之一，钢铁作业工人在高温、强热辐射的环境下劳动，通过大量排汗调节体温。由于大量维生素和矿物质随着汗液丢失，工人机体营养状况受到影响。合理的营养素摄入对高温作业人员身体健康有益，而高温环境会影响作业工人膳食的选择和摄入。近年来，对钢铁高温作业环境的等级划分有改变，而近期关于这一群体的营养状况评价较少。为了进一步了解钢铁高温作业工人的营养现况，有针对性地对高温作业人员进行膳食指导，改善和提高钢铁高温作业工人的营养状况，本研究于2015年6月对唐山市某钢铁厂的高温作业工人进行了膳食营养现状调查。

1 对象与方法

1.1 对象

于2015年6月底，采用整群随机抽样方法，选取唐山市某钢铁公司炼钢车间(炼钢工和其他员工)和轧钢车间(加热炉工和其他员工)共332位高温作业工人作为调查对象，排除近一个月内服用营养素补充剂的6名工人，实际调查226人。本次调查经华北理工大学医学伦理委员会审核批准，所有研究对象均签订知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 工作场所高温情况测定和高温作业分级 使用美国Quest公司生产的QT36热指数仪，测定工人工作场所的湿球黑球温度指数(wet bulb globe temperature index，WBGT指数)[1]。每个作业地点每天测3次，共测3d，取平均值，WBGT ≥ 25 ℃为高温作业。根据GB/T 934—2008《工作场所职业病危害作业分级第3部分》划分高温作业等级[2]。

1.2.2 一般情况调查 采用自行设计的问卷调查表，由经过培训的专业人员调查工人姓名、性别、年龄、工种类型、工作年限、轮班制度、吸烟、饮酒及营养制剂补充情况等资料。

1.2.3 人体测量及评价 采用常规方法[3]，测量身高、体重，并计算体质指数(BMI)，BMI=体重(kg)/身高^2(m^2)。按照我国成人BMI标准，BMI<18.5为消瘦，18.5~23.9 kg/m^{2}为正常，24.0~27.9 kg/m^{2}为超重，≥28.0 kg/m^{2}为肥胖[3]。

1.2.4 膳食调查与评价 按照统一调查表格采用24 h膳食回顾法调查[3]，连续3 d(工作日早、中、晚班各1 d)询问、记录各种食物(包括加餐、零食等)的摄入情况和食用地点，包括食物名称、种类、制备方法等。在食堂就餐的高温作业工人填写摄入食物的种类和份数。同时利用称重法[3]对食堂食物进行调查，称量并记录各种食物的可食部分烹调前净重、烹调后熟重和标准份重量，计算生熟比(生熟比=烹调前各种食物原料生重量/烹调后熟食物重量)，求得每餐各种食物标准份的实际生重(标准份实际生重=标准份×生熟比)。高温作业工人水的摄入量为工间饮水量和其他饮水量(膳食、水果、冷饮中的水分摄入)。资料核对整理后用中国疾病预防控制中心营养与食品安全所的V2.70营养计算器计算平均每人每日各种营养素的摄入量。

高温作业人群的蛋白质、脂肪、碳水化合物的推荐摄入量分别为：72~79 g/d、60~89 g/d、369~436 g/d，分别占总能量的12%、20%~30%、55%~65%[4]；水、能量、抗坏血酸、硫胺素、核黄素、维生素A、钾、钠、钙、镁、铁、锌、铜和硒的推荐摄入量分别为7.9~12.0 L/d、11 218~13 818 kJ/d、130~180 mg/d、1.8~2.4 mg/d、

1.7~2.3 mg/d、1 500 μg RE（视黄醇当量）/d、2 750~3 200 mg/d、4 000~6 500 mg/d、800 mg/d、350~400 mg/d、16.5~22 mg/d、2.2 mg/d、66 μg/d[4-5]。参照高温作业人员膳食指导和营养素建议量，评估工人实际的膳食营养状况。

1.2.5　人体营养水平测定及评价　用广口烧杯收集工人工作期间全部尿液，移入棕色瓶，并加入适量草酸保存；采清晨空腹静脉血3~5 mL分离血清。用2，6-二氯酚靛酚滴定法测定抗坏血酸含量，除蛋白法测定肌酐含量（尿肌酐测定试剂盒购自南京建成生物工程研究所），用RF-5301 PC荧光分光光度计（岛津，日本）测定维生素A、E、硫胺素和核黄素含量；用7500 a型电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS，Agilent，美国）测定矿物质钾、钠、钙、镁、铁、锌、铜、硒的含量。

抗坏血酸、硫胺素、核黄素的体内水平用尿液中抗坏血酸、硫胺素、核黄素的排出量与尿肌酐的比值衡量，适宜参考范围分别为>10、66~129和80~26[6]；其余指标用对应的血清浓度表示，正常成人血清维生素A、E浓度范围分别为430~860 μg/L和5~20 mg/L，正常成人血清钾、钠、钙、镁、铁、锌、铜、硒的浓度范围分别为140~210 mg/L、3 128~3 358 mg/L、90~110 mg/L、18~23 mg/L、1 200 μg/L、800~1 100 μg/L、640~1 536 μg/L和75~120 μg/L[3]。营养素水平低于参考值范围下限的判定为缺乏。

1.3　统计学分析

用SPSS 17.0进行统计分析，录入、整理数据后，经检验数据服从正态分布。两组均数比较采用t检验；计数资料用率或构成比来表示，两组率的比较采用χ^2检验，检验水准α=0.05。

2　结果

2.1　一般情况和体质状况

本研究钢铁高温作业工人均为男性，倒班制；年龄范围为22~54岁，平均为（36.9 ± 5.9）岁；工龄范围为1~33年，平均为（13.6 ± 6.4）年；高温作业等级为Ⅲ级、Ⅳ级的工人为96、130人，分别占工人总数的42.5%、57.5%。高温作业工人的BMI范围为16~36 kg/m²，平均为（25.4 ± 3.8）kg/m²，消瘦、正常、超重、肥胖者分别占高温作业工人总数的2.2%、52.2%、29.6%、15.9%。

2.2　膳食摄入状况

2.2.1　各类食物摄入情况　钢铁高温作业工人每日摄入的食物以谷薯类为主，占食物摄入总量的32.8%；其次为蔬菜类、水果类、畜禽肉类、大豆及坚果类、蛋类、油类、奶及奶制品类、水产类和盐类，分别占食物摄入总量的26.1%、18.1%、8.3%、5.3%、4.0%、2.3%、1.8%、1.0%和0.3%。见表1。

表1　唐山市某钢铁厂高温作业工人膳食摄入情况（n=226）

食物种类	摄入量（g/d，$\bar{x} \pm s$）	构成比（%）
谷薯类	471.2 ± 97.1	32.8
蔬菜类	374.5 ± 163.2	26.1
水果类	260.3 ± 173.3	18.1
畜禽肉类	120.4 ± 86.3	8.3
水产品类	14.1 ± 32.3	1.0
蛋类	57.4 ± 41.7	4.0
奶及奶制品类	26.1 ± 54.0	1.8
大豆及坚果类	76.1 ± 90.7	5.3
油类	32.7 ± 13.9	2.3
盐类	4.7 ± 1.8	0.3
合计	1 437.5 ± 225.3	100.0

2.2.2　水、能量及三大产能营养素的摄入情况　该钢铁厂高温作业工人能量、蛋白质、脂肪、碳水化合物的摄入量达到高温作业建议摄入量，其中蛋白质的摄入量高于高温作业建议摄入量（t=13.87，P<0.05）。作业工人水的摄入量低于高温作业建议摄入量（t=−162.39，P<0.05），Ⅳ级高温作业工人水的摄入量高于Ⅲ级高温作业工人（t=23.85，P<0.05）。参照高温作业人群三大产能营养素建议的适宜供能范围，工人蛋白质的供能比高于建议量，脂肪供能比在建议范围内，碳水化合物的供能比低于建议量。见表2。

表2　唐山市某钢铁厂高温作业工人水、能量及三大产能营养素的摄入情况（n=226，$\bar{x} \pm s$）

高温作业等级	水（mL/d）	能量（kJ/d）	蛋白质		脂肪		碳水化合物	
			摄入量（g/d）	占总能量的百分比（%）	摄入量（g/d）	占总能量的百分比（%）	摄入量（g/d）	占总能量的百分比（%）
Ⅲ（n=96）	3 167.2 ± 329.6	11 390.1 ± 1 084.5	102.6 ± 28.1	18.7	88.4 ± 34.2	29.2	354.3 ± 89.7	52.1
Ⅳ（n=130）	4 373.4 ± 406.6*	11 813.3 ± 1 037.6	103.1 ± 30.3	16.9	87.0 ± 32.2	27.7	391.2 ± 80.0	55.4
合计	3 861.0 ± 373.9a	11 633.7 ± 1 057.7	102.9 ± 29.6a	17.7	87.6 ± 32.8	28.3	385.5 ± 84.1	54.0

［注］*：与Ⅲ级高温作业比较，P<0.05；a：与高温作业建议摄入量比较，P<0.05。

2.2.3 维生素和矿物质的摄入状况 调查对象硫胺素、钠、镁、铜的摄入量达到高温作业建议摄入量，铁的摄入量高于建议摄入量（$P<0.01$），抗坏血酸、核黄素、维生素A、钾、钙、硒的摄入量低于建议摄入量（均$P<0.05$）。见表3。

2.3 体内营养素水平

2.3.1 维生素 该钢铁厂高温作业工人体内的抗坏血酸水平低于正常范围，硫胺素和核黄素水平在正常范围内，Ⅳ级高温作业工人尿抗坏血酸、核黄素水平低于Ⅲ级工人，差异均有统计学意义（t值分别为3.44、5.42，均$P<0.05$）；工人抗坏血酸、硫胺素、核黄素的缺乏率分别为95.6%、11.0%、31.9%，Ⅳ级高温作业工人的核黄素缺乏率高于Ⅲ级工人（$\chi^2=0.03$，$P<0.05$）。见表4。

钢铁厂高温作业工人体内维生素A、E水平低于正常范围，维生素A、E缺乏率分别为41.1%和5.3%，其在不同高温作业等级下比较，差异无统计学意义（均$P>0.05$）。见表5。

表3 唐山市某钢铁厂高温作业工人维生素和矿物质摄入量（n=226，$\bar{x}\pm s$）

营养素	高温作业等级		合计[7]（n=226）	占高温作业建议摄入量的百分比（%）[a]	t	P
	Ⅲ（n=96）	Ⅳ（n=130）				
抗坏血酸（mg/d）	99.7±27.0	105.4±20.7	102.0±23.3	56.7~78.5	−18.07	<0.001
硫胺素（mg/d）	2.2±0.6	2.1±0.6	2.2±0.5	91.7~122.2	12.03	<0.001
核黄素（mg/d）	1.2±0.8	1.2±0.5	1.2±0.3	52.2~70.6	−25.06	<0.001
维生素A（μgRE/d）	753.2±363.3	776.2±339.3	764.7±355.4	51.0	−31.10	<0.001
维生素E（mg/d）	41.8±16.0	42.9±16.1	42.5±16.0	—	—	—
钾（mg/d）	2498.7±501.2	2416.1±478.0	2450.1±633.6	76.6~89.1	−7.12	<0.001
钠（mg/d）	4812.4±1595.3	4968.0±652.7	4816.1±1118.9	74.1~120.4	10.96	<0.001
钙（mg/d）	541.5±120.3	500.4±86.1	517.1±104.4	64.6	−40.74	<0.001
镁（mg/d）	420.6±135.5	413.0±103.1	416.1±117.1	104.0~118.9	8.48	<0.001
铁（mg/d）	44.9±11.2	46.3±16.0	45.7±14.3	207.7~277.0	30.70	<0.001
锌（mg/d）	17.5±3.2	17.1±3.0	17.1±3.2	77.7~103.6	2.82	0.005
铜（mg/d）	2.3±1.1	2.2±0.8	2.2±1.0	100.0	0.00	1.000
硒（μg/d）	63.4±20.8	63.2±17.3	63.3±18.8	95.9	−2.16	0.046

［注］t、P：高温作业工人摄入量与高温作业建议摄入量比较；a：高温作业工人摄入量合计值占高温作业建议摄入量的百分比；—：维生素E的高温作业建议量还未规定，故未列出。RE：视黄醇当量。

表4 唐山市某钢铁厂高温作业工人抗坏血酸、硫胺素、核黄素体内水平和缺乏情况（$\bar{x}\pm s$）

高温作业等级	人数	抗坏血酸			硫胺素			核黄素		
		肌酐（mg/g）	缺乏人数	缺乏率（%）	肌酐（μg/g）	缺乏人数	缺乏率（%）	肌酐（μg/g）	缺乏人数	缺乏率（%）
Ⅲ	96	6.6±2.5	90	93.8	126.1±41.2	9	9.4	113.0±49.9	23	24.0
Ⅳ	130	5.6±1.8*	126	96.9	117.9±38.5	16	12.3	83.7±30.8*	49	37.7*
合计	226	6.0±2.1	216	95.6	121.4±39.6	25	11.0	96.1±38.9	72	31.9

［注］*：与Ⅲ级高温作业工人相同指标比较，$P<0.05$。

表5 唐山市某钢铁厂高温作业工人体内维生素A、维生素E水平和缺乏情况（$\bar{x}\pm s$）

高温作业等级	人数	维生素A			维生素E		
		浓度（μg RE/L）	缺乏人数	缺乏率（%）	浓度（mg/L）	缺乏人数	缺乏率（%）
Ⅲ	96	401.4±97.8	43	44.8	12.4±3.8	4	4.2
Ⅳ	130	427.5±105.0	50	38.5	12.7±4.0	8	6.2
合计	226	416.4±101.9	93	41.1	12.6±3.9	12	5.3

［注］RE：视黄醇含量。

2.3.2 矿物质 调查对象体内钠、钙、镁、铁、锌、铜和硒水平处于正常范围内，体内钾水平低于正常范围。Ⅳ级高温作业工人体内钾、钠、钙、铁、锌、铜水平低于Ⅲ级工人（t值分别为12.22、8.56、5.15、7.09、10.46、10.14，均$P<0.05$）。调查对象体内钾、钠、钙、镁、铁、锌、铜和硒的体内缺乏率分别为57.1%、42.0%、26.1%、17.7%、31.0%、38.5%、6.2%、18.6%，Ⅳ级高温作业工人的钾、钠、钙、铁、锌的体内缺乏率高于Ⅲ级工人（χ^2分别为57.11、27.84、7.71、18.39、24.66，均$P<0.05$）。见表6。

表6　唐山市某钢铁厂不同等级高温作业工人体内矿物质水平和缺乏情况

矿物质	Ⅲ级（n=96）			Ⅳ级（n=130）			合计（n=226）		
	浓度（$\bar{x}\pm s$）	缺乏人数	缺乏率（%）	浓度（$\bar{x}\pm s$）	缺乏人数	缺乏率（%）	浓度（$\bar{x}\pm s$）	缺乏人数	缺乏率（%）
钾（mg/L）	156.3 ± 27.2	27	28.1	123.2 ± 12.6*	102	78.5*	137.3 ± 18.8	129	57.1
钠（mg/L）	3 446.1 ± 351.5	21	21.9	3 056.6 ± 327.9*	74	56.9*	3 222.1 ± 337.9	95	42.0
钙（mg/L）	110.0 ± 21.4	16	16.7	98.2 ± 12.9*	43	33.1*	103.2 ± 16.5	59	26.1
镁（mg/L）	21.6 ± 4.5	13	13.5	22.2 ± 4.8	27	20.8	21.9 ± 4.7	40	17.7
铁（μg/L）	1 444.3 ± 254.8	15	15.6	1 196.7 ± 263.2*	55	42.3*	1 301.9 ± 259.6	70	31.0
锌（μg/L）	1 053.2 ± 246.1	19	19.8	788.5 ± 129.7*	68	52.3*	900.9 ± 179.2	87	38.5
铜（μg/L）	1 140.1 ± 290.7	3	3.1	847.5 ± 132.8*	11	8.5	971.8 ± 199.9	14	6.2
硒（μg/L）	102.8 ± 29.3	17	17.7	97.5 ± 28.6	25	19.2	99.8 ± 28.9	42	18.6

［注］*：与Ⅲ级高温作业工人相同指标比较，P<0.05。

3　讨论

该钢铁厂高温作业工人膳食结构基本合理，膳食结构以谷类食物为主，其他各类食物的摄入量由高到低依次是谷薯类、蔬菜类、水果类、畜禽肉类、大豆及坚果类、蛋类、油脂类、奶类及奶制品、水产类、盐类。该钢铁高温作业工人的能量摄入量达到高温作业的推荐摄入量，三大产能营养素中蛋白质的摄入高于高温作业的建议量，脂肪的供能比在建议范围内，碳水化合物的供能比低于建议量。以上结果提示高温作业工人摄入高蛋白的食物较多，而摄入粮谷类食物较少。粮谷类含有大量的淀粉，是人类最理想、最经济的能量来源，同时也是B族维生素的重要来源，本研究结果提示应增加粮谷类食物的摄入量。BMI为正常、超重和肥胖的工人分别占工人总数的52.2%、29.6%、15.9%，而偏瘦的只占2.2%。工人水、抗坏血酸、核黄素、维生素A、钾、钙的摄入量低于高温作业建议摄入量，进一步分析发现只有水的摄入量Ⅳ级高温作业工人高于Ⅲ级高温作业工人，而其他营养素的摄入并没有随着高温作业等级的增高而增多，工人水的摄入仅达到高温建议量的32.5%~49.4%，说明高温作业工人还需在作业过程中增加水分摄入。建议在工间对高温作业工人进行水和微量营养素的补充，并根据高温作业等级区分饮用量，建议改善各种类食物的摄入比例，增加蔬菜、水果类食物以及奶类、水产类食物摄入比例，以提高维生素和矿物质的摄入水平，控制高蛋白产能营养素及其食物摄入，做到合理饮食，平衡膳食。

本次调查的钢铁厂高温作业工人体内抗坏血酸、维生素A、钾的平均体内水平低于正常范围，体内抗坏血酸、硫胺素、核黄素、钾、钠、钙、铁、锌的缺乏率分别为95.6%、11.0%、31.9%、57.1%、42.0%、26.1%、31.0%、38.5%。与宁鸿珍等[8]调查煤矿井下工人抗坏血酸、核黄素的体内缺乏率为71.5%、68.6%的结果相比，钢铁高温作业工人的抗坏血酸体内缺乏率略高。不同高温作业等级工人比较，Ⅳ级高温作业工人的抗坏血酸、核黄素、钾、钠、钙、锌、铜的体内水平低于Ⅲ级高温作业工人，Ⅳ级高温作业工人的核黄素、钾、钠、钙、铁、锌的体内缺乏率高于Ⅲ级高温作业工人，说明高温级别越高，营养素体内缺乏状况越严重。高温作业会导致体内的微量营养素随着排汗丢失较多，机体需要量增加，并随高温作业等级升高而需要量增多，如果摄入不足更容易导致体内缺乏[9]。

本次调查显示，钢铁高温作业工人虽然铁的平均摄入量高于建议量，但仍有31.0%的工人体内出现铁缺乏，说明在目前膳食结构下，还有部分工人摄入食物中的血红素铁不能满足机体消耗的需要[5]；高温作业下排汗量的增加，铁的丢失量也增加，铁参与组织呼吸和产生能量，其消耗量增加。工人应注意减少非血红素铁的摄入量，以降低机体过氧化及其产物的生成。工人钠的摄入也达到高温作业建议量，虽然机体平均水平正常，但体内钠缺乏率为42.0%，说明工间丢失较多且个体差异较大，但考虑中国人群食物盐摄入量偏高问题，所以建议以饮品形式在工间进行钠的补充。

综上所述，高温环境下丢失大量的水溶性维生素和各种矿物质，导致体内水平不足或缺乏，膳食摄入则表现为水和部分营养素的摄入量不能满足钢铁高温

（下转第515页）

产能营养素摄入变化分析[J].营养学报, 2017, 39(1): 10-13, 22.

[12]徐继英, 姚海宏, 严青华, 等.上海市15岁以上人群超重率和肥胖率的现状及发展趋势[J].中国慢性病预防与控制, 2014, 22(2): 170-173.

[13]NEUFELD LM, CAMERON BM. Identifying nutritional need for multiple micronutrient interventions[J]. J Nutr, 2012, 142(1): 166S-172S.

[14]PENA-ROSAS JP, DE-REGIL LM, ROGERS LM, et al. Translating research into action: WHO evidence-informed guidelines for safe and effective micronutrient interventions[J]. J Nutr, 2012, 142(1): 197S-204S.

[15]LAWRENCE M, WINGROVE K, NAUDE C, et al. Evidence synthesis and translation for nutrition interventions to combat micronutrient deficiencies with particular focus on food fortification[J]. Nutrients, 2016, 8(9): 555.

[16]李晓瑜.微量营养素风险评估在食品强化标准制修订中的应用研究[D].北京: 中国疾病预防控制中心, 2010.

[17]中国营养学会.中国居民膳食指南(2016)[M].北京: 人民卫生出版社, 2016: 10-11.

(收稿日期: 2017-10-11; 录用日期: 2018-04-19)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 陶黎纳; 校对: 王晓宇)

(上接第510页)

作业工人的需求。机体的营养水平下降, 更容易使机体从生理改变到亚临床状态, 甚至引起病理改变[10]。因此, 应重视对高温作业工人的合理膳食和工间的营养补充, 加强营养宣传教育, 促进均衡膳食, 培养正确的饮食习惯, 提高生活质量和劳动效率。

参考文献

[1]工作场所职业病危害作业分级 第3部分: 高温: GBZ/T 229.3—2010[S].北京: 人民卫生出版社, 2010.

[2]高温作业环境气象条件测定方法: GB/T 934—2008[S].北京: 中国标准出版社, 2009.

[3]孙长颢.营养与食品卫生学[M].6版.北京: 人民卫生出版社, 2007: 79-205.

[4]高温作业人员膳食指导: WS/T 577—2017[S].北京: 国家卫生和计划生育委员会, 2017.

[5]顾景范, 郭长江.特殊营养学[M].2版.北京: 科学出版社, 2009: 188-198.

[6]于守洋, 刘志诚.营养与食品卫生监督检验方法指南[M].北京: 人民卫生出版社, 1989: 108-179.

[7]刘为甜.钢铁高温作业工人水和微量营养素摄入、汗液消耗及体内水平分析[D].唐山: 河北联合大学, 2014.

[8]宁鸿珍, 关维俊, 任磊, 等.煤矿井下工人营养与水盐代谢的调查[J].中国工业医学杂志, 2002, 15(5): 280-281.

[9]李玉玖, 祖国栋, 杨军.高温作业工人维生素B1、B2、C及无机盐营养状况的研究[J].中国公共卫生, 1998, 14(8): 468-470.

[10]TANG YM, WANG DG, LI J, et al. Relationships between micronutrient losses in sweat and blood pressure among heat-exposed steelworkers[J]. Ind Health, 2016, 54(3): 215-223.

(收稿日期: 2017-12-28; 录用日期: 2018-05-08)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 陈姣; 校对: 丁瑾瑜)