

职业高温暴露与钢铁工人血脂异常的相关性

秦盛, 杨永忠, 郑子薇, 陈圆煜, 李超, 陈哲, 王娇娇, 王涵, 李晶, 王洁, 武建辉

华北理工大学公共卫生学院流行病与卫生统计学教研室, 河北省煤矿卫生与安全重点实验室,
河北 唐山 063210

摘要:

[背景] 钢铁工人所处的高温环境使钢铁工人更容易患慢性疾病, 高温暴露对疾病的影响越来越受到人们的关注。

[目的] 研究高温累积暴露量与钢铁工人血脂异常之间的关系, 为制订钢铁工人血脂异常的防控措施提供科学依据。

[方法] 采用现况研究, 选取2017年4—6月参加职业健康体检的唐山市某钢铁集团的6107名一线在职工人为研究对象, 其中5977人参与了体检问卷调查, 应答率为97.87%。排除年龄>60岁, 问卷调查资料不全和生化指标检测资料缺失者, 最终5807名钢铁工人纳入研究, 有效回收率为95.09%。通过问卷调查、体格检查、实验室检查和作业场所职业暴露数据监测等方法收集数据。高温暴露数据来源于企业根据GBZ/T 189.7—2007《工作场所物理因素测量第7部分: 高温》测量的高温作业场所历年高温检测报告。根据黑球湿球温度指数和高温工种的工作年限计算高温累积暴露量(CEM)。运用限制性立方样条(RCS)模型结合logistic回归模型探讨高温累积暴露量与钢铁工人血脂异常之间的剂量-反应关系。

[结果] 5807名研究对象中, 血脂异常检出率为38.11%。在调整了相关混杂因素后RCS模型结果显示高温累积暴露量与血脂异常之间存在线性剂量-反应关系(总体关联性检验 $\chi^2=11.88$, $P=0.0026$; 非线性检验 $\chi^2=1.70$, $P=0.1929$)。多因素logistic回归分析结果显示, 调整年龄、性别、人均收入、教育程度、高血压家族史、吸烟状况、饮酒状况、阻止高血压膳食方案(DASH)评分、睡眠时间、体力活动水平、高血压、糖尿病、体重指数(BMI)、肝酶代谢、高尿酸血症、倒班、噪声暴露、粉尘暴露、CO暴露等混杂因素后, 以累积暴露量<477.97°C·年组为参照组, 高温累积暴露量为653.04~C·年、782.82~C·年组的工人血脂异常患病风险分别是参照组的1.362倍($OR=1.362$, 95% $CI: 1.086\sim 1.709$)和1.333倍($OR=1.333$, 95% $CI: 1.048\sim 1.694$)。

[结论] 高温累积暴露量和钢铁工人血脂异常之间呈线性剂量-反应关系, 高温累积暴露量增加则钢铁工人血脂异常患病风险增大。

关键词: 高温; 累积暴露量; 限制性立方样条模型; 血脂异常; 钢铁工人

Correlation between occupational high temperature exposure and dyslipidemia in steel workers QIN Sheng, YANG Yongzhong, ZHENG Ziwei, CHEN Yuanyu, LI Chao, CHEN Zhe, WANG Jiaojiao, WANG Han, LI Jing, WANG Jie, WU Jianhui (Department of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, North China University of Science and Technology, Hebei Provincial Key Laboratory of Coal Mine Health and Safety, Tangshan, Hebei 063210, China)

Abstract:

[Background] The occupational high temperature environment makes steel workers more susceptible to chronic diseases, and the influence of high temperature on diseases is attracting more and more attention.

[Objective] This study evaluates the relationship between cumulative high temperature exposure and dyslipidemia, providing a scientific basis for the prevention and control of dyslipidemia in steel workers.

[Methods] A cross-sectional study was adopted to select 6107 front-line employees of a steel group in Tangshan with occupational health examination reports from April to June 2017. Among them, 5977 workers participated in the physical examination and questionnaire survey, and the response rate was 97.87%. After excluding those aged >60 years and with incomplete questionnaire data and biochemical data, 5807 steel workers were finally included in the

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.20543

基金项目

河北省高等学校基本科研业务费项目(JYG2019002); 国家重点研发计划项目(2016YFC0900605)

作者简介

秦盛(1995—), 男, 硕士生;
E-mail: qinsheng777go@163.com

通信作者

武建辉, E-mail: wujianhui555@163.com

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2020-11-22

录用日期 2021-04-15

文章编号 2095-9982(2021)06-0593-07

中图分类号 R135.3

文献标志码 A

►引用

秦盛, 杨永忠, 郑子薇, 等. 职业高温暴露与钢铁工人血脂异常的相关性[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(6): 593-599.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20543

Funding

This study was funded.

Correspondence to

WU Jianhui, E-mail: wujianhui555@163.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2020-11-22

Accepted 2021-04-15

►To cite

QIN Sheng, YANG Yongzhong, ZHENG Ziwei, et al. Correlation between occupational high temperature exposure and dyslipidemia in steel workers[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(6): 593-599.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20543

study, and the effective recovery rate was 95.09%. Data were collected through questionnaire survey, physical examination, laboratory examination, and surveillance plan of occupational exposure in workplace. High temperature exposure data were derived from the workplace high temperature test reports following the *Measurement of physical agents in workplace Part 7: high temperature* (GBZ/T 189.7—2007). The cumulative exposure measurement (CEM) of high temperature was calculated based on wet-bulb global temperature and the working time schedule related to high temperature exposure. Restricted cubic spline (RCS) and multiple logistic regression model were used to explore the relationship between cumulative high temperature exposure and dyslipidemia.

[Results] Among the 5807 steel workers, the prevalence of dyslipidemia was 38.11%. After adjusting for selected confounders, the results of the RCS model showed a linear dose-response relationship between cumulative high temperature exposure and dyslipidemia ($\chi^2=11.88$, $P=0.0026$ for overall association test; $\chi^2=1.70$, $P=0.1929$ for nonlinear test). After adjusting for age, sex, income per capita, education, family history of hypertension, smoking, alcohol drinking, dietary approaches to stop hypertension (DASH) score, sleeping time, physical activity level, hypertension, diabetes, body mass index (BMI), hyperuricemia, shift work, and exposures to noise, dust, and CO, the results of multiple logistic regression model showed that compared with the steel workers with CEM exposure $<477.97^\circ\text{C}\cdot\text{year}$, the risks of dyslipidemia of the steel workers with CEM exposure >653.04 and $>782.82^\circ\text{C}\cdot\text{year}$ were 1.362 ($OR=1.362$, 95% CI : 1.086-1.709) and 1.333 ($OR=1.333$, 95% CI : 1.048-1.694) times higher.

[Conclusion] There is a linear dose-response relationship between cumulative high temperature exposure and dyslipidemia of steel workers. As the cumulative exposure to high temperature increases, the risk of dyslipidemia in steel workers increases.

Keywords: high temperature; cumulative exposure; restricted cubic spline model; dyslipidemia; steel worker

血脂异常是脂质代谢紊乱的一种慢性非传染性疾病,以血液中脂质水平升高和(或)降低为主要特征。研究表明血脂异常是心血管疾病的主要危险因素,并可增加心血管疾病的发病率和死亡率^[1-2]。另外,血脂异常还可并发糖尿病、高血压、冠心病等多种疾病,在造成重大疾病负担的同时损害人们的生命健康^[3]。流行病学资料显示,高温作业时,人体可出现体温调节、循环系统、消化系统等一系列生理功能改变^[4]。长时间暴露在过热环境能对工人的身体造成多种危害^[5]。高温暴露不仅导致急性健康问题,而且增加工人工伤和职业病的风险^[6]。高温环境在造成工人健康受损的同时降低工人工作能力,导致生产力和经济损失^[7]。已有研究显示高温暴露是工人血脂异常的危险因素,但多数的研究以是否接触高温或者接触高温年限作为暴露因素的评估指标,不能准确反映高温暴露量与血脂异常之间的关系^[8]。本研究引入高温累积暴露量,并运用限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)模型结合logistic回归模型定量探讨高温暴露强度与钢铁工人血脂异常之间的关系,为制订钢铁工人血脂异常的防控措施提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用现况研究,选取2017年4—6月参加职业健康体检的唐山市某钢铁集团的一线在职工人为研究对象,共6107人,其中5977人参与了体检问卷调查,应答率为97.87%。纳入标准:在岗工人,工龄 ≥ 1 年。排除标准:年龄 >60 岁,问卷调查资料不全

和生化指标检测资料缺失者。最终5807名钢铁工人纳入研究,有效回收率为95.09%。本研究经华北理工大学伦理委员会批准(编号:16040),所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查 采用经过统一培训的人员对钢铁工人进行一对一面对面问卷调查的方法,收集钢铁工人的基本信息和一般人口学特征(年龄、性别、学历、收入、高血脂及高血压家族史等)、行为生活方式(吸烟、饮酒、饮食、睡眠、体力活动等)、工作情况(工种、高温、噪声、CO等职业接触情况,倒班情况)等资料。

1.2.2 体格检查及实验室检查 资料收集开始前先用统一的标准对体检医生和检验室有资质的医生和护士进行培训。被测者测量身高体重前需脱去鞋子和外套,不能携带其他重物,两次测量后取平均值,结果均精确到小数点后一位,并计算体重指数(body mass index, BMI)。血压测量时,被测者需安静休息10 min,采用电子血压计测量三次其坐位右臂血压后取平均值。在采集体检工人的空腹血样后的4 h内采用全自动生化分析仪进行生化分析。

1.2.3 高温累积暴露量的计算 (1) 高温暴露:本研究采用湿球黑球温度(wet bulb globe temperature, WBGT)指数仪,参照GBZ/T 189.7—2007《工作场所物理因素测量第7部分:高温》于钢铁集团不同作业地点进行监测。所有监测仪器使用前均被省计量局检定合格。以 $WBGT \geq 25^\circ\text{C}$,且伴有生产性热源判定为高温作业。(2) 高温累积暴露量:收集企业提供的根据国标GBZ/T 189.7—2007测量的历年高温作业场所的高温检测报

告。同时课题组在工作场所中抽取采样点进行检测,将所得数据与企业提供报告进行比对,确定企业提供报告数据的真实性和可靠性。并结合问卷中收集的每个工人的职业史(考虑不同工种接触情况、工种变动等情况)的年限来计算钢铁工人的累积暴露量(cumulative exposure measurement, CEM)。计算公式如下:

$$T_{CEM}=T_1t_1+T_2t_2+\cdots+T_nt_n$$

公式中, T_{CEM} 为累积高温暴露量,单位: $^{\circ}\text{C}\cdot\text{年}$, T_1 、 T_2 …… T_n 为某车间某工种的年平均 WBGT 指数, t_1 、 t_2 …… t_n 表示此车间此工种的工作年限。

1.2.4 指标定义及分组 (1) 血脂异常的诊断依据 2016 年中国成人血脂异常防治指南^[9]。总胆固醇(total cholesterol, TC) $\geq 6.2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, 和 / 或甘油三酯(triglyceride, TG) $\geq 2.3\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, 和 / 或低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C) $\geq 4.1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, 和 / 或高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C) $<1.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, 至少满足其中一项即为血脂异常。(2) 高温、噪声、CO、粉尘暴露资料均来源于钢铁企业提供的监督检测报告,以及本课题研究人员现场测量结果。(3) 阻止高血压膳食方案(dietary approaches to stop hypertension, DASH) 评分。对水果、蔬菜、全谷类食物采用正向评分,含钠食物、油炸食品、动物内脏、红肉和加工肉、甜饮类食物采用负向评分^[10];收集工人的体力活动情况,以国际体力活动量表(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ) 的标准计算工人各项活动每周的总代谢当量,并根据 P_{25} 、 P_{75} 将计算结果分为低、中、高三组^[11]。(4) 其他相关变量的定义与赋值情况均见本课题组已发表的文章^[12]。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 25.0 统计软件进行一般资料描述,非正态分布的计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较使用秩和检验;计数资料用率表示,组间比较使用 χ^2 检验。应用 SAS 9.4 统计软件中 RCS 模型分析高温累积暴露量与血脂异常的剂量-反应关系。以对数似然比(log likelihood, LL)、赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC) 及贝叶斯信息准则(Bayesian information criterion, BIC) 作为模型优劣的评价指标,选取最优模型^[13]。同时对最优模型中高温累积暴露量与血脂异常的关系进行线性检验,满足线性检验时则采用 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 对高温累积暴露量进行分组;不满足线性检验时以节点为依据进行分组。最

后用多因素非条件 logistic 回归模型分析高温累积暴露量与血脂异常的关系,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般情况

5 807 名研究对象中,平均年龄为 46 (39, 50) 岁,血脂异常者 2 213 人,血脂异常检出率为 38.11%。其中男性 5 300 人,血脂异常者 2 101 人,血脂异常检出率为 39.64%;女性 507 人,血脂异常者 112 人,血脂异常检出率为 22.09%。工作场所作业工人接触职业性有害因素的检测结果见表 1。

表 1 某钢铁集团不同工种高温暴露水平
Table 1 High temperature exposure levels of steel workers grouped by factories and job titles in a steel group

检测工厂	检测工种	WBGT 指数 (最小值~最大值) / $^{\circ}\text{C}$
炼铁厂	铸铁工、粒化渣工、炉前工、配管工、烧结工、司炉工、运转工、焊工、环冷工、炼钢工、浇钢工、巡检工、除尘工、装煤工	21.2~35.5
动力厂	锅炉工、发电运行工、点检工、电工、风机运行工、高压电工	23.0~32.4
检修厂	电工、钳工、焊工、滑板工、筑炉工、砌炉工、热处理工	26.3~32.5
冷轧厂	轧钢工、酸洗工、加热工、精整工、电工、钳工、镀锌工、彩涂工	24.5~31.4
美锦厂	皮带工、焊工、点检工、质检工、联运工、放焦工、电工、司炉工、测温工、脱硫工、化验工	21.8~31.3
热轧厂	司炉工、浇钢工、巡检工、连铸工、天车工、运转工、电工、炼钢工、精整工	22.5~32.8
长材厂	连铸工、天车工、炼钢工、钢炉渣工、浇钢工、点检工、烧火工	24.5~33.8
煤化厂	巡检工、配煤工、司炉工、焦车司机、热修工、烧火工、鼓风冷凝工、汽轮机电工、化验工	22.7~34.3

单因素结果显示:血脂异常与年龄、工龄、性别、吸烟状况、饮酒状况、DASH 饮食评分、体力活动水平、是否高血压、是否糖尿病、BMI、肝酶代谢、是否尿酸血症、倒班情况相关,差异有统计学意义($P<0.05$) (见表 2)。

表 2 某钢铁集团 5 807 名钢铁工人的基本特征 [n (%)]
Table 2 Basic sociodemographic characteristics of 5 807 steel workers in a steel group [n (%)]

变量	血脂正常组 ($n=3\ 594$)	血脂异常组 ($n=2\ 213$)	χ^2/Z	P
年龄 / 岁			10.811	0.013
<30	219 (6.1)	91 (4.1)		
30~	911 (25.4)	583 (26.4)		
40~	1 572 (43.7)	985 (44.5)		
50~	892 (24.8)	554 (25.0)		
工龄 / 年			11.248	0.010
<10	305 (8.5)	136 (6.2)		
10~	658 (18.3)	432 (19.5)		
20~	1 398 (38.9)	868 (39.2)		
30~	1 233 (34.3)	777 (35.1)		

续表 2

变量	血脂正常组 (n=3 594)	血脂异常组 (n=2 213)	χ^2/Z	P
性别			60.432	<0.001
男	3 199 (89.0)	2 101 (94.9)		
女	395 (11.0)	112 (5.1)		
人均月收入/元			3.139	0.371
<1 333	860 (23.9)	561 (25.4)		
1 333~	936 (26.1)	536 (24.2)		
1 750~	864 (24.0)	545 (24.6)		
≥2 500	934 (26.0)	571 (25.8)		
教育程度			5.592	0.061
小学及以下	38 (1.1)	30 (1.4)		
初中及高中	2 729 (75.9)	1 728 (78.1)		
本科及以上	827 (23.0)	455 (20.5)		
高脂血症家族史			3.735	0.053
否	3 420 (95.2)	2 080 (94.0)		
是	174 (4.8)	133 (6.0)		
吸烟状况			91.871	<0.001
从不吸烟	1 727 (48.1)	787 (35.6)		
曾经吸烟	199 (5.5)	120 (5.4)		
现在吸烟	1 668 (46.4)	1 306 (59.0)		
饮酒状况			15.082	0.001
从不饮酒	2 215 (61.6)	1 250 (56.5)		
曾经饮酒	70 (2.0)	48 (2.2)		
现在饮酒	1 309 (36.4)	915 (41.3)		
DASH 饮食评分			24.199	<0.001
<20	1 017 (28.3)	714 (32.3)		
20~	645 (18.0)	451 (20.4)		
22~	1 172 (32.6)	662 (29.9)		
≥24	760 (21.1)	386 (17.4)		
日睡眠时间/h			0.334	0.846
<7	1 810 (50.4)	1 124 (50.8)		
7~	1 500 (41.7)	923 (41.7)		
8~	284 (7.9)	166 (7.5)		
体力活动水平			8.284	0.016
低	40 (1.1)	34 (1.6)		
中	263 (7.3)	202 (9.1)		
高	3 291 (91.6)	1 977 (89.3)		
高血压			76.494	<0.001
否	2 663 (74.1)	1 400 (63.3)		
是	931 (25.9)	813 (36.7)		
糖尿病			76.948	<0.001
否	3 272 (91.0)	1 845 (83.4)		
是	322 (9.0)	368 (16.6)		
BMI/(kg·m ⁻²)			261.248	<0.001
<24	1 613 (44.9)	567 (25.6)		
24~	1 482 (41.2)	1 068 (48.3)		
28~	499 (13.9)	578 (26.1)		
肝酶代谢			260.024	<0.001
正常	3 119 (86.8)	1 536 (69.4)		
异常	475 (13.2)	677 (30.6)		
高尿酸血症			196.558	<0.001
否	2 658 (74.0)	1 243 (56.2)		
是	936 (26.0)	970 (43.8)		
倒班			8.073	0.018
从不倒班	609 (16.9)	329 (14.9)		
曾经倒班	729 (20.3)	415 (18.7)		
现在倒班	2 256 (62.8)	1 469 (66.4)		

续表 2

变量	血脂正常组 (n=3 594)	血脂异常组 (n=2 213)	χ^2/Z	P
噪声暴露			0.006	0.937
否	1 755 (48.8)	1 083 (48.9)		
是	1 839 (51.2)	1 130 (51.1)		
粉尘暴露			0.111	0.740
否	1 305 (36.3)	794 (35.9)		
是	2 289 (63.7)	1 419 (64.1)		
CO 暴露			0.293	0.588
否	2 043 (56.8)	1 274 (57.6)		
是	1 551 (43.2)	939 (42.4)		

2.2 高温累积暴露量与血脂异常的剂量-反应关系

统计结果显示：血脂正常组高温累积暴露量 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 643.81 (469.09, 780.52) $^{\circ}\text{C} \cdot \text{年}$ ，血脂异常组高温累积暴露量 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 664.3 (492.95, 787.12) $^{\circ}\text{C} \cdot \text{年}$ ，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

运用 RCS 模型分析高温累积暴露量与血脂异常的剂量-反应关系，调整了年龄、性别、人均月收入、教育程度、高血压家族史、吸烟状况、饮酒状况、DASH 饮食评分、睡眠时间、体力活动水平、是否高血压、是否糖尿病、BMI、肝酶代谢异常、高尿酸血症、倒班、噪声暴露、粉尘暴露、CO 暴露等混杂因素后，结果显示：当模型选择 3 个节点时 LL 值最大，AIC 和 BIC 的值最小，模型为最优。此时，高温累积暴露量与血脂异常之间存在线性剂量-反应关系（总体关联性检验 $\chi^2=11.88$, $P=0.0026$ ；非线性检验 $\chi^2=1.70$, $P=0.1929$)（见图 1）。为避免极大值对模型拟合结果的影响，将高温累积暴露量的前 95% 分位数 ($0\sim 945.55^{\circ}\text{C} \cdot \text{年}$) 纳入模型分析，结果显示高温累积暴露量与血脂异常仍然存在线性剂量-反应关系（总体关联性检验 $\chi^2=12.05$, $P=0.0024$ ；非线性检验 $\chi^2=1.08$, $P=0.2986$ ）。说明结果较为稳健（见图 2）。

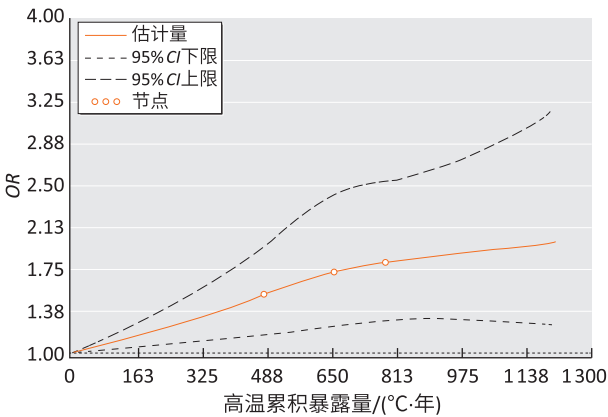


图 1 钢铁工人高温累积暴露量与血脂异常的剂量-反应关系
Figure 1 Dose-response relationship between cumulative high temperature exposure and dyslipidemia in steel workers

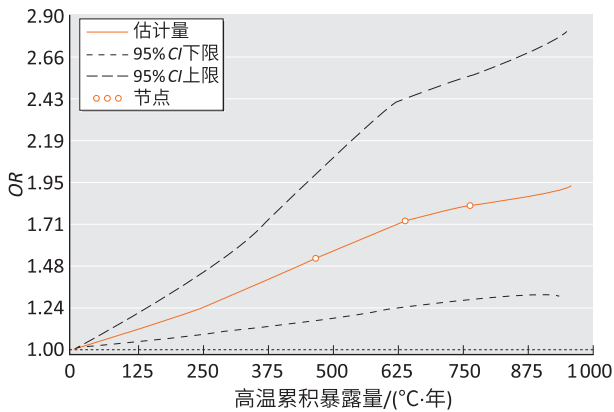


图2 钢铁工人高温累积暴露量与血脂异常的剂量-反应关系(敏感性分析)

Figure 2 Dose-response relationship between cumulative high temperature exposure and dyslipidemia in steel workers (sensitivity analysis)

2.3 高温累积暴露量与血脂异常的多因素 logistic 回归分析

根据RCS模型结果,将高温累积暴露量按 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 分为0~、477.97~、653.04~、782.82~ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{年}$ 4组。调整相关混杂因素后,多因素logistic回归分析结果显示:高温累积暴露量、年龄、性别、是否吸烟、是否高血压、是否糖尿病、BMI、肝酶代谢是否正常、是否高尿酸血症是血脂异常的影响因素($P<0.05$);与高温累积暴露量 $<477.97^{\circ}\text{C}\cdot\text{年}$ 相比,653.04~ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{年}$ 组和782.82~ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{年}$ 组的钢铁工人血脂异常风险升高1.362倍和1.333倍($OR=1.362$, 95% $CI: 1.086\sim 1.709$; $OR=1.333$, 95% $CI: 1.048\sim 1.694$)。结果见表3。

表3 钢铁工人高温累积暴露量与血脂异常的多因素 logistic 回归分析

Table 3 Multiple logistic regression analysis of cumulative high temperature exposure and dyslipidemia in steel workers

变量	<i>b</i>	标准误	Wald χ^2	<i>P</i>	OR (95%CI)
高温累积暴露量/ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{年}$) ^a					
477.97~	0.099	0.099	1.002	0.317	1.105 (0.909~1.342)
653.04~	0.309	0.116	7.153	0.007	1.362 (1.086~1.709)
782.82~	0.287	0.122	5.507	0.019	1.333 (1.048~1.694)
年龄/岁					
30~	0.346	0.150	5.319	0.021	1.414 (1.053~1.897)
40~	0.294	0.172	2.945	0.086	1.342 (0.959~1.879)
50~	0.193	0.184	1.106	0.293	1.213 (0.846~1.738)
性别(女)	-0.306	0.125	5.994	0.014	0.736 (0.576~0.941)
人均月收入/元					
1333~	-0.102	0.082	1.561	0.212	0.903 (0.769~1.060)
1750~	0.020	0.083	0.059	0.808	1.020 (0.867~1.201)
≥ 2500	0.031	0.083	0.138	0.711	1.031 (0.876~1.214)
教育程度					
中	-0.069	0.267	0.067	0.796	0.933 (0.553~1.574)
高	-0.060	0.277	0.047	0.829	0.942 (0.547~1.621)

续表 3

变量	<i>b</i>	标准误	Wald χ^2	<i>P</i>	OR (95%CI)
高脂血症家族史					
曾经吸烟	0.098	0.134	0.534	0.465	1.103 (0.848~1.436)
现在吸烟	0.400	0.065	37.647	<0.001	1.492 (1.313~1.695)
饮酒状况					
曾经饮酒	-0.080	0.206	0.152	0.696	0.923 (0.616~1.383)
现在饮酒	-0.111	0.064	3.021	0.082	0.895 (0.790~1.014)
DASH 饮食评分					
20~	0.100	0.084	1.410	0.235	1.105 (0.937~1.302)
22~	-0.076	0.075	1.041	0.308	0.927 (0.801~1.073)
≥ 24	-0.090	0.087	1.064	0.302	0.914 (0.770~1.084)
日睡眠时间/h					
7~	0.034	0.062	0.311	0.577	1.035 (0.917~1.168)
8~	-0.031	0.114	0.073	0.786	0.970 (0.776~1.212)
体力活动					
中	-0.150	0.268	0.312	0.577	0.861 (0.509~1.457)
高	-0.348	0.251	1.929	0.165	0.706 (0.432~1.154)
高血压	0.199	0.066	9.220	0.002	1.220 (1.073~1.387)
糖尿病	0.495	0.089	30.960	<0.001	1.640 (1.378~1.952)
BMI/($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)					
24~	0.531	0.067	63.682	<0.001	1.701 (1.493~1.939)
28~	0.815	0.084	93.335	<0.001	2.260 (1.916~2.667)
肝酶代谢异常	0.732	0.073	101.520	<0.001	2.080 (1.804~2.398)
高尿酸血症	0.587	0.062	89.163	<0.001	1.799 (1.593~2.033)
倒班					
曾经倒班	-0.065	0.098	0.432	0.511	0.937 (0.773~1.137)
现在倒班	0.077	0.085	0.823	0.364	1.080 (0.915~1.275)
噪声暴露	-0.021	0.063	0.113	0.737	0.979 (0.866~1.107)
粉尘暴露	-0.002	0.063	0.001	0.978	0.998 (0.883~1.129)
CO 暴露	-0.060	0.059	1.040	0.308	0.942 (0.839~1.057)

[注] a: $P_{趋势}<0.01$ 。自变量参照组设置:高温累积暴露量/ $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{年})$ 为0~组;年龄(岁)为 <30 组;性别为男;人均月收入为 <1333 元组;教育程度为小学及以下;高脂血症家族史为否;吸烟状况为从不吸烟;饮酒状况为从不饮酒;DASH饮食评分为 <20 组;日睡眠时间为 $<7\text{h}$;体力活动为低水平;BMI为 $<24\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 组;倒班为从不倒班组;高血压、糖尿病、肝酶代谢异常、高尿酸血症均为否;噪声、粉尘、CO暴露均为否。

3 讨论

钢铁工人是一个特殊的职业人群,其所处的职业环境特殊,高温是钢铁工人接触的主要职业危害因素之一。国内研究显示,高温可以增加血脂异常的风险,高温作业工人血液中TC和TG含量明显升高^[14-15]。但有研究显示温度升高,血液中HDL-C和游离脂肪酸升高,而TC和TG无明显变化,温度进一步升高时,TC和TG出现降低的现象^[16]。本研究在调整了相关混杂因素后的RCS模型结果显示,高温累积暴露量与血脂异常呈现线性剂量-反应关系,即血脂异常的风险有随着高温累积暴露量增加而升高的趋势。通过多因素回归分析,在调整了可能的混杂因素后,高温累积暴露量达

到 $653.04^{\circ}\text{C} \cdot \text{年}$ 和 $782.82^{\circ}\text{C} \cdot \text{年}$ 时, 钢铁工人血脂异常的风险分别是低剂量参照组 ($<477.97^{\circ}\text{C} \cdot \text{年}$) 的 1.362 倍和 1.333 倍。Vangelova 等^[17] 发现高温暴露是工人血脂异常的危险因素, 高温作业工人患高 TC 血症的风险是不接触高温工人的 1.481 倍, 患高 LDL-C 血症的风险是不接触高温工人的 1.539 倍, 这与本研究的结果相似。研究表明, 高温环境下作业人员会产生热应激反应, 从而使机体产生体温调节、水盐代谢、神经内分泌系统、循环系统、泌尿系统等一系列生理变化^[18]。然而, 高温对血脂异常的影响尚未明确, 可能与下列机制有关: (1) 外界温度升高时, 机体产热降低, 体内脂肪酸分解代谢速率降低。同时氧化反应速率变慢, 致使脂肪酸氧化功能途径减少, 促使脂肪酸合成 TG, 导致血液中 TG 含量升高^[19]。(2) 有研究显示在过热条件下, 皮质醇和儿茶酚胺的分泌速率明显增加, 从而间接影响血液中 TC 和 LDL-C 的变化^[20]。(3) 间接行为通路, 高温环境下钢铁工人劳动强度大, 因而机体需要摄入大量高脂类饮食, 再加上大量出汗致血液浓缩, 使得机体处于长期高血脂状态^[13]。

由于钢铁工人职业环境的特殊性, 本研究在血脂异常的一般危险因素和健康状况之外还调整了研究对象的其他职业危害的接触情况, 包括噪声、一氧化碳与粉尘暴露。研究发现肥胖、吸烟、高血压、糖尿病、肝酶代谢异常、高尿酸血症是血脂异常的危险因素, 这与以往的研究结果一致^[21-24], 但是尚未发现高温以外的其他职业有害因素对血脂异常的影响。

本研究综合考虑了高温暴露的时间和强度, 应用高温累积暴露量, 同时运用限制性立方样条模型与 logistic 回归分析相结合的分析方法, 将高温累积暴露量作为连续性变量与血脂异常相结合, 把高温累积暴露量微小的数量改变对血脂异常 OR 值的影响用连续性曲线的形式呈现出来, 更直观呈现高温累积暴露量和钢铁工人血脂异常之间的线性剂量-反应关系, 相比于以往的类似研究, 具有一定的优势。然而, 本次研究也存在一定的局限性: 首先, 本次研究为横断面研究, 无法确定血脂异常与高温的因果关系。其次, 本次研究的对象为唐山某钢铁公司的工人, 研究结果向一般人群推论受限。最后, 存在部分夜班下班后来体检的工人, 不能排除夜班对血脂波动的影响。因此, 以后需要采用队列研究分析钢铁工人血脂异常与高温之间的关系。

参考文献

- [1] MORAN A, GU D, ZHAO D, et al. Future cardiovascular disease in China: Markov model and risk factor scenario projections from the coronary heart disease policy model-China [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2010, 3 (3): 243-252.
- [2] LEE JS, CHANG PY, ZHANG Y, et al. Triglyceride and HDL-C dyslipidemia and risks of coronary heart disease and ischemic stroke by glycemic dysregulation status: the strong heart study [J]. *Diabetes Care*, 2017, 40 (4): 529-537.
- [3] 苏蓉, 于德水. 高脂血症的危害及防治 [J]. *中国当代医药*, 2009, 16 (8): 128-129.
- [4] 孙贵范. 职业卫生与职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
- [5] JAY O, KENNY GP. Heat exposure in the Canadian workplace [J]. *Am J Ind Med*, 2010, 53 (8): 842-853.
- [6] XIANG J, BI P, PISANIELLO D, et al. Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review [J]. *Ind Health*, 2014, 52 (2): 91-101.
- [7] MA R, ZHONG S, MORABITO M, et al. Estimation of work-related injury and economic burden attributable to heat stress in Guangzhou, China [J]. *Sci Total Environ*, 2019, 666: 147-154.
- [8] VANGELOVA KK, DEYANOV CE. Blood pressure and serum lipids in industrial workers under intense noise and a hot environment [J]. *Rev Environ Health*, 2007, 22 (4): 303-311.
- [9] 诸骏仁, 高润霖, 赵水平, 等. 中国成人血脂异常防治指南 (2016 年修订版) [J]. *中国循环杂志*, 2016, 31 (10): 937-953.
- [10] LI M, HU X, FAN Y, et al. Hyperuricemia and the risk for coronary heart disease morbidity and mortality a systematic review and dose-response meta-analysis [J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 19520.

- [11] MADDISON R, NI MHURCHU C, JIANG Y, et al. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) and New Zealand Physical Activity Questionnaire (NZPAQ) : a doubly labelled water validation [J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2007, 4 : 62.
- [12] 张生奎, 王镇德, 杨荔, 等. 倒班作业与高尿酸血症的剂量反应关系研究 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2018, 22 (11) : 1123-1127.
ZHANG S K, WANG Z D, YANG L, et al. Dose-response relationship between shift work and hyperuricemia [J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2018, 22 (11) : 1123-1127.
- [13] 罗剑锋, 金欢, 李宝月, 等. 限制性立方样条在非线形回归中的应用研究 [J]. *中国卫生统计*, 2010, 27 (3) : 229-232.
LUO J F, JIN H, LI B Y, et al. The application of restricted cubic spline in nonlinear regression [J]. *Chin J Health Stat*, 2010, 27 (3) : 229-232.
- [14] 魏志红, 曹煜红. 高温与噪声对工人血脂影响的调查研究 [J]. *山西医药杂志*, 2006, 35 (2) : 115-116.
WEI Z H, CAO Y H. Investigation and research on the influence of high temperature and noise on workers' blood lipid [J]. *Shanxi Med J*, 2006, 35 (2) : 115-116.
- [15] 孙品, 杨跃林, 王仁仪. 高温作业工人健康状态的研究 [J]. *现代预防医学*, 2004, 31 (1) : 21-23.
SUN P, YANG Y L, WANG R Y. Study on health status of workers in the hot environment [J]. *Mod Prev Med*, 2004, 31 (1) : 21-23.
- [16] YAMAMOTO H, ZHENG K C, ARIIZUMI M. Influence of heat exposure on serum lipid and lipoprotein cholesterol in young male subjects [J]. *Ind Health*, 2003, 41 (1) : 1-7.
- [17] VANGELOVA K, DEYANOV C, IVANOVA M. Dyslipidemia in industrial workers in hot environments [J]. *Cent Eur J Public Health*, 2006, 14 (1) : 15-17.
- [18] 李亚洁, 廖晓艳, 李利. 高温高湿环境热应激研究进展 [J]. *护理研究*, 2004, 18 (17) : 1514-1517.
LI Y J, LIAO X Y, LI L. Research progress on heat stress in environment of high humidity and high temperature [J]. *Chin Nurs Res*, 2004, 18 (17) : 1514-1517.
- [19] 郑敏, 翁庙成, 刘方, 等. 高温高湿环境对家兔血液流变特性与生化指标的影响 [J]. *中南大学学报(自然科学版)*, 2012, 43 (7) : 2883-2888.
ZHENG M, WENG M C, LIU F, et al. Effects of hot/wet environment on hemodynamic characteristics and biochemical indexes of rabbits [J]. *J Cen South Univ (Sci Technol)*, 2012, 43 (7) : 2883-2888.
- [20] VANGELOVA K, DEYANOV C, VELKOVA D, et al. The effect of heat exposure on cortisol and catecholamine excretion rates in workers in glass manufacturing unit [J]. *Cent Eur J Public Health*, 2002, 10 (4) : 149-152.
- [21] QI L, DING X, TANG W, et al. Prevalence and risk factors associated with dyslipidemia in Chongqing, China [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2015, 12 (10) : 13455-13465.
- [22] NI W Q, LIU X L, ZHUO Z P, et al. Serum lipids and associated factors of dyslipidemia in the adult population in Shenzhen [J]. *Lipids Health Dis*, 2015, 14 : 71.
- [23] 杨雪莹, 王亭, 王亚平. 天津市成年居民血脂异常流行特征及影响因素分析 [J]. *中国公共卫生*, 2016, 32 (3) : 286-290.
YANG X Y, WANG T, WANG Y P. Prevalence and influencing factors of dyslipidemia among adult residents in Tianjin city : a cross-sectional study [J]. *Chin J Public Health*, 2016, 32 (3) : 286-290.
- [24] WU J, QIN S, WANG J, et al. Develop and evaluate a new and effective approach for predicting dyslipidemia in steel workers [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2020, 8 : 839.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)