

男性钢铁工人倒班年限与高血压患病的关系： 基于限制性立方样条模型

刘亚静¹, 王朝阳², 范红敏¹, 胡泊¹, 杨云英¹, 王利华¹, 肖孟迎¹, 车崇亮¹, 袁聚祥¹, 陈银苹¹, 李云¹

摘要: [目的] 采用限制性立方样条模型探讨倒班年限与高血压的关系。[方法] 2014年9月至2015年6月, 对6103名某钢铁企业男性工人进行面对面问卷调查。调查内容包括研究对象的一般情况和职业因素, 同时测量血压。应用 χ^2 检验和非条件logistic回归分析倒班与高血压的关系, 采用限制性立方样条模型分析倒班年限与高血压的关系。[结果] 调整年龄、体质指数、文化程度、婚姻状况、家庭平均月收入、吸烟、饮酒、体育锻炼、嗜咸、父亲和母亲高血压患病及高温、噪声暴露情况后, 曾经倒班和现在倒班者高血压的患病风险均为从不倒班者的1.255倍(95%CI分别为1.026~1.536, 1.071~1.470)。限制性立方样条分析结果显示, 倒班年限与高血压的关联强度有统计学意义($\chi^2=52.62$, $P<0.05$), 且呈非线性($\chi^2=13.05$, $P<0.05$)。按开始倒班年龄分层后, <21 岁和 ≥ 21 岁者, 倒班年限分别于23年和32年后高血压的患病风险呈下降趋势。[结论] 男性钢铁工人倒班年限与高血压患病有关。

关键词: 倒班; 年限; 高血压; 限制性立方样条

Relationship Between Shift Work Years and Hypertension in Male Steel Workers: Based on Restricted Cubic Spline Model LIU Ya-jing¹, WANG Chao-yang², FAN Hong-min¹, HU Bo¹, YANG Yun-ying¹, WANG Li-hua¹, XIAO Meng-ying¹, CHE Chong-liang¹, YUAN Ju-xiang¹, CHEN Yin-ping¹, LI Yun¹ (1.School of Public Health/Hebei Province Coal Mine Health and Safety Laboratory, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063000, China; 2.Hospital of Tangshan Iron and Steel Co., Ltd., Tangshan, Hebei 063000, China). Address correspondence to FAN Hong-min, E-mail: nunuzh@126.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To estimate the association of shift work years and hypertension based on restricted cubic spline model. [Methods] A total of 6 013 male workers from a steel enterprise were investigated by face to face interview from September 2014 to June 2015, including basic information and occupational factors. Measurement of blood pressure was conducted at the same time. Chi-square test and non-conditional logistic regression model were used to assess the relationship between shift work and hypertension. Restricted cubic spline model was used to estimate the relationship between shift work years and hypertension. [Results] After adjusting age, body mass index (BMI), educational level, marital status, average family monthly income, smoking, drinking, physical activity, salt intake, parental/maternal hypertension, and high temperature and noise exposure, the prevalence rate of hypertension in the workers with current or former shift work was 1.255 times of those with never work (95%CI: 1.026-1.536, 1.071-1.470). The results of restricted cubic spline model analysis showed a relationship with non-linearity ($\chi^2=13.05$, $P<0.05$) between shift work years and hypertension ($\chi^2=52.62$, $P<0.05$). After stratified by the age of first shift work, less-than-21-years-old was associated with decreased hypertension prevalence after 23 years of shift work, and equal-or-greater-than-21-years-old was associated with decreased hypertension prevalence after 32 years of shift work. [Conclusion] A relationship is identified between shift work years and hypertension in male steel workers.

Key Words: shift work; years; hypertension; restricted cubic spline

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2016.16141

[基金项目] 河北省科技支撑重大项目(编号: 13277709D)

[作者简介] 刘亚静(1988—), 女, 硕士生; 研究方向: 流行病与卫生统计学; E-mail: 374942732@qq.com

[通信作者] 范红敏, E-mail: nunuzh@126.com

[作者单位] 1. 华北理工大学公共卫生学院/河北省煤炭卫生与安全实验室, 河北 唐山 063000; 2. 唐山钢铁集团有限责任公司医院, 河北 唐山 063000

倒班作为一种重要的工时制度, 是否影响人群的健康状况? 以医护人员、煤矿工人等为对象的多项研究结果表明倒班是高血压的危险因素之一^[1-4]。以钢铁工人作为研究对象的日本历史性队列研究结果表明倒班为高血压的危险因素^[5-6], 而芬兰的前瞻性队列研究^[7]与伊朗的历史性队列研究^[8-9]未发现倒班与高血压有关联性, 国内尚未见钢铁工人倒班、倒

班年限与高血压关系的研究报道。

进行自变量和应变量的数量关系分析时,传统方法是将连续性变量分段,但分段比较主观,损失信息,且使每个段内部效应强制统一,可能很多实际情况并不符合^[10],因而可能无法客观得出实际关联,降低统计效能,并可能引起偏倚^[11-12]。而限制性立方样条模型将样条函数与广义线性模型(linear回归、logistic回归、cox回归)相结合,可把自变量微小的数量改变对应变量的影响用连续性曲线的形式直观地呈现出来^[13],尤其对最大或最小效应点的分析非常重要。限制性立方样条模型节点的个数和位置决定着样条曲线的形状,多数情况下节点位置对模型的拟合影响不大,选择经典的位置即为合理^[14];节点个数比较关键,取3~5个可满足需求^[10]。程序中可通过设定特殊值来观察自变量在特殊值处的OR值和可信区间,以便发现有意义的自变量值。为更直观地观察倒班年限对高血压的影响,确定适宜的倒班年限限值,本研究以某钢铁集团的男性工人作为研究对象,基于限制性立方样条模型分析男性钢铁工人倒班年限与高血压的关系,为钢铁工人高血压的防治提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

于2014年9月至2015年6月,以在某体检机构进行职业健康体检的钢铁工人作为调查对象,入选条件为男性且工作1年以上,共6103例。他们主要来自于同一地区的某钢铁集团的7个分厂,包括炼铁、检修、不锈钢、轧钢、动力、中厚板和焦化厂。工种有车辊、连铸、铸铁、装卸、制坯、天车、化验、浇钢、锅炉、除尘工和点检员、钳工、电工、焊工等。本研究经华北理工大学医学伦理委员会批准,调查前向研究对象说明此次调查的目的与内容,经知情同意后进行调查。

1.2 研究方法

本研究采用现况调查方法。

1.2.1 调查内容及方法 根据工人的职业特点及高血压的危险因素编写职业健康调查表,经过专家咨询和预调查反复修订后正式使用。由经过统一培训的5名硕士生采用面对面调查方式进行问卷调查。调查的内容主要包括社会人口学特征(出生日期、性别、婚姻状况、教育程度)、生活行为习惯(吸烟、饮酒、体育锻炼)、个人病史和家族史、倒班及高温、噪声等职业有害因素的暴露情况。

1.2.2 体格检查 (1)身高、体重采用国内外统一标准方法进行测量,计算体质指数(BMI)=体重(kg)/身高²(m)。(2)血压测量按照《中国高血压防治指南(2013年)》的测量方法,采用定期校准的水银柱血压计进行测量。连续测量2次,每次至少间隔1~2 min。若2次测量结果差别较大(5 mmHg以上,1 mmHg=0.133 kPa),再次测量。高血压诊断标准依据《中国高血压防治指南(2013年)》,收缩压 ≥ 140 mmHg和/或舒张压 ≥ 90 mmHg,有高血压病史或2周内服用降压药者,均判定为高血压。

1.3 相关定义

1.3.1 倒班 目前公认的倒班定义是指一种工时制度,这种工时制度需要不同工作人员或小组通过交接班的形式完成通常的每日8~24h的工作任务。本研究中指调查对象曾经或一直从事倒班,且持续时间 ≥ 1 年。本次研究对象的钢铁工人倒班类型均为四班三运转。

1.3.2 吸烟 每天吸烟 ≥ 1 支,连续吸烟 ≥ 6 个月。

1.3.3 饮酒 每周饮酒 ≥ 1 次,连续6个月以上。

1.3.4 体育锻炼 每周有氧运动3次,每次 ≥ 30 min。

1.3.5 高温作业 参照GBZ2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值》将工作地点平均湿球黑球温度(WBGT)指数 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的作业判定为高温作业,高温暴露情况来自企业上报数据。

1.3.6 噪声作业 参照GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值》将工作环境噪声 ≥ 85 dB(A)的作业判定为噪声作业,噪声暴露情况来自企业上报数据。

1.4 统计学分析

所有数据经整理核对后,采用EpiData 3.0建立数据库,SPSS 19.0、SAS 9.1.3统计软件包进行统计分析。年龄和BMI用 $\bar{x} \pm s$ 表示;文化程度、婚姻状况、经济水平、吸烟、饮酒、体育锻炼、嗜咸以及父亲、母亲高血压患病等因素用构成比表示,两组间比较应用 χ^2 检验;倒班与高血压关系的单因素分析采用 χ^2 检验,多因素分析应用多因素非条件logistic回归模型调整年龄、BMI等因素后分析;调整年龄、BMI、文化程度、婚姻状况、经济水平、吸烟、饮酒、体育锻炼、嗜咸、父亲、母亲高血压患病情况以及高温、噪声暴露情况后,应用样条函数与logistic回归相结合的限制性立方样条法分析倒班年限与高血压的关系。同时需结合赤池信息量准则(Akaike information criterion, AIC)选择AIC值较小的组合。所有检验采用双侧检验,检验

水准为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般情况

共调查 6 103 例,剔除不合格问卷 148 例,用于分析的有 5 955 例男性钢铁工人,其中倒班者 4 767 例,从不倒班者 1 188 例,研究对象年龄在 21~65 岁之间,平均 (40.2 ± 8.8) 岁。从不倒班与倒班者的年龄分别为 (41.1 ± 9.4) 岁和 (39.8 ± 8.6) 岁,差异

有统计学意义 ($P<0.05$); 两组 BMI 分别为 $(25.1 \pm 3.3)\text{kg/m}^2$ 和 $(25.3 \pm 3.5)\text{kg/m}^2$, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。对倒班和从不倒班两组的一般情况进行比较,结果显示,从不倒班者中大专及以上学历所占比例高于倒班者,差异有统计学意义 ($P<0.05$); 从不倒班者中父亲高血压患病所占比例高于倒班者,差异有统计学意义 ($P<0.05$)。婚姻状况、家庭平均月收入、吸烟、饮酒、嗜咸、体育锻炼和母亲高血压患病在两组间的分布比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$)。表 1。

表 1 两组研究对象一般情况的比较

Table 1 Comparison of basic information of workers with or without shift work experience

一般情况 Basic information	调查例数 Investigated workers	从不倒班 ($n=1\,188$) (Never shift work)		倒班 ($n=4\,767$) (Shift work)		χ^2	P
		n	%	n	%		
文化程度 (Education level)						58.83	<0.001
初中及以下 (Middle school or below)	1 412	231	19.4	1 181	24.8		
高中或中专 (High school or below technical secondary school)	3 047	558	47.0	2 489	52.2		
大专及以上 (College or above)	1 496	399	33.6	1 097	23.0		
婚姻状况 (Marital status)						5.29	0.071
未婚 (Single)	300	74	6.2	226	4.7		
已婚 (Married)	5 618	1 109	93.4	4 509	94.6		
离异 (Divorced)	37	5	0.4	32	0.7		
家庭平均月收入 (元) (Average family monthly income, Yuan)						3.52	0.172
500~	151	28	2.4	123	2.6		
1 000~	2 474	467	39.3	2 007	42.1		
3 000~	3 330	693	58.3	2 637	55.3		
吸烟 (Smoking)						5.50	0.064
从不吸烟 (Never)	2 404	515	43.4	1 889	39.6		
过去吸烟 (Former)	253	47	4.0	206	4.3		
现在吸烟 (Current)	3 298	626	52.7	2 672	56.1		
饮酒 (Drinking)						2.89	0.236
从不饮酒 (Never)	3 658	745	62.7	2 913	61.1		
过去饮酒 (Former)	153	23	1.9	130	2.7		
现在饮酒 (Current)	2 144	420	35.4	1 724	36.2		
嗜咸 (Salt preference)						2.28	0.319
偏淡 (Light)	1 151	236	19.9	915	19.2		
适中 (Moderate)	2 870	588	49.5	2 282	47.9		
偏咸 (Heavy)	1 934	364	30.6	1 570	32.9		
体育锻炼 (Physical activity)						1.02	0.314
是 (Yes)	2 920	567	47.7	2 353	49.4		
否 (No)	3 035	621	52.3	2 414	50.6		
父亲高血压患病 (Parental hypertension)						7.59	0.006
是 (Yes)	980	227	19.1	753	15.8		
否 (No)	4 975	961	80.9	4 014	84.2		
母亲高血压患病 (Maternal hypertension)						3.54	0.060
是 (Yes)	1 052	232	19.5	820	17.2		
否 (No)	4 903	956	80.5	3 947	82.8		

2.2 倒班与高血压的关系

本次研究结果表明,男性钢铁工人高血压患病率为 33.89% (2 018/5 955)。倒班者高血压患病率为

34.57% (1 648/4 767), 从不倒班者高血压患病率为 31.14% (370/1 188), 差异有统计学意义 ($\chi^2=4.983$, $P<0.05$)。以从不倒班者作为参照, 曾经倒班者高

血压的患病风险是从不倒班者的1.335倍(95%CI: 1.115~1.597), 而现在倒班者高血压的患病风险无统计学意义。表2。

表2 倒班与高血压的关系

Table 2 Relationship between shift work and hypertension

倒班情况 Shift work	调查 例数 Workers	高血压例数 Workers with hypertension	高血压 患率率(%) Hypertension prevalence rate	χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
从不倒班 Never	1 188	370	31.14	—	—	1.000	—
曾经倒班 Former	951	358	37.64	9.939	0.002	1.335	1.115~1.597
现在倒班 Current	3 816	1 290	33.81	2.892	0.089	1.129	0.982~1.299
合计 Total	5 955	2 018	33.89	—	—	—	—

2.3 倒班和高血压关系的多因素非条件logistic回归分析

以高血压作为应变量, 倒班、文化程度、婚姻状况、家庭平均月收入、吸烟、饮酒、嗜咸、体育锻炼、父亲和母亲高血压患病、年龄、BMI作为自变量, 进行非条件logistic回归分析, 赋值见表3。结果显示曾经倒班者高血压的患病风险是从不倒班的1.246倍(95%CI: 1.021~1.522); 现在倒班者高血压的患病风险是从不倒班的1.207倍(95%CI: 1.033~1.411)。考虑到高温、噪声暴露与高血压有关, 进一步调整高温、噪声暴露情况后, 发现曾经倒班和现在倒班者患高血压的危险性均是从不倒班的1.255倍, 均有统计学意义($P<0.05$)。表4。

表3 变量及哑变量赋值表

Tables 3 Variables and assignments

变量名(Variable)	变量含义(Meaning)	赋值说明(Assignment)
<i>Y</i>	高血压(Hypertension)	否(No)=0, 是(Yes)=1
<i>X</i> ₁	倒班(Shift work)	从不倒班(Never)=0, 曾经倒班(Once)=1, 现在倒班(Currently)=2
<i>X</i> ₂	文化程度(Education level)	初中及以下(Middle school or below)=1, 高中或中专(High school or technical secondary)=2, 大专及以上(College or above)=3
<i>X</i> ₃	婚姻状况(Marital status)	未婚(Single)=1, 已婚(Married)=2, 离异(Divorced)=3
<i>X</i> ₄	家庭平均月收入(元)(Average family monthly income, Yuan)	500~=1, 1 000~=2, 3 000~=3
<i>X</i> ₅	吸烟(Smoking)	从不吸烟(Never)=0, 过去吸烟(Former)=1, 现在吸烟(Current)=2
<i>X</i> ₆	饮酒(Drinking)	从不饮酒(Never)=0, 过去饮酒(Former)=1, 现在饮酒(Current)=2
<i>X</i> ₇	嗜咸(Salt preference)	偏淡(Light)=1, 适中(Moderate)=2, 偏咸(Heavy)=3
<i>X</i> ₈ ~ <i>X</i> ₁₂	体育锻炼(Physical activity)、父亲高血压患病(Parental hypertension)、母亲高血压患病(Maternal hypertension)、高温(High temperature exposure)、噪声(Noise exposure)	否(No)=0, 是(Yes)=1
<i>X</i> ₁₃ 、 <i>X</i> ₁₄	年龄(Age)、体质指数(Body mass index, BMI)	连续变量(Continuous variable)

表4 倒班和高血压关系的多因素logistic回归分析

Table 4 Relationship between shift work and hypertension by non-conditional logistic regression model

模型(Model)	β	<i>SE</i> _{β}	Wald χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
模型1 ^a (Model 1)						
从不倒班(Never shift work)	—	—	—	—	1.000	—
曾经倒班(Former shift work)	0.220	0.102	4.665	0.031	1.246	1.021~1.522
现在倒班(Current shift work)	0.188	0.080	5.593	0.018	1.207	1.033~1.411
模型2 ^b (Model 2)						
从不倒班(Never shift work)	—	—	—	—	1.000	—
曾经倒班(Former shift work)	0.227	0.103	4.889	0.027	1.255	1.026~1.536
现在倒班(Current shift work)	0.227	0.081	7.917	0.005	1.255	1.071~1.470

[注] a: 模型1的调整因素包括年龄、BMI、文化程度、婚姻状况、家庭平均月收入、吸烟、饮酒、体育锻炼、嗜咸、父亲和母亲高血压患病; b: 模型1的基础上调整高温、噪声暴露情况。

[Note] a: Model 1 is adjusted for age, BMI, educational level, marital status, average family monthly income, smoking, drinking, physical activity, salt preference, and parental and maternal hypertension history. b: Model 2 is adjusted for all the confounding factors of model 1 plus high temperature exposure and noise exposure.

2.4 倒班年限和高血压的关系

以4 767例倒班者作为研究对象, 采用限制性立

方样条模型分析倒班年限与高血压的关系。倒班年限取5个节点(P5、P10、P50、P70、P90), 节点的*OR*

(95%CI) 分别为 1.19(1.03~1.38)、1.42(1.05~1.92)、0.99(0.71~1.40)、0.95(0.67~1.35) 和 0.67(0.47~0.95)。调整因素为年龄、BMI、文化程度、婚姻状况、经济水平、吸烟、饮酒、体育锻炼、嗜咸、父亲和母亲高血压患病、高温、噪声暴露情况。结果显示, 倒班年限与高血压的关联有统计学意义($\chi^2=52.62$, $P<0.05$)且呈非线性($\chi^2=13.05$, $P<0.05$)。倒班年限在 6 年内, 高血压的患病率呈增加趋势, 6 年后下降, 至 28 年后倒班对高血压呈现“保护性”。图 1。

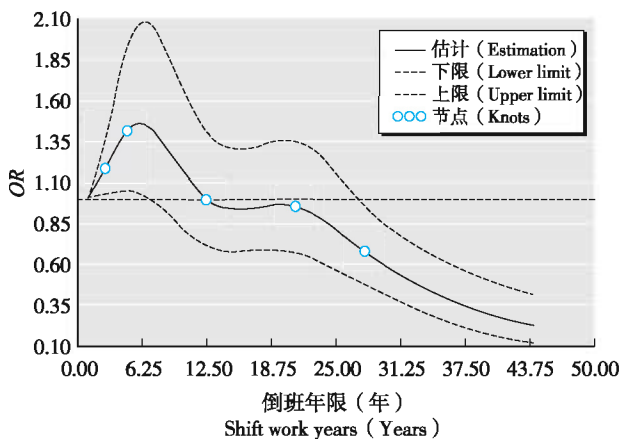
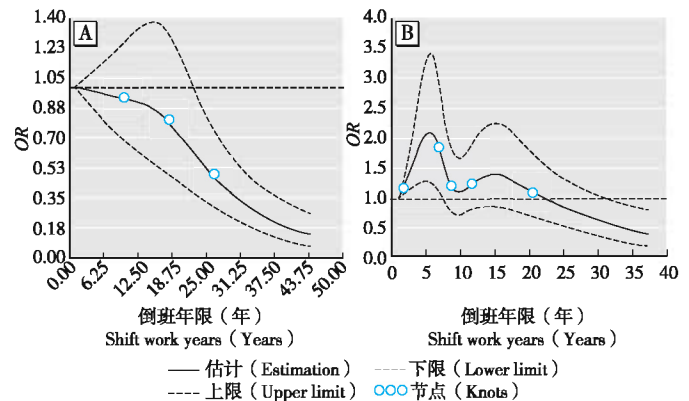


图 1 基于限制性立方样条模型分析倒班年限与高血压的关系
Figure 1 Relationship between shift work years and hypertension based on restricted cubic spline model

2.5 按开始倒班年龄分层后倒班年限与高血压的关系

开始倒班年龄可能是分析倒班年限与高血压关系的一个混杂因素, 其中位数为 21 岁, 以此为界分为 <21 岁和 ≥ 21 岁进行分层分析, 进一步应用限制性立方样条模型分析倒班年限与高血压的关系。调整年龄、BMI、婚姻状况、文化程度、吸烟、饮酒、体育锻炼、嗜咸、父亲和母亲高血压患病、高温、噪声暴露情况。开始倒班年龄小于 21 岁, 倒班年限取 3 个节点(P25、P50、P75), 节点的 OR(95%CI) 分别为 0.94(0.70~1.26)、0.80(0.49~1.32) 和 0.49(0.31~0.77)。开始倒班年龄大于等于 21 岁, 倒班年限取 5 个节点(P5、P25、P50、P65、P80), 节点的 OR(95%CI) 分别为 1.17(1.06~1.29)、1.86(1.14~3.02)、1.21(0.78~1.84)、1.24(0.81~1.90) 和 1.10(0.69~1.74)。结果显示, 开始倒班年龄 <21 岁($\chi^2=4.60$, $P<0.05$) 和 ≥ 21 岁时($\chi^2=14.34$, $P<0.05$), 倒班年限与高血压的关联强度均呈非线性关系。倒班年限分别于 23 年和 32 年后高血压的患病风险下降, ≥ 21 岁者 7 年内高血压患病有增加趋势。图 2。



[注] A: 开始倒班年龄 <21 岁; B: 开始倒班年龄 ≥ 21 岁。

[Note] A: First shift work <21 ; B: First shift work ≥ 21 .

图 2 按开始倒班年龄分层后分析倒班年限与高血压的关系

Figure 1 Relationship between shift work years and hypertension after stratified by the age of first shift work

3 讨论

倒班引发高血压的具体机制尚未明确, 可能有三方面的原因: ①倒班使人体生物节律发生紊乱, 引起代谢的改变, 倒班可引起瘦素水平的下降^[15], 皮质醇水平^[16]和血清高敏 C 反应蛋白升高^[17]等, 其均为高血压发生的诱导因素; ②倒班引起行为改变, 赵宝钰^[18]认为夜班工作给倒班工作者提供了不良生活行为的机会, 如大量饮酒、饮浓茶、饮食规律紊乱等, 且已有报道倒班人群吸烟、饮酒等行为方式较为普遍^[19], 均为高血压发生的危险因素。该研究人群倒班者吸烟与饮酒的比例均高于从不倒班者, 但未发现有统计学差异。③倒班打乱社会节奏影响心理健康, 有报道倒班者心理健康水平明显低于一般人群^[20], 且倒班者中部分群体存在职业紧张因素^[21], 不利于血压维持稳定水平。本研究单因素分析发现倒班与高血压有关, 倒班者高血压的患病风险是从不倒班者的 1.255 倍, 同以往研究结果一致^[3, 5-6, 22]。

应用限制性立方样条模型分析倒班年限与高血压的关系, 倒班年限在 6 年内, 高血压的患病率呈增加趋势, 倒班对血压的影响比较大, 可能由于刚参加倒班工作不适应引起; 6 年后下降, 至 28 年后对高血压呈“保护性”, 分析原因可能与健康工人效应有关, 主要是随年龄增加慢性疾病的患病率增高, 部分工人因身体原因而退出倒班工作, 仍在倒班岗位的大部分工人身体比较健康。以开始倒班年龄进行分层分析, 开始倒班年龄 <21 岁的工人并未发现高血压患病风险增加, 分析原因可能是年轻者心理、生理系统等方面适应能力比较强, 更容易接受倒班工作。开始倒班年

龄<21岁与≥21岁者,倒班年限分别于23年和32年后对高血压的患病呈“保护性”。

本研究应用样条函数与logistic回归相结合的限制性立方样条模型,克服了logistic回归模型的缺陷,更直观地呈现了男性钢铁工人倒班年限对高血压的影响。本研究为现况调查,有高血压病史和服药史者可明确诊断为高血压,其余研究对象根据血压测量结果判定是否为高血压,这可能会高估高血压的患病情况。现况研究未能揭示倒班与高血压的因果关系,同时未控制影响血压的血糖、血脂等因素。因此,今后应采用前瞻性队列研究的方法分析倒班、倒班年限与高血压患病的关系,同时收集影响血压的血糖、血脂等资料,弥补不足之处。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] Lo SH, Liao CS, Hwang JS, et al. Dynamic blood pressure changes and recovery under different work shifts in young women[J]. *Am J Hypertens*, 2008, 21(7): 759-764.
- [2] Kitamura T, Onishi K, Dohi K, et al. Circadian rhythm of blood pressure is transformed from a dipper to a non-dipper pattern in shift workers with hypertension[J]. *J Hum Hypertens*, 2002, 16(3): 193-197.
- [3] 郭素娟, 范红敏, 陈梅, 等. 倒班与煤矿工人原发性高血压关系的研究[J]. *中国煤炭工业医学杂志*, 2013, 16(6): 964-966.
- [4] Lo SH, Lin LY, Hwang JS, et al. Working the night shift causes increased vascular stress and delayed recovery in young women[J]. *Chronobiol Int*, 2010, 27(7): 1454-1468.
- [5] Oishi M, Suwazono Y, Sakata K, et al. A longitudinal study on the relationship between shift work and the progression of hypertension in male Japanese workers[J]. *J Hypertens*, 2005, 23(12): 2173-2178.
- [6] Suwazono Y, Dochi M, Sakata K, et al. Shift work is a risk factor for increased blood pressure in Japanese men: a 14-year historical cohort study[J]. *Hypertension*, 2008, 52(3): 581-586.
- [7] Hublin C, Partinen M, Koskenvuo K, et al. Shift-work and cardiovascular disease: a population-based 22-year follow-up study[J]. *Eur J Epidemiol*, 2010, 25(5): 315-323.
- [8] Gholami-Fesharaki M, Kazemnejad A, Zayeri F, et al. Multicenter historical cohort study of the relationship between shift work and blood pressure[J]. *ARYA Atheroscler*, 2014, 10(6): 287-291.
- [9] Gholami Fesharaki M, Kazemnejad A, Zayeri F, et al. Historical cohort study of shift work and blood pressure[J]. *Occup Med(Lond)*, 2014, 64(2): 109-112.
- [10] 罗剑锋, 金欢, 李宝月, 等. 限制性立方样条在非线性回归中的应用研究[J]. *中国卫生统计*, 2010, 27(3): 229-232.
- [11] Becher H. The concept of residual confounding in regression models and some applications[J]. *Stat Med*, 1992, 11(13): 1747-1758.
- [12] Brenner H, Blettner M. Controlling for continuous confounders in epidemiologic research[J]. *Epidemiology*, 1997, 8(4): 429-434.
- [13] Desquilbet L, Mariotti F. Dose-response analyses using restricted cubic spline functions in public health research[J]. *Stat Med*, 2010, 29(9): 1037-1057.
- [14] 余红梅, 徐勇勇, 何大卫. 利用三次样条函数考察Cox模型比例风险假定[J]. *中国卫生统计*, 2002, 19(1): 20-22.
- [15] Scheer FAJL, Hilton MF, Mantzoros CS, et al. Adverse metabolic and cardiovascular consequences of circadian misalignment[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2009, 106(11): 4453-4458.
- [16] Manenschijn L, van Kruysbergen RGP, de Jong FH, et al. Shift work at young age is associated with elevated long-term cortisol levels and body mass index[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2011, 96(11): E1862-E1865.
- [17] 朱丽, 蔡定均, 彭晓华, 等. 电针对模拟轮班工作金黄地鼠血清超敏C反应蛋白的影响[C]//2011年全国时间生物医学学术会议论文集. 南宁: 中国中西医结合学会, 2011: 161-165.
- [18] 赵宝钰. 倒班对健康的影响[J]. *职业与健康*, 2002, 18(3): 7-8.
- [19] 陈玉恒. 倒班人群生活方式及健康状况的流行病学调查[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [20] 李晓芳, 杨淑红, 徐双娟. 倒班工人心理健康状况调查[J]. *中国民康医学*, 2006, 18(3): 216-217.
- [21] 熊娟, 李文. 重庆市主城区倒班作业工人职业紧张状况调查[J]. *重庆医学*, 2014, 43(13): 1608-1610.
- [22] 姚向晖, 范红敏, 王东, 等. 煤矿工人ADRA2B基因Arg16Gly多态性和倒班的交互作用与原发性高血压的关系[J]. *环境与职业医学*, 2013, 30(6): 450-453, 456.

(收稿日期: 2016-01-19)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 丁瑾瑜)