

倒班年限与男性钢铁工人2型糖尿病患病率的剂量-反应关系

车崇亮¹, 范红敏¹, 肖孟迎¹, 王朝阳², 高雪娟¹, 陆瑶¹, 丛龙学¹, 袁聚祥¹, 胡泊¹, 李小明¹, 马石头¹

摘要:

[目的] 探讨倒班及倒班年限与男性钢铁工人2型糖尿病(T2DM)患病率的剂量-反应关系。

[方法] 采用现况研究的方法, 调查2015年2月—2016年2月在某钢铁集团公司医院进行职业健康检查和健康体检的全部男性钢铁工人7415人, 用于分析7209份问卷。收集资料包括男性钢铁工人人口学特征、生活方式、病史、家族史、身高、体重、职业史; 采用多因素非条件logistic回归和限制性立方样条模型, 分析男性钢铁工人倒班及倒班年限与T2DM之间的关联。

[结果] 男性钢铁工人T2DM患病率为16.5%。曾经倒班、现在倒班与T2DM患病有关, 差别有统计学意义($P < 0.05$), $OR(95\%CI)$ 分别为: 1.403(1.131~1.740), 1.536(1.298~1.817)。调整一般因素和高温暴露等职业因素后, 曾经倒班、现在倒班均与T2DM患病率有关联, 且有统计学意义($P < 0.05$), $OR(95\%CI)$ 分别为: 2.792(2.286~3.411)、2.546(2.076~3.124)。曾经倒班年限和T2DM有关联($\chi^2=35.00$, $P < 0.0001$), 呈非线性相关($\chi^2=3.00$, $P=0.6068$); 现在倒班年限和T2DM患病有关($\chi^2=49.92$, $P < 0.0001$), 呈非线性相关($\chi^2=5.33$, $P=0.1489$)。

[结论] 倒班年限与男性钢铁工人T2DM患病有关, 且呈非线性相关。

关键词: 男性钢铁工人; 倒班年限; 2型糖尿病; 限制性立方样条模型

引用: 车崇亮, 范红敏, 肖孟迎, 等. 倒班年限与男性钢铁工人2型糖尿病患病率的剂量-反应关系[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(6): 503-510. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16633

Dose-response relationship between shift work years and diabetes mellitus type 2 in male steel workers
CHE Chong-liang¹, FAN Hong-min¹, XIAO Meng-ying¹, WANG Chao-yang², GAO Xue-juan¹, LU Yao¹, CONG Long-xue¹, YUAN Ju-xiang¹, HU Po¹, LI Xiao-ming¹, MA Shi-tou¹ (1.School of Public Health, Hebei Province Coal Mining Occupational Health and Safety Laboratory, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063210, China; 2.Hospital of Tangshan Iron & Steel Company, Tangshan, Hebei 063000, China). Address correspondence to FAN Hong-min, E-mail: fhm01@sohu.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To assess the dose-response relationship between male steel workers' shift work years and prevalence of diabetes mellitus type 2 (T2DM).

[Methods] A total of 7415 male steel workers were enrolled to occupational health examination and health examination from February 2015 to February 2016 in a hospital of steel company, and 7209 questionnaires were included in the current cross-sectional analysis. Data were collected on demographic characteristics, lifestyle, medical history, family history, height, weight, and occupational history of the participants. Multiple non-conditional logistic regression model and restricted cubic spline model were used to assess the relationship between shift work years and prevalence of T2DM in the selected male steel workers.

[Results] The prevalence rate of T2DM was 16.5% in the participants. Previous shift work ($OR=1.403$, $95\%CI$: 1.131-1.740) and current shift work ($OR=1.536$, $95\%CI$: 1.298-1.817) were associated with T2DM ($P < 0.05$). After adjusting for general factors and

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 河北省科技支撑重大项目(编号: 132777090); 河北省自然科学基金课题(编号: H2016209058); 国家重点研发计划: 精准医学研究(编号: 2016YFC0900605)

[作者简介] 车崇亮(1990—), 男, 硕士生; 研究方向: 职业流行病学; E-mail: chechongliang@163.com

[通信作者] 范红敏, E-mail: fhm01@sohu.com

[作者单位] 1.华北理工大学公共卫生学院, 河北省煤炭职业卫生与安全实验室, 河北 唐山 063210; 2.唐山钢铁集团有限责任公司医院, 河北唐山 063000

occupational factors such as high temperature exposure, the above two factors were still associated with the prevalence rate of T2DM ($P < 0.05$), with ORs (95% CI) being 2.792 (2.286-3.411) and 2.546 (2.076-3.124), respectively. There was a significant correlation ($\chi^2=35.00$, $P < 0.0001$) and a nonlinear correlation ($\chi^2=3.00$, $P=0.6068$) between previous shift work years and T2DM. There was also a significant correlation ($\chi^2=49.92$, $P < 0.0001$) and a nonlinear correlation ($\chi^2=5.33$, $P=0.1489$) between current shift work years and T2DM.

[Conclusion] Shift work years are associated to the prevalence of T2DM in a nonlinear pattern in male steel workers.

Keywords: steel worker; shift work duration; diabetes mellitus type 2; restricted cubic spline model

Citation: CHE Chong-liang, FAN Hong-min, XIAO Meng-ying, et al. Dose-response relationship between shift work years and diabetes mellitus type 2 in male steel workers[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(6): 503-510. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16633

根据国际糖尿病联盟(IDF)发布的《IDF全球糖尿病概览》(中文版第6版)数据显示:中国居民糖尿病患病率达9.62%,高于全球平均水平(8.35%)^[1]。在糖尿病患者中,2型糖尿病(diabetes mellitus type 2, T2DM)约占90%,已成为继肿瘤、心脑血管疾病后第3位严重危害人类健康的疾病^[2-3]。糖尿病是遗传因素和环境因素长期相互作用所致^[4]。国内外研究表明:倒班可导致新陈代谢紊乱,是T2DM的一个危险因素^[5-8]。但是关于倒班年限对男性钢铁工人T2DM影响的研究并不多见。传统的倒班年限分析方法将连续性变量分段,分析结果可能与真实结果出现偏差^[9-11]。限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)模型将定量数据和结局事件相结合,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^[12]。且可通过设定特殊值来观察自变量在特殊值处的OR及其可信区间值,以发现有意义的自变量值。

本研究以某钢铁集团男性工人作为研究对象,基于RCS模型分析倒班年限与男性钢铁工人T2DM患病率的关系,为男性钢铁工人T2DM的防控提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象^[13-14]

2015年2月—2016年2月在某钢铁集团公司医院进行职业健康检查和健康体检的全部男性钢铁工人,共8215例;男性钢铁工人需在岗且上岗至少1年,排除离退休及病休病退人员。本课题经华北理工大学伦理委员会批准(批准号:15006),调查对象均签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 调查内容 本研究采用现况研究。根据工人的特点及与T2DM发生有关的因素设计调查表,经过预调查和专家咨询、反复修订后正式使用。由经过统一

培训的5名研究生担任调查员。调查内容包括社会人口学特征(年龄、性别、民族、婚姻状况、文化程度、经济水平)、生活方式(吸烟、饮酒、饮茶、饮食、体育锻炼)、个人病史和家族史(高血压、高血脂、糖尿病、肥胖、肾脏病等)、身体状况(身高、体重自我报告)、职业史(开始工作时间、每天工作时长、工作车间、工种、倒班情况、接触职业环境的有害因素等)。

1.2.2 体质指数(BMI)计算 $BMI(kg/m^2) = \text{体重}(kg) / \text{身高}(m)^2$ 。参照BMI中国参考标准, $BMI \leq 23.9$ 为正常, $BMI=24.0 \sim 27.9$ 为超重; $BMI \geq 28.0$ 为肥胖。

1.2.3 血糖检测 首次检查者和复查者均采集清晨空腹静脉血全血5 mL,使用己糖激酶法,分离血清后使用日立-7600全自动血生化分析仪检测血清中血糖值。

1.2.4 诊断标准 采用WHO1999糖尿病诊断标准^[15],首次测量 $C_{\text{空腹血糖}} \geq 7.0 \text{ mmol/L}$ 或 $C_{\text{餐后2h血糖}} \geq 11.1 \text{ mmol/L}$,复查 $C_{\text{空腹血糖}} \geq 7.0 \text{ mmol/L}$ 者确诊为糖尿病。若调查对象既往有糖尿病史,目前仍在服用降糖药物,首次检查和复查 $C_{\text{空腹血糖}}$ 均 $\leq 7.0 \text{ mmol/L}$ 也诊断为糖尿病。

1.2.5 相关指标定义 (1)吸烟:每天至少吸1支,连续吸烟6个月以上^[16]。(2)饮酒:每周至少饮2次,每次酒精摄入量至少50 g,连续饮用1年以上。(3)体育锻炼:每周不少于3次,每次不少于30 min的任何强度的体育活动^[17]。(4)高温:参照GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素》^[18]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。(5)噪声:根据GBZ/T 229.4—2010《工作场所职业病危害作业分级 第4部分:噪声》^[19]定义,噪声作业存在有损听力、有害健康或其他危害的声音,且8 h/d或40 h/周噪声暴露等效声级 $\geq 80 \text{ dB(A)}$ 的作业。(6)倒班:倒班公认的定义为在生产过程中需要24 h连续工作,由一个或几个小组轮番作业来保证的一种工时制度。本研究中指的是调查对象曾经倒班、一直倒班,且持续时间1年以上的

人员。类型为四班三倒、三班三倒、三班两倒的人员判定为倒班。(7)食盐摄入量: 每天摄入量小于4g为轻度, 4~8g为中度, 大于8g为重度。(8)饮食频率划分: 按照工人饮食习惯, 将饮食定为蔬菜、水果、肉类、鸡蛋、奶及奶制品、豆制品、粗粮七大类。摄入频率单位按照“每天=7d/周, 经常=3~6d/周, 偶尔=1~2d/周, 从不=小于1d/周”划分制作“食物频数表”。

1.3 统计学分析

采用EpiData 3.1建立数据库, 采用SPSS 13.0进行统计分析。计量资料(年龄、家庭人均月收入、BMI、工龄)以 $\bar{x} \pm s$ 表示。计数资料(文化程度、婚姻状况、吸烟、饮酒、噪声、高温、倒班情况等)以率或构成比表示。计数资料统计分析采用 χ^2 检验, 单项有序资料统计分析采用非参数Kruskal-Wallis H 检验。采用多因素非条件logistic回归分析倒班与男性钢铁工人T2DM患病率之间的关系, 采取双侧检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

采用SAS9.1.3软件进行RCS分析, 探究倒班年限与T2DM患病率的剂量-反应关系, 倒班年限选取 P_5 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 5个节点, 分别调整一般因素和职业

因素, 采取双侧检验, 检验水准 $\alpha=0.05$, 绘制RCS图^[9]。

2 结果

2.1 一般情况

参加体检的男性钢铁工人8215人, 实际调查7415人, 应答率为90.3%; 剔除问卷数据不完整的206份, 实际用于分析问卷7209份。年龄范围20~60岁, 平均(42.0 ± 8.5)岁。高中或中专以上学历者占76.7%, 已婚者占94.4%, 人均月收入达1000元以上者占97.6%。工龄1~41年, 平均(21.1 ± 9.7)年。T2DM患病率为16.5%(1190/7209)。

2.1.1 不同社会人口学特征、生活方式及家族史组间T2DM患病情况 社会人口学特征方面: 不同年龄、文化程度、婚姻状况、家庭人均月收入和BMI组间T2DM患病率差异有统计学意义(均 $P<0.001$)。生活方式方面: 不同吸烟、饮酒、饮茶, 食盐、水果、奶及奶制品、豆制品、粗粮摄入组间T2DM患病率差异有统计学意义(均 $P<0.001$); 不同蔬菜、肉类、鸡蛋摄入组间T2DM患病率差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

表1 男性钢铁工人一般情况
Table 1 Male steel workers' general information

项目 Item	调查人数($n=7209$) No. of participants	构成比(%) Proportion	患病人数($n=1190$) No. of T2DM patients	患病率(%) Prevalence rate	χ^2	P
年龄(岁)(Age, years)					363.641	<0.001
<30	655	9.1	29	4.4		
30~	2248	31.2	188	8.4		
40~	2869	39.8	552	19.2		
50~58	1437	19.9	421	29.3		
文化程度(Educational level)					129.796	<0.001
初中及以下(Junior secondary school or lower)	1675	23.2	388	23.2		
高中或中专(High school and secondary school)	3772	52.3	646	17.1		
大专及以上(College and above)	1762	24.4	156	8.9		
婚姻状况(Marital status)					37.435	<0.001
未婚(Single)	355	4.9	17	4.8		
已婚(Married)	6803	94.4	1163	17.1		
其他(Other)	51	0.7	10	19.6		
家庭人均月收入(元)(Family per capita monthly income, yuan)					13.161	<0.001
<1000	174	2.4	34	19.5		
1000~	173	44.0	575	332.4		
3000~	3862	53.6	581	15.0		
BMI(kg/m ²)					76.181	<0.001
≤23.9	2740	38.0	324	11.8		
24~	3095	42.9	572	18.5		
28~	1374	19.1	294	21.4		
吸烟(Smoking)					20.203	<0.001
否(No)	3348	46.4	482	14.4		
是(Yes)	3861	53.6	708	18.3		

续表 1

项目 Item	调查人数($n=7209$) No. of participants	构成比(%) Proportion	患病人数($n=1190$) No. of T2DM patients	患病率(%) Prevalence rate	χ^2	P
饮酒(Drinking)					52.521	<0.001
否(No)	4717	65.4	670	14.2		
是(Yes)	2492	34.6	520	20.9		
饮茶(Tea consumption)					235.932	<0.001
否(No)	3677	51.0	849	23.1		
是(Yes)	3532	49.0	341	9.7		
食盐摄入(Salt intake)					4.697	<0.05
轻(Mildly)	1420	19.7	251	17.7		
中(Moderate)	3573	49.6	556	15.6		
重(Severe)	2216	30.7	383	17.3		
蔬菜摄入(Vegetables intake)					7.010	>0.05
从不(Never)	39	0.5	8	20.5		
偶尔(Occasionally)	600	8.3	100	16.7		
经常(Often)	2541	35.2	381	15.0		
每天(Everyday)	4029	55.9	701	17.4		
水果摄入(Fruit)					80.065	<0.001
从不(Never)	584	8.1	164	28.1		
偶尔(Occasionally)	2370	32.9	425	17.9		
经常(Often)	2108	29.2	316	15.0		
每天(Everyday)	2147	29.8	285	13.3		
肉类摄入(meat intake)					3.368	>0.05
从不(Never)	251	3.5	52	20.7		
偶尔(Occasionally)	2205	30.6	632	28.7		
经常(Often)	2686	37.3	437	16.3		
每天(Everyday)	2067	28.7	339	16.4		
鸡蛋摄入(Egg intake)					6.003	>0.05
从不(Never)	204	2.8	41	20.1		
偶尔(Occasionally)	2281	31.6	393	17.2		
经常(Often)	3089	2.8	513	16.6		
每天(Everyday)	1635	22.7	243	14.9		
奶及奶制品摄入(Milk and dairy products intake)					36.357	<0.001
从不(Never)	2715	37.7	539	19.9		
偶尔(Occasionally)	2821	39.1	403	14.3		
经常(Often)	1070	14.8	165	15.4		
每天(Everyday)	603	8.4	83	13.8		
豆制品摄入(Bean products intake)					28.725	<0.001
从不(Never)	377	5.2	59	15.6		
偶尔(Occasionally)	2842	39.4	391	13.8		
经常(Often)	3202	44.4	585	18.3		
每天(Everyday)	788	10.9	155	19.7		
粗粮摄入(Whole grains intake)					17.121	<0.001
从不(Never)	696	9.7	105	15.1		
偶尔(Occasionally)	3873	53.7	595	15.4		
经常(Often)	2044	28.4	396	19.4		
每天(Everyday)	596	8.3	94	15.8		
体育锻炼(Physical exercise)					42.183	<0.001
否(No)	3566	49.5	691	19.4		
是(Yes)	3643	50.5	499	13.7		
糖尿病家族史(Family history of diabetes mellitus)					21.679	<0.001
否(No)	6571	91.1	1043	15.9		
是(Yes)	638	8.9	147	23.0		

2.1.2 不同职业病危害因素暴露组间T2DM患病情况 男性钢铁工人中63.4%的工人存在噪声暴露, 66.5%存在高温暴露。不同工龄、高温暴露组间T2DM患病率差异有统计学意义($P<0.05$)。不同噪声暴露组间T2DM患病率差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

表2 男性钢铁工人不同职业病危害因素暴露组间2型糖尿病患病率
Table 2 Male steel workers' T2DM prevalence grouped by exposure to different occupational hazards

项目 Item	调查人数($n=7\,209$) No. of participants	构成比(%) Proportion	患病人数($n=1\,190$) No. of T2DM patients	患病率(%) Prevalence rate	χ^2	P
工龄(年)(Length of service, years)					369.191	<0.001
<10	1 551	21.5	82	5.3	0.021	>0.05
10~	1 418	19.7	140	9.9		
20~	2 918	40.5	580	19.9		
30~44	1 322	18.3	388	29.3		
噪声暴露(Noise exposure)					25.834	<0.001
从不(Never)	2 636	36.6	433	16.4	0.021	>0.05
曾经(Previous)	279	3.9	46	16.5		
现在(Current)	4 294	59.5	711	16.6		
高温暴露(High temperature exposure)					25.834	<0.001
从不(Never)	2 417	33.5	454	18.8	25.834	<0.001
曾经(Previous)	443	6.1	94	21.2		
现在(Current)	4 349	60.4	642	14.8		

2.2 倒班与 T2DM 患病关系
2.2.1 单因素分析 与从不倒班者比较, 曾经倒班者 T2DM 的患病风险是从不倒班者的 1.403 倍(95%CI: 1.131~1.740), 现在倒班者 T2DM 的患病风险是从不倒班者的 1.536 倍(95%CI: 1.298~1.817), 差异有统计学意义, 见表3。

表3 倒班与2型糖尿病患病率关系的单因素分析
Table 3 Relationship between shift work and T2DM by single factor analysis

倒班情况 Shift work	调查人数($n=7\,209$) No. of participants	患病人数($n=1\,190$) No. of T2DM patients	患病率(%) Prevalence rate	χ^2	P	OR	95%CI
从不(Never)	1 476	124	8.4	—	—	1.000	—
曾经(Previous)	1 125	197	17.5	9.534	<0.05	1.403	1.131~1.740
现在(Current)	4 608	869	18.9	25.321	<0.05	1.536	1.298~1.817

2.2.2 多因素分析 采用多因素 logistic 回归分析, 以是否患 T2DM 为应变量(1=患病; 0=未患病), 倒班情况作为自变量, 赋值见表4。模型1结果显示: 曾经倒班人群 T2DM 患病风险是从不倒班人群的 2.746 倍(95%CI: 2.251~3.351), 现在倒班人群 T2DM 患病风险是从不倒班人群的 2.466 倍(95%CI: 2.012~3.023); 模型2结果显示: 曾经倒班人群 T2DM 患病风险是从不倒班人群的 2.792 倍(95%CI: 2.286~3.411), 现在倒班人群 T2DM 患病风险是从不倒班人群的 2.546 倍(95%CI: 2.076~3.124), 差异均有统计学意义($P<0.01$)。见表5。

(1.72~9.47)、4.15(1.72~9.99)。调整一般因素及职业因素, 各节点 OR(95%CI) 为 1.13(0.75~1.70)、1.38(0.58~3.27)、2.59(1.14~5.89)、4.18(1.77~9.88)、4.24(1.75~10.30)。

结果显示: 调整一般因素, 曾经倒班者倒班年限(后称曾经倒班年限) 在 17.3 年以上与 T2DM 患病率的关联强度有统计学意义($\chi^2=35.00$, $P<0.000\,1$), 且呈非线性相关($\chi^2=3.00$, $P=0.606\,8$)。曾经倒班年限在 17.3~31.0 年, T2DM 患病率呈增加趋势; 曾经倒班年限在 31.1 年之后, T2DM 患病率升高趋于平缓(图 1A)。

2.3 RCS 分析
曾经倒班 1 125 人, 现在倒班 4 608 人。倒班年限均选取 5 个节点(P_5 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{95})。

2.3.1 曾经倒班者倒班年限与 T2DM 患病的剂量-反应关系 调整一般因素, 节点 OR(95%CI) 为 1.13(0.75~1.70)、1.39(0.59~3.27)、2.60(1.15~5.89)、4.04(1.72~9.47)、4.15(1.72~9.99)。调整一般因素及职业因素, 曾经倒班年限在 17.5 年以上与 T2DM 患病率的关联强度有统计学意义($\chi^2=35.89$, $P<0.000\,1$), 且呈非线性相关($\chi^2=1.98$, $P=0.576\,3$)。曾经倒班年限在 17.5~31.5 年, T2DM 患病率呈增加趋势; 曾经倒班年限在 31.6 年之后, T2DM 患病率升高趋于平缓(图 1B)。

表4 自变量及哑变量赋值表
Table 4 Variables and assignments

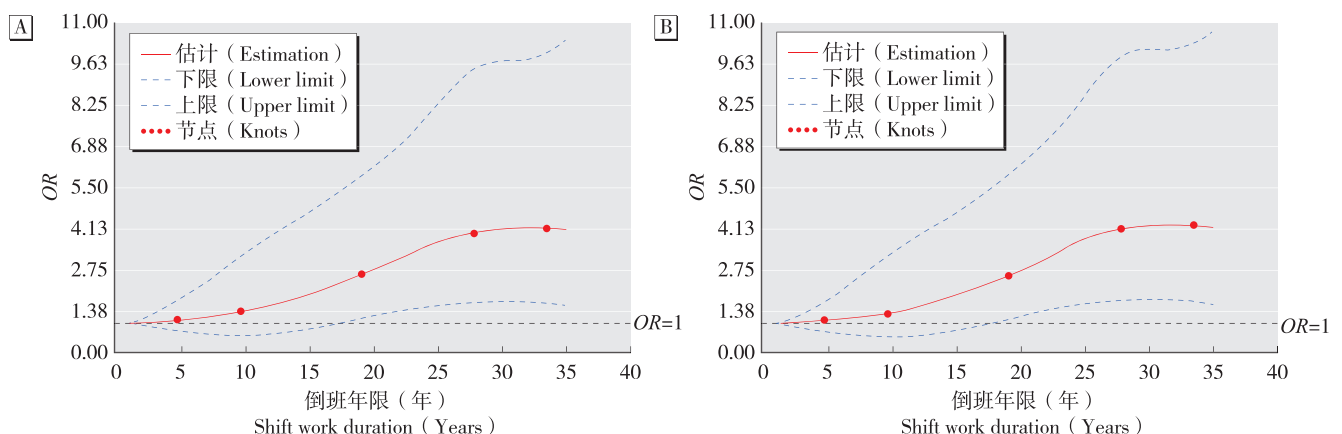
变量名 (Variable)	赋值说明 (Assignment specification)
年龄 (岁) (Age, years)	1=<30; 2=30~39; 3=40~49; 4=50~60
文化程度 (Educational level)	1=初中及以下 (Junior secondary school or lower); 2=高中或中专 (High school and secondary school); 3=大专及以上 (College and above)
婚姻状况 (Marital status)	1=未婚 (Single); 2=已婚 (Married); 3=其他 (Other) (以未婚作为参照, 设立哑变量) (Dummy variables with single as reference level)
家庭人均月收入 (元) (Family per capita monthly income, yuan)	1=<1 000; 2=1 000~3 000; 3=>3 000
BMI (kg/m ²)	1=≤23.9; 2=24.0~27.9; 3=28.0~
吸烟 (Smoking)、饮酒 (Drinking)、饮茶 (Tea consumption)、体育锻炼 (Physical exercise)、糖尿病家族史 (Family history of diabetes mellitus)	1=否 (No); 2=是 (Yes)
食盐 (Salt intake)	1=轻 (Mildly); 2=中 (Moderate); 3=重 (Severe)
蔬菜摄入 (Vegetables intake)、水果摄入 (Fruit intake)、肉类摄入 (Meat intake)、鸡蛋摄入 (Egg intake)、奶及奶制品摄入 (Milk and dairy products intake)、豆制品摄入 (Bean products intake)、粗粮摄入 (Whole grains intake)	1=每天 (Everyday); 2=经常 (Often); 3=偶尔 (Occasionally); 4=从不 (Never)
工龄 (Length of service, years)	1=<10; 2=10~20; 3=20~30; 4=>30
噪声暴露 (Noise exposure)、高温暴露 (High temperature exposure)、倒班 (Shift work)	1=从不 (Never); 2=曾经 (Previous); 3=现在 (Current) (以从不暴露作为参照, 设立哑变量) (Dummy variables with never exposed as reference level)

表5 倒班与2型糖尿病患病率关系的多因素 logistic 回归分析 (n=7 209)
Table 5 Relationship between shift work and T2DM by multiple logistic regression model

	b	S _b	Wald χ^2	P	OR	95%CI
多因素分析模型1 (Multi-factor analysis model 1)						
从不倒班 (Never shift work)	—	—	148.245	<0.01	1.000	—
曾经倒班 (Previous shift work)	1.010	0.102	99.005	<0.01	2.746	2.251~3.351
现在倒班 (Current shift work)	0.903	0.104	75.454	<0.01	2.466	2.012~3.023
多因素分析模型2 (Multi-factor analysis model 2)						
从不倒班 (Never shift work)	—	—	153.497	<0.01	1.000	—
曾经倒班 (Previous shift work)	1.027	0.102	101.184	<0.01	2.792	2.286~3.411
现在倒班 (Current shift work)	0.935	0.104	80.298	<0.01	2.546	2.076~3.124

[注]模型1: 调整一般因素 (包括年龄, 文化程度, 婚姻状况, 家庭人均月收入, BMI, 吸烟, 饮酒, 饮茶及食盐、蔬菜、水果、肉类、鸡蛋、奶及奶制品、豆制品、粗粮摄入, 体育锻炼和糖尿病家族史)。模型2: 调整一般因素及职业因素 (包括工龄、噪声暴露、高温暴露)。

[Note] Model 1: Adjust for general factors (including age, educational level, marital status, family per capita monthly income, BMI, smoking, drinking, tea consumption, salt intake, vegetables intake, fruit intake, meat intake, eggs intake, milk and dairy products intake, tofu and other bean products intake, whole grains intake, physical exercise, and family history of diabetes mellitus). Model 2: Adjust for general factors of Model 1 and occupational factors (including length of service, noise exposure, and high temperature exposure).



[注]A: 调整一般因素; B: 调整一般因素及职业因素。

[Note] A: Adjust for general factors; B: Adjust for general and occupational factors.

图1 曾经倒班者倒班年限与2型糖尿病患病的剂量-反应关系

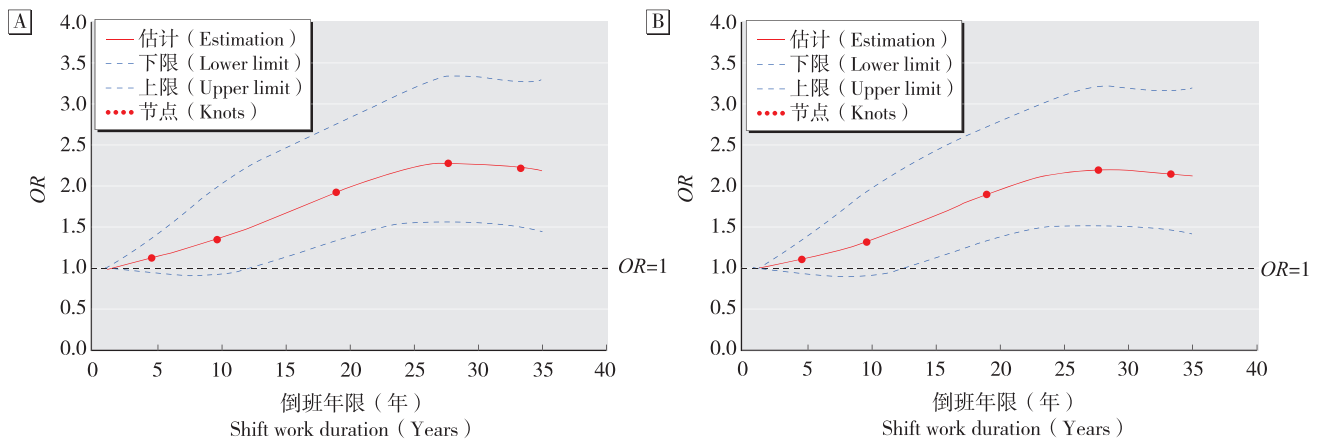
Figure 1 Dose-response relationship between previous shift work years and T2DM

2.3.2 现在倒班者倒班年限与T2DM患病的剂量-反应关系 调整一般因素,各节点OR(95%CI)为1.12(0.94~1.35)、1.35(0.92~1.98)、1.92(1.33~2.77)、2.28(1.55~3.33)、2.22(1.50~3.27)。调整一般因素及职业因素,各节点OR(95%CI)为1.12(0.94~1.33)、1.33(0.91~1.94)、1.91(1.33~2.74)、2.21(1.52~3.22)、2.16(1.47~3.17)。

结果显示:调整一般因素,现在倒班者倒班年限(后称现在倒班年限)在12.3年以上与T2DM患病率的关联强度有统计学意义($\chi^2=49.92$, $P<0.0001$),

且呈非线性相关($\chi^2=5.33$, $P=0.1489$)。现在倒班年限在12.3~28.5年,T2DM患病率呈增加趋势;现在倒班年限在28.6年之后,T2DM患病率升高趋于平缓(图2A)。

调整一般因素及职业因素,现在倒班年限在12.5年以上与T2DM患病率的关联强度有统计学意义($\chi^2=48.84$, $P<0.0001$),且呈非线性相关($\chi^2=5.57$, $P=0.1347$)。现在倒班年限在12.5~28.8年,T2DM患病率呈增加趋势;现在倒班年限在28.9年之后,T2DM患病率升高趋于平缓(图2B)。



[注]A: 调整一般因素; B: 调整一般因素及职业因素。

[Note]A: Adjust for general factors; B: Adjust for general and occupational factors.

图2 现在倒班者倒班年限与2型糖尿病患病的剂量-反应关系

Figure 2 Dose-response relationship between current shift work years and T2DM

3 讨论

本次研究表明,在男性钢铁工人中,曾经倒班人群和现在倒班人群T2DM患病率高于从不倒班人群,与既往研究报道基本一致^[5,20]。

RCS模型将定量数据与结局事件相结合,把自变量微小的数量改变对应变量OR值的影响用连续性曲线的形式呈现出来。在描述连续性暴露与结局之间剂量-反应关系时是一个强大的工具,形象化地呈现线性关系的假设检验,当调整连续暴露时能使残余混杂最小化。RCS模型中最重要的就是节点的个数以及位置的选择,节点个数的选择和自由度有关,通常节点个数取3~7^[9,13]。因为节点的位置对结果的影响是有限的,因此在大多数情况下选择Durrleman和Simon建议的经典位置是合理的^[21]。本次研究选了5个节点,分别是 P_5 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{95} 。

应用RCS模型进行倒班和男性钢铁工人T2DM的剂量-反应关系分析,可更直观地观察倒班年限对

T2DM患病率的影响,确定适宜的倒班年限界值。结果表明:①在RCS模型中,无论是曾经倒班人群还是现在倒班人群,在调整了一般因素及调整了一般因素和职业有害因素之后均出现T2DM患病率先升高再趋于平缓的趋势。分析原因可能是由于机体在刚开始倒班时,时间节律的改变、不规律的作息时间以及生物钟的破坏使人体不适应这种变化,引起代谢紊乱导致T2DM^[5];在经过更长时间的倒班之后,人体适应了新的作息规律,倒班引起的身体不适感降低,代谢紊乱逐步趋于正常,倒班对T2DM的影响逐步趋向平缓,其机制需要进一步研究。②曾经倒班人群和现在倒班人群在调整了一般因素和职业病危害因素后,T2DM的患病时间均比只调整了一般因素T2DM的患病时间短。表明工龄、高温和噪声是T2DM的危险因素,暴露于工龄、高温和噪声环境中^[22],T2DM的患病时间早于非暴露人群。③曾经倒班人群T2DM患病时间迟于现在倒班人群,原因可能是由于曾经倒班人群在倒

班暴露若干年后停止暴露,倒班对血糖的后续影响逐渐减弱,故发病年龄较大。

本研究存在的局限性及今后研究方向:本研究采用了现况研究方法,因此无法判断倒班年限和男性钢铁工人T2DM患病之间的因果关系;本研究未考虑血脂等生化指标,四班三运转、三班两运转等具体倒班类型也可能会对结果造成影响。今后我们将进一步采用前瞻性队列研究验证倒班与钢铁工人T2DM患病的因果关系。

参考文献

- [1] 国际糖尿病联盟. 国际糖尿病联盟(IDF)糖尿病地图(第6版)[EB/OL]. (2013-08-11)[2016-09-01]. <http://news.medlive.cn/uploadfile/20140811/14077559313748.pdf>.
- [2] 万晓珊. 2型糖尿病的危险因素及干预综述[J]. 中国社会学杂志, 2006, 23(4): 251-253.
- [3] Kanwar YS, Sun L, Xie P, et al. A glimpse of various pathogenetic mechanisms of diabetic nephropathy[J]. Annu Rev Pathol, 2011, 6: 395-423.
- [4] 王润娇. 2型糖尿病的危险因素研究进展[J]. 中国现代医生, 2010, 48(4): 37-39.
- [5] Buxton OM, Cain SW, O'Connor SP, et al. Adverse metabolic consequences in humans of prolonged sleep restriction combined with circadian disruption[J]. Sci Transl Med, 2012, 4(129): 129ra143.
- [6] Trotto S. Exploring shift worker health[EB/OL]. [2017-02-27]. <http://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/11910-exploring-shift-worker-health>.
- [7] Morgan LM, Shi JW, Hampton SM, et al. Effect of meal timing and glycaemic index on glucose control and insulin secretion in healthy volunteers[J]. Br J Nutr, 2012, 108(7): 1286-1291.
- [8] Gan Y, Yang C, Tong X, et al. Shift work and diabetes mellitus: a meta-analysis of observational studies[J]. Occup Environ Med, 2015, 72(1): 72-78.
- [9] 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.
- [10] Becher H. The concept of residual confounding in regression models and some applications[J]. Stat Med, 1992, 11(13): 1747-1758.
- [11] Brenner H, Blettner M. Controlling for continuous confounders in epidemiologic research[J]. Epidemiology, 1997, 8(4): 429-434.
- [12] Desquilbet L, Mariotti F. Dose-response analyses using restricted cubic spline functions in public health research[J]. Stat Med, 2010, 29(9): 1037-1057.
- [13] 刘亚静, 王朝阳, 范红敏, 等. 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[J]. 环境与职业医学, 2016, 33(9): 839-844.
- [14] 肖孟迎, 王朝阳, 范红敏, 等. 职业性高温暴露年限与高血压患病的关系: 基于限制性立方样条模型[J]. 环境与职业医学, 2016, 33(11): 1031-1036.
- [15] WHO. Definition, Diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications[EB/OL]. [2017-02-27]. <https://wenku.baidu.com/view/3cef4a8002d276a200292ed8.html>.
- [16] 翁心植, 邱鹤庚. 世界卫生组织(WHO)关于吸烟情况调查方法标准化的建议(节译)[J]. 心肺血管病杂志, 1984(1): 21-26.
- [17] WHO. 世卫组织发表有关盐和钾摄取量的新指南[EB/OL]. (2013-01-31). http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/salt_potassium_20130131/zh/.
- [18] 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分: 物理因素: GBZ 2.2—2007[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [19] 工作场所职业病危害作业分级 第4部分: 噪声: GBZ/T 229.4—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [20] 宁光, 毕宇芳. 中国成人糖尿病流行与控制现状[C]// 营养与糖尿病并发症-达能营养中心第十六届学术会议论文集. 武汉: 江苏省营养协会, 2013: 1-5.
- [21] Durrleman S, Simon R. Flexible regression models with cubic splines[J]. Stat Med, 1989, 8(5): 551-561.
- [22] 李雪, 王朝阳, 范红敏, 等. 高温和噪声与571名某钢轧厂工人代谢综合征的关系研究[J]. 卫生研究, 2015, 44(1): 77-81, 90.

(收稿日期: 2016-09-22; 录用日期: 2017-03-29)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪, 丁瑾瑜; 校对: 王晓宇)