

京藏铁路列车乘务人员高原习服调查研究

姚晶磊¹, 肖林¹, 金恩忠¹, 任晓芳¹, 石红¹, 储刚²

摘要: [目的] 通过跟踪监测高原列车乘务人员相关生理指标变化, 分析乘务人员高原适应性及影响因素, 为高原乘务人员的健康监护及指定作业方式提供依据。[方法] 随机对一列京藏线列车 98 名乘务人员全程监测血氧饱和度(SaO_2)、眼压、眼底情况及 Lake Louise 急性高原病(AMS)自评评分。[结果] 车厢内氧分压及乘务员血氧饱和度与海拔高程呈负相关性, 94 人发生不同程度 AMS, 在岗时间短及劳动强度大的人群 AMS 较明显($P < 0.05$), 83 人出现视网膜静脉扩张, 21 人出现视乳头充血水肿。[结论] 现行列车富氧措施不能完全防止 AMS 的发生; 在岗时间及劳动强度均对乘务员高原适应性有影响; 视网膜血管改变可作为 AMS 重要指征。

关键词: 高原; 列车; 急性高原病

Altitude Acclimatization of Coach Attendants Serving Beijing-Tibet Railway YAO Jing-lei¹, XIAO Lin¹, JIN En-zhong¹, REN Xiao-fang¹, SHI Hong¹, CHU Gang² (1. Department of Ophthalmology, Beijing Shijitan Hospital of Capital Medical University, Beijing 100038, China; 2. Social Insurance Management Office, Beijing Railway Bureau, Beijing 100038, China) · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To assess the high altitude adaptability of railway coach crew members and its influencing factors by monitoring their physiological parameters, and to provide reference for future occupational health supervision and work arrangement guidance. [Methods] Pulse oximeter, tonometer, fundus photography, and Lake Louise self-assessment questionnaires were performed on 98 randomly selected coach attendants during the entire journey to examine saturation oxygen (SaO_2), intraocular pressure, fundus conditions, and occurrence of acute mountain sickness (AMS). [Results] The oxygen partial pressures of the coach compartments and the blood oxygen pressures of the attendants were negatively correlated with altitude. In the 98 studied subjects, AMS was presented in varying degrees in 94 attendants, and the AMS scores were obviously higher for the attendants with shorter on-duty hours and higher workload ($P < 0.05$). Moreover, 83 subjects presented retinal vascular engorgement and 21 subjects presented retinal hemorrhage and papilledema. [Conclusion] Existing coach oxygen-rich measures cannot sufficiently prevent occurrence of AMS. Both on-duty hours and workload may affect coach attendants' altitude adaptation. Retinal vascular changes can be used as an important indicator of AMS in railway coach attendants.

Key Words: plateau; coach; acute mountain sickness

青藏铁路中的格尔木至拉萨段(格拉段)位于中国青藏高原腹地。是全球海拔高程最高、高海拔段最长的高原铁路^[1]。列车于 2006 年 7 月 1 日通车运营, 这条北京至拉萨线路为高海拔、大跨度运营作业, 列车乘务人员采用全程担当值乘方案。为了解长期短时间内频繁往返于平原和高原对列车乘务人员机体的影响及高原习服(居住在高原缺氧环境中一段时间后, 对缺氧能产生一定的适应, 缺氧初期的症状可明显减轻)情况, 拟对 3 组北京-拉萨 T27/T28 次列车值乘人员往返全程跟随, 进行各项生理指标检测, 为乘务人员的健康监护和职业轮岗制度的调整提供基础数据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究为一项前瞻性研究, 随机抽取长期工作于京藏线列车(T27/T28)的行车人员一组共 98 人作为研究对象, 其中男性 77 人, 女性 21 人, 平均年龄(26.97 ± 5.77)岁。纳入标准: (1) 身体健康, 无任何循环与呼吸系统疾病; (2) 无既往高原肺水肿或高原脑水肿病史; (3) 无眼科疾病或手术病史(包括角膜屈光手术、白内障手术等)。

1.2 监测路段

据海拔高程将列车行进路线分为低海拔路段、较高海拔路段和高海拔路段, 即北京-西宁段为低海拔路段(平均海拔高程为 200~300 m), 西宁-格尔木为较高海拔路段(平均海拔高程为 2 300~2 800 m), 格尔木-拉萨段为高海拔路段(平均海拔高程为 4 000~5 070 m)。于 2012 年 12 月依据全程海拔高程变化取 7 个监测点, 到达拉萨后第二日下午返程, 于每个监测点重复检查。每一次检查与数据采集均确保受检者能够处于休息期

[基金项目] 铁道部科技研究开发计划项目(编号: Z2011-015)

[作者简介] 姚晶磊(1980—), 女, 硕士, 医师; 研究方向: 儿少卫生与妇幼保健学; E-mail: yaojing621@sina.com

[作者单位] 1. 首都医科大学附属北京世纪坛医院眼科, 北京 100038;

2. 北京铁路局社会保险管理处, 北京 100038

或者劳动后休息 15 min 以上时段。

1.3 监测指标

采用 I Care RBT 手持回弹式眼压计(芬兰 Tiolatoy 公司)测量眼压,每次测量均使用一次性无菌磁性探针。测量时患者取坐位,正视前方,测量过程中保持眼压计竖直,自动进行 6 次读数,先右眼后左眼,测量完成后读取平均值并记录。采用 KOWA Nonmyd α-D III(日本)进行非散瞳彩色眼底照相,每眼采集 2 次。采用国际标准视力表,距离 3 m,进行双眼远视力测量,并做记录。采取坐位,两次血压测量时间间隔 1 min,获得各海拔高度收缩压及舒张压数值并记录均值,采用 2500palmSAT 掌式脉搏血氧仪(美国燕牌脉搏血氧仪)监测血氧饱和度,其传感器夹在受试者的食指上。全程记录海拔高度、车厢内氧分压情况。

1.4 调查问卷

个人基本信息(性别、年龄、身高、体重、既往眼部及全身病史、出入藏频次、在岗时间等)。急性高原病(AMS)的评估采用国际公认的 Lake Louise 自我评分系统进行量化评分,内容包括头痛、胃肠症状、头晕、疲倦/虚弱四大症状。评分等级分别为:0,无症状;1,轻微症状;2,中度症状;3,重度症状。AMS 定义为存在头痛和任意其他一个症状,且 Lake Louise 自我评分系统总分≥3。

1.5 质量控制

在研究开始前进行各检测仪器的操作培训,确保随队所有研究人员完整掌握各项检测技术,确保数据资料采集过程中的准确性。采取重复原则,对眼压、血压多次测量取平均值,眼底图像采集时进行重复测量,选择其中图像质量较优者。所有检测都在受检者获得充分休息或安静状态下进行,使数据更加确实可靠。在数据录入时应用 EpiData 3.1 进行双录入并核对,确保数据录入的准确性。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 17.0 进行统计学分析,对所有计量资料采取描述性统计分析,以 $\bar{x} \pm s$ 描述。计量资料多个时点之间差异性比较采用方差分析。对于两组之间某一指标的差异采用独立样本 *t* 检验,相关性分析采取直线相关分析(Pearson 相关),显著性检验均采取双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 车厢内氧分压变化

在格拉段运行区段,车内氧分压水平为(91.8±1.2)mmHg。综合列车各海拔高程段车厢内氧分压测试结果,并与相应大气环境比较,结果如表 1 所示。

表 1 不同海拔高程段车内氧分压的变化			
海拔高程(m)	大气氧分压(mmHg)	车内氧分压(mmHg)	
未供氧段	200	159.2±2.1	157.5±2.0
	1000	134.3±1.3	131.2±1.6
	2100	121.6±1.7	115.3±1.9
	3000	109.3±2.4	101.4±2.5
	3500	98.1±1.4	118.3±2.6
供氧段	4000	94.1±1.8	98.2±1.6
	5000	82.5±3.2	86.1±2.4

数据显示,列车在海拔高程 0~3 000 m 运行区段,车内空气氧分压略低于大气环境。当进入格拉段(海拔>3 000 m)时,车内开始供氧,在海拔高程小于 4 000 m 区段,车内氧分压迅速上升至 118 mmHg,相当于海拔高程 2 500 m 处的大气水平。但随着列车继续西行,海拔高程增加,车内绝对氧含量水平再次下降。

2.2 乘务人员血氧饱和度与海拔高程的关系

98 名全程监测乘务人员的血氧饱和度(SaO₂)均值随着列车行驶时间和海拔高程的变化关系如表 2。数据显示,乘务人员 SaO₂ 随海拔高程的增加而降低,呈直线负相关($r=-0.92$),且海拔高程愈高,降幅愈大。不同海拔高程的 SaO₂ 经方差分析,差异有统计学意义($P<0.01$)。脉搏随海拔高程升高而加快,呈直线正相关($r=0.93$),经方差分析,不同海拔高程脉搏差异有统计学意义($P<0.01$)。

表 2 不同海拔高程段乘务人员的 SaO ₂ 及心率变化		
海拔高程(m)	SaO ₂ (%)	心率(次/min)
200	99.1±1.3	66
1000	98.2±1.2	72
2100	96.4±1.5	75
3000	92.1±1.3	81
3500	89.3±1.4	89
4000	85.2±1.8	96
5000	81.0±2.4	102

2.3 乘务人员 AMS 发病情况

乘务人员 98 人,其中餐车厨师 9 人,餐车服务员 9 人,列车员 68 人,检车员 6 人,乘警 6 人(表 3)。依据高海拔(>3 000 m)地区劳动强度分级,除检车员为 IV 级外,其余工作人员均为 V 级^[2](表 3)。

表 3 海拔高程 4 500 m 处乘务人员的 AMS 评估结果			
乘务人员(人)		Lake Louise 评分($\bar{x} \pm s$)	AMS 发生率(%)
在岗时间(年)	<1(19)	7.6±0.7	100
	1~3(24)	4.1±0.4	94
	>3(55)	3.4±0.2	87
性别	男(77)	5.3±0.8	92
	女(21)	5.1±0.5	100
工种	餐车人员(18)	7.1±0.6	100
	列车员、乘警(74)	5.2±0.4	96
	检车员(6)	3.0±0.1	50
往返程	北京-拉萨(98)	5.1±0.8	87
	拉萨-北京(98)	5.4±0.6	94

如表 3 所示,列车全程 98 名乘务人员中 94 人发生不同程度 AMS,不同在岗时间人员 AMS 评分差异有统计学意义($P<0.05$),其中在岗时间 1 年以下人员 AMS 率最高;性别差异无统计学意义($P>0.05$);不同工种人员 AMS 评分差异有统计学意义($P<0.05$),其中厨师及餐厅服务员 AMS 率最高,这可能与劳动强度最大有关;往返程比较,虽监测段海拔高程相同,但返程过程中 AMS 率偏高($P<0.05$)。

2.4 高海拔对眼部的影响

海拔高程 4 900 m 时 98 名乘务人员中有 83 人出现视网膜静脉扩张,动脉/静脉比例(A/V)减小,21 人出现视乳头轻度

充血水肿,同时伴有视力下降,在岗时间小于1年者症状明显($P<0.05$),72人眼压较低海拔高程时的测量值升高,但均未超过正常值范围(表4)。

表4 高海拔条件下不同在岗时间人员眼部检查结果

海拔高程 (m)	人员数 (人)	A/V减小 (人)	视乳头充血水肿 (人)	眼压升高 (人)	视力下降 (人)
5000	<1年(19)	19	18	19	18
	1~3年(24)	18	3	15	3
	>3年(55)	46	0	38	0

2.5 其他不适症状

98名乘务人员中有5人在格拉段出现发热症状,其中2人为厨师,3人为餐厅服务员,海拔降至3000m以下后发热症状消失。乘务员中21名女性在上岗后均存在不同程度月经不调。

3 讨论

青藏铁路格拉段全长1142km,其中85%处于海拔高程4000m以上高原,最高段达5070m,年平均气温 $-2\sim-6^{\circ}\text{C}$,大气压为54~61kPa,大气氧分压比平原减少38%~47%^[3]。由于影响机体高原缺氧的本质主要在于氧分压低,因此提高空气中氧的浓度也就是提高同样大气压下氧分压,继而减轻高原性低气压对机体的危害^[4]。因此,目前在高海拔路段,列车通过分布式和弥散式二级供氧模式持续恒压供氧,富氧浓度标准为23%~25%^[5]。

海拔高程3000m以上地区被称为医学高原,在这个高度以下正常人一般不会出现严重高原反应。高原列车提供的富氧环境,就是要采用必要的技术措施使微小环境中氧的含量达到相当于海拔高程3000m时空气中的氧含量。根据研究测算,海拔高程4000m时必须使空气中氧浓度达到25%,海拔高程5000m时空气中氧浓度须达到28%,才能使空气中的氧含量相当于海拔高程3000m时的水平^[6]。此次研究数据显示,列车在低海拔运行区段,由于车内人员耗氧,车内空气氧分压略低于大气环境并呈逐渐下降趋势。当进入格拉段(海拔高程>3000m)时,车内开始供氧,车内氧分压迅速上升至118mmHg,相当于海拔高程2500m时的大气水平。但随着列车西行,海拔高程持续增加,车内空气压力下降,而此时车内供氧仍以车内空气相对富氧体积浓度(即23%~25%)作为供氧设置标准,从而不能维持住稳定的氧分压水平,导致车内绝对氧含量水平再次迅速下降,不能达到人体所需水平。尽管车厢供氧,且密封性能较好,但因不是增压列车,海拔高程的持续变化对车内富氧条件仍有很大影响。因此,随着列车西行,海拔高程增加,车内绝对氧含量水平下降,此时列车供氧浓度只有随之提高,才能维持稳定的氧分压水平。

列车于北京至拉萨线路运行高海拔大跨度运营作业,根据运营安排,6d时间内将2次通过5000m的高程段,列车乘务员难以进行阶梯性高原适应过程。本研究显示,尽管乘务员长期出入藏区,已产生高原习服,但短时间高频次出入高海拔地区,加之体力劳动繁重,94%的乘务人员仍出现AMS症状。

目前乘务员采取“5~10工作制”(工作5d,休息10d),长

期短时间内往返海拔高程达5000m的地区,机体各种调节机制将长期处于高水平的应激状态,造成多种生理指标异常。另一方面,在高原低氧环境从事体力劳动,可加重机体的缺氧程度和生理负荷强度,使人体的劳动能力下降。北京-拉萨列车乘务人员持续工作时间长达44h,16:00到达拉萨后休息不到24h,次日14:00又值乘返京,乘务员得不到充足的休息,体力很难恢复,已成为高原心脏病的高危人群。有研究显示,高原列车乘务人员工作1.5年后,便出现肺通气功能降低、红细胞、血红蛋白升高、右心室功能等生理指标异常^[7]。因此建议:适当延长乘务员到达拉萨后的休息时间;实行分段轮岗制度,定期与平原乘务员进行轮换;提高体检频率。

本次研究首次发现,高海拔环境条件下眼部情况的异常,海拔高程4000m以上时眼底血管出现一过性改变,静脉迂曲、扩张,动脉僵直、纤细,视乳头充血水肿,同时出现眼压升高,视力下降,尤以习服较少的高原工作时间小于1年的人员更为明显,这可能与急进高海拔地区过程中,急性缺氧有关。有研究显示,缺氧状态下,急进高原过程中,小动脉弹性系统阻力(SVR)会发生明显下降,且这种降低与动脉血 SaO_2 水平呈正相关关系,即随着人体 SaO_2 减少,SVR逐渐降低^[8]。这是由于缺氧过程所致高碳酸血症可直接扩张外周小动脉,减少系统血管阻力指数,增加心肌血流。而缺氧引起的深大呼吸运动造成的胸腔压力震荡,可激活外周动脉化学及压力感受器,使循环血量减少及外周血管扩张,从而导致SVR下降^[9]。同时研究发现,SVR变化的程度是平原人急进高海拔AMS发生的独立危险因素^[9]。视网膜血管为人体唯一可直观血管,通过手持直接检眼镜便可观察,视网膜动脉弹性的下降可作为发生全身SVR的指征,为AMS高危人群的筛选提供了一种非常方便的检测方法,具有十分重要的临床指导意义。

观察发现,有21名乘务人员出现视乳头充血水肿,我们考虑与急进高原脑细胞水肿、颅内压升高有关。既往有动物实验结果显示,颅内压、血压均与眼压呈正相关^[10-11],也有研究者提出由于眼压随着颅内压增高而增高,因此眼压可以作为颅内压监测的一个替代性无创方法^[12]。人体颅内压与眼压的具体相关系数有待进一步数据研究支持,届时视乳头及眼内压在高海拔环境下的变化可为AMS高危人群的筛选提供另一种简便易得的数据支持,具有重要指导意义。

对于高原旅客列车乘务特有岗位,建议适当为乘务人员提供更有效促进高原习服的措施,加强入职前阶梯习服适应性体格锻炼,还可增加缺氧预适应方案^[13],如使用高原富氧室、抗缺氧药物、促习服因子、高原耐缺氧食品等,通过这些预防手段的应用,增强人体对急进高原低气压缺氧环境的适应能力,减少急性高原病的发生。同时,建立乘务员分段轮岗制度,降低劳动强度,并结合目前定期体检和乘务员日常健康监测等,继续对高原列车乘务员的健康状况进行动态跟踪评价;同时可增加对乘务员心理健康的测试,以更客观、全面地评价乘务员生理心理健康状况。为今后制定更科学、合理地轮换制度,制定高原铁路职业人员健康评定标准,完善卫生保障制度提供科学的技术依据。

•作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 胡松涛, 张长兴, 王东, 等. 青藏铁路客车弥散供氧条件下需氧量的计算[J]. 青岛理工大学学报, 2006, 27(2): 4-8.
- [2] 周玮, 叶玉华, 施红生, 等. 青藏铁路列车乘务人员体力劳动强度分级的研究[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2008, 35(6): 271-273.
- [3] 施红生, 任安绚. 青藏铁路卫生保障技术研究策略[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2002, 29(6): 262-263.
- [4] 施红生, 任安绚, 梁渤洲. 青藏铁路运营期卫生保障策略[J]. 中国铁路, 2006(3): 23-28.
- [5] 黄强. 青藏铁路(格拉段)机车车辆总体技术条件的研究[J]. 中国铁路, 2002(3): 41-46.
- [6] 王东, 胡松涛, 张瑜, 等. 青藏高原气候对乘客列车室内环境品质的影响[J]. 暖通空调, 2005, 35(5): 23-25, 92.
- [7] 徐晓梅, 储钢, 张刚. 高原旅客列车客运乘务员职业健康状况评价[J]. 首都公共卫生, 2009, 3(4): 152-156.
- [8] SCHNEIDER A, GREENE RE, KEYL C, et al. Peripheral arterial vascular function at altitude: sea-level natives versus Himalayan high-altitude natives[J]. J Hypertensions, 2001, 19(2): 213-222.
- [9] 胡全忠, 孙宁玲, 吴世政. 急进高海拔动脉弹性功能的变化及其临床意义[J]. 临床内科杂志, 2004, 21(10): 690-692.
- [10] 尹先印, 尹绍雅, 牛光明, 等. 实验性颅高压与眼内压、脑血流关系的研究[J]. 中华神经外科杂志, 2001, 17(2): 128.
- [11] SAJJADI SA, HARIRCHIAN MH, SHEIKHBAHA EI N, et al. The relation between intracranial and intraocular pressures: study of 50 patients[J]. Ann Neurol. 2006, 59(5): 867-870.
- [12] LASHUTKA MK, CHANDRA A, MURRAY HN, et al. The relationship of intraocular pressure to intracranial pressure[J]. Ann Emerg Med, 2004, 43: 585-591.
- [13] CASAS M, CASAS H, PAGES T, et al. Intermittent hypobaric hypoxia induces altitude acclimation and improves the lactate threshold[J]. Aviat Space Environ Med, 2000, 71(2): 125-130.

(收稿日期: 2012-12-05)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 张晶; 校对: 徐新春)

(上接第 597 页)

参考文献:

- [1] 卫生部卫生监督局. 放射诊疗管理规定[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 3.
- [2] 高林峰, 姚杰, 郑钧正, 等. 上海市 2007 年 X 射线诊断的医疗照射应用频率及其分布[J]. 环境与职业医学, 2009, 26(6): 532-536.
- [3] 杨占山, 涂彧. 放射医学教程[M]. 北京: 原子能出版社, 2008: 134.
- [4] 国际放射防护委员会, 潘自强, 译. 国际放射防护委员会 2007 年建议书[M]. 北京: 原子能出版社, 2008: 7, 105-106.
- [5] 郑钧正. 〈电离辐射防护与辐射源安全基本标准〉关于职业照射的控制[J]. 中国职业医学, 2006, 33(4): 299-303.
- [6] 张沂, 张丹枫. 诊断 X 射线机房门窗防护材料及其防护厚度的讨论[J]. 中国辐射卫生, 2006, 15(2): 199-200.

(收稿日期: 2012-11-14)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 张晶; 校对: 葛宏妍)

【EHP 专栏】

产前杀虫剂 DDT 暴露与女性 50 岁前确诊高血压: 一项纵向出生队列研究

Michele La Merrill, Piera M. Cirillo, Mary Beth Terry, Nickilou Y. Krigbaum, Julie D. Flom, Barbara A. Cohn

摘要: [背景] 在成年人研究中已知杀虫剂 DDT(二氯二苯三氯乙烷)水平升高与血压和高血压呈正相关。越来越多的流行病学和毒理学证据表明, 成年期高血压也可能受到生命早期和产前环境的影响。[目的] 评估产前杀虫剂 DDT 暴露是否会增加成人高血压患病风险。[方法] 检测一个妇女亚组($n=527$)的产前血清样本中 DDT(p , p' 和 o , p')及其代谢产物 p , p' -DDE(二氯二苯二氯乙烯)的浓度, 这些妇女在怀孕期间(1959—1967 年)参加了旧金山湾地区一项前瞻性儿童健康和发育出生队列研究。2005—2008 年, 通过电话采访调查年龄为 39~47 岁的女儿, 以获取自述医师诊断为高血压和高血压药物的使用信息。在 Cox 比例风险模型的基础上, 采用多变量回归分析来估计产前 DDT 暴露与成年后高血压药物治疗之间关联的相对率, 以孕产妇、生命早期和成年期暴露调整潜在的混杂因素。[结果] 产前 p , p' -DDT 暴露与高血压相关联[相对于最低三分位数, p , p' -DDT 中、高三分位数校正风险比(aHR)分别为: aHR=3.6, 95%CI: 1.8~7.2; aHR=2.5, 95%CI: 1.2~5.3]。调整独立的高血压危险因素以及敏感性分析后, p , p' -DDT 与高血压之间的这些关联更强。[结论] 这些研究结果提示, DDT 暴露与高血压之间的关联可能源自发育的早期。

关键词: 血压; DDT; 高血压; 生命历程; 产前

原文详见 *Environmental Health Perspectives*, 2013, 121(5): 594-599.