

- [5] 雷子辉, 冯晶, 申鑫, 等. 国内外全科医生工作满意度研究综述 [J]. 现代预防医学, 2022, 49 (12): 2194-2199.
- [6] 马博源, 孔田甜, 梅梅, 等. 新疆医务行政工作人员工作满意度与职业紧张的关系分析 [J]. 职业与健康, 2022, 38 (10): 1329-1332.
- [7] 贺浪, 郑文凯, 郎红娟, 等. 护士职业紧张、心理资本和失眠的

关系: 心理资本的中介作用 [J]. 四川精神卫生, 2022, 35 (5): 450-454.

- [8] 慈晓予, 左书瑞, 李涛, 等. 三甲医院医务人员长工时、轮班与职业紧张的关联研究 [J]. 预防医学, 2023, 35 (7): 553-556, 562.

(收稿日期: 2023-06-27; 修回日期: 2023-12-22)

高原环境作业人员肺功能变化观察分析

Observation and analysis of changes in lung function of workers in plateau environment

贺军¹, 王延琦¹, 陈亚妮¹, 考希宾¹, 马海林², 郭书文¹

(1. 兵器工业卫生研究所/中国兵器工业集团人-机-环境重点实验室, 陕西 西安 710065; 2. 西藏大学高原脑科学研究中心)

摘要: 在海拔 4 320 m 的西藏羊八井地区, 选取平原地区在校大学生作为受试对象, 开展模拟搬运炮弹作业工效试验, 分别进行不吸氧和吸氧后模拟负荷作业, 观察肺功能指标及心率(HR)、血氧饱和度(SpO₂)变化。结果显示, 羊八井地区不吸氧受试人员平均单次用时高于吸氧后受试人员($t = -2.971, P < 0.01$)。按照拉萨地区静态及羊八井地区试验前、吸氧后、不吸氧顺序, 受试人员 HR 逐渐增高、SpO₂ 依次降低, 肺功能指标第 1 秒用力呼气容积占用力肺活量比值(FEV_{1.0}/FVC)、最大呼气流速(PEF)、25%~75%肺活量的平均呼气流速(FEF_{25%~75%})依次逐渐降低, 差异均有统计学意义; FVC、FEV_{1.0} 逐渐增高, 差异无统计学意义。肺功能指标 FEV_{1.0}/FVC、PEF 和 FEF_{25%~75%} 可能为高原环境下工效评价的敏感指标。

关键词: 高原环境作业; 工效; 肺功能; 心率(HR); 血氧饱和度(SpO₂)

中图分类号: R339.5 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2024)03-0294-02

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2024.03.024

肺功能是影响机体供氧的重要因素, 高原的特殊环境对机体肺功能产生重要影响^[1-4], 导致机体氧气供应不足^[5-7]。肺功能检测作为物理性常用检查方法, 主要用于检测及评估早期肺部、呼吸道系统疾病, 也用于机体劳动强度和耐受力的评估。本研究选取海拔 4 320 m 的西藏羊八井地区, 开展模拟负荷作业工效试验研究, 现报道如下。

1 对象与方法

1.1 仪器 血氧饱和度(SpO₂)、心率(HR), 2500 型指夹式脉搏血氧仪; 肺功能指标, SpiroLab III 肺功

能测定仪; 吸氧试验, 鱼跃 9F-3AW 制氧机, 氧气流量 3 L/min, 浓度 93%。

1.2 对象 随机抽取 39 名男性平原地区在校大学生作为受试对象, 既往体健, 平均年龄(22.9±1.1)岁, 平均身高(171.8±6.6)cm, 平均体质质量(65.4±7.3)kg, 平均体质质量指数(BMI)(22.2±2.4)kg/m², 受试人员均知情同意自愿参加试验, 试验前体检结果均正常, 排除心、肺相关疾病, 无长期吸烟史。

1.3 方法 在西藏羊八井地区野外自然环境下进行模拟搬运作业试验。试验期间当地气候环境: 海拔 4 320 m, 大气压 60.1~61.3 kPa, 气温 -9~0 °C, 相对湿度 22.5%~59.5%, 风速 0.5~8.5 m/s。依据《炮手操纵力》(GJB 703A—2021)建立模拟作业试验平台。以市售满载饮用水桶作为模拟炮弹, 约 20 kg, 模拟炮弹置于 30 cm 高弹药箱上方, 距离装填位置 3 m, 装填机构距地面高 1 m。受试人员单人操作, 用力将模拟炮弹从弹药箱上方搬运至装填机构, 以最快速度往返搬运 5 min, 分别于不吸氧和吸氧后状况下进行模拟搬运作业试验。吸氧试验以 3 L/min 流量吸氧 30 min 后立即进行模拟搬运作业, 根据 5 min 内往返搬运次数计算平均单次作业用时。

1.4 数据测量 在西藏拉萨地区(海拔 3 650 m)静态下采集受试人员 SpO₂、HR 及肺功能指标作为基础测量参数, 在羊八井地区分别于试验前、吸氧后、不吸氧状况下再次采集受试人员以上 3 项指标。肺功能指标包括用力肺活量(FVC)、第 1 秒用力呼气容积(FEV_{1.0})、第 1 秒用力呼气容积占用力肺活量比值(FEV_{1.0}/FVC)、最大呼气流速(PEF)、25%~75%肺活量的平均呼气流速(FEF_{25%~75%})。记录受试人员肺功能指标测量值和预计值。

1.5 统计分析 采用 SPSS 23.0 软件进行数据统计

作者简介: 贺军 (1986—), 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 人-机-环境、人机工效。

分析, 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间均值比较采用成对样本 t 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 HR、SpO₂ 检测 受试人员在羊八井地区不吸氧平均单次用时显著高于吸氧后, 差异有统计学意义 ($t = -2.971, P < 0.01$)。按照拉萨地区静态及羊八井地区试验前、吸氧后、不吸氧顺序, 受试人员 HR 逐渐增高、SpO₂ 降低。羊八井地区吸氧后、不吸氧状况下, 受试人员 HR 均较试验前显著增高, 差异有统计学意义 ($t = -10.620, P < 0.01; t = -13.206, P < 0.01$); 不吸氧较吸氧后状况下受试人员 HR 增高, 差异有统计学意义 ($t = -2.664, P < 0.05$)。羊八井地区受试人员 SpO₂ 低于拉萨地区静态 SpO₂, 吸氧后与试验前比较受试人员 SpO₂ 增高, 不吸氧与吸氧后比较受试人员 SpO₂ 降低, 差异均有统计学意义 ($t = 3.739, P < 0.01; t = -2.651, P < 0.05; t = 6.814, P < 0.01$)。见表 1。

表 2 不同海拔地区和给氧状况下受试人员肺功能指标检测结果

海拔地区	给氧状况	FVC (L)		FEV _{1.0} (L)		FEV _{1.0} /FVC (%)		PEF (L/s)		FEF _{25%~75%} (L/s)	
		测量值	预计值 (%)	测量值	预计值 (%)	测量值	预计值 (%)	测量值	预计值 (%)	测量值	预计值 (%)
拉萨	静态	2.60±0.75	58.34±17.15	2.57±0.73	66.74±19.06	99.73±0.69	113.77±1.84	7.02±2.06	77.16±21.78	5.88±1.55	131.18±33.32
羊八井	试验前	2.69±0.84	60.38±19.03	2.57±0.75	66.88±19.52	95.69±9.88 ^a	109.21±11.74 ^a	5.67±1.94 ^b	62.23±20.36 ^b	4.71±1.78 ^b	105.31±39.01 ^b
	吸氧后	2.71±0.89	60.75±19.95	2.60±0.84	67.51±22.13	94.86±10.02 ^b	108.22±11.60 ^b	5.40±2.46 ^b	59.23±26.47 ^b	4.55±1.92 ^b	101.36±41.44 ^b
	不吸氧	2.85±0.76 ^a	64.10±17.94 ^a	2.64±0.80	68.75±21.11	92.23±19.62 ^a	105.19±22.51 ^a	5.20±2.20 ^b	57.21±23.48 ^b	4.50±1.83 ^b	100.42±39.52 ^b

注: 与拉萨地区静态比较, a $P < 0.05$, b $P < 0.01$ 。

3 讨论

本次调查结果显示, 受试人员在羊八井地区 HR 检测结果高于拉萨地区静态、SpO₂ 低于拉萨地区静态 ($t = 3.739, P < 0.01$)。按照拉萨地区静态、羊八井地区试验前、吸氧后、不吸氧顺序, 受试人员 HR 逐渐增高、SpO₂ 降低。说明不吸氧与吸氧后的高原环境作业工效差别较大, 作业人员适当吸氧可有效提高作业工效, 缓解作业人员的生理不适。

本次调查结果显示, 拉萨、羊八井地区受试人员 FVC 测量值为预计值的 58%~64%, FEV_{1.0} 预计值 66%~68%, 均远低于 80% 预计值, 说明高原低气压、低氧环境对机体总体呼吸功能造成一定影响。海拔越高, 受试人员发生主气道阻塞、通气障碍越严重。反映小气道通气功能的 PEF、FEF_{25%~75%} 及 FEV_{1.0}/FVC 对于高原缺氧的敏感性高于反映大气道功能的 FVC、FEV_{1.0} 指标。建议开展相关基础性研究, 进一步探讨小气道通气功能作为高原环境下作业

表 1 不同海拔地区和给氧状况下受试人员 HR 及 SpO₂ 检测结果

海拔地区	给氧状况	HR (次/min)	SpO ₂ (%)	平均单次作业用时 (s)
拉萨	静态	85.6±14.0	89.0±2.6	—
羊八井	试验前	88.6±14.4	87.0±2.7 ^a	—
	吸氧后	109.0±18.0 ^{ac}	88.4±2.8 ^b	9.6±1.4
	不吸氧	114.7±14.3 ^{acd}	86.4±2.5 ^{ae}	10.5±1.8 ^c

注: 与拉萨地区静态比较, a $P < 0.01$; 与羊八井地区试验前比较, b $P < 0.05$, c $P < 0.01$; 与吸氧后比较, d $P < 0.05$, e $P < 0.01$ 。—, 表示试验无作业用时。

2.2 肺功能指标检测 与拉萨地区静态检测结果比较, 羊八井地区受试人员肺功能指标 FEV_{1.0}/FVC 发生改变 ($P < 0.05$), PEF、FEF_{25%~75%} 改变更显著 ($P < 0.01$), 均明显低于拉萨地区静态测量值。FVC、FEV_{1.0} 测量值按照拉萨地区静态、羊八井地区试验前、吸氧后、不吸氧顺序逐渐增高; 羊八井地区不吸氧 FVC 测量值高于拉萨地区静态测量值 ($t = -2.111, P < 0.05$)。见表 2。

工效评价指标的可行性。

参考文献

- [1] 宋攀, 王旭萍. 急性高原暴露对健康青年男性肺功能的影响及与 AMS 的关系 [J]. 高原医学杂志, 2015, 25(1): 51.
- [2] 郭红, 彭守仙. 高原运动前后外周血细胞的变化 [J]. 中国冶金工业医学杂志, 2020, 37(1): 107-108.
- [3] 赵树海, 冯月乔, 刘大鹏. 青藏高原野外施工人员心脏结构和功能的变化 [J]. 中国工业医学杂志, 2023, 36(1): 25-26.
- [4] 赵嘉玮. 我国驻平原与高原士兵体能的差异性研究 [D]. 北京: 北京体育大学, 2021.
- [5] Lichtblau M, Bader PR, Carta AF, et al. Extravascular lung water and cardiac function assessed by echocardiography in healthy lowlanders during repeated very high-altitude exposure [J]. Int J Cardiol, 2021 (332): 166-174.
- [6] 吴锐, 沈国平. 频繁进出高原对粉尘作业人员肺通气量的影响 [J]. 中国工业医学杂志, 2010, 23(2): 154.
- [7] 张梦莹, 贾宁, 莫仕国, 等. 高原隧道钢筋工弯腰作业相关肌肉负荷与疲劳的表面肌电特征分析 [J]. 中国工业医学杂志, 2023, 36(1): 3-6.

(收稿日期: 2023-06-17; 修回日期: 2023-07-13)