

论 著

· 军事医学 ·

## 不同作训任务对常驻高原官兵静息状态下生理生化指标的影响

刘璐, 徐刚, 李鹏, 张二龙, 陈莉, 高钰琪

**[摘要]** 目的 了解高原低氧环境对不同作训任务官兵静息状态下生理生化指标的影响。方法 将常驻高原官兵分为驻营区官兵(海拔4030m和4600m)和野外驻训官兵(海拔4300m),对驻营区官兵和野外驻训30d的官兵进行生理生化指标检测,包括心率(HR)、血压、血氧饱和度( $\text{SpO}_2$ )、血红蛋白(Hb)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、白球比值(A/G)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、肌酸激酶(CK)、乳酸脱氢酶(LDH)、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)以及AST/ALT比值。结果 驻训官兵HR( $82.25 \pm 14.10$ 次/min)明显高于驻营区官兵( $74.18 \pm 9.02$ 次/min,  $P < 0.01$ ),其 $\text{SpO}_2$ ( $88.25\% \pm 2.41\%$ )明显低于驻营区官兵( $89.38\% \pm 2.44\%$ ,  $P < 0.05$ ),两单位人员的血压差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。驻训官兵Hb含量( $211.6 \pm 17.4$ g/L)明显高于驻营区官兵( $199.3 \pm 22.7$ g/L,  $P < 0.001$ ),其高原红细胞增多症患病率(55.6%)明显高于驻营区官兵(25.7%,  $P < 0.001$ )。驻营区官兵和驻训官兵的血清蛋白质含量均充足,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。驻训官兵的血脂异常患病率(70.5%)明显高于驻营区官兵(34.0%,  $P < 0.001$ ),其中驻训官兵的HDL-C含量( $0.81 \pm 0.21$ nmol/L)明显低于驻营区官兵( $1.01 \pm 0.27$ nmol/L,  $P < 0.001$ ),其低HDL-C血症患病率(65.9%)明显高于驻营区官兵(29.8%,  $P < 0.001$ ),驻训官兵和驻营区官兵的TC、TG、LDL-C含量及异常率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。驻训官兵LDH含量( $273.70 \pm 136.74$ U/L)明显高于驻营区官兵( $205.19 \pm 77.94$ U/L,  $P < 0.01$ ),其LDH异常率(72.7%)也明显高于驻营区官兵(51.1%,  $P < 0.05$ )。结论 高原驻训官兵蛋白质营养充足,但高原红细胞增多症、低HDL-C血症患病率和LDH异常率高于驻营区官兵,严重威胁着驻训官兵的身体健康,常驻高原官兵应适当调整饮食结构和科学安排训练强度,定期体检,做到早发现早治疗。

**[关键词]** 高原; 血红蛋白; 蛋白质; 血脂; 高密度脂蛋白胆固醇

**[中图分类号]** R151

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 0577-7402(2017)10-0909-05

**[DOI]** 10.11855/j.issn.0577-7402.2017.10.13

## Analysis of physiology and biochemistry indicators of garrison and field training troops at high altitude

LIU Lu<sup>1,2</sup>, XU Gang<sup>1</sup>, LI Peng<sup>3</sup>, ZHANG Er-long<sup>1</sup>, CHEN Li<sup>1</sup>, GAO Yu-qi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Medicine and Hygienic Equipment for High Altitude Region, Key Laboratory of High Altitude Medicine, College of High Altitude Military Medicine, <sup>2</sup>Department of Medical Service Training Base, <sup>3</sup>Department of High Altitude Military Hygiene, College of High Altitude Military Medicine, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China

\*Corresponding author, E-mail: gaoy66@yahoo.com

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (J1310001), the National Basic Research and Development Program of China (973 Program) (2012CB518201), and the "Twelfth-Five-Year Plan" Army Major Projects (AWS14C007)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the effects of plateau hypoxia environment on the physiology and biochemistry indicators of troops executing different combat mission. **Methods** Troops included the soldiers in camp (station altitude 4030m and 4600m) and those soldiers in field training (altitude 4300m) for one month. Blood samples were collected and the physiology and biochemistry indicators were detected including heart rate (HR), blood pressure (BP), oxygen saturation ( $\text{SpO}_2$ ) and the concentrations of hemoglobin (Hb), serum total protein (TP), albumin (ALB) and globulin (GLB), the ratio of albumin and globulin (A/G), concentrations of total cholesterol (TC), triglycerides (TG), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and

**[基金项目]** 国家自然科学基金(J1310001); 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2012CB518201); 军队“十二五”重大项目(AWS14C007)

**[作者简介]** 刘璐, 博士研究生。主要从事特殊环境卫勤保障技术与功能食品方面的研究

**[作者单位]** 400038 重庆 第三军医大学高原军事医学系高原特需药品与卫生装备研究室、全军高原医学重点实验室(刘璐、徐刚、张二龙、陈莉、高钰琪), 卫勤训练基地卫勤教研室(刘璐), 高原军事医学系军队卫生学教研室(李鹏)

**[通讯作者]** 高钰琪, E-mail: gaoy66@yahoo.com

low density lipoprotein cholesterol (LDL-C), creatine kinase (CK), lactic dehydrogenase (LDH), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and AST/ALT. **Results** The HR was significantly higher in soldiers of field training ( $82.25 \pm 14.10$  beats/min) than in soldiers stationed in camp ( $74.18 \pm 9.02$  beats/min,  $P < 0.01$ ), while the oxygen saturation was obviously lower in the former ( $88.25\% \pm 2.41\%$ ) than in the latter ( $89.38\% \pm 2.44\%$ ,  $P < 0.05$ ). The BP between the two groups showed no significant difference ( $P > 0.05$ ). The concentration of Hb and the prevalence of plateau polycythemia were significantly higher in soldiers of field training ( $211.6 \pm 17.4$  g/L and 55.6%) than in soldiers stationed in camp ( $199.3 \pm 22.7$  g/L and 25.7%,  $P < 0.001$ ). The concentrations of serum protein were both sufficient in the two groups. The prevalence of dyslipidemia was obviously higher in soldiers of field training (70.5%) than in soldiers stationed in camp (34.0%,  $P < 0.001$ ), the concentration of HDL-C was significantly lower and the prevalence of low HDL-C blood disease was markedly higher in the former ( $0.81 \pm 0.21$  mmol/L and 65.9%) than in the latter ( $1.01 \pm 0.27$  mmol/L and 29.8%,  $P < 0.001$ ). No significant differences were observed in the concentrations of TC, TG and LDL-C between the two groups ( $P > 0.05$ ). The concentration of serum LDH was significantly higher and the abnormality rate of LDH was also higher in soldiers of field training ( $273.70 \pm 136.74$  U/L and 72.7%) than in soldiers stationed in camp ( $205.19 \pm 77.94$  U/L and 51.1%,  $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ ). **Conclusions** The protein nutrition in plateau soldiers is sufficient, but the prevalence of plateau polycythemia, dyslipidemia and the abnormality rate of LDH were higher in soldiers of field training than in soldiers stationed in camp. Regular physical examination should be taken into consideration, early prevention and treatment is also important.

[Key words] high altitude; hemoglobin; protein; lipids; high density lipoprotein cholesterol

高海拔地区具有低压、低氧、寒冷、干燥和紫外线强等特点,严重影响着常驻高海拔地区官兵的身体健康<sup>[1-3]</sup>。除自然条件恶劣之外,高原官兵还担负着不同的作训任务,不同作训任务和强度对高原官兵生理生化指标的影响尚不清楚。为及时了解和掌握常驻高海拔地区官兵在不同训练条件下的身体健康状况,我们对高原驻营区及野外驻训官兵进行了一般生理指标、血红蛋白、血清蛋白质、血脂和酶类等生化指标的检测,探讨不同作训任务对以上指标的影响。

## 1 资料与方法

**1.1 调查对象** 选择长期(>6个月)驻守于高海拔地区的部队官兵作为研究对象,并根据作训任务的不同将研究对象分为驻营区官兵(海拔4030m和4600m)和野外驻训官兵(海拔4300m),并在驻训第30天对两单位人员进行生理生化指标的检测。其中驻营区官兵年龄 $22.0 \pm 4.1$ 岁,驻训官兵年龄 $21.4 \pm 2.0$ 岁,所调查人员均为汉族男性(步兵)。

### 1.2 调查方法

**1.2.1 生理指标检测** 采用电子血压计(HEM-6200, OMRON, 日本)检测静息状态下受试者心率(heart rate, HR)、收缩压(systolic blood pressure, SBP)和舒张压(diastolic blood pressure, DBP),采用脉搏血氧计(NONIN-9550, Nonin Onyx, 美国)检测受试者血氧饱和度(oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>)。

**1.2.2 血液样本采集及检测** 采集晨间空腹肘静脉血,部分样本立即分离血清,并与未分离的全血样本一并冻存。采用氰化高铁法检测血红蛋白(hemoglobin, Hb)浓度;血清样本送至艾迪康医学

检测中心检测血清的总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, ALB)、球蛋白(globulin, GLB)、白球比值(A/G)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)的含量、肌酸激酶(creatine kinase, CK)、乳酸脱氢酶(lactic dehydrogenase, LDH)、谷草转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)、谷丙转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)和AST/ALT比值。

**1.2.3 评价标准** 高原红细胞增多症(high altitude polycythemia, HAPC)也称高红症,其评价根据2004年第6届高原医学国际会议的标准,对于长期居住于海拔>2500m的人,男性Hb>210g/L可考虑为HAPC。

血脂和蛋白水平根据国家军用标准《军人营养状况生化评估》(GJB4126-2000)评价。成人血清TG正常为 $\leq 1.7$  mmol/L,高TG为 $> 1.7$  mmol/L;血清TC正常为 $\leq 5.2$  mmol/L,临界为5.2~5.7 mmol/L,高TC为 $\geq 5.7$  mmol/L;血清LDL-C正常为 $\leq 3.12$  mmol/L,临界为3.12~3.64 mmol/L,高LDL-C为 $\geq 3.64$  mmol/L;血清HDL-C正常为 $\geq 1.04$  mmol/L,临界为0.90~1.04 mmol/L,低HDL-C为 $\leq 0.90$  mmol/L。有高TG症、高胆固醇血症、低HDL-C血症三种中的任意一种即判断为血脂异常。成人血清TP正常值为60.0~80.0 g/L;ALB正常值为 $> 35.0$  g/L;GLB正常值为 $> 13.0$  g/L;A/G正常值为1.50~2.50 g/L。

CK、LDH、AST和ALT水平根据实验室参考标准进行评价。成年男性的CK正常值为20~200 U/L、

LDH正常值为135~225U/L、AST正常值为0~40U/L、ALT正常值为0~50U/L。

**1.3 统计学处理** 采用SPSS 13.0软件进行统计分析。所有计量资料采用Shapiro-Wilk方法进行正态性检验,满足正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 $t$ 检验;不满足正态分布者以M(Q)表示,组间比较采用非参数检验;计数资料以率表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 高原官兵生理指标状况** 结果显示,野外驻训官兵的HR( $82.25 \pm 14.10/\text{min}$ )明显高于驻营区官兵( $74.18 \pm 9.02/\text{min}$ ,  $P < 0.01$ ),而野外驻训官兵的血氧饱和度( $88.25\% \pm 2.41\%$ )明显低于驻营区官兵( $89.38\% \pm 2.44\%$ ,  $P < 0.05$ ),两个单位官兵的血压差异无统计学意义( $P > 0.05$ ,表1)。

表1 高原驻营区及野外驻训官兵生理指标的比较

Tab.1 Comparison of physiological indexes between garrison and field training troops

Item	Garrison troop (n=47)	Field training troop (n=44)
HR (/min)	$74.18 \pm 9.02$	$82.25 \pm 14.10^{(2)}$
SBP (mmHg)	$115.61 \pm 10.71$	$114.03 \pm 10.72$
DBP (mmHg)	$72.00(64.75, 75.00)$	$70.0(65.25, 75.75)$
SpO <sub>2</sub> (%)	$89.38 \pm 2.44$	$88.25 \pm 2.41^{(1)}$

HR. Heart rate; SBP. Systolic blood pressure; DBP. Diastolic blood pressure; SpO<sub>2</sub>. Oxygen saturation; (1) $P < 0.05$ , (2) $P < 0.01$  compared with garrison troop

**2.2 高原官兵Hb含量及HAPC患病率状况** 常驻高原官兵总体Hb含量为 $205.9 \pm 20.9\text{g/L}$ , HAPC患病率为41.7%(63/151)。其中,野外驻训官兵的Hb含量( $211.6 \pm 17.4\text{g/L}$ )明显高于驻营区官兵( $199.3 \pm 22.7\text{g/L}$ ,  $P < 0.001$ ),同时,野外驻训官兵HAPC患病率(55.6%, 45/81)明显高于驻营区官兵(25.7%, 18/70,  $P < 0.001$ )。

**2.3 高原官兵血清蛋白质营养状况** 结果显示,常驻高原官兵总体血清蛋白水平均在军队标准规定

的正常范围内,未发现存在蛋白质缺乏的官兵。驻营区和野外驻训官兵的血清蛋白质含量比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ,表2)。

表2 高原驻营区及野外驻训官兵血清蛋白质含量比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.2 Comparison of contents of serum protein between garrison and field training troops ( $\bar{x} \pm s$ )

Item	Garrison troop (n=47)	Field training troop (n=44)	Reference range
TP (g/L)	$74.10 \pm 4.50$	$75.10 \pm 3.90$	60.0~80.0
ALB (g/L)	$49.10 \pm 2.22$	$50.50 \pm 2.30$	$> 35.0$
GLB (g/L)	$24.60 \pm 3.93$	$25.20 \pm 3.40$	$> 13.0$
A/G	$2.06 \pm 0.28$	$2.00 \pm 0.30$	1.50~2.50

TP. Total protein; ALB. Albumin; GLB. Globulin; A/G. ALB/GLB

**2.4 高原官兵血脂含量及血脂异常患病率状况** 常驻高原官兵总体血脂异常患病率达51.6%(47/91),其中HDL-C含量处于正常参考范围的下限、且HDL-C异常者的患病率为47.3%(43/91);TG异常者的患病率为4.7%(4/91);TC和LDL-C的含量均在正常范围内。

两个不同作训任务单位比较,野外驻训官兵的血脂异常患病率(70.5%)明显高于驻营区官兵(34.0%,  $P < 0.001$ )。其中野外驻训官兵的HDL-C含量( $0.81 \pm 0.21\text{mmol/L}$ )明显低于驻营区官兵( $1.01 \pm 0.27\text{mmol/L}$ ,  $P < 0.001$ ),其低HDL-C血症的患病率(65.9%)明显高于驻营区官兵(29.8%,  $P < 0.001$ )。驻营区部队和野外驻训部队分别有2名官兵的TG含量超标,高TG血症患病率的差异无统计学意义(4.3% vs. 4.5%,  $P > 0.05$ ,表3)。

**2.5 高原官兵血清酶类指标的比较** 常驻高原官兵总体CK、LDH、AST和ALT的异常率分别为23.1%、61.5%、3.3%和0。其中,驻训官兵LDH含量( $273.70 \pm 136.74\text{U/L}$ )明显高于驻营区官兵( $205.19 \pm 77.94\text{U/L}$ ,  $P < 0.001$ ),并且其LDH异常率(72.7%)也明显高于驻营区官兵(51.1%,  $P < 0.05$ )。两单位官兵CK、ALT、AST及AST/ALT含量及异常率差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ,表4)。

表3 高原驻营区及野外驻训官兵血脂含量及血脂异常患病率比较

Tab.3 Comparison of contents of serum lipid and prevalence of dyslipidemia between garrison and field training troops

Item	Reference range	Garrison troop (n=47)		Field training troop (n=44)	
		Blood lipid content	Prevalence of dyslipidemia (%)	Blood lipid content	Prevalence of dyslipidemia (%)
TC (mmol/L)	$< 5.70$	$3.17 \pm 0.57$	0(0/47)	$3.23 \pm 0.55$	0(0/44)
TG (mmol/L)	$\leq 1.70$	$0.78 \pm 0.42$	4.3(2/47)	$0.80 \pm 0.79$	4.5(2/44)
LDL-C (mmol/L)	$< 3.64$	$1.84 \pm 0.50$	0(0/47)	$2.04 \pm 0.36$	0(0/44)
HDL-C (mmol/L)	$\geq 1.04$	$1.01 \pm 0.27$	29.8(14/47)	$0.81 \pm 0.21^{(1)}$	65.9(29/44) <sup>(1)</sup>
Total	—	—	34.0(16/47)	—	70.5(31/44) <sup>(1)</sup>

(1) $P < 0.001$  compared with garrison troop



表4 高原驻营区及野外驻训官兵血清酶类含量及异常率比较

Tab. 4 Comparison of contents and abnormality rate of serum enzymes between garrison and field training troops

Item	Reference range (for male)	Garrison troop (n=47)		Field training troop (n=44)	
		Content	Abnormality rate (%)	Content	Abnormality rate (%)
CK(U/L)	20-200	168.00(108.25,212.50)	25.5(12/47)	158.50(123.00,189.75)	20.5(9/44)
LDH(U/L)	135-225	205.19 ± 77.94	51.1(24/47)	273.70 ± 136.74 <sup>(2)</sup>	72.7(32/44) <sup>(1)</sup>
AST(U/L)	0-40	24.48 ± 7.14	2.13(1/47)	24.84 ± 8.11	4.5(2/44)
ALT(U/L)	0-50	7.00(5.00,9.00)	0(0/47)	8.00(6.00,10.25)	0(0/44)
AST/ALT	—	3.31(2.36,4.30)	—	2.98(2.01,3.89)	—

TC. Total cholesterol; TG. Triglyceride; HDL-C. High density lipoprotein cholesterol; LDL-C. Low density lipoprotein cholesterol; (1)  $P < 0.05$ , (2)  $P < 0.01$  compared with garrison troop

### 3 讨 论

以往研究主要关注不同高原停留时间和不同海拔高度对常驻高原官兵生理生化指标的影响,而本研究从高原部队不同作训任务入手,探讨高原驻训期间,官兵们生理生化指标的变化情况。

本研究结果发现,驻营区和驻训官兵的血压差异无统计学意义,而HR和SpO<sub>2</sub>的差异较明显。驻训官兵训练任务的繁重和劳动强度的增大,加剧了组织的耗氧量,使得HR加快以满足机体对氧的需求。黄文超等<sup>[4]</sup>报道,移居高原者在进行重体力活动后,其SpO<sub>2</sub>明显下降,并且其下降程度与运动强度的增加密切相关,这与我们的研究结果一致,表明驻训时的劳动强度可能使氧经过肺部的弥散程度受到限制,而当SpO<sub>2</sub>下降到85%时,可能导致脑的集中能力减退和肌肉精细协调能力下降。

高原低氧环境是影响Hb水平变化的主要因素。高原红细胞增多是人体对高原低氧环境的一种代偿性变化,它以增加循环血液内红细胞数量来提高运氧的能力,减轻机体的缺氧状态<sup>[5]</sup>。但Hb的过度增高易导致血液浓度和黏滞度增加、血流缓慢、循环受阻,物质和气体交换受阻以及肺循环阻力增高<sup>[6]</sup>,并引起一系列头昏、头痛和气促等临床症状,称为HAPC。有文献报道,平原人群进入高海拔地区后其Hb含量和HAPC的患病率会明显增加<sup>[7]</sup>,这与我们的研究结果一致。进一步调查发现,野外驻训官兵Hb含量和HAPC患病率均明显高于驻营区官兵,由于Hb含量会随运动强度的增加而增加<sup>[8]</sup>,我们推测可能是驻训期间官兵们的训练任务,训练强度和能量消耗增多,使机体的氧需求量大于平时驻营区期间的需求,而机体为弥补这一需求和大气中氧供的不足,加剧了红细胞的生成。

血清蛋白检测结果显示各单位官兵的机体蛋白质营养状况良好,没有发现体内蛋白质缺乏者。我们前期的膳食调查发现,驻营区官兵的蛋白质摄入充足,优质蛋白的摄入比例也达到军标推荐值,此次

血清蛋白质含量检测结果与膳食调查结果相吻合<sup>[9]</sup>。同样,前期体格检查结果也显示,驻营区和野外驻训官兵的上臂肌围正常人数比例达85%以上,也体现出了高原官兵机体蛋白质储存状况较好<sup>[10]</sup>。

47.3%的常驻高原官兵其HDL-C降低,其中野外驻训官兵的患病率(64.5%)明显高于驻营区部队官兵(29.8%)。高密度脂蛋白(high density lipoprotein, HDL)是抗动脉粥样硬化脂蛋白,其功能主要为参与胆固醇逆向转运,抑制低密度脂蛋白(low density lipoprotein, LDL)氧化,阻抑内皮细胞功能障碍,抗炎症,促进纤维蛋白溶解,减少血小板聚集以及抑制血栓的形成等。血浆HDL-C水平与动脉粥样硬化性心脑血管疾病的发病率呈负相关,并且HDL-C水平降低有时比LDL-C水平增高具有更高的危险性。血浆HDL-C水平<1.04mmol/L时,心脑血管疾病的危险性会急剧增加<sup>[11-12]</sup>。之前国内研究未发现高原缺氧会降低机体血清HDL-C的含量<sup>[13-14]</sup>,但近期李晓菲等<sup>[15]</sup>研究发现,中年男性在海拔2366~3500m高原进行有氧健身4周后,其HDL-C水平持续下降,由第1周的1.33 ± 0.17mmol/L降至第4周的0.71 ± 0.39mmol/L,与我们的研究结果一致。同时,国外研究发现高原世居人群与平原人群相比,世居人群的低HDL-C血症患病率更高<sup>[16-19]</sup>,提示高原环境可能影响血清中HDL-C的含量。在此基础上,本研究还发现高原野外驻训官兵的HDL-C水平与驻营区官兵相比更低,可能由于作训任务的不同加重了HDL-C降低的趋势。下一步我们将扩大样本量对这一结果进行证实,并且深入研究野外驻训官兵HDL-C偏低的具体机制。

有文献报道,人体暴露于高原环境时,低氧低氧等因素会使移居高原汉族人群的心肌细胞膜通透性增高,胞内酶大量释放,引起血清心肌酶活力增高<sup>[20]</sup>。本研究中全体高原官兵CK和LDH异常率分别达23.1%和61.5%,表明长期暴露于高原其心肌组织可能存在持续缺氧性损伤,从而引起心肌酶持续释放。其中驻训官兵LDH含量明显高于驻营区官

兵,可能是驻训官兵代偿性心率加快,心肌活动增强,以致酶类释放入血增多,还可能是肌肉组织损伤导致LDH含量升高<sup>[21]</sup>。

综上所述,我们应加强对驻训官兵HAPC和HDL-C血症发病情况的关注,做好HR、SpO<sub>2</sub>和生化指标等各项指标的监测,及时预防和治疗,以减少心血管疾病的发病风险,保障高原官兵的身体健康。

#### 【参考文献】

- [1] Wang C, Yan MY, Duan JY, *et al.* Reproduction of a rat model of acute high-altitude sickness and evaluation of its related indexes[J]. *Med J Chin PLA*, 2015, 40(9): 716-721. [王驰, 晏沐阳, 段晋燕, 等. 急性高原反应大鼠模型的建立及多指标综合评价[J]. *解放军医学杂志*, 2015, 40(9): 716-721.]
- [2] Guo M, Tian J, Liu CJ, *et al.* Study on the acute high altitude response of PAPF recruits in the Tibetan zone of Yunnan province[J]. *J Logist Univ PAPF (Med Sci)*, 2015, 24(1): 38-41. [郭明, 田军, 刘彩菊, 等. 云南藏区武警新兵急性高原反应的研究[J]. *武警后勤学院学报(医学版)*, 2015, 24(1): 38-41.]
- [3] He LP, Peng XD, Zhang L, *et al.* Correlation between ischemic preconditioning-induced vascular reactivity and altitude training injury in recruits[J]. *J Logist Univ PAPF (Med Sci)*, 2015, 24(6): 481-484. [何力鹏, 彭小丹, 张丽, 等. 新兵缺血预适应后血管反应性与高原训练损伤相关性研究[J]. *武警后勤学院学报(医学版)*, 2015, 24(6): 481-484.]
- [4] Huang WC, Zhou XB, He L. Preliminary investigation of blood oxygen saturation and its comparison before and after exercise at high altitude[J]. *J Mil Surg Southwest Chin*, 2009, 11(5): 815-816. [黄文超, 周晓波, 何李. 高原血氧饱和度初步调查及运动前后比较[J]. *西南军医*, 2009, 11(5): 815-816.]
- [5] Feng XY, Yu FG, Yin SN. Investigation on HGB of healthy adults in different altitude in plateau[J]. *Med J West Chin*, 2010, 22(5): 923-924. [冯信焰, 于广飞, 尹思念. 高原不同海拔地区成人血红蛋白水平变化的调查分析[J]. *西部医学*, 2010, 22(5): 923-924.]
- [6] Gao L, Chen Y, Cui JH. Measurement of hemoglobin of young people who migrated to the altitude above 5000m for half a year[J]. *Clin Med Offic*, 2009, 37(4): 696-697. [高亮, 湛勇, 崔建华. 移居海拔5000m以上半年的青年人血红蛋白测定值分析[J]. *临床医学杂志*, 2009, 37(4): 696-697.]
- [7] Zhang XZ, Li ZB, Wang W. Investigation on altitude adaptation index and blood oxygen saturation of soldiers stationed in different altitude and for different residence time[J]. *J Prev Med Chin PLA*, 1998, 16(4): 282-284. [张西洲, 李朝斌, 王伟. 进驻不同海拔高原不同时间官兵高原适应指数和血氧饱和度随访调查[J]. *解放军预防医学杂志*, 1998, 16(4): 282-284.]
- [8] Hu M, Finni T, Sadiak M, *et al.* Seasonal variation of red blood cell variables in physically inactive men: effects of strength training[J]. *Int J Sports Med*, 2008, 29(7): 564-568.
- [9] Liu L, Xu G, Li P, *et al.* Dietary nutrition status of soldiers living at high altitude[J]. *Mil Med Sci*, 2017, 41(7): 457-461. [刘璐, 徐刚, 李鹏, 等. 高原边防部队膳食营养调查分析[J]. *军事医学*, 2017, 41(7): 457-461.]
- [10] Liu L, Xu G, Zhang EL, *et al.* Physical health status of garrison and field training troops at high altitude[J]. *Mil Med Sci*, 2017, 41(4): 295-298. [刘璐, 徐刚, 张二龙, 等. 高原边防驻营区及野外驻训部队军人人体格健康状况的研究[J]. *军事医学*, 2017, 41(4): 295-298.]
- [11] Zhang CN, Fan L, Wang JJ. The therapy of low levels of high density lipoprotein-cholesterol[J]. *J Med Postgrad*, 2006, 19(1): 84-88. [张春妮, 樊璐, 汪俊军. 低水平高密度脂蛋白胆固醇患者治疗的研究进展[J]. *医学研究生学报*, 2006, 19(1): 84-88.]
- [12] Zhou YC. Clinical significance and countermeasures of low high-density lipoprotein cholesterol[J]. *Chin J Postgrad Med*, 2008, 31(3): 1-3. [邹阳春. 低高密度脂蛋白胆固醇的临床意义与对策[J]. *中国医师进修杂志*, 2008, 31(3): 1-3.]
- [13] Tian W. Normal values of blood lipids in healthy adults in plateau[J]. *Clin Med Offic*, 2008, 36(1): 97-98. [田伟. 高原地区健康成人血脂四项正常测定值[J]. *临床军医杂志*, 2008, 36(1): 97-98.]
- [14] Zou CY, Li SZ, Mou XB, *et al.* Serum apolipoprotein A, B/HDL cholesterol levels and its clinical significance in patients with high altitude polycythemia[J]. *Med J National Defending Forces Southwest Chin*, 1999, 9(3): 177-178. [邹春洋, 李素芝, 牟信兵, 等. 高原红细胞增多症患者血清载脂蛋白A、B/高密度脂蛋白胆固醇水平及临床意义[J]. *西南国防医药*, 1999, 9(3): 177-178.]
- [15] Li XF. Study on the influence of high altitude hypoxia combined exercise on blood lipid in human body[D]. Xining: Qinghai Normal University, 2015. [李晓菲. 高原低氧环境复合健身运动对人体血脂影响的研究[D]. 西宁: 青海师范大学, 2015.]
- [16] Al Riyami NB, Banerjee Y, Al-Waili K, *et al.* The effect of residing altitude on levels of high-density lipoprotein cholesterol: a pilot study from the omani arab population[J]. *Angiology*, 2015, 66(6): 568-573.
- [17] Sherpa YL, Deji, Hein S, *et al.* Lipid profile and its association with risk factors for coronary heart disease in the highlanders of Lhasa, Tibet[J]. *High Alt Med Biol*, 2011, 12(1): 57-63.
- [18] Hirschler V, Gonzalez C, Maccallini G, *et al.* Comparison between HDL-C levels in argentine indigenous children living at high altitudes and U.S. children[J]. *Diabetes Technol Ther*, 2016, 18(4): 233-239.
- [19] Deng B, Luo T, Huang Y, *et al.* Prevalence and determinants of hyperlipidemia in moderate altitude areas of the Yunnan-Kweichow plateau in Southwestern China[J]. *High Alt Med Biol*, 2012, 13(1): 13-21.
- [20] Zeng P, Hu J, Lin SP, *et al.* Changes of stress peptide and myocardial enzyme in serum after exposing the high altitude[J]. *J Sichuan Med*, 2005, 26(2): 137-139. [曾平, 胡娟, 林世平, 等. 暴露高原不同时间人体血清应激肽和心肌酶改变[J]. *四川医学*, 2005, 26(2): 137-139.]
- [21] Zhu XH, Zhou JL, Liu JH, *et al.* Effects of live high train low on serum CK, LDH, ALT activities of athletes in quiescent condition[J]. *J Chin Sports Sci Tech*, 2006, 42(1): 15-16. [朱旭红, 周君来, 刘建红, 等. 高住低练对运动员安静状态下血清CK、LDH、ALT活性的影响[J]. *中国体育科技*, 2006, 42(1): 15-16.]

(收稿日期: 2017-07-17; 修回日期: 2017-08-25)

(责任编辑: 李恩江)