

论 著

(运动性心肌损伤的机制及干预研究专题)

新兵首次长跑训练前后心电图以及氧化应激指标水平对比分析

王永园, 吕 磊, 李 瑶, 金 涛, 钟 勇

【摘要】 目的 观察新兵首次高强度训练前后心电图、肌钙蛋白 I 和氧化应激指标变化, 探讨高强度训练对心电图以及氧化应激的影响。 **方法** 入组 120 名新兵战士进行 5 km 长跑高强度训练, 描记训练前以及训练后 5 min 内心电图, 采集训练前以及训练后半小时内静脉血, 测定肌钙蛋白 I (TnI)、血清超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT)、丙二醛 (MDA) 以及一氧化氮 (NO), 对比分析训练前后各指标的变化。 **结果** 与训练前比较, 训练后心率 (HR) [(65.01±8.68) 次/min vs (93.06±10.18) 次/min]、Q-Tc 间期 [(395.95±35.81) ms vs (416.47±26.03) ms]、RV5+SV1 振幅 [(2.95±0.76) mV vs (3.21±0.83) mV] 以及 Q-Tc 异常的比例 (0% vs 8.55%) 明显增加, 组间差异有统计学意义 ($P<0.05$)。运动后 P-R 间期以及异常比例、QRS 时间及异常比例、心电轴以及异常比例、RV5+SV1 振幅异常比例、TnI 水平与训练前比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。训练后血清 CAT 活力 [(13.92±7.60) U/mL] 较训练前 [(10.10±4.76) U/mL] 明显增加 ($P<0.05$), 而 SOD 活力、MDA 较训练前有所增加, NO 含量较训练前减少, 但差异无统计学意义 ($P>0.05$)。 **结论** 高强度训练对新兵心电图变化有影响, 可提高机体氧化应激水平。

【关键词】 运动性心肌损伤; 心电图; 氧化应激**【中图分类号】** R873**【文献标志码】** A**【文章编号】** 1672-271X(2021)03-0240-04**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2021.03.004

Effect of first-time high-intensity exercise on ECG changes and oxidative stress

WANG Yong-yuan¹, LÜ Lei¹, LI Yao¹, JIN Tao², ZHONG Yong²

(1. Department of Geriatric Cardiology, 2. Department of Health Medicine, General Hospital of Eastern Theater Command, PLA, Nanjing 210002, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective To analyze the changes of ECG and oxidative stress after first-time high-intensity training so as to explore the impact of high-intensity training on oxidative stress and the effect on ECG. **Methods** 120 recruits had their first-time 5 km running-training, tracing the ECG before training and within 5 minutes after training, collecting venous blood before training and within half an hour after training, measuring troponin I (TnI), serum superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), malondialdehyde (MDA) and a Nitrogen oxide (NO), comparative analysis of changes before and after training. **Results** Compared with before training, the HR [(65.01±8.68) bpm vs (93.06±10.18) bpm], Q-Tc [(395.95±35.81) ms vs (416.47±26.03) ms], RV5+SV1 value [(2.95±0.76) mV vs (3.21±0.83) mV] and proportion of Q-Tc abnormal (0% vs 8.55%) are significantly raised ($P<0.05$). After 30 minutes of training, the activity of serum CAT [(13.92±7.60) U/mL] was significantly increased than that before training [(10.10±4.76) U/mL, $P<0.05$]. The level of SOD, MDA was raised and NO was decreased after training, but there was no significant difference ($P>0.05$). **Conclusion** High-intensity training has an effect on the recruits' ECG changes, which can improve the oxidative stress level.

【Key words】 exercise-induced myocardial injury; ECG; oxidative stress**基金项目:**军委后勤保障部卫生局保健专项课题(18BJZ13); 中国博士后科学基金(2018M633765)**作者单位:**210002 南京, 东部战区总医院(原南京军区总医院) 干部心内科(王永园、吕 磊、李 瑶), 健康医学科(金 涛、钟 勇)**通信作者:**钟 勇, E-mail: zhongyongnj@163.com

0 引言

适宜的负荷运动可提升运动能力,促使心脏发生结构和功能重塑,形成“运动员心脏”,表现为心肌毛细血管密度增加,心肌纤维增粗,心脏收缩力增。然而,过度负荷运动以及不适宜的运动方式会对心脏造成不良影响,产生运动性心脏损伤(exercise-induced myocardial injury, EIMI),并且与运动性心律失常运动性猝死有关^[1]。EIMI 在高强度军事训练中常见,对于发生 EIMI 的作训人员的及时发现和救治,对于维护官兵的健康以及提高部队战斗力有重大意义。既往针对军事运动中的 EIMI 的研究较少,且目前对于 EIMI 的早期诊断标准还没有统一的认识。本研究通过观察新兵 5 km 长跑训练前后心电图以及氧化应激相关指标的变化,探讨高强度训练对心脏的影响,为科学施训提供合理依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 随机抽取 2019 年某部队新入伍男性战士 120 名,平均年龄为(19.50±1.40)岁,体质指数(BMI)为(21.16±1.8)kg/cm²,入伍后经复检合格。入组条件:能耐受 5 km 长跑,并在 30 min 内完成;本次负荷训练前 3 个月内未参加过高强度耐力训练;无基础心肺功能障碍;近期无精神、心理刺激以及情绪大幅度波动;无睡眠障碍;2 周内无急性呼吸道消化道感染症状以及训练伤;自愿加入本次试验并签署知情同意书。本研究经医院伦理委员会批准通过(批准号:2020NZKY-019-02)。

1.2 研究方法 (1)由心电图专业人员采集训练前及训练后 5 min 内心电图(日本光电),对比训练前后心电图指标变化,包括心率(HR)、PR 间期、QRS 时限、Q-Tc 间期、QRS 电轴、RV5+SV1 振幅及其异常比例;ST-T 改变(诊断标准:①ST 段水平或下垂型下移至少连续 3 次心搏 J 点后 80 ms 处压低≥0.1 mV 下壁压低≥0.15 mV;②ST 段凸面向上型抬高至少连续 3 次心搏 J 点后 80 ms 处压低≥0.1 mV)、Q-Tc 异常≥460 ms、P-R 间期异常>200 ms、QRS 电轴异常<-30°或>90°、QRS 时间异常>120 ms)。(2)采集训练前以及训练后 30 min 内静脉血 3 mL,3000 r/min 离心 6 min,离心半径 15 cm,收集血清,采用全自动生化分析仪(600 型,日本

日立)检测肌钙蛋白 I(TnI)、血清超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、丙二醛(MDA)以及一氧化氮(NO)(试剂盒均购于南京建成生物有限公司),对比分析训练前后的变化。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 20.0 软件进行数据分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验或者秩和检验,计数资料以百分率表示,采用 χ^2 检验,以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

因 1 名战士未完成训练退出,共 119 名纳入本研究。所有入组对象训练结束后均未出现明显胸闷、胸痛、心慌、头晕、晕厥、恶心、呕吐等不适。

2.1 训练前后心电图各项指标以及 TnI 的变化 训练后 HR、Q-Tc、RV5+SV1 振幅以及 Q-Tc 异常的比例较训练前明显增加,组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。而训练后 P-R 间期以及异常比例、QRS 时间及异常比例、心电轴以及异常比例、RV5+SV1 振幅异常比例、出现早搏比例及 TnI 水平与训练前比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 入组所有对象长跑训练前后即刻心电图以及肌钙蛋白 I 的变化($n=119$)

指标	训练前	训练后	<i>P</i> 值
HR($\bar{x} \pm s$, 次/min)	65.01±8.68	93.06±10.18	<0.001
P-R 间期($\bar{x} \pm s$, ms)	146.54±18.34	149.60±15.83	0.110
QRS 时间($\bar{x} \pm s$, ms)	94.50±8.56	93.93±9.23	0.438
Q-Tc($\bar{x} \pm s$, ms)	395.95±35.81	416.47±26.03	<0.001
QRS 电轴($\bar{x} \pm s$, °)	76.91±14.27	76.91±13.13	1.000
RV5+SV1($\bar{x} \pm s$, mV)	2.95±0.76	3.21±0.83	<0.001
ST-T 改变(%)	7.56	5.04	0.424
P-R 间期异常(%)	0.87	0.85	0.985
QRS 时间异常(%)	1.75	4.27	0.264
QRS 电轴异常(%)	10.64	10.23	0.928
Q-Tc 延长≥460 ms(%)	0	8.55	0.001
Rv5+Sv1>4.0 mV(%)	11.40	14.53	0.479
期前收缩(%)	0	1	0.316
肌钙蛋白 I($\bar{x} \pm s$, ng/mL)	0.031±0.007	0.032±0.008	0.056

2.2 训练前后氧化应激相关指标变化 训练后 CAT 活力较训练前明显增加,差异有统计学意义($P < 0.05$),而 SOD 活力、MDA 较训练前有所增加,NO 含量较训练前减少,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 入组研究对象长跑训练前后氧化应激相关指标的变化 ($n=119, \bar{x} \pm s$)

指标	训练前	训练后	P 值
SOD 活力 (U/mL)	103.37±26.00	108.78±20.29	0.118
MDA (nmol/mL)	3.88±0.97	4.12±0.82	0.233
CAT 活力 (U/mL)	10.10±4.76	13.92±7.60	0.011
NO 含量 (umol/L)	2.86±2.21	2.62±1.27	0.536

3 讨 论

军队这一特殊群体中,由于经常面临高温、寒冷、缺氧等特殊环境,且训练强度高,EIMI 发生率高。EIMI 可表现为为心肌酶异常、运动性心律失常、心功能减低、晕厥甚至运动性猝死^[1]。

运动性心律失常的发生与反复高强度运动对心脏的病理性损伤有关,其机制可能与心肌能量代谢异常、心脏细胞凋亡与氧自由基代谢异常、心脏细胞骨架受损、心脏炎症反应与纤维化形成、心脏神经-内分泌失衡、心脏离子通道异常等有关^[2]。心电图作为一种诊断工具,可客观地记录运动前后各类心律失常和心肌缺血缺氧表现。陈金良等^[3]对 426 名新兵分组后进行首次 5 km 长跑训练,记录训练前后心电图变化,结果表明新兵首次 5 km 越野跑可出现心电图异常,包括心律失常和 ST-T 改变。吴学宁等^[4]对某训练基地官兵 5 km 长跑训练前后心电图进行记录,采用积分的方法,根据有无 ST-T 改变、R 波递增不良、QT 间期>440 ms、窦性心动过速、窦性心律不齐、期前收缩、传导阻滞、逸搏进行计分,累加积分,经分析心电图评分运动后即刻显著高于运动前 ($P<0.05$),结果表明高强度训练对心脏有明显影响,可产生不同类型心律失常。本研究中,观察 119 例新兵首次高强度训练前后心电图的变化,发现训练前后,大部分战士的心电图都有早复极现象;且与训练前相比,训练后战士的平均心率增快、RV5+SV1 振幅增加,Q-Tc 延长,Q-Tc 异常的比例明显增加。运动后出现的窦性心动过速、早复极是正常的生理改变,这与既往的研究结果一致^[3],与运动后交感兴奋性增高有关。且早复极在健康人群中很常见 (2%~44%),在运动员、年轻人、男性和黑人中更为普遍^[5]。运动后 RV5+SV1 振幅增加,可能与心肌负荷增加引起心肌代偿性肥厚;每搏量增加,引起左室壁增厚有关^[6]。2018 年运动员心电图解析的国际共识标准^[7]中提出,规律和

长期地参加强化运动者 (每周至少 4 h) 的心电图可以特征性地表现为心腔肥大和迷走神经张力增高,包括提示孤立性左右室肥厚的 QRS 电压升高、不完全性右束支传导阻滞、早复极、<16 岁运动员 V1~V4 导联 T 波倒置、窦性心动过缓或窦性心律不齐、异位房性或交界性心率、一度房室阻滞等。运动员的这些心电图表现被认为是正常的,是对规律运动的生理性适应的结果^[7]。而出现特异性的 QT 间期延长、PR 间期延长、ST 段压低等非运动引起的特征性改变和临界心电图变化,则需要密切注意,有发生运动性猝死风险^[8]。本研究中,战士训练后平均 Q-Tc 时间延长,且 8.55% 的战士运动后出现 Q-Tc 延长比例增高,考虑为非生理性的运动后心电图改变,可能存在心脏损伤。所有战士训练后均未出现胸闷、胸痛、心慌头晕等不适,训练前后 ST-T 改变无显著意义,表明战士对 5 km 训练跑耐受,未出现明显心肌缺血表现。EIMI 可表现为心肌酶的升高,本研究训练后 TnI 水平较训练前也有所升高,但无明显差异,可能与运动后取血时间有关。TnI 在急性心肌损伤后 2~4 h 开始升高,其对取血时间有一定要求,对于明确是否存在急性心肌损伤,应采取更精确的实验方案,以寻求更明确的分界点^[9]。

目前对于 EIMI 的发病机制尚不明确,可能与心肌能量代谢障碍/氧化应激以及炎症反应、细胞凋亡、钙调控异常等有关^[10]。在正常生理条件下,机体的氧化与抗氧化系统保持动态平衡,适量的运动有利于清除体内活性氧,提高机体抗氧化损伤能力^[11],但过度运动则可能导致氧化、抗氧化系统失衡,产生机体细胞结构和功能损伤^[12]。剧烈运动后机体产生一系列含氧和含氮自由基及其衍生物,包括 CAT、NO 等,脂质过氧化反应产生 MDA,测定 MDA、NO 等的浓度可反应自由基生成情况。机体的抗氧化系统有两类:酶促系统和非酶促系统^[13]。酶类抗氧化剂包括 SOD、CAT、谷胱甘肽过氧化物酶等。非酶类抗氧化剂主要有维生素 E、维生素 C 等物质。因此测定机体内的氧化应激标记物和抗氧化物的活动,可以有效反应机体氧化应激状态^[14]。有研究测定 5 km 训练跑前后士兵的血清 SOD、MDA 含量,结果表明,运动完后血清中 SOD、MDA 含量明显高于运动前,表明运动可明显提高机体的氧化应激水平^[15]。公雪等^[16]发现力竭组以及运动预适应后力竭组大鼠心肌组织抗氧化物 SOD、

GSH-Px活力明显减低,氧化产物 MDA 水平明显升高,均证实耐力运动可加重心肌氧化应激损伤。本研究中,新兵战士运动后 CAT 含量较运动前升高明显,与既往研究结果一致,表明 5 km 训练可增强士兵氧化应激水平。SOD、MDA、NO 含量较训练前有变化,但差异不明显,考虑机体氧化与抗氧化系统处于平衡中,5 km 训练尚未引起氧化应激损伤。

综上所述,高强度运动对新兵心电图变化有较显著影响,可提高机体氧化应激水平。EIMI 中心心电图动态变化,以及氧化应激指标变化的规律,还有待进一步验证。

【参考文献】

- [1] 平政,曹雪滨. 运动性心脏损伤的防治与机制研究进展[J]. 解放军医药杂志, 2018,30(2):110-113.
- [2] 常芸. 运动性心律失常研究现状与展望[J]. 中国运动医学杂志, 2015,34(1):59-68.
- [3] 陈金良,张晶,卢凡,等. 新兵 5km 越野跑训练致心电图改变 426 例分析[J]. 心血管康复医学杂志, 2016, 25(2):115-118.
- [4] 吴学宁,张招,王江涛,等. 某高海拔训练基地参训官兵高强度运动后心电图评分变化及其与症状自评量表评分的相关性分析[J]. 解放军医药杂志, 2016,28(1):15-18.
- [5] Walsh B, Macfarlane PW, Prutkin JM, *et al.* Distinctive ECG patterns in healthy black adults[J]. *J Electrocardiol*, 2019,56:15-23.
- [6] 席晓萍,李莉,金海英. 高强度体能训练者心电图特征[J]. 武警医学, 2008,19(12):1130-1132.
- [7] Delise P. Abnormal ECG findings in athletes[J]. *G Ital Cardiol* (Rome), 2019, 20(4):242-253.
- [8] Sharma S, Drezner JA, Baggish A, *et al.* International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes[J]. *Eur Heart J*, 2018,39(16):1466-1480.
- [9] Vincent L, Maria T, Paul D, *et al.* Exercise-induced cardiac troponin I increase and incident mortality and cardiovascular events[J]. *Circulation*, 2019,140(10):804-814.
- [10] 刘杨,吴志峰. 运动性心肌微损伤的研究现状[J]. 东南国防医药, 2014,16(4):401-403.
- [11] Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Viña J. Moderate exercise is an antioxidant: Upregulation of antioxidant genes by training[J]. *Free Radic Biol Med*, 2008,44(2):126-131.
- [12] Lokanatha V, Subramanyam D, Rajendra W. Role of free radicals and antioxidants in gynecological cancers: current status and future prospects[J]. *Oxid Antioxid Med Sci*, 2014,3(1):15-26.
- [13] Moukette BM, Pieme CA, Njimou JR, *et al.* In vitro antioxidant properties, free radicals scavenging activities of extracts and polyphenol composition of a non-timber forest product used as spice: *Monodora myristica* [J]. *Biol Res*, 2015,48(1):15.
- [14] Michalis GN, Athanasios ZJ. Blood as a reactive species generator and redox status regulator during exercise[J]. *Arch Biochem Biophys*, 2009,490(2):77-84.
- [15] 陈志刚,吴立红,董茂生,等. 穴位电疗法对一次性高强度军训士兵血清 SOD 和 MDA 的影响[J]. 上海针灸杂志, 2014,33(4):328-329.
- [16] 公雪,李晓燕,张红明. 运动预适应对急性运动性损伤后心肌组织氧化应激及凋亡的影响[J]. 国际心血管病杂志, 2017,44(2):46-50.

(收稿日期:2020-11-25; 修回日期:2020-12-22)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:吕镗烽)