

运动习惯对新兵首次高强度训练后心肌损伤的影响

李 瑶, 钟 勇, 王永园, 张 洁, 吕 磊

【摘要】 目的 观察不同运动习惯的新兵首次进行 5 km 长跑高强度训练前后心肌损伤标记物和儿茶酚胺水平的变化, 探讨运动习惯对运动性心肌损伤的影响及可能机制。 **方法** 对某部队新兵进行体育活动等级量表 (PARS-3) 测评, 评分 ≤ 19 分者 45 名, 为波动量组, ≥ 43 分者 33 名, 为大运动量组, 2 组作为训练组均进行首次 5 km 长跑高强度训练, 同时随机入组 30 名新兵保持静息状态作为对照组, 对比静息/训练前及静息/训练后 30 min 肌钙蛋白 I (TnI)、天门冬氨酸氨基转移酶 (AST)、乳酸脱氢酶 (LDH)、肌酸激酶 (CK)、肌酸激酶同工酶 (CK-MB)、缺血修饰蛋白 (IMA)、肌红蛋白 (MB) 等心肌损伤标记物及肾上腺素 (E)、去甲肾上腺素 (NE)、多巴胺 (DA) 等儿茶酚胺 (CA) 水平的变化, 比较对照组、波动量组与大运动量组运动前后心肌损伤标记物及 CA 水平变化的差异。 **结果** 对照组新兵静息前后 AST、LDH、CK、CK-MB、MB、TnI、CA、E、NE、DA 水平无显著变化, 训练组新兵训练后 30 min AST、LDH、CK、CK-MB 及 MB 水平较训练前显著增高 [(42.00 \pm 21.75) U/L *vs* (30.80 \pm 17.03) U/L, (295.57 \pm 106.58) U/L *vs* (268.56 \pm 185.95) U/L, (580.60 \pm 1298.57) U/L *vs* (519.86 \pm 1225.52) U/L, (24.63 \pm 12.62) U/L *vs* (20.03 \pm 11.25) U/L, (103.05 \pm 100.23) ng/mL *vs* (71.02 \pm 88.82) ng/mL, $P < 0.05$], TnI 水平较训练前也有所升高, 但差异无统计学意义 [(0.032 \pm 0.008) ng/mL *vs* (0.031 \pm 0.007) ng/mL, $P > 0.05$]; CA、E、NE 训练后水平较训练前均明显升高 [(834.41 \pm 250.40) pg/mL *vs* (291.09 \pm 89.80) pg/mL, (112.89 \pm 47.86) pg/mL *vs* (33.42 \pm 10.91) pg/mL, (697.48 \pm 235.95) pg/mL *vs* (233.72 \pm 82.24) pg/mL, $P < 0.05$]; 大运动量组新兵训练前后 TnI、CA、E、NE 变化水平与波动量组相比明显降低 [(0.001 \pm 0.001) ng/mL *vs* (0.003 \pm 0.002) ng/mL, (457.03 \pm 150.23) pg/mL *vs* (567.40 \pm 317.30) pg/mL, (384.46 \pm 138.41) pg/mL *vs* (483.59 \pm 295.53) pg/mL, (66.49 \pm 41.76) pg/mL *vs* (87.35 \pm 50.22) pg/mL, $P < 0.05$]。 **结论** 高强度训练可致新兵运动性心肌损伤, 可能与 CA 水平激增有关, 良好的运动习惯可以减轻心肌损伤程度, 减少 CA 释放, 对心肌具有保护作用。

【关键词】 运动习惯; 运动性心肌损伤; 心肌损伤标志物; 儿茶酚胺

【中图分类号】 R541 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2021)06-0561-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2021.06.001

Effect of exercise habits on the myocardial injury of recruits after the first-time high-intensity training

LI Yao¹, ZHONG Yong², WANG Yong-yuan¹, ZHANG Jie³, LÜ Lei¹

(1. Department of Geriatric Cardiology, 2. Health Management Centre, General Hospital of Eastern Theater Command, PLA, Nanjing 210002, Jiangsu, China; 3. Department of Cardiology, Characteristic Medical Center of Strategic Support Force, Beijing 100101, China)

【Abstract】 Objective To observe the changes of myocardial injury markers and catecholamine of recruits with different exercise habits before and after 5 km running high-intensity training, and to explore the effect and possible mechanisms of exercise habits on exercise-induced myocardial injury. **Methods** All recruits completed the physical activity rating scale (PARS-3). 45 recruits who were rated as the fluctuating-exercise group and 33 as the high-exercise group were observed. All participants underwent 5 km running-training were rated as the training group. The other 30 recruits kept resting as the control group randomly. The level of troponin I (TnI),

基金项目:军委后勤保障部卫生局保健专项课题(18BJZ13)

作者单位:210002 南京,东部战区总医院(原南京军区南京总医院)心脏内科干部病区(李 瑶、王永园、吕 磊),健康管理中心(钟 勇);100101 北京,战略支援部队特色医学中心心血管内科(张 洁)

通信作者:吕 磊, E-mail: lvleimm@hotmail.com

aspartate aminotransferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), creatine kinase (CK), creatine kinase isoenzyme (CK-MB), ischemia modified protein (IMA), myoglobin (MB), epinephrine (E), norepinephrine (NE), dopamine (DA), and catecholamine (CA) before and after 30 minutes

of training were analyzed. Changes of myocardial injury markers and catecholamine before and after 30 minutes of training were compared between the fluctuating-exercise group and the high-exercise group. **Results** There was no significant difference in the levels of AST, LDH, CK, CK-MB, MB, CA, E, NE and DA before and after resting. Compared to before training, the levels of AST, LDH, CK, CK-MB and MB were significantly increased after 30 minutes of training [(42.00±21.75) U/L vs (30.80±17.03) U/L, (295.57±106.58) U/L vs (268.56±185.95) U/L, (580.60±1298.57) U/L vs (519.86±1225.52) U/L, (24.63±12.62) U/L vs (20.03±11.25) U/L, (103.05±100.23) ng/mL vs (71.02±88.82) ng/mL, $P<0.05$]. The level of TnI was also increased, but there was no significant difference [(0.032±0.008) ng/mL vs (0.031±0.007) ng/mL, $P>0.05$]. The levels of CA, E and NE were significantly higher than those before training [(834.41±250.40) pg/mL vs (291.09±89.80) pg/mL, (112.89±47.86) pg/mL vs (33.42±10.91) pg/mL, (697.48±235.95) pg/mL vs (233.72±82.24) pg/mL, $P<0.05$]. Compared with the fluctuating-exercise group, the increases of TnI, CA, E and NE in the high-exercise group after training were significantly decreased [(0.001±0.001) ng/mL vs (0.003±0.002) ng/mL, (457.03±150.23) pg/mL vs (567.40±317.30) pg/mL, (384.46±138.41) pg/mL vs (483.59±295.53) pg/mL, (66.49±41.76) pg/mL vs (87.35±50.22) pg/mL, $P<0.05$]. **Conclusion** High intensity training can cause myocardial injury in recruits, which may be related to the sharp increase of CA. Good exercise habits can have a protective effect myocardium by reducing the degree of myocardial injury and decreasing the release of CA.

[Key words] exercise habits; exercise-induced myocardial injury; myocardial injury markers; catecholamine

0 引言

军事训练可增加心排量和心肌收缩力,提高战士运动能力和耐力素质,但高强度军事训练可能引起运动性心脏损伤(exercise-induced myocardial injury, EIMI),导致恶性心律失常、心力衰竭甚至心源性猝死等心血管不良事件^[1]。目前研究认为儿茶酚胺(catecholamine, CA)激增是急性心肌损伤主要生理病理基础之一,下丘脑-垂体-肾上腺素轴激活可释放大量的CA,可通过直接的心肌毒性或微血管痉挛引起心肌顿抑,从而导致心肌损伤,引起心脏功能障碍^[2]。但适量的运动负荷可以抑制神经体液分泌,诱导机体产生内源性保护作用,减轻心肌损伤。为提高作战能力,新兵接受高强度军事训练不可避免,但其入伍前运动习惯不尽相同,是发生EIMI的高危群体。有效防治军事训练致新兵EIMI,避免部队非战斗减员和潜在战斗力降低十分必要。因此,本研究对不同运动习惯的新兵首次进行5 km高长跑强度训练前后心肌损伤标记物和儿茶酚胺水平变化进行对比分析,旨在初步探讨运动习惯对运动性心肌损伤的影响及可能机制。

1 资料与方法

1.1 一般资料 对某部队新兵进行体育活动等级量表(PARS-3)记名测评,通过评分评估新兵运动习惯。该量表由武汉体育学院梁德清等^[3]根据日本桥本公雄制定的PARS-3修订出的适合国人使用的

版本,从参加体育锻炼强度、时间、频率3方面考察,运动量=强度×时间×频率,强度与频率从由低到高的1~5级分别记1~5分,时间从由短到长的1~5级分别记0~4分,最高为100分,最低为0分。评分越高提示被测试者平素运动量越大,运动习惯越好。PARS-3评分≤19分者45名,为波动量组,评分≥43分者33名,为大运动量组,2组作为训练组均进行入伍后首次5 km长跑高强度训练,并均在30 min内完成。入组战士必须满足下列所有入选标准:①年龄≥18岁;②无基础心肺功能障碍;③能耐5 km长跑高强度训练;④能独立完成量表测评;⑤能自愿并签署此试验的知情同意书。符合下列任何一项标准者需要被排除本研究:①经医师判定认为不适合参加本试验者;②未完成训练者;③明确心脏病病史者;④非高强度运动导致心肌损伤者(如病毒性心肌炎、呼吸道感染、消化道感染、急慢性肾小球肾炎、外伤等);⑤合并焦虑、抑郁等心理障碍者。同时随机入组同期入伍新兵30名作为对照组,不参加本次训练,在避免外界刺激下保持静息状态30 min。本研究通过东部战区总医院临床伦理委员会伦理审查(批号:2020NZKY-019-01)。

1.2 方法 留取对照组新兵静息状态前后30 min及训练组新兵训练前后30 min静脉血,标本采集后立即分离血清,-20℃冰箱保存,采用全自动生化分析仪(7600型,日本日立)检测血清肌钙蛋白I(TnI)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、乳酸脱氢酶

(LDH)、肌酸激酶(CK)、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、缺血修饰蛋白(IMA)、肌红蛋白(MB)等心肌损伤标记物、白细胞介素 6(IL-6)、超敏 C 反应蛋白(hs-CRP)、血糖水平;采用高效液相色谱法(赛默飞 ultimate3000 高效液相色谱仪)检测血浆肾上腺素(E)、去甲肾上腺素(NE)、多巴胺(DA)等儿茶酚胺(CA)水平。以对照组新兵静息状态后上述指标水平与静息状态前水平的差值、训练组新兵训练后上述指标水平与训练前水平的差值作为各项指标变化水平,对比分析 3 组新兵上述指标变化水平。

1.3 统计学分析 采用统计软件 SPSS 20.0 进行数据分析和处理。计数资料以数量(百分比)表示,组间比较采用 χ^2 检验;计量资料以平均数 \pm 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;以 $P\leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 入组新兵基线数据比较 大运动量组新兵训练前 TnI 和 E 均低于波动量组训练前水平($P<0.05$),3 组新兵的身高、体重、体质指数、血压、心率及其余心肌损伤标记物和 CA 水平比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1 入组新兵基线数据比较($\bar{x}\pm s$)

指标	对照组 ($n=30$)	波动量组 ($n=45$)	大运动量组 ($n=33$)
身高(cm)	168.90 \pm 5.38	170.46 \pm 5.80	169.88 \pm 6.06
体重(kg)	60.18 \pm 4.25	60.87 \pm 6.17	62.92 \pm 12.36
体质指数(kg/m ²)	21.12 \pm 1.62	20.94 \pm 1.68	21.82 \pm 4.54
收缩压(mmHg)	114.91 \pm 6.10	116.67 \pm 6.96	115.15 \pm 7.69
舒张压(mmHg)	61.54 \pm 9.63	63.75 \pm 8.45	63.14 \pm 8.71
心率(次/min)	63.07 \pm 6.20	66.67 \pm 11.69	64.64 \pm 6.20
肌钙蛋白 I(ng/mL)	0.031 \pm 0.006	0.032 \pm 0.007	0.028 \pm 0.008 [#]
天门冬氨酸氨基转移酶(U/L)	27.10 \pm 7.54	34.33 \pm 25.89	27.64 \pm 6.65
乳酸脱氢酶(U/L)	243.93 \pm 33.37	259.49 \pm 145.51	255.90 \pm 40.47
肌酸激酶(U/L)	411.69 \pm 375.93	701.20 \pm 196.32	412.51 \pm 248.05
肌酸激酶同工酶(U/L)	18.38 \pm 6.36	21.93 \pm 17.63	19.45 \pm 4.22
缺血修饰白蛋白(U/mL)	50.52 \pm 1.64	50.18 \pm 1.85	49.81 \pm 2.26
肌红蛋白(ng/mL)	59.31 \pm 23.87	83.78 \pm 40.94	62.33 \pm 25.84
儿茶酚胺(pg/mL)	296.61 \pm 80.65	317.43 \pm 97.442	303.11 \pm 52.31
去甲肾上腺素(pg/mL)	241.16 \pm 73.87	251.51 \pm 92.09	244.32 \pm 47.88
肾上腺素(pg/mL)	39.11 \pm 9.20	39.51 \pm 11.76	34.01 \pm 6.91 ^{*#}
多巴胺(pg/mL)	23.33 \pm 9.17	26.40 \pm 10.78	24.78 \pm 8.90
白细胞介素-6(ng/L)	1.12 \pm 0.91	3.43 \pm 2.71	2.7 \pm 1.33
超敏 C-反应蛋白(mg/L)	0.89 \pm 0.71	2.16 \pm 1.02	1.10 \pm 1.06
葡萄糖(mmol/L)	4.18 \pm 0.55	4.33 \pm 0.63	4.21 \pm 0.50

1 mmHg=0.133 kPa;与对照组比较,* $P<0.05$;与波动量组比较,# $P<0.05$

2.2 对照组新兵静息状态前后 生命体征、心肌损伤标记物、CA 等水平变化 对照组 30 名新兵保持静息状态前后 30 min 的血压、心率及 AST、LDH、CK、CK-MB、MB、TnI 等心肌损伤标记物水平及 CA、E、NE、DA 水平差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

表 2 对照组新兵静息状态前后生命体征、心肌损伤标记物、CA 等水平变化($\bar{x}\pm s$)

指标	静息前	静息后	P 值
收缩压(mmHg)	114.91 \pm 6.10	115.09 \pm 6.98	0.269
舒张压(mmHg)	61.54 \pm 9.63	62.63 \pm 8.26	0.591
心率(次/min)	63.07 \pm 6.20	63.80 \pm 9.01	0.754
肌钙蛋白 I(ng/mL)	0.031 \pm 0.006	0.032 \pm 0.009	0.507
天门冬氨酸氨基转移酶(U/L)	27.10 \pm 7.54	29.97 \pm 6.74	0.129
乳酸脱氢酶(U/L)	243.93 \pm 33.37	249.20 \pm 32.35	0.540
肌酸激酶(U/L)	411.69 \pm 375.93	408.60 \pm 127.73	0.656
肌酸激酶同工酶(U/L)	18.38 \pm 6.36	18.53 \pm 3.01	0.905
缺血修饰白蛋白(U/mL)	50.52 \pm 1.64	50.90 \pm 1.56	0.362
肌红蛋白(ng/mL)	59.31 \pm 23.87	60.30 \pm 25.14	0.278
儿茶酚胺(pg/mL)	296.61 \pm 80.65	309.67 \pm 109.20	0.125
去甲肾上腺素(pg/mL)	241.16 \pm 73.87	247.31 \pm 105.37	0.311
肾上腺素(pg/mL)	39.11 \pm 9.20	41.38 \pm 11.87	0.149
多巴胺(pg/mL)	23.33 \pm 9.17	25.92 \pm 14.66	0.152
白细胞介素-6(ng/L)	1.12 \pm 0.91	1.40 \pm 2.11	0.103
超敏 C-反应蛋白(mg/L)	0.89 \pm 0.71	1.09 \pm 1.11	0.100
葡萄糖(mmol/L)	4.18 \pm 0.55	4.03 \pm 0.62	0.249

1 mmHg=0.133 kPa

2.3 训练组新兵训练前后 生命体征、心肌损伤标记物、CA 等水平变化 训练组 78 名新兵训练后血压、心率较训练前明显升高,心肌损伤标记物也较前均有不同程度升高,其中 AST、LDH、CK、CK-MB、MB 运动后较运动前有显著升高($P<0.05$),TnI 较运动前也有所升高,但差异无统计学意义($P>0.05$)。新兵运动后的 CA、E、NE 水平较运动前显著升高($P<0.05$)。见表 3。

2.4 入组新兵静息/训练后 生命体征、心肌损伤标记物、CA 变化水平对比 与对照组比较,波动量组和大运动量组新兵的收缩压、心率、AST、LDH、CA、E 变化水平均明显升高($P<0.05$);与波动量组比较,大运动量组新兵 TnI、CA、E、NE 升高水平均明显降低($P<0.05$)。见表 4。

表 3 训练组新兵训练前后生命体征、心肌损伤标记物、CA 等水平变化 ($\bar{x} \pm s$)

指标	运动前	运动后	P 值
收缩压 (mmHg)	115.15±7.93	128.42±7.37	<0.001
舒张压 (mmHg)	63.42±8.43	69.77±7.37	0.002
心率 (次/min)	66.19±8.97	87.73±8.74	<0.001
肌钙蛋白 I (ng/mL)	0.031±0.007	0.032±0.008	0.056
天门冬氨酸氨基转移酶 (U/L)	30.80±17.03	42.00±21.75	<0.001
乳酸脱氢酶 (U/L)	268.56±185.95	295.57±106.58	<0.001
肌酸激酶 (U/L)	519.86±1225.52	580.60±1298.57	0.024
肌酸激酶同工酶 (U/L)	20.03±11.25	24.63±12.62	<0.001
缺血修饰白蛋白 (U/mL)	50.16±1.89	57.58±2.14	<0.001
肌红蛋白 (ng/mL)	71.02±88.82	103.05±100.23	<0.001
儿茶酚胺 (pg/mL)	291.09±89.80	834.41±250.40	<0.001
去甲肾上腺素 (pg/mL)	233.72±82.24	697.48±235.95	<0.001
肾上腺素 (pg/mL)	33.42±10.91	112.89±47.86	<0.001
多巴胺 (pg/mL)	23.95±10.35	24.08±7.30	0.225
白细胞介素-6 (ng/L)	3.42±2.71	4.94±3.35	<0.001
超敏 C-反应蛋白 (mg/L)	1.50±2.80	1.53±2.81	0.735
葡萄糖 (mmol/L)	4.25±0.59	4.52±0.96	0.080

表 4 入组新兵静息/训练后生命体征、心肌损伤标记物、CA 变化水平对比 ($\bar{x} \pm s$)

指标	对照组 (n=30)	波动量组 (n=45)	大运动量组 (n=33)
收缩压 (mmHg)	5.54±2.11	13.67±1.21*	11.93±2.10*
舒张压 (mmHg)	3.77±2.65	6.89±2.56	5.97±2.92
心率 (次/min)	2.08±1.10	19.62±6.54*	16.38±5.25*
肌钙蛋白 I (ng/mL)	0.001±0.001	0.003±0.002	0.001±0.001#
天门冬氨酸氨基转移酶 (U/L)	2.63±2.54	9.64±8.99*	8.91±7.66*
乳酸脱氢酶 (U/L)	5.65±5.30	46.22±25.98*	40.39±21.30*
肌酸激酶 (U/L)	46.64±29.18	53.78±16.28	46.75±27.56
肌酸激酶同工酶 (U/L)	2.89±1.83	4.02±3.83	4.05±3.52
缺血修饰白蛋白 (U/mL)	1.98±1.06	3.08±1.08	2.51±2.10
肌红蛋白 (ng/mL)	18.03±10.24	28.93±19.94	25.51±20.81
儿茶酚胺 (pg/mL)	308.92±166.10	567.40±317.30*	457.03±150.23**
去甲肾上腺素 (pg/mL)	430.64±346.13	483.59±295.53	384.46±138.41#
肾上腺素 (pg/mL)	33.56±19.32	87.35±50.22*	66.49±41.76**
多巴胺 (pg/mL)	2.97±1.80	4.43±1.91	3.04±1.70

与对照组比较, * $P < 0.05$; 与波动量组比较, # $P < 0.05$

3 讨 论

EIMI 是指过度负荷运动或不适宜的运动对心脏造成的不良影响,临床表现为心脏形态学改变、心肌损伤标志物异常、运动性心律失常、心功能减低、晕厥甚至运动性猝死等^[1]。其中以运动性心肌微损伤较为多见,即高强度运动时引起心肌细胞

缺氧缺血性改变,损伤程度相对较轻,无大面积心肌梗死,通常无特异性临床表现和心电图改变,可出现心肌间质水肿、间隙增宽、线粒体数量和糖原增加甚至肌原纤维部分断裂等病理改变^[4-5]。

EIMI 可有心肌损伤标记物水平的异常升高。本研究中,完成首次 5 km 长跑的训练组新兵 AST、LDH、CK、CK-MB、MB、IMA 水平较训练前有显著升高,与既往研究相符^[6]。TnI 水平较前也有所升高,但无明显差异,可能与运动后取血时间有关。TnI 仅来源于心肌细胞,但在急性心肌损伤后 2~4 h 开始升高,对检测时间有一定要求。

目前认为机体神经内分泌改变是引起 EIMI 的主要机制之一^[7]。当机体处于高强度运动状态时,交感-肾上腺素系统被激活,兴奋性增高,血液中包含 E、NE 和 DA 在内的 CA 水平激增,引起心血管和交感神经系统的病理反应,导致心率增快、全身血管阻力增大、冠状动脉痉挛、心肌缺血造成心肌损伤和坏死^[8-10]。其具体机制存在争议,一种假说是由组织蛋白酶诱导的直接心肌毒性^[11],另一种假说则是由微血管痉挛引起的急性短暂性缺血作,继而导致心肌顿抑间接损害心肌,高强度军事训练时交感神经激活,CA 和内皮素激增可引起冠脉痉挛、微循环功能障碍,导致心肌顿抑^[8,12]。本研究中,新兵战士完成 5 km 长跑高强度军事训练后 CA、N 及 NE 水平较前均显著升高,与心肌损伤标记物变化水平一致,而静息状态下的对照组 CA 水平则无明显变化,可以认为高强度运动对躯体产生应激时儿茶酚胺水平激增,并可能进一步导致了 EIMI,这与目前上述假说相符。此外,高强度训练使细胞因子的激活,介导心肌局部炎症细胞的黏附和浸润,也是引起的发生 EIMI 的机制之一^[13]。本研究也检测了新兵战士高强度训练前后 IL-6 及 CRP,结果表明运动后 IL-6 水平较前显著升高,提示炎症因子激活可能与 EIMI 发生相关,但其机制需进一步探索。

适量的运动负荷可引起心肌绝对或相对缺血缺氧,逐渐提高心肌组织缺血耐受能力,对心肌产生保护作用。研究表明适当的运动负荷可降低心肌损伤标记物升高幅度^[14-15]。本研究中,大运动量组患者平素保持有适当的运动强度、时间和频率,具有良好的运动习惯,该组新兵运动后心肌损伤标记物变化水平均小于波动量组,其中 TnI 升高水平显著低于波动量组,提示平时适当运动能减轻首次

高强度运动所致的心肌损伤。本研究还对比分析了 2 组间运动前 CA 水平及运动后 CA 的变化水平,结果表明运动前大运动量组 CA、E、NE 及 DA 的基线水平低于波动量组,提示该组新兵基础状态下交感兴奋性相对较低,有助于降低心肌耗氧,减轻心脏负荷^[16]。此外,本研究还发现大运动量组运动后 CA、E、NE 变化水平明显低于波动量组,该组新兵的交感神经系统较为稳定,这提示良好的运动习惯、适当的运动负荷可以减轻高强度训练时交感神经系统的过度激活,降低 CA 的激增水平,可以使心肌避免在高浓度 CA 中的急性暴露,对心肌产生内源性的保护作用,减轻心肌损伤,降低心肌损伤标记物升高水平。EIMI 在高强度军事训练中常见,新兵作为发生 EIMI 的高危群体,科学施训尤为重要,在进行高强度军事训练前,进一步优化运动习惯、接受适当的运动负荷形成运动预适应可能是减少 EIMI 发生、提高作训能力的重要方法^[1],对保障健康安全施训、提高部队战斗能力具有重要意义。

综上所述,5 km 长跑高强度训练可引起新兵心肌损伤标记物升高,导致心肌微损伤,但未引起严重心肌坏死,可能与 CA 激增有关。保持适当的运动强度、频率和时间,养成良好的运动习惯可避免新兵高强度训练时交感神经系统的过度激活,减少 CA 释放,减轻心肌损伤程度,对心肌具有保护作用。对高强度训练后不同时间的心肌损伤标志物和 CA 水平及其动态变化尚待进一步观察研究。

【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] 刘梦露,刘华龙,洪 葵. 儿茶酚胺与应激性心肌病发病机制的研究进展[J]. 中国心脏起搏与电生理杂志,2019,33(2):160-162.
- [3] 赵 毅,张国礼,徐凯扬. 体育锻炼对身体自尊的影响[J]. 体育大视野,2018,8(3):246-250.
- [4] Ping Z, Zhang LF, Cui YJ, *et al.* The Protective Effects of Salidroside from Exhaustive Exercise-Induced Heart Injury by Enhancing the PGC-1 α -NRF1/NRF2 Pathway and Mitochondrial Respiratory Function in Rats [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2015. doi: 10.1155/2015/876825.
- [5] 徐 鹏,康 亭,刘海燕,等. 力竭运动后不同时相大鼠心电图、心功能变化及 Nrf2 的作用[J]. 中国应用生理学杂志,2016,32(2):146-151.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Watanabe M, Izumo M, Akashi YJ. Novel understanding of takotsubo syndrome [J]. *Int Heart J*, 2018, 59(2):250.
- [9] 谢 亮,刘挺松,宫剑滨. 应激性心肌病的研究进展[J]. 东南国防医药,2015,17(1):70-72.
- [10] 刘军杰,梁 斌,杨晓梅,等. 心理应急大鼠血浆 NO 水平及内皮细胞 NO 调控蛋白表达的变化[J]. 医学研究生学报,2014,27(11):1124-1127.
- [11] Land S, Niederer SA, Louch WE, *et al.* Computational modeling of Takotsubo cardiomyopathy: effect of spatially varying β -adrenergic stimulation in the rat left ventricle [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2014, 307(10):H1487-H1496.
- [12] Chen W, Dilsizian V. Exploring the Pathophysiology of takotsubo cardiomyopathy [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2017, 19(6):53.
- [13] 王晓春,梁玉记,王 燕,等. NF- κ B-p65, ICAM-1 和细胞凋亡在力竭性运动诱发延迟性心肌损伤中的作用[J]. 心脏杂志,2013,10(2):240-242.
- [14] 李晶晶,徐 鹏,平 政,等. 运动预适应对力竭大鼠心功能的影响[J]. 解放军医药杂志,2019,31(7):9-14.
- [15] 孟 丹,李 鹏,黄 雄,等. 短期和长期运动预适应对力竭大鼠心肌损伤的保护作用[J]. 中国应用生理学杂志,2017,33(6):531-534.
- [16] 马 涛,高炳宏,李 涛. 8 周有氧水上划艇训练对赛艇运动员某些儿茶酚胺和心率变异性指标的影响[J]. 中国应用生理学杂志,2019,35(3):219-222.

(收稿日期:2021-07-16; 修回日期:2021-09-23)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一超)