

# 女子田径运动员免疫细胞对不同运动负荷应答及恢复的特征\*

Characteristics of response and recovery to different exercise load of female athletes' immunologic cell

任保莲 Bao-Lian Ren, 王德平 De-Ping Wang

任保莲, 王德平, 集美大学体育学院运动人体科学教研室, 福建省厦门市 361021

任保莲, 女, 1963年生, 河南省安阳市人, 汉族, 2000年北京体育大学硕士毕业, 副教授, 主要从事运动医学研究。 Wdp565@sina.com

电话: +86-592-6180031

福建省教育厅自然科学基金资助(JB02360)\*

中图分类号 R87 文献标识码 A 文章编号 1671-5926(2003)27-3776-02

收稿日期 2003-06-18 修回日期 2003-07-26 (14/NL)

Bao-Lian Ren, De-Ping Wang, Science of Sports and Body Staff room, Physical Education Institute of Jimei University, Xiamen 361021, Fujian Province, China

Bao-Lian Ren, Female, Han nationality, Born in Anyang, Henan Province, Master, Graduated from Beijing Sport University in 2000, Associate professor, Research direction: sports Medicine. wdp565@sina.com

Telephone: +86-592-6183332

Supported by: Natural Science Foundation of Education Department of Fujian Province, No. JB02360\*

Received: 2003-06-18 Accepted: 2003-07-26

## Abstract

**AIM:** To observe responsive changing characteristics of different exercise load of female athletes' immunologic cell, and explore its possible mechanism.

**METHODS:** Nine females athlete of 400 m-run from the track and field team of Shaanxi province were involved. Their serum lactic acid content was determined by YSI-1500 SPORT auto-analyser of serum lactic acid, and blood immune indice[White blood cell(WBC) total amount, lymphocyte, neutrophil, mononuclear phagocyte] by MET BC-2000 auto-analyser of blood cell, before and after the training of large amount and intensity.

**RESULTS:** ① Just after heavy stress training, lymphocyte obviously increased ( $t=2.31, P<0.05$ ). WBC count, neutrophil obviously increased ( $t=7.07-7.15, P<0.01$ ), mononuclear phagocyte obviously increased by 64%, but had no significant difference ( $t=1.59, P>0.05$ ). After 3 hours' recovery, the decreasing range of WBC count was not obvious ( $t=5.46, P<0.01$ ), and lymphocyte kept increasing and was 2.3 times as high as before the training ( $t=5.10, P<0.01$ ). Mononuclear phagocyte and lymphocyte had recovered as the level before training. ② Just after the match, WBC count, lymphocyte, neutrophil obviously increased by 71%, 66%, 120% ( $t=3.04-4.84, P<0.01$ ), mononuclear phagocyte significantly increased by 65%, but had no significant difference ( $t=2.23, P>0.05$ ) compared with those before match. After 3 hours' recovery, the decreasing range of WBC count was not obvious ( $t=3.56, P<0.01$ ), neutrophil kept increasing and was 2.2 times as high as before the training ( $t=7.59, P<0.01$ ). ③ 24 hours after load exercise, all indices recovered on the whole.

**CONCLUSION:** Immunocyte can increase after different exercise load, but their increasing extents have significant differences. It shows that response affect not only the distribution of WBC (especially granulocytic cell) in circulating pool, may also affect the functional status of mitotic pool and reserving pool. This characteristic has active meaning for improving training effect.

Ren BL, Wang DP. Characteristics of response and recovery to different exercise load of female athletes' immunologic cell. *Zhongguo Linchuang Kangfu* 2003; 7(27): 3776-7

## 摘要

**目的:** 观察女子田径运动员免疫细胞对不同运动负荷的应答性变化特征, 探讨其可能机制。

**方法:** 在陕西省田径队女子 400 m 跑运动员 ( $n=9$ ) 大运动量、大强度训练前后, 应用 YSI-1500 SPORT 血乳酸自动分析仪测定全血乳酸含量及应用 MET BC-2000 全自动血球分析仪对血液免疫指标(白细胞总数、淋巴细胞、中性粒细胞、单核-巨噬细胞)进行测定。

**结果:** ①大运动量训练后即刻, 淋巴细胞显著升高 ( $t=2.31, P<0.05$ ), 白细胞计数、中性粒细胞非常显著升高 ( $t=7.07-7.15, P$  均

0.01 以上), 单核细胞高于运动前 64%, 但无显著性差异 ( $t=1.59, P>0.05$ ), 恢复 3 h 后, 白细胞计数回降幅度不大 ( $t=5.46, P<0.01$ ), 中性粒细胞在继续升高, 达运动前的 2.3 倍 ( $t=5.10, P<0.01$ ), 单核细胞、淋巴细胞已恢复到运动前水平。②比赛后即刻, 白细胞计数、淋巴细胞、中性粒细胞在赛后即刻分别显著高于比赛前 71%, 66%, 120% ( $t=3.04-4.84, P$  均  $<0.01$ ), 单核细胞高于赛前 65%, 但无显著性差异 ( $t=2.23, P>0.05$ ), 恢复 3 h 后, 白细胞计数回降幅度不大 ( $t=3.56, P<0.01$ ), 中性粒细胞在继续升高, 达比赛前的 2.2 倍 ( $t=7.59, P<0.01$ ), 单核细胞、淋巴细胞已恢复赛前水平。③两种负荷运动后 24 h, 各指标均基本恢复。

**结论:** 免疫细胞在不同运动负荷后均会上升, 但上升幅度间差异非常大, 表明应答不仅影响循环池中白细胞(尤其是粒细胞)的分布, 而且可能影响到分裂池与储备池的功能状态, 考虑到此特征对改善训练效果有积极的作用。

**关键词:** 运动; 乳酸; 免疫细胞

任保莲, 王德平. 女子田径运动员免疫细胞对不同运动负荷应答及恢复的特征 [J]. *中国临床康复* 2003 7(27): 3776-7

http://www.zglckf.com/2003ml/03-27zy.htm

## 0 引言

剧烈运动可导致比较强烈的免疫抑制<sup>[1]</sup>, 使运动员身体承受运动负荷能力降低, 对疾病易感性上升<sup>[2]</sup>。运动性免疫抑制包括长期训练所产生的免疫抑制效应与一次性运动负荷所形成的免疫抑制现象。本文旨在探讨免疫细胞对不同运动负荷的应答及恢复规律, 对于科学安排训练与比赛, 保证运动员的身体健康, 挖掘运动员的最大潜能, 具有非常重要的意义。

### 1 对象和方法

**1.1 对象** 陕西省田径队女子 400 m 跑运动员 9 名, 其中健将级 4 名, 1 级 3 名, 2 级 2 名。平均年龄 ( $17.2 \pm 2.4$ ) 岁, 体质量 ( $58 \pm 7$ ) kg, 身高 ( $171 \pm 8$ ) cm, 训练年限 ( $3.9 \pm 1.2$ ) 年。

### 1.2 方法

**1.2.1 血乳酸测定** 取肘部静脉血 20  $\mu$ L, 用 YSI-1500 SPORT 血乳酸自动分析仪测定全血乳酸含量。

**1.2.2 血液免疫指标测定** 白细胞总数; 淋巴细胞; 中性粒细胞; 单核-巨噬细胞, 使用美国 MET BC-2000 全自动血球分析仪进行计数。

**1.2.3 实验步骤** 运动员充分休息 48 h 后进行大运动量训练。分别在训练前、训练后即刻、恢复 3 h、恢复 24 h 取肘部取静脉血样 3.5 mL。其中 20  $\mu$ L 用于测试血乳酸, 3 mL 用无菌抗凝测定血细胞。大运动量训练课结束充分休息 70 h 后进行模拟 400 m 跑比赛。取血时间和取血量以及测试指标同上。

**1.2.4 大运动量、大强度训练的内容及要求** 一次大运动量训练课的内容及要求: ①变速跑 (跑 100 m, 强度 85%~90% + 走 100 m, 强度 20%~25%)  $\times 6$  组; ②间歇跑: [(跑 400 m, 强度 80%~85% + 走 200 m, 用 6 min) + (跑 500 m, 强度 80%~85% + 走 300 m, 用 8~10 min) + (跑 600 m, 强度 80%~85% + 走 300 m, 用 8~10 min)]  $\times 2$  组, 组间间歇 20 min; [(跑 600 m, 强度 80%~85% + 走 300 m, 用 8~10 min) + (跑 500 m, 强度 80%~85% + 走 300 m, 用 8~10 min) + (跑 400 m, 强度 80%~85% + 走 200 m, 用 6 min)]  $\times 2$  组, 组间间歇 20 min。大强度训

练的内容及要求:模拟400 m 跑步,强度为100%。

1.2.5 统计学处理 全部数据采用SPSS 10.0 统计软件包处理,结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示,对运动前后的显著性测定用 $t$ 检验。

## 2 结果

2.1 大运动量、大强度训练对女子田径运动员血乳酸的影响见表1。

表1 大运动量、大强度运动前后女子田径运动员血乳酸的变化  
( $\bar{x} \pm s, n=9, \text{mmol/L}$ )

运动负荷	运动前	运动后即刻	恢复3 h	恢复24 h
大运动量	0.71 ± 0.23	16.96 ± 1.67 <sup>a</sup>	2.66 ± 0.79 <sup>b</sup>	0.75 ± 0.21
大强度	0.71 ± 0.25	12.58 ± 0.87 <sup>a</sup>	1.03 ± 0.49	0.69 ± 0.20
$t$		30.62 <sup>a</sup> , 21.25 <sup>a</sup>	5.62 <sup>b</sup>	

与训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$ , <sup>c</sup> $P < 0.01$

2.2 大运动量、大强度运动对女子田径运动员白细胞及亚类的影响

2.2.1 大运动量训练对女子田径运动员白细胞及亚类的影响见表2。

表2 大运动量训练前后女子田径运动员白细胞及亚类的变化  
( $\bar{x} \pm s, n=9, \times 10^9/L$ )

白细胞及亚类	训练前	训练后即刻	恢复3 h	恢复24 h
白细胞	7.16 ± 1.28	13.86 ± 1.85 <sup>a</sup>	12.34 ± 1.85 <sup>a</sup>	6.93 ± 1.80
淋巴细胞	2.35 ± 0.44	3.43 ± 1.00 <sup>a</sup>	2.35 ± 0.76	2.08 ± 0.71
单核细胞	0.70 ± 0.28	1.15 ± 0.61 <sup>d</sup>	0.51 ± 0.15	0.52 ± 0.18
中性粒细胞	4.11 ± 1.02	9.28 ± 1.38 <sup>b</sup>	9.45 ± 2.43 <sup>b</sup>	4.32 ± 0.21
$t$		7.07 <sup>a</sup> , 2.31 <sup>a</sup> , 1.59 <sup>d</sup> , 7.15 <sup>b</sup>	5.46 <sup>a</sup> , 5.10 <sup>b</sup>	

与训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$ , <sup>c</sup> $P < 0.05$ , <sup>d</sup> $P > 0.05$

2.2.2 大强度运动对女子田径运动员白细胞及亚类的影响见表3。

表3 大强度运动前后女子田径运动员白细胞及亚类的变化  
( $\bar{x} \pm s, n=9, \times 10^9/L$ )

白细胞及亚类	运动前	运动后即刻	恢复3 h	恢复24 h
白细胞	7.16 ± 1.19	12.24 ± 2.30 <sup>a</sup>	11.71 ± 1.36 <sup>a</sup>	7.26 ± 1.48
淋巴细胞	2.35 ± 0.41	3.90 ± 0.64 <sup>a</sup>	2.24 ± 0.51	2.39 ± 0.31
单核细胞	0.70 ± 0.26	1.10 ± 0.33 <sup>d</sup>	0.44 ± 0.12	0.50 ± 0.11
中性粒细胞	4.11 ± 0.95	6.80 ± 1.87 <sup>b</sup>	9.03 ± 1.21 <sup>b</sup>	4.47 ± 1.35
$t$		4.65 <sup>a</sup> , 4.84 <sup>b</sup> , 3.04 <sup>d</sup> , 2.10 <sup>c</sup>	3.56 <sup>a</sup> , 7.59 <sup>b</sup>	

与训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$ , <sup>c</sup> $P > 0.05$ , <sup>d</sup> $P < 0.01$

## 3 讨论

3.1 免疫细胞对大运动量、大强度训练的应答性变化特征 本文结果表明从两种不同运动负荷后血乳酸分别迅速升高到了12.58 mmol/L及16.96 mmol/L水平来看,机体必然会动员各方面的潜能,来对这个剧烈运动产生的刺激做出应答,而作为机体重要的防御功能—免疫功能也在机体运动前后表现出自己特有的应答性变化及恢复特征。本文结果还显示白细胞总数在大运动量、大强度训练后即刻剧升,但在恢复3 h,由于受其主要成分中性粒细胞居高不下的影响,仍处于较高水平,至24 h基本恢复至安静值。而在3种亚类中,淋巴细胞均表现出运动后剧升、恢复3 h后恢复。尤其值得注意的是,中性粒细胞呈现出自己所独有的变化:运动后即刻与其他两种亚类一样也有上升,但上升幅度相对较小,可是至恢复3 h不仅未见降低,反继续明显上升,直至恢复24 h时才基本恢复。Shinkai等<sup>[3]</sup>报道运动引起白细胞增加主要是淋巴细胞和中性粒细胞增加的结果,McCarthy等<sup>[4]</sup>报道以高于75% VO<sub>2</sub>max的运动强度运动1 h以上,训练后外周血中性粒细胞表现为升高并持续2~4 h;淋巴细胞浓度在运动过程中是升高的,但在恢复期逐渐下降,在运动后2~4 h抑制最为深刻。与本研究结果基本一致。多数研究

认为,一次性大强度训练所导致细胞数目的变化一般在24~36 h后即可得到恢复,但其功能的恢复则需更长时间<sup>[5-7]</sup>。提示持续大运动量训练会引起这种抑制作用的积累,从而造成免疫功能不可逆的损害,这可能是许多运动员容易感染疾病的原因。

3.2 免疫细胞对大运动量、大强度训练应答性变化的可能机制 运动后即刻中性粒细胞升高的可能机制:运动时,交感神经兴奋,血液中的肾上腺素与糖皮质激素等应激激素明显上升,促使安静状态下处于边缘池的约等同于循环池数量的白细胞加速进入循环池及糖皮质激素,更可以促进中性粒细胞由储备池向循环池的加速移行,使循环池中的中性粒细胞升高。

恢复3 h后中性粒细胞继续升高的可能机制:运动结束后,在糖皮质激素激素后作用的缓慢影响及中性粒细胞只能由储备池进入循环池的双重作用下,中性粒细胞有很长一段时间继续由储备池大量迁移进入循环池继续大量地暂时性增加。另外,剧烈运动使肌肉产生微细结构损伤、血乳酸的大幅升高、内环境稳定性的破坏等剧烈变化,一方面会反馈性地促使分裂池加速增殖反应,另则加速中性粒细胞由储备池更多的经由循环池进入组织池。这样,使得循环池中中性粒细胞增加的效应远远大于使得循环池中中性粒细胞减少的效应,从而造成循环池中中性粒细胞一过性暂时堆积现象。恢复24 h中性粒细胞降低的可能机制:恢复期中组织池对中性粒细胞的极高需求,使得循环池中中性粒细胞加速进入组织池。另一方面,恢复期中,体内促进中性粒细胞分裂、增殖与促进其进入循环池的调节因素降低,如此使组织池中中性粒细胞大量增加所引起的负反馈效应会使得分裂池中中性粒细胞分裂减少,并使得储备池中中性粒细胞向循环池的移行减慢。这样,使得进入循环池的中性粒细胞减少。两者平衡的结果,循环池中中性粒细胞在恢复期24 h基本恢复至运动前安静水平。淋巴细胞应答性变化的可能机制:淋巴细胞自循环池中的移行方向具有双向性,即在机体需要时可以从循环池进入组织,也可以由组织进入循环池。在剧烈运动过程中,循环池中淋巴细胞剧增,其可能来源有三:第一,边缘池中的淋巴细胞自血管内皮大量脱落进入循环。第二,储备池中大量淋巴细胞进入循环池。第三,组织池中的淋巴细胞进入循环池。从而使得运动后即刻淋巴细胞迅速增加。基于同样理由,运动结束后,淋巴细胞会迅速沿着三条来路返回,恢复速率明显较中性粒细胞为快,使得循环池中淋巴细胞在恢复3 h即恢复至运动前水平。

综上所述,作为对比赛和大运动量的应答性反应,免疫细胞数量均会上升,但上升幅度间差异非常大,表明应答不仅影响循环池与边缘池中白细胞的分布,而且可能影响到分裂池与储备池的功能状态。了解了免疫细胞对不同运动负荷的应答及恢复规律,有助于更为合理地制定训练计划和运动处方。

## 4 REFERENCES

- Brunsgaard H, Hartkopp A, Mohr T, et al. In vivo cell-mediated immunity and vaccination response following prolonged, exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1176-81
- Nieman DC. Prolonged aerobic exercise, immune response, and risk of infection. // Hoffman-Goetz L. *Exercise and Immune Function*. New York: CRC Press 1996: 143-62
- Shinkai S, Shore S, She PN, et al. Acute exercise and immune function-Relationship between lymphocyte activity and changes in subset counts. *Sports Med* 1992; 13 (6): 452-61
- McCarthy DA, Dale MM. The leucocytosis of exercise. A review and model. *Sports Med* 1988; 6: 333-63
- Hinton JR, Rowbottom DG, Keast D, et al. Acute intensive interval training and in vitro T-lymphocyte function. *Sports Med* 1997; 18: 130-5
- Nieman DC, Pedersen BK. Exercise and immune function: Recent developments. *Sports Med* 1999; 27: 73-80
- Hu HQ, Tong ZG, Wang YX. The relationship between nitric oxide exercise and immunity. *Zhongguo Linchuang Kangfu* 2003; 7(15): 2246-7