



# 速滑运动员赛前训练阶段 IgG、IgM、IgA 及 IL-2、IL-6 水平变化分析

陶玉晶, 张 强

**摘要:** 为了了解我国优秀速滑运动员赛前阶段的机体免疫情况。对齐齐哈尔市冬季运动项目管理中心速滑队的 8 名女子 1500 m 项目运动员赛前训练阶段的 IgG、IgM、IgA 及 IL-2、IL-6 的水平进行测定。结果显示, IgM 在赛前第二周下降可能与 IL-2 的降低、皮质醇的升高有关。sIL-2R 浓度的升高中和活化的 T 淋巴细胞周围的 IL-2, 降低 IL-2 介导的免疫反应, 使 T 淋巴细胞逐渐静息, 导致机体免疫功能受到抑制。处于应激状态的特定环境之中, 以及免疫功能失调均可使 IL-6 的分泌水平升高; 从肌源性 IL-6 的角度分析, IL-6 的逐渐升高也可能与速滑运动员的运动负荷增加和滑行的肌肉收缩方式有关。皮质醇含量逐渐上升, 可能与调控 IL-2 降低其水平有关。

**关键词:** 速滑运动员; 赛前训练; 免疫球蛋白; 白细胞介素-2; 白细胞介素-6

中图分类号: G804.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2010)05-0070-03

Analysis of IgG, IgM, IgA, IL-2 and IL-6 Level of Speed Skating Athletes during the Pre-Competition Training Period

TAO Yu-jing, ZHANG Qiang

(Institute of Physical Education, Northeast Normal University, Jilin Changchun 130024, China)

**Abstract:** In order to find out the immune conditions of China's elite speed skating athletes during the pre-competition period, a test was made on the level of IgG, IgM, IgA, IL-2 and IL-6 of the eight female 1500m speed skaters. The result shows that IgM decrease in S2 may be related to IL-2 decrease and increase of cortex. The increase of sIL-2R concentration neutralizes and activates IL-2 around T lymphocytes and lowers immune response introduced by IL-2. This leads to the gradual tranquility of T lymphocytes and results in inhibition of immune function. Special environment of stress and immune disorders may result in the increase of IL-6 secretion. From the angle of muscle-derived IL-6, gradual increase of IL-6 may relates to the increase of the training load and the method of muscle contraction. The gradual increase of cortex level may relates to the control and reduction of IL-2.

**Key words:** speed skating athletes; pre-competition training; immunoglobulin; IL-2; IL-6

免疫是人体重要的防御机能, 免疫水平也是人体体质的代表性指标之一。运动员在赛前阶段的免疫机能反映其身体状况, 可直接影响训练和比赛的成绩。大量文献表明, 运动负荷对人体免疫系统的影响为负相关关系<sup>[1]</sup>, 而速滑 1 500 m 既是典型的长时间大强度运动, 又属于运动员在寒冷状况下运动, 二者均易导致运动员的免疫机能下降, 形成“开窗”期。有学者针对速滑运动员在夏训期间免疫机能的变化进行研究, 发现运动员在此阶段免疫机能出现下降的现象<sup>[2]</sup>, 但赛前阶段免疫机能的变化, 以及处于寒冷环境应激对免疫机能的影响方面研究较少。因此, 本实验着重探讨 1 500 m 速滑运动员赛前阶段机体免疫球蛋白 IgM、IgG、IgA, 以及白细胞介素 IL-2、IL-6 水平的变化, 以便进一步探讨不同运动环境与强度条件下优秀速滑运动员免疫机能变化情况及 IL-2、IL-6 的作用机理。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

齐齐哈尔市冬季运动项目管理中心 8 名女子 1 500 m 速滑运动员, 其中运动健将 7 人, 一级运动员 1 人。所有实验对象均自愿参加本实验, 无代谢及免疫系统病史, 受试前 1 周内未患病, 未服用任何影响免疫功能的药物, 基本情况见表 1。

表 1 速滑运动员基本情况

Table 1 Basic Information of the Speed Skaters (N=8)

年龄 / 岁	身高 / cm	体重 / kg	训练年限 / 年
21.17 ± 2.36	165.46 ± 4.62	62.65 ± 9.19	7.88 ± 2.8

### 1.2 研究方法

2008-2009 年度全国速度滑冰联赛第一站赛前 3 周训练时

收稿日期: 2010-06-07

第一作者简介: 陶玉晶, 女, 副教授, 博士研究生. 主要研究方向: 体育教育训练学与体育社会学。

作者单位: 东北师范大学体育学院, 长春 130024



间,在准备期的陆、冰训练阶段,很少以100%的负荷强度安排训练,以运动员项目比赛成绩的85%的强度作为长距离训练负荷强度,其负荷总量也约占冰上总量的85%以上。速度训练的特点是负荷小(50%~70%),次数多(8~12次),组数少(3~6组),以最快的速度完成其规定的次数,组间休息为(2~3 min)。耐力素质训练的特点是负荷小(40%~50%),组数少(2~4组),次数多(>12次)。赛前训练第一周为S1,赛前训练第二周为S2,赛前训练第三周(赛前状态)为S3,于安静状态和每阶段后次日晨空腹采血,采集受试者肘静脉血5 ml。

速滑运动员赛前训练主要内容及强度设置为S1:以陆地训练为主,进行速度和速度耐力训练和陆地轮滑模仿为主,作业距离和组数减少50%~60%。S2:冰上练习前半周以速度和速度耐力训练为主,后半周内容不变速度耐力训练有所减少,速度训练稍有增加,并继续减少作业距离。S3:进行轻松的冰上滑行、少量的速度练习和各项项目的开圈练习。

IgM、IgG、IgA采用散射比浊法测定,仪器为北京康恩特医学技术有限公司生产的特定蛋白分析仪。白细胞介素-2(IL-2)、血清皮质醇和白细胞介素-6(IL-6)均采用放射免疫法测定,仪器为美国GPC公司生产的GAMMA-c12型γ计数器;试剂盒由北京北免东雅生物技术研究所提供。全部测试选用同一批号试剂,同一套仪器,由同一批人员操作。所有血清样品测试,于实验结束后一次性完成。

### 1.3 数据统计方法

对实验结果用平均数±标准差表示,应用Spss13.0统计分析软件中配对t检验判断各指标实验前后差异的显著性。

## 2 研究结果

### 2.1 运动员免疫球蛋白IgG、IgM、IgA的变化

在赛前阶段速滑运动员的免疫球蛋白IgG、IgM、IgA的变化各有特点。IgG、IgM指标在赛前阶段训练的第三周达到最低点,在第三周略有回升。IgA指标则随着赛前阶段训练而逐渐降低(见表2)。

表2 优秀女子1500m速滑运动员IgM、IgG、IgA的变化  
Table II Changes of IgM, IgG and IgA of the Elite Female 1500m Speed Skaters

	IgG/g·l <sup>-1</sup>	IgM/g·l <sup>-1</sup>	IgA/g·l <sup>-1</sup>
实验前	2.05 ± 0.66	11.80 ± 7.15	1.95 ± 0.98
S1	2.03 ± 0.42	10.71 ± 5.12	1.78 ± 0.57
S2	2.01 ± 1.32	9.48 ± 4.06*	1.77 ± 0.84
S3	2.06 ± 1.56	10.16 ± 6.48	1.74 ± 0.73

注: \*与各自实验前指标比较 P < 0.05

### 2.2 运动员血清IL-2和可溶性白细胞介素-2受体浓度的变化

运动员血清IL-2和可溶性白细胞介素-2受体(sIL-2R)浓度均随着赛前阶段训练呈现逐渐下降的趋势(见表3)。

### 2.3 运动员血清皮质醇和IL-6浓度的变化

由表4可见,优秀女子1500m速滑运动员实验中血清皮质醇在赛前阶段训练第二周达到最高值,在第三周逐渐下

降。IL-6系统随着赛前阶段训练逐渐升高。

表3 优秀女子1500m速滑运动员血清IL-2和可溶性白细胞介素-2受体浓度的变化

Table III Changes of Serum IL-2 and Soluble IL-2 Receptor Concentration of the Elite Female 1500m Speed Skaters

	IL-2/ng·ml <sup>-1</sup>	sIL-2R/ng·ml <sup>-1</sup>
实验前	2.99 ± 0.57	2.75 ± 0.55
S1	2.64 ± 0.53	2.35 ± 0.36
S2	2.39 ± 0.55*	2.34 ± 0.76
S3	2.43 ± 0.39	2.31 ± 0.42*

注: \*与各自实验前指标比较 P < 0.05

表4 优秀女子1500m速滑运动员血清皮质醇(C)、IL-6系统的变化

Table IV Changes of Serum Cortisol and IL-6 System of the Elite Female 1500m Speed Skaters

	C/ng·ml <sup>-1</sup>	IL-6/pg·ml <sup>-1</sup>
实验前	413.88 ± 53.34	98.32 ± 46.28
S1	419.16 ± 64.22	107.17 ± 38.79
S2	425.45 ± 66.92*	116.74 ± 32.08*
S3	416.67 ± 61.80	117.63 ± 37.56*

注: \*与各自实验前指标比较 P < 0.05

## 3 分析与讨论

### 3.1 IgG、IgM、IgA的变化

免疫球蛋白(Ig)是B细胞在抗原刺激下活化增殖并分化为成熟的浆细胞所分泌的具有抗体活性的糖蛋白分子。它除直接对抗相应病原微生物和毒素外,还能诱发其他各种功能,如补体活化、吞噬作用等,是机体非常重要的防御机能<sup>[3]</sup>。免疫球蛋白是机体抗感染的重要屏障,其中IgA、IgM、IgG对人体的免疫功能显示了重要作用,大强度运动,特别是力竭运动后,IgA、IgM、IgG含量显著下降,机体的免疫机能降低和抵御病原微生物的能力减弱,中等强度的有规律运动则提高血清IgA、IgM、IgG含量,增强机体的免疫功能<sup>[4]</sup>。目前,国内外学者发现长时间高强度运动导致免疫抑制反应,但不同项目、不同强度以及不同的运动时相对免疫球蛋白IgG、IgM和IgA产生不同的影响<sup>[5-7]</sup>。一些研究中,对IgG运动后在正常范围的增高认为是免疫机能增强,正常范围的降低认为是免疫下降。本实验对同负荷的陆地训练后的IgG指标2.03 ± 0.42 g/L与冰上训练后的IgG指标2.01 ± 1.32 g/L对比发现,二者的差异不具有显著性。运动员IgM的安静值在正常范围内,在赛前S1陆地训练阶段,由于保持了一定的负荷和强度,运动员的IgM指标从11.80 ± 7.15 g/L下降到10.71 ± 5.12 g/L;而在赛前S2冰上训练阶段,在负荷和强度几乎不变的情况下,IgM指标下降至9.48 ± 4.06 g/L,与安静状态下的差异具有显著性(P < 0.05);在赛前S3阶段,IgM指标有所回升为10.16 ± 6.48 g/L。IgA指标随着赛前S1、S2、S3阶段的进行而不断降低。研究结果显示,运动能提高细胞膜的通透性,有助于不同类型的蛋白进入到血液中,可提高淋巴液进入血液的速率,进而引起速滑运动员部分免疫球蛋白指标出现变化,IgM在S2下降可能与IL-2的降低、皮质醇的升高有关,IL-2可介导免疫反应进



行,其浓度的降低可引起免疫抑制,皮质醇可促进分解代谢,降低 IL-2 生成,同样抑制免疫应答,表明在此阶段运动员可能出现疲劳或营养不佳的状况。

### 3.2 免疫系统系统的变化

IL-2 系统包括 IL-2 和 sIL-2R,即血清白细胞介素-2 和可溶性白细胞介素-2 受体。IL-2 是免疫应答的关键介质,诱导 T 淋巴细胞的增殖和分化,又被称为 T 淋巴细胞生长因子,通过与免疫细胞上相应的受体结合,发挥免疫调节作用<sup>[8]</sup>。有关运动训练和比赛对 IL-2 的影响报道不一,尚久华等研究发现,比赛应激虽可导致多数运动员 IL-2 浓度低于正常值,但对 sIL-2R 浓度未产生明显影响。表明冰球比赛作为应激原对 IL-2 系统的影响是复杂的,受多方面因素影响的<sup>[9]</sup>。矫玮的实验表明,小鼠力竭游泳后脾细胞分泌的 IL-2 非常显著地下降<sup>[10]</sup>。有一些研究报道认为,运动训练使 IL-2 增加<sup>[11-14]</sup>。

研究发现,速滑运动员在赛前训练 S2 阶段 IL-2 指标由安静状态下的  $2.99 \pm 0.57$  ng/ml 下降至  $2.39 \pm 0.55$  ng/ml,与安静状态下的指标差异具有显著性 ( $P < 0.05$ )。说明随着运动负荷和强度的不断增大,IL-2 水平不断降低,冰上训练引发的寒冷应激可能对 IL-2 降低有影响。

一般认为,T 淋巴细胞释放 sIL-2R 是免疫细胞活化的结果,故 sIL-2R 升高被认为是机体特异性免疫激活的标志。作为机体免疫激活的一种非特异性指标,其水平的高低能反映与 T、B 淋巴细胞激活有关的某些疾病活动性、预后及对治疗的反应等。sIL-2R 在体内可作为 IL-2 的转运蛋白,能与 IL-2 结合并存在于血液中,延长其在体内的半衰期,并可使 IL-2 运送到远离 IL-2 的产生部位,从而起到正向免疫调节作用;sIL-2R 还有助于使活化的 T 淋巴细胞恢复为休止期细胞。可见 IL-2 与 sIL-2R 共同调节 T 淋巴细胞功能,防止 T 淋巴细胞过度激活。

sIL-2R 的升高很可能标志着一种免疫衰竭状态,即机体已不具备下调 sIL-2R 的能力。运动训练对 sIL-2R 的影响有升高、不变、下降的研究报道,这可能与运动负荷的大小、性质,受试者的生理机能、心理状态等因素有关。本研究结果显示,sIL-2R 水平随着赛前训练的进行在 S3 阶段下降,与实验前相比差异具有显著性 ( $P < 0.05$ ),说明 sIL-2R 浓度的升高中和活化的 T 淋巴细胞周围的 IL-2,降低 IL-2 介导的免疫反应,使 T 淋巴细胞逐渐静息,导致机体免疫功能受到抑制。

### 3.3 IL-6 系统的变化

而对那些免疫阈较低的运动员来说,运动负荷的增大与寒冷环境应激程度的增强等会使其过早出现免疫机能抑制;对于那些免疫应答水平过高的运动员来说,运动又会使免疫机能亢进,结果可能出现在同一运动负荷下 IL-6 浓度变化的不一致性。大强度运动本身即相当于免疫抑制剂,对于机体有正常免疫应答和免疫阈的运动员来说,冰球比赛作为应激原并未对其免疫系统造成本质损害,运动员仍具有自我调节能力<sup>[15]</sup>。

IL-6 与发热程度的关系最为密切。IL-6 通常被认为是一种具有抗炎作用的促炎因子。有学者认为通过 IL-6 来反映运动训练对机体炎症反应的影响。炎症反应是免疫系统功能活动的一种外在表现,从炎症反应的角度来研究运动与免疫的

关系对充实和完善运动免疫学的理论体系有重要意义。本实验表明,赛前训练阶段 S2、S3 的 IL-6 水平升高与安静状态水平  $98.32 \pm 46.28$  pg/ml 相比均具有显著性差异,与冰球比赛前后 IL-6 的研究一致。一方面说明速滑运动员处于应激状态的特定环境之中,机体通过下丘脑-垂体-肾上腺轴分泌各种神经递质及激素调控免疫系统的功能,从而使 IL-6 的分泌水平升高;另一方面,sIL-2R 浓度的升高可降低 T 淋巴细胞水平,免疫功能失调可导致 IL-6 过度分泌。从肌源性 IL-6 的角度分析,IL-6 的逐渐升高也可能与速滑运动员的运动负荷增加和滑行的肌肉收缩方式有关。

皮质醇是由肾上腺皮质分泌的一种糖皮质激素,在垂体产生的 ACTH 的作用下,在肾上腺皮质细胞线粒体内合成,并分泌入血。主要作用是参加物质代谢,维持体内糖代谢的正常进行,保持血糖浓度的相对稳定,可使淋巴细胞和嗜酸性粒细胞的数量减少,对免疫系统的调节有一定的作用,可降低 IL-2 的生成<sup>[16]</sup>。本研究中,随着赛前训练的进行,速滑运动员体内皮质醇的含量逐渐升高,并在 S2 阶段升至最高点  $425.45 \pm 66.92$  ng/ml 与安静状态下  $413.88 \pm 53.34$  ng/ml 的差异具有显著性。在 S3 阶段恢复期,皮质醇含量逐渐降低恢复原有水平。表明体内皮质醇对免疫系统具有一定的调节作用,降低了 IL-2 的生成,与先前的研究一致。

## 4 结论

4.1 运动引起速滑运动员部分免疫球蛋白的变化,尤其是 IgM 在赛前训练第二周下降可能与 IL-2 的降低、皮质醇的升高有关,表明在此阶段运动员可能出现疲劳或营养不佳的状况。

4.2 IL-2 和 sIL-2R 水平分别在赛前训练第二周和第三周阶段降低。

4.3 速滑运动员处于应激状态的特定环境之中,以及免疫功能失调均可使 IL-6 的分泌水平升高;皮质醇含量逐渐上升,可能与调控 IL-2 降低其水平有关。

## 参考文献:

- [1] 谢东北,郝选明.运动与免疫关系研究进展述评[J].体育学刊,2009,16(5):100-102.
- [2] 冯长坤,姜一兵,张艳梅,等.速滑运动员免疫指标监测与调控的研究[J].冰雪运动,1998,20(5):36-38.
- [3] 龚非力.医学免疫学[M].北京:科学出版社,2000,17-47.
- [4] 邢良美,李洁.运动对血清免疫球蛋白 IgA、IgM、IgG 的影响[J].吉林体育学院学报,2007,23(6):81-83.
- [5] 袁艳,陈栋.冬训期赛艇运动员免疫功能指标的观察与分析[J].贵州体育科技,2005,21(4):35-37.
- [6] 宋应华,户向明,周欣荣,等.赛前强化训练和比赛对优秀女子赛艇运动员免疫系统机能的影响[J].天津体育学院学报,2006,21(4):349-351.
- [7] 朱启娥.赛艇运动员不同训练周期后免疫系统及部分血液生化指标变化的研究[J].湖北体育科技,2006,25(6):654-656.



### 3 结论与建议

(1) 有训练者与无训练者之间的抛接控制能力有着明显的差异。而不同训练水平的运动员对于抛接控制能力也具有一定的差异性,训练水平越高,准确性越高,且呈现一定的阶段性。建议教练员在训练艺术体操运动员时,一定要高度重视本体感觉的训练,例如:可以采用综合感觉训练法,即充分发挥视觉(如可以看着镜子练习)、听觉(如音乐伴奏)、位觉(如在掌握空中动作时,可先降低高度或有保护带,体验空间三度感觉)与本体感觉间的相互作用,以便提高本体感觉能力,有效地加速运动技能的形成;采用直接帮助法,被动地完成动作体验法等<sup>[6]</sup>。教练员在训练艺术体操运动员时应注意,一定要鼓励运动员坚持不懈地进行训练,以使其本体感觉能力从量变达到质变,成绩产生一个大的飞跃。

(2) 本体感觉能力具有个体差异性,其既受后天运动训练的影响作用,也受到个人先天因素作用制约,故建议在今后的艺术体操训练中,不仅要重视对运动员这一能力的培养和强化。而且,还应注重对艺术体操运动员的选材。

(3) 本实验的测试方法能够反映出:艺术体操运动员上肢本体感觉能力的强弱,可以作为艺术体操运动员的选材与能力评定的参考指标。

#### 参考文献:

- [1] 陆耀飞,运动生理学[M].北京:北京体育大学出版社,2007:115-119、156-164.
- [2] 王爱兰著.艺术体操运动员训练之研究[M].北京:人民体育出版社,1991:14-29.
- [3] 王伟,陈瑞琴.少年艺术体操运动员选材中的几个问题[J].中国体育教练员,2001:37-38.
- [4] 祝蓓里,季浏.体育心理学[M].北京:高等教育出版社,2000:46-63.
- [5] 樊莲香,刁在箴.动作质量与编排创新的和合之美[J].体育与科学,2009(2):79-81.
- [6] 刘建邦.在体操教学、训练中培养学生本体感觉的探讨[J].体育函授,1994:113-114.

(责任编辑:何聪)

(上接第72页)

- [8] 张纛.实用运动免疫学[M].北京:北京体育大学出版社,2005,59-69.
- [9] 尚久华,徐艳玲,矫玮.冰球运动员比赛前后部分血液免疫指标变化[J].中国运动医学杂志,2008,27(2):209-211.
- [10] 矫玮.剧烈运动对机体免疫功能的影响以及检测与调节方法的研究[M].北京:北京体育大学出版社,2002,94-96.
- [11] 孙云霞,钱强.有氧健身操对女大学生免疫机能影响的研究[J].辽宁师范大学学报(自然科学版),2009,32(4):515-517.
- [12] 张虹,刘玉盛,刘兴华,等.游泳训练对外周单核细胞及细胞因子产生的影响[J].中国运动医学杂志,1997,16(4):64-65.
- [13] Weinstock C.(1997). Effect of exhaustive exercise stress on the cytokine response [J].*Med sci sports Exerc*,29(3):345.
- [14] Baum M, Kloepping M.K, Mueller S.M, et al.(1999). Increased concentrations of interleukin2-beta in whole blood culture supernatants after 12 weeks of moderate endurance exercise. 79(6):500-503.
- [15] 尚久华,姜秀国,王书彦,等.冰球运动员比赛期机体IL-6水平变化的分析[J].齐齐哈尔大学学报(自然科学版),2007,23(3):77-80.
- [16] 冯连世,李开刚.运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用[M].北京:人民体育出版社,2002,31-34.

(责任编辑:何聪)