

长时间剧烈运动对不同群体免疫系统的影响

A Review of the Effects of Prolonged and Strenuous Exercise on the Immune System of Different Groups

朱玲华
ZHU Ling – hua

摘 要:本文针对长时间剧烈运动对不同群体的免疫功能影响的研究进行综述,通过文献资料法对近几年的相关文献进行梳理,目的是揭示运动是否都能够对人体有益并且产生正面积积极的影响,为久坐人群和专业运动员提供运动参考。研究得出:对于久坐人群,只有适度运动才能增强人体的免疫功能,而大强度的运动会增加人体负担,使免疫功能受到抑制,从而增加免疫性疾病的感染率;对于专业运动员,长时间剧烈运动不可避免,需在专业教练员和职业医师的监测下进行训练。

关键词:剧烈运动;不同群体;免疫系统;淋巴细胞

中图分类号:G804 **文献标识码:**A **文章编号:**1008 – 2808(2021)01 – 0092 – 05

Abstract: This article mainly reviews and discusses the impact of prolonged and strenuous exercise on the immune function of different groups. Through the literature method to comb the relevant literature in recent years, the purpose is to reveal whether exercise can be beneficial to the human body and have a positive impact. Sedentary people and professional athletes provide sports reference. This article concludes that for sedentary people, only moderate exercise can enhance the body’s immune function, while high – intensity exercise will increase the burden on the body, suppress immune function, and increase the infection rate of immune diseases; for professional athletes, long – term severe Exercise is inevitable, and training needs to be carried out under the supervision of professional coaches and professional physicians.

Key words: Strenuous exercise; Different groups; Immune system; Lymphocytes

近几年,因运动而患免疫性疾病的人数不断增加,部分运动爱好者表示在运动后疲劳感加重,容易失眠,部分运动爱好者甚至在赛后感染感冒等疾病,严重影响之后的工作和学习效率。有文章提出,长时间的剧烈运动可能会导致免疫功能暂时性抑制,持续时间随着运动强度和运动时间的变化而不同,一般在运动后持续 3 到 24 小时^[1]。在运动时,细微的免疫参数的变化都会引起免疫功能发生

改变。通过谷歌学术、webofsci、知网等数据库搜索术语(运动、淋巴细胞、免疫、炎症等),没有日期限制,以英文文献为主,共 18 篇外文文献和 4 篇中文文献。纳入的研究实验对象为偶尔运动的久坐人群和专业运动员。对不同被试对象的运动负荷有不同要求,须为长时间剧烈运动。本文对运动免疫相关文献进行了梳理分析,总结长时间剧烈运动对不同群体免疫功能的影响,以及对部分免疫性疾病的

影响,为进行长时间剧烈运动的人群提供参考。

1 概念界定

1.1 长时间剧烈运动

运动强度、运动类型、运动频率、运动时间的改变以及不同的组合会给人体带来不同的效果。本文只针对长时间剧烈运动对人体免疫功能的影响进行研究述评。判断是否为长时间剧烈运动,通常采用运动时间和心率或耗氧量进行判断。长时间剧烈运动是指运动时间超过一小时,运动时平均心率达到 140 次/min 及以上,通常剧烈运动时会产生心率加快,运动表现下降和大量出汗的情况。

Warburton, D. E. R. 等人(2002 年)认为超过一小时的运动统称为长时间剧烈运动^[2]。而戈鹏研究认为运动时心率占本人最大心率的 40%~54% 或者最大耗氧量小于 50%,为低强度运动;心率占本人最大心率的 55%~59% 时或者最大耗氧量为 50%~69%,为中等强度运动;心率占本人最大心率的 70%~90% 或者最大耗氧量为 70%~90%,为高强度运动;运动时心率占本人最大心率的 90% 以上或者最大耗氧量大于 90%,为极量强度。具体见表 1^[3]。

表 1 长时间剧烈运动的界定			
作者	时间	心率	最大耗氧量
D E R Warburto	大于 60min	—	—
戈鹏	—	最大心率的 70%~90% 以上	最大耗氧量的 70%~90% 以上

1.2 免疫系统

机体一般通过免疫防御、免疫监视和免疫自身稳定来对疾病进行抵抗,抵抗效果会根据运动形式、运动强度、运动持续时间而发生变化。免疫指标包括免疫细胞(外周血白细胞、中性粒细胞、单核吞噬细胞、自然杀伤细胞、T 淋巴细胞等)、免疫球蛋白(IgA、IgG、IgM)、细胞因子(干扰素、白介素、肿瘤坏死因子)和补体等,这些免疫指标之间又是相互影响,相互制约,共同作用于免疫机能。免疫系统的功能很大程度上受到体育锻炼的影响^[4]。因此,运动的强度、持续时间和间隔时间都会对人体的免疫功能产生影响。而本文仅对免疫系统的核心部分淋巴细胞及其分支 T 淋巴细胞、Th1、Th2 等进行详细阐述。

2 长时间剧烈运动对免疫系统的影响

有学者发现在 1987 年洛杉矶马拉松赛后的一

周内,便有 14% 的专业运动员表示在赛后患了上呼吸道感染疾病^[5]。1902 年由 Larrabee 发表的一篇运动免疫学相关的文章,也是最早的相关研究之一,浅层次的解释了这一现象,其报道了参加 1901 年波士顿马拉松比赛的运动员在赛后中性粒细胞大量增加,而且“远远超出生理极限”的运动使白细胞发生变化,这一变化与某些患病和炎症状况下的变化极为相似。自这篇报道后,更多的学者开始关注长时间剧烈运动与免疫学的关系,发现长期和密集的训练和比赛会导致免疫学大量的改变,尤其与其他压力结合时,患病风险增加^[6]。

2.1 长时间剧烈运动对淋巴细胞的影响

淋巴细胞是免疫系统的核心部分,占外周血白细胞群的 20%~25%,其可以分为 T 淋巴细胞(T 细胞)、B 淋巴细胞(B 细胞)、自然杀伤(NK)细胞,T 淋巴细胞占比最多,为 60%~80%,具有响应免疫攻击产生促炎细胞因子和抗炎细胞因子的能力。在 T 淋巴细胞中,辅助性 T 细胞(Th)占比最多,约为 70%,细胞毒性 T 细胞(Tc)和调节性 T 细胞(Treg)亚群占 T 淋巴细胞的 30%。辅助性 T 细胞和细胞毒性 T 细胞可以极化为 1 型和 2 型。1 型 T 细胞(Th1)主要参与细胞介导的免疫,以对抗细胞内病原体,如病毒。2 型 T 细胞(Th2)主要参与体液免疫,这提供了对细胞外的病原体,特别是细菌病原体的保护作用^[7]。

2.1.1 长时间剧烈运动对久坐人群淋巴细胞的影响 Barriga C 等人(1990 年)通过 11 名久坐健康的男性和女性发现,在剧烈运动后,淋巴细胞浓度增加,T 淋巴细胞比例失衡^[8]。Shaw, D. M 等人(2017 年)发现剧烈运动将 T 淋巴细胞免疫转变为抗炎状态。这削弱了免疫系统对免疫攻击产生炎症反应的能力,这可能削弱对细胞内病原体(例如病毒)的防御,并增加感染和病毒再激活的风险^[5]。刘鸣等人(2018 年)也发现久坐人群在高强度运动后淋巴细胞数量上升^[9]。

2.1.2 长时间剧烈运动对专业运动员淋巴细胞的影响 Vinicius Coneglian, S 等人(2013 年)又对淋巴细胞的机制进行深入探究。研究发现马拉松会导致淋巴细胞中的 IL-2, TNF- α 和 IL-10 的产生分别减少 80%, 75% 和 50%。还通过对 21 名马拉松运动员进行随机分组,研究发现服用含有 DHA 鱼油的实验组能够刺激免疫功能,包括淋巴细胞增殖,从而改善获得性免疫。食用 EPA 鱼油的组能抑制白细胞功能,使淋巴细胞增殖和免疫力降低。在剧烈运动后的恢复期内淋巴细胞增殖能力受到抑制^[7]。Moreno - Villanueva, M 等人(2019

年)对受过训练和未受过训练的群体进行研究,发现高强度运动后虽然会影响人体的淋巴细胞,但是,受过训练的群体能快速恢复,因此增强有氧适应能力能保护人体的免疫系统免受损伤^[10]。

2.2 长时间剧烈运动对 Th1 和 Th2 的影响

T 辅助细胞和细胞毒性 T 细胞可以极化为 1 型或 2 型亚型。Th1 和 Th2 是免疫系统的重要组成部分,IFN- γ 由 Th1 和 NK 细胞一起产生,其功能是上调抗病毒机制,IL-4 由 Th2 产生并激活 B 细胞并使其转换为 IgE。Th1 和 Th2 均是由 CD4⁺ T 细胞受到 TCR 和细胞分裂因子激活所产生的^[4]。CD4⁺ T 细胞群的细胞因子产生是免疫调节的主要原因^[11]。Th1 主要参与细胞介导的免疫^[6],对细胞内病毒和细菌感染的保护性免疫反应很重要^[4],以对抗细胞内病原体,如病毒等。

2.2.1 长时间剧烈运动对久坐人群 Th1 和 Th2 的影响 Alireza Zamani 等人(2017 年)通过对 16 名久坐健康男性进行适度运动,研究运动前、运动后和静息后的血液指标发现,在运动后 PBMC 样品中,与运动前相比,IFN- γ 显著增加,在静息两个月后,IFN- γ 水平显著降低。IFN- γ 是诱导免疫转向 Th1 的最重要的细胞因子之一,在清除病原体和预防过敏性炎症中起着至关重要的作用,因此 IFN- γ 增加可以减少呼吸道感染和过敏发生率。IL-2 的生产能力显著提高,静息后能恢复到基线值。而适度运动并不会对 IL-6 和 IL-4 细胞因子产生影响^[12]。但在长时间的剧烈运动后却得出了不同的结果。有研究认为,外周 1 型 T 细胞的减少可能是由于对外周组织的重新分布和偏振组合,有利于向 2 型 T 细胞的转变,这可能抑制对免疫攻击的炎症反应并增加感染的风险和病毒的再激活。

2.2.2 长时间剧烈运动对专业运动员 Th1 和 Th2 的影响 Arnold L(2015 年)通过对 19 名即将参加马拉松比赛的运动员进行训练,发现 IFN- γ 和 IL-4 两者是反调节的,因此一种激活会抑制另一种的产生。运动可以是一种压力源,并根据其频率和强度,可以改变免疫功能,甚至改变基于炎症的疾病。与久坐人群相比,适量运动可以减少上呼吸道感染(URTI)的发生率,减少与过敏的相关症状;过量运动会增加 URTI 的发病率,炎症性疾病活动增加。并且发现,经常花费数月进行大量训练的马拉松运动员更有可能患上 URTI,并且过敏性疾病增加^[11]。Strobl B 等人(2018 年)也证实了这一结论。其对 20 名特异性和 39 名非特异性职业运动员进行了评估,发现高强度运动容易使 Th2 细胞因子的增加和抑制 Th1 细胞的分化,使得 Th1 和 Th2

的比例发生变化,这会导致免疫系统的不平衡,因此,重新建立 Th1 和 Th2 的平衡对于提高免疫力至关重要,运动量还会对过敏症状相关,尤其容易使特异性运动员的运动表现受损,因此在平时的训练过程中对运动员的常规检查便至关重要^[13]。研究还发现,耐力性运动员更容易发生特异性反应,而这容易诱发支气管收缩,这也会容易影响运动员的运动表现。Juszkiewicz A 等人(2019 年)发现剧烈运动后波兰赛艇队运动员 Th1 和 Th2 明显失衡, Th1/Th2 显著降低^[14]。国内朱政等人(2007 年)对 6 名专业青少年运动员进行一次小规模半程马拉松比赛,在赛后一个月再进行一次国际半程马拉松比赛,在赛后的 4 小时 IFN- γ 水平显著降低,但在赛后的 28 小时再次测量可以发现 IFN- γ 可以自主恢复,但不能恢复完全,作者通过针灸干预发现可以得到大程度的恢复^[15]。

2.3 长时间剧烈运动对自然杀伤细胞(NK 细胞)的影响

NK 细胞是大颗粒淋巴细胞,是淋巴细胞的分支之一,其可以介导针对各种肿瘤和病毒感染细胞的细胞溶解反应。NK 细胞还具有关键的非细胞溶解功能,可抑制某些病毒,细菌,真菌和寄生虫的微生物定植和生长。因此 NK 细胞在免疫防御中起到极为重要的作用。

2.3.1 长时间剧烈运动对久坐人群 NK 细胞的影响 Furusawa K 等人(2003 年)研究发现急性运动会致外周血 NK 细胞浓度和活性增加,急性运动对 NK 细胞功能和数量的影响取决于运动的类型和强度。一般情况下,在中度和剧烈运动期间,NK 细胞活动会短暂增加。普通人群在这种活动后会出现免疫抑制^[16]。Peres 等人(2018 年)发现久坐人群在长时间剧烈运动后 NK 细胞的数量没有显著变化,但是浓度却得到提高,说明 NK 活性的提高并不是由于 NK 细胞数量的增加^[17]。

2.3.2 长时间剧烈运动对专业运动员 NK 细胞的影响 Briviba 等人(2005 年)对半程马拉松运动员和全程马拉松运动员的免疫参数进行对比,发现 NK 细胞毒性都有所增加,并且半程马拉松运动员增加显著,此外,全程马拉松运动员运动前后 NK 细胞数量没有显著变化,而半程马拉松运动员的 NK 细胞数量在比赛结束时增加,这与显著提高的 NK 细胞毒性相关。而这可能与肾上腺素和皮质醇等激素的时间依赖性有关,在比赛后产生 IFN- γ 的产生能力降低有关,而 IL-4 无显著变化,这可能表明 Th1 比 Th2 的应激反应更为敏感^[18]。Nieman(2007 年)发现运动的负荷量和患上呼吸道

感染 (URTI) 的几率很大。马拉松运动前后的变化,反映了身体正在进行的生理压力。比赛前的大强度训练和比赛期间容易使中性白细胞增多和淋巴细胞减少,包括血液自然杀伤 (NK) 和 T 细胞的急剧下降。血液和脾脏 NK 细胞的细胞毒活性和 T 细胞功能降低。鼻中性粒细胞吞噬功能和粘膜纤毛清除率下降。鼻腔和唾液 IgA 浓度降低等^[19]。朱政等人 (2007 年) 也对 6 名专业中长跑运动员进行实验研究,发现在半程马拉松比赛后 4 小时和 28 小时,NK 细胞数量都呈逐渐下降的趋势,并且运动强度越大,NK 细胞变化就越明显^[20]。

从以上实验研究中可以发现,长期的训练会使专业运动员的 NK 细胞活性在静息状态下逐渐下降,抑制病毒、细菌、真菌和寄生虫的能力得到提升。但在单次的大强度运动后会使 NK 细胞的活性增强,并且 NK 细胞的数量会减少,这增加了患免疫性疾病的风险。

2.4 长时间剧烈运动对 CD4⁺/CD8⁺ 的影响

T 细胞通常通过其分化簇 (CD) 膜共受体 CD4⁺ 和 CD8⁺ 进行鉴定。CD4⁺ 细胞一般通过细胞因子信号传导调节免疫应答的细胞介导和体液臂,在调节各种免疫反应和自身免疫反应 T 细胞中发挥着核心作用,对过敏性疾病也起到一定作

用。1 型 T 细胞会产生促炎细胞因子等对 CD8⁺ T 细胞进行激活。CD8⁺ 细胞也能产生细胞因子,主要负责破坏受到病毒感染的细胞和一些肿瘤细胞,具有调节功能。CD8⁺ 还参与到唾液免疫球蛋白 A (IgA) 的生成,IgA 也是免疫抑制的影响因素之一,在人体的第一道防线中起到很大的作用^[13]。

2.4.1 长时间剧烈运动对久坐人群 CD4⁺/CD8⁺ 的影响 Michael Gleeson (2007 年) 认为在运动强度大于 15% 时,CD4⁺ 和 CD8⁺ 便开始向血液中移动,运动强度越大,外周血 CD4⁺ 和 CD8⁺ T 细胞水平就越大,在剧烈运动后 30 min,CD4⁺ 和 CD8⁺ 便开始上升,在运动后 1~2 h,CD4⁺ 和 CD8⁺ 便开始下降,但未恢复到基线水平,并且 CD8⁺ 的增长速度大于 CD4⁺,因此 CD4⁺/CD8⁺ 的比率便开始下降^[1]。

2.4.2 长时间剧烈运动对专业运动员 CD4⁺/CD8⁺ 的影响 Ida S. Svendsen (2001 年) 对 13 名专业自行车运动员进行为期 8 天的高强度训练,发现在训练后 CD4⁺ 数量显著减少^[21]。Ronsen, O 等人对 9 名运动员进行三轮实验,第一轮卧床休息,第二轮进行一回合训练,第三轮进行两回合训练,每个回合都进行 75 min,实验结果发现,进行两回合训练的运动员 CD4⁺ 浓度以及 CD8⁺ 浓度显著升高。具体见表 2^[22]。

表 2 长时间剧烈运动对免疫细胞的影响

群体	淋巴细胞		Th1 数量	Th2 数量	Th1/Th2 比率	NK 细胞			CD4 +		CD8 +		CD4 + /CD8 + 比率
	数量	浓度				数量	浓度	活性	数量	浓度	数量	浓度	
久坐人群	↑	↑	↓	↑	↓	→	↑	↑	↑	—	↑↑	—	↓
专业运动员	↑	—	↓	↑	↓	↓	—	↑	—	↑	—	↑	↓

3 结 论

适度运动会增强人体的免疫功能,而长时间的过度运动则会使人体产生“空窗期”,其中 Th1 和 Th2 不平衡、NK 细胞数量减少、CD4⁺/CD8⁺ 比率降低,致使淋巴细胞的功能受到抑制。此外,这些因素之间并不是能单独决定免疫功能的,而是相互影响的,相辅相成的,当某一指标发生变化时,也会抑制其相应的指标。

同时,不同群体对长时间剧烈运动所产生的反应不同。对于职业运动员,长时间剧烈运动是必不可少增加运动技能的过程,但在训练过程中,教练员和队医需对运动员保持密切关注,当运动员产生过度疲劳时需及时对运动员的训练计划进行调整,使其恢复或超量恢复,降低免疫性疾病发生的

可能性。对于久坐人群,长时间剧烈运动不是合适的运动强度,容易导致免疫功能抑制,锻炼过程中需循序渐进。

参考文献:

[1] Gleeson, M. Immune function in sport and exercise [J]. Journal of Applied Physiology, 2007, 103(2):693-699.

[2] Warburton, R D E. Biochemical changes as a result of prolonged strenuous exercise[J]. Br J Sports Med, 2002, 36(4):301-303.

[3] 戈鹏. 不同训练人群肌氧饱和度与运动强度评价指标相关性的研究[D]. 上海:上海体育学院,2019.

[4] Zhu J, Paul W E. Peripheral CD4 + T - cell

- differentiation regulated by networks of cytokines and transcription factors. [J]. Immunological Reviews, 2010:238.
- [5] David M. Shaw, Fabrice Merien, Andrea Braakhuis, et al. T – cells and their cytokine production: The anti – inflammatory and immunosuppressive effects of strenuous exercise [J]. Cytokine, 2018:104.
- [6] Larrabee R C. Leucocytosis after violent Exercise. [J]. The Journal of medical research, 1902, 7(1).
- [7] Santos V C , Levada – Pires A C , Samia Rocha Alves, et al. Effects of DHA – rich fish oil supplementation on lymphocyte function before and after a marathon race. [J]. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2013, 23(2):161 – 169.
- [8] Barriga C, Núez R, Maynar M, et al. Changes in the number of leukocytes and lymphocyte subpopulations induced by exercise in sedentary young people. [J]. Revista espanola de fisiologia, 1990, 46(2).
- [9] 刘鸣, 夏盈盈, 张淑兰, 等. 连续高强度间歇运动对中年久坐健康男性外周血淋巴细胞凋亡的影响[J]. 北京体育大学学报, 2018, 41(3):68 – 75.
- [10] Moreno – Villanueva M , Kramer A , Hammes T , et al. Influence of Acute Exercise on DNA Repair and PARP Activity before and after Irradiation in Lymphocytes from Trained and Untrained Individuals[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(12):2999.
- [11] Arnold L , Szagun B . Increased Circulating Anti – inflammatory Cells in Marathon – trained Runners [J]. International Journal of Sports Medicine, 2015, 94(10):832 – 836.
- [12] Alireza Z , Iraj S , Mahdi A H . Moderate Exercise Enhances the Production of Interferon – γ and Interleukin – 12 in Peripheral Blood Mononuclear Cells [J]. Immune Network, 2017, 17(3):186 – 191.
- [13] Strobl B , Maegerlein J , Janni W , et al. Immune and Inflammatory Response in Atopic Elite Endurance Athletes [J]. International Journal of Sports Medicine, 2018, 39(9):720 – 725.
- [14] Juskiewicz A, Glapa A, Basta P, et al. The effect of L – theanine supplementation on the immune system of athletes exposed to strenuous physical exercise. [J]. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2019, 16(1).
- [15] 朱政, 杨银田, 陈佩杰. 半程马拉松比赛后 4h 针灸干预的 Th1 与 Th2 特征自发性细胞因子基因表达的变化[J]. 广州体育学院学报, 2007, 27(2):108 – 110.
- [16] Furusawa K , Tajima F , Umezu Y , et al. Activation of natural killer cell function in recreational athletes with paraplegia during a wheelchair half – marathon race. [J]. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, 2003, 84(5):706 – 711.
- [17] Peres Alessandra, Dorneles Gilson P, Boeira Maria Carolina R, et al. Acute fish oil supplementation modulates the inflammatory response after strenuous exercise in obese men: A cross – over study [J]. Prostaglandins, leukotrienes, and essential fatty acids, 2018:137.
- [18] Briviba, Watzl, Nickel, et al. A half – marathon and a marathon run induce oxidative DNA damage, reduce antioxidant capacity to protect DNA against damage and modify immune function in hobby runners [J]. Redox Report, 2005, 10(6).
- [19] Nieman, David C. Marathon Training and Immune Function [J]. Sports Medicine, 2007, 37(45):412 – 415.
- [20] 朱政, 陈佩杰. 电针干预对中长跑运动员半程马拉松赛后免疫机能恢复的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2007(3):349 – 351.
- [21] Svendsen I S , Killer S C , Carter J M , et al. Impact of intensified training and carbohydrate supplementation on immunity and markers of overreaching in highly trained cyclists[J]. European Journal of Applied Physiology, 2016, 116(5):867 – 877.
- [22] Ronsen, O. , et al. Leukocyte counts and lymphocyte responsiveness associated with repeated bouts of strenuous endurance exercise. Journal of Applied Physiology, 2001, 91(1):425 – 434.