



# 体育运动何以缓解心理社会压力

## ——交叉适应假说与拮抗抑制假说的整合

娄 虎, 房立栋, 蒋青霞, 王若楠

(南通大学 体育科学学院, 江苏 南通 226019)

**摘要:**体育运动被视为缓解心理社会压力的有效手段,然而,也有研究认为体育运动的解压效应不显著,甚至还存在加重压力的现象。研究旨在回应体育运动缓解心理社会压力的争议,厘清体育运动影响心理社会压力的规律机制,提出科学合理的体育运动减压方案。研究认为,交叉适应假说和压力拮抗假说分别解释了体育运动与心理社会压力的部分关系;体育运动对心理社会压力的影响存在双系统作用机制,既可能通过下丘脑-垂体-肾上腺素轴促进压力反应系统的习惯化适应,也可能通过神经免疫、情绪、身体素质和微生物群-肠-脑轴促进压力反应系统的积极应对状态。基于双重机制提出适宜的运动方案:为缓解较大的心理社会压力,推荐选择瑜伽、太极、养生功法、户外行走或休闲体育等方式;为提高机体对心理社会压力的适应能力,推荐选择长期规律性的高强度和大运动量的间歇训练、耐力或抗阻运动。

**关键词:**运动;心理社会压力;交叉适应;压力拮抗

**中图分类号:**G804.8 **文献标识码:**A

心理社会压力的产生是指由经济困难、婚姻问题、学业不佳等生活变化事件诱发,引起机体适应性反应并导致内稳态失调等的一系列过程(崔荣荣, 2019; Gianaros et al., 2015)。心理社会压力已经被证明与免疫水平低下(Nakata, 2012)、记忆力下降(McManus et al., 2022)、高血压(Liu et al., 2017)、心血管疾病(Foguet-Boreu, 2020)、慢性肌肉疼痛(Buscemi et al., 2017)等多种疾病有关,可能导致乳腺癌、肺癌、结肠癌等至少12种癌症的恶化(Mohan et al., 2022)。目前,心理社会压力的干预手段主要有社会保障等政策手段(Gupta et al., 2022)、咀嚼等行为手段(Hashimoto et al., 2023)、营养调配等饮食手段(Herselman et al., 2022),以及正念和写作等心理调节手段(DiMenichi et al., 2018; Menardo et al., 2022)。体育运动是人们生活方式的重要组成部分,也是缓解社会心理压力的重要手段之一。例如,Wunsch等(2019)和Barahona-Fuentes等(2021)的研究揭示了体育运动的解压效应。然而,Athanasious等(2023)研究认为,不同类型的体育运动对压力反应系统指标的影响并不相同,甚至可能出现截然相反的结果。体育运动压力缓冲效应的争议可能影响到体育运动干预方案的推广实践,因此,厘清体育运动影响心理社会压力的规律机制,辨析不同体育运动对心理社会压力的影响,有助于发展科学的体育运动干

预方案,并为相关研究的进一步开展提供一定的理论参考。

### 1 体育运动影响心理社会压力的理论机制

#### 1.1 交叉压力适应假说的提出

Sothmann等(1996)提出了体育运动缓解心理社会压力的交叉压力适应假说,认为体育运动作为一种压力源反复刺激机体,诱导个体出现适应性变化,并且这种适应性也能够表现为个体面对其他压力源的反应减弱。交叉适应假说与主动健康的理念相似,即强调主动使人体处于可控非稳的“远离平衡态”,从而激发人体自组织能力,以达到消除疾病促进健康的目的(李祥臣等,2020)。交叉压力适应假说是一种重要的健康保护机制,强调机体会出现习惯化的中枢神经抑制,这种抑制使得机体能够将成功应对同型压力源所必需的生理反应最小化,而当异型压力源出现之后,机体也可能出现类似的成功应对反应(Chauhan et al., 2015)。交叉压力适应假说也是体育运动缓解压力的重要解释理论之一,它假设体育运动能

收稿日期:2023-06-17; 修订日期:2023-09-01

基金项目:国家社会科学基金教育学一般课题(BLA210215)。

第一作者简介:娄虎(1980-),男,教授,博士,硕士研究生导师,主要研究方向为体育运动与心理健康,E-mail:15692068@qq.com。

够引起压力反应系统出现非特异性适应,表现为对其他压力源的敏感性降低。该假说认为,足够强度的体育运动诱导心肺、肌肉和神经系统的适应,促进各个系统之间

的协调(图1)。这种机体的变化是由体育运动引起的,但可以扩展到其他压力反应之中,是一种广义的适应(Ensari et al., 2020)。

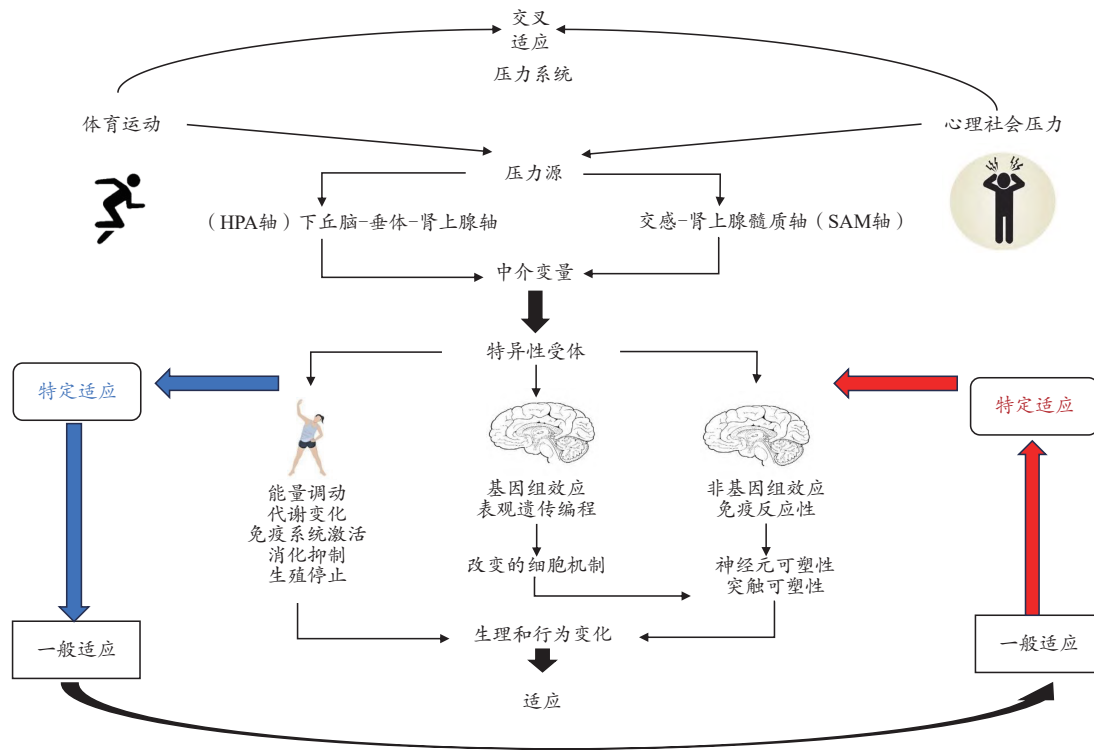


图1 体育运动影响心理社会压力的交叉适应假说

Figure 1. Cross Adaptation Pathways of Physical Exercise on Psychosocial Stress

体育运动诱发机体出现的压力反应与心理社会压力的反应路径相同,它们都会激发下丘脑-垂体-肾上腺素轴(hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA)和交感-肾上腺-髓质(sympathetic-adrenal-medullary, SAM)轴释放中介分子,具体表现为HPA分泌糖皮质激素、SAM分泌肾上腺素和去甲肾上腺素。而后,压力反应系统促进身体能量动员、代谢变化、免疫系统激活、消化系统抑制。压力反应也能诱发大脑出现结构和功能上的变化,这些中枢效应与免疫反应信号相结合,导致细胞兴奋性、突触和神经元可塑性的改变(Godoy et al., 2018)。对一种压力的适应不仅是具体的也是广义的,体育运动诱发的压力适应可以转移到对心理社会压力的适应中,反之亦然。

### 1.2 压力拮抗假说的提出

颜军等(2005a)、陈爱国等(2007)通过系列研究发现,体育运动能够有效拮抗心理社会压力对机体免疫的抑制,并称之为“压力拮抗假说”。与交叉压力适应假说不同,压力拮抗假说并不需要首先探讨体育运动是否为压力源,而是将其看作能够调节身心健康效应的手段,认为无论单次还是规律性的体育运动都可以缓解心理社会压力。体育运动的压力拮抗假说基于神经免疫指标提出,而后从神经免疫、情绪状态和身体素质等不同方面对假说进行了扩展(图2)。

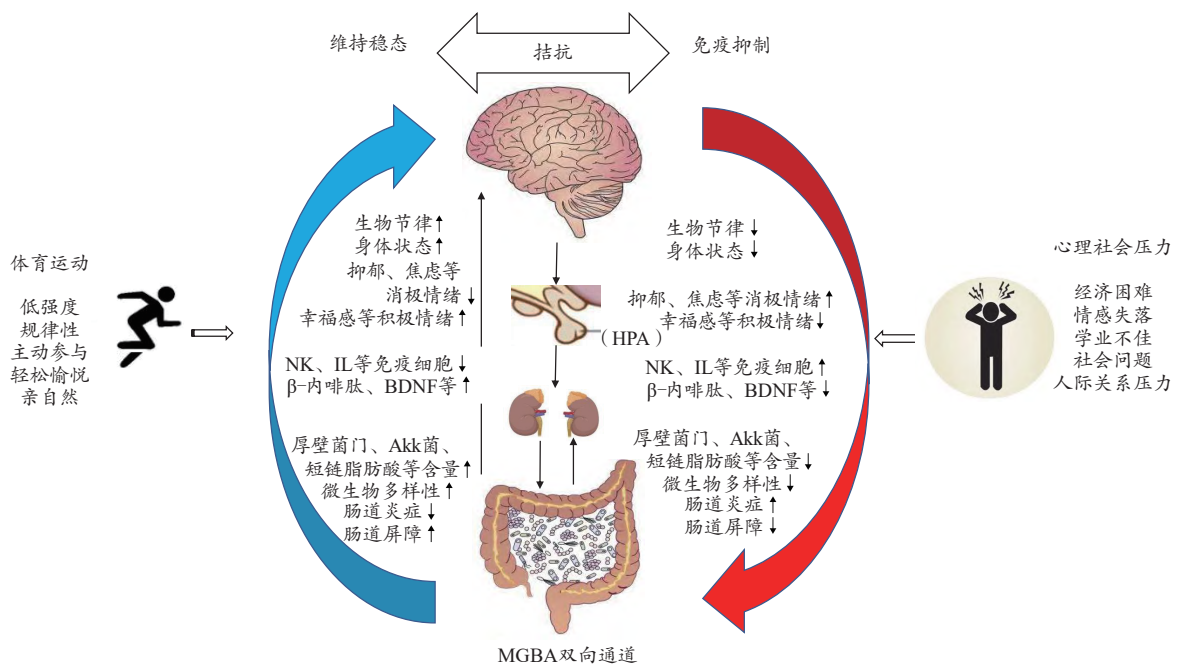
压力拮抗假说提出后,大量研究探讨了心理社会压力下体育运动对机体神经、内分泌和免疫系统的影响(娄虎等, 2020)。相关研究指出,经济困难、情感失落、学业不佳等生活事件诱发心理社会压力,而心理社会压力会对人体产生一系列不良影响,表现为身体方面的干扰生物节律、身体状态,以及心理方面的降低积极情绪、诱发消极情绪等。从神经内分泌角度来看,心理社会压力通过HPA、交感神经系统(sympathetic nervous system, SNS)影响机体淋巴细胞活性、淋巴细胞含量和亚群、细胞因子以及神经肽等。同时,心理社会压力也会减少肠道微生物群数量和种类。适当的体育运动能够通过转移注意力、增加社会支持、提高幸福感、稳定生物节律和提高身体素质等促进积极身心状态,可以通过HPA、SNS、神经肽和细胞凋亡等介导,拮抗心理社会压力对免疫的抑制,提高压力应对能力。此外,适当的体育运动还能够增加机体微生物群的种类和数量,其机制与微生物群-肠-脑轴(microbiota-gut-brain axis, MGBA)双向通道有关。

## 2 不同理论视角下体育运动影响心理社会压力的实证证据

### 2.1 交叉压力适应假说的证据

交叉压力适应假说自提出后得到体育运动缓解心理社会压力研究的广泛采用。通过文献分析发现,大部分

综述或实证研究支持交叉压力适应假说,但也有一定数量的研究认为这种交叉适应的作用不大,甚至并不存在。



注: NK, 自然杀伤细胞(natural killer cell); IL, 白细胞介素(interleukin); BDNF, 脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor)。

图2 体育运动影响心理社会压力的压力拮抗假说

Figure 2. The Antagonistic Hypothesis of Physical Exercise on Psychosocial Stress

在综述性研究方面,既有研究的观点并不一致。Forcier等(2006)对33篇体质健康影响心理社会压力的心血管反应文献进行元分析,结果表明健康个体的心率、血压在心理社会压力下反应速度较慢,但恢复更快,部分支持了交叉压力适应假说。Mariano等(2023)对17项运动训练与压力反应的研究进行元分析,发现运动训练可以减少与压力相关的血压反应,结果也支持交叉压力适应假说。然而,Jackson等(2006)对73项研究进行元分析,其结果并不支持体育运动的交叉压力适应作用,认为体育运动不能显著改善心率、血压等压力反应水平。

实验研究也存在不同结果。Zschucke等(2015)通过对有运动习惯的人群和久坐人群进行对照实验发现,运动组在蒙特利尔脑成像压力测试(Montreal imaging stress test, MIST)任务下的皮质醇浓度显著低于久坐组,说明规律性的体育运动能够对心理社会压力起到缓冲的作用,减少HPA轴的激活。Klaperski等(2014)对实验组被试进行12周运动干预,结果发现,与对照组相比,实验组在特里尔社会压力测试(Trier social stress test, TSST)任务下表现出更低的皮质醇、心率和心率变异性水平,说明12周的体育运动能够缓冲急性心理社会压力。von Haaren等(2016)对被试进行了20周有氧运动干预,研究发现体育运动可以改善久坐学生考试压力诱发的心率变异性、压力感知水平。然而,也有实验研究不支持交叉适应假说。例如,Lindgren等(2013)针对149名久坐成年人的随机对照实验研究发现,有氧运动和力量训练都未能改

善压力反应和促进机体恢复。Sloan等(2021)对119名健康成年人进行12周有氧运动干预后,实验组和对照组在心率、心率变异性、血压、心理弹性上并未出现显著性差异。

### 2.2 压力拮抗假说的证据

交叉压力适应假说认为,体育运动最初是令身体不适甚至感到不愉快的压力源(Moake et al., 2021; Sothmann et al., 1996)。然而,体育运动与积极情绪往往紧密相连,Mata等(2010)的研究发现,体育运动可以促进大脑分泌BDNF,有助于产生愉快、幸福的积极心理状态。颜军等(2005b)也发现体育运动缓解压力的路径与β-内啡肽的释放有关,它与积极情绪密切相关。娄虎等(2020)对体育运动缓解压力的压力拮抗假说进行了文献综述,认为已有的证据从3条路径表明,体育运动能够有效拮抗心理社会压力诱发的症状(包括体育运动拮抗心理社会压力对免疫的抑制),进而促进产生积极心理状态和增强身体素质。

压力拮抗假说的证据源自神经免疫指标。颜军及其团队(陈爱国等, 2007; 颜军等, 2005a, 2005b, 2008)的系列研究论证了心理社会压力下体育运动对机体神经、内分泌和免疫系统的影响,认为适当的体育运动可以通过HPA轴、SNS、神经肽和细胞凋亡等介导,拮抗心理社会压力对机体淋巴细胞活性、淋巴细胞含量和亚群、细胞因子以及神经肽等的影响。顾晓明等(2001)同样发现体育运动能够缓解心理社会压力下NK细胞的下降,同时

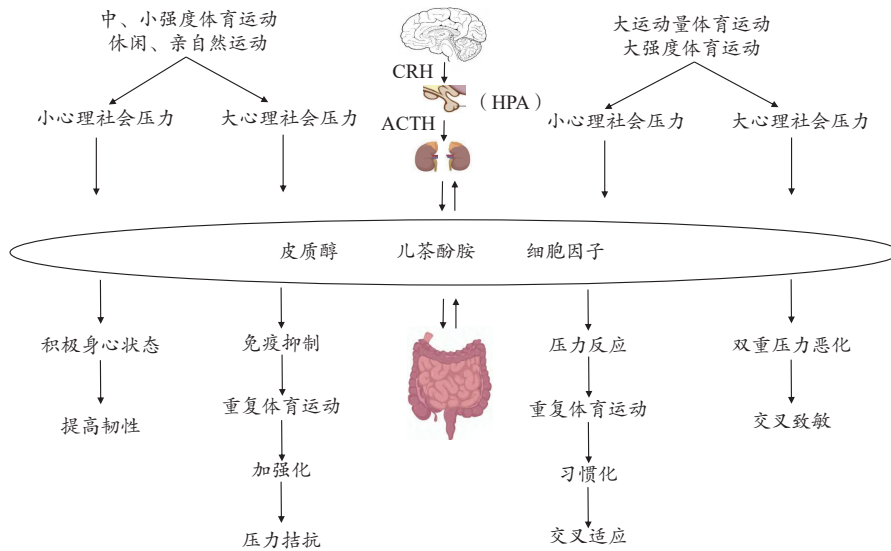
IL-2 在下降后有明显的回升。

因此,压力拮抗假说是基于一系列压力反应的实证结果提出的理论框架,可以为解释体育运动影响压力反应提供不同的思路。

### 3 体育运动影响心理社会压力的双重机制:交叉适应与拮抗抑制的整合

交叉压力适应假说与压力拮抗假说已经先后提出并

用于解释体育运动与心理社会压力的关系。二者的共同点在于均认为体育运动能够影响压力反应系统,并认为其机制与HPA轴有关。但二者也存在一定的不同,交叉压力适应假说的前提是体育运动本身作为压力源对机体产生刺激,而压力拮抗假说则将体育运动视为压力拮抗的有效手段。二者都与压力反应系统有关,但体育运动的作用和效果不同,因此,如果采用整合的思路,在一个框架下合并两条路径,可能是更为合理的解释方案(图3)。



注:CRH,促肾上腺皮质激素释放激素(corticotropin releasing hormone);ACTH,促肾上腺皮质激素(adrenocorticotropic hormone)。

图3 体育运动影响心理社会压力的双重机制

Figure 3. The Dual Mechanisms of Physical Exercise on Psychosocial Stress

单次高强度或者大运动量的体育运动会对机体产生较大的刺激,通过HPA轴诱发皮质醇、儿茶酚胺等出现压力反应。儿茶酚胺的分泌受到运动强度和持续时间的影响。强度一定的情况下,持续的时间越长,儿茶酚胺分泌的越多,直到耗竭;而当持续时间保持一致时,儿茶酚胺浓度随耐力运动强度的增加而增加(Zouhal et al., 2008)。如果机体正面临较大心理社会压力,那么个体将处于双重压力之中,此时会出现压力反应加重的现象,并称为交叉致敏(Chauhan et al., 2015)。而如果机体仅经受体育运动的压力,那么通过刺激HPA轴诱发压力反应,重复体育运动刺激会反复诱发机体的压力反应,使机体对其他压力刺激出现习惯化适应,称之为交叉适应。与单次体育运动相反,长期参加耐力运动对儿茶酚胺的分泌出现慢性适应(Schmidt et al., 1992)。与非运动员相比,耐力项目的运动员表现出运动后炎症反应减弱,IL-6浓度更低(Fischer et al., 2004)。有运动习惯的个体在单次耐力运动后比没有运动习惯的个体细胞因子反应更弱,这可能是由于HPA轴对IL-6分泌的反应减弱,从而出现适应性变化(Della Gatta et al., 2014)。

而中、小强度体育运动和亲自然体育运动,可以提高

微生物群多样性,缓解代谢或神经相关的压力反应,改善情绪。当心理社会压力影响个体情绪、免疫力时,规律性的上述体育运动有利于降低心理社会压力的负向影响、提高抗压能力,这被称为压力拮抗。颜军等(2007)认为,中、小强度游泳运动可以降低心理压力对β-内啡肽和皮质酮含量的影响,从而提高机体的抗压力能力。翟一飞等(2005)同样发现,中、小强度体育运动可以减少内源性压力激素的分泌,克服压力对机体免疫的抑制。孙海燕等(2012)通过问卷测量法探讨12周的体育运动对心理压力的影响,结果认为,小强度体育运动可以显著缓解青少年的心理压力。亲自然体育运动可以提高肠道微生物群种类多样性,并提高厚壁菌门属的数量,从而产生更多的短链脂肪酸;亲自然体育运动还可能提高Akk菌的水平,进而缓解代谢或神经相关的压力反应。适当的体育运动和接触多样化微生物群都能够缓解压力相关的肠易激综合征,稳定肠道屏障,还能够减轻焦虑、抑郁,促进神经营养因子分泌,改善HPA轴,维护自主神经系统稳定(Lou et al., 2023)。亲自然体育运动可能通过增加5-羟色胺的合成和代谢,起到缓解抑郁和焦虑症状的作用(Wipfli et al., 2011)。

## 4 基于双重机制提出的体育运动方案

### 4.1 缓解压力的体育运动方案

当个体面对较高的心理社会压力时,适宜的解压运动方案为中、小强度体育运动,或亲自然体育运动。如果此时选择参与高强度、大运动量或对抗激烈的体育运动,可能会与心理社会压力累加形成双重压力,从而导致压力症状加重。推荐动作幅度大、频率低、节奏舒缓、深度呼吸的瑜伽运动。瑜伽运动旨在实现思想、身体和心理的统一,近年来已经成为一种流行的压力缓解手段(Lemay et al., 2019)。已有医疗人员在帮助患者缓解心理社会压力时开具瑜伽运动处方(Nerurkar et al., 2011)。在澳大利亚,12.1%的全科医生建议其患者使用特定的瑜伽运动方案,76.6%的全科医生每年至少向瑜伽治疗师进行几次咨询(Wardle et al., 2014)。Miller等(1995)基于瑜伽运动发展了一种减压疗法,称为基于正念的减压(mindfulness-based stress reduction, MBSR),是一种结合了正念冥想、身体意识和瑜伽体式的团体干预项目。MBSR分为8个阶段,包括瑜伽体式的个人练习和家庭活动,已作为一种安全有效的处方被临床医生推广,可减轻不同患者群体的压力水平(Praissman, 2008)。Pascoe等(2015, 2017)连续2项系统综述表明,瑜伽运动可以通过改善SNS和HPA,调节血压、心率、皮质醇或细胞因子水平,从而起到减压的作用。

中国传统健身功法,如太极拳,是以中国传统太极、阴阳学说为核心思想,结合中医经络学、古代导引术和吐纳术等形成的一种神形兼备、内外兼修、刚柔相济的中国传统健身功法。健身功法和太极也有通过改善HPA轴缓解压力的作用,例如,Jin(1992)发现太极运动60 min后皮质醇水平显著下降;Esch等(2007)的研究则发现,接受规律性太极运动干预后,被试唾液皮质醇水平显著降低;Nedeljkovic等(2012)发现,太极拳练习者唾液皮质醇、 $\alpha$ -淀粉酶、心率和主观压力水平都显著低于对照组。气功练习也有类似的减压作用,例如,一项以小学生为被试的实验表明,每周2次、持续8周的气功练习可以减低小学生心理社会压力(Terjestam et al., 2010)。

休闲体育是在空闲时间里进行的,通过一定的身体活动形式产生最佳心理体验的一种有意义的现代生活方式,强调追求内在体验,使个人在精神和身体上得到休息、放松和享受(于可红等, 2003)。休闲体育能够通过增加社会支持和自我意识维持身心健康,提高应对压力的能力(Iwasaki et al., 2000)。张佳等(2022)的研究发现,休闲体育能够调节心理韧性对倦怠的影响,休闲运动是有效的心理社会压力调适策略。王盈盈等(2023)研究发现,休闲体育能够通过获得感、幸福感、安全感的再造不断满足人们对美好生活的追求,其发展契合生命体对身心健康的追求。

在自然环境中的游戏、步行等亲自然体育运动可以提高厚壁菌门、短链脂肪酸、Akk菌的数量,增加肠脑屏障等,进一步影响肠-脑双向交流的HPA轴、BDNF、血清素等路径,从而维护机体内稳态,缓解心理压力(Lou et al., 2023)。Berman等(2008)的一项研究发现,与在城市人行道步行相比,在森林中步行的被试有更高的健康效益。de Vries等(2013)则认为,亲自然体育运动中介了绿地距离对心理应激的影响,而体育运动总量不具有这种中介作用。亲自然体育运动可能通过影响肠道微生物群的多样化来支持这些菌株的增加,因此,Lou等(2023)提出,在户外运动场所中进行利于微生物多样化接触的绿色基础设施建设,可以诱发人体微生物群与自然生态中微生物群的相互作用,从而降低心理社会压力。

综上所述,为缓解较大的心理社会压力,推荐选择瑜伽、太极、养生功法、户外行走和休闲体育运动等运动方式。

### 4.2 提高压力适应的体育运动方案

为了提高个体对心理社会压力的适应能力,推荐长期规律性的高强度和大运动量的间歇训练、耐力或抗阻运动。

当运动强度大于 $60\% \dot{V}O_{2max}$ ,耐力运动强度与皮质醇浓度线性相关;当运动强度低于 $60\% \dot{V}O_{2max}$ ,持续运动达到一定时长后HPA轴才会被激活,例如以 $40\% \dot{V}O_{2max}$ 运动90 min(Duclos et al., 1997, 2016)。与体育运动诱发HPA轴压力反应类似,单次高强度体育运动也会引起儿茶酚胺浓度的增加。Huang等(2010)的研究发现,37 min  $60\% \dot{V}O_{2max}$ 耐力运动能够对机体产生足够的压力刺激,加速肾上腺素和去甲肾上腺素的分泌。强度过大或时间过长的耐力运动使肌肉中的巨噬细胞、成纤维细胞和内皮细胞分泌细胞因子,甚至导致肌肉损伤(Fatouros et al., 2006)。近期一项研究发现,单次高强度间歇运动(high-intensity interval training, HIIT)诱导皮质醇浓度在运动后30 min升高(Bogdanis et al., 2022)。另一项研究中,被试在19:00进行HIIT,从训练后至第2日清晨,其唾液皮质醇浓度持续增加(Di Blasio et al., 2014)。HIIT会造成个体血浆的肾上腺素和去甲肾上腺素浓度显著升高(Bracken et al., 2009),也会对细胞因子反应产生影响,以 $90\% \dot{V}O_{2max}$ 进行间歇运动,5 min后IL-1、IL-6和肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)浓度均有所升高(Mezil et al., 2015)。单次抗阻运动也可显著促进皮质醇分泌(Ramel et al., 2003)。具有大肌肉群、中高负荷、高容量、短间歇特征的抗阻运动产生最高的ACTH和皮质醇分泌效应;另外,在负荷相同的情况下,肌肉伸长比肌肉收缩运动的皮质醇分泌时间更长(Kraemer et al., 2015)。Fatouros等(2010)发现,10组75%最大力量的阻力运动后,去甲肾上腺素浓度增加。在抗阻运动后,TNF和IL-6浓

度升高,并持续24~48 h(Suzuki et al., 2002)。然而,与抗阻运动对TNF的影响相比,IL-6的变化并不清晰。因此,耐力运动、抗阻运动和HIIT都可以成为压力源,其特征主要包括:高强度体育运动,例如60% $\dot{V}O_{2max}$ 的耐力运动、75%最大力量的阻力运动和90% $\dot{V}O_{2max}$ 的间歇运动;大运动量体育运动,例如5~30 min HIIT、30~60 min耐力运动和10组阻力运动等。

单次体育运动诱发机体出现压力反应后,重复刺激可以培养机体对压力的习惯性适应。单次HIIT可以视为机体压力源,然而,规律性进行HIIT可以诱发机体压力反应时皮质醇浓度减低(Bogdanis et al., 2022),以及儿茶酚胺反应减弱(Bracken et al., 2010)。规律性抗阻运动也可以诱发压力适应,例如,经过一段时间抗阻训练后,单次抗阻运动的皮质醇反应减弱(Walker et al., 2017)。对多发性硬化症患者进行每周2次、持续8周的抗阻运动干预后,心理社会压力下细胞因子IL-4、IL10等浓度降低(White et al., 2006)。与年轻男性相比,老年人单次运动后促炎细胞因子的表达更高,但每周3次、持续12周抗阻运动后,老年人炎症反应性降低(Della Gatta et al., 2014)。

综上所述,长期规律性的高强度和大运动量的HIIT、耐力训练或抗阻运动可以减轻HPA轴反应,降低皮质醇、儿茶酚胺等分泌,缓解焦虑、抑郁等负性情绪,从而促进个体对心理社会压力的适应。

## 5 结论

体育运动与心理社会压力的关系较为复杂,同时存在加重和减轻压力反应的双向影响路径,其机制与HPA、MGBA等的不同反应有关。综合交叉压力适应假说与压力拮抗假说从多条路径解释体育运动与心理社会压力的关系,不同体育运动类型与心理压力水平匹配后,有利于出现提高心理韧性、压力拮抗、交叉适应和交叉致敏等不同情况。基于双重综合机制可以提出缓解压力与提高压力适应的不同运动方案:一方面,推荐选择小强度的瑜伽、太极、休闲体育或亲自然体育运动,以缓解较大的心理压力;另一方面,推荐参与高强度和大运动量的HIIT、耐力训练或抗阻运动,以提高压力适应能力。

## 参考文献:

陈爱国,颜军,2007.中等负荷运动训练对心理应激大鼠淋巴细胞凋亡氧化应激机制的研究[J].武汉体育学院学报,43(5):43-49.  
崔荣荣,2019.心理社会应激的免疫反应规律与机制[J].心理科学进展,27(5):821-833.  
顾晓明,颜军,童昭岗,2001.中小运动量的身体锻炼对应激状态下大鼠NK和IL-2的影响[J].西安体育学院学报,18(1):35-38.  
郭建军,2016.人人需要体育比赛[J].青少年体育(9):6-7.  
季丽萍,张超,2015.健身秧歌对中老年女性免疫学指标及主观幸福感的影响[J].中国老年学杂志,35(19):5556-5557.

李祥臣,俞梦孙,2020.主动健康:从理念到模式[J].体育科学,40(2):83-89.  
刘秀霞,王真真,2021.跑步参与者涉入程度对幸福感的影响:心理资本和流畅体验的链式中介作用[J].武汉体育学院学报,55(9):67-73.  
娄虎,2019.运动员压力下“Choking”的机制:过程理论的证据[J].体育科学,39(9):89-97.  
娄虎,颜军,2020.重大传染病疫情中体育锻炼对应激心理神经免疫的路径与对策[J].中国体育科技,56(5):35-40.  
孙海艳,颜军,2012.6周和12周的中、小强度健美操锻炼对大一女生人格和心理压力的干预研究[J].浙江体育科学,34(3):94-97.  
王盈盈,邓万金,黄旭佳,等,2023.休闲体育增进民生福祉的逻辑、挑战与创新路径研究[J].广州体育学院学报,43(4):44-54.  
颜军,陈爱国,2005a.中等负荷运动训练对心理应激大鼠淋巴细胞凋亡的影响及其机制的研究[J].体育科学,25(11):53-56.  
颜军,陈爱国,2008.体育锻炼对应激研究的述评[J].武汉体育学院学报,42(11):58-61.  
颜军,毛文忠,翟一飞,等,2007.中小负荷运动对心理应激大鼠beta-内啡肽和皮质酮的影响[J].中国心理卫生杂志,21(4):219-222.  
颜军,尹剑春,翟一飞,等,2005b.中小负荷运动对心理应激大鼠免疫功能若干指标的影响[J].体育与科学,26(2):55-59.  
于可红,梁若雯,2003.从休闲的界定论休闲体育[J].中国体育科技,39(1):22-24.  
翟一飞,颜军,2005.中小负荷运动对心理应激状态下大鼠心理神经免疫若干指标的影响[J].体育科学,25(5):50-54.  
张佳,白东欢,宋鹏威,等,2022.新形势下高校教师工作压力、心理韧性及休闲运动参与对职业倦怠影响的实证研究[J].中国健康心理学杂志,30(11):1660-1668.  
ATHANASIOU N, BOGDANIS G C, MASTORAKOS G, 2023. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise [J]. Rev Endocr Metab Disord, 24(2): 251-266.  
BARAHONA-FUENTES G, HUERTA OJEDA Á, CHIROSA-RÍOS L, 2021. Effects of training with different modes of strength intervention on psychosocial disorders in adolescents: A systematic review and meta-analysis [J]. Int J Environ Res Public Health, 18(18): 9477.  
BERMAN M G, JONIDES J, KAPLAN S, 2008. The cognitive benefits of interacting with nature[J]. Psychol Sci, 19(12): 1207-1212.  
BOGDANIS G C, PHILIPPOU A, STAVRINO P S, et al., 2022. Acute and delayed hormonal and blood cell count responses to high-intensity exercise before and after short-term high-intensity interval training[J]. Res Sports Med, 30(4): 400-414.  
BRACKEN R M, BROOKS S, 2010. Plasma catecholamine and nephrine responses following 7 weeks of sprint cycle training [J]. Amino Acids, 38(5): 1351-1359.  
BRACKEN R M, LINNANE D M, BROOKS S, 2009. Plasma catecholamine and nephrine responses to brief intermittent maximal intensity exercise[J]. Amino Acids, 36(2): 209-217.  
BRYMER E, SCHWEITZER R, 2013. Extreme sports are good for your health: A phenomenological understanding of fear and anxiety in extreme sport[J]. J Health Psychol, 18(4): 477-487.  
BUSCEMI V, CHANG W J, LISTON M B, et al., 2017. The role of psychosocial stress in the development of chronic musculoskeletal pain disorders: Protocol for a systematic review and meta-analysis [J]. Syst Rev, 6(1):224.

- CHANG H H, 2017. Gender differences in leisure involvement and flow experience in professional extreme sport activities[J]. *World Leisure J*, 59(2): 124-139.
- CHAUHAN E, BALIA, SINGH N, et al., 2015. Cross stress adaptation: Phenomenon of interactions between homotypic and heterotypic stressors[J]. *Life Sci*, 137: 98-104.
- COHEN R, BALUCH B, DUFFY L J, 2018. Defining extreme sport: Conceptions and misconceptions[J]. *Front Psychol*, 9: 1974.
- DE VRIES S, VAN DILLEN S M, GROENEWEGEN P P, et al., 2013. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators[J]. *Soc Sci Med*, 94: 26-33.
- DELLA GATTA P A, GARNHAM A P, PEAKE J M, et al., 2014. Effect of exercise training on skeletal muscle cytokine expression in the elderly[J]. *Brain Behav Immun*, 39: 80-86.
- DI BLASIO A, IZZICUPO P, TACCONI L, et al., 2014. Acute and delayed effects of high intensity interval resistance training organization on cortisol and testosterone production[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 56(3): 192-199.
- DIMENICHI B C, LEMPERT K M, BEJANI C, et al., 2018. Writing about past failures attenuates cortisol responses and sustained attention deficits following psychosocial stress[J]. *Front Behav Neurosci*, 12: 45.
- DUCLOS M, CORCUFF J B, RASHEDI M, et al., 1997. Trained versus untrained men: Different immediate post-exercise responses of pituitary adrenal axis: A preliminary study[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 75(4): 343-350.
- DUCLOS M, TABARIN A, 2016. Exercise and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis[J]. *Front Horm Res*, 47: 12-26.
- ENSARI I, SCHWARTZ J E, EDMONDSON D, et al., 2020. Testing the cross-stressor hypothesis under real-world conditions: Exercise as a moderator of the association between momentary anxiety and cardiovascular responses[J]. *J Behav Med*, 43(6): 989-1001.
- ESCH T, DUCKSTEIN J, WELKE J, et al., 2007. Mind/body techniques for physiological and psychological stress reduction: Stress management via Tai Chi training: A pilot study[J]. *Med Sci Monit*, 13(11): CR488-CR497.
- FATOUROS I, CHATZINIKOLAOU A, PALTOGLOU G, et al., 2010. Acute resistance exercise results in catecholaminergic rather than hypothalamic-pituitary-adrenal axis stimulation during exercise in young men[J]. *Stress*, 13(6): 461-468.
- FATOUROS I G, DESTOUNI A, MARGONIS K, et al., 2006. Cell-free plasma DNA as a novel marker of aseptic inflammation severity related to exercise overtraining[J]. *Clin Chem*, 52(9): 1820-1824.
- FISCHER C P, PLOMGAARD P, HANSEN A K, et al., 2004. Endurance training reduces the contraction-induced interleukin-6 mRNA expression in human skeletal muscle[J]. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 287(6): E1189-E1194.
- FOGUET-BOREU Q, 2020. Psychosocial stress, high blood pressure and cardiovascular risk[J]. *Hipertens Riesgo Vasc*, 38(2): 83-90.
- FORCIER K, STROUD L R, PAPANDONATOS G D, et al., 2006. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A meta-analysis[J]. *Health Psychol*, 25(6): 723.
- GIANAROS P J, WAGER T D, 2015. Brain-body pathways linking psychological stress and physical health [J]. *Curr Direc Psychol Sci*, 24(4): 313-321.
- GODOY L D, ROSSIGNOLI M T, DELFINO-PEREIRA P, et al., 2018. A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications[J]. *Front Behav Neurosci*, 12: 127.
- GUPTA R, JACOB J, BANSAL G, 2022. The role of UBI in mitigating the effects of psychosocial stressors: A review and proposal[J]. *Psychol Rep*, 125(4): 1801-1823.
- HASHIMOTO A, NOZAKI A, INOUE H, et al., 2023. High masticatory ability attenuates psychosocial stress: A cross-sectional study [J]. *PLoS One*, 18(1): e0279891.
- HERSELMAN M F, BAILEY S, DEO P, et al., 2022. The effects of walnuts and academic stress on mental health, general well-being and the gut microbiota in a sample of university students: A randomised clinical trial[J]. *Nutrients*, 14(22): 4776.
- HUANG C J, WEBB H E, EVANS R K, et al., 2010. Psychological stress during exercise: Immunoendocrine and oxidative responses [J]. *Exp Biol Med*, 235(12): 1498-1504.
- IWASAKI Y, MANNELL R C, 2000. Hierarchical dimensions of leisure stress coping[J]. *Leisure Sci*, 22(3): 163-181.
- JACKSON E M, DISHMAN R K, 2006. Cardiorespiratory fitness and laboratory stress: A meta-regression analysis[J]. *Psychophysiology*, 43(1): 57-72.
- JIN P, 1992. Efficacy of Tai Chi, brisk walking, meditation, and reading in reducing mental and emotional stress [J]. *J Psychosom Res*, 36(4): 361-370.
- KLAPERSKI S, VON DAWANS B, HEINRICHS M, et al., 2014. Effects of a 12-week endurance training program on the physiological response to psychosocial stress in men: A randomized controlled trial[J]. *J Behav Med*, 37(6): 1118-1133.
- KRAEMER R R, CASTRACANE V D, 2015. Endocrine alterations from concentric vs. eccentric muscle actions: A brief review[J]. *Metabolism*, 64(2): 190-201.
- LEMAY V, HOOLAHAN J, BUCHANAN A, 2019. Impact of a yoga and meditation intervention on students' stress and anxiety levels [J]. *Am J Pharm Edu*, 83(5): 7001.
- LINDGREN M, ALEX C, SHAPIRO P A, et al., 2013. Effects of aerobic conditioning on cardiovascular sympathetic response to and recovery from challenge[J]. *Psychophysiology*, 50(10): 963-973.
- LIU M Y, LIN N, LI W A, et al., 2017. Association between psychosocial stress and hypertension: A systematic review and meta-analysis [J]. *Neurol Res*, 39(6): 573-580.
- LOU H, LIU X, LIU P, 2023. Mechanism and implications of pro-nature physical activity in antagonizing psychological stress: The key role of microbial-gut-brain axis[J]. *Front Psychol*, 14: 1143827.
- MARIANO I M, AMARAL A L, RIBEIRO P A B, et al., 2023. Exercise training improves blood pressure reactivity to stress: A systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 13(1): 10962.
- MATA J, THOMPSON R J, GOTLIB I H, 2010. BDNF genotype moderates the relation between physical activity and depressive symptoms[J]. *Health Psychol*, 29(2): 130.
- MCMANUS E, TALMI D, HAROON H, et al., 2022. The effects of psychosocial stress on item, cued-pair and emotional memory [J]. *Euro J Neurosci*, 55(9-10): 2612-2631.
- MENARDO E, DI MARCO D, RAMOS S, et al., 2022. Nature and mindfulness to cope with work-related stress: A narrative review

- [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 19(10): 5948.
- MEZIL Y A, ALLISON D, KISH K, et al., 2015. Response of bone turnover markers and cytokines to high-intensity low-impact exercise [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 47(7): 1495-502.
- MILLER J J, FLETCHER K, KABAT-ZINN J, 1995. Three-year follow-up and clinical implications of a mindfulness meditation-based stress reduction intervention in the treatment of anxiety disorders [J]. *Gen Hosp Psychiatry*, 17(3): 192-200.
- MOAKE T R, PATEL A S, 2021. A cross-stressor adaptation perspective on challenge stressors, dietary behavior, and exercise of college students[J]. *Social Sci J*, DOI: 10.1080/03623319.2020.1867948.
- MOHAN A, HUYBRECHTS I, MICHELS N, 2022. Psychosocial stress and cancer risk: A narrative review[J]. *Euro J Cancer Prev*, 31(6): 585-599.
- NAKATA A, 2012. Psychosocial job stress and immunity: A systematic review[J]. *Methods Mol Biol*, 934:39-75.
- NEDELJKOVIC M, AUSFELD-HAFTER B, STREITBERGER K, et al., 2012. Taiji practice attenuates psychobiological stress reactivity: A randomized controlled trial in healthy subjects[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 37(8): 1171-1180.
- NERURKAR A, YEH G, DAVIS R B, et al., 2011. When conventional medical providers recommend unconventional medicine: Results of a national study[J]. *Arch Int Med*, 171(9): 862-864.
- PASCOE M C, BAUER I E, 2015. A systematic review of randomised control trials on the effects of yoga on stress measures and mood[J]. *J Psychiatr Res*, 68: 270-282.
- PASCOE M C, THOMPSON D R, SKI C F, 2017. Yoga, mindfulness-based stress re-duction and stress-related physiological measures: A meta-analysis[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 86: 152-168.
- PRAISSMAN S, 2008. Mindfulness-based stress reduction: A literature review and clinician's guide [J]. *J Am Acad Nurse Pract*, 20(4): 212-216.
- RAMEL A, WAGNER K H, ELMADFA I, 2003. Acute impact of submaximal resistance exercise on immunological and hormonal parameters in young men[J]. *J Sports Sci*, 21(12): 1001-1008.
- SCHMIDT K N, GOSSELIN L E, STANLEY W C, 1992. Endurance exercise training causes adrenal medullary hypertrophy in young and old Fischer 344 rats[J]. *Hormone Metabolic Res*, 24(11): 511-515.
- SLOAN R P, SHAPIRO P A, LAURIOLA V, et al., 2021. The impact of aerobic training on cardiovascular reactivity to and recovery from psychological and orthostatic challenge [J]. *Psychosom Med*, 83(2): 125-137.
- SOTHMANN M S, BUCKWORTH J, CLAYTOR R P, et al., 1996. Exercise training and the cross-stressor adaptation hypothesis [J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 24(1): 267-288.
- SUZUKI K, NAKAJI S, YAMADA M, et al., 2002. Systemic inflammatory response to exhaustive exercise. Cytokine kinetics [J]. *Exerc Immunol Rev*, 8: 6-48.
- TERJESTAM Y, JOUPER J, JOHANSSON C, 2010. Effects of scheduled qigong exercise on pupils' well-being, self-image, distress, and stress [J]. *J Altern Complement Med*, 16(9): 939-944.
- VON HAAREN B, OTTENBACHER J, MUENZ J, et al., 2016. Does a 20-week aerobic exercise training programme increase our capabilities to buffer real-life stressors? A randomized, controlled trial using ambulatory assessment [J]. *Eur J Appl Physiol*, 116(2): 383-394.
- WALKER S, HÄKKINEN K, HAFF G G, et al., 2017. Acute elevations in serum hormones are attenuated after chronic training with traditional isoinertial but not accentuated eccentric loads in strength-trained men [J]. *Physiol Rep*, 5(7): e13241.
- WARDLE J, ADAMS J, SIBBRITT D, 2014. Referral to yoga therapists in rural primary health care: A survey of general practitioners in rural and regional New South Wales, Australia [J]. *Int J Yoga*, 7(1): 9.
- WHITE L J, CASTELLANO V, MC COY S C, 2006. Cytokine responses to resistance training in people with multiple sclerosis [J]. *J Sports Sci*, 24(8): 911-914.
- WIPFLI B, LANDERS D, NAGOSHI C, et al., 2011. An examination of serotonin and psychological variables in the relationship between exercise and mental health [J]. *Scand J Med Sci Sports*, 21(3): 474-481.
- WUNSCH K, WURST R, VON DAWANS B, et al., 2019. Habitual and acute exercise e-effects on salivary biomarkers in response to psychosocial stress [J]. *Psychoneuroendocrinology*, 106: 216-225.
- ZOUHAL H, JACOB C, DELAMARCHE P, et al., 2008. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender [J]. *Sports Med*, 38(5): 401-423.
- ZSCHUCKE E, RENNEBERG B, DIMEO F, et al., 2015. The stress-buffering effect of acute exercise: Evidence for HPA axis negative feedback [J]. *Psychoneuroendocrinology*, 51: 414-425.

## How Physical Exercise Alleviates Psychosocial Stress —The Integration of Cross Stress Adaptation and Antagonistic Stress Inhibition

LOU Hu, FANG Lidong, JIANG Qingxia, WANG Ruonan  
*School of Sports Science, Nantong University, Nantong 226019, China*

**Abstract:** Physical exercise is regarded as an effective way to alleviate psychosocial stress, however, some studies also suggest that physical exercise cannot alleviate but exacerbate psychosocial stress. This study aimed to clarify the effects and mechanisms of physical exercise on psychosocial stress, so as to provide scientific and reasonable physical exercise programs for stress alleviation.

The results indicated that the cross stress adaptation hypothesis and the antagonistic stress hypothesis explained partly relationship between physical exercise and psychosocial stress. There were dual mechanism systems of physical exercise in affecting psychosocial stress, i. e., the HPA system can promote habitual adaptation of the stress response system, and the neuro-immune, emotion, physical fitness and MGBA system can increase the positive states of the stress response system. Based on the dual mechanism systems, the following physical exercise programs were suggested: Yoga, Tai Chi, Qi Gong, outdoor walking and leisure sports are recommended to relieve greater psychosocial stress; long-term regular high intensity and high amount exercise including endurance, resistance and HIIT were recommended to increase the adaptation of psychosocial stress.

**Keywords:** *physical exercise; psychosocial stress; cross stress adaptation; antagonistic stress*

(上接第 72 页)

## Evaluation of Left Ventricular Eddy Current in Elite Female Ice Hockey Players by Using Vector Flow Mapping

ZHANG Jianmei<sup>1</sup>, BAI Meiyong<sup>2</sup>, ZHANG Ruiping<sup>1</sup>, YANG Ping<sup>3</sup>, FAN Yudong<sup>4\*</sup>

1. Sports Medical Supervision Research Center, National Institute of Sports Medicine, Beijing 100061, China;

2. Rehabilitation Department, Jilin Sports System Sports Trauma Hospital, Changchun 130022, China;

3. Postdoctoral Mobile Station of Sports Science, Chengdu Sport University, Chengdu 610041, China;

4. Cardiovascular Medicine Department, Emergency General Hospital, Beijing 100028, China

**Abstract:** Objective: To explore the changes of left ventricular vortex in elite female ice hockey players who conducted long-term high-intensity exercise training. Methods: A total of 19 elite female ice hockey players (athlete group) and 19 healthy young women (control group) were examined by transthoracic echocardiography, the vector flow mapping (VFM) technology was executed to calculate the rotation direction, position, relative duration and relative size of the vortex at the early diastolic phase (V1) and late diastolic phase (V2) under the apical three-chamber view. Results: 1) No significant difference was observed in RWT, PWTd, LVEF, LVFS, and A between the two groups ( $P > 0.05$ ); compared with the control group, the IVSd, LVM, LVMI, LVEDD, LVEDV, LVESV, E, E/A, SV and CO were increased in the athlete group ( $P < 0.05$ ); standardized by BSA, the significant difference was still observed in LVEDV and SV between the two groups ( $P < 0.05$ ). 2) There was no significant difference in position, direction, and relative size of vortex at V1 and V2 between the two groups ( $P > 0.05$ ); however, the relative duration of vortex was significant different at V1 and V2 between the two groups ( $P < 0.05$ ). 3) The relative size of vortex at V2 was highly correlated with relative size of vortex at V1, LVEDD, LVEDV, and SV ( $P < 0.05$ ). Conclusion: 1) The cardiac structure of female ice hockey players shows normal exercise adaptation, the cardiac systolic and diastolic functions are good. 2) The duration of the left ventricular diastolic vortex in elite female ice hockey players is prolonged, which enables the fusion of multi-directional blood flow without excessive energy loss, and increases the left ventricular volume without significant increase in filling pressure. The abovementioned changes are conducive to ventricular compliance and diastolic function, and helpful to ensure the return blood volume under the condition of average working heart rate ( $\text{WHR} > 90\% \text{HR}_{\text{max}}$ ), improving the cardiac ejection function and benefit the muscle energy demand during exercise.

**Keywords:** *vector flow mapping; ice hockey; vortex behavior; cardiac function*