

运动改善多囊卵巢综合征及其机制研究进展

梁曼娜¹, 朱琳²

(1.广州体育学院 研究生院, 广东 广州 510500; 2.广州体育学院 运动与健康学院, 广东 广州 510500)

摘要: **目的** 旨在综述近年来与多囊卵巢综合征相关的运动研究及其影响机制, 探讨运动对多囊卵巢综合征的改善并提炼可能机制, 为防治类似代谢性疾病提供新思路。**方法** 通过文献资料法, 系统搜索和整理了多囊卵巢综合征、运动干预等关键词的研究, 总结了运动对多囊卵巢综合征的影响及相关机制的研究进展。**结果与结论** 规律的有氧运动可改善患者的身体素质、胰岛素敏感性、心血管健康及相关代谢指标。抗阻训练可促进患者的健康和体能, 并一定程度上改善睾酮水平和胰岛素敏感性。不同运动量、强度和频率均可带来正向健康结果。无论运动的强度和频率如何, 运动对患者的身心健康和生活质量都有明显好处。运动通过减少脂肪组织、提高糖转运能力和改善炎症状态与氧化应激等机制, 具体包括减少脂肪组织以降低雄激素水平、增加胰岛素敏感性和改善炎症状态与氧化应激。

关键词: 多囊卵巢综合征; 运动干预; 代谢性疾病

中图分类号: G804 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-983X(2023)09-0827-07

Exercise Improves Polycystic Ovary Syndrome and Its Mechanisms: A Review of Research Progress

LIANG Manna¹, ZHU Lin²

(1. Graduate School, Guangzhou Sport University, Guangzhou Guangdong, 510500; 2. School of Exercise and Health Sciences, Guangzhou Sport University, Guangzhou Guangdong, 510500)

Abstract: **Objective** To summarize recent research on exercise and its impact mechanisms related to polycystic ovary syndrome (PCOS), and to explore the effects of exercise on improving PCOS and refine potential mechanisms, providing new insights for the prevention and treatment of similar metabolic disorders. **Methods** A literature review was conducted by systematically searching and organizing studies on PCOS, exercise intervention, and related keywords. The research progress on the effects of exercise on PCOS and its related mechanisms was summarized. **Results and Conclusion** Regular aerobic exercise can improve physical fitness, insulin sensitivity, cardiovascular health, and relevant metabolic parameters in PCOS patients. Resistance training can promote the health and physical fitness of PCOS patients and partially improve testosterone levels and insulin sensitivity. Different exercise volumes, intensities, and frequencies can lead to positive health outcomes. Regardless of exercise intensity and frequency, exercise has significant benefits for the physical and mental health as well as the quality of life of PCOS patients. Exercise improves PCOS-related symptoms through mechanisms such as reducing adipose tissue, enhancing glucose transport capacity, and ameliorating inflammation and oxidative stress. Specific mechanisms include reducing adipose tissue to lower androgen levels, increasing insulin sensitivity, and improving inflammation and oxidative stress status.

Keywords: polycystic ovary syndrome; exercise intervention; metabolic disorder

收稿日期: 2023-07-08

基金项目: 广东省哲学社会科学基金一般项目(GD21CTY01); 广东省珠江学者岗位计划资助项目(2019)。

第一作者简介: 梁曼娜(1997~), 女, 广东肇庆人, 在读硕士, 研究方向: 运动与健康促进。

通讯作者简介: 朱琳(1975~), 女, 黑龙江佳木斯人, 博士, 教授, 研究方向: 运动健康促进、慢病运动疗法和运动生理学机能评定, E-mail: 11251@gzsport.edu.cn。

多囊卵巢综合征(polycystic ovary syndrome, PCOS)为育龄期女性最常见的激素紊乱性疾病, 约影响世界各地4%~12%的不孕妇女, 患病率高达12%~21%^[1]。诊断标准常围绕高雄激素血症、少排卵及多囊卵巢形态的特征^[2], 被认为是几种代谢并发症的高危因素, 如代谢综合征、胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)、2型糖尿病和心血管疾病等, 最近更是发现与子宫内膜癌的发生有关^[3], 同时也伴随有更大的风险发展为焦虑、抑郁和情绪障碍。但目前尚无根治性治疗方法, 临床多依靠药物控制。而非药物管理则侧重于通过运动和饮食管理, 旨在减轻其临床表现并降低相关代谢并发症风险。尽管在PCOS

患者中进行的大多数运动试验显示体重减轻很少或无减轻^[4],但运动可对患者的 IR、体脂分布和心血管疾病等产生有利影响^[5]。随着体医融合这一概念的提出,运动对健康的影响受到关注,运动在该人群中的防治也愈发受到重视。本研究通过查阅和梳理近年来相关文献,对运动与 PCOS 的相关研究并及相关机制进行综述。

1 运动对多囊卵巢综合征的影响

运动可改善慢病患者的健康状况和生活质量,因而运动疗法常被纳入 PCOS 患者的治疗方案中。虽目前该综合征的治疗仍以药物治疗和手术治疗为主,但药物治疗存在不良反应多、疗程长、恢复时间久等缺点,且尚无根治性药物。运动是所有生活方式中健康效果佳且可改善代谢状况。因此《多囊卵巢综合征评估和管理国际循证指南》(2018 年)建议,应针对不同年龄组参加不同时间和强度的锻炼^[6]。

1.1 运动类型对多囊卵巢综合征的影响

内分泌学会关于 PCOS 诊断和治疗的临床实践指南^[6]建议将运动和体育锻炼作为对抗慢性病风险的一线治疗,通过降低体重、改善激素分泌等方式对 PCOS 产生良性效应。但未提供有关哪种运动类型的详细信息,因此下将分别对不同运动形式进行相关影响的分析。不同运动类型干预的研究汇总于表 1。

1.1.1 有氧运动

有氧运动作为一种能够有效改善 PCOS 的临床症状及代谢紊乱的非药物干预方式,近年来受到关注。规律的有氧运动可显著改善 PCOS 患者的身体素质、胰岛素敏感性、 VO_{2max} 和 IR 等指标。

运动可改善患者代谢状态的同时改善 IR。Aye 等^[7]研究显示每周 3 次,每次 1 h 且运动强度设定为 60% VO_{2max} ,持续 8 周该强度的有氧运动,可以改善 PCOS 患者的胰岛素敏感性,具有一定的预防和治疗作用,并提出胰岛素敏感性仅通过运动改善。另一项为期 3 个月的研究中^[8],每周 3 天以 60%~70% VO_{2max} 的速度骑自行车 30 min,同样出现空腹胰岛素水平下降的结果。另外,Wu 等^[9]研究发现,12 周的有氧运动对 PCOS 患者的 BMI、心血管健康、抗缪勒管激素(Anti-Müllerian Hormone, AMH)和氧化应激产生了有益的影响,AMH 的变化与丙二醇的变化呈正相关。同样是为期 12 周有氧运动训练的研究亦提及空腹胰岛素及 AMH 降低^[10],这说明规律的有氧运动可通过改善胰岛素敏感性、降低炎症因子水平、减轻身体的炎症反应,从而缓解 PCOS 患者的症状。Li 等^[11]开展了针对 PCOS 患者为期 12 周的太极拳干预,研究显示太极拳干预可以降低 PCOS 患者 BMI、睾酮(testosterone, T)水平、血脂指标。此外,增加有氧运动项目的多样性^[12]如选择进行太极拳运动,可以保持患者的兴趣,从而增强其主动性。

综上,规律的有氧运动是一种安全、有效且易于推广的非药物干预方式,可改善 PCOS 患者的身体素质,胰岛素敏感性、心血管健康及相关代谢指标等;通过选择非传统有氧运动,激发兴趣、提高依从性,更有利于运动改善 PCOS 的效果。

1.1.2 抗阻运动

抗阻训练(physical resistance training, PRT)使身体通过克

服阻力以增长肌肉和力量,是一种合成代谢运动方式。可提高基础代谢率,减少身体脂肪堆积,改善代谢和内分泌紊乱,在预防慢病方面的作用也逐渐被重视。

少有研究单独对 PCOS 患者进行 PRT 干预,多与有氧运动结合。Kogure 等^[13]进行 16 周的 PRT 干预,每个微周期增加训练强度。在进行包括胸、腿、手臂及腹部的力量训练后,PCOS 组的 T 浓度以及血糖、性激素结合球蛋白、皮褶总和以及体脂百分比均有统计学意义上的降低。雄烯二酮水平、所有运动的肥大指标,瘦体重和最大力量均增加。此外,一项为期 4 个月,每周 3 天,每次 1 h 的 PRT 干预,结果显示 T 和游离雄激素指数降低^[14],一项类似的为期 16 周线性周期化 PRT 研究也发现 T 较低^[15]。但另一涉及 10 周的随机对照实验中提出,抗阻训练组在干预后,与生殖有关的荷尔蒙结果出现了积极的变化,如出现较低的游离雄激素指数和 AMH,而 T、脂联素或瘦素没有变化^[16]。此外,PRT 也被证实可提高 2 型糖尿病患者的胰岛素敏感性^[17]。综上,PRT 可以促进 PCOS 患者的健康和体能,尤其是力量功能能力,并在一定程度上改善 T 含量及胰岛素敏感性。PRT 可缓解 PCOS 部分症状,但与其他运动类型如高强度间歇训练结合可能更有利于 PCOS 的相关激素改善。

1.2 运动量对多囊卵巢综合征的影响

具有一定负荷且规律的身体活动有利于促进健康,与此同时,不同强度及持续时间的运动对 PCOS 有着不同的影响,但最有效的运动处方尚不明确。不同运动量对 PCOS 的研究汇总于表 2。

1.2.1 运动量对多囊卵巢综合征身体健康的影响

不同运动频率、运动强度及运动量可对 PCOS 患者产生不同程度的健康效果。

一项包含 18 项评估运动对 PCOS 有效性的试验的 meta 分析^[18]报告了超重/肥胖 PCOS 患者的人体测量学指标、代谢和心肺适能相关结果的改善。报告中称有监督的短持续时间(≤ 12 周)有氧运动与良好的结果相关。同时,Isis 等^[19]总结高强度间歇训练(High Intensity Interval Training, HIIT/HIT^[1])对 PCOS 女性代谢参数影响中指出,训练强度在最大心率的 95% 到 100% 之间进行,每周 3 次,至少持续 10 周,胰岛素抵抗稳态模型(HOMA-IR)和 BMI 显著下降。不同运动强度及运动次数可有效降低 PCOS 患者 BMI 及体重,提示针对 PCOS 患者运动处方制定时,可考虑短持续时间的有氧运动,并进一步探寻短持续时间与常规干预时间之间对 PCOS 患者的不同影响。

有横断面数据表明,与中等强度运动或不运动的女性相比,高强度运动的 PCOS 患者具有较高的高密度胆固醇(HDL)水平,较低的 BMI、IR 及代谢综合征患病率。在控制年龄、BMI 和总能量消耗后,每小时高强度运动可使患者患代谢综合征的概率降低 22%^[20]。不同运动强度都可产生正面影响,高强度运动在单位时间内可产生更高的健康效应。此外,Benham 等^[21]进行持续 6 个月 HIIT 和持续有氧训练对 PCOS 患者干预研究,其中 HIIT 组(30 s 90%HRR 高强度运动/90 s 的低强度有氧运动)和持续有氧训练(40 min 的中等强度有氧运动 50%~60%HRR)均能有效改善 PCOS 患者的人体测量学指标、IR 和血脂。不同强度均可产生正向健康效应,持续 40 min 50%~

60%HRR 的中等强度有氧运动或每周进行 3 次 95%~100% HR_{max} 的 HIIT 运动可更有效改善针对体成分的改变。

综上,不同运动量可导致 PCOS 患者出现正向健康结果,其中因高强度运动单位时间内可产生更大健康效应而更被推荐;与高强度运动相比,中等强度亦可一定程度上改善 IR、降低血脂。不同运动频率与持续时间也可缓解 PCOS 患者症状,如短持续时间有氧运动和中等强度运动等。提示运动量较低的运动可能更适合身体状况较差或刚接触运动的患者通过运动改善 PCOS。

1.2.2 运动量对多囊卵巢综合征生殖及精神健康的影响

运动对 PCOS 生殖及精神健康有着不同剂量的影响,运动干预对性功能的影响可以部分地由身体活动的变化所中介产生效应。

最近发表的一篇研究^[22]中比较了持续有氧训练及间歇有氧训练。该研究持续 16 周,每周 3 次,每次 30~50 min。间歇有氧训练以 2 min 高强度跑步/3 min 恢复时间为一循环,持续有氧训练则进行不间断地中等强度跑步。结果显示 2 种不同运动方式均有效改善了 PCOS 患者性功能、焦虑、抑郁指标。但比较时发现间歇有氧训练对生活质量 and 女性性功能指数领域以及医院焦虑抑郁量表评分最有效。提示高强度刺激和积极恢复的间歇有氧训练可能是唤醒性功能及改善 PCOS 患者精神状态的中介效应之一。Ribeiro 等^[4]在其为期 16 周的干预中发现,2 种不仅改善了人体测量学指标,且均降低了 PCOS 患

者的 T 水平。故提出,有氧体能训练方案应被认为是治疗 PCOS 患者代谢紊乱和高雄激素血症的有效策略。另一项针对 18~39 岁 PCOS 患者比较这 2 种运动形式的研究^[23]显示相似结果。2 者在改善性功能、减轻高雄激素血症的临床症状以及减轻焦虑和抑郁方面都是有效的,其中间歇有氧训练比持续有氧训练改进了女性性功能指数领域的更多领域。运动可能通过对心血管健康、情绪和身体形象的积极影响,间接增强妇女的性反应^[24]。

Philbois 等^[25]亦称 2 种强度对 PCOS 患者代谢、激素参数的影响相似,干预后均改善了心肺功能并降低了基线心率与血清睾酮水平。有报道称^[26],性功能可以由心血管耐力来预测,肌肉力量可能与性伙伴的数量有关。而生理上的性唤起的改善可以在运动过程或急性运动后立即发生。这可能是交感神经系统活动增加和内分泌因素的结果。

然而,体育锻炼对患有 PCOS 的妇女的性功能领域的实际影响,以及这类妇女的情绪障碍、自我形象扭曲、代谢参数和性功能之间的可能关系和机制尚未确定。但无论运动的强度与频率如何,运动对 PCOS 患者的身心健康和生活质量都带来明显的好处。虽然运动量、强度及频率与 PCOS 改善效果依旧存在些许争议,但可从现有研究来看,并非只有 12 周及以上的长时间运动干预才可获益,只要进行规律的运动,即可在一定程度上改善 PCOS 的相关症状。但高强度间歇运动时间上的优势更为突出,可被考虑用于促进 PCOS 患者的健康和降低心脏代谢风险。

表 1 不同运动类型对多囊卵巢综合征干预效果汇总

发表年份(年)	第一作者	运动类型	样本量/名	年龄/岁	BMI/kg·m ⁻²	干预时长/周	干预效果
2018	Kogure ^[13]	PRT	PCOS:45 非PCOS:52	18~37	18~39.9	12	PRT 促进PCOS患者肌肉力量的增加并通过减少患者血脂和增加瘦体重和肌肉力量来改善高雄激素血症和身体成分
2022	Rao ^[27]	HIIT :Team A ST:Team B	HIIT:25 ST:25	HIIT:28.1 ± 4.9 ST:30.5 ± 4.8	HIIT: 26.5 ± 3.09 ST:25.3 ± 1.96	12	HIIT 在降低血清睾酮水平和体脂百分比以及提高体力活动水平方面显示出统计学意义,提示HIIT是比力量训练更有效的运动方案
2018	Aye ^[7]	有氧运动	PCOS:12 CON:10	PCOS:28.27 ± 6.5 CON:25.26 ± 6.5	PCOS:29.4 ± 1.6 CON:26.8 ± 2.0	8	有氧运动增加PCOS患者胰岛素敏感性改善身体素质
2021	Wu ^[9]	有氧运动	PCOS:38	32.7 ± 3.2	23.8 ± 3.0	12	12 周有氧运动对PCOS患者的BMI、心血管健康、AMH和氧化应激产生了有益的影响
2015	Almmening ^[16]	有氧运动 ST	HIT:10 ST:11 CON:10	27.2 ± 5.5	HIT: 26.1 ± 6.5 ST: 27.4 ± 6.9 CON: 26.5 ± 5.0	10	无体重变化的情况下,HIT干预10周后 PCOS患者IR显著降低,内皮功能改善,HIT和ST 干预后身体成分均有改善
2022	Li ^[11]	有氧运动 太极	太极:24 CON:18	18~35	>23	12	太极组PCOS患者在3个月时BMI、T水平、血脂指标均有下降
2015	Lara ^[28]	ST	PCOS:43 非PCOS:51	18~37	18~39.9	2	PRT 显著提高PCOS患者FSFI总分及渴望、兴奋和润滑3个维度,且降低了2组患者的疼痛、抑郁和焦虑总分

注:抗阻训练(strength training,ST)。女性性功能指数(Female sexual Function Index,FSFI)。

表 2 不同运动强度、频率对多囊卵巢综合征干预效果汇总

发表年份 / 年	第一作者	样本量/人	运动强度	持续时间 /min/ 次	运动频率 / 次·周 ⁻¹	干预时长 / 周	干预效果
2022	Philbois ^[25]	HIIT:25 MICT:25 CON:25	MICT:70%~80%HR _{max} HIIT:85%~90%HR _{max}	MICT: 50 HIIT: 35~45	3	16	2 种强度对代谢、激素参数的影响相似, 干预后均改善了 PCOS 患者的心肺功能并降低了基线心率与血清睾酮水平
2021	Ribeiro ^[4]	CAT:28 IAT:29 CON:30	CAT:65%~80%HR _{max} IAT: 85%HR _{max} (16 min); 65%HR _{max} (24 min)	30~50	3	16	IAT 组的游离雄激素指数降低,CAT、IAT 均降低 PCOS 患者 T 水平,改善了人体测量学指标
2018	Lopes ^[23]	CAT:23 IAT:22 CON: 24	CAT:65%~80%HR _{max} IAT: 85%HR _{max} ; 65%HR _{max}	CAT:30~50 IAT: 85%HR _{max} ; 16 65%HR _{max} ; 24	3	16	CAT 和 IAT 在改善性功能、减轻高雄激素血症的临床症状以及减轻焦虑和抑郁方面都是有效的
2021	Benham ^[21]	HIIT:16 CAET:14 CON:17	CAET:50%~60%HR _{max} HIIT:90%HR _{max}	CAET:40 HIIT:20	3	24	HIIT 和 CAET 均能有效改善 PCOS 患者的人体测量学指标、IR 和血脂。各组参与者的月经周期规律性均有改善,但组间差异不显著
2022	Zhao ^[29]	有氧组:30 易筋经组:30 CON:30	有氧组:65%~75%HR _{max} 易筋经:中等强度	有氧组:50 易筋经:30	有氧组:3 易筋经:5	12	易筋经和有氧运动可以降低 AMH 水平,改善月经模式等次要结局,从而改善年轻超重/肥胖 PCOS 患者的卵巢功能
2022	Patten ^[30]	MICT:14 HIIT:15	MICT:60%~75% HR _{peak} HIIT:>90% HR _{peak}	/	3	12	HIIT 在有氧能力、胰岛素敏感性和月经周期性方面改善更大,且雄激素水平高减症的减少更多

注:持续有氧训练(continuous aerobic physical training,CAT);间歇有氧训练(intermittent aerobic physical training,IAT);持续有氧训练(continuous aerobic exercise training,CAET)。

2 运动改善多囊卵巢综合征可能机制

PCOS 的病理生理机制复杂目前尚未完全清楚,只可对症治疗,生活方式因素如运动和饮食习惯可能对其发病和治疗起到关键作用。而运动作为一种非药物干预方式,已被广泛研究,其治疗效果也得到了广泛关注。研究显示,运动可以通过多种可能机制进行改善,包括调节激素水平、改善卵巢功能、改善胰岛素敏感性和降低炎症因子水平等。因此,运动已成为 PCOS 治疗中不可或缺的一部分。

2.1 运动改善多囊卵巢综合征中高雄激素血症

目前普遍认为高雄激素血症在与 PCOS 相关的大多数生殖和代谢紊乱的发展中起着根本性的作用。高雄激素血症的发生机制可能与下丘脑—垂体—卵巢轴功能异常、卵巢分泌、旁分泌异常、肾上腺功能初现等因素相关。PCOS 患者雄激素过多的主要途径是促黄体生成素和胰岛素水平升高导致肝脏分泌性激素结合球蛋白减少和雄激素生成增加^[31],引发高雄激素血症的同时进一步诱发 IR、高胰岛素血症与肥胖。通常用于评估高雄激素血症的雄激素是游离睾酮、性激素结合球蛋白、游离雄激素指数、脱氢表雄酮和雄烯二酮等^[32]。

运动可通过减少脂肪量从而改善高雄激素血症,如有氧运动能够影响儿茶酚胺的分泌,诱导多囊女性脂肪分解。肥胖通过抑制脂蛋白脂肪酶活性从而促进脂质代谢异常,而脂

肪细胞功能的许多方面由性激素调节,如雄激素抑制脂肪细胞分化,调节脂肪生成和脂肪分解等。且高雄激素血症可能使 PCOS 患者的胰岛素信号缺陷持续存在,高胰岛素血症增加了雄激素的产生,进而促进了外周组织的 IR^[33]。Kogure 等^[13]通过运动干预减少 PCOS 患者体脂及增加瘦体重和肌肉力量,从而改善高雄激素血症和身体成分。其中,PRT 的效果在计划的前 8 周更加明显。推测这是由于 T 水平的降低和 PCOS 高雄激素模式的改善。Aubuchon 等^[34]证明减轻体重可改善 PCOS 患者的代谢稳态和高雄激素血症。也有报告称^[33]雄激素过多增加腹部脂肪沉积,过多的脂肪组织又直接刺激卵巢和肾上腺提高雄激素水平。高雄激素血症与肥胖在恶性循环中如此循环往复,相互作用。因此,考虑从肥胖角度入手打破该恶性循环,不失为目前的最优选。

2.2 运动改善多囊卵巢综合征中胰岛素抵抗

IR 和代偿性高胰岛素血症被认为是 PCOS 病理生理学的主要驱动因素,并通过各种机制参与高雄激素血症和生殖功能障碍的发展。由于胰岛素信号异常和胰岛素反应组织的代谢功能失调,PCOS 患者的 IR 发病率很高,符合鹿特丹标准诊断的 PCOS 患者中,IR 的患病率高达 95%^[35]。

运动通过信号蛋白的表达完成骨骼肌对糖摄取与胰岛素敏感性增加及改善糖脂代谢。PCOS 的内源性 IR 可能是由于代谢活跃的外周组织(包括脂肪组织和骨骼肌)中胰岛素受体

和胰岛素受体底物 1 的丝氨酸磷酸化增加,引发胰岛素信号受损所导致的胰岛素的功能失调反应^[36]。运动与胰岛素促进葡萄糖转运体 4 转位的信号通路不同,但均可提高转运糖的能力。因此,运动的加入改善胰岛素信号受损及胰岛素调节转运糖的能力,进而改善糖脂代谢及 IR。另外,基于 HIIT 降低 PCOS 女性 HOMA-IR 参数的潜力的结果,这可能的机制可能与体育锻炼引起的肌肉收缩有关,导致膜细胞内葡萄糖转运体 4 受体的易位,促进血浆葡萄糖扩散到横纹肌组织和脂肪细胞,而不需要胰岛素的作用^[37]。因此,当进行有规律的锻炼时,代谢和激素的适应有助于胰岛素受体的显著增加。

缺乏运动导致相关血流调节化合物的产生可能导致 PCOS 缺乏胰岛素刺激的血流增加,进而导致葡萄糖摄取不足,运动的加入则可改善由此引发的 IR^[38]。在内皮细胞中,胰岛素刺激血管扩张剂一氧化氮和血管收缩剂内皮素-1 的产生,而 2 者产生的不平衡抑制了胰岛素介导的血流量增加^[39]。Aye 等^[7]研究中发现,PCOS 患者在运动后对脂质诱导的 IR 的耐受性增加,故提出,这种改善可能是由于中等强度运动增加了脂肪氧化,而肌肉脂肪代谢物的减少会改善 IR。综上,运动可通过改善因缺乏胰岛素刺激而出现的血流异常,改善身体成分及体重的同时减少肌肉脂代谢物,从而改善 PCOS 中的 IR。

此外,代谢灵活性异常也被提出与 PCOS 胰岛素抵抗相关。有研究^[40]表明,PCOS 中观察到的 IR 可能与脂肪组织形态和功能异常及代谢不灵活相关,包括脂肪细胞增大和脂肪细胞中胰岛素刺激的葡萄糖利用率降低,这可能加重 IR 及代谢综合征程度。与正常女性^[41]相比,PCOS 患者在静息、胰岛素刺激状态下表现出更高的代谢不灵活性。提示,运动一方面改善 PCOS 患者身体健康,另一方面代谢灵活性的改善同时带来 IR 改善的益处。

2.3 运动改善多囊卵巢综合征中氧化应激及炎症状态

抗缪勒管激素由卵巢产生,是卵巢储备功能的指标,随着年龄的增长而下降。其与卵泡的发育异常及排卵障碍相关,血清 AMH 水平在 PCOS 患者中较高,尤其是表型较严重的患者^[42]。

运动改善氧化应激可能是降低 PCOS 患者 AMH 的有效方法。基于有氧运动降低肥胖、2 型糖尿病、代谢综合征等其他疾病患者的氧化应激水平,以及 PCOS 是 IR 和代谢综合征的重要相关因素,Wu 等^[9]假设有氧训练对 PCOS 患者的氧化应激也会产生类似的有利结果。在其 12 周的运动干预研究中观察到,丙二醛水平下降,超氧化物歧化酶和总抗氧化能力水平上升,氧化应激得到一定程度的改善,PCOS 患者的 AMH 的下降与丙二醛的变化显著相关。

此外,运动可改善线粒体生物合成和呼吸,从而调节 PCOS 患者的炎症状态。氧化应激的增强有机会导致 mtDNA 异常^[43],这是由于 PCOS 患者线粒体 DNA 拷贝数较非 PCOS 患者低的同时出现高雄激素血症,因此发生 mtDNA 突变。在 Malamouli 等^[44]的研究报告中指出不同的训练方案已经证明,运动可改善线粒体生物合成和呼吸,上调 PGC-1 α 表达。提示运动在改善 PCOS 炎症状态上的作用。

线粒体是细胞的能量工厂,也是代谢灵活性的核心。HIIT

通过改善肌肉的线粒体功能来刺激生物生成和增加骨骼肌胰岛素敏感性;也就是说,线粒体受体的激活可以产生更多的能量,提高活动的最大水平,增加骨骼的氧化能力^[38]。由于炎症与脂肪细胞线粒体功能障碍之间存在联系,巨噬细胞的促炎反应可能促进脂肪细胞线粒体功能障碍^[45]。在肥胖 PCOS 患者中,炎症状态占主导地位且常以较高的循环白细胞为特征。Covington 等^[46]通过 16 周的运动干预研究后发现 IR 得到了改善和白细胞计数的降低,有氧运动或能降低受 PCOS 影响的妇女的炎症标志物。

针对 PCOS 患者为期 16 周的 HIT 研究^[47]中观察到,非 PCOS 女性在亚极量运动中出现运动诱导的全身脂肪氧化的改善,而 PCOS 患者未出现相关改善,提示 PCOS 患者存在代谢灵活性异常问题。因此,Sofie 等^[47]推测,通过运动改善 PCOS 患者低度炎症所导致的基线期 PCOS 患者线粒体呼吸低于非 PCOS 患者的情况将是成为未来值得研究的突破点。

综上所述,运动干预改善 PCOS 的机制主要体现在以下 3 个方面:1)通过运动减少过多的脂肪组织,减少对卵巢和肾上腺的过度刺激,最终降低雄激素水平,改善高雄激素血症。运动充当了解决肥胖与高雄激素血症恶性循环的突破口。2)运动通过信号蛋白促进葡萄糖转运体 4 转位,提高糖转运能力。从而完成骨骼肌对糖摄取与胰岛素敏感性的增加,最终改善 PCOS 患者 IR。3)运动改善体内线粒体生物的合成与呼吸,上调 PGC-1 α 表达的同时,降低白细胞计数,从而改善 PCOS 患者的炎症状态与氧化应激。

3 讨论

PCOS 作为可对女性健康及生活等方面产生负面影响的常见内分泌疾病,随着近年来研究的广度与深度不断拓展,越来越多的人将其定性为一种终身代谢性疾病。

在比较有氧运动与抗阻训练不同的改善效果后发现,虽存在不同程度的差异,但也证实运动与 PCOS 的改善有关。不论何种运动方式及运动量,均可在一定程度上产生有益效果。运动作为 PCOS 管理中最重要非药物策略之一,应在未来更多地关注这一方面的作用,结合体重减轻及生活方式的改变作为突破口进行运动干预。

在回顾及总结了运动对 PCOS 患者的改善效果与可能的机制后,了解运动对 PCOS 患者的病程和预后具有正向影响,同时也是氧化应激、炎症及改善代谢与激素参数的基础。尽管人们对运动与 PCOS 的兴趣高涨,但目前所面临的潜在未解之谜仍需更创新的角度与方法进行深入解剖与研究。但同时,随着越来越多的研究揭示运动在 PCOS 改善中的作用,运动有可能成为未来改善相关疾病,促进慢病健康的一线方法。

参考文献:

- [1] MASOUD N, AMIRABBAS M, SOLMAZ A, et al. The Effect of High Intensity Intermittent and Combined (Resistant and Endurance) Trainings on Some Anthropometric Indices and Aerobic Performance in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial Study[J]. International Journal of Fertility & Sterility, 2022, 16(4): 268-274.

- [2] MARK O G, DANIEL A D, GREGORIO C, et al. Polycystic ovary syndrome: etiology, pathogenesis and diagnosis[J]. *Nature Reviews, Endocrinology*, 2011, 7(4): 219–231.
- [3] VERÓNICA Y, ANDRÉS L, ANDY P V, et al. Oncology and Pharmacogenomics Insights in. Polycystic Ovary Syndrome: An Integrative Analysis[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2020, 11: 585130. DOI: 10.3389/fendo.2020.585130.
- [4] VICTOR B R, IRIS P L, ROSANA M D R, et al. Continuous versus intermittent aerobic exercise. in the improvement of quality of life for women with polycystic ovary syndrome: A randomized controlled trial[J]. *Journal of Health Psychology*, 2021, 26(9): 1307–1317.
- [5] AKTAŞHŞ, UZUN Y E, KUTLU O, et al. The effects of high intensity-interval training on vaspin, adiponectin and leptin levels in women with polycystic ovary syndrome[J]. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 2022, 128(1): 37–42.
- [6] ARIANNA P, ILARIA G, GIACOMA V, et al. From Prediabetes to Type 2 Diabetes Mellitus in. Women with Polycystic Ovary Syndrome: Lifestyle and Pharmacological Management[J]. *International Journal of Endocrinology*, 2020, 2020: 6276187. DOI: 10.1155/2020/6276187.
- [7] MYINT M A, ALEXANDRA E B, ERIC S K, et al. Dynamic Change in Insulin Resistance. Induced by Free Fatty Acids Is Unchanged Though Insulin Sensitivity Improves Following Endurance Exercise in PCOS[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2018, 9: 592.
- [8] VIGORITO C, GIALLAURIA F, PALOMBA S, et al. Beneficial effects of a three-month. structured exercise training program on cardiopulmonary functional capacity in young women with polycystic ovary syndrome[J]. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2007, 92(4): 1379–1384.
- [9] WU X, WU H, SUN W, et al. Improvement of anti-Müllerian hormone and oxidative stress. through regular exercise in Chinese women with polycystic ovary syndrome[J]. *Hormones*, 2021, 20(2): 39–345.
- [10] HUTCHISON S K, STEPTO N K, HARRISON C L, et al. Effects of exercise on insulin. resistance and body composition in overweight and obese women with and without polycystic ovary syndrome[J]. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2011, 96(1): 48–56.
- [11] LI Y, PENG C, ZHANG M, et al. Tai Chi for Overweight/Obese Adolescents and Young Women. with Polycystic Ovary Syndrome: A Randomized Controlled Pilot Trial[J]. *Trials*, 2018, 19(1): 512.
- [12] 邱金鑫, 王玉琼, 罗英. 多囊卵巢综合征不孕育龄女性的心理特征与运动干预研究进展[J]. *现代临床医学*, 2023, 49(2): 134–136+139.
- [13] GISLAINE S K, RAFAEL C S, CRISTIANA L M, et al. Hyperandrogenism Enhances Muscle. Strength After Progressive Resistance Training, Independent of Body Composition, in Women With Polycystic Ovary Syndrome[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2018, 32(9): 2642–2651.
- [14] MIRANDA C L, RAMOS F K P, KOGURE G S, et al. A Nonrandomized Trial of Progressive. Resistance Training Intervention in Women With Polycystic Ovary Syndrome and Its Implications in Telomere Content[J]. *Reproductive Sciences (Thousand Oaks, Calif.)*, 2016, 23(5): 644–654.
- [15] RAMOS F K P, LARA L A DA S, KOGURE G, et al. Quality of Life in Women with Polycystic. Ovary Syndrome after a Program of Resistance Exercise Training[J]. *Revista Brasileira De Ginecologia E Obstetricia: Revista Da Federacao Brasileira Das Sociedades De Ginecologia E Obstetricia*, 2016, 38(7): 340–347.
- [16] ALMENNING I, RIEBER-MOHN A, LUNDGREN KM, et al. Effects of High Intensity Interval Training and Strength Training on Metabolic, Cardiovascular and Hormonal Outcomes in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Pilot Study [J]. *PloS one*, 2015, 10(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0138793.
- [17] BIRINDER S C, LISA V, SOJI S. Progressive Resistance Training in Polycystic Ovary Syndrome: Can Pumping Iron Improve Clinical Outcomes?[J]. *Sports Medicine*, 2014, 44(9): 1197–1207.
- [18] CHRIS K, IAN M L, ISLAM A, et al. Exercise, or exercise and diet for the management of polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis[J]. *Systematic Reviews*, 2019, 8(1): 51.
- [19] SANTOS I K D, NUNES F A S DE S, QUEIROS V S, et al. Effect of high-intensity interval training on metabolic parameters in women with polycystic ovary syndrome: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *PloS One*, 2021, 16(1): e0245023. DOI: 10.1371/journal.pone.0245023.
- [20] ELENI A G, MARTHA W N, CHIA-NING K, et al. Vigorous exercise is associated with superior metabolic profiles in polycystic ovary syndrome independent of total exercise expenditure[J]. *Fertility and Sterility*, 2016, 105(2): 486–493.
- [21] BENHAM J, LBOOTH J E, CORENBLUM B, et al. Exercise training and reproductive outcomes in women with polycystic ovary syndrome: A pilot randomized controlled trial[J]. *Clinical Endocrinology*, 2021, 95(2): 332–343.
- [22] GISLAINE S K, LÚCIA A S L, VICTOR B R, et al. Distinct Protocols of Physical Exercise May Improve Different Aspects of Well-being in Women With Polycystic Ovary Syndrome[J]. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 2023, 17(1): 140–151.
- [23] LOPES I P, RIBEIRO V B, REIS R M, et al. Comparison of the Effect of Intermittent and Continuous Aerobic Physical Training on Sexual Function of Women With Polycystic Ovary Syndrome: Randomized Controlled Trial[J]. *The journal of sexual medicine*, 2018. DOI: 10.1016/j.jsxm.2018.09.002.
- [24] STANTON A M, HANDY A B, MESTON C M. The Effects of Exercise on Sexual Function in Women[J]. *Sexual Medicine Reviews*, 2018, 6(4): 548–557.
- [25] STELLA V P, VICTOR B R, JENS T, et al. Cardiovascular autonomic modulation differences between moderate-intensity continuous and high-intensity interval aerobic training in women with PCOS: A randomized trial[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2022, 13: 1024844. DOI: 10.3389/fendo.2022.1024844.
- [26] JIANNINE L M. An investigation of the relationship between physical fitness, self-concept, and sexual functioning[J]. *Journal of Education and Health Promotion*, 2018, 7: 57.
- [27] MUBARRA R, AMNA A K, QURAT U A. Effects of high-intensity interval training and strength training on levels of testosterone and physical activity among women with polycystic ovary syndrome[J]. *Obstetrics & Gynecology Science*, 2022, 65(4): 368–375.
- [28] LARA L A S, RAMOS F K P, KOGURE G S, et al. Impact of Physical Resistance Training on the Sexual Function of Women with Polycystic Ovary Syndrome[J]. *The Journal of Sexual Medicine*, 2015,

- 12(7): 1584–1590.
- [29] JING Z, ANTONNETTE K, XIANGYUN L, et al. Comparative effectiveness of aerobic exercise versus Yi Jin Jing on ovarian function in young overweight/obese women with polycystic ovary syndrome: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2022, 23(1): 459.
- [30] RHIANNON K P, LUKE C M, ITAMAR L, et al. High-intensity training elicits greater improvements in cardio-metabolic and reproductive outcomes than moderate-intensity training in women with polycystic ovary syndrome: a randomized clinical trial[J]. *Human Reproduction (Oxford, England)*, 2022, 37(5): 1018–1029.
- [31] ROY H. Androgen circle of polycystic ovary syndrome[J]. *Human Reproduction (Oxford, England)*, 2009, 24(7): 1548–1555.
- [32] RICARDO A, ENRICO C, DIDIER D, et al. The Androgen Excess and PCOS Society criteria for the polycystic ovary syndrome: the complete task force report[J]. *Fertility and Sterility*, 2009, 91(2): 456–488.
- [33] BULENT O Y, RICARDO A. Ovarian and adipose tissue dysfunction in polycystic ovary syndrome: report of the 4th special scientific meeting of the Androgen Excess and PCOS Society[J]. *Fertility and Sterility*, 2010, 94(2): 690–693.
- [34] MIRA A, HARRY L, DANIEL S, et al. Metformin does not improve the reproductive or metabolic profile in women with polycystic ovary syndrome(PCOS)[J]. *Reproductive Sciences(Thousand Oaks, Calif.)*, 2009, 16(10): 938–946.
- [35] SAMANTHA C, MARIE L M, WILLIAM G H, et al. Insulin resistance in polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of euglycaemic-hyperinsulinaemic clamp studies[J]. *Human Reproduction (Oxford, England)*, 2016, 31(11): 2619–2631.
- [36] NIGEL K S, ALBA M, LUKE C M, et al. Molecular Mechanisms of Insulin Resistance in Polycystic Ovary Syndrome: Unraveling the Conundrum in Skeletal Muscle? [J]. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2019, 104(11): 5372–5381.
- [37] FERRARI F, BOCK P M, MOTTA M T, et al. Biochemical and Molecular Mechanisms of Glucose Uptake Stimulated by Physical Exercise in Insulin Resistance State: Role of Inflammation[J]. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 2019, 113(6): 1139–1148.
- [38] HANSEN S L, BOJSEN-MØLLER K N, LUNDSGAARD A M, et al. Mechanisms Underlying Absent Training-Induced Improvement in Insulin Action in Lean, Hyperandrogenic Women With Polycystic Ovary Syndrome[J]. *Diabetes*, 2020, 69(11): 2267–2280.
- [39] MICHAEL G C. Impaired microvascular perfusion: a consequence of vascular dysfunction and a potential cause of insulin resistance in muscle[J]. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 2008, 295(4): 732–750.
- [40] LOUISE M, HENRIK L, JOEL K, et al. Adipose tissue has aberrant morphology and function in PCOS: enlarged adipocytes and low serum adiponectin, but not circulating sex steroids, are strongly associated with insulin resistance[J]. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2011, 96(2): 304–311.
- [41] MICHAEL R, BEE K T, HELENA T, et al. Metabolic inflexibility in women with polycystic ovary syndrome: a systematic review[J]. *Gynecological Endocrinology: The Official Journal of the International Society of Gynecological Endocrinology*, 2020, 36(6): 501–507.
- [42] JACOB S L, FIELD H P, CALDER N, et al. Anti-Müllerian hormone reflects the severity of polycystic ovary syndrome[J]. *Clinical Endocrinology*, 2017, 86(3): 395–400.
- [43] JINGSHUN Z, YIGANG B, XU Z, et al. Polycystic ovary syndrome and mitochondrial dysfunction[J]. *Reproductive biology and endocrinology*, 2019, 17(1): 67.
- [44] MELPOMENI M, ITAMAR L, ANDREW J M, et al. The mitochondrial profile in women with polycystic ovary syndrome: impact of exercise[J]. *Journal of Molecular Endocrinology*, 2022, 68(R3): 11–23.
- [45] CHANG Y W, JUNG E J, SEUNG E L, et al. Mitochondrial Dysfunction in Adipocytes as a Primary Cause of Adipose Tissue Inflammation[J]. *Diabetes & Metabolism Journal*, 2019, 43(3): 247–256.
- [46] JEFFREY D C, CHARMAINE S T, MAGDALENA P, et al. Higher circulating leukocytes in women with PCOS is reversed by aerobic exercise[J]. *Biochimie*, 2016, 124: 27–33.
- [47] LIONETT S, KIEL I A, RØSBJØRGEN R, et al. Absent Exercise-Induced Improvements in Fat Oxidation in Women With Polycystic Ovary Syndrome After High-Intensity Interval Training[J]. *Frontiers in Physiology*, 2021, 12: 649794.DOI:10.1371/journal.pone.0245023.

(上接第776页)

- [29] 周强.形成高效的法治实施体系[J].求是,2014,635(22):3–5.
- [30] 全国人大常委会《中华人民共和国体育法》[N].人民日报,2022-06-28(17).
- [31] 央视网.习近平主持召开中央全面深化改革领导小组第三十七次会议强调 敢于担当善谋实干锐意进取深入扎实推动地方改革工作[EB/OL].(2017-07-19)[2022-09-02].http://news.cctv.com/2017/07/19/ARTIqfAp2epsoMw3uXNudfcq170719.shtml.
- [32] 李智,刘永平.从孙杨案看世界反兴奋剂治理架构的完善[J].北京体育大学学报,2020(4):64–73.
- [33] 姜熙.我国兴奋剂纠纷解决机制建设研究:基于新修订《体育法》的思考[J].北京体育大学学报,2022,45(8):39–50.