

女性运动与生殖内分泌调控 ——EA-HPO轴视角的证据与路径

王思奇¹, 韩凤娟^{2*}

¹黑龙江中医药大学研究生院, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江中医药大学附属第一医院妇科三科, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2025年11月7日; 录用日期: 2025年12月18日; 发布日期: 2025年12月30日

摘要

目的: 综述运动对女性生殖内分泌的双重影响, 围绕能量可用性(energy availability, EA)——下丘脑 - 垂体 - 卵巢(HPO)轴, 分别讨论多囊卵巢综合征(PCOS)与功能性下丘脑性闭经/相对能量缺乏综合征(FHA/RED-S)的证据, 并在中医理论框架下给出可实施的处方思路。**方法:** 检索最近20年的中英文文献, 兼顾奠基性研究; 纳入随机对照研究、系统综述/共识与高质量队列, 采用叙述性综合, 不做定量荟萃。**结果:** 中等强度有氧联合抗阻训练可改善PCOS的胰岛素抵抗与高雄激素状态, 并促进排卵恢复; 低EA通过“瘦素/Kiss1-GnRH”主链并受HPA/HPT轴调制抑制HPO功能, 能量恢复是FHA/RED-S管理的首要目标。在中医视角下, 脾胃运化可解释EA对生殖供给的影响, 肾主生殖可解释轴向稳定性, 阳气与肝之疏泄可解释代谢与应激对节律与甲状腺功能的干扰。以EA监测为核心的分层评估、个体化处方与多学科协作, 有助于在保证安全性的前提下提高疗效与依从性。**结论:** 运动干预的净效应取决于EA与训练负荷的动态平衡。临幊上宜遵循“先能量、后负荷”的顺序, PCOS以代谢改善为先, FHA/RED-S以能量恢复为先; 结合中医辨证与可检验指标, 构建“评估 - 处方 - 随访”的一体化管理路径。

关键词

运动干预, 能量可用性, 下丘脑 - 垂体 - 卵巢轴, 多囊卵巢综合征, 功能性下丘脑性闭经, 相对能量缺乏综合征, 中医理论

Exercise and Female Reproductive Endocrine Regulation

—Evidence and Pathways from the EA-HPO Axis Perspective

Siqi Wang¹, Fengjuan Han^{2*}

*通讯作者。

¹Graduate School, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

²Department of Gynecology III, The First Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

Received: November 7, 2025; accepted: December 18, 2025; published: December 30, 2025

Abstract

Objective: To review the dual effects of exercise on female reproductive endocrinology along the energy availability (EA)-hypothalamic-pituitary-ovarian (HPO) axis; to summarize evidence in polycystic ovary syndrome (PCOS) and functional hypothalamic amenorrhea/relative energy deficiency in sport (FHA/RED-S); and to propose implementable prescribing ideas within a Traditional Chinese Medicine (TCM) theoretical framework. **Methods:** Literature in Chinese and English from the past 20 years was searched, with foundational studies considered. Randomized controlled trials, systematic reviews/consensus statements, and high-quality cohort studies were included. A narrative synthesis was performed without quantitative meta-analysis. **Results:** Moderate-intensity aerobic exercise combined with resistance training improves insulin resistance and hyperandrogenism in PCOS and promotes ovulatory recovery. Low EA suppresses HPO function primarily via the leptin/Kiss1-GnRH pathway and is further modulated by the HPA/HPT axes; energy restoration is the first-line goal in FHA/RED-S management. From a TCM perspective, spleen (digestive) function explains how EA supports reproductive supply, kidney (reproductive essence) underpins axis stability, and yang/“liver coursing” helps interpret how metabolism and stress disturb rhythm and thyroid state. An EA-centered stratified assessment, individualized prescriptions, and multidisciplinary collaboration can enhance efficacy and safety/adherence. **Conclusion:** The net effect of exercise depends on the dynamic balance between EA and training load. Clinically, a “energy first, load second” sequence is advised: prioritize metabolic improvement in PCOS and energy restoration in FHA/RED-S. Integrating TCM pattern differentiation with testable indicators supports an “assessment-prescription-follow-up” pathway for care.

Keywords

Exercise Intervention, Energy Availability, Hypothalamic-Pituitary-Ovarian Axis, Polycystic Ovary Syndrome, Functional Hypothalamic Amenorrhea, Relative Energy Deficiency in Sport, Traditional Chinese Medicine

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

女性生殖健康是反映其整体健康状况的重要指标，而规律的月经周期是生殖内分泌功能正常的标志。这一周期性变化由下丘脑 - 垂体 - 卵巢(hypothalamic pituitary ovarian axis, HPO)轴精细调控[1]。下丘脑 - 垂体 - 卵巢轴(HPO)的功能受到遗传、营养、心理压力以及身体活动水平等多种因素的显著影响[2]。其中，运动干预作为一种经济、安全且具有多重健康效益的非药物手段，其在女性生殖健康维护与疾病管理中的作用日益受到重视。本文检索近 20 年 CNKI、万方、PubMed 数据库文献，以“能量可用性/下丘脑 - 垂体 - 卵巢轴/PCOS/FHA/RED-S/运动”为关键词，纳入随机对照研究、系统综述/共识与高质量队列

研究, 重点解读近 5 年证据。

然而, 运动对 HPO 轴的影响呈现出复杂的双向性。研究表明, 对于多囊卵巢综合征患者, 规律的中等强度运动能够有效改善胰岛素敏感性, 减轻高雄激素血症, 从而促进排卵和月经周期的恢复[3][4]。相反, 在女运动员或过度运动的普通女性中, 月经功能紊乱, 特别是功能性下丘脑性闭经(functional hypothalamic amenorrhea, FHA)的发生率显著升高, 其根本原因与运动消耗未能得到充足营养补充所导致的“低能量可用性”密切相关[5][6]。这表明, 运动对 HPO 轴的效应取决于强度/时长/频率与能量摄入的动态平衡, 而非“是否运动”本身。

在现代运动医学中, 低能量可用性(Low Energy Availability, LEA)被视为导致运动性月经失调的核心环节。这一现代科学概念与中医学的理论体系高度契合。中医学认为, 月经的生成与调控有赖于“天癸”的至竭、“脏腑”功能的协调, 以及“气血”的充盈, 其中以肾、脾、肝三脏及冲、任二脉为核心[7]。

“能量可用性”概念的出现, 为统一理解运动对生殖功能的双重作用提供了关键的理论框架[8]。能量可用性(energy availability, EA)将运动能量消耗与膳食能量摄入联系起来, 量化了可用于维持生殖等基本生理功能的能量水平。近年来, 国内学者围绕运动、EA 与女性生殖健康开展了大量临床与基础研究, 积累了丰富的本土化证据。因此, 本综述以 EA 为枢纽, 系统阐述运动干预调节 HPO 轴在多囊卵巢综合征(polycystic ovary syndrome, PCOS)和 FHA 这两种代表性月经失调中的作用机制与应用进展, 提出“双刃调控 - 处方平衡”框架, 并尝试以“脾肾 - 冲任”与现代神经内分泌通路进行机制映射, 为个体化处方提供整合视角。

对 EA 变化、HPO 轴调控及低 T3 现象, 在中医理论的角度从三个层面说明生殖相关的现代观察结果。第一, 脾胃侧重“供给”, 决定营养与能量是否被充分转化并用于生殖; 第二, 肾侧重“基础能力”, 关系到生殖轴(HPO)的稳定与反应性; 第三, 阳气与肝的疏泄侧重“调控”, 影响机体的代谢水平与应激状态。基于这一思路, 能量可用性的高低对应于脾胃运化是否充足; 肾的盛衰关系到促性腺激素释放激素(GnRH)/黄体生成素(LH)/卵泡刺激素(FSH)等轴向输出是否稳健; 阳气不足或肝郁不舒则可能通过代谢与应激通路干扰节律与甲状腺功能。

2. 从中医脏腑理论解析 LEA 致月经失调的病机

2.1. 能量可用性与中医“后天之本”——脾胃的关联

首先, 现代意义上的能量摄入与消耗平衡, 对应于中医学中“脾胃”运化水谷、化生气血的功能。脾主运化, 为后天之本, 气血生化之源。水谷精微在脾气的推动下可化生为精、气、血、津液等多种营养物质, 脾主“化”是指在脾的气化作用下, 将“脾主运”阶段所吸收的水谷精微进一步化生为精、气、血、津液, 内养五脏六腑, 外濡四肢百骸为生命活动提供能量的过程[9]。当运动过量(消耗过度)或摄入不足(化源匮乏)时, 即构成“劳倦伤脾”, 导致脾失健运, 气血生化乏源, 无法下注胞宫以濡养经血, 此为 LEA 导致生殖资源被剥夺的中医病机阐释。

2.2. 下丘脑 - 垂体 - 卵巢轴与中医“先天之本”——肾的关联

中医学将生殖轴的功能高度概括于“肾”的范畴之中。肾藏精, 主生殖, 为先天之本[10]。“天癸”作为一种源自肾精、促进性发育与维持生殖功能的物质, 其功能与现代医学中下丘脑 - 垂体 - 性腺轴的调控作用高度相似。过度运动导致的能量耗竭, 不仅损伤后天之脾, 更会劫耗先天之肾精, 形成“脾肾两虚”之证。肾精亏虚, 则天癸衰少, 冲任不充, 胞宫失养[11], 从而引发月经后期、量少乃至闭经。现代研究中观察到的 LEA 状态下 HPO 轴功能受抑、GnRH 脉冲分泌被抑制, 即“肾精亏虚, 天癸竭”的体现。

2.3. “低 T3 综合征”与中医“阳气”及“肝郁”的关联

LEA 状态下出现的“低 T3 综合征”，机体代谢率降低以保存能量，这与中医学“阳气”虚弱、温煦和推动功能减退的状态相符。肾阳为全身阳气之根，脾阳是运化之动力。脾肾阳虚，则机体呈现一派“低代谢”状态。同时，长期高强度训练带来的精神压力，以及月经失调本身对情绪的影响，可导致肝气郁结。肝主疏泄，调畅气机，肝郁则气机不畅，进一步妨碍脾胃运化和气血运行，加重胞宫经络 - 冲任二脉的瘀滞，形成虚实夹杂的复杂病机[12]。

3. HPO 轴功能与能量可用性的生理学基础

3.1. HPO 轴的正常调控机制

HPO 轴的正常运作始于下丘脑弓状核内 GnRH 神经元的脉冲式分泌。这种脉冲信号是调节垂体分泌 LH 和 FSH 的基础，进而精确控制卵巢的卵泡发育、类固醇激素合成和排卵[13]。整个月经周期中，GnRH 脉冲频率的动态变化是周期各阶段顺利转换的关键。GnRH 脉冲发生器的活动受到复杂的神经内分泌网络调控，其中 kisspeptin-神经激 B-强啡肽神经元系统被认为是启动和维持脉冲分泌的关键枢纽[14]。

3.2. 能量可用性作为代谢信号的核心地位

能量可用性被定义为：每日膳食能量摄入减去运动能量消耗后，单位去脂肪体重所拥有的能量，即 EA (kcal/kg FFM/day) = (能量摄入 - 运动能量消耗)/去脂肪体重[15]。研究表明，维持正常生殖功能需要 EA 处于正常范围，如果过低机体将启动能量节约机制，优先保障心、脑、肺等生命器官的功能，而暂时抑制耗能巨大的生殖过程[16]。

3.3. 低 EA 抑制 HPO 轴的神经内分泌通路

当机体处于低能量可用性状态时，一系列代谢适应被激活，共同作用于下丘脑，抑制 GnRH 的脉冲分泌。其通路主要包括：

瘦素信号减弱：瘦素由白色脂肪细胞分泌，是反映机体能量储存状态的关键激素。低瘦素水平减弱了对下丘脑 kisspeptin 神经元的刺激，进而导致 GnRH 分泌抑制。限制能量摄入可导致大鼠血清瘦素水平下降及动情周期紊乱，外源性补充瘦素可部分逆转此效应[17]。

下丘脑 - 垂体 - 甲状腺轴调整：低能量可用性状态下，循环中生物活性更高的三碘甲状腺原氨酸水平下降，反向 T3 水平升高，形成“低 T3 综合征”，这是机体降低基础代谢率以保存能量的适应性反应，同时也参与了对生殖轴的抑制[18]。

应激轴激活：慢性低能量可用性可被视为一种生理应激，激活下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴，导致皮质醇水平升高。高水平的皮质醇对 HPO 轴有直接的抑制作用[19]。

4. 运动干预作为 PCOS 的辅助治疗：改善能量代谢，正向调节 HPO 轴

4.1. PCOS 与胰岛素抵抗

PCOS 是以排卵障碍、高雄激素临床表现或生化指标以及卵巢多囊样改变为特征的常见生殖内分泌疾病。胰岛素抵抗及代偿性高胰岛素血症是其核心病理生理环节之一[20]。高胰岛素血症可直接刺激卵巢卵泡膜细胞产生过量雄激素，并抑制肝脏合成性激素结合球蛋白，导致游离睾酮升高，破坏正常的卵泡发育和排卵[21]。

4.2. 运动改善 PCOS 的作用机制

运动被公认为改善胰岛素敏感性的最强效非药物方式之一。其作用机制包括：

急性效应：单次运动即可通过激活骨骼肌内的 AMPK 信号通路，促进葡萄糖转运蛋白 4 向细胞膜转位，从而在不依赖胰岛素的情况下加速葡萄糖摄取[22]。

慢性适应：长期规律运动可增加骨骼肌质量、线粒体含量和氧化能力，改善胰岛素受体信号转导效率，使机体对胰岛素更敏感[23]。陈孝萍等[24]报告提示运动干预有助于改善 PCOS 激素谱；国外系统综述亦提示联合有氧与抗阻训练对 IR、SHBG 与雄激素更有利[25]。通过改善胰岛素抵抗，运动间接降低了卵巢雄激素的合成，提高了 SHBG 水平，从而改善了高雄激素血症。这为 HPO 轴功能的恢复创造了有利的内环境。研究发现，运动结合抗阻运动后，在改善患者 IR、雄激素水平方面效果更为显著[25]。

PCOS 中国诊疗指南中指出：减重最有效的方法是进行适量规律的体育锻炼并且减少平日的久坐行为，建议每周锻炼至少 5 次，每次 30 分钟，根据个人意愿和体力的情况定制运动计划可以达到改善患者临床指标、生活质量的目的[20]，有氧和抗阻两种运动联合进行，在改善患者 IR、雄激素水平方面效果更为显著，同时还能缓解患者的负性情绪[25]。

在运动处方方面，国内共识多推荐：运动频率：每周 3~5 次。运动强度：中等强度(最大心率的 60%~75%)，或高强度间歇训练。运动时间：每次 30~60 分钟。运动类型：有氧运动(如快走、慢跑、游泳)结合抗阻运动(如器械训练、弹力带训练)。个性化原则至关重要，需考虑患者的基线体能、体重状况、合并症及运动偏好[26] [27]。

4.3. PCOS 不同亚型对运动干预的异质性反应

现有研究提示，PCOS 并非单一疾病实体，而是包含 A~D 等多种表型，其在肥胖程度、胰岛素抵抗强弱及高雄激素状态上存在显著差异，这些差异很可能影响对运动干预的反应。系统综述与荟萃分析显示，中等强度及以上运动总体上均可改善 PCOS 患者的胰岛素抵抗、身体成分及月经紊乱[28] [29]，但减重幅度和代谢获益在合并肥胖、经典高雄激素表型中更为显著，而瘦型或代谢负担较轻的表型，其体重变化有限，生殖结局改善的证据也相对薄弱。

此外，不同运动模式对各表型的适配性亦存在差异。以有氧结合抗阻训练为主的中高强度方案，对伴明显胰岛素抵抗和中心性肥胖的 PCOS 患者效果较佳，但在瘦型或以情绪症状为主的患者中，过高的训练负荷反而可能进一步压低 EA，诱发或加重月经紊乱。部分研究提出，应更多关注运动处方的“质”而非单纯“量”，如在经典表型患者中强调增加肌量和有氧耐力，在瘦型表型中则适当提高身心运动与中等强度活动的比例，以改善应激与睡眠，而非一味追求大幅减重[30] [31]。

在中医视角下，肥胖、代谢负担突出的 PCOS 多属“痰湿壅盛、脾虚失运”范畴，更适宜以“健脾化痰、行气活血”为纲，配合较高总量的有氧 + 抗阻运动；瘦型或情绪主导的 PCOS 患者常见“肝郁血瘀、肾虚夹瘀”等证型，则更需兼顾“调肝解郁、补肾养血”，运动处方宜强调整律稳定、不过度透支体力，并辅以导引、太极、瑜伽等身心运动，以避免在原本偏低的 EA 基础上进一步损伤“脾肾之本”。通过表型分层与辨证分型相结合，有助于将“运动是良药”落实为真正意义上的精确处方。

5. 运动干预的“双刃剑”效应：基于能量平衡的临床实践与未来展望

5.1. 从“女性运动员三联征”到运动相关性能量缺乏综合征

FHA 是由于下丘脑 GnRH 脉冲分泌功能受损导致的闭经，需排除器质性病变。在运动人群中，FHA

常是“女性运动员三联征”的一部分，该征包括低能量可用性(伴或不伴进食紊乱)、月经功能紊乱和骨量低下[32]。近年来，概念已扩展为更全面的“运动相关性能量缺乏综合征”，强调低能量可用性对健康的多系统影响，包括代谢、免疫、心血管和心理等[33]。在女子运动员中相对能量缺乏综合征(relative energy deficiency in sport, RED-S)的发生风险较高，且 RED-S 对女性运动员的影响尤为显著，女性运动员的生殖系统较为敏感，能量不平衡可能导致月经紊乱、性腺激素分泌异常等问题[34]。

5.2. 运动性闭经的流行病学与风险因素

国内研究显示，在女子体操、长跑、舞蹈等强调低体重或高消耗的项目中，月经失调的发生率很高[35][36]。风险因素不仅包括巨大的训练负荷，还包括不科学的减肥行为、对“瘦”的审美压力、以及相关知识缺乏等[37]。

5.3. 运动诱导运动性闭经的管理：能量恢复优先

对于诊断为运动性闭经 RED-S 的个体，则需恢复其能量平衡[38]。这意味着必须将 EA 提升至维持生殖功能的阈值以上。具体措施包括：增加能量摄入：在营养师指导下，增加每日总热量摄入，确保碳水化合物摄入充足，以支持训练和恢复[39]。减少运动消耗：短期内适当减少训练量、强度或频率，为身体恢复提供窗口期[40]。营养教育与心理支持：纠正错误的体重和体型观念，治疗可能存在的进食障碍[41]。

通过干预经体重恢复并适当降低训练负荷后，闭经状态多可逆转[42]。在能量平衡未恢复前，单纯使用激素类药物建立“人工周期”并不能解决根本问题，且长期服用激素类药物，副作用较大[43]。面对运动对 HPO 轴的双重影响，临床医生、康复师和教练需在确保能量可用性(EA)安全的前提下，制定与动态调整个体化方案。

5.4. 低 EA 行为的心理社会驱动力及其与“情志致病”的联系

流行病学资料表明，许多女性运动员或爱好者处于长期低 EA 状态并非完全“有意节食”，而是受到审美文化、“轻一点会更快/更优雅”的训练话语、队内体重比较以及社交媒体形象等多重因素影响，逐渐形成“高训练 - 低摄入”的生活方式。一系列研究显示，身体意象不满意、追求瘦身或特定体型、完美主义和高自我要求，与 RED-S、异常饮食行为和月经紊乱的风险显著相关；部分项目(如体操、舞蹈、耐力项目等)因“瘦身文化”和体重压力更为突出，低 EA 的患病率尤高[44][45]。

这些心理社会因素与中医“情志致病”理论高度契合。长期“忧思”、“焦虑”可损伤脾气，使“运化失职、气血生化乏源”，对应的是限制饮食、反复节食带来的能量摄入不足；“怒郁伤肝”则表现为面对成绩与体重压力时情绪抑郁、易怒、自责，导致过度训练、难以休息，形成“肝郁气滞、气血运行不畅”，进一步加重冲任瘀滞、月经失调。对肢体形象过度焦虑而产生的“恐惧进食”“报复性训练”，在中医上可理解为“恐伤肾”、“肾精暗耗”。因此，在管理运动相关性 FHA/RED-S 时，除恢复 EA、调整训练外，应将心理筛查与情志调摄纳入常规评估，结合现代心理干预与中医情志疗法(如针药配合疏肝解郁、导引、太极及正念类练习)，以多靶点打断“情志失调 - 行为失衡 - 能量亏虚 - 月经紊乱”的恶性循环。

1. 精准评估是前提：在推荐运动计划前，须对女性进行全面的评估，包括：月经与生育史(周期/经量/排卵/生育计划)；运动与能量摄入(训练与饮食日志，估算 EA，建议覆盖 3~7 天)；身体成分(体脂率、FFM)；生化(生殖轴、甲状腺、胰代谢)；心理状态(体像与进食障碍风险) [46]。

2. 针对不同目标的处方重点：对于 PCOS 患者目标是改善代谢。处方应侧重于中等强度有氧运动结合抗阻训练，循序渐进，重在培养长期坚持的运动习惯。对于 FHA 的患者与高风险者：首要目标是恢复

能量平衡。初始阶段应以显著减少运动量、增加营养为核心, 待月经恢复、EA 正常化后, 再在密切监测下逐步、缓慢地增加低至中等强度的运动[47]。对于健康人群的预防: 强调运动与营养的平衡, 避免过度训练和不当节食。鼓励多样化的运动形式, 包括身心运动如瑜伽、太极, 以缓解心理压力[48]。研究发现瑜伽练习能显著改善慢性疲劳综合症女性的焦虑、抑郁情绪和睡眠质量, 对稳定内分泌环境有积极作用[49]。在 EA 未恢复前, 不建议以激素建立“人工周期”替代能量干预; 若出现骨量下降或应力性骨折高风险, 应优先评估营养、负荷与心理因素, 并与骨代谢管理同步推进[42]。

3. 多学科团队协作: 管理月经失调, 特别是复杂的 RED-S 病例, 需要妇科内分泌医生、营养师、运动生理学家、心理医生乃至精神科医生的紧密合作, 为患者提供全方位的支持[33]。

4. EA 调节的个体差异与“阈值”之争

经典研究提出, 当 EA 下降至约 30 kcal/kg FFM/d 以下时, 女性月经功能和骨代谢即出现明显受损, 因此 30 被广泛视为“危险阈值”。然而, 后续工作发现, 部分女性在 EA 明显低于 30 时仍可维持正常月经, 而另一些则在 35~40 这一传统“安全”区间内已出现黄体功能不全或排卵障碍, 提示 EA 与生殖功能之间更可能是连续谱而非简单“有/无”界点[8] [50]。

一方面, EA 的计算本身存在较大测量误差; 另一方面, 身体成分、训练史、内分泌敏感性及遗传背景等均会影响个体对低 EA 的耐受度。近期关于 RED-S 的综述与国际共识更强调: 30 kcal/kg FFM/d 应被视为群体层面的“风险提示线”, 而非个体诊断的硬性标准, 临床评估应综合月经情况、基础代谢率下降幅度、骨密度、甲状腺与应激轴激素、以及心理和饮食行为等多维指标, 而不能简单依赖单一数值[51] [52]。

若从中医“体质 - 脏腑 - 经络”框架理解这种差异, 可认为“脾肾亏虚、阳气不足”体质者, 对能量亏空更为敏感, 稍有“劳倦伤脾”即气血生化乏源, 易出现月经后期、量少乃至闭经; 而“实证”或“阳有余”体质者, 则在一定时间内尚能凭借“肾阳”、“胃气”相对充沛而维持表面月经规律, 却以情绪波动、失眠、疲劳隐匿表现出内在失衡。因此, 文章所提出的个体化处方路径中, 在估算 EA 的同时引入体质评估与“脾肾 - 冲任”状态的综合判断, 更有利于早期识别高敏感人群, 并在尚未出现明显内分泌损害前主动调整训练与营养方案。

本综述系统阐述了运动干预通过影响能量可用性进而调节 HPO 轴功能在常见月经失调中的双重作用。核心结论是: 运动对女性生殖内分泌的影响是一把“双刃剑”, 其利与弊的转换点在于是否维持了充足的能量可用性。对于存在胰岛素抵抗的 PCOS 患者, 规律运动是改善 HPO 轴功能的有效辅助疗法; 而对于因运动消耗过大、摄入不足导致低能量可用性的个体, 运动则成为抑制 HPO 轴、引发 FHA 的诱因。

尽管国内该领域研究已取得显著进展, 但仍存在一些局限性与未来发展方向: 研究样本与人群: 多数研究样本量较小, 且多集中于青年运动员或大学生群体, 对普通运动爱好者和不同年龄段女性的研究有待加强。长期随访研究缺乏: 关于运动干预对 PCOS 患者长期生殖结局(如自然妊娠率、远期代谢健康)以及 FHA 患者骨骼健康的长期影响, 尚需更多前瞻性队列研究。身心运动的作用机制需深入: 瑜伽、太极等身心运动对生殖内分泌的调节作用已显现潜力, 但其具体机制, 特别是对 HPA 轴和 HPO 轴的交互影响, 有待从神经内分泌层面进行深入探讨。精准营养与运动结合: 未来研究可探索不同营养素(如碳水化合物与脂肪的比例、特定氨基酸补充)与不同类型运动相结合, 对优化 PCOS 患者代谢和 FHA 患者能量恢复的最佳模式[53] [54]。

总之, 在女性生殖健康管理中, 我们应树立“能量平衡为先”的理念, 科学评估个体的能量状态与运动风险, 制定真正个性化的运动处方, 从而最大化运动的健康效益, 规避其潜在风险, 助力于女性全生命周期的健康维护。未来关于运动干预调节 HPO 轴的研究, 可借鉴中医整体观和辨证论治的思想, 在制定干预方案时, 不应仅关注能量平衡的数值, 更可结合中医体质辨识, 对于脾虚者注重健脾养血, 对

于肾虚者辅以补肾填精，对于肝郁者予以疏肝解郁，通过针药、食疗、导引等综合手段，多靶点地改善机体的能量代谢与内分泌状态，从而为预防和治疗运动相关的月经失调提供更具个性化且行之有效的中西医结合策略。

6. 结论

运动对 HPO 轴具有双刃效应，关键在于维持充足 EA 并据此制定分型处方；FHA 管理以能量恢复优先，PCOS 以代谢改善优先。方法学上建议以结构化评估与多学科协作为路径，将身心运动与中医辨证纳入可检验的临床方案。

参考文献

- [1] 王丹妮, 刘智斌, 李彬峰. 针灸治疗早发性卵巢功能不全机制研究进展[J]. 针灸临床杂志, 2025, 41(1): 101-105.
- [2] 陈子江, 乔杰, 黄荷凤. 多囊卵巢综合征指南解读[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 257.
- [3] 杨爽, 金丽娜, 郁琦. 生活方式干预疗法在多囊卵巢综合征治疗中的作用[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2013, 29(11): 866-870.
- [4] 常笛, 徐晓琳, 杨静. 多囊卵巢综合征患者的健康管理策略[J]. 临床医学进展, 2023, 13(7): 11847-11851.
<https://doi.org/10.12677/acm.2023.1371659>
- [5] 卢叶, 陈超, 周一凡, 等. 能量不足对女性生殖健康影响的研究进展[J]. 中华生殖与避孕杂志, 2023, 43(8): 847-851.
- [6] 马世月, 朱梅(审校). 功能性下丘脑性闭经研究进展[J]. 国际生殖健康/计划生育杂志, 2020, 39(1): 67-70.
- [7] 阮芳, 周惠芳. 从调周法论述月经后期[J]. 中医学, 2023, 12(8): 2322-2327.
<https://doi.org/10.12677/tcm.2023.128347>
- [8] Loucks, A.B. (2003) Energy Availability, Not Body Fatness, Regulates Reproductive Function in Women. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31, 144-148. <https://doi.org/10.1097/00003677-200307000-00008>
- [9] 张美玲, 李杨. 基于脾-线粒体相关性探析“脾主运化”理论治疗慢性心力衰竭[J]. 临床医学进展, 2024, 14(5): 639-644. <https://doi.org/10.12677/acm.2024.1451472>
- [10] 冯晓芬, 殷红光, 吴华, 等. 肾主生殖的理论渊源及肾精不足的特点[J]. 黑龙江医学, 2013, 37(1): 17-19.
- [11] 夏心瑀, 梁艳, 董莉, 等. 从“肾-天癸-冲任-胞宫”生殖轴及“玄府理论”论卵巢早衰的针刺治疗[J]. 上海中医药大学学报, 2024, 38(4): 87-91.
- [12] 徐芸, 王苏丽, 李世梅. 基于“枢轴运动”探析“脾-肝-冲任-胞宫月经轴” [J]. 新医学, 2022, 53(12): 887-890.
- [13] 史精华, 冷金花. 促性腺激素释放激素及其受体研究进展[J]. 国际妇产科学杂志, 2010, 37(1): 31-33, 38.
- [14] Ruohonen, S.T., Poutanen, M. and Tena-Sempere, M. (2020) Role of Kisspeptins in the Control of the Hypothalamic-Pituitary-Ovarian Axis: Old Dogmas and New Challenges. *Fertility and Sterility*, 114, 465-474.
<https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2020.06.038>
- [15] Wade, G.N. and Schneider, J.E. (1992) Metabolic Fuels and Reproduction in Female Mammals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 16, 235-272. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(05\)80183-6](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(05)80183-6)
- [16] 卢叶, 陈超, 周一凡, 等. 低体脂影响女性月经的机制及康复策略研究进展[J]. 中国临床医学, 2023, 30(4): 721-729.
- [17] 李兴升, 王德华. 瘦素在哺乳动物体重调节, 繁殖和免疫中的作用[J]. 兽类学报, 2003, 23(2): 168-174.
- [18] 刘永峰. 慢性能量缺乏症防护理论研究[J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2007(03): 74-77.
- [19] 韦柳彤, 赖东梅. 慢性应激与卵巢功能减退的相关性研究进展[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2024, 44(12): 1601-1606.
- [20] 宋颖, 李蓉. 多囊卵巢综合征中国诊疗指南解读[J]. 实用妇产科杂志, 2018, 34(10): 737-741.
- [21] 郑建淮, 曹缵孙, 陈晓燕. 胰岛素抵抗在多囊卵巢综合征中的作用[J]. 国外医学·妇幼保健分册, 2001, 12(2): 70-72.
- [22] 齐洁, 张波段, 许扬, 等. AMPK 通过负调控 NOX4/ROS 通路表达在运动改善胰岛素抵抗中的作用[C]//中国体育科学学会. 第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编. 上海: 上海师范大学, 2019: 7537-7538.

- [23] 郭勇辉, 石向前, 冯桂波. 有氧运动时长对 2 型糖尿病患者炎症因子的影响[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 1894-1900. <https://doi.org/10.12677/acm.2025.1551572>
- [24] 陈孝萍, 詹晓梅, 张思静. 运动干预对多囊卵巢综合征患者激素水平影响的效果评价[C]//第十一届全国体育科学大会论文集. 2019: 3944-3946.
- [25] Shele, G., Genkil, J. and Speelman, D. (2020) A Systematic Review of the Effects of Exercise on Hormones in Women with Polycystic Ovary Syndrome. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, **5**, Article 35. <https://doi.org/10.3390/jfmk5020035>
- [26] 《中国居民膳食指南(2022)》在京发布[J]. 营养学报, 2022, 44(6): 521-522.
- [27] 临床运动处方实践专家共识(2025) [J]. 中国运动医学杂志, 2025, 44(5): 341-357.
- [28] Kite, C., Lahart, I.M., Afzal, I., Broom, D.R., Randeva, H., Kyrou, I., et al. (2019) Exercise, or Exercise and Diet for the Management of Polycystic Ovary Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Systematic Reviews*, **8**, Article No. 51. <https://doi.org/10.1186/s13643-019-0962-3>
- [29] Patten, R.K., Boyle, R.A., Moholdt, T., Kiel, I., Hopkins, W.G., Harrison, C.L., et al. (2020) Exercise Interventions in Polycystic Ovary Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, **11**, Article 606. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00606>
- [30] Woodward, A., Klonizakis, M. and Broom, D. (2020) Exercise and Polycystic Ovary Syndrome. In: Xiao, J., Ed., *Physical Exercise for Human Health*, Springer, 123-136. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_8
- [31] Scarfò, G., Daniele, S., Fusi, J., Gesi, M., Martini, C., Franzoni, F., et al. (2022) Metabolic and Molecular Mechanisms of Diet and Physical Exercise in the Management of Polycystic Ovarian Syndrome. *Biomedicines*, **10**, Article 1305. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10061305>
- [32] Nattiv, A., Loucks, A.B., Manore, M.M., et al. (2007) The Female Athlete Triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **39**, 1867-1882.
- [33] Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., et al. (2014) The IOC Consensus Statement: Beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, **48**, 491-497. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
- [34] 王佳懿. 运动员相对能量缺乏症的预防与管理: 从训练、饮食到心理支持[J]. 当代体育科技, 2024, 14(21): 1-4.
- [35] 矫玮, 张一民, 王秀荣, 等. 我国优秀艺术体操运动员月经状况与骨矿含量的研究[J]. 体育科学, 1997(1): 54-58.
- [36] 李红娟, 陈绮文, 任弘. 不同项目女运动员月经状况研究[J]. 北京体育大学学报, 2010, 33(10): 40-43.
- [37] 陈子江. 生殖内分泌学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 973.
- [38] 胡海旭, 杨国庆. 我国备战巴黎奥运会周期缩短的运动训练调控策略[J]. 北京体育大学学报, 2022, 45(12): 90-108.
- [39] 陈千红. 补糖对运动性月经失调运动员生殖激素及能量代谢的影响[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海体育学院, 2014.
- [40] 杨婷, 袁凌峰, 熊莹皓, 等. 停训效应: 科学机制及实践应用[J]. 体育科学, 2024, 44(11): 61-73.
- [41] 高平, 张兴瑜, 胡朝兵. 焦点解决短期疗法对暴食问题的个案咨询报告[J]. 心理学进展, 2022, 12(5): 1852-1860. <https://doi.org/10.12677/ap.2022.125220>
- [42] Gordon, C.M., Ackerman, K.E., Berga, S.L., Kaplan, J.R., Mastorakos, G., Misra, M., et al. (2017) Functional Hypothalamic Amenorrhea: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **102**, 1413-1439. <https://doi.org/10.1210/jc.2017-00131>
- [43] 黄碧琴, 张迎春. 疏肝补肾祛痰法对 PCOS 大鼠 TGF- β 1 及其受体与信号蛋白 Smad4/7 表达水平的影响[J]. 时珍国医国药, 2025, 36(7): 1263-1266.
- [44] Jagim, A.R., Fields, J., Magee, M.K., Kerksick, C.M. and Jones, M.T. (2022) Contributing Factors to Low Energy Availability in Female Athletes: A Narrative Review of Energy Availability, Training Demands, Nutrition Barriers, Body Image, and Disordered Eating. *Nutrients*, **14**, Article 986. <https://doi.org/10.3390/nu14050986>
- [45] Fatt, S.J., George, E., Hay, P., Jeacocke, N. and Mitchison, D. (2024) Comparing Population-General and Sport-Specific Correlates of Disordered Eating Amongst Elite Athletes: A Cross-Sectional Study. *Sports Medicine—Open*, **10**, Article No. 123. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00791-9>
- [46] Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K.E., Blauwet, C., Constantini, N., et al. (2018) International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, **28**, 316-331. <https://doi.org/10.1123/ijsem.2018-0136>
- [47] 李云云, 孙淼. 生活方式对多囊卵巢综合征影响的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(2): 1952-1957.

<https://doi.org/10.12677/acm.2025.152555>

- [48] 刘静, 邱芬, 邱卓英, 等. 世界卫生组织身体活动政策和指南的架构与核心内容研究[J]. 中国康复理论与实践, 2021, 27(12): 1402-1411.
- [49] 冯苇, 邱良武, 保文莉, 等. 瑜伽运动对职业女性慢性疲劳综合症的治疗[J]. 昆明医科大学学报, 2015, 36(11): 158-161.
- [50] Holtzman, B. and Ackerman, K.E. (2019) Measurement, Determinants, and Implications of Energy Intake in Athletes. *Nutrients*, **11**, Article 665. <https://doi.org/10.3390/nu11030665>
- [51] Angelidi, A.M., Stefanakis, K., Chou, S.H., Valenzuela-Vallejo, L., Dipla, K., Boutari, C., et al. (2024) Relative Energy Deficiency in Sport (REDs): Endocrine Manifestations, Pathophysiology and Treatments. *Endocrine Reviews*, **45**, 676-708. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnae011>
- [52] Dasa, M.S., Friberg, O., Kristoffersen, M., Pettersen, G., Sagen, J.V., Sundgot-Borgen, J., et al. (2023) Evaluating the Suitability of the Low Energy Availability in Females Questionnaire (LEAF-Q) for Female Football Players. *Sports Medicine—Open*, **9**, Article No. 54. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00605-4>
- [53] 李爽, 程显卓, 江昕桐, 等. 不同饮食模式与多囊卵巢综合征的研究进展[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(23): 113-118.
- [54] 孟祥龙. 运动营养补充剂应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(20): 6823-6828.