



能量代谢与运动性月经周期紊乱的关系

黄引毅¹, 李合^{1,2}, 王人卫^{1*}

摘要: 运动性月经周期紊乱是女运动员中最常见的医学问题, 其与机体的能量代谢关系密切。文章采用文献法就国内外学者对能量代谢与运动性月经周期紊乱之间的关系研究进行整合分析, 可知运动性月经周期紊乱的发生与可利用能量、内脏脂肪含量、胆固醇代谢等因素有关。此外, 瘦素作为调节脂肪细胞肥胖基因表达的一类激素, 与机体能量代谢关系密切, 对运动性月经周期紊乱的发生产生影响。

关键词: 能量代谢; 运动性月经周期紊乱; 可利用能量; 女运动员三联征

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2015)06-0017-03

Relation between Energy Metabolism and Exercise-associated Menstrual Disorders

HUANG Yinyi¹, LI he^{1,2}, WANG Renwei¹

(School of kinesiology, Shanghai university of sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: Exercise-associated Menstrual Disorders (EAMD) is a most common medical problem for female athletes. It has a close relationship with energy metabolism. This article therefore adopts the method of literature analysis to study the findings of the relation between energy metabolism and EAMD at home and abroad. The conclusion is that EAMD may be closely associated with available energy, visceral adiposity and cholesterol metabolism et al. Furthermore, leptin, as a hormone regulating obesity gene expression, is related to energy metabolism and affects the occurrence of EAMD.

Key Words: energy metabolism; exercise-associated menstrual disorders; available energy; triad of female athlete

1 能量代谢与运动性月经周期紊乱

能量代谢与运动性月经紊乱(Exercise-Associated Menstrual Disturbances, EAMD) 关系的研究经历了近 40 年。1974 年 Frisch 首先提出当体脂率达到一定比率时青春期女性才会出现月经初潮, 维持一定比率才能出现稳定的月经周期^[1]。1994 年 Loucks[发现月经周期不规律的女运动员甲状腺素较低, 故认为 EAMD 运动员存在基础代谢率低下^[2]。1997 年美国运动医学学会(ACSM)将饮食失调、闭经、骨质疏松称为女运动员三联征(the female athlete triad, FAT), 认为三者之间既相互独立又互相影响, 对机体有潜在危险^[3]。Farahs 对女运动员的能量监控发现, 运动员的可利用能量远低于安静对照组^[4]。2001 年 Loucks 的研究发现能量短缺和运动对月经周期的影响^[5]。其他学者发现月经周期紊乱的人和雌性动物基础代谢率降低, T₃、瘦素(leptin)、胰岛素、血糖、胰岛素样生长因子结合蛋白-3(IGFBP-3)降低, 胰岛素样生长因子结合蛋白-1(IGFBP-1)、胃饥饿素(ghrelin)、生长激素和皮质醇(C)升高^[6]。2007 年 ACSM 明确指出可利用能量减少是引起 EAMD 的关键因素^[7]。并且更新了“女运动员三联征”的定义, 认为三联征包括可利用能量、月经功能、骨密度 3 方面以及之间形成的相互影响的关系, 是一种病理征象, 并且每一个方面都包含了从健康到病理的范

围^[8]。“女运动员三联征”同 1997 年定义的不同主要表现在:(1)用可利用能量的概念代替饮食失调, 饮食失调是一种病理状态, 因为可利用能量不足不一定由饮食失调所致, 也可能在饮食正常的情况下, 自动限制饮食所致, 所以用可利用能量表达更准确。(2)2007 年将三联征定义为从健康到非健康的一个过程, 这个过程中出现的任何不正常情况都可归为“女运动员三联征”的范畴, 比如将无排卵等不正常月经周期归为三联征之内, 而不仅仅包括运动性闭经, 这有利于“女运动员三联征”的筛查和预防。从“女运动员三联征”新的定义可见, 可利用能量是引起“女运动员三联征”的起始因素, 可利用能量的缺乏导致了月经周期紊乱或闭经(如图 1 所示)。

2 可利用能量与运动性月经周期紊乱

早期研究认为, 运动性闭经(Athletic Amenorrhoea, AA)是由于体重过轻、脂肪含量少所致的。脂肪组织是体内最大的胆固醇储存池, 胆固醇含量同脂肪甘油三酯含量呈正相关, 当脂肪含量下降时, 胆固醇含量也随之下降。而胆固醇是合成雌孕激素的原料, 当体脂含量低于 17% 时, 机体没有足够的原料合成雌激素, 导致运动性闭经的发生。但随着研究的发展, 学者发现体脂率较低的芭蕾舞运

收稿日期: 2015-09-14

基金项目: 上海市人类运动能力开发与保障重点实验室(项目编号: 11DZ2261100)。

第一作者简介: 黄引毅, 女, 在读硕士研究生。主要研究方向: 女子健康促进。

* 通讯作者简介: 王人卫, 女, 教授, 博士, 博士研究生导师。主要研究方向: 运动与健康促进。

作者单位: 1. 上海体育学院运动科学学院, 上海, 200438; 2. 上海师范大学体育学院, 上海, 200234。



结合蛋白-1(IGFBP-1)等的调节作用,降低基础代谢,以实现在营养不足时机体做出适应性反应。另有研究报道,在闭经运动员中由于胰岛素样生长因子结合蛋白-1(IGFBP-1)升高,胰岛素敏感性增高,引起低胰岛素血症和高生长激素血症,使其处于能量负平衡状态。根据能量分流假说,当体育运动中过度消耗机体可供利用的能量时,机体为了维持生存所必需的新陈代谢而舍弃高耗能的生殖功能。研究发现,在内分泌的变化和动情周期抑制的禁食大鼠中,予以瘦素治疗可促进其恢复^[20]。对先天性瘦素缺乏的病人予以人工合成瘦素治疗,可以调节其高体脂、高胰岛素、高血脂等情况,可以增加循环中因为缺乏瘦素所导致的CD⁴T细胞的缺乏,促进T细胞增殖和细胞因子的释放。

迄今有关ob基因产物瘦素(Leptin)的研究越来越多,Leptin作为调节摄食、体重的一个因子,以开通代谢闸门的方式打开能量平衡和生殖功能之间的通道,在能量消耗、糖利用及生殖调节功能中发挥一定作用,可随体内营养状况不同,通过调节下丘脑-垂体-卵巢轴(Hypothalamic-Pituitary-Ovarian axis,HPO)改变月经周期,在运动性月经周期失调的发生机制中起重要的调节作用。研究发现,Leptin对下丘脑-垂体-性腺轴各水平均有作用。Leptin对生殖可能起着双重作用,根据其血中浓度的不同而在主要作用点起着不同作用,Leptin仅在相对较小的范围里维持着正常的生殖功能,超过或低于该范围均将对生殖功能产生负面影响。研究表明下丘脑合成与分泌GnRH需葡萄糖氧化供能,葡萄糖进入下丘脑是依赖leptin的介导,机体将体内储存的能量的总量通过瘦素传递至大脑以调节生殖功能^[21],所以当leptin水平较低时,下丘脑因无足够的葡萄糖供能使GnRH释放紊乱而引起运动性月经周期紊乱。

6 小结

6.1 机体能量状况会影响生殖功能,当体内出现能量负平衡时,生殖功能被抑制。

6.2 可利用能量减少是引起运动性月经周期紊乱的重要因素。

7 展望

7.1 未来的相关研究可进一步探讨可利用能量的增加是否可以预防及改善运动性月经周期紊乱以及其增加的阈值和干预效果如何。

7.2 深入研究增加可利用能量来调整运动性月经周期紊乱的机理。

7.3 进一步分析不同的能源物质干预运动性月经周期紊乱的效果是否有差异。

7.4 深入讨论能量代谢因子对HPO轴的调控过程。

参考文献:

[1] Frisch RE, McArthur JW. (1974). Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset[J]. *Science*, 184:949-951.

- [2] Loucks AB, Heath EM. (1994). Induction of low-T3 syndrome in exercising women occurs at a threshold of energy availability [J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 266(3): 817-823.
- [3] Otis, C. L., B. Drinkwater, et al. (1997). American College of Sports Medicine Position Stand: The female athlete triad[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29(5): 1669-1671.
- [4] Farahs. L. Thong, Cyndy Mclean. (2000). Plasma leptin in female athletes: relationship with body fat, reproductive, nutritional, and endocrine factors[J]. *J Appl Physiol*, 88:2037-2044.
- [5] Loucks, A. B. (2001). Physical health of the female athlete: observations, effects, and causes of reproductive disorders[J]. *Can J Appl Physiol*, 26(suppl):S176-S185.
- [6] Group, The ESHRE Capri Workshop. (2006). Nutrition and reproduction in women[J]. *Human Reproduction Update*, 12(3): 193-207.
- [7] Otis CL, Drink BL, Johnson M. (2007). ACSM Position Stand on the female athlete triad[J]. *Med Sci Sports Exerc.*, 29: i-ix.
- [8] Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. (2007). American College of Sports Medicine position stand: The female athlete triad [J]. *Med Sci Sports Exerc.*, 39(10): 1867-1882.
- [9] Stokic E, Srdic B, Barak O. (2005). Body mass index, body fat and the occurrence of amenorrhea in ballet dancers[J]. *Gynecol Endocrinol*, 20(4):195-199.
- [10] Loucks AB, Stanchenfeld NS. (2006). The female athlete triad: do female athletes need to take special care to avoid low energy availability[J]. *MedSci Sports Exerc.*, 38(6) : 1694-1700.
- [11] Gaidhu MP, Anthony NM, et al. (2010). Dysregulation of lipolysis and lipid metabolism in visceral and subcutaneous adipocytes by high-fat diet: role of ATGL, HSL, and AMPK [J]. *American Journal of Physiology*, 298(4): C961-971.
- [12] Michael Gleeson. (2002). Biochemical and Immunological Markers of Over-Training[J]. *J Sports Sci Med.* 1(2): 31-41.
- [13] Abdul G, Dulloo. (2002). Asympathetic defense against obesity [J]. *Science*, 297:780-7811.
- [14] 赵文艳,魏亚茹,常凤等. 高水平大学生运动员身体成分的调查[J]. *吉林体育学院学报*, 2011, 27(1):92-94.
- [15] Bajpai G, Simmen RC, Stenken JA. (2014). In vivo microdialysis sampling of adipokines CCL2, IL-6, and leptin in the mammary fat pad of adult female rats [J]. *Mol Biosyst*, 10(4):806-12.
- [16] 崔丽萍,毛用敏,赵莉莉等.雌二醇对HepG2细胞载脂蛋白A I mRNA表达的影响[J]. *天津医药*, 2010, 38(10):862-864.
- [17] 朱滢芳,魏纯镭,程东庆.不同运动强度对高血脂小鼠血脂的调节作用研究[J]. *中国体育科技*, 2012, 48(02):91-95.
- [18] Zhang Y, Proenca R, Maffei M, et al. (1994). Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue [J]. *Nature*, 372(6505):425-32.
- [19] Laughlin GA, Yen SSC. (1996). Nutritional and endocrine-metabolic aberrations in amenorrheic athletes [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 81:4301-4309.
- [20] Hasenkrug KJ. (2007). The leptin connection: regulatory T cells and autoimmunity [J]. *Immunity*, 26(2):143-5.
- [21] Roubos EW, Dahmen M, et al. (2012). Leptin and the hypothalamo-pituitary-adrenal stress axis [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 177(1):28-36.

(责任编辑:何聪)