



运动性月经周期紊乱与能量负平衡关系研究

王超宇,章雪,黄引毅,李合,谢金桃,刘晓丽,王人卫*

摘要:目的:以主客观两种方法调查女运动员运动性月经周期紊乱与能量负平衡的关系。方法:通过问卷对招募的14名受试者进行基本情况调查,同时连续测定一个月经周期晨尿的黄体生成素(LH)值和连续监控5d的能量摄入与消耗情况。结果:通过主观问卷调查得出的运动性月经周期紊乱发生率(78.6%)与客观尿检LH值的方法得出的运动性月经周期紊乱发生率(92.9%)存在差异。总体能量呈负平衡状态,运动员平均摄入的能量低于平均消耗的能量474.82 kcal,其中,训练日平均摄入的能量低于平均消耗的能量588.86 kcal,休息日平均摄入的能量低于平均消耗的能量18.66 kcal。运动性月经周期紊乱与训练日的能量负平衡相关性较高($r=0.67$)。结论:运动员中运动性月经周期紊乱的发生率较高,且存在主客观调查结果不一致的现象。女运动员普遍存在能量负平衡,并且训练日的能量负平衡与运动性月经周期紊乱相关性较高。

关键词:运动性月经周期紊乱;能量负平衡;营养调查;性激素

中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2015)06-0020-05

Study on the Relationship between Exercise-Associated Menstrual Disturbance and Negative Energy Balance

WANG Chaoyu, ZHANG Xue, HUANG Yinyi, LI He, XIE Jintao, LIU Xiaoli, WANG Renwei
(School of kinesiology, Shanghai University of Sports, Shanghai 200438, China)

Abstract: Objective: To investigate the relationship between the Exercise-associated Menstrual Disturbance and the negative energy balance of female athletes by subjective and objective methods. Method: Through questionnaire, the basic information of the 14 subjects was collected. The LH value of morning urine was measured for a menstrual cycle and the energy intake and consumption were monitored for 5 successive days. Result: There is a difference between the incidence of Exercise-associated Menstrual Disturbance obtained by subjective questionnaire (78.6%) and that obtained by objective measurement of the LH value of morning urine (92.9%). The total energy balance was negative. The average energy intake was lower than the average energy consumption by 474.82Kcal, in which, the average energy intake during the training days was lower than the average energy consumption by 588.86Kcal, and the average energy intake in the days without training was lower than the average energy consumption by 18.66Kcal. There is a close correlation between Exercise-Associated Menstrual Disturbance and the negative energy balance of the training days ($r=0.67$). Conclusion: High incidence of Exercise-Associated Menstrual Disturbance can be found in female athletes, and the subjective survey outcome is not in accord with the objective one. Negative energy balance generally exists in female athletes. And there is a high correlation between negative energy balance in training days and Exercise-associated Menstrual Disturbance.

Key Words: Exercise-Associated Menstrual Disturbance; negative energy balance; nutrition investigation; hormone

运动性月经周期紊乱(Exercise-Associated Menstrual Disturbances, EAMD)常见于14~25周岁的青少年女运动员,是女性运动员特殊的医学问题。主要表现为月经初潮推迟、月经周期过短(黄体期过短—黄体功能不全)或者过长、月经量过少、无排卵,甚至闭经等病理现象^[1,2]。研究发现,在不同运动项目之间有16.7%^[3]~78%^[4]的女运动员是

由下丘脑—垂体—卵巢主导的月经周期紊乱。从事体操以及要求瘦体型的运动项目中,月经周期紊乱的发生率达34.5%,耐力运动项目中达30.9%,重量级运动项目中达23.5%,对抗重力运动项目中达17.6%,技术运动项目中达16.7%,以及在力量和球类运动项目中达到12.8%^[5]。也有研究调查指出,女运动员发生运动性月经周期紊乱的比率

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:王超宇,男,在读硕士研究生。主要研究方向:女运动员健康管理。

*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:上海体育学院运动科学学院,上海,200438。



逐年上升,运动性闭经的发生率在 5%~20% 不等,其中优秀长跑运动员更是高达 40%~50%^[69],而正常女性则只有 2%~5%^[10]。对运动损伤的女性运动员调查发现,运动损伤的运动员月经稀疏的比例高达 63.1%,月经规律的运动员受伤风险要明显小于月经不规律的运动员^[11]。由上可见,运动性月经周期紊乱发生率较高,且对运动员的运动生涯伤害较大。

根据引起运动性月经周期紊乱的原因及可能机理,美国运动医学学会提出了“女运动员三联征”的概念,并在 2007 年对此概念进行了更新,认为女运动员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关系,是一种病理征象,而且指出可利用能量不足是引起“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失调或闭经,并可直接或间接地引起骨质疏松^[12]。

大量的调查研究验证了美国运动医学学会对“女运动员三联征”的定义,发现女性运动员摄取的能量远不能满足机体运动和维持生理活动的需要^[13,14]。但是,目前已有的研究对运动性月经周期紊乱与能量平衡状态之间的关系尚没有制定出量化,仅停留在现象的观察。因此本研究拟通过调查月经周期情况以及客观尿检、监控能量消耗、能量摄入的情况,探讨分析运动性月经周期紊乱与能量平衡之间的关系,为防治运动性月经周期紊乱和保障运动水平的正常发挥提供参考依据。

1 研究对象与方法

1.1 对象

研究对象为上海体育学院运动竞技附属学校的女运动员 14 名。受试者筛选标准:(1)未患高催乳素血症和甲状腺疾病等慢性疾病。(2)在过去的 1 年中没有进行任何激素服用或者激素治疗。(3)有 3 年及以上的月经史。(4)没有病理性闭经。14 名招募的运动员中国国家健将有 1 名,一级运动员有 5 名,二级运动员有 7 名,三级运动员有 1 名。运动项目包括中长跑运动员(8 名)和散打运动员(6 名)。

实验前和受试者说明实验目的、流程,并签订知情同意书。实验设计通过上海市营养学会医学伦理委员会的鉴定并接受其监督(上海市营养学会医学伦理委员会[伦审]2013-002)。

1.2 研究方法

(1)对筛选出 14 名受试者进行月经周期基本情况问卷调查。(2)在月经周期第 12 d 开始进行每天晨尿(中段尿)的采集,直至月经来潮。(3)在月经周期第(3±1)d,开始进行连续 5 d(24 h/d)的饮食摄入监控和能量消耗监控。(4)通过受试者尿液中的黄体生成素(LH)值的检测,判断月经周期紊乱情况,并与问卷调查中月经周期紊乱情况进行比较,分析能量平衡与月经周期紊乱之间的关系。

1.2.1 问卷调查

通过问卷调查,判断运动员月经周期是否规律。月经周期调查问卷包括:月经周期以及行经是否规律(行经是否规律是指连续 2 至 3 次行经天数差 <±5 d)。在问卷调

查的过程中,将闭经以及前后月经周期不一致均归为月经周期紊乱。

1.2.2 尿液的采集以及测试

记录 14 名受试者月经周期的开始日期,并在第 12 d 开始采集每日晨尿(中段尿),直至受试者第二次月经来潮的第二天停止对尿液的采集。尿液中 LH 采用放射免疫分析法(RIA)测定,试剂盒由上海第二军医大学神经生物学教研室提供。

1.2.3 月经周期的确定

(1)月经周期的长度:在月经周期月经来潮的第一天到下一次出现来潮的前一天为一个月经周期的天数。(2) LH 峰值:一个月经周期中排卵前 1~2 d LH 分泌最高的那个值。健康成年女性 LH 峰值出现在月经周期第 12~16 d;70% 出现在 13~15 d,为了最大化利用资源,确定 LH 值通常从月经周期第 12 d 开始采尿。LH 峰值的消失提示无排卵月经。(3)黄体期长度:是指月经周期长度与 LH 峰值出现的长度之差的天数。黄体期小于 14 d 为黄体功能不全。

在主观问卷调查过程中,虽然有规律的月经周期,但是可能会存在黄体功能不全、无排卵的月经周期紊乱现象^[15]。本研究通过主诉以及问卷调查的方法,结合客观检测尿液 LH 峰值以及黄体期长度,来判断月经周期的紊乱。LH 峰值正常参考范围:20~115 IU/L^[16]。

1.2.4 能量消耗以及摄入的监控

能量消耗监控通过佩戴由美国 Bodymedia 公司生产的 Sensewear Armband 能量监控表完成,连续记录 5 d 的每日能量消耗,并将采集的信息输入 SenseWear Professional 8.0 软件,分析受试者能量消耗情况。该能量监控表是能够连续监控受试者 24 h 的能量消耗,其中包括静息能量消耗以及活动能量消耗。

饮食监控采用的是饮食称重法。受试者根据运动等级的高低以及获奖情况区分一日三餐的形式,分别为自助餐与配餐两种。三餐以外的食物摄入采用记账法。对食物生熟比转换后,录入自动配餐王 7.0 软件进行数据转换,得出具体营养素结果。

为了准确反映受试者能量平衡的客观情况,监控的日期包含 1 个休息日和 4 个训练日,连续监控 5 d。每名受试者均在统一月经周期的第(3±1)d 开始进行饮食摄入以及能量消耗的监控。通过采集到的饮食摄入量均值减去能量消耗量均值推算出受试者的能量平衡情况。

1.3 统计方法

采用 SPSS18.0 统计分析软件包对检测数据、资料进行整理。运动员的基本情况以及问卷调查内容用人数及比例表示。对于方差齐性计量资料以平均值±标准差(M±SD)表示。运动训练日以及休息日的饮食和能量平衡情况对比采用独立样本 T 检验进行比较。休息日和训练日的能量摄入、消耗及平衡情况分别与主客观运动性月经周期紊乱情况进行相关性分析,当 0.4|r|<0.7 具有中度相关^[17],P<0.05 为具有显著性差异。



2 研究结果

2.1 受试者基本情况

表 1 显示:受试者的年龄、开始接受专项训练的年龄、训练年限以及月经初潮时间。

表 1 受试者基本情况 (N=14)

Table I Basic Information of the Subjects (N=14)

指标	均值
年龄/岁	17.79±1.3
初训年龄/岁	12.50±2.9
训练年限/年	3.53±2.6
初潮时间/岁	13.50±1.3

2.2 月经周期情况

由表 2 可见,14 名受试者中有 3 名(21.4%)月经周期规律,并主述无运动性月经周期紊乱;11 名(78.6%)运动员主述有运动性月经周期紊乱。

表 2 月经周期和行经规律情况 (N=14)

Table II Menstrual Cycle and Menstrual Rules (N=14)

闭经	周期				合计	行经是否规律		
	21~28d	28~38d	不规律	合计		是	否	合计
1	4	3	6	14	3	11	14	

2.3 能量平衡和晨尿 LH 值情况

2.3.1 受试者总体能量平衡状况

对受试者进行连续 5 d 的能量监测。由表 3 可见,14 名受试者每天平均每日膳食能量摄入为 2 261.23 kcal,平均每日能量消耗为 2 736.06 kcal,平均每天摄入的能量低于消耗的能量为 474.82 kcal,总体呈能量负平衡状态。

表 3 受试者每天总体能量平衡状况

Table III General Energy Balance of the Subjects Each day

人数/N	膳食能量摄入/kcal	总能量消耗/kcal	能量平衡状况/kcal
14	2 261.23±487.93	2 736.06±206.43	-474.82±431.56

2.3.2 受试者个体能量平衡状况及能量平衡人数比例

由图 1 和图 2 可见,14 名受试者中仅有 2 名(14.3%)受试者平均每日摄入能量大于每日的消耗能量,呈正平衡状态,最大差值为 215.3 kcal。12 名(85.7%)受试者平均每日的摄入能量小于每日的消耗能量,呈负平衡状态,最大差值达到 1397.04 kcal。

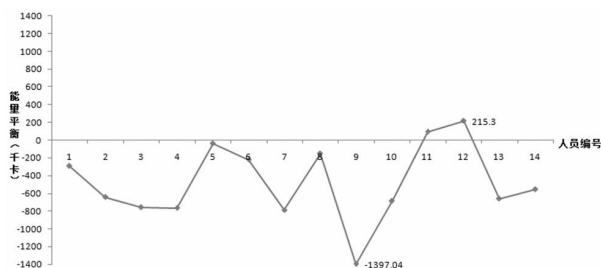


图 1 受试者个体能量平衡状况

Figure 1 Individual Energy Balance of the Subjects

□ 能量正平衡
■ 能量负平衡

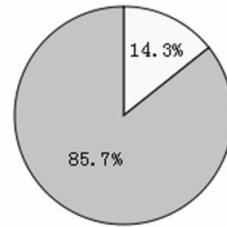


图 2 能量平衡人数比例

Figure 2 Proportion of the Subjects with Energy Balance

图 2 显示:14 名运动员中有 12 名能量负平衡、2 名能量正平衡,分别占总人数的 85.7% 和 14.3%。

2.3.3 受试者训练日的能量平衡情况

由表 4 可见,在训练日时,14 名受试者呈现能量负平衡状况,平均膳食能量摄入为 2 307.03 kcal,平均总能量消耗为 2 895.89 kcal,平均能量平衡为 -588.86 kcal。

表 4 受试者训练日的能量平衡情况

Table IV Energy Balance of the Subjects in Training Days

人数/N	训练日能量摄入/kcal	训练日能量消耗/kcal	训练日能量平衡/kcal
14	2 307.03±537.53	2 895.89±232.71	-588.86±442.93

2.3.4 受试者休息日的能量平衡情况

表 5 显示,在休息日时,14 名受试者呈现能量负平衡状况,平均膳食能量摄入为 2 078.05 Kcal,平均总能量消耗为 2 096.71 Kcal,平均能量平衡为 -18.66 Kcal。

表 5 受试者休息日的能量平衡情况

Table V Energy Balance of the Subjects in the Days without Training

人数/N	休息日能量摄入/kcal	休息日能量消耗/kcal	休息日能量平衡/kcal
14	2 078.05±755.18	2 096.71±507.73	-18.66±831.62

2.3.5 受试者休息日—训练日能量平衡比较

表 6 为受试者休息日和训练日能量平衡比较,由表可见,休息与训练日的能量摄入不具有显著性差异(P=0.36);而休息与训练日的能量消耗具有显著性差异(P<0.01)。并且总的能量平衡也具有显著性差异(P=0.035)。

表 6 受试者休息训练日各能量平衡比较 (N=14)

Table VI Comparison between the Energy Balance of the Subjects in Training Days and That in the Days without Training (N=14)

项目	日次	能量值/kcal	P 值
休息训练日	休息日	2078.05±755.18	0.36
能量摄入	训练日	2307.03±537.53	
休息训练日	休息日	2096.71±507.73	<0.01
能量消耗	训练日	2895.89±232.71	
休息训练日	休息日	-18.66±831.62	0.035
能量平衡	训练日	-588.86±442.93	



2.3.6 晨尿 LH 值的周期变化

LH 峰值正常参考范围:20~115 IU/L^[10],图 3 为参与者一个月经周期从第 12 d 开始测定的 LH 值连续变化图。因 1 名运动员为闭经状态,无法进行每日晨尿检测。其余 13 名运动员中,5 名运动员排卵期的 LH 峰值在正常参考范围内,但其中 4 名运动员的黄体期长度小于 14 d,为黄体功能不全;8 名运动员无 LH 峰值,为无排卵月经;仅 1 名运动员有 LH 峰值在正常范围且黄体期大于 14 d,为正常月经周期。

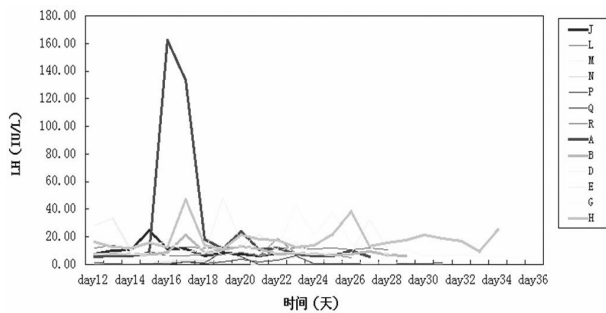


图 3 受试者每日晨尿的 LH 值

Figure3 Morning Urine LH Value of the Subjects Each Day

2.4 能量平衡与主客观月经情况相关性比较

由表 7 可见,通过主观问卷调查收集到的月经周期情况,与总能量平衡、休息日能量平衡和训练日能量平衡情况均没有相关性($P>0.05$)。但是客观检测的月经周期紊乱情况与训练日能量平衡情况具有显著的正相关,相关系数为 0.67($P<0.05$),呈中度相关。

表 7 能量平衡与主客观月经情况相关对比(N=14)

Table VII Relative Comparison between the Energy Balance and the Subjective and Objective Survey Outcomes of Exercise-associated Menstrual Disturbance(N=14)

主客观月经周期调查	参数	r 值	P 值
客观月经周期 是否正常	总能量平衡情况	0.46	0.10
	每日训练日能量平衡	0.67	0.01
	每日休息日能量平衡	0.23	0.43
主观月经周期 是否正常	总能量平衡情况	0.07	0.80
	每日训练日能量平衡	0.05	0.88
	每日休息日能量平衡	0.10	0.74

3 讨论

3.1 月经周期状况分析

本研究采用主观和客观的方法调查女性运动员月经周期紊乱情况,发现采用主观问卷调查结果显示月经周期紊乱的发生率为 78.6%,而客观检测结果显示月经周期紊乱的发生率为 92.9%,具有显著性的差异,主客观调查均发现月经周期紊乱发生率较高。Gibbs^[6]等研究提出,运动性月经周期紊乱率往往在 0%~60%;另有文献指出,不同项目之间的运动性月经周期紊乱的发生率不同,有研究指出月经紊乱率可高达 78%^[3]。与本研究的调查运动性月经周期紊乱率相一致。本研究的调查结果表明,客观检测发现月经周期紊乱的发生率均比以往研究报道

的发生率高。可能是因为本研究中的运动项目分别为中长跑和散打,这两个项目月经周期紊乱的发生率均较高。由于中长跑项目是一项中高强度持续时间较长的周期性运动项目,运动员需要保持一个较长时间、较大运动负荷且持续能量消耗来维持运动需求,所以运动性月经周期紊乱发生率较高。

临床检测性激素的方法主要有基础体温(BBT)法、宫颈粘液观察法、血检 LH/尿检 LH、B 超监测。B 超监测卵泡发育和子宫内膜增生状况,是很理想的形态学诊断。但是考虑到反复采血不易被运动员接受、基础体温测试在运动员中的不稳定(晨起出操)、运动员月经周期紊乱高发生率无法 B 超监测,因此本研究用采集每日晨尿(中段尿)的方法监控运动员月经周期排卵状况和黄体期的长短。临床研究报道,尿 LH 显色程度与血 LH 浓度呈正相关($r=0.9925, P<0.001$),且二者峰值相对应^[18]。在月经周期排卵前 1~2 d 即月经周期第 12~14 d, LH 水平急剧升高,形成一个明显的 LH 峰值在时间上比血液 LH 峰值更接近排卵的实际时间。尿液中的 LH 波峰明显,易观察,不仅可以评价排卵是否发生,还可用于观察排卵发生的时间以及黄体期的长短。测定尿 LH 仅需留取受试者每天晨起的中段尿样,操作方便,相比抽取血液中的 LH 值,运动员和教练更容易接受。研究发现,主观和客观调查的运动性月经周期紊乱的比例是不同的,主观问卷调查中月经周期紊乱率为 78.6%,而在客观尿液检查 LH 值中 14 名运动员中有 13 名为运动性月经周期紊乱占 92.9%。由此表明主观调查判断运动性月经周期紊乱率比实际值要低,主要遗漏的是无排卵型月经周期和黄体功能不全型月经周期,因此值得注意的是,有规律的月经周期并不表明是健康的月经周期。

3.2 能量平衡状况分析

从客观的能量平衡角度分析,只有 2 名运动员不是能量负平衡,12 名运动员均处于能量负平衡状态,均值为 -474.82 kcal/d,这与许多文献的调查运动员处于能量负平衡结果一致^[19,20]。2 名不是能量负平衡的运动员中最高的也仅为 215.3 kcal,但是,能量平衡最小值却低至 -1397.04 kcal。运动员的能量负平衡情况要比能量正平衡的数值要大很多,由此可见能量负平衡对于专业运动员来说并不是偶然,而是一种长期的状态。

本研究发现,训练日的能量消耗要远大于休息日,而训练日与休息日的能量摄入并没有明显差别。结合能量平衡的值分析,训练日的能量负平衡显著性地高于休息日的能量负平衡。从能量平衡角度表明,训练日运动员机体能量平衡值更趋于负平衡并且呈加速负平衡状态,而在休息日运动员体内趋于负平衡的能量状态以一种减速负平衡的模式向正平衡发展。由此提醒:休息日使能量向正平衡方向发展,因此在不影响训练的前提下,应该调整能量补充,改善能量负平衡的状态,才是正确的科学训练与健康监控。在分析能量摄入的过程中还发现运动员在饮食结构比例上存在缺陷,多数受试者蛋白摄入量高于推荐值,但碳水化合物的摄入量低于推荐值^[21]。摄入营养物质比例不均衡也是引起能量不平衡的重要因素。

长期能量负平衡对人体是有害的,生物学实验结果表



明,哺乳类动物生殖功能与可利用能量有很密切的关系,而且主要对雌性动物发挥作用。有研究显示限制动物食物摄入、增加身体活动的大鼠诱导导致无动情周期^[22,23]。由此推测,在长期能量负平衡时生殖功能会出现抑制。

3.3 运动性月经周期紊乱与能量负平衡关系

本研究发现,主观问卷调查月经周期紊乱与每天训练日能量平衡之间没有相关性,而客观检测月经周期紊乱与每天训练日能量平衡却有相关性,且相关系数为0.67,呈中度相关。由此进一步证实,训练日的能量负平衡会使运动性月经周期发生紊乱,而休息日的能量负平衡不足以导致运动性月经周期紊乱。长期大负荷训练致能量负平衡且使运动员的体脂率下降,甚至会出现骨量减少,进而扰乱下丘脑—垂体—卵巢性腺轴中的性激素不同程度的合成与释放不足,最终导致运动性月经周期紊乱。专业运动队训练是全年的、系统的和长期的,若为了防治运动性月经周期紊乱而停止训练或者减少训练是不现实的,那么在不改变大负荷训练(即能量消耗)下,通过补充能量防治运动性月经周期紊乱是一个可操作的、合适的方法^[24,25]。

由上述分析可见,能量负平衡是运动性月经周期紊乱的主要原因。能量负平衡在高强度的运动体系下,会使运动员的脂肪含量进一步减少,然而正常的月经周期是需要一定的脂肪含量孕育才可以维持。而能量负平衡由于低能量摄入尤其是低碳水化合物的摄入,才可能是导致女运动员运动性月经周期失调的原因,因此,在今后的研究中如何补充外源性能量,预防能量负平衡,将成为防治运动性月经周期紊乱的一个新的研究热点。

4 结论

4.1 运动性月经周期紊乱的发生率在运动员中非常高。存在主、客观调查结果差异显著,表明规律的月经周期不代表是健康的月经周期。

4.2 运动性月经周期紊乱与训练时能量平衡具有中度相关。

4.3 能量负平衡在训练日和休息日的差异很大,这与能量摄入无明显关系,但是与能量消耗有明显关系。

参考文献:

[1] FEICHT C B, JOHNSON T S, MARTIN B J, et al. (1978). Secondary amenorrhoea in athletes [J]. *Lancet*, 2(8100): 1145-6.

[2] DE SOUZA M J, MILLER B E, LOUCKS A B, et al. (1998). High frequency of luteal phase deficiency and anovulation in recreational women runners: blunted elevation in follicle-stimulating hormone observed during luteal-follicular transition [J]. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 83(12): 4220-32.

[3] MUDD L M, FORNETTI W, PIVARNIK J M. (2007). Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports [J]. *Journal of athletic training*, 42(3): 403-8.

[4] KLENTROU P, PLYLEY M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts com-

pared with normal controls [J]. *British journal of sports medicine*, 37(6): 490-4.

- [5] TORSTVEIT M K, SUNDGOT-BORGEN J. (2005). Participation in leanness sports but not training volume is associated with menstrual dysfunction: a national survey of 1276 elite athletes and controls [J]. *British journal of sports medicine*, 39(3): 141-7.
- [6] GIBBS J C, WILLIAMS N I, DE SOUZA M J. (2013). Prevalence of individual and combined components of the female athlete triad [J]. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(5): 985-96.
- [7] WEIMANN E. (2002). Gender-related differences in elite gymnasts: the female athlete triad[J]. *Journal of applied physiology*, 92(5): 2146-52.
- [8] SANBORN C F, HOREA M, SIEMERS B J, et al. (2000). Disordered eating and the female athlete triad[J]. *Clinics in sports medicine*, 19(2): 199-213.
- [9] LOUCKS A B. (2001). Physical health of the female athlete: observations, effects, and causes of reproductive disorders[J]. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*, 26 Suppl(S176-85).
- [10] HARMON K G. (2002). Evaluating and treating exercise-related menstrual irregularities[J]. *The Physician and sportsmedicine*, 30(3): 29-35.
- [11] THEIN-NISSENBAUM J M, RAUH M J, CARR K E, et al. (2012). Menstrual irregularity and musculoskeletal injury in female high school athletes [J]. *Journal of athletic training*, 47(1): 74-82.
- [12] NATTIV A, LOUCKS A B, MANORE M M, et al. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad[J]. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(10): 1867-82.
- [13] 王杰龙,王人卫,方子龙,等.月经失调女运动员代谢状态的研究[J].*体育科学*,2009,29(3):58-63.
- [14] Mary J, De S, Nancy I W. (2004). Physiological aspects and clinical sequelae of energy deficiency and hypoestrogenism in exercising women[J]. *Human Reproduction Update*, 10 (5): 433-448.
- [15] DE SOUZA M J, VAN HEEST J, DEMERS L M, et al. (2003). Luteal phase deficiency in recreational runners: evidence for a hypometabolic state[J]. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 88(1): 337-46.
- [16] 王杰龙,王人卫,方子龙,等.女运动员黄体功能不全和无排卵发生率研究[J].*中国运动医学杂志*, 2009, 28(2):142-46.
- [17] 周玉敏,邓维斌. Spss16.0 与统计数据分析[M],四川:西南财经大学出版社,2009,209-210.
- [18] 毛文军,阮祥燕,曹缙孙.尿 LH 酶免测定法在排卵检测中的应用[J].*陕西医学杂志*,1996,25(7):426-427,+438.
- [19] MIELGO-AYUSO J, MAROTO-SANCHEZ B, LUZARDO-SOCORRO R, et al. (2015). Evaluation of nutritional status and energy expenditure in athletes[J]. *Nutricion hospitalaria*, 31 Suppl 3(227-36).
- [20] BARRERO A, EROLA P, BESCOS R. (2015). Energy balance of tri-athletes during an ultra-endurance event [J]. *Nutrients*, 7 (1): 209-22.
- [21] MANORE MM. (2002). Dietary Recommendations and Athletic Menstrual Dysfunction[J]. *Sports Med*, 32 (14): 887-901.



- Journal of Cleaner Production*, (13):137-150.
- [18] Comaladat,Suwicha(2009). Healthy tourism destination in Thailand: a case study of Raksawar in Hot Spring[J].*International Journal of Leisure and Tourism Marketing*, 1(3):238-247.
- [19] Crouch G I, Ritchie J R B(1999). Tourism, competitiveness, and societal prosperity[J]. *Journal of Business Research*,(44): 137-150.
- [20] 张明清,刘超.旅游产业国际竞争力的理论思考和竞争态势分析[J].*经济问题探索*,2000,(4):116-119.
- [21] Frans A.J.(1992). Van Ren Bosch.The competitive advantage of European nations: the impact of national culture-a missing element in porter's analysis? *European Management Journal*, 10(2):173-177.
- [22] 孟庆强,温珂.基于钻石模型和因子分析的河北省文化产业竞争力评价[J].*科技通报*,2009(10):52-54.
- [23] 皮佳倩,杜靖川.国外旅游产业竞争力研究评述[J].*旅游学刊*, 2007,22(12):81-84.
- [24] Arturo Melián-González, Juan Manuel García-Falcón (2003). Competitive potential of tourism in destinations[J]. *Annals of Tourism Research*, 30(3):720-740.
- [25] 曹亚东,李传庆,马文新.产业关联视角下冰雪体育旅游产业对城市竞争力的研究[J].*体育科研*,2011,32(6):28-30.
- [26] 李鹏,金龙.河南体育旅游产业集群化发展的思考[J].*山东体育学院学报*,2009,25(5):11-14.
- [27] 陈炜,张露露.基于钻石模型的桂滇黔少数民族传统体育文化旅游竞争力研究[J].*桂林理工大学学报*,2014,34(1):192-197.
- [28] 高茂章,武笑玲.基于钻石模型的河南体育产业竞争力研究[J].*河南科技大学学报*,2011,29(3):83-86.
- [29] 董晓春,郭玉良.基于“钻石模型”提升我国产业竞争力的对策研究[J].*沈阳体育学院学报*,2012,31(1):21-23.
- [30] 杨明,王新平,王龙飞.中国体育产业集群研究[J].*武汉体育学院学报*,2009,20(1):37-42.
- [31] 陈毅清,张璐.基于结构方程模型的黄山市体育旅游产业集群实证研究[J].*吉林体育学院学报*,2013,29(6):18-22.
- [32] 周璇.体育旅游资源开发策划探析[J].*体育与科学*,2007,28(2): 32-34.
- [33] 张林玲,戴朝.基于钻石模型的我国体育产业政策体系研究[J].*成都体育学院学报*,2012,37(2):24-32.

(责任编辑:杨圣韬)

(上接第 24 页)

- [22] WADE G N, SCHNEIDER J E. (1992). Metabolic fuels and reproduction in female mammals [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 16(2): 235-72.
- [23] WADE G N, SCHNEIDER J E, LI H Y. (1996). Control of fertility by metabolic cues [J]. *The American journal of physiology*, 270(1 Pt 1): E1-19.
- [24] CIALDELLA-KAM L, GUEBELS C P, MADDALOZZO G F, et al. (2014). Dietary intervention restored menses in female athletes with exercise-associated menstrual dysfunction with limited impact on bone and muscle health [J]. *Nutrients*, 6(8): 3018-39.
- [25] LAGOWSKA K, KAPCZUK K, FRIEBE Z, et al. (2014). Effects of dietary intervention in young female athletes with menstrual disorders [J]. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11:21.

(责任编辑:何聪)