



冷热水交替浴对优秀羽毛球运动员身体机能的影响

檀志宗,李 男,任 雪,赵海燕

摘要:目的:探讨重复冷热水交替浴(CWT)对羽毛球运动员运动后身体机能的影响。方法:将16名优秀男子羽毛球运动员随机分成CWT组和对照组(CON),每组8名。两组运动员均参与两周体能训练,每节训练课后分别采用CWT或静态休息作为整理活动,其间动态检测运动员的主观疲劳度、运动能力和代谢指标,评价运动员机能恢复情况。结果:在主观感觉上,CWT组在每周最后一节训练课后即刻、下一周周一上午训练前肌肉酸痛感和全身自感疲劳度均明显低于CON组($P < 0.05$),两组运动员经过周末休息后肌肉酸痛和全身自感疲劳度均明显改善($P < 0.05$);在运动能力上,CWT组静蹲成绩在每周最后一节训练课后即刻明显优于CON组($P < 0.05$),两周训练结束后即刻立定跳远成绩明显优于CON组($P < 0.05$);经过周末休息后,CWT组立定跳远与静蹲成绩没有显著性改变($P > 0.05$);在机体代谢水平上,随着两周大运动量训练,血清肌酸激酶(CK)浓度组间没有显著性差异($P > 0.05$),而两周训练后,CWT组血清尿素氮(BUN)浓度明显低于CON组($P < 0.05$)。结论:CWT能缓解羽毛球男子运动员连续运动后的肌肉酸痛感和全身自感疲劳度,能延缓立定跳远和静蹲能力的下降,可能降低体内蛋白分解水平。**关键词:**冷热水交替浴;主观疲劳度;运动能力;磷酸肌酸激酶;尿素氮
中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2020)05-0058-06
DOI:10.12064/ssr.20200509

Effect of Contrast Water Therapy on Physical Function of Elite Badminton Players

TAN Zhizong, LI Nan, REN Xue, ZHAO Haiyan

(Shanghai Research Institute of Sports Science & Shanghai Anti-Doping Agency, Shanghai 200030)

Abstract: Objective: To explore the effect of repeated contrast water therapy(CWT)on physiological function of elite badminton players after training. Methods:Sixteen elite badminton players were randomly divided into the CWT group and the CON group , with eight players in each group. According to the two-week strength and conditioning plan, CWT or passive rest was adopted as cooling-down after each training. By dynamically monitoring the subjective fatigue, sports performance and metabolic indexes of athletes, the effects of CWT were analyzed. Results: In terms of subjective sensation, the degree of muscle soreness and rating of perceived exertion (RPE) of the CWT group were significantly lower than those of the CON group immediately after weekly training and after weekend rest ($P < 0.05$). After the weekend rest, the muscle soreness and fatigue of both groups of athletes were significantly relieved ($P < 0.05$). In terms of performance, the CWT group did significantly better than the CON group in static squat immediately after the weekly training($P < 0.05$), and the CWT group also did significantly better than the CON group in standing long jump immediately after the two-week training ($P < 0.05$). After weekend rest, there was no significant change in the results of standing long jump and static squat for the CWT group ($P > 0.05$). In terms of metabolic indexes, with two weeks' intense training, there was no significant difference in serum CK concentration between the two groups($P > 0.05$); while after two weeks of training, the serum BUN concentration of the CWT group was significantly lower than that of the CON group ($P < 0.05$). Conclusions: CWT can relieve the muscle soreness and RPE of badminton players after strenuous exercise, slow down the decline of performance in standing long jump and static squat, and may reduce protein decomposition level in the body.

Key Words: CWT; subjective fatigue; performance; CK; BUN

收稿日期:2020-02-03

基金项目:上海市科委科技创新行动计划项目(19DZ1200700);上海市体育局科技“综合计划”(19Z015)。

第一作者简介:檀志宗,男,硕士,研究员。主要研究方向:运动医学。E-mail:tanzhz@126.com。

作者单位:上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心),上海 200030。



运动员为了提高运动成绩,经常会承受高温潮湿环境下的高强度和/或大运动量的训练与比赛,此时机体容易诱发疲劳和伤病,甚至会影响到随后的运动表现^[1],因此,运动后合理选择恢复措施尤为重要。

近年来,水浴疗法在国内外一些职业运动队较为盛行,常作为运动后的整理活动,如足球、篮球、橄榄球等团队项目。现已有研究显示,单次训练或比赛后采用短时冷水浴或冷热水交替浴(Contrast Water Therapy, CWT)能快速恢复运动员的冲刺能力和跳跃能力,缓解运动性肌肉损害、水肿和酸痛感^[2-4]。不过,较少研究报道在一段时间内运动后反复使用CWT恢复措施的作用效果。本研究目的是探讨两周身体训练过程中重复使用CWT恢复措施对运动后运动员主观疲劳感觉、运动能力和代谢指标水平的影响,为科学选择或安排运动员运动后恢复措施提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

上海籍优秀羽毛球男子单打和男子双打运动员16人,均为国家健将或一级运动员。年龄(22.8±2.2)岁,身高(178.0±5.0)cm,体重(72.0±7.3)kg,专项训练年限8~17年。按照随机数字表法分成CWT组和对照组(Control Group, CON),每组8人。两组运动员一般性资料之间无显著性差异($P > 0.05$)。所有运动员之前均无水浴恢复经历,无心肺、循环系统疾病,无冷水过敏史,在参加本实验研究前半年内或实验期间没有发生缺席训练的运动性损伤,实验前均签署知情同意书。

1.2 两周体能训练

本实验安排在运动队夏训初始阶段,室外温度约为30℃。由教练制定两周体能训练计划,分上午、下午两节训练课,每周10节,每节约120min。训练课包括准备活动、身体训练和整理活动。准备活动主要是动态拉伸和功能性热身;身体训练内容涉及基础力量训练、有氧耐力跑、灵敏性练习和沙地排球对抗赛等。整理活动采取冷热交替恢复或静态休息。每周周四下午、周六下午和周天全天休息。

1.3 主观疲劳度评定

分别在运动前、每周运动后即刻(周六上午训练课后即刻)、下一周运动前对运动员进行全身自感疲劳度(Rating of Perceived Exertion, RPE)和肌肉酸痛(Visual Analogue Scale, VAS)的评分调查。全身自感疲劳度测量采用改进型10分Borg量表进行自感疲

劳度的评定,评价整个机体负荷强度及恢复情况。其范围是“1”代表自感疲劳程度“非常轻微”,“10”代表自感疲劳程度“极其严重”^[5]。肌肉酸痛感测量采用疼痛视觉模拟评分法进行肌肉酸痛的评定,对照无标记的10cm水平线,最左侧为肌肉没有酸痛,最右侧为肌肉非常酸痛^[6]。

1.4 运动能力测试

选取立定跳远和静蹲成绩作为运动员的运动能力指标。立定跳远反映下肢肌肉的爆发力素质,静蹲反映下肢肌肉的耐力素质。分别在运动前、每周运动后即刻、下周运动前进行静蹲和立定跳远成绩测试。所有受试者依次进行立定跳远测试和靠墙静蹲测试。

具体测试方法及要求:立定跳远要求每位受试者跳两次,至少间隔1min,皮尺测量距离,最小刻度精确到1cm,取最好成绩;静蹲测试要求受试者靠墙半蹲姿势,屈髋、屈膝90°,躯干垂直,背部紧贴墙面。采用秒表计时,所有受试者同步测试,一旦受试者移动肢体或改变半蹲姿态即为测试结束。所有运动员只测一次,最小刻度精确到1s。

1.5 代谢指标测定

在实验期间及之后一周的周一早晨空腹状态下,取肘部静脉血3mL,肝素钠抗凝。血样以3000rpm/min离心6min,取上层血清待测。按照肌酸激酶(Creatine Kinase, CK)和尿素氮(Blood Urea Nitrogen, BUN)测定试剂盒(日本和光纯药工业株式会社产品)说明书,采用7100日立全自动生化分析法进行定量测定。

1.6 疲劳恢复的干预措施

每节训练课后5min内,所有运动员均进入训练基地内的水疗实验室内完成恢复活动。水疗实验室室温为26℃。实验采用美国产SwimEx水浴池,由相邻的冷水池和热水池组成,冷水池的水温为10~14℃,热水池的水温为38~40℃。CWT组要求运动员仅穿着运动短裤,首先所有运动员围成一圈同步进入冷水池中,以坐姿浸泡在冷水中,水深没过胸骨剑突,浸泡时间为2min。随后由冷水池进入旁边的热水池,以同样的坐姿浸泡于热水中,时间为2min,并依次冷热水浴交替3次,最后以冷水浴结束,总水浴时间为14min。其间,CON组运动员仅穿着运动短裤在实验室内运动垫上静坐休息14min。

1.7 统计学分析

所有计量资料以 $\bar{X} \pm SD$ 表示,利用SPSS21.0统



计软件包进行统计学处理,采用双因素重复测量方差分析,取组间及组内不同时间点上的两两比较, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 研究结果

2.1 对机体主观疲劳度的影响

由表1所示,运动前两组运动员VAS和RPE评分组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。CWT组在每周运动后即刻、下周运动前VAS和RPE评分均明显低于CON组($P < 0.05$)。两组运动员每周经过周末休息后,VAS和RPE评分均显著低于上周运动后即刻水平($P < 0.05$),且CWT组下降幅度更大。

表1 两组运动员实验期间主观感觉指标变化($\bar{X} \pm SD$)

Table 1 Changes in Subjective Sensation Indexes of the Two Groups of Athletes during the Experiment ($\bar{X} \pm SD$)

指标	组别	实验前	W ₁ 运动后即刻	W ₂ 运动前	W ₂ 运动后即刻	W ₃ 运动前
RPE评分/分	CON组(N=8)	1.6±0.5	7.5±0.5	6.6±0.5 [#]	7.8±0.7	5.4±0.9 [#]
	CWT组(N=8)	1.5±0.5	6.0±0.8 [*]	3.6±1.1 ^{*#}	5.8±0.7 [*]	2.6±0.5 ^{*#}
VAS评分/分	CON组(N=8)	1.5±0.5	8.5±0.5	7.1±0.6 [#]	8.5±1.1	6.2±0.8 [#]
	CWT组(N=8)	1.6±0.5	5.1±0.6 [*]	4.0±0.8 ^{*#}	5.3±0.7 [*]	2.4±0.5 ^{*#}

注:W₁、W₂、W₃分别代表训练周次;*表示与CON组同时间点比较 $P < 0.05$;#表示与组内上周运动后即刻比较 $P < 0.05$

表2 两组运动员实验期间运动能力变化($\bar{X} \pm SD$)

Table 2 Changes in Sports Performance of the Two Groups of Athletes during the Experiment ($\bar{X} \pm SD$)

指标	组别	实验前	W ₁ 运动后即刻	W ₂ 运动前	W ₂ 运动后即刻	W ₃ 运动前
立定跳远成绩/cm	CON组(N=8)	265.0±9.1	257.8±8.7	263.5±7.3 [#]	247.5±6.1 [△]	260.4±8.7 [#]
	CWT组(N=8)	261.4±9.1	256.3±7.2	259.8±10.1	256.5±8.7 [*]	258.4±8.7
静蹲成绩/s	CON组(N=8)	233.6±28.5	167.1±25.1	194.8±32.1 [#]	151.8±22.4 [△]	170.6±20.6 [#]
	CWT组(N=8)	236.8±23.1	229.8±18.7 [*]	222.1±22.7 [*]	219.9±28.4 [*]	221.0±13.6 [*]

注:W₁、W₂、W₃分别代表训练周次;*表示与CON组同时间点比较 $P < 0.05$;#表示与组内上周运动后即刻比较 $P < 0.05$;△表示与W₁运动后即刻比较 $P < 0.05$

2.3 对机体部分代谢指标的影响

由表3所示,两组运动员运动前血清CK和BUN浓度组间无统计学意义($P > 0.05$)。两周的体能训练过程中,两组运动员血清CK和BUN浓度均

2.2 对机体部分运动能力的影响

由表2所示,运动前两组运动员立定跳远和静蹲成绩组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。在两周的体能训练的不同时间点上,两组运动员的立定跳远成绩和静蹲成绩均有不同程度的下降。CWT组运动员第2周运动后即刻立定跳远成绩、不同时间点上的静蹲成绩均明显优于CON组($P < 0.05$)。CON组运动员每周运动前与上周运动后即刻相比较,立定跳远成绩和静蹲成绩均明显提高($P < 0.05$),而CWT组运动员成绩差异均无统计学意义($P > 0.05$)。CON组运动员第2周运动后即刻的立定跳远成绩和静蹲成绩明显差于第1周运动后即刻测试成绩($P < 0.05$)。

呈现不同程度的上升趋势。但除了两周训练后CWT组运动员血清BUN浓度明显低于CON组之外($P < 0.05$),其余不同时间点上,两组运动员的血清CK和BUN浓度均无统计学意义($P > 0.05$)。

表3 两组运动员实验期间机体代谢指标变化($\bar{X} \pm SD$)

Table 3 Changes of Metabolism Indexes of the Two Groups of Athletes during the Experiment ($\bar{X} \pm SD$)

指标	组别	实验前	W ₂ 周一早晨	W ₃ 周一早晨
CK/(U·L ⁻¹)	CON组(N=8)	172.4±76.3	517.6±221.5	981.5±220.5
	CWT组(N=8)	147.6±52.2	397.9±140.5	732.5±256.5
BUN/(mmol·L ⁻¹)	CON组(N=8)	4.94±0.82	5.91±1.31	8.35±0.42
	CWT组(N=8)	5.10±1.05	5.71±0.73	7.28±0.77 [*]

注:W₁、W₂、W₃分别代表训练周次;*表示与CON组同时间点比较 $P < 0.05$

3 讨论与分析

运动员连续大运动量训练容易诱发身体疲劳^[5]、肌肉酸痛^[6]和运动能力的暂时下降^[7],甚至会出现厌

倦训练和比赛情况。整理活动作为科学化训练的重要组成部分,引起了教练员的高度重视。近年来,水浴疗法作为一种无创物理治疗方法,在竞技体育领



域获得广泛的实践应用,但是至今其作用机制及效果尚有待阐明。本研究采用重复CWT恢复方法作为优秀羽毛球运动员体能训练课的整理活动,探讨CWT恢复方法对运动员运动后身体机能的影响。

在主观疲劳度方面,本研究结果显示,与静态休息相比,重复使用CWT恢复方法能明显改善羽毛球男子运动员运动后的肌肉酸痛感和自感疲劳度。一些先前的研究也支持这一结果,如Nardi等在青年男子足球联赛期间,单场次比赛后采取CWT作为恢复措施,发现CWT能明显缓解运动员隔天比赛中的下肢肌肉酸痛感和全身疲劳感,能改善随后比赛中的冲刺能力^[8]。同样Higgins等^[9]和Gill^[10]分别在单场橄榄球比赛后采用CWT恢复措施,均发现CWT能缓解运动员的肌肉酸痛感。本研究在两周体能训练期间,每节训练课后采用短时CWT恢复措施,充分利用水的温差效应,对机体神经肌肉与心血管系统产生良好刺激作用,促进机体产生适应性变化。当运动员在冷水中浸泡时,运动肌肉和机体表层结缔组织内的毛细血管收缩,神经传导速度减缓,能量代谢降低,肌肉水肿得到一定程度的缓解^[11];而随后进入热水中浸泡,会迅速促进肢体皮肤和肌肉内毛细血管的开放,加速血液循环,促进肌肉内代谢产物的排出^[12-14]。水的浮力致使身体部分失重,静水压促进外周血液和淋巴液回流,同时充分发挥冷水的镇痛效果和热水的安抚神经与放松肌肉的功能,最终达到恢复运动性疲劳的目的^[15]。因此,Sayers对比分析CWT、被动休息和主动积极性休息3种恢复方法后,认为CWT具有明显优势,可以在不增加额外能量消耗的情况下加速血液循环,促进运动后血压恢复至正常的自我平衡状态,减少全身疲劳感和肌肉酸痛,有助于有效地解决生理和心理方面的疲劳问题^[16]。

在运动能力方面,本研究结果显示,CWT组运动员在两周体能训练的不同时间点上的静蹲成绩均明显优于对照组,同时第二周训练后的立定跳远成绩也优于对照组,表明重复运动后短时CWT能延缓肌肉耐力素质和跳跃能力的下降。一些国外学者也进行了类似的研究,如Vail等对运动员连续4d运动后采用短时CWT恢复措施,每天1次,发现CWT能明显恢复运动员的蹲跳能力^[17]。Higgins等对优秀橄榄球运动员运动后采用CWT恢复措施,每周3次,共4周,结果发现CWT能促进300m冲刺能力的恢复^[18]。Buchheit等在间隔两天的两场青年男子足球比赛期间,第一场比赛后采取短时CWT恢复措施,发现青年足球运动员在随后比赛中的跑步能力得到明显改善^[9]。Versey等在运动员运动后采取6min

CWT恢复措施,结果发现CWT能促进3000m跑步能力的恢复,间接表明CWT能维持或改善下肢的肌肉耐力素质^[20]。而运动后采用短时冷水浴也具有同样效果,如Stanley等对自行车运动员运动后采取短时冷水浴发现能延缓重复冲刺能力和肌肉耐力素质的下降^[21]。不过,运动后热水浴却未能快速恢复肌肉的力量和爆发力^[17,22]。由此推断,可能真正能延缓运动能力下降的是冷水浴,可能与静水压和短时冷刺激提高了肌肉疼痛阈值,以及在水浴过程产生良性的心理预期有关^[23-24],不过,由于不同研究选择的运动能力指标不同,其机制还有待进一步研究。

在机体代谢方面,本研究结果显示,随着两周连续体能训练,血清CK和BUN水平均呈现明显上升趋势,其中第二周训练后,CWT组运动员血清BUN水平明显低于CON组。与CON组比较,在其他不同的时间点,CWT组运动员训练后血清CK和BUN水平均存在一定的下降趋势。以往有关运动后短时CWT对血液CK水平的研究较少,且结果并不一致,如King等在运动员连续多天的间歇性冲刺训练后采用短时CWT恢复措施,发现CWT能降低运动员的血清CK水平,认为其机制可能与加快血清CK清除率有关^[25]。与此相反,Ingram等^[26]和Pournot等^[27]对团队项目运动员大运动量训练后采用不同的水浴方法,包括冷水浴和CWT,均未发现不同的水浴疗法对机体血清CK浓度有显著性影响。造成结果不一致的原因可能与样本量、个体差异、运动形式和水浴形式等诸多因素有关。目前,还没有查阅到水浴疗法对运动后机体血液BUN浓度影响的研究文献。不过,在运动实践中,运动员连续或过度运动常会影响到体内的蛋白质代谢和肾脏的代谢功能,甚至会出现运动后的一过性蛋白尿或血尿现象^[28]。Portmans等研究认为运动引起的BUN浓度增加能反映机体内蛋白质的代谢水平,表明过度运动会引起较多的蛋白质参与了能量代谢过程,且会对肌肉造成损害^[29]。本研究中,随着连续两周体能训练,尽管所有运动员机体内血液BUN浓度均明显升高,但是CWT组运动员两周后的血清BUN水平明显低于CON组,或许提示CWT能改善运动员的肾脏功能或抑制体内蛋白质的分解过程,但其机制还需进一步研究。另外,有研究显示,水浴疗法还能促进运动后的食欲,若在运动后及时合理地补充水分、蛋白质、电解质和能源物质,将有助于机体疲劳的恢复^[30-31]。

4 小结

优秀羽毛球运动员体能训练后重复采用CWT



恢复措施能够缓解肌肉酸痛感和全身自感疲劳度,能减缓连续运动引起的肌肉耐力和跳跃能力的下降,其机制可能是降低了体内蛋白质代谢水平。鉴于本研究受到样本量、研究周期以及水浴时机与作用时间等诸多因素影响,还需要未来进一步开展大样本的研究,甚至多种水浴疗法的对比研究,以便筛选出更好的水浴恢复方法。

参考文献:

- [1] Halson S. L., Jeukendrup A. E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research[J]. *Sports Med.*, 2004, 34(14):967-981.
- [2] Ascensão A., Leite M., Rebelo A. N., et al. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match[J]. *J. Sports Sci.*, 2011, 29(3):217-225.
- [3] Bailey D. M., Erith S., Griffin P., et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running[J]. *J. Sports Sci.*, 2007, 25(11): 1163-1170.
- [4] Dawson B., Gow S., Modra S., et al. Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours[J]. *J. Sci. Med. Sport*, 2005, 8(2):210-221.
- [5] Gould D., Kelly D., Goldstone L., et al. Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: developing and using illustrated patient simulations to collect the data[J]. *J. Clin. Nurs.*, 2001, 10(5):697-706.
- [6] Vieira A., Siqueira A., Ferreira-Junior J., et al. The Effect of Water Temperature during Cold-Water Immersion on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2016, 37(12):937-943.
- [7] Takeda M., Sato T., Hasegawa T., et al. The effects of cold water immersion after rugby training on muscle power and biochemical markers[J]. *J. Sport Sci. Med.*, 2014, 13(3): 616-623.
- [8] Nardi M. D., Torre A. L., Barassi A., et al. Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players[J]. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2011, 51(5): 609-615.
- [9] Higgins T. R., Cameron M. I., Climstein M. Acute response to hydrotherapy after a simulated game of rugby [J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2013, 27(10): 2851-2860.
- [10] Gill D. N. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2006, 40(3):260-263.
- [11] Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery[J]. *Sports Med.*, 2006, 36(9): 747-765.
- [12] Montgomery P. G., Pyne D. B., Hopkins W. G., et al. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball[J]. *J. Sports Sci.*, 2008, 26(11): 1135-1145.
- [13] Wilcock I. M., Cronin J. B., Hing W. A. Water immersion: does it enhance recovery from exercise[J]. *Int. J. Sports Physiol. Perform*, 2006, 1(3):195-206.
- [14] Vaile J. M., Gill N. D., Blazeovich A. J. The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2007, 21(3): 697-702.
- [15] Montgomery P. G., Pyne D. B., Hopkins W. G., et al. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball[J]. *J. Sports Sci.*, 2008, 26(11): 1135-1145.
- [16] Sayers M. Effect of whole body contrast-water therapy on recovery from short-duration intense exercise[J]. *European Journal of Sport Science*, 2011, 11(4):293-302.
- [17] Vaile J., Halson S., Gill N., et al. Effect of hydrotherapy on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness[J]. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2008, 102(4):447-455.
- [18] Higgins T. R., Heazlewood I. T., Climstein M. A random control trial of contrast baths and ice baths for recovery during competition in U/20 rugby union[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2011, 25(4):1046-1051.
- [19] Buchheit M., Horobeanu C., Mendez-villanueva A., et al. Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games in highly trained young soccer players[J]. *J. Sports Sci.*, 2011, 29(6):591-598.
- [20] Versey N. G., Halson S. L., Dawson B. T. Effect of contrast water therapy duration on recovery of running performance[J]. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2012, 7(2):130-140.
- [21] Stanley J., Peake J., Buchheit M. Consecutive days of cold water immersion: effects on cycling performance and heart rate variability[J]. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2013, 113(2):371-384.
- [22] Viitasalo J., Niemela K., Kaappola R., et al. Warm underwater water-jet massage improves recovery from intense physical exercise[J]. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1995, 71(5):431-438.
- [23] Sellwood K. L., Brukner P., Williams D., et al. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial[J]. *Br. J. Sports Med.*, 2007, 41(6):392-397.
- [24] Broatch J. R., Petersen A., Bishop D. J. Postexercise Cold Water Immersion Benefits Are Not Greater than the Placebo Effect[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2014, 46(11): 2139-2147.



- [25] King M., Dufield R. The effects of recovery interventions on consecutive days of intermittent sprint exercise [J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2009, 23(6): 1795-1802.
- [26] Ingram J., Dawson B., Goodman C., et al. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise[J]. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 2009, 12(3): 417-421.
- [27] Pournot H., Bieuzen F., Duffield R., et al. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise[J]. *Eur. J. Appl. Physio.*, 2011, 111(7):1287-1295.
- [28] Gailiūniene A., Stasiulis A., Michailoviene J. The effect of submaximal exercise on blood creatinine, urea, total protein and uric acid levels of trained and untrained subjects [J]. *Education physical training sport*, 2007, 66(3):5-10.
- [29] Poortmans J. R., Haggemacher C., Vanderstraeten J. Postexercise proteinuria in humans and its adrenergic component[J]. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 2001, 41(1):95-100.
- [30] Halse R. E., Wallman K. E., Guelfi K. J. Postexercise Water Immersion Increases Short-Term Food Intake in Trained Men[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2011, 43(4):632-638.
- [31] McCartney D., Desbrow B., Irwin C. Post-exercise Ingestion of Carbohydrate, Protein and Water: A Systematic Review and Meta-analysis for Effects on Subsequent Athletic Performance[J]. *Sports medicine*, 2018, 48(2):379-408.

(责任编辑:刘畅)

(上接第45页)

- pic Games[J]. *Tourism Geographies*, 2011, 13(2):299-324.
- [18] Lee S. B., Lee C. K., Kang J. S., et al. Residents' perception of the 2008 Beijing Olympics: comparison of pre-and post-impacts[J]. *International Journal of Tourism Research*, 2013, 15(3):209-225.
- [19] Chapelet J. Olympic environmental concerns as a legacy of the Winter Games[J]. *International Journal of the History of Sport*, 2008, 25 (14):1884-1902.
- [20] Gold J., Gold M. "Bring it under the legacy umbrella": Olympic host cities and the changing fortunes of the sustainability agenda[J]. *Sustainability*, 2013, 5(8):3526-3542.
- [21] 袁园媛,朱启莹,黄海燕.2022年北京冬奥会环保体系的构建与实施研究[J].*体育科研*,2018,39(04):14-20.
- [22] 余莉萍.奥运会与可持续城市良性互动研究[D].北京:北京体育大学,2018.
- [23] 人民网关于冬奥会速滑馆附近城中村中的留言[EB/OL]. (2019-09-06)[2020-06-05].<http://liuyan.people.com.cn/threads/content?tid=6304711>.
- [24] 陈思宇.2022年冬奥会背景下北京建成一流国际体育中心城市的策略研究[J].*首都体育学院学报*,2018, 30(03):244-248.
- [25] Cashman R. Global games: from the ancient games to the Sydney Olympics[J]. *Sporting Traditions*, 2002, 19(1):75-84.
- [26] Tatoglu E., Erdal F., Azakli H. O. S. Resident attitudes toward tourism impacts: the case of Kusadasi in Turkey [J]. *International Journal of Hospitality and Tourism Administration*, 2002, 3(3):79-100.
- [27] Baloglu S., McCleary K. W. A model of destination image formation[J]. *Annals of Tourism Research*, 1999, 26 (4):868-897.
- [28] Chon K. S. The role of destination image in tourism: an extension[J]. *Tourist Review*, 1992, 47(1):2-8.
- [29] 徐子齐.“成熟都市”理论下奥运会与城市发展互动关系新探——以东京2020年奥运会为例[J].*北京体育大学学报*,2019,42(08):57-66.
- [30] Ap J., Crompton J. L. Developing and testing a tourism-impact scale[J]. *Journal of Travel Research*, 1998, 37(2): 120-130.
- [31] Ko D., Stewart W. P. A structural equation model of residents' attitudes for tourism development[J]. *Tourism Management*, 2002, 23(5):521-530.
- [32] Lindberg K., Johnson R. L. The economic values of tourism's social impact[J]. *Annals of Tourism Research*, 1997, 24(1):90-116.
- [33] Söderlund M. Measuring customer loyalty with multi-item scales: A case for caution[J]. *International Journal of Service Industry Management*, 2006, 17(1):76-98.
- [34] Zeithaml V. A., Berry L. L., Parasuraman A. The behavioral consequences of service quality[J]. *Journal of Marketing*, 1996, 60(2):31-46.
- [35] Liyan J., Zhang J J., Xingdong M., et al. Residents' Perceptions of Environmental Impacts of the 2008 Beijing Green Olympic Games[J]. *European Sport Management Quarterly*, 2011, 11(3):275-300.
- [36] 安俊英,黄海燕,陶倩.体育赛事对举办城市环境影响评估研究[J].*成都体育学院学报*,2013,39(02):31-35.
- [37] Zhou Y., Ap J. Residents' perceptions towards the impacts of the Beijing 2008 Olympic Games[J]. *Journal of Travel Research*, 2009, 48(1):78-91.
- [38] 余莉萍,任海.冬季奥运会开展环境教育的现实诉求、历史基础与价值前瞻[J].*北京体育大学学报*,2018,41 (03):87-94.

(责任编辑:晏慧)