



# 冷热水交替浴对短跑运动员增强式运动后膝关节本体感觉的影响

赵鑫瑜,刘云发

**摘要:**目的:探究冷热水交替浴(CWT)对短跑运动员增强式运动后膝关节本体感觉的影响。方法:16名受试者随机分为冷热水交替浴组(CWT组)与静坐休息对照组(CON组),在执行10组每组20次负重(10 kg)浅蹲跳和50 m蛙跳的运动方案后,静坐休息5 min,分别采用14 min CWT或14 min静坐休息的干预手段。在运动前,运动后24 h、48 h、72 h、96 h不同时间点分别测量受试者的膝关节位置觉肌肉力觉以及肢体下落时关节反应角度。结果:(1)所有受试者在运动后均出现了主、被动位置觉,肌肉力觉的显著下降以及肢体下落时关节反应角度的显著上升( $P < 0.05$ );(2)运动后24 h、48 h、72 h、96 h,CON组的主动位置觉显著低于CWT组( $P < 0.01$ ),运动后48 h,CON组的被动位置觉显著低于CWT组( $P < 0.01$ );(3)运动后24 h、48 h、36 h、72 h,CON组的肌肉力觉显著低于CWT组( $P < 0.01$ );(4)运动后24 h、48 h,CON组的肢体下落时关节反应角度显著大于CWT组( $P < 0.01$ )。结论:本研究所设计的CWT方案可以有效缓解增强式运动中因肌肉离心所致的肌肉力觉的下降,促进肌肉本体感觉(主、被动位置觉,肢体下落时关节反应角度)的恢复。CWT恢复关节本体感觉的机制与促进肌力恢复、镇痛、加速代谢产物清除、缓解中枢神经系统疲劳等有关。

**关键词:**冷热水交替浴;增强式运动;位置觉;肌肉力觉;关节反应角度

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2022)02-0084-06

DOI:10.12064/ssr.20220213

## Effects of Contrast Water Therapy on the Proprioception of Sprinter's Knee Joint after Plyometric Training

ZHAO Xinyu, LIU Yunfa

(College of physical education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

**Abstract:** Objective: To explore the effect of contrast water therapy on the proprioception of knee joint in sprinters after plyometric training. Methods: 16 subjects were randomly divided into two groups: contrast water therapy group (CWT group) and control group (CON group). After 20 times of weight-bearing (10 kg) squatting jump and 50 m frog jump exercise, the subjects took 5 minutes of sitting rest, and 14 minutes of contrast water therapy (CWT) or 14 min of sitting rest. The knee position sense, muscle force sense and joint reaction angle to release were measured 24 h, 48 h, 72 h and 96 h before and after exercise. Results: (1) All the subjects showed a significant decrease in active and passive position sense, muscle force sense and an increase in joint reaction angle to release after exercise ( $P < 0.05$ ); (2) At 24 h, 48 h, 72 h and 96 h after exercise, the active position sense of the CON group was significantly lower than that of the CWT group ( $P < 0.01$ ); At 48h after exercise, the passive position sense of the CON group was significantly lower than that of CWT group ( $P < 0.01$ ); 3. At 24 h, 48 h, 36 h and 72 h after exercise, the muscle force sense of the CON group was significantly lower than that

收稿日期:2020-10-09

第一作者简介:赵鑫瑜,女,硕士研究生。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:514390803@qq.com。

作者单位:东北师范大学体育学院,吉林 长春 130024。



of CWT group ( $P < 0.01$ ); 4. At 24 h and 48 h after exercise, the joint reaction angle to release of the con group was significantly higher than that of CWT group ( $P < 0.01$ ); Conclusion: The contrast water therapy designed in this study can effectively alleviate the muscle force sense drop caused by muscle eccentric in plyometric exercise, and promote the muscle proprioception (active, passive joint position sense, joint reaction angle to release). The mechanism of recovering joint proprioceptive sensation by contrast water therapy is related to promoting muscle strength recovery, analgesia, accelerating metabolite clearance and relieving central nervous system fatigue.

**Keywords:** Contrast water therapy; Plyometric training; position sense; muscle force sense; Joint reaction angle to release

增强式训练是一种快速、高功率的向心-离心收缩连续交替进行的负荷运动,又被称作“快速伸缩负荷训练”。它可动员更多的运动单位参加目标运动,是发展下肢爆发力、弹跳力,提高专项敏捷度与灵活性的有效训练手段之一<sup>[1]</sup>。在高水平短跑运动员的训练中,不少运动员和教练员已经采用这样一种训练方法通过提高神经肌肉募集能力来发展腿部股四头最大等长肌力矩(Maximum Voluntary Isometric Contraction, MVIC),同时促进下肢肌肉的柔韧性和协调性的发展。需要注意的是,虽然增强式训练对运动员快速力量的发展起着积极的作用,但在其应用过程中包含着较多的离心收缩成分,容易引起膝关节疲劳、损伤,甚至诱发延迟性肌肉酸痛(Delayed-Onset Muscle Soreness, DOMS),在这种情况下,优化恢复策略是按时完成训练计划、扩大竞技优势的关键。

水已被广泛应用于体育保健领域,包括冷水浴(Cold Water Immersion, CWI)、热中性水浴(The-moneutral Water Immersion, TWI)以及冷热水交替浴(Contrast Water Therapy, CWT)等,其中 CWT 最为独特,它是一种通过定时定量使用冷、热水交替浸泡的新颖物理疗法<sup>[2]</sup>,已被证明有利于运动员的恢复<sup>[3-4]</sup>。

本体感觉来自于躯体深部的肌肉、肌腱、关节等处的力学感受器和游离神经末梢向中枢的反馈,是判断肢体在空间中位置、运动方向、速度及力量大小的基础。良好的本体感觉在保证运动技术水平的正常发挥、保障运动安全中至关重要。高强度的增强式训练会带给运动员下肢各关节巨大考验,也对膝关节本体感觉产生不利影响<sup>[5-6]</sup>。专业运动员在运动中膝关节受伤,很多情况下是因为运动疲劳导致膝关节本体感觉下降,不能及时感知外界因素的变化,快速准确反馈到中枢神经来调节控制膝关节稳定性,从而造成关节及其周围组织结构出现继发性损伤。因此,找到一种快速、有效的恢复手段是运动科学领域的重要课题。以往研究已经证明,与被动恢复相比,通过 CWT 手段可以明显减轻离心运

动后的肌肉疼痛<sup>[7]</sup>、促进肌肉力量恢复<sup>[8-9]</sup>、加速肌肉损伤恢复<sup>[8]</sup>等,但对本体感觉的影响尚不明确。

因此,本研究以目前较为成熟的膝关节本体感觉测评方法<sup>[10-12]</sup>为基础,旨在探究 CWT 对大强度增强式运动后膝关节本体感觉的干预效果,分析其作用机理,探讨增强式运动帮助恢复关节本体感觉的有效方法。

## 1 研究对象及方法

### 1.1 研究对象

研究对象为 16 名体育专业在读本科生,男性,均为国家二级短跑运动员。已通过调查问卷、临床体检等方式确定所有受试者身心健康,无呼吸、循环系统疾病,无抽烟习惯,满足实验要求。所有受试者在实验前均被告知实验的具体流程、要求以及可能会出现的不适症状,同意并签署知情同意书。受试者随机分为冷热水交替浴组(CWT 组)和静坐休息对照组(CON 组),2 组的基本情况无显著差异(表 1)。

表 1 受试者基本情况( $\bar{X} \pm SD$ )

Table1 Basic information of subjects ( $\bar{X} \pm SD$ )

组别	n	年龄/岁	身高/cm	体重/kg
CWT 组	8	20.32±2.17	180.88±4.86	76.46±2.70
CON 组	8	19.67±3.01	178.31±3.21	75.25±2.28

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 准备阶段

所有受试者在实验前一周不进行任何大强度运动训练,在实验前 24 h 至运动后 72 h 内,禁止饮用含有酒精、咖啡等刺激性物质的饮料,保证正常生活作息,正常饮食,不服用任何药物或保健品,也不再接受任何其他恢复手段(如拉伸、按摩等)。午饭后 2 h 到达实验室测量下肢本体感觉,后进入田径馆进行离心运动。



### 1.2.2 运动阶段

运动在田径馆内[室温(23±2)℃,相对湿度(50±3)%]进行,慢跑5 min后进行正式运动。本实验参照田野等<sup>[3]</sup>大强度增强式运动方案,并通过预实验结合受试者的实际情况加以改进。运动分为10组,各组之间间隔休息2~3 min,每组包括20次负重(10 kg)浅蹲跳和50 m蛙跳,负重浅蹲跳与蛙跳之间间隔休息1~2 min。

### 1.2.3 恢复阶段

恢复包括2个阶段:第一阶段,2组受试者在运动后静坐5 min,期间注意运动员的补液;第二阶段,5 min静坐休息后,2组受试者各进行14 min干预(CWT组为14 min CWT,CON组为14 min静坐休息)。

### 1.2.4 测量仪器、方法、流程及测试指标

#### 1.2.4.1 方法及仪器

使用澳大利亚产ICOOL恒温水池(设置热水)与美国产INTEX恒温水池(设置冷水),2个池相邻放置,保证受试者可在5 s内实现水池更替,热水设置为(38±1)℃,冷水设置为(15±1)℃。使用时受试者统一穿着泳裤,坐入热水水池,颈部以下浸入水中1 min,起身换入冷水池1 min,起身再换入热水池,如此反复,直至第14 min从冷水池中起身,擦干。由于水池每次容纳人数有限,为保证运动和水浴的有效衔接,受试者分批次参与实验,连续8 d,每天随机安排2名受试者进行运动-水浴(静坐)干预,一名为CWT组,一名为CON组。确保所有受试者在一天中的同一时间参与实验,同时保证CON组与CWT组运动与干预同时进行。

#### 1.2.4.2 主动位置觉

使用Biodex公司生产的Biodex System-3等速肌力测试仪,设置膝关节位置觉测试模式,目标角度设为45°。受试者呈90°坐位,上半身、右侧大腿及小腿下方固定,膝关节置于90°初始角度。准备阶段,受试者主动伸膝至目标角度,停留10 s,感受此时位置感觉,后恢复至初始角度,帮助受试者佩戴眼罩、耳罩,避免视听信息干扰。测试阶段,受试者手持按钮,主动伸膝,在感觉到达目标角度时按下按钮,系统记录该角度,不告知受试者。重复3次,每次间隔1 min,所得结果为: $|(实际角度1+实际角度2+实际角度3)-(3\times目标角度)|\div 3$ 。

#### 1.2.4.3 被动位置觉

仪器设置及目标角度同上。受试者坐位,上半

身、右侧大腿及小腿下方固定,膝关节置于0°初始角度。准备阶段,由仪器带动运动至目标角度,停留10 s,感受此刻位置感觉,后恢复至初始角度,帮助受试者佩戴眼罩、耳罩,避免视听信息干扰。测试过程与所得结果计算方式与主动位置觉相同。

#### 1.2.4.4 肌肉力觉

仪器同上,设置为等长测试模式,测量受试者右腿(优势腿)的股四头肌MVIC,选择50%MVIC为目标力值。受试者坐位,上半身及右侧大腿固定,膝关节置于90°。准备阶段,受试者注视显示器,主动伸膝用力,当达到50%MVIC时,停留5 s,感受此刻用力,后恢复至初始位置,帮助受试者佩戴眼罩、耳罩,避免视听信息干扰。测试阶段,撤去显示器,受试者主动伸膝,模仿第一阶段伸膝力矩,停留5 s,记录实际力矩,不告知受试者。重复3次,每次间隔1 min,所得结果为: $|(实际力矩1+实际力矩2+实际力矩3)-(3\times目标力矩)|\div 3$ 。

#### 1.2.4.5 肢体下落时关节反应角度

仪器同上,设置为等长测试模式,受试者坐位,右腿(优势腿)膝关节保持与水平线呈15°夹角位置,全身放松,佩戴眼罩、耳罩。在不告知受试者的情况下按下开关,使其小腿在重力作用下自由下落。受试者需在感知小腿下落时,以最快的反应速度发力阻止下落,并停留在此角度,记录实际角度。连续测试3次,每次间隔1 min,所得结果为: $|(实际角度1+实际角度2+实际角度3)-(3\times目标角度)|\div 3$ 。

## 1.3 统计分析

本研究所得数据采用SPSS23.0软件对指标采用单因素方差分析和配对T检验的方法,所得结果以平均数±标准差( $\bar{X}\pm SD$ )表示。 $P<0.05$ 为显著性差异, $P<0.01$ 为非常显著性差异。

## 2 研究结果

### 2.1 运动前后主、被动位置觉

如表2所示,2组在运动前无显著性差异( $P>0.05$ );在运动后24 h、48 h、72 h,2组的主、被动位置觉均较运动前出现显著性下降( $P<0.05$ );在运动后96 h,CON组较运动前出现显著性下降( $P<0.05$ );组内比较发现,在运动后24 h、48 h、72 h、96 h,CON组的主动位置觉显著低于CWT组( $P<0.01$ );在运动后48 h,CON组的被动位置觉显著低于CWT组( $P<0.01$ )。



表 2 运动前后位置觉、肢体下落关节反应角度变化(单位:°)( $\bar{X}\pm SD$ )

Table2 Changes of position sense and joint reaction angle to release before and after exercise(unit:°)( $\bar{X}\pm SD$ )

	组别	运动前	运动后 24 h	运动后 48 h	运动后 72 h	运动后 96 h
主动位置觉	CWT 组	3.64±0.82	5.11±0.74 <sup>#</sup>	5.72±0.72 <sup>#</sup>	4.13±0.75 <sup>#</sup>	3.77±0.73 <sup>#</sup>
	CON 组	3.72±0.88	5.45±0.71 <sup>*</sup>	6.07±0.69 <sup>*</sup>	4.86±0.79 <sup>*</sup>	4.04±0.85 <sup>*</sup>
被动位置觉	CWT 组	3.45±0.74	5.99±0.70 <sup>*</sup>	5.09±0.85 <sup>#</sup>	4.49±0.73 <sup>*</sup>	3.57±0.80
	CON 组	3.38±0.77	5.82±0.79 <sup>*</sup>	5.61±0.76 <sup>*</sup>	4.37±1.05 <sup>*</sup>	3.22±0.87
肢体下落关节反应角度	CWT 组	7.08±0.92	8.02±1.26 <sup>#</sup>	7.29±1.02 <sup>#</sup>	6.95±0.81	6.99±0.95
	CON 组	6.91±0.81	8.81±0.99 <sup>*</sup>	7.94±1.20 <sup>*</sup>	7.07±0.96	6.89±0.87

注:\*表示与运动前比较差异具有显著性, $P<0.05$ ;#表示与同期 CON 组比较差异具有显著性, $P<0.01$ 。

### 2.2 运动前后肌肉力觉变化

如表 3 所示,2 组肌肉力觉在运动前无显著性差异 ( $P>0.05$ ); 在运动后 24 h、48 h、72 h、96 h,2 组

均较运动前显著下降( $P<0.05$ );组内比较发现,在运动后 24 h、72 h、96 h,CON 组的肌肉力觉显著低于 CWT 组( $P<0.01$ )。

表 3 运动前后肌肉力觉变化(单位: $N\cdot m^{-1}$ )( $\bar{X}\pm SD$ )

Table3 Changes of muscle force sense before and after exercise(unit: $N\cdot m^{-1}$ )( $\bar{X}\pm SD$ )

组别	运动前	运动后 24 h	运动后 48 h	运动后 72 h	运动后 96 h
CWT 组	4.18±1.21	8.13±1.45 <sup>#</sup>	8.98±1.29 <sup>*</sup>	5.77±1.26 <sup>#</sup>	5.81±1.19 <sup>#</sup>
CON 组	4.24±1.06	9.64±1.57 <sup>*</sup>	9.13±1.66 <sup>*</sup>	7.78±1.08 <sup>*</sup>	6.62±1.30 <sup>*</sup>

注:\*表示与运动前比较差异具有显著性, $P<0.05$ ;#表示与同期 CON 组比较差异具有显著性, $P<0.01$ 。

### 2.3 运动前后肢体下落时关节反应角度变化

如表 2 所示,2 组的肢体下落时关节反应角度在运动前无显著差异( $P>0.05$ );运动后 24 h,2 组关节反应角度均较运动前显著增加 ( $P<0.05$ ); 运动后 48 h, CON 组关节反应角度较运动前显著增加( $P<0.05$ ),而 CWT 组较运动前无显著性差异( $P>0.05$ );组内比较发现,运动后 24 h、48 h,CON 组的肢体下落时关节反应角度显著大于 CWT 组( $P<0.01$ )。

的水浴方式<sup>[19-20]</sup>。故本研究选用同种水浸方式。值得注意的是,在几项证实 CWT 存在有益效果的实验中<sup>[4,18-20]</sup>,均选择了短跑、自行车等下肢高强度运动项目作为诱导疲劳手段,在此过程中均存在膝关节的过度使用现象。此外,在这些实验中,评估运动表现恢复的方法是通过在运动后的一段时间重复跑步<sup>[4]</sup>、骑行<sup>[18]</sup>或负重深蹲跳、等长深蹲<sup>[20]</sup>等运动。显而易见,这些运动都对膝关节本体感觉具有一定要求。故考虑是否存在 CWT 促进膝关节本体感觉恢复的可能,从而解释 CWT 可提高运动成绩的现象。本研究不仅证实了 CWT 对增强式运动后膝关节本体感觉的促进恢复作用,也在一个新的角度提示了,CWT 对短跑这类对膝关节较高要求的运动的有益作用,特别是促进运动表现恢复作用<sup>[4,18,20]</sup>,可能与膝关节本体感觉恢复有关。

## 3 分析与讨论

本研究的主要发现是,与 CON 组相比,CWT 可有效缓解增强式运动中因肌肉离心所致的肌肉力觉的下降,促进肌肉本体感觉(主、被动位置觉,肢体下降反应角度)的恢复。

自 Cochrane<sup>[3]</sup>提出 CWT 可促进运动表现恢复以来,在各类运动项目后进行 CWT,对之后运动表现的作用效果被陆续报道。但大多数研究结果表明<sup>[4,14-20]</sup>,与对照组相比,CWT 并没有提高之后的运动表现,只有少数研究证实了 CWT 的有益性<sup>[4,18-20]</sup>。之所以出现这种相反结果,除运动项目类型不同外,可能还与不同的水浴方式有关。目前,对于 CWT 的总时间,冷热水分别浸泡的时间、温度、浸泡部位,以及在运动后与水浴间隔时间等还没有统一的标准。但在证实 CWT 存在有益效果的几项实验中均采用肩部以下浸入、38℃热水、15℃冷水、1 min 交替、总时长 14 min

### 3.1 CWT 对膝关节位置觉的影响

研究结果发现,增强式运动后主、被动位置觉均出现显著下降,而 CWT 有助于主、被动位置觉的恢复,尤其对于主动位置觉的影响更为明显。这可归因于主、被动活动对位置觉的影响因素是不同的,主动运动可以最大限度触发肌肉内的感受器,故主动位置觉可以充分反映肌肉感受器的变化<sup>[21]</sup>;而被动运动不涉及肌肉主动收缩,故被动位置觉可以有效避免因肌肉主动收缩所造成的信息量增加<sup>[22]</sup>。根据 Proske



等<sup>[23]</sup>的“努力程度”理论:位置觉的变化不仅由疲劳干扰肌梭功能所致,更受中枢机制(努力的感觉)的影响。运动后 MVIC 的下降可导致受试者在位置觉测试时为了维持正常运动而付出更多努力,而努力程度的增加又会反过来导致位置觉的下降<sup>[24]</sup>。以往研究指出,CWT 有助于离心运动后肌肉力量的恢复<sup>[19]</sup>。因此,CWT 促进位置觉恢复的作用得益于其促进肌肉力量恢复的机制,肌肉力量恢复快,在进行位置觉测试时,受试者付出较少的努力程度,进而有利于位置觉恢复。

增强式运动强调速度力量和爆发性训练,其核心机制是在冲击性外力作用下,肌肉被动离心收缩,而后快速地转换为向心收缩,过程中较大的冲击、牵张作用对膝关节及其作用的肌肉要求较高,其离心收缩成分甚至会诱导股四头肌 DOMS 的发生。Sipko 等<sup>[25]</sup>指出,疼痛程度越高,控制姿势的难度越大,位置觉就越差。因此,疼痛感是影响位置觉的又一重要因素。Vaile 等<sup>[19]</sup>、Pournot 等<sup>[26]</sup>均发现了 CWT 对运动所致 DOMS 的镇痛作用,这归因于 CWT 可减轻巨噬细胞所致的炎症反应<sup>[19,27]</sup>,而这种炎症反应是诱使肌肉肿胀、增加痛觉感受器压力和敏感性的重要原因之一。虽然本研究在主动位置觉测试时没有进行疼痛感测评,但从数据分析可见,在本研究中位置觉变化与 Vaile 等<sup>[19]</sup>研究中疼痛程度变化时间轨迹相同且存在负相关性:本研究在运动后 48 h 达到位置觉敏感性的最低值,且 CWT 组的位置觉敏感性显著高于 CON 组;而 Vaile 等<sup>[19]</sup>研究在运动后 48 h 达到疼痛程度最高值,且经 CWT 干预的疼痛程度显著低于对照组。这表明,CWT 的镇痛作用与位置觉之间有一定联系,但具体作用机制及量效关系是后续的研究方向。

### 3.2 CWT 对肌肉力觉的影响

肌肉力觉是用来描述骨骼肌随意收缩过程中对输出力的有意识的感觉<sup>[28]</sup>,可以反映机体对力的感知以及复制用力程度的能力。本研究结果显示,运动后 2 组受试者的肌肉力觉均显著下降,且在运动后 24~48 h 达到最低值,CWT 组受试者的肌肉力觉虽也下降,但其下降程度低于 CON 组,反映了 CWT 缓解肌肉力觉下降的有益作用。Jones 等<sup>[29]</sup>提出:与肌肉收缩相关的“努力的感觉”是肌肉“力觉”的基础。然而,影响肌肉力觉的因素除“努力的感觉”外,还与代谢产物(缓激肽、前列腺素 E<sub>2</sub>、乳酸等)堆积影响感觉传入神经末端的化学感受器的敏感性有关。

在增强式运动中,下肢肌肉负重快速、连续的牵

张—缩短—循环跳跃所导致的代谢产物堆积不可避免,而 CWT 有助于代谢产物的清除<sup>[30]</sup>:CWT 是冷水与热水之间交替的水浸方式,机体在接受冷水浸泡时,外周血管收缩;在接受热水浸泡时,外周血管舒张,来回交替之间使血管产生了“泵送作用”。这一效应可以增加血管弹性,促进机体新陈代谢,将运动产生的代谢产物、炎症介质等不良成分随血流灌注排出体外。此外,水的静水压力也有助于代谢产物的清除<sup>[31]</sup>:施加在皮肤上的水压力被深入地传递到微动脉周围的组织,进而降低血液的跨壁压力梯度,压力梯度的下降又会引起动脉血管扩张(肌源性反应),外周阻力减少,单位时间血流量增加,改善了工作肌肉内氧和营养物质的运输,同时有助于代谢产物的清除,最终有利于疲劳的消除。

### 3.3 CWT 对肢体下落时关节反应角度的影响

肢体下落时关节反应角度可以反映放松的关节和肌肉突然受到刺激(小腿重力作用下自然下落)时,本体感受器感受刺激、传出冲动,经大脑皮质躯体运动中枢传出指令引起关节和肌肉反应速度的快慢,从而体现膝关节在应激条件下的控制能力和反应能力<sup>[32]</sup>,可作为膝关节运动觉的评价指标。有研究显示,膝关节起始角度对肢体下落时关节反应角度具有显著影响,而在膝关节与水平位置的夹角约为 15° 时肢体下落反应最为灵敏,测量结果也较为准确<sup>[30]</sup>,故本研究采用膝关节与水平夹角 15° 为测试起始位置。数据表明,离心运动后肢体下落时关节反应角度出现明显的下降,提示反应敏感性下降,在运动后 24 h 达到最低,之后逐渐恢复,与之前研究结果无异<sup>[12,26]</sup>。组内比较发现,运动后 24 h、48 h,CWT 组肢体下落时关节反应角度小于 CON 组,这表明 CWT 对肢体下落时关节反应角度的恢复具有益处。

肢体反应角度的下降与机体疲劳、代谢产物堆积所致功能性肌纤维数量减少、感受器敏感性降低、感觉信号传导速度减慢、努力程度增加、精神状态变差等有关。CWT 能促进疲劳消除、改善受试者精神状态、有利于代谢产物清除的有益效果。研究发现,职业运动员运动后,经 CWT 干预会明显增加下肢深静脉截面,其横截面的增大可能反映了静脉回流的整体改善,进而增加回心血量,减轻了心脏前负荷<sup>[33]</sup>。按照 Frank-Starling 心脏定律,这种前负荷的改变有利于心输出量增加,有助于疲劳消除。也有报告显示,经 CWT 干预的运动员肌肉张力下降、弹性恢复,精神状态得到改善,这可能与中枢神经系统的缓解有关<sup>[34]</sup>。然而,人们对 CWT 对神经系统的影响知



之甚少。Gieremek<sup>[35]</sup>针对经不同干预手段后的柔道运动员和未经训练的健康男性进行了简单反射任务的反应时间、跟腱的腱反射(T反射)、比目鱼肌的霍夫曼反射(H反射)的比较,发现水疗提高了中枢和外周神经系统的效率。认为水疗激活了本体感受器,增加了大脑的兴奋性,刺激了神经肌肉系统,从而加速了简单反应时间、T反射和H反射的恢复。除此之外,McHugh等<sup>[36]</sup>对11名受试者无氧运动后进行不同恢复干预比较,发现CWT组受试者的血乳酸值显著低于其他组,并表示CWT可以加速血液中乳酸的清除。但鉴于血乳酸可在运动后1~2h恢复至运动前水平,而本研究中运动后本体感觉测试是在运动后24h开展的,故本研究中CWT对肢体下落时关节反应角度的影响可能与乳酸清除关系不大。

#### 4 结论

本研究所设计的CWT方案可以有效缓解增强式运动后因肌肉离心所致的肌肉力觉的下降,促进肌肉本体感觉(主、被动位置觉,肢体下落时关节反应角度)的恢复。CWT恢复关节本体感觉的机制与促进肌力恢复、镇痛、加速代谢产物清除、缓解中枢神经系统疲劳等有关。

#### 参考文献:

[1] 王力男.增强式训练:释义与应用[J].北京体育大学学报,2012,35(4):133-136.

[2] 吴赵昭,徐旻霄,赵杰修.水浸疗法对运动后疲劳消除的研究进展[J].中国运动医学杂志,2017,36(7):651-655.

[3] COCHRANE D J. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: A review[J]. Physical Therapy in Sport, 2004, 5(1):26-32.

[4] VERSEY N G, HALSON S L, DAWSON B T. Effect of contrast water therapy duration on recovery of running performance[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2012, 7(2):130-140.

[5] MARKS R. Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee[J]. The Australian Journal of Physiotherapy, 1994, 40(3):175-181.

[6] SHARPE M H, MILES T S. Position sense at the elbow after fatiguing contractions[J]. Experimental Brain Research, 1993, 94(1):179-182.

[7] BLEAKLEY C, MCDONOUGH S, GARDNER E, et al. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise[J]. The Cochrane Database of Systematic Reviews, 2012(2):CD008262.

[8] 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 and Medicine in Sport, 2009, 12(3):417-421.

[9] DUNNE A, CRAMPTON D, EGAÑA M. Effect of post-exercise hydrotherapy water temperature on subsequent exhaustive running performance in normothermic conditions[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2013, 16(5):466-471.

[10] CALLAGHAN M J, SELFE J, MCHENRY A, et al. Effects of patellar taping on knee joint proprioception in patients with patellofemoral pain syndrome[J]. Manual Therapy, 2008, 13(3):192-199.

[11] JONES L A, HUNTER I W. Force sensation in isometric contractions: A relative force effect[J]. Brain Research, 1982, 244(1):186-189.

[12] PASCHALIS V, NIKOLAIDIS M G, GIAKAS G, et al. The effect of eccentric exercise on position sense and joint reaction angle of the lower limbs[J]. Muscle & Nerve, 2007, 35(4):496-503.

[13] 田野,马鹏鹏,郭时杰,等.连续运动后延迟性肌肉损伤的适应性研究[J].中国运动医学杂志,2003,22(2):138-142.

[14] ROBNEY E, DAWSON B, GOODMAN C, et al. Effect of postexercise recovery procedures following strenuous stair-climb running[J]. Research in Sports Medicine, 2009, 17(4):245-259.

[15] KINUGASA T, KILDING A E. A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2009, 23(5):1402-1407.

[16] STANLEY J, BUCHHEIT M, PWAKE J M. The effect of post-exercise hydrotherapy on subsequent exercise performance and heart rate variability[J]. European Journal of Applied Physiology, 2012, 112(3):951-961.

[17] SAYERS M G, CALDER A M, SANDERS J G. Effect of whole-body contrast-water therapy on recovery from intense exercise of short duration[J]. European Journal of Sport Science, 2011, 11(4):293-302.

[18] VERSEY N, HALSON S, DAWSON B. Effect of contrast water therapy duration on recovery of cycling performance: A dose-response study[J]. European Journal of Applied Physiology, 2011, 111(1):37-46.

[19] VAILE J, HALSON S, GILL N, et al. Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue[J]. International Journal of Sports Medicine, 2008, 29(7):539-544.

[20] VAILE J, HALSON S, GILL N, et al. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset mus-



- [39] BRAVO J A, FORSYTHE P, CHEW M V, et al. Ingestion of Lactobacillus strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 108(38):16050-16055.
- [40] MESSAOUDI M, LALONDE R, VIOLLE N, et al. Assessment of psychotropic-like properties of a probiotic formulation (*Lactobacillus helveticus* R0052 and *Bifidobacterium longum* R0175) in rats and human subjects[J]. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2011, 105(5): 755-764.
- [41] KHAN N A, RAINE L B, DROLLETTE E S, et al. Dietary fiber is positively associated with cognitive control among prepubertal children[J]. *The Journal of Nutrition*, 2014, 145(1):143-149.

(责任编辑:刘畅)

(上接第 89 页)

- cle soreness[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2008, 102(4):447-455.
- [21] LEPHART S M, PINCIVERO D M, GIRALDO J L, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 1997, 25(1):130-134.
- [22] BERNIER J N, PERRIN D H. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle[J]. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 1998, 27(4):264-275.
- [23] PROSKE U, ALLEN T J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise[J]. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2005, 33(2):98-104.
- [24] ALLEN T J, PROSKE U. Effect of muscle fatigue on the sense of limb position and movement[J]. *Experimental Brain Research*, 2006, 170(1):30-38.
- [25] SIPKO T, KUCZYNSKI M. Intensity of chronic pain modifies postural control in low back patients[J]. *European Journal of Pain (London, England)*, 2013, 17(4):612-620.
- [26] POURNOT H, BIEUZEN F, DUFFIELD R, et al. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2011, 111(7):1287-1295.
- [27] KULIGOWSKI L A, LEPHART S M, GIANNANTONIO F P, et al. Effect of whirlpool therapy on the signs and symptoms of delayed-onset muscle soreness[J]. *Journal of Athletic Training*, 1998, 33(3):222-228.
- [28] 陈克梦. 单侧膝关节离心 - 向心运动对其双侧本体感觉的影响及不同恢复方法研究[D]. 江苏: 苏州大学, 2012.
- [29] JONES L A, HUNTER I W. Effect of fatigue on force sensation[J]. *Experimental Neurology*, 1983, 81(3):640-650.
- [30] MYRER J W, DRAPER D O, DURRANT E. Contrast therapy and intramuscular temperature in the human leg [J]. *Journal of Athletic Training*, 1994, 29(4):318-322.
- [31] WILCOCK I M, CRONIN J B, HING W A. Water immersion: Does it enhance recovery from exercise?[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2006, 1(3):195-206.
- [32] SEMMLER J G, MILES T S. Exercise, effort, and limb position sense[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2006, 100(4):1099-1100.
- [33] BELIARD S, MENETRIER A, RAVIER G, et al. Effects of thermoneutral water, cold-water and contrasting water temperature immersions on lower limb vein cross-section [J]. *Science & Sports*, 2007, 32(2):53-60.
- [34] CALDER A. The science behind recovery: Strategies for athletes[J]. *Sports Med News*, 2001:2-3.
- [35] GIEREMEK K. Effects of underwater massage on the responsiveness of the motoric neural system[J]. *Biology of Sport*, 1990, 7(1):53-63.
- [36] MCHUGH M P, CONNOLLY D A J, ESTON R G, et al. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect[J]. *Sports Medicine*, 1999, 27(3):157-170.

(责任编辑:刘畅)