

## 复合式训练的间歇时间对高校大学生爆发力的影响

王 昕 王富鸿\* 张金梅

巢湖学院, 安徽 合肥 230000

**[摘要]**目的: 通过实验法, 探讨不同间歇的复合式训练对高校大学生下肢爆发力的影响。方法: 招募 60 名在校大学生, 随机分成 4 组: 无间歇组 (CON1)、4min 间歇组 (CON2)、8min 间歇组 (CON3)、12min 间歇组 (CON4), 训练干预 4 周, 每周 2 次, 每次训练之间休息 48~72h。力量训练阻力为 80%1RM。每组除间歇时间不同外, 其他内容均相同。比较 4 周训练前后 CMJ、50m 冲刺跑、立定跳远和 1RM 深蹲的变化。结果: 4 周训练后, 各组较训练前均有提高。其中 50m 冲刺跑、立定跳远和 1RM 深蹲均未出现组间差异 ( $P>0.05$ ), 只有 CMJ 测试中出现组间差异, 其中 12min 间歇组与无间歇组和 8min 间歇组有显著差异 ( $P<0.05$ )。4min 间歇组与其他组均无组间差异, 但相比于无间歇与 8min 间歇组来说, 也有小幅度增长。结论: 12min 间歇的复合式训练对高校大学生下肢爆发力的影响效果最显著。

**[关键词]**复合式训练; 间歇时间; 爆发力

DOI: 10.33142/jscs.v4i1.11458

中图分类号: G82

文献标识码: A

### Impact of Interval Time in Compound Training on the Explosive Power of College Students

WANG Xin, WANG Fuhong\*, ZHANG Jinmei

Chaohu University, Hefei, Anhui, 238000, China

**Abstract:** Objective: to explore the effect of composite training with different intervals on lower limb explosive power of college students through experimental methods. Method: recruit 60 college students and randomly divide them into 4 groups: no interval group (CON1), 4-minute interval group (CON2), 8-minute interval group (CON3), and 12 minute interval group (CON4). The training intervention lasts for 4 weeks, twice a week, with a rest of 48-72 hours between each training session. Strength training resistance is 80% 1RM. Each group has the same content except for different intervals. Compare the changes in CMJ, 50m sprint, standing long jump, and 1RM squat before and after 4 weeks of training. Result: after 4 weeks of training, all groups showed improvement compared to before training. Among them, there was no intergroup difference ( $P>0.05$ ) in the 50m sprint, standing long jump, and 1RM squat. Only intergroup differences were observed in the CMJ test, with significant differences observed between the 12 minute interval group, the no interval group, and the 8 minute interval group ( $P<0.05$ ). There was no intergroup difference between the 4-minute interval group and the other groups, but there was also a slight increase compared to the no interval and 8-minute interval groups. Conclusion: the 12-minute interval compound training has the most significant effect on the explosive strength of the lower limbs of college students.

**Keywords:** compound training; intermittent time; explosive power

复合式训练是一种结合传统力量训练和快速伸缩复合训练 (也叫超等长训练、增强式训练) 的方式。快速伸缩复合训练是一种很有效的爆发力训练, 复合式训练就是在通过力量训练诱导出 PAP 效应的基础后, 进行快速伸缩复合训练从而更好地增强爆发力。PAP (Post-Activation Potentiation) 效应即后激活增强式效应指, 在承受最大强度或次最大强度抗阻刺激后, 肌肉由于产生收缩痕迹而出现短时间内工作能力增强的情况<sup>[1]</sup>。

随着现代体育的发展, 以力量、速度为主导的运动项目受到越来越多的重视, 复合式训练是将传统抗阻训练、快速伸缩复合训练进行有机结合, 最大限度发展运动员的力量与爆发力。在体能训练中, 复合式训练是目前主流的增强爆发力的手段。

复合式训练的训练效果受运动员力量水平、间歇时

间、抗阻强度等影响。目前研究显示, 最大深蹲重量达到 1.5 倍自重是复合式训练的基础, 采用 60%~100% 1RM 的负荷可以有效地诱导 PAP, 从而得到更好的训练效果。大部分研究证明复合式训练的间歇时间与 PAP 效应的峰值时间息息相关。部分学者认为 PAP 诱导后, 增强效果的持续时间为 3~12min, 但峰值时间任存在争议<sup>[2-4]</sup>。实际上, 影响复合式训练间歇时间的因素不仅仅只有 PAP 效应的时间, 还与力量训练后的疲劳恢复相关, 所以复合式训练最合适的间歇时间还需要进一步研究论证。

本实验将对复合式训练中间歇时间对训练效果产生的影响进行研究和讨论, 探究如何协调好 PAP 效应与疲劳之间的关系从而达到更好的训练效果。本实验的结果可以为后续的研究提供参考价值, 也可以为教练员和运动员设计爆发力训练计划时提供理论依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

研究对象为 60 名在校大学生，受试者皆能完成自身体重 1.5 倍体重深蹲，熟悉深蹲动作半年内身体无任何伤病，在实验期间严禁服用任何能够增强运动能力的药物和运动营养品，且研究对象均为自愿参与实验，在训练前已将实验内容全部告知研究对象，并签署了知情协议书。受试者信息如表 1。在实验阶段，受试者除本实验外，不参加除正常训练课外的其他任何形式的大强度运动。其中 CON1 组的 3 名受试者和 CON3 组的 2 名受试者因个人原因在实验开始后两周退出实验。

表 1 受试者信息

组别	人数	年龄/岁	身高/cm	体重/kg
CON1	15	19.56±0.73	180.88±3.67	73.63±5.29
CON2	18	19.63±0.62	181.38±3.90	74.44±5.38
CON3	16	19.75±0.45	180.88±3.84	73.88±4.26
CON4	18	19.19±0.98	180.56±3.41	75.44±5.07

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 实验设计和训练方案

本研究共持续 4 周，每周干预 2 次，每次干预间歇 48~72h，且每次训练时间控制在 1h 左右。在阻力选择方面，Wilson 等<sup>[5]</sup>认为，60%~80% 1RM 的强度是最佳的负荷强度。对具有力量训练经历的运动员来说，采用 60%~100% 1RM 可以有效地诱导出 PAP 效应<sup>[6]</sup>。本研究选择 80%1RM 的阻力进行训练。

对受试者的深蹲技术、快速伸缩复合训练的动作以及测试流程进行熟悉。在正式干预前后 1 周进行身体成分，深蹲最大力量，CMJ，立定跳远，50m 冲刺跑的测试。每次训练课持续 1h，训练和测试开始时都进行 5min 慢跑热身以及 10min 下肢动态拉伸和核心的激活，训练结束后进行 5min 静态拉伸。在测试和训练过程中要求运动员尽力去完成动作，并给予口头激励。每次训练包括三组力量训练+快速伸缩复合训练(又称超等长训练或增强式训练)：深蹲 (80%1RM×5)+跳深 (30/45cm×10)、半蹲 (80%1RM×5)+收腹跳 (2×10)、保加利亚单腿蹲 (50%BM×5)+弓步交换跳 2×10。CON1 在力量训练和快速伸缩复合训练之间不作任何间歇；CON2 间歇 4min；CON3 间歇 8min；CON4 间歇 12min，每个复合组之间间歇 4min。力量训练的动作要求：受试者慢速离心下落，后做快速向心；快速伸缩复合训练的动作要求：在动作过程中减少与地面的接触时间，快速向心。

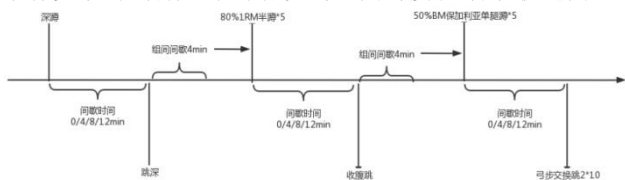


图 1 训练方案

#### 1.2.2 最大力量测试

受试者在进行 5min 慢跑，身体微热后进行 10min 动态拉伸。在进行 1RM 测试之前，先进行 8~10RM 的专项热身练习。热身完成后受试者选取可以轻松完成的重量作为起始重量，完成 3~5 次；增加 5~10kg 负荷，完成 1~2 次；增加 5~10kg，完成 1~2 次。重复上述循环直至无法完成该重量，取完成的最大重量为该项目最大力量。

#### 1.2.3 CMJ

在测力台上进行 CMJ 测试，根据腾空时间计算出高度。受试者在进行 5min 慢跑，身体微热后进行动态拉伸与核心激活。共进行 3 次 CMJ 测试，取 3 次中的最好成绩进行数据分析。CMJ 动作要求：受试者双手叉腰站在测力台上，双脚与肩同宽，准备好后快速下蹲起跳，在空中保持双腿伸直，躯干保持中立，不屈腿。

#### 1.2.4 立定跳远

立定跳远是评定运动员下肢爆发力最重要的指标之一，主要反映运动员向前向上跳跃时下肢肌肉的力量和爆发力。受试者在进行 5min 慢跑，身体微热后进行动态拉伸与核心激活。进行 3 次立定跳远测试，取 3 次中的最好成绩进行分析。

#### 1.2.5 50m 冲刺跑

50m 冲刺跑可以很好地反应运动员的爆发力。受试者在进行 5min 慢跑，身体微热后进行动态拉伸。在起点处安排一个手持旗帜的发令员，终点处安排三名计时员，发令员挥旗的同时计时员开始计时，最终结果取三名计时员的平均成绩。

#### 1.2.6 数据统计分析

使用 SPSS 24.0 软件统计数据并进行分析处理，结果均以“平均数±标准差”表示。采用单因素方差分析 (ANOVA) 比较各指标的组间差异。以  $P < 0.05$  表示具有显著性差异，以  $P < 0.01$  表示具有非常显著性差异。

## 2 研究结果

### 2.1 干预后 CMJ 高度变化

研究结果显示，经过 4 周的复合式训练，CMJ 高度均比实验前有所提高，其中 CON4 与 CON1 和 CON3 之间均有显著差异 ( $p < 0.05$ )；CON2 与其他组别均无差异 ( $p > 0.05$ )。如图 2。

### 2.2 干预后立定跳远表现变化

研究结果显示，经过 4 周的训练，各组的立定跳远成绩均有所提高。如图 3，各组不存在统计学差异  $p > 0.05$ 。

### 2.3 干预后 50m 冲刺跑表现变化

研究结果显示，经过 4 周的训练，各组的 50m 冲刺跑成绩均有所提高。如图 4 所示，各组不存在统计学差异  $p > 0.05$ 。

### 2.4 干预后深蹲 1RM 变化

研究结果显示，经过 4 周的训练，各组的深蹲 1RM 成绩均有所提高。如图 5 所示，各组不存在统计学差异  $p > 0.05$ 。

表 2 4 周干预后最大肌力和爆发力各指标变化

指标	CON1			CON2			CON3			CON4		
	前测	后测	变异值	前测	后测	变异值	前测	后测	变异值	前测	后测	变异值
CMJ/cm	41.39±3.04	44.29±4.08	2.90±1.80	42.83±3.29	45.99±3.33	3.17±1.90	40.09±2.68	42.29±2.81	2.20±1.09	42.40±3.35	49.20±4.34*	6.80±2.30
立定跳远/cm	271.29±7.27	281.00±7.14*	9.71±2.36	273.00±4.34	282.75±5.04*	9.75±2.82	267.86±7.93	278.00±6.35*	10.14±2.04	265.75±7.89	276.25±7.11*	10.50±1.51
50m 冲刺跑/s	7.51±0.09	7.24±0.13*	-0.27±0.14	7.48±0.10	7.24±0.19*	-0.24±0.12	7.56±0.24	7.39±0.19	-0.17±0.08	7.56±0.18	7.29±0.25*	-0.28±0.13
深蹲 1RM/kg	118.57±13.14	125.00±10.80	6.43±3.78	115.00±15.12	121.25±12.46	6.25±4.43	119.29±13.05	125.71±11.34	6.43±4.76	116.88±9.61	123.13±8.84	6.25±5.82

注：数据为平均数±标准差；\*表示与前测相比有显著性差异 (P<0.05)

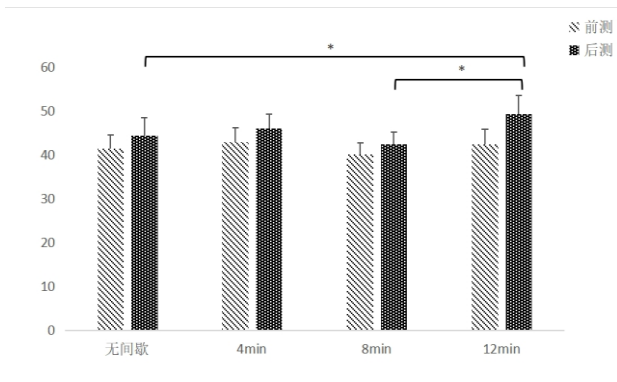


图 2 CMJ 分析结果

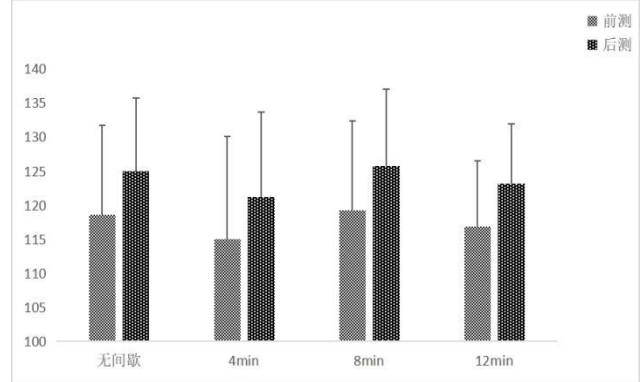


图 5 1RM 深蹲分析结果

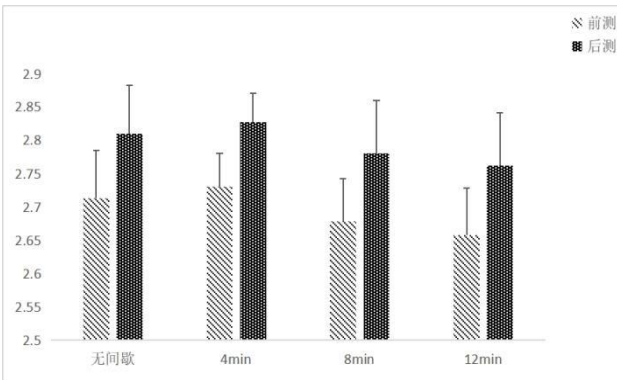


图 3 立定跳远分析结果

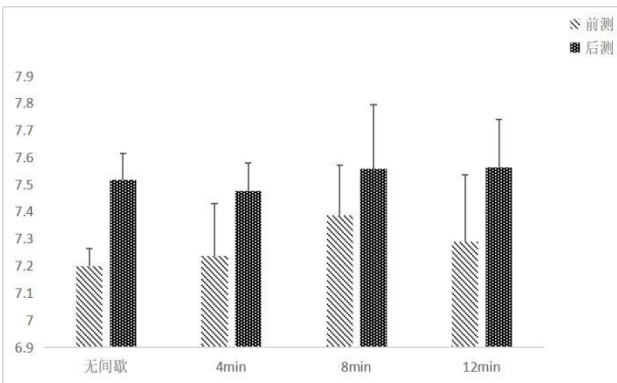


图 4 50m 冲刺跑分析结果

### 3 讨论

研究结果显示，CMJ、50m 冲刺跑、立定跳远以及深蹲 1RM 的前测指标均无统计学差异  $P>0.05$ 。CMJ 高度 CON4 与 CON1 和 CON3 之间均有显著差异 ( $p<0.05$ )；CON2 与其他组别均无差异 ( $p>0.05$ )。

#### 3.1 不同间歇时间的复合式训练对训练效果的影响讨论

通过 4 周的复合训练，通过测量数据可以发现，各项测量指标均有提高。其中，CMJ 测试在训练后组间出现显著差异，立定跳远、50m 冲刺跑和 1RM 深蹲重量训练后组间并未出现统计学差异。出现这一现象可能是由于复合训练选取的动作均侧重于纵向爆发力，所以复合式训练对纵向爆发力的提升大于横向爆发力<sup>[7]</sup>。

近年来，科研人员普遍认为复合式训练主要通过力量训练诱导出 PAP 效应后进行快速伸缩复合训练从而达到更好的训练效果。根据以往的研究，复合式训练生理机制主要有增强肌球蛋白轻链磷酸化、提高神经元募集、肌纤维羽状角度缩小这三个因素<sup>[8]</sup>。PAP 效应受年龄和性别、肌纤维类型、肌肉长度、训练状态、力量水平以及肌肉激活形式等方面影响。PAP 效应虽然会受到诸多因素的影响，但通过选择合适的诱导方式，掌握好 PAP 与疲劳的关系依然可以很好地激活 PAP<sup>[9]</sup>。如图所示，当训练量和强度较

低时，PAP 比疲劳更占优势，并且可以立即实现后续爆发性能力的增强。随着训练量和强度的增加，疲劳成为主导，对后续表现产生负面影响。当进行恢复活动后，疲劳的消散速度比 PAP 快，并且在恢复期间的某个时刻可以增强随后的爆发能力。因此，至关重要是要确定最佳的休息间隔，从而使肌肉部分地从疲劳中恢复过来，但仍处于增强状态。

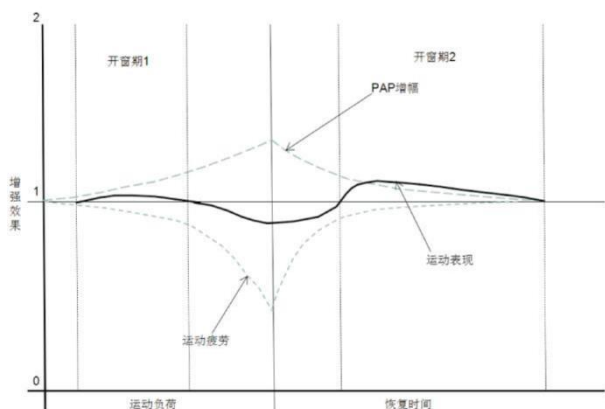


图 6 运动疲劳、PAP 及运动表现的关系

快速伸缩复合训练，其基本原理是通过在运动前预先拉长肌肉并激活肌肉的拉伸-收缩循环，以产生强大的向心收缩力，从而最大程度地提高爆发力和弹跳力。这种训练方法旨在进一步发展和提高运动员在神经肌肉募集条件下的最大力量水平。通过增加肌肉中横桥的数量，拉长了肌肉的长度，从而提高肌肉收缩的能力<sup>[10]</sup>。

因此本研究设计了不同间歇时间的复合式训练来探究力量训练结合快速伸缩复合训练的模式中影响下肢爆发力的最适的间隔时间。

本实验结果显示，在 0~12min 间歇时间中，12min 间歇训练效果最好。其余三组的训练效果均无统计学差异。Freitas Tomás 等<sup>[11]</sup>认为至少需要 4min 以上，才能达到峰值后效应。最新的研究显示，间歇时间在 8~12min 时的训练效果最好，这与本实验研究结果相符。

根据图 6 恢复时间与 PAP 效应的关系可以得出，如果间歇时间较短，疲劳对训练效果的降低作用大于或约等于 PAP 效应的增强作用，此时训练效果较差；随着恢复时间的增长，受试者神经、肌肉得到充分恢复，疲劳对训练效果的影响大大降低，PAP 效应的收益最大，疲劳对训练效果的降低作用远小于 PAP 效应的增强作用，此时训练效果最好。根据实验结果来看，12min 的恢复时间是 PAP 效应收益最大的间歇时间，在达到峰值后，训练效果会逐渐降低直至消失。

疲劳分为外周性疲劳和中枢性疲劳。当人体进行高强度运动时，会导致能量物质的消耗、代谢产物的增加以及微小肌肉损伤的积累，这些因素可能会导致外周性疲劳的

出现。由于中枢神经系统接收到来自全身各部分的反馈信号，因此在训练过程中出现运动能力下降的现象通常被认为是由中枢神经系统的功能受损所导致的，从而引起了中枢性神经疲劳的状况<sup>[12]</sup>。

由于快速伸缩复合训练对神经募集能力的要求较高，所以在力量训练结束后，运动员应该获得更多的休息时间，才能达到更好的训练效果。在 PAP 效应仍处于增强阶段时，神经疲劳的影响越小，训练动作的质量得到提高，训练效果也就越好。当然，疲劳的恢复时间存在个体差异，对于力量水平较低的运动员来说，疲劳后可能需要更长的恢复时间。

本研究证明了复合式训练可以为爆发力带来更好的增强效果，建议在未来的训练或比赛中作为一种热身手段。但是，并不是所有人都适合这种热身方式及提高爆发力的训练手段，运动员和教练员需要根据运动项目以及训练条件选择适当的干预方式，并根据干预方式及训练经验找到最佳的休息时间。只有处理好疲劳和增强效应的关系，才能更好地利用 PAP 并在比赛和训练中展现更好的状态。在未来研究中，希望可以根据不同的测试手段和生理指标来进一步验证实验结果，从而提高运动员的表现。同时，未来研究也可以通过测量下蹲和起跳速度，下蹲角度等更多数据来解释跳跃高度差异的成因。加入了增强式训练后的活化后效应变化的生理机制，不能简单从肌肉角度解释，因此未来需要从更多元的方向来探究其成因。

有研究者认为在抗阻训练之后，支链氨基酸（BCAA）诱导的肌肉修复过程会抑制肌肉组织将伤害性信号传入中枢神经系统，通过这一调节来降低中枢性疲劳的产生，可能是支链氨基酸（BCAA）对肌肉的潜在保护作用。<sup>[13]</sup>在训练中可以通过语言刺激，心理暗示，以及及时补充 BCAA 等，可以有效的降低达到最佳效果所需的间歇时间。

综上所述，对于高校大学生来说，在 80%1RM 的阻力下进行间歇 12min 的复合式训练是最合适的，可以更高效地提高爆发力。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

12min 间歇的复合式训练对高校大学生的下肢爆发力影响效果最好。不同间歇的复合式训练对 CMJ 高度的影响效果最显著，立定跳远、50m 冲刺跑、1RM 深蹲表现没有发生显著变化。

### 4.2 建议

在发展下肢爆发力的训练中，教练员可以通过 12min 间歇的复合式训练加强运动员的爆发力，建议运动员的力量水平应达到 1.5 倍深蹲，训练时间至少 4 周，每周 2 次的训练且每次训练之间间歇不得少于 24h，阻力的设定应控制在 80% 1RM；快速伸缩负荷训练应选择与专项相近的动作，在训练过程中应保证运动员的动作的标准和控制

运动员的动作速率,要尽量减少向心收缩的时间。在训练中适当的使用BCAA可以获得更好的训练效果,训练后要积极地放松和恢复以提高下一次训练的训练效果。

#### [参考文献]

- [1] Reardon, Danielle, Hoffman, Jay R., Mangine, Gerald T., et al. Do Changes in Muscle Architecture Affect Post-Activation Potentiation?[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2014, 13(3):483-492.
- [2] 王银晖. 基于动力学视角的复合式力量训练机制、特征及方法应用[J]. *成都体育学院学报*, 2020(2):100-106.
- [3] 刘瑞东, 李庆. 激活后增强效应的生理机制、影响因素与应用策略[J]. *成都体育学院学报*, 2017, 43(6):58-64.
- [4] 夏永昊, 李峰, 曹兆荃. PAP 效应下后蹲对田径项目运动员冲刺和纵跳能力影响比较研究[J]. *体育科技文献通报*, 2022, 30(7):72-74.
- [5] WILSON J M, DUNCAN N M, MARIN P J, et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, 27(3):854.
- [6] KILDUFF L P, BEVAN H R, KINGSLEY M I, et al. Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2007, 21(4):1134.
- [7] 曹骏. 复合式训练的生理机制、应用及其实施策略[J]. *青少年体育*, 2019(11):68-69.
- [8] 刘恒源, 刘志云, 哈建伟, 等. 后激活增强效应的生理机制、诱导条件及适用运动员特点研究[J]. *天津体育学院学报*, 2020, 35(1):42-47.
- [9] 翟华楠, 周彤. 复合式训练影响青少年下肢爆发力的meta分析[J]. *武汉体育学院学报*, 2020(10):65-71.
- [10] 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.
- [11] FREITAS T T, CALLEJA G J, CARLOS V J, et al. Short-term optimal load training vs a modified complex training in semi-professional basketball players[J]. *Journal of sports sciences*, 2019, 37(4):1121-1126.
- [12] BROXTERMAN R M, CRAIG J C, SMITH J R, et al. Influence of blood flow occlusion on the development of peripheral and central fatigue during small muscle mass handgrip exercise[J]. *Journal of Physiology*, 2015, 593(17):4043-54.
- [13] JACKMAN S R, WITARD O C, JEUKENDRUP A E, et al. Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2010, 42(5):962-70.

作者简介: 王昕(2003—), 男, 汉族, 安徽安庆人, 本科在读, 巢湖学院, 社会体育指导与管理专业; \*通讯作者: 王富鸿(1985—), 男, 汉, 安徽合肥, 博士在读, 巢湖学院体育学院, 研究方向: 运动与健康促进; 张金梅(1987—), 女, 汉, 安徽合肥, 博士在读, 巢湖学院体育学院, 研究方向: 运动与健康促进。