

## 降低同期训练中耐力训练对力量训练干扰效应的的方法学思考

刘成杰 万维静 刘红兵\*

南京体育学院, 江苏 南京 210014

**[摘要]**采取同期训练的方法是各类体能训练领域的流行趋势, 如何降低耐力训练对力量训练的干扰效应则是备受关注的热点问题。运用文献资料法、专家访谈法和逻辑分析法, 对同期训练中的干扰效应进行了概述, 并就影响同期训练中耐力训练对力量训练干扰性应的的方法学因素进行了深入探讨。研究发现, 训练频率、训练强度、训练量、课内训练顺序、耐力训练与力量训练之间的间隔时间、周期训练安排、训练参与者的训练状态和营养状况等都会对干扰效应产生影响。要降低耐力训练对力量训练的干扰效应和不兼容问题, 需要采取一系列的训练调整策略。

**[关键词]**同期训练; 耐力训练; 力量训练; 干扰效应; 训练状态

DOI: 10.33142/jscs.v4i1.11455

中图分类号: G804

文献标识码: A

### Methodological Thinking on Reducing the Interference Effect of Endurance Training on Strength Training during Synchronous Training

LIU Chengjie, WAN Weijing, LIU Hongbing\*

Nanjing Sport Institute, Nanjing, Jiangsu, 210014, China

**Abstract:** Adopting the method of simultaneous training is a popular trend in various physical training fields, and how to reduce the interference effect of endurance training on strength training is a hot topic of concern. Using literature review, expert interviews, and logical analysis methods, this paper provides an overview of the interference effect in simultaneous training, and explores in depth the methodological factors that affect the interference effect of endurance training on strength training during simultaneous training. Research has found that training frequency, training intensity, training volume, in class training sequence, interval between endurance training and strength training, cycle training arrangement, training status and nutritional status of participants can all affect the interference effect, so as to reduce the interference and incompatibility of endurance training on strength training, a series of training adjustment strategies need to be adopted.

**Keywords:** simultaneous training; endurance training; strength training; interference effect; training status

#### 引言

耐力素质(主要反映心肺功能)和力量素质(主要反映神经肌肉功能)是人体运动素质的重要组成部分, 在多种类别的训练计划(如休闲健身、业余训练、竞技训练)中, 都会涉及到耐力训练与力量训练同期进行的状况, 这被称为同期训练。在同期训练中, 耐力训练与力量训练之间会产生相互影响作用, 即存在相互促进效应或相互干扰效应, 如何提升相互促进效应和降低相互干扰效应, 对于同期训练而言非常重要。

#### 1 同期训练中的干扰效应

众多研究表明, 同期训练会导致次优的整体训练适应性反应, 通常表现为, 同期训练中的耐力训练对力量训练的训练适应性具有干扰效应, 而同期训练中的力量训练对耐力训练具有促进效应。然而, 虽然大多数研究提供了同期训练中耐力训练会干扰力量训练的证据, 例如对最大力量、肌肥大和爆发力等指标的提升幅度存在负面影响, 但这些研究发现并不具有普遍性, 因为有研究没有发现干扰效应存在的证据<sup>[1]</sup>, 还有研究则表明耐力训练只影响了力量训练的部分训练适应性, 例如只影响了爆发力提升幅度,

而没有减弱最大力量和肌肥大<sup>[2]</sup>。相反, 也有一些研究证据表明, 与单独进行力量训练相比, 同期训练虽然没有增加最大力量, 但导致了肌肥大<sup>[3]</sup>和运动后细胞信号增强等训练适应性反应<sup>[4]</sup>。同期训练中耐力训练对力量训练干扰效应的模糊性和多样性表明, 干扰效应是否存在或干扰效应的大小可能与一系列的方法学因素有关<sup>[5]</sup>。这些方法学因素既包括训练计划的设计因素, 也包括训练参与者的状况因素。

#### 2 影响耐力训练对力量训练干扰效应的的方法学因素

##### 2.1 训练计划的设计因素

针对耐力训练对力量训练干扰效应的研究表明, 在设计同期训练的训练计划时, 需要考虑一系列的训练变量, 例如训练频率、训练强度、训练量、课内训练顺序、耐力训练与力量训练之间的间隔时间、周期训练安排。这些训练计划设计中的训练变量会单独或共同影响耐力训练对力量训练的干扰效应。

##### 2.1.1 训练频率

训练频率是指每周进行的同期训练的训练次数。一些

研究证明,力量训练的训练频率对与耐力训练有关的指标改善并不明显,例如跑步经济性、最大摄氧量、体脂率<sup>[6]</sup>,但耐力训练的训练频率对力量训练的训练适应性的影响却比较显著,例如,每周进行 $\geq 3$ 次的耐力训练会减弱力量训练引起的训练适应性,因为过于频繁的耐力训练会降低训练参与者的身体状态,从而降低了训练参与者产生力和输出力的能力,进而对力量训练的实施和训练适应性产生较大的干扰,而每周进行 $\leq 2$ 次的耐力训练似乎对力量训练的训练适应性的负面影响较小<sup>[7]</sup>。因此,在制定同期训练的训练计划时,耐力训练的训练频率是需要考虑的一个重要方法学因素。

### 2.1.2 训练强度

训练强度是另一个可能影响同期训练效果的重要训练变量。这可以从耐力训练的训练强度(如不同强度的持续训练、高强度间歇训练)和力量训练的训练强度(如高、低相对训练强度/负荷)两方面来考虑。耐力训练的训练强度是一个特别相关的方法学因素,因为它是体现训练参与者的有氧体适能和心脏代谢健康状况(心肺功能)的主要指标<sup>[8]</sup>。许多研究已经证明,不同训练强度的耐力训练都会在同期训练中对力量训练的训练适应性起到干扰效应,包括低强度持续训练、中等强度持续训练、高强度间歇训练,或不同训练强度的训练组合<sup>[9]</sup>。

一般认为,在耐力训练采取中等强度持续训练是构建耐力素质基础的常用方法,但目前的研究成果表明,与传统的低强度持续训练、中等强度持续训练相比,高强度间歇训练被认为是一种极具吸引力的改善心脏代谢健康和最大摄氧量的策略<sup>[8]</sup>。高强度间歇训练也非常契合许多团队运动和个人运动对耐力素质的专项需求,因此高强度间歇训练已成为旨在提高运动成绩的耐力训练计划的一个重要组成部分<sup>[10]</sup>。鉴于耐力训练中采取高强度间歇训练的普及性,需要重点考虑此种耐力训练模式对力量训练的训练适应所产生的干扰效应。研究显示,与低强度、中等强度持续训练相比,高强度间歇训练会引起受训肌群更大的残余疲劳,会大大减弱训练后至少6小时内的产力能力,会对后续的力量训练表现产生负面影响<sup>[11]</sup>。

需要特别提醒的是,耐力训练的训练强度除了受速度、持续时间、完成距离、心率等常规因素影响外,还受许多其他因素的影响,例如训练方式(如跑步与骑车)、间歇时间长短、场地表面(如公路、跑道、草地或沙地)、场地坡度(如山地与平地)以及变向特性等<sup>[12]</sup>。这些因素也会影响耐力训练的神经肌肉需求,由此导致的残余疲劳也存在对后续力量训练表现产生负面影响的可能性。然而,目前尚缺乏就同期训练中直接比较不同训练强度的耐力训练对力量训练干扰效应的研究<sup>[5]</sup>,因此,急需此类研究来确定不同训练强度的耐力训练对力量训练效果的潜在影响。有一项研究同时调查了不同训练方式(功率自行

车和跑步)、不同训练强度的耐力训练(中等强度持续训练和高强度间歇训练)对女性训练参与者11周同期训练的神经肌肉适应性的影响。研究发现,不同训练计划对女性训练参与者的1RM腿举力量的改善并没有明显差异,研究结果:仅进行力量训练(提升约53%),力量训练与持续骑车(提升约39%)、力量训练与持续跑步(提升约41%)、力量训练与间歇跑(提升约47%)<sup>[13]</sup>。然而该研究存在一个较大的局限性,即耐力训练的计划只匹配了总训练时间,而不是总训练量,因此很难推断训练强度对最大力量发展的潜在影响。事实上,在研究不同训练强度的耐力训练对力量训练的干扰效应时,方法学上存在一个重要挑战,即操控训练强度必然会影响到总训练量,这种影响会反过来混淆研究结果。针对这个问题的一个潜在解决方案是匹配不同耐力训练计划的总训练量,这种方法多用于比较高强度间歇训练和中等强度持续训练对力量训练干扰效应的影响<sup>[5]</sup>,此领域的研究已经观察到,在同期训练计划中无论是纳入高强度间歇训练,还是纳入中等强度持续训练,或者同时纳入两种训练,都会减弱最大力量的发展<sup>[14]</sup>。事实上,比较高强度间歇训练和中等强度持续训练对力量训练干扰效应的研究很少,这也使得很难确定耐力训练的训练强度在介导干扰效应中的重要性。有一项研究比较了总训练量匹配的高强度间歇训练和中等强度持续训练(自行车)对力量训练干扰效应的影响,研究发现,两种训练对训练参与者最大力量(1RM腿举)发展的干扰效应几乎相同,这表明耐力训练的训练强度本身可能并不是干扰最大力量发展的关键因素,不过与中等强度持续训练相比,高强度间歇训练更不利于力量训练诱发的各种垂直纵跳能力的改善(如峰值速度和爆发力发展速度)<sup>[5]</sup>。

### 2.1.3 训练量

训练量与训练频率、单次训练的持续时间具有联系。单次训练持续时间的增加会导致更大的疲劳累积和底物消耗,因此需要更长的恢复时间。已有的研究发现,耐力训练量与力量训练诱导的训练适应性受损之间存在联系,但这种联系与同期训练计划的长短有一定联系<sup>[15]</sup>。在短期同期训练计划中,这种联系并不明显,当同期训练组与单独力量训练组、单独耐力训练组的总训练量基本匹配时,同期训练组和单独力量训练组在肌纤维蛋白的合成方面有类似的增加,而同期训练组与单独耐力训练组在线粒体蛋白的合成方面也有类似的增加。在较长同期训练计划中,这种联系在训练计划进行一段时间后才逐步显现,例如在为期10周的同期训练计划的执行过程中,只是从第8周起才发现明显的力量训练适应性受损问题<sup>[16]</sup>。这些研究发现可能暗示着,对于缺乏训练基础的训练参与者而言,耐力训练、力量训练以及同期训练都会引起骨骼肌训练适应性的普遍加成效应,而有训练基础的训练参与者则对分化的训练模式和训练量较为敏感。值得注意的是,有研究显

示,增加同期训练计划中力量训练的训练量,具有提高业余水平、训练水平和竞技水平训练者的跑步经济性,这对长跑运动尤为重要,因为跑步经济性是一项关键的成绩指标,同期耐力训练与力量训练能有效促进长跑运动员跑步经济性的改善,且不会增加体脂率,但跑步经济性的改善更易在高水平运动员中转化为成绩的进步<sup>[17]</sup>。但需要注意的是,在同期训练计划中,耐力训练量与力量训练量之间存在影响,而影响的程度取决于两种训练之间的恢复时间<sup>[18]</sup>,此外,力量训练量的积累可能会导致严重的肌肉损伤以及神经肌肉疲劳,长期进行大训练量的力量训练可能会损害训练适应性的提升。综上所述,训练量对同期训练的训练适应性的影响作用各不相同,耐力训练量对力量训练的训练适应性受损有一定联系,但这种联系在较长同期训练计划中才有体现,而力量训练量对耐力训练的训练适应性提升有一定促进作用,但应特别注意增加力量训练量可能造成的肌肉损伤和神经肌肉疲劳问题,否则会适得其反。

#### 2.1.4 课内训练顺序

同期训练将耐力训练和力量训练融合到同一训练课程内进行,这从时间效率上看,是具有优势的。但由于存在干扰效应的假设,一种训练后的残余疲劳和底物消耗可能会阻碍后续训练的训练质量,进行影响提升训练适应性的潜力<sup>[14]</sup>。因为耐力训练对力量训练和力量训练对耐力训练的干扰效应有所不同,因此,训练课内两种训练的训练顺序是需要考虑的因素。这种干扰效应多指向耐力训练对后继力量训练的干扰,而不是力量训练对后继耐力训练的干扰,但课内训练顺序的重要性却没有得到确切的研究证明,大量研究表明,同期训练的训练课内无论是先进行耐力训练还是先进行力量训练,都会获得多方面的训练收益,包括动态力量、等长力量、爆发力、肌肥大、有氧能力、耐力运动表现、速度和敏捷性等<sup>[19]</sup>。只有部分研究表明,课内训练顺序会对力量、耐力运动表现、神经肌肉和分子反应产生短期的急性影响<sup>[20]</sup>。这些研究结果在针对一系列训练参与者的研究中都得到了证实,包括无训练史的业余男女训练者、精英运动员和老年男性等<sup>[19]</sup>。出现这种状况的原因可能在于,即使同期训练将耐力训练和力量训练融合到了一起,但这两种不同性质的训练在课内训练的时间安排上并非连续进行,而是间隔一定时间进行,安排不同的课内训练顺序会产生一些短期的急性影响差别,但从同期训练整个周期训练的角度看,影响效果的差别并不明显。因此,同期训练中课内训练顺序的安排既应考虑当前训练目标的实现,更应注意整体的周期化安排。

#### 2.1.5 耐力训练与力量训练之间的间隔时间

增加不同训练之间的间隔时间可能会减轻先行训练对后续训练质量的潜在负面影响。研究已经证明,在不同强度和持续时间的耐力训练后,力的产生能力和力量训练的表现都有所下降。这些功能和表现的降低至少在耐力训

练后的8小时内仍然明显,通常在24小时内能够恢复到正常水平<sup>[21]</sup>。与连续进行两种训练或一天中间隔进行两种训练相比,在隔天进行两种训练的同期训练中可以观察到卓越的力量训练表现和训练适应性<sup>[22]</sup>。这些研究表明,为了恢复神经肌肉功能以确保最佳的力量训练表现和训练适应性,在同期训练时,两种训练之间至少需要6~24小时的间隔时间。基于机体恢复的思路,在两种训练之间安排的间隔时间似乎越长越能促进肌肉生长,但相关研究并未支持此类观点,近期的一篇文献综述表明,同一天进行两种训练的同期训练、隔天进行两种训练的同期训练与只进行力量训练相比,在肌肥大适应性方面的效果相当<sup>[23]</sup>。虽然肌肉的生长可能不受课内两种训练之间的间隔时间的限制,但神经肌肉功能和力量训练表现的降低在8小时内仍然是明显的,因此增加不同训练之间的间隔时间将更有利于机体的恢复,通过增加力的产生和肌纤维招募能力,保障力量训练表现和训练适应性。

#### 2.1.6 周期训练安排

周期训练包括多种模型,例如线性模型、非线性(波动)模型、反线性模型、板块模型等。不同的周期训练安排适应的训练对象不同,所产生的训练效果也有差异。对于业余训练者而言,选择经典的线性模型周期训练是合适的,由于业余训练者的体能基础薄弱,其整体训练容量一般比较小,周期训练中耐力训练量或强度对其力量训练的训练适应性的干扰效应并不明显,不同的周期训练安排都会改善业余训练者的心肺功能(耐力)和神经肌肉(力量)的训练适应性。相较于耐力的训练强度,耐力的训练量在介导力量训练干扰效应方面的作用性可能更大一些<sup>[19]</sup>。而对于具有较高训练水平的健身者而言,可能需要采取更多类型的周期训练,例如线性模型和非线性(波动)模型,因为不同类型的周期训练在训练内容、训练方法、训练量、训练强度等训练变量的操控上更加多元和富于变化,以便满足不同的健身需求(减脂、增肌等)。对运动员而言,采取合理的周期训练非常关键,运动员的训练希望运用周期化的方法来操控训练变量,以使整个赛季的训练适应性、运动表现与特定的训练、比赛目标相匹配。当前,对于运动员的同期训练而言,运用板块周期训练的效果较好,板块周期训练一般从侧重力量耐力的板块开始,然后过渡到侧重肌肥大的板块、侧重最大力量的板块、侧重爆发力和速度的板块,并最终结束于侧重专项竞争的板块。从板块周期训练的一般框架就可以看出,不同的板块有不同的训练诉求,因此在每个板块的同期训练中对耐力训练与力量训练的安排会有巨大差异,对于从事个人运动项目的运动员而言,板块周期训练可能是一种适当的策略,可以让耐力和力量保持同时并异质的发展,以达到特定的训练或比赛目标。然而,对于从事团队运动项目的运动员而言,在漫长的赛季中可能会涉及到更高频率的竞争性比赛,运动



员在此期间需要保持高水平的力量、爆发力和耐力。因此,团队运动的运动员可能会从多种周期训练组合策略中获益,这些策略是由赛季所处的阶段和比赛时间表所决定的<sup>[19]</sup>。显然,需要更多的研究来调查不同周期训练在竞技训练领域的应用,以确定在同期训练中最小化干扰效应的策略。

## 2.2 训练参与者的状态因素

### 2.2.1 训练状态

训练状态已被证明会影响对单次训练的反应,并在决定后续训练适应性方面发挥着重要作用。同期训练的研究对象包括各类群体,如久坐未经训练者、业余训练者、不习惯同期训练的运动员、习惯同期训练的运动员等<sup>[19]</sup>。对于不同的训练参与者,往往报告了不同的训练效果。例如,久坐未经训练者对单一训练模式和同期训练都能引起相似的适应性反应<sup>[19]</sup>。然而,随着训练持续时间的延长、运动负荷刺激的逐渐增加,干扰效应的程度逐渐变得明显<sup>[24]</sup>。这说明在未经训练的状态下,同期训练促进的主要是通用性的、非运动模式特异性的训练适应性反应,而那些有较多训练经历的训练者,则会对分化训练刺激表现出更明显的选择性训练适应性反应,这说明训练参与者的训练状态和训练经历是同期训练中需要考虑的一个重要方法学因素。除了久坐未经训练者、业余训练者外,专业运动员可能有很长的训练史,时间跨度长达数年,这很可能会影响到同期训练的计划和训练适应性反应。此外,个人运动项目和团队运动项目之间不同的比赛日程也会影响同期训练的计划和训练适应性,例如个人运动项目基本上是按年度周期来进行同期训练计划安排的,每年都有具体的比赛目标,可能会针对一年中的特定阶段来发展特定的体能素质,而团队运动项目则可能一周就有多场比赛,由于对恢复的需求较高,可用于训练的时间就成了一个大问题,从后勤保障的角度看,伤病、天气、队伍规模、可用设施等原因也可能导致训练计划的改变,这些实际问题在许多团队运动项目中都非常普遍,而这会大大影响运动的训练状态,进而影响同期训练的急性和慢性适应性反应。

### 2.2.2 营养状况

营养状况是另一个需要考虑的重要方法学因素。营养物质的可用性可以显著地调节训练适应性。研究显示,不管是采取同期训练还是采取单一训练模式,在低碳水供应的情况下进行耐力训练可以增强代谢反应、线粒体信号的反应和耐力训练适应性,而在力量训练前后摄入蛋白质(全蛋白或氨基酸)可以增强肌肉蛋白质的合成<sup>[25]</sup>。与营养状况相关的能量平衡对力量训练诱导的训练适应性具有显著影响,能量不足状态下(连续5天耐力训练造成的)的力量训练与能量平衡状态下的力量训练相比,导致的肌纤维合成率降低<sup>[26]</sup>。这表明连续耐力训练引起的能量不足加剧了疲劳信号传递反应,进而降低了后续力量训练诱导的肌纤维合成反应。因此,对于那些试图最大限度地单独

提高耐力适应性或力量适应性的训练者来说,需要考虑营养供给对不同信号传导和训练适应性反应的独立影响。到目前为止,大多数有关训练与营养状态的研究都只是针对单一训练模式,在现有的有关同期训练的研究中,有多项研究是在训练参与者空腹状态下进行的<sup>[27]</sup>,但这与现实中的训练实践并不一致,因为在现实训练事件中,训练者往往会在训练前、训练中和训练后适时补充水分、矿物质、碳水化合物、蛋白质等营养物质来促进运动能力的恢复和训练适应性的反应<sup>[28]</sup>。

## 3 结论与建议

### 3.1 结论

(1) 同期训练中耐力训练对力量训练的干扰效应比较明显;特别是有较长训练史的训练参与者、每周进行 $\geq 3$ 次耐力训练或者耐力训练量大的情况下,干扰效应尤为显著。

(2) 干扰效应的产生与训练计划的设计要素相关,包括训练频率、训练强度、训练量、课内训练顺序、耐力训与力量训练之间的间隔时间、周期训练安排等。

(3) 干扰效应的产生与训练参与者的状态因素相关,包括训练状态和营养状况,高强度间歇训练和中等强度持续耐力训练、长期进行大训练量的耐力训练、耐力训练与力量训练之间的间隔时间、周期训练安排不当等方法学因素,以及营养状况不佳也会放大这种干扰效应。

### 3.2 建议

(1) 在同期训练的实践中,可将每周耐力训练的频率控制在3次及以下,注意控制耐力训练强度、训练量,并注意连续耐力训练可能导致的疲劳累积。

(2) 根据训练目标,调整课内耐力训练与力量训练的训顺序设计,耐力训练与力量训练之间的时间间隔至少大于8小时<sup>[29]</sup>。

(3) 采用适当的周期训练模式,例如板块周期训练模式等,并积极调整训练参与者的训练状态和营养状况。

### 【参考文献】

- [1] B Alabinis C P, Psarakis C H, Moukas M, et al. Early phase changes by concurrent endurance and strength training[J]. *J. strength Cond. res*, 2003, 17(2): 393-401.
- [2] HaKkinen K, Alen M, Kraemer W J, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2003, 89(1): 42-52.
- [3] Lundberg T R, Fernandez-Gonzalo R, Gustafsson T, et al. Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance training[J]. *Journal of Applied*

- Physiology, 2013, 114(1):81-89.
- [4]R. Fernandez - Gonzalo, Lundberg T R, Tesch P A. Acute molecular responses in untrained and trained muscle subjected to aerobic and resistance exercise training versus resistance training alone[J]. *Acta Physiologica*, 2013, 209(4):283-294.
- [5]Fyfe J J, Bishop D J, Stepto N K. Interference between Concurrent Resistance and Endurance Exercise: Molecular Bases and the Role of Individual Training Variables[J]. *Sports Medicine*, 2014, 44(6):743-762.
- [6]Wilson J M, Marin P J, Rhea M R, et al. Concurrent Training: A Meta-analysis Examining Interference of Aerobic and Resistance Exercises[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012, 26(8):2293-2307.
- [7]Jones T W, Howatson G, Russell M, et al. Performance and Neuromuscular Adaptations Following Differing Ratios of Concurrent Strength and Endurance Training[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(12):3342-3351.
- [8]Weston K S, Wisloff U, Coombes J S. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 2014, 48(16):1227-1234.
- [9]Chtara M, Chaouachi A, Levin G T, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2008, 22(4):1037-1045.
- [10]Buchheit M, Laursen P B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle[J]. *Sports Medicine*, 2013, 43(5):313-338.
- [11]De Souza E O, Tricoli V, Franchini E, et al. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007, 21(4):1286-1290.
- [12]Buchheit M, Laursen P B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications[J]. *Sports medicine (Auckland, N. Z.)*, 2013, 43(10):927-954.
- [13]Schimmer C, MÖ zkur, Hamouda K, et al. Concurrent training with different aerobic exercises[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2012, 33(8):627-634.
- [14]Bell G J, Syrotuik D, Martin T P, et al. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2000, 81(5):418-427.
- [15]Wilson J M, Marin P J, Rhea M R, et al. Concurrent Training: A Meta-analysis Examining Interference of Aerobic and Resistance Exercises[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012, 26(8):2293-2307.
- [16]Hickson R C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance[J]. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 1980, 45(2):255-263.
- [17]郜卫峰, 冯鑫, 顾大成. 同期耐力与力量训练对长跑运动员跑步经济性及耐力表现相关指标影响的 Meta 分析[J]. *体育科学*, 2019, 39(9):68-81.
- [18]Sporer B C, Wenger H A. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2003, 17(4):638-644.
- [19]Moritz Schumann. *Concurrent Aerobic and Strength Training: Scientific Basics and Practical Applications*[M]. Germany: Springer International Publishing AG, 2019.
- [20]Coffey V G, Jemiolo B, Edge J, et al. Effect of consecutive repeated sprint and resistance exercise bouts on acute adaptive responses in human skeletal muscle[J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2009, 297(5):1441-1451.
- [21]Bentley D J, Zhou S, Davie A J. The effect of endurance exercise on muscle force generating capacity of the lower limbs[J]. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 1998, 1(3):179-188.
- [22]Piscione, Julien, Babault, et al. Specific training effects of concurrent aerobic and strength exercises depend on recovery duration[J]. *Journal of strength and conditioning research*, 2016, 30(3):672-683.
- [23]Murach K A, Bagley J R. Skeletal Muscle Hypertrophy with Concurrent Exercise Training: Contrary Evidence for an Interference Effect[J]. *Sports Medicine*, 2016, 46(8):1029-1039.

- [24]Coffey V G, Hawley J A. Concurrent exercise training: do opposites distract?[J].The Journal of Physiology,2017,595(9):2883-2896.
- [25]Tipton K D, Wolfe R R. Protein and amino acids for athletes[J]. J Sports,2004,22(1):65-79.
- [26]Areta J L, Burke L M, Camera D M, et al. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit[J].Ajp Endocrinology & Metabolism,2014,306(8):989-997.
- [27]Perez-Schindler J, Hamilton D L, Moore D R, et al. Nutritional strategies to support concurrent training[J].European Journal of Sport Science,2015,15(1):41-52.
- [28]Holway F E, Spriet L L. Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports[J].J Sports,2011,29(1):115-125.
- [29]于洪军.论同期力量和耐力训练及其在竞技体育中的训练策略[J].体育科学,2014,34(2):18-33.
- 作者简介:刘成杰(1999—),男,汉族,江苏南京人,硕士在读,南京体育学院研究生部,研究方向:体育教学与训练;万维静(1997—),女,汉族,江苏宿迁人,硕士在读,南京体育学院研究生部,研究方向:体育教学与训练;\*通讯作者:刘红兵(1969—),男,汉族,江苏常州人,硕士生导师,教授,南京体育学院运动训练学院,研究方向:体育教学与训练。