

·竞赛与训练·

## 国外重复跳跃能力研究进展与展望

魏智丰<sup>1</sup>, 王骏昇<sup>2</sup>, 王子朴<sup>3</sup>

(1.首都体育学院 管理与传播学院, 北京 100191; 2.首都体育学院 体育教育训练学院, 北京 100191;  
3.首都体育学院 科技处, 北京 100191)

**摘 要:** 为全面认识重复跳跃能力, 通过梳理国外相关文献, 对国外重复跳跃能力的影响因素、测试方法、训练策略的研究进展进行探索。研究认为: (1)影响因素方面, 生理学因素包括无氧能力、热环境、年龄和性别; 生物力学因素包括肢体间协调性、垂直刚度、峰值力、腾空与触地时间、下肢关节角度和肌肉激活程度; 训练学因素包括下肢爆发力、相对力量和反应力量。(2)测试方法方面, 不同方法的区别与联系集中在动作模式、持续时间、间歇和跳跃频率; 功率指标具有较高的信效度, 个别方法中跳跃高度和疲劳指数指标缺乏信效度检验; 测试方法多应用于以跳跃为主要形式的运动项目以及强调重复执行下肢爆发性动作的项目, 可用于评估下肢爆发力耐力和无氧能力。(3)训练策略方面, 急性训练包括深蹲练习和冷疗恢复; 长期训练包括专项实战训练、增强式训练、增强式与抗阻的组合训练和重复冲刺训练。未来研究应关注: (1)探讨有氧能力对间歇跳跃表现的影响, 以及重复跳跃时上肢摆臂动作生物力学参数的变化及其对跳跃表现的影响; (2)优化与开发符合专项特点的测试方法与指标; (3)进一步丰富急性和长期训练策略。

**关键词:** 重复跳跃能力; 跳跃; 影响因素; 测试方法; 训练策略

中图分类号: G808; G804.49 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2023)03-0129-07

### The research progress and prospect of repetitive jump ability abroad

WEI Zhifeng<sup>1</sup>, WANG Junsheng<sup>2</sup>, WANG Zipu<sup>3</sup>

(1.School of Sports Management and Communication, Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China;  
2.School of Physical Education and Training, Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China;  
3.Technology Department, Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China)

**Abstract:** To comprehensively understand the repetitive jump ability, this paper explores the research progress of repetitive jump ability abroad by reviewing related foreign literature, including the influencing factors, testing methods, and training strategy. The results show that: (1) in terms of influencing factors, physiological factors include anaerobic capacity, thermal environment, age and gender; biomechanical factors include inter-limb coordination, vertical stiffness, peak force, flight and ground contact times, lower-extremity joint angles, and muscle activation degree; training factors include lower-limb explosive force, relative strength and reaction strength. (2) in terms of testing methods, the differences and connections between various methods focus on movement pattern, duration, interval and jump frequency; the power index has high reliability and validity, but the jump height and fatigue index in some methods lack of test with reliability and validity. The testing methods are commonly applied to sports primarily involving in jump and to sports that emphasizes on conducting repeated explosive lower-limb movements. These methods can used to evaluate lower-limb explosive power endurance and anaerobic capacity. (3) Regarding training strategy, acute training includes squat exercises and cold therapy recovery; long-term training

收稿日期: 2022-03-06

基金项目: 北京社科青年项目“北京市小学生动作能力与体质健康状况的相关研究”(19YTC033)。

作者简介: 魏智丰(1996-),男,博士研究生,研究方向:排球教学训练理论与实践、青少年身体运动功能训练。E-mail: weizhifeng013@163.com  
通信作者: 王子朴

includes specific practical training, plyometrics, combination training of plyometrics and resistance, and repeated-sprint training. The future research should be focus on followings: (1) exploring the influence of aerobic capacity on interval jump performance, as well as the changes in biomechanical parameters of upper-limb swing motion and their impacts on jump performance during repetitive jump; (2) optimizing and developing testing methods and indicators that are consistent with the characteristics about the sports; (3) further enriching acute and long-term training strategy.

**Keywords:** repetitive jump ability; jump; influencing factors; testing methods; training strategy

近些年, 随着对跳跃能力研究的不断深入, 发现除单次高水平跳跃表现之外, 重复跳跃能力也是影响运动成绩的关键因素。重复跳跃能力指重复多次执行跳跃动作时, 维持高水平跳跃表现的能力, 该能力是下肢爆发力耐力的外在表现, 无氧系统是其主要的供能系统。此外, 国外研究发现, 重复跳跃能力与花样滑冰、体操、高山滑雪、800 m 等项目运动员的运动成绩或比赛排名也均存在显著关联性<sup>[1-4]</sup>。重复跳跃能力的重要价值并不局限在以跳跃动作为主要形式的运动项目, 对于强调重复执行爆发性下肢动作的运动项目, 也需重视重复跳跃能力的发展。

目前, 国内外对于重复跳跃能力的研究呈现出“内冷外热”的特点, 国内学者虽已认识到重复跳跃能力的价值, 但对其开展的理论研究还相当匮乏。反观国外的研究, 近些年主要对重复跳跃能力的影响因素、测试方法, 以及发展重复跳跃能力的策略进行了探索。明确影响因素能够更有效地指导训练实践, 选择科学的测试方法可以更精准地开展日常评估, 而实践检验训练策略的效果能够提供更科学的训练方法指导。鉴于此, 为全面认识重复跳跃能力, 本研究重点对国外重复跳跃能力的影响因素、测试方法与指标、训练策略的研究进展进行了系统梳理, 并依据现有研究不足对未来研究进行展望。

## 1 重复跳跃能力的影响因素

### 1.1 生理学因素

无氧能力是影响重复跳跃能力的关键因素。在连续 30 s 跳跃过程中, 磷酸原系统是主要的供能途径, 相同时间下, 功率自行车运动中糖酵解系统的供能比例却大于磷酸原系统。这意味着重复跳跃对磷酸原系统有着更大的依赖。随着跳跃持续时间的延长, 供能方式逐渐转变成糖酵解系统为主。另外, 有氧氧化系统在连续 30 s 跳跃运动中也发挥着一定价值, 供能比例达到 20%<sup>[5]</sup>。

在炎热环境下进行运动, 会加快重复跳跃表现的下降速度。研究表明, 在热环境下(30℃左右)进行足球比赛后, 运动员重复跳跃表现的下降速度更为显著。

究其原因, 体液流失是导致重复跳跃表现下降的主要原因之一, 高温环境下的体液流失量为体重的 3.1%, 显著高于温和环境<sup>[6]</sup>。

年龄与性别差异影响着重复跳跃能力。在年龄方面, 随着年龄的增长, 运动员的重复跳跃能力呈逐年增长的趋势。在性别因素方面, 各个年龄段男子运动员的重复跳跃能力均优于女子<sup>[7]</sup>。另外, 青少年男、女运动员重复跳跃能力发展的敏感期存在差异。14~17 岁时, 男子运动员重复跳跃能力的增长速度最为显著, 而女子运动员在 12~13 岁时重复跳跃能力的提升最为明显, 17 岁之后, 出现第二次快速增长<sup>[8]</sup>。

### 1.2 生物力学因素

重复跳跃过程中, 随着肢体间协调性、垂直刚度和峰值力参数的改变, 跳跃表现出现下降。研究表明, 相比于连续跳跃前期, 跳跃后期大腿-小腿、躯干-大腿节段耦合的变异性发生较大变化。在垂直刚度方面, 在连续跳跃后期, 垂直刚度出现显著降低<sup>[9]</sup>。垂直刚度与下肢反应力量存在联系, 跳跃时最优的垂直刚度有利于提升弹性能量的储存和释放效果<sup>[10]</sup>。在峰值力方面, 在 60 s 连续跳跃中, 峰值力从跳跃中期开始显著下降, 之后峰值力出现的时间也变得明显增长<sup>[11]</sup>。

重复跳跃过程中, 随着腾空和着地时间、下肢关节角度、肌肉激活程度参数的改变, 跳跃表现出现下降。研究表明, 连续跳跃过程中腾空时间最早开始下降, 而着地时间的明显增长出现在连续跳跃的后半段。在下肢关节角度方面, 连续跳跃后半段膝关节角度、大腿与地面的垂直夹角、躯干倾斜角出现明显增加, 而踝关节背屈角、小腿与地面的垂直夹角出现降低。在下肢肌肉激活程度方面, 胫骨前肌、腓肠肌和股二头肌的预激活 RMS 在跳跃早期就出现下降; 连续跳跃后半段, 着地阶段胫骨前肌、腓肠肌和股外侧肌的 RMS 也出现明显降低<sup>[11]</sup>。

### 1.3 训练学因素

下肢相对力量、爆发力和反应力量表现与重复跳跃能力存在紧密的关联性。Marina 等<sup>[12]</sup>发现跳深表现是重复跳跃表现的预测因子, 体现出下肢爆发力与反应力量在重复跳跃表现中的重要性。另外, Tramel 等<sup>[13]</sup>

研究发现硬拉动作表现出的下肢相对力量与重复跳跃表现也存在着显著相关性。

重复冲刺与重复跳跃能力之间的关系得到了国外学者的探讨。Meckel等<sup>[14]</sup>发现排球运动员重复跳跃与重复冲刺能力之间没有显著的相关性,与重复冲刺相比,重复跳跃使得腿部出现更大的局部疲劳,表现出更高的疲劳指数、心率和RPE指数。然而,Petrus等<sup>[15]</sup>发现篮球运动员重复冲刺和重复跳跃表现的下降趋势具有一致性。测试方法和运动项目的不同是造成研究结果存在差异的主要原因。重复冲刺与重复跳跃均属拉长-缩短周期运动,区别在于重复冲刺为单腿在水平方向上的运动,而跳跃则为双腿在垂直方向上的运动;在联系方面,均需具备优异的下肢爆发力耐力,并且供能方式均为无氧系统供能为主。

#### 1.4 启示与不足

综合上述分析,在重复跳跃能力的影响因素中,生理学因素包括无氧能力、热环境、年龄和性别因素;生物力学因素包括肢体间协调性、垂直刚度、峰值力、腾空与触地时间、下肢关节角度和肌肉激活程度;训练学因素包括下肢相对力量、爆发力和反应力量。在研究不足方面,首先,在重复间歇跳跃运动中,各供能系统的供应比例仍需探讨。其次,上肢摆臂动作对跳跃高度的贡献率达到16.95%~38%<sup>[16-17]</sup>,并可以提升72%的跳跃速度<sup>[18]</sup>。为此,对于跳跃时涉及上肢参与的运动项目,重复跳跃时上肢摆臂动作生物力学参数的变化特点,及其对重复跳跃表现的影响仍需探讨。最后,重复冲刺与重复跳跃能力的关系存在争议,应考虑多种因素,并在选择适宜测试方法的基础上,对两项运动能力之间的关联性展开进一步研究。

## 2 重复跳跃测试的方法与指标

### 2.1 重复跳跃测试的方法

依据重复跳跃时的间歇情况,重复跳跃可分为连续跳跃和间歇跳跃两种形式。在测试方法方面,连续跳跃测试包括15、30、60 s连续跳,间歇跳跃测试包括60 s间歇跳、6×6间歇跳和重复负重跳跃测试。以下将从动作模式、测试持续时间、间歇时间和跳跃频率4个方面对测试方法之间区别和联系进行分析。

在动作模式方面,测试方法均采用了垂直跳跃动作,着地阶段强调受试者将膝关节的最大屈曲角度维持在90°左右,并保持躯干的垂直姿势,避免过度的向前移动。动作模式的差异方面主要体现在上肢部位的参与,大多数测试方法均强调通过双手叉腰等方式,减少上肢的参与,但在6×6间歇跳跃测试中,依据排球运动跳跃动作特点,增加了跳跃时双臂摆臂动作的

参与<sup>[14]</sup>。为此,选择或开发新的测试方法时,应依据专项动作特点决定是否增加上肢摆臂动作。

在持续时间方面,多项测试方法的持续时间在15~60 s之间<sup>[19-21]</sup>,个别方法达到150 s<sup>[22]</sup>。持续时间的不同决定着各能量代谢系统的供能比例。Poderys等<sup>[23]</sup>对比了60和30 s连续跳跃时的心电图差异,发现在高强度运动中,30 s的连续跳跃足够反映心血管功能的动员程序,并能评估其他功能特征。选择测试方法时应依据专项能量供应特征,来确定重复跳跃测试的持续时间。

在间歇时间方面,间歇跳跃测试方法包括60 s间歇跳、6×6间歇跳。60 s间歇跳跃包括4组15 s的连续跳跃,组间歇时间为10 s。相较于60 s连续跳跃,60 s间歇跳跃测试的平均功率、疲劳指数、跳跃总次数和平均跳跃高度均表现出更高水平<sup>[24]</sup>。6×6间歇跳跃测试方法包括6组6次连续跳跃,组间歇时间为30 s。相较于6×30 m重复冲刺测试,有氧系统在间歇跳跃运动中发挥的能量调节作用并不明显<sup>[14]</sup>。

在跳跃频率方面,多数测试方法均要求运动员连续跳跃时减少触地时间,当膝关节最大缓冲角度达到90°左右时,迅速蹬伸起跳。Paulus等<sup>[25]</sup>指出最大频率的连续跳跃中除了第1次跳跃为反向跳外,其他跳跃均为跳深运动。另外,在负重间歇跳跃测试中对跳跃频率进行了特殊要求,强调每2.5 s完成1次跳跃动作,该频率消除了下肢弹性能量的储存,符合高山滑雪运动的特征<sup>[22]</sup>。为此,应依据专项动作特点,确定合适的跳跃频率。

### 2.2 重复跳跃测试的评价指标

#### 1)评价指标。

重复跳跃测试方法中的评价指标包括功率、跳跃高度和疲劳指数。功率指标又包含总功率、峰值功率和平均功率。总功率是指重复跳跃测试中功率输出的总和;峰值功率指重复跳跃初期的平均功率输出,例如在60 s连续跳跃测试中,前15 s跳跃的平均功率被视为峰值功率;平均功率指整个重复跳跃过程的平均功率输出。值得注意的是,分析功率指标时需结合运动员的体重进行标准化处理。在实际应用过程中,国外学者常依据跳跃时间将重复跳跃过程划分为多个阶段,例如将60 s连续跳跃划分为4个15 s的连续跳跃阶段,通过对比各阶段平均功率的下降情况来评估重复跳跃能力。

在跳跃高度和疲劳指数指标方面,跳跃高度指标又包含峰值和平均高度指标。峰值高度指标指重复跳跃初期的平均跳跃高度,平均高度指测试时间内所有跳跃次数的平均高度。在实际应用过程中,常依据跳

跃次数将重复跳跃过程划分为多个阶段,通过分析阶段间平均高度的下降率来评估重复跳跃能力。疲劳指数反映着重复跳跃过程中跳跃表现的下降情况,通过计算重复跳跃开始与结束阶段功率或跳跃高度指标的下降率,可有效衡量运动员维持重复高水平爆发力或跳跃表现的能力。

#### 2)信效度。

在信度方面,研究表明,15、30、60 s连续跳<sup>[19-21]</sup>,以及60 s间歇跳和负重间歇跳跃测试方法中的功率指标均具有较高的可靠性<sup>[22-24]</sup>;在跳跃高度指标方面,15、30 s连续跳和60 s间歇跳跃测试中的跳跃高度指标具有较高的重测信度;在疲劳指数指标中,仅有30 s连续跳跃测试方法中的疲劳指数指标是可靠的,连续跳跃的熟练程度影响着疲劳指数的可靠性。

在效度方面,测试方法常通过对比Wingate测试来检验指标的有效性。在功率指标方面,15、30、60 s连续跳中的峰值和平均功率指标均可有效反映在无氧供能条件下,运动员下肢肌群的最大爆发力和平均爆发力水平。在跳跃高度指标方面,15、30 s连续跳跃测试中的峰值和平均高度指标均能够反映在无氧供能条件下,运动员的最佳和平均跳跃表现<sup>[19-21, 26]</sup>。在疲劳指数方面,仅有30 s连续跳跃测试方法中的疲劳指数指标是科学有效的,30 s连续跳跃时的功率与跳跃高度的下降率,反映着下肢肌群的抗疲劳能力,是评估运动员下肢爆发力耐力的重要指标。

### 2.3 重复跳跃测试方法的应用

在连续跳跃测试方面,短时间15、30 s连续跳跃测试可用于评估排球、篮球、青少年足球、橄榄球、800 m跑、高山滑雪运动员的下肢爆发力耐力水平<sup>[3-4, 19, 27-28]</sup>;60 s连续跳跃测试方法可运用至成年足球运动员、花样滑冰和自由体操运动员下肢爆发力耐力的评估<sup>[1-2, 29]</sup>。

在间歇跳跃测试方法方面,相较于连续跳跃,间歇跳跃测试更符合排球、篮球等项目的专项特点。60 s间歇跳和6×6间歇跳跃测试方法均可用于排球运动员的下肢爆发力耐力的评估<sup>[30]</sup>,其中60 s间歇跳跃测试也能应用于篮球运动项目<sup>[15]</sup>。在高山滑雪运动中,2.5 min的负重间歇跳跃已成为国外优秀滑雪运动员无氧能力测试的主要方法,测试持续时间和跳跃频率符合专项比赛时间和下肢拉长-缩短周期的运动特征<sup>[22]</sup>。

在重复跳跃测试的实践指导方面,不同重复跳跃测试方法可对运动员的下肢爆发力耐力或无氧耐力进行评估,测试结果可运用至青少年选材、训练效果检验或为下肢力量与无氧耐力训练计划的制定提供依据。

### 2.4 启示与不足

国外重复跳跃测试方法主要涉及连续跳跃和间歇

跳跃测试两类。重复跳跃测试的动作模式均为垂直纵跳,不同测试方法的区别在于上肢摆臂动作的参与;持续时间大多在15~60 s,个别方法达到了150 s;间歇测试中,不同方法跳跃组数、单组连续次数和组间歇时间方面存在差异;跳跃频率方面,以最大频率完成连续跳跃时,弹性能量的存储与释放效能发挥了更大作用。在研究不足方面,首先,除6×6间歇跳和负重间歇跳跃测试方法外,其他测试方法在动作模式、持续时间、间歇时间和跳跃频率方面与运动专项特征存在一定差异。其次,有氧供能系统在间歇跳跃中所发挥的价值需进一步探讨。

重复跳跃测试方法中的评价指标包括功率、跳跃高度和疲劳指数。在信度方面,只有6×6间歇跳跃测试方法没有进行信度检验,其他测试方法的功率和跳跃高度指标均具有较高的重测信度,疲劳指数指标上只有30 s连续跳跃测试方法具有重测可靠性;在效度方面,15、30、60 s连续跳跃中的功率指标,15、30 s连续跳跃测试方法的跳跃高度指标,以及30 s连续跳跃测试的疲劳指数指标都是科学有效的。在研究不足方面,疲劳指数是反映重复跳跃表现下降率、下肢肌群抗疲劳能力的关键指标,但目前仅30 s连续跳跃测试中的疲劳指数符合信效度要求,其他方法中疲劳指数指标的效度需进一步检验。

在重复跳跃测试方法的应用方面,15、30和60 s连续跳,以及60 s间歇跳和6×6间歇跳跃测试均已用于不同项目运动员下肢爆发力耐力的评估;负重间歇跳跃是高山滑雪运动员无氧能力评估的主要测试方法。整体而言,测试方法应用涉及的运动项目包括以重复跳跃为主要运动形式的项目,以及强调重复执行下肢爆发性动作的运动项目。重复跳跃测试结果可用于青少年选材、训练效果检验或为下肢力量与无氧耐力训练计划制定提供依据。

## 3 重复跳跃能力的训练策略

### 3.1 急性训练策略

急性训练指1次训练干预对重复跳跃能力的影响<sup>[31]</sup>。在急性训练策略中,高强度深蹲练习诱导的后激活增强效应可增强重复跳跃表现。Gahreman等<sup>[32]</sup>对比了高强度深蹲、硬拉、深蹲与硬拉动作的组合练习对摔跤运动员重复跳跃表现的后激活增强效应,发现仅有深蹲练习可增强重复跳跃表现,重复跳跃时的功率输出得到较大的改善;另外,还发现7~12 min可能是高强度深蹲后的最佳恢复期,但对于恢复能力较快的运动员而言,应该区别对待。冷疗手段可加快重复跳跃表现的恢复速度。Garcia等<sup>[27]</sup>发现在冷疗浸泡后

即刻,重复跳跃表现出现立即下降。但在12h之后,冷疗组运动员重复跳跃表现的恢复速度显著优于对照组,这意味着冷疗可加快延迟性疲劳的恢复速度。

### 3.2 长期训练策略

长期(慢性)训练对应着多于1次的训练干预对重复跳跃能力的影响<sup>[31]</sup>。在长期训练策略中,长期专项实战训练可促进运动员重复跳跃能力的适应性增强。Stanganelli等<sup>[33]</sup>研究了两个阶段的专项训练对U19男排运动员重复跳跃能力的增强效果。第1阶段训练强调基础技战术训练,阶段训练结束后运动员的重复跳跃能力没有发生变化;第2阶段训练提升了实战训练比例(32.85%),阶段训练结束后运动员的重复跳跃能力得到明显提高。究其原因,排球运动由无氧磷酸原系统供能为主,比赛时强调重复完成短时间的最大努力运动,实战训练比例的增加优化了运动员的无氧供能水平;另外,排球运动整场比赛的跳跃总次数达到60~150次,长期的实战训练使得运动员下肢肌群的神经肌肉适应和运动协调水平得到进一步优化。

增强式训练、增强式与抗阻的组合训练可有效发展重复跳跃能力。增强式训练是发展下肢爆发力和反应力量的有效手段。研究表明,6~10周的增强式训练还可有效提升运动员的重复跳跃能力<sup>[29]</sup>。在训练环境方面,陆上增强式训练效果显著优于水中训练<sup>[34]</sup>。另外,增强式训练与抗阻训练的组合训练也可以有效提升运动员的重复跳跃能力<sup>[30]</sup>。对于处于13~16岁年龄的青少年运动员而言,组合训练在提升男子运动员重复跳跃能力中的效果优于女子<sup>[35]</sup>,进一步证实男、女运动员重复跳跃能力的发展敏感期存在差异。另外,在组合训练的环境方面,相较于常氧环境,低氧环境下的组合训练能够更好地提升运动员重复跳跃时的平均高度,疲劳指数也相对更低。进一步分析发现,低氧环境训练提升了糖酵解系统的供能水平,进而增强了重复跳跃中后期的运动表现<sup>[36]</sup>。

重复冲刺训练可有效提升重复跳跃能力。研究表明,相较于常规的技术训练,4~6周的重复冲刺训练能够改善排球、篮球运动员的重复跳跃表现<sup>[37-38]</sup>。究其原因,重复冲刺训练过程中无氧系统是主要的供能系统,这与重复跳跃能力的供能特征相近似,重复冲刺训练诱导无氧系统供能水平的适应性增强与重复跳跃能力的改善存在紧密联系。其次,在重复高强度运动过程中,优异的最大摄氧量是维持高强度运动表现的关键因素<sup>[39]</sup>,重复冲刺训练有效改善运动员的最大摄氧量水平<sup>[37-38]</sup>,进而提升了高水平重复跳跃的能力。

### 3.3 启示与不足

综合上述分析,国外研究从急性和长期训练干预

两个方面对重复跳跃能力的训练策略进行了探索。在急性训练策略方面,热身激活阶段进行高强度深蹲练习可诱导后激活增强效应,增强运动员的重复跳跃表现;赛后恢复阶段使用冷疗可加快重复跳跃表现的恢复速度。在长期训练策略方面,专项实战训练、增强式训练、增强式与抗阻的组合训练、重复冲刺训练均能够有效提升运动员的重复跳跃能力。在研究不足方面,目前关于重复跳跃能力的急性和长期训练干预研究仍较为匮乏,未来需在探讨其影响因素的基础上,不断丰富训练策略。

## 4 结论与展望

### 4.1 结论

(1)在重复跳跃能力的影响因素方面,生理学因素包括无氧能力、热环境、年龄和性别因素;生物力学因素包括肢体间协调性、垂直刚度、峰值力、腾空与触地时间、下肢关节角度和肌肉激活程度;训练学因素包括下肢爆发力、相对力量和反应力量。

(2)在重复跳跃测试方法与评价指标方面,不同方法的区别与联系集中在动作模式、持续时间、间歇和跳跃频率4个方面;功率指标具有较高的信效度,个别方法中跳跃高度和疲劳指数指标的信效度仍需检验;测试方法主要应用于以跳跃为主要形式的运动项目,以及强调重复执行下肢爆发性动作的项目,可评估下肢爆发力耐力和无氧能力。

(3)在重复跳跃能力的训练策略方面,急性训练策略包括深蹲练习和冷疗恢复手段,长期训练策略包括专项实战训练、增强式训练、增强式与抗阻的组合训练和重复冲刺训练。

### 4.2 展望

(1)进一步理清重复跳跃能力的影响因素是未来研究的基础。生理学研究应关注有氧供能系统在重复间歇跳跃过程中的价值。生物力学研究方面,对于专项跳跃动作涉及上肢参与的运动项目,应重点关注重复跳跃时上肢摆臂动作生物力学参数的变化特征,及其对跳跃表现的影响。

(2)根据运动专项特点,优化或开发具有科学性的测试方法与指标是研究的重点。测试方法研究应依据不同专项特点,选择或开发新的测试方法。评价指标应进一步验证不同测试方法中疲劳指数指标的信效度。

(3)探索新的训练策略对不同性别、年龄和项目运动员重复跳跃能力的影响是未来研究的关键。急性训练策略方面,应关注在训练前或训练后,不同激活与拉伸方式对重复跳跃表现的影响;长期训练策略应进一步研究增强式训练的最佳训练频率和负荷安排,以

及增强式与抗阻的最佳组合方案。

### 参考文献:

- [1] SANDS W A, KIMMEL W R, MCNEAL J R, et al. A comparison of pairs figure skaters in repeated jumps[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2012, 11(1): 102-108.
- [2] KORNEXL E, MULLER E, RASCHNER C, et al. *Science and skiing*[M]. 1st ed. Oxford: Taylor & Francis, 2003: 243-264.
- [3] ÁLVAREZ-SAN EMETERIO C, GONZÁLEZ-BADILLO J J. The physical and anthropometric profiles of adolescent alpine skiers and their relationship with sporting rank[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24(4): 1007-1012.
- [4] ARINS F B, SILVA R C R, PUPO J D, et al. Índices fisiológicos e neuromusculares relacionados à performance nas provas de 800 m e 1500 m rasos[J]. *Motriz: Revista de Educação Física*, 2011, 17(2): 338-348.
- [5] KAUFMANN S, HOOS O, BECK A, et al. The metabolic relevance of type of locomotion in anaerobic testing: Bosco continuous jumping test versus Wingate anaerobic test of the same duration[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2021, 16(11): 1663-1669.
- [6] MOHR M, KRUSTRUP P. Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, 27(3): 683-689.
- [7] KELLIS S E, TSITSKARIS G K, NIKOPOULOU M D, et al. The evaluation of jumping ability of male and female basketball players according to their chronological age and major leagues[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 1999, 13(1): 40-46.
- [8] NIKOLAIDIS P T, KRZYSZTOF B, MANUEL C F, et al. Age- and sex-related differences in the anthropometry and neuromuscular fitness of competitive taekwondo athletes[J]. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 2016, 7(7): 177-186.
- [9] PUPO J D, DIAS J A, GHELLER R G, et al. Stiffness, intralimb coordination, and joint modulation during a continuous vertical jump test[J]. *Sports Biomechanics*, 2013, 12(3): 259-271.
- [10] PANOUTSAKOPOULOS V, CHALITSIOS C, NIKODELIS T, et al. Kinetic time-curves can classify individuals in distinct levels of drop jump performance[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2022, 40(19): 2143-2152.
- [11] MCNEAL J R, SANDS W A, STONE M H. Effects of fatigue on kinetic and kinematic variables during a 60-second repeated jumps test[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2010, 5(2): 218-229.
- [12] MARINA M, RODRÍGUEZ F A. Usefulness and metabolic implications of a 60-second repeated jumps test as a predictor of acrobatic jumping performance in gymnasts[J]. *Biology of Sport, Institute of Sport*, 2013, 30(1): 9-15.
- [13] TRAMEL W, LOCKIE R G, LINDSAY K G, et al. Associations between absolute and relative lower body strength to measures of power and change of direction speed in division II female volleyball players[J]. *Sports*, 2019, 7(7): 160.
- [14] MECKEL Y, MAY-ROM M, EKSHTIEN A, et al. Relationships among two repeated activity tests and aerobic fitness of volleyball players[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2015, 29(8): 2122-2127.
- [15] GANTOIS P, DANTAS M P, SIMÕES T B S, et al. Relação entre o desempenho desprint repetido e salto vertical intermitente de atletas de basquetebol[J]. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 2018, 40(4): 410-417.
- [16] 赵西堂, 孙平, 葛春林. 原地摆臂纵跳和抱头纵跳动力学特征的比较[J]. *体育学刊*, 2013, 20(1): 139-144.
- [17] VAVERKA F, JANDAČKA D, ZAHRADNÍK D, et al. Effect of an arm swing on countermovement vertical jump performance in elite volleyball players[J]. *Journal of Human Kinetics*, 2016, 53(1): 41-50.
- [18] LEES A, VANRENTERGHEM J, DE CLERCQ D. Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump[J]. *Journal of Biomechanics*, 2004, 37(12): 1929-1940.
- [19] BOSCO C, LUHTANEN P, KOMI P V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping[J]. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1983, 50(2): 273-282.
- [20] DAL PUPO J, GHELLER R G, DIAS J A, et al. Reliability and validity of the 30-s continuous jump test for anaerobic fitness evaluation[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2014, 17(6): 650-655.

- [21] ČULAR D, IVANČEV V, ZAGATTO A M, et al. Validity and reliability of the 30-s continuous jump for anaerobic power and capacity assessment in combat sport[J]. *Frontiers in Physiology*, 2018, 9: 543.
- [22] PATTERSON C, RASCHNER C, PLATZER H P. The 2.5-minute loaded repeated jump test: Evaluating anaerobic capacity in alpine ski racers with loaded countermovement jumps[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014, 28(9): 2611-2620.
- [23] PODERYS J, GRŪNOVAS A, PODERIENĖ K, et al. Cardiovascular changes during the performance by nonathletes of Bosco repeated jumps anaerobic test[J]. *Medicina*, 2015, 51(3): 187-192.
- [24] HESPANHOL J E, SILVA NETO L G, ARRUDA M. Reliability of the four series 15-second vertical jumping test[J]. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2006, 12(2): 95-98.
- [25] PAULUS J, CROISIER J L, KAUX J F, et al. Development of a new fatigability jumping protocol: Effect of the test duration on reproducibility and performance[J]. *Science & Sports*, 2021, 36(3): 95-102.
- [26] THEODOROU A, PARADISIS G, PANOUTSAKOPOULOS V, et al. Performance indices selection for assessing anaerobic power during a 30 second vertical jump test[J]. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2013, 53(6): 596-603.
- [27] GARCIA C, DA MOTA G, MAROCOLO M. Cold water immersion is acutely detrimental but increases performance post-12h in rugby players[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2016, 37(08): 619-624.
- [28] DI GIMINIANI R, VISCA C. Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons[J]. *PloS One*, 2017, 12(2): e0171734.
- [29] ROSAS F, RAMÍREZ-CAMPILLO R, MARTÍNEZ C, et al. Effects of plyometric training and beta-alanine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players[J]. *Journal of Human Kinetics*, 2017, 58(1): 99-109.
- [30] FREITAS V H, NAKAMURA F Y, ANDRADE F C, et al. Pre-competitive physical training and markers of performance, stress and recovery in young volleyball athletes[J]. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2015, 17(1): 31-40.
- [31] 杨威, 李博, 高崇, 等. 足球运动员变向能力的测试方法、影响因素和训练策略[J]. *首都体育学院学报*, 2021, 33(5): 507-521.
- [32] GAHREMAN D, MOGHADAM M, HOSEININEJAD E, et al. Postactivation potentiation effect of two lower body resistance exercises on repeated jump performance measures[J]. *Biology of Sport*, 2020, 37(2): 105-112.
- [33] STANGANELLI L C R, DOURADO A C, ONCKEN P, et al. Adaptations on jump capacity in Brazilian volleyball players prior to the under-19 world championship[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2008, 22(3): 741-749.
- [34] JURADO-LAVANANT A, ALVERO-CRUZ J, PAREJA-BLANCO F, et al. The effects of aquatic plyometric training on repeated jumps, drop jumps and muscle damage[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2018, 39(10): 764-772.
- [35] EMETERIO C Á-S, ANTUÑANO N P-G, LÓPEZ-SOBALER A M, et al. Effect of strength training and the practice of alpine skiing on bone mass density, growth, body composition, and the strength and power of the legs of adolescent skiers[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2011, 25(10): 2879-2890.
- [36] ÁLVAREZ-HERMS J, JULIÀ-SÁNCHEZ S, CORBI F, et al. Anaerobic performance after endurance strength training in hypobaric environment[J]. *Science & Sports*, 2014, 29(6): 311-318.
- [37] GANTOIS P, BATISTA G R, AIDAR F J, et al. Repeated sprint training improves both anaerobic and aerobic fitness in basketball players[J]. *Isokinetics and Exercise Science*, 2019, 27(2): 97-105.
- [38] GANTOIS P, BATISTA G R, FORTES L S, et al. Short-term effects of repeated-sprint training on vertical jump ability and aerobic fitness in collegiate volleyball players during pre-season[J]. *International Journal of Exercise Science*, 2022, 15(6): 1040-1051.
- [39] MCGAWLEY K, BISHOP D J. Oxygen uptake during repeated-sprint exercise[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18(2): 214-218.