# 田径运动员下肢力量训练最佳功率负荷研究综述

王鲁艺1 徐红旗1

(东北师范大学 体育学院，吉林 长春 130024)

1前言

力量素质是运动员竞技能力最为核心的组成要素，其中下肢力量是田径运动员的动力源泉。一般的力量训练强调大重量，以提高运动员绝对力量为训练目的。而田径运动若只针对绝对力量则而忽视力量速度，难以将训练效果转化成直接的专项力量。过多的追求速度素质导致训练增强的肌群力量不符合专项力量的要求，在比赛中不能发挥出应有的肌肉力量。关于下肢力量的训练国内外做了大量的实证研究，但无论哪种方法在进行力量训练时都应考虑到运动员的个体情况设置适合的负荷强度，这样力量才能够得到显著的提升，确保动作完成的质量，避免造成肌肉损伤或过度疲劳，影响力量的增长[1]。近年来，以功率为主导的力量训练，因其能兼顾高负荷力量训练和高速度力量训练的特点，显著提高运动员的运动表现，成为运动员和教练员在力量训练中关注的热点问题。

2抗阻训练中输出功率的概念

输出功率是指在单位时间内能量输出的速率或者做功的速率，在人体科学领域，与静态肌力相比，功率测试是一个动态的过程，能够更好的反应人体的做功能力[2-3]。传统的追求最大力量的力量训练会影响动作速度，而追求最大速度的训练又难以达到提升力量的需求。对于结合力量和速度的训练，缺乏精确的量化指标，因此在力量训练中如何精确把握外加负荷与速度是改进力量训练的研究问题。HILL[4]最早对于运动输出功率的研究描述了骨骼肌收缩力量与速度的曲线关系。在此基础上，力—速曲线在力量测评以及训练的过程中被广泛应用[5-6]。

梁美富[7]将最佳力量功率负荷界定为在骨骼肌全力收缩过程中，产生最大输出功率时所对应的外界负荷下进行的力量训练。最佳功率负荷是一种简单有效的力量测评和训练手段，可以通过传感器等设备测量外部负荷的运动轨迹速度，通过已知的外部负荷进而得到运动员的输出功率，计算出最佳功率。最佳功率负荷力量训练能够平衡训练的外部负荷与速度的关系，精细化提高运动训练的效果，对当前我国运动员力量训练的科学化，科技化有重要的推进意义。

3最佳功率负荷应用研究

运动性肌肉疲劳(Muscle Fatigue)被定义为“在运动中引起肌肉产生最大收缩力量(Maximal Voluntary Contraction，MVC)或者最大输出功率(Maximal Power Output)暂时性下降的生理现象”[8-9]，这一运动性肌肉疲劳概念被广泛认为是定量评价肌肉疲劳程度的客观标准。徐红旗[10]等人的研究认为肌肉功率的保持能力反映了运动员肌肉的耐受程度，是对运动员训练过程中进行肌肉活动，关节运动或者模拟一项工作所能坚持的时间的反应。在力量训练过程中，运动员疲劳的产生伴随着功率的下降，因而使得力量训练质量不能得到保证，力量训练的效果下降。贾文娟[11]在下肢伸膝肌群的研究中发现，在一定的阻力负荷范围内，负荷越大肌肉疲劳越快，当阻力负荷过大，机体不能即连续完成动作要求又达到极限疲劳。因此确定最佳功率负荷可以减缓力量训练过程中疲劳的出现，提高训练的效率。

最佳功率负荷的确定应该遵循个性化原则，针对不同运动项目，不同训练年限和自身水平的差异进行选择。运动员的短距离冲刺能力与运动员本身的肌肉输出功率，冲量等有极强的正向相关关系[12]。Jolley等[13]为21名男性大学运动员确定了在Bench Pull中产生最大功率输出的最佳负荷，他们被随机分配到一组，该组以最佳负荷或低于最佳负荷的1RM的10%为负荷进行训练。两组每周完成2次训练，持续4周，之后重新评估其功率输出能力。之后又进行3周的训练，对负荷进行了修改以反映其最佳负荷的变化。整个队列在训练4周后将峰值功率输出提高了4.6%。

Cormie[14]等人研究了下半身抗阻运动期间实现最大功率的最佳负载。组织12名一级男运动员参加4次测试，研究各种负荷对跳蹲（JS）、深蹲（S）和力量翻（PC）功率输出的影响，以确定每次提升功率输出最大化的负荷。研究显示深蹲的峰值功率最大为1RM的56%，力量翻中的最佳负载发生在1RM的80%处。田径短跑项目常用负重跑作为训练手段。Cross[15]等人使用雪橇作为负重，通过调整雪橇重量进行多次最大冲刺试验，分析力-速度-功率关系，并阐明和比较不同运动员群体的最佳负荷条件，以最大限度地提高功率产生。选取了12名业余运动员与15名短跑运动员进行试验，最终确定短跑运动运动员的最佳载荷条件为BM的82%±8%。该方法在量化个性化训练参数以优化水平功率发展方面具有潜在价值。Bordelon[16]等选择了16名男性和15名女性受试者在7种条件下进行了垂直跳跃：无外部负荷、10%和20%哑铃负荷、10%和20% 背心负荷以及10%和20%杠铃负荷。在无外部负载和10%哑铃条件下，跳跃高度最大。10%和20%哑铃条件表现出最大的全身力量峰值，而2个杠铃负重条件下表现出最低的全身力量峰值。将哑铃握在手中可以放大外部负荷对产生力和速度的影响。杠铃条件下手臂运动的受限，因而限制了力的生产。这些发现强调负荷放置和手臂摆动在跳跃中功率产生的最佳负荷方面的重要性。

提高跳跃能力是许多运动的主要训练目标，下蹲跳（CMJ）是一种公认的用于实现这一目标的练习手段。在田径等个人项目中，运动员必须提高跳跃成绩，以取得更好的个人最好成绩。Jimenezreyes[17]等选择 50 名国际级水平的短跑和跳跃运动员在不同负荷下进行下蹲跳测试，结果显示，运动员下蹲跳最佳功率负荷为67kg。研究强调了在下蹲跳中考虑外部负荷而不是功率所达到的最大值的重要性，因为在相同的高度下总是可以获得最大功率。在CMJ中，运动员在外加负荷的情况下，运动员跳到约20厘米的高度的负荷是获取力和速度值最有利的组合的负荷，这反过来又产生了最大的机械功率输出，在评估运动员的表现状态时，以此来提供给教练和训练员有效信息，并量化和监测训练负荷。肖炜[18]在高校业余田径运动员训练过程中，使用最佳功率负荷与最大力量训练进行对比研究。研究结果显示最大力量和最佳功率训练的力量增长结果没有显著性差异，但最佳功率负荷训练组纵跳成绩教最大力量训练组有显著性提高。提示最佳功率训练对运动员爆发力的提升有较好的效果，田径运动中跳跃类项目采用最佳功率负荷训练有助于成绩增长。郭仲娅[19]使用受试者最大力量的不同百分比作为负重进行下蹲练习，计算功率。当功率最大时速度并未达到最大，达到最大速度时功率也未达到最高值，因为人体生理特点，负重越大，动作速度就会变慢。当外部负荷和动作速度达到一个最佳的结合点，就可以使功率达到最佳值。在不同百分比的负重练习中，65%和70%负荷表现出的功率较好，当负重继续增大时，功率输出开始降低。因此分析在65％ 和70％送两个负荷上下蹲最大动作功率要相对优于其它负荷 。提示最佳功率在跳跃类项目的训练中应用时，采用65%和70%的最大力量负荷训练效果较好。梁美富[20-21]对最佳功率负荷下不同力量训练手段骨骼肌输出功率特征进行研究，选择了27名男大学生运动员进行半蹲起测试，研究发现70%最大力量负荷时的输出功率达到峰值，当负荷增大时，输出功率逐渐减小。且最佳功率训练的方式，相较与传统的负重练习，表现为全程的加速运动，不会出现动作末期速度减慢的现象，表明最佳功率训练更适合专项力量的转化。同时使用平均速度预测法、非线性回归模型预测法和BP神经网络预测法对最佳功率负荷进行预测，平均速度预测法的特点是方便简单，对测试所使用的器械有一定的要求，非线性回归模型预测法精度相对较差，BP神经网络预测法最为精确但操作难度较大。最佳负荷预测值在实际操作中应该及时观察与调整，以能够达到预期的输出功率为准则。

4 结论

综合国内外使用最佳功率负荷进行训练的研究基础，表明以功率为主导的力量训练方式可以通过较小的负荷达到与传统大重量负荷的力量训练相似的效果，在田径运动员下肢力量“爆发力”的提高上有更好的表现。充分的掌握最佳功率负荷的概念，将理论与实践更好的结合，在田径训练实践中应根据运动员的具体身体状况，确定合理的最佳功率负荷。已有的研究提供了确定最佳功率负荷的范围以及测定方案，在应用时应注意到不同的运动项目所需要提升的下肢力量侧重点不尽相同，跳跃类的田径项目的最佳功率负荷在最大负荷的65%到70%为宜，而短跑项目则为BM的82%±8%。使用最佳功率负荷训练指导力量训练时，及时根据运动员的个体情况进行负荷调整以适应训练。在跳跃类的最佳功率负荷训练中注意调整外部负荷的摆放位置以及手臂的摆动以产生最佳的输出功率，提高训练效果。

**参考文献**

[1]黄启闯,徐红旗. 下肢肌肉力量分类及训练方法的综述[J]. 体育科技文献通报, 2018, 26(9): 3-5.

[2]T Kojima. Force-velocity relationship of human elbowflexors in voluntary isotonic contraction under heavy loads[J]. Int J Sports Med, 1991, 12(2): 208-213.

[3]Stauber wt Barill-ER-Stauber-RE-et-al. Isotonic dy-namometry for the assessment of power and fatigue in theknee extensor muscles of females[J]. Clin Physiol, 2000, 20(3): 225-233.

[4]Av HILL. The heat of shortening and dynamics constants of muscles[J]. Ser B-Biol Sci, 1938, 126(843): 136-19.

[5]Julian alcazar Robert-Csapo-Ignacio-Ara-and-Luis-M.-Alegre. On the Shape of the Force-Velocity Relationship in Skeletal Muscles: The Linear, the Hyperbolic, and the Double-Hyperbolic[J]. frontiers in physiology, 2019.

[6]Macintosh Andrea-N.-Devrome-and-Brian-R.. Force-velocity relationship during isometric and isotonic fatiguing contractions[J]. Appl physiol, 2018, (125): 706-714.

[7]梁美富. 最佳功率负荷力量训练理论与实践研究[D]. 北京体育大学, 2020

[8]Rannou f Nybo-L-Andersen-J-E-et-al. Monitoring Muscle Fatigue Progression during Dynamic Exercise[J]. Med Sci Sports Exerc, 2019, 51(7): 1498-1505.

[9]Ma r Chablat-D-Bennis-F-et-al.. Human Muscle Fatigue Model in dynamic motions[J], 2012.

[10]徐红旗,史冀鹏,倪维广,等. 人体单关节肌群极限功率发展与保持能力研究进展[J]. 中国运动医学杂志, 2013, 32(5): 443-452.

[11]贾文娟. 等惯性递增负荷模式下青年人伸膝肌群疲劳恢复特征研究[D]. 东北师范大学, 2021

[12]Harris n k CRONIN-J-B-HOPKINS-W-G-et-al. Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump[J]. The Journal of Strength and Conditioning Research, 2008, 22(3): 691-698.

[13]Jolley RIGoodwin-JE-and-Cleather-DJ. Peak Power Output in the Bench Pull Is Maximized After Four Weeks of Specific Power Training[J]. JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH, 2016, 30(4): 966-972.

[14]Cormie P-McCaulley-GO-Triplett-NT-McBride-JM. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises[J]. MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE, 2007, 39(2): 340-349.

[15]Cross m r BRUGHELLI-M-SAMOZINO-P-et-al. Optimal loading for maximizing power during sled-resisted sprinting[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2017, 12(8): 1069-1077.

[16]Bordelon NM-Jones-DH-Sweeney-KM-Davis-DJ-Critchley-ML-Rochelle-LE-George-AC-and-Dai-B. Optimal Load Magnitude and Placement for Peak Power Production in a Vertical Jump: A Segmental Contribution Analysis[J]. JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH, 2022, 36(4): 911-919.

[17]Jimenez-reyes p CUADRADO-PEÑAFIEL-V-PAREJA-BLANCO-F-et-al. Load that maximizes power output in countermovement jump[J]. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 2016, 22(1): 13-16.

[18]肖炜. 高校田径队跳跃项目最大功率力量训练法的研究[J]. 淮北煤炭师范学院学报(自然科学版), 2009, 30(4): 70-73.

[19]郭仲娅. 卧推与下蹲最大动作功率的负荷研究[D]. 西安体育学院, 2015

[20]梁美富,郭文霞,赵宁宁,等. 最佳功率负荷下不同力量训练手段骨骼肌输出功率的确定及特征[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(23): 3638-3643.

[21]梁美富,李妍,牛雪松. 力量训练之最佳功率负荷预测方法构建与评估[J]. 沈阳体育学院学报, 2020, 39(5): 108-116.