

# 可变阻力训练的系统综述

熊志洋

西藏民族大学体育学院, 陕西 咸阳 712000

**[摘要]** 本篇文章通过总结现有研究成果, 阐述了关于可变阻力的生理机制、生物力学特征、训练效果、最佳负荷, 以及训练方法等相关内容, 并将其与传统恒定抗阻训练在各个方面进行对比。此外, 阐明了现有研究的共同观点以及争议点, 并且探讨了现有研究的局限性和进一步研究以证实这些研究中提出的一些假设的必要性, 并对未来研究方向作了一定程度的探讨, 旨在为我国未来研究可变阻力训练时提供参考。

**[关键词]** 运动训练; 训练方法; 可变阻力; 阻力训练; 文献综述

DOI: 10.33142/jscs.v4i2.12439

中图分类号: G808

文献标识码: A

## Systematic Review of Variable Resistance Training

XIONG Zhiyang

School of Physical Education, Xizang Minzu University, Xianyang, Shaanxi, 712000, China

**Abstract:** This article summarizes existing research results, elaborates on the physiological mechanisms, biomechanical characteristics, training effects, optimal load, and training methods of variable resistance, and compares them with traditional constant resistance training in various aspects. In addition, the common viewpoints and controversial points of existing research were elucidated, and the limitations of existing research were explored. The necessity of further research to confirm some of the hypotheses proposed in these studies was also explored, and future research directions were explored to a certain extent, aiming to provide reference for future research on variable resistance training in China.

**Keywords:** sports training; training methods; variable resistance; resistance training; reference review

### 引言

抗阻训练一直以来被广泛地应用于提高运动员的力量、速度和爆发力, 而这些竞技能力正是大多数涉及跳跃、短跑和改变方向的运动的决定性因素<sup>[1-2]</sup>。在大多数运动中(卧推、深蹲、硬拉), 由于特定关节角度的机械缺陷<sup>[3]</sup>, 在向心运动的开始阶段, 肌肉产生的力量就开始不成比例地减少, 这可能会导致向上运动的减速。而这种情况在抗阻训练中被称为“粘滞点”(SP, Sticking Point)<sup>[4]</sup>, 当向心阶段超过粘滞点, 在髋关节和膝关节处形成的较大的动力臂和较小的阻力臂会确保肌肉力量的增加, 从而导致向上的速度增加<sup>[5]</sup>。可变阻力训练(VRT, Variable Resistance Training)解决了恒定阻力训练中遇到的不可避免的缺陷, 可变阻力训练具有在整个关节活动范围向心力持续上升的力量曲线<sup>[6]</sup>, 即可变阻力训练着天然的力学优势, 可变阻力训练可以通过肌群在关节活动范围内提供变化的阻力来提高人体力量曲线。

### 1 可变阻力训练理论概述

阻力训练主要被分为三类: 恒定的阻力训练、可调节性阻力训练以及可变阻力训练<sup>[2, 9]</sup>。恒定的外部阻力被定义为在整个关节活动范围内不变的外部负荷, 是传统训练手段经常被使用的, 因为很多人认为它能更好地

模拟现实生活中的活动并且提供更自然的肌肉组织协调能力<sup>[10-11]</sup>。可调节性阻力设备设计用于在整个关节活动范围内施加速度控制或等速阻力, 也称为半等速阻力<sup>[12]</sup>。Stone<sup>[12]</sup>等人表示, 这类训练器械的外部效率不高。

在传统训练手段中, 外部负荷恒定不变, 但是肌肉施加的力会随着运动中所涉及关节的机械效率的变化而改变。研究人员一直致力于研发一种能让阻力随着关节角度的变化而改变的新器械, 以适应进行恒定阻力训练时不断变化的机械效率, 并对抗运动器械的惯性, 因此可变阻力训练应运而生<sup>[2]</sup>。它可以使肌肉在关节活动范围内输出最大的力量<sup>[14]</sup>。变阻训练可以让阻力与关节杠杆的变化相适应<sup>[15]</sup>, 克服一些特定关节角度的机械缺点<sup>[18-19]</sup>, 并提供代偿性加速<sup>[16-17]</sup>。

可变阻力的训练方法主要包括: 凸轮和杠杆、链条, 以及基于弹力带的阻力(RBR, Rubber-Based Resistance)<sup>[2, 9]</sup>。在实际应用中凸轮和杠杆并不多见, 反而链条与基于弹力带的阻力应用较为广泛<sup>[2, 9]</sup>。

### 2 关于可变阻力训练的研究

#### 2.1 关于生理机制的研究

在 Brian J Wallace<sup>[6]</sup> (2018) 等人的研究中, 明确指出可变阻力训练比恒定阻力训练效果好的原因可能是由于可变阻力训练更符合力量上升曲线, 使得机体

在生理能力允许的情况下可以承受更高的负荷；指出离心速度的增强和可能的离心力增强了拉长-缩短周期（SSC, Stretch Shortening Cycle）的活动；向心阶段肌肉经过粘滞点的速度增加和肌纤维对运动模式的适应可能是可变阻力训练提升运动表现效果更好的机制所在。

在 Baker<sup>[22]</sup>等人的研究中，当运动员需要爆发性地举起沉重的负荷时，用铁链增加阻力可以提高初始速度，离心峰值速度的相应变化更大，原因可能是因为在离心范围的后阶段链节在地板上卷起时发生的离心负荷卸载，这种离心负荷卸载会导致更快的快速-缩短循环（SSC）转变，并可能导致激活后增强效应（PAP, Post Activation Potentiation）的出现，从而使受试者能够在初始向心部分用更快的发力速度。

在 Joy<sup>[23]</sup>等人的研究中，认为在训练过程中使用链条或松紧带的主要目标之一是诱导刺激的高度变化，而这种刺激的高度变化是恒定阻力训练中所不具有的，训练中这种刺激的高度变化可以激发神经适应，改善包括最大力量或1次重复最大值（1RM）的表现水平。

在 CE Anderson<sup>[27]</sup>等人的研究中，认为可变阻力训练的基本原理是通过施加较低的阻力（低于85%1RM的负荷）来最小化这种神经力学劣势，从而跨过效率较低的运动范围，运动员可以用此方法来负担起更大的负荷。在 Coker<sup>[32]</sup>等人的研究中，观察到通过链式训练增加了施加力的时间、初始加速度以及稳定和协同肌肉的募集和活动。在 Baker<sup>[38]</sup>在研究中指出，使用弹力带在每次动作中都能引起激活后增强效应（PAP）。

综上所述，可变阻力训练是通过诱导训练过程中刺激的高度变化以及增加不稳定因素，从而诱导激活后增强效应同时提高稳定和协同肌肉的募集和活动；可变阻力在初始位置重量最小，初始加速度得到增强，从而使向心阶段肌肉经过粘滞点的速度增加；在动作的末端阻力最大，更大的加速度发生在离心阶段的早期，这会导致离心力增加和离心速度的增加，从而增强了拉长-缩短周期的活动，同时离心负荷卸载会导致更快的快速-缩短循环，并可能导致激活后增强效应，以及肌纤维对更快的快速-缩短循环的适应。

## 2.2 关于生物力学特征研究

链条和弹力带的属性相似，因为阻力会在整个关节活动范围内增加；两者的不同之处在于，一种阻力类型是以线性方式增加的，而另一种以曲线方式增加的。这两种形式在物理和机械性能方面有所不同；弹力带由碳水化合物聚合物组成，链条由钢组成，钢是铁和碳的组合。基于弹力带的阻力取决于形变-张力关系，而链阻力取决于垂直位移和重力<sup>[9]</sup>。

力量举中的多关节运动（例如，卧推、硬拉、和深

蹲）和举重的特定阶段（辅助举重）（例如，抓举、挺举）具有上升的力量曲线，并且主要是在垂直平面上进行（矢状面和额状面）练习过程中随着力量曲线的上升，因为发力肌肉伸展了相关的关节，肌肉骨骼系统获得了机械优势。在举重过程中改变阻力会改变动力学（如，力、功和功率）和运动学（如，时间、速度和加速度）变量。

在 Baker<sup>[22]</sup>等人的研究中，认为可变阻力训练这种类型的阻力训练减少了自由重量训练中遇到的粘滞区的机械缺点，粘滞点或粘滞区是指在外阻力运动中产生的速度损失<sup>[4]</sup>，并且 Tillaar<sup>[24]</sup>等人发现粘滞区是与负荷有关的，占运动范围的35%~45%。粘滞区域是关节运动中效率最低的阶段，因为当负荷高达1RM的90%<sup>[25]</sup>甚至80%<sup>[26]</sup>时，此时在这个运动区域所涉及的肌群无法满足运动需求。在这个区域内，很可能由于神经肌肉间和肌肉协调受损导致运动速度降低，从而间接使肌肉所能承载的负荷降低<sup>[24]</sup>。

综上所述，人体在进行恒定阻力训练过程中无可避免地会面对“力学劣势”，这是由人体自身的结构所决定的，可变阻力训练这种类型的阻力训练减少了恒定阻力训练中遇到的粘滞区的机械缺点，降低了在粘滞区的速度损失，主要原因就在于在训练过程中阻力是与弹力带的形变-张力关系相对应的，这意味着在动作底部阻力和人力扭矩能力较低，允许在初始阶段增加加速度；并在整个关节活动范围内逐渐增加，以匹配肌肉骨骼系统增加的产生力和产生扭矩的能力，从而使得肌肉在向心收缩阶段能够表现出更高的肌力水平。

## 2.3 关于训练效果的研究

在 Wallace B J<sup>[18]</sup>以及 Newton R U<sup>[29]</sup>等人的研究中，在深蹲练习过程中辅以弹力带的阻力，运动员可以产生更大的速度和力量，并且表现出更好的力量训练效果。在 Heinecke M<sup>[30]</sup>等人的研究中，与传统卧推训练相比，使用弹力带可以增强卧推力量。有人提出，在力量举和各种辅助举重运动中使用链条可以促进爆发力、加速度、运动控制、稳定性和增强神经适应性的发展<sup>[32-33, 36]</sup>。

在 Lin<sup>[7]</sup>等人的研究中，可变阻力训练在增强速度和功率这方面是比较高效的，尤其是强于在同样负荷下的恒定阻力训练，指出用弹力带来增强峰值速度和功率是更高效的。除此之外，使用等量负荷方案和更高的可变阻力似乎对优化神经肌肉适应更有效，但是可能会减弱输出功率。

在 M. Smith<sup>[8]</sup>等人的研究中，通过为期四周的可变阻力和恒定阻力腿举训练实验对比，认为可变阻力训练与恒定阻力训练相比，可变阻力训练引发了更大的神经反射适应，这说明可变阻力训练可能对于需要快速反应和肌肉输出功率的职业训练或者物理康复<sup>[49, 51]</sup>是有益的。

在杜黎明<sup>[40]</sup>等人的研究中,通过将20名男性受试者随机分成两组,分别实施6周的铁链深蹲和传统深蹲,测试训练前后最大力量(1RM),测力台测试垂直纵跳高度和力的发展率(RFD)。结果发现两组训练后下肢最大力量、纵跳高度均显著提高,铁链组纵跳时力的发展速率显著提高,得出结论铁链深蹲不仅可以提高最大力量和纵跳高度,且更有助于整体爆发力的发展。

在石林<sup>[41]</sup>等人的研究中,指出在设计可变阻力训练方案时,采用强度相同的设计方式以及较大的可变阻力是诱导PAP的最佳策略,在干预后4~12min效果最佳。自由重量训练与铁链结合在7周内,对最大力量表现的训练效果更好,在自由重量训练中加入可变阻力的训练策略对爆发力表现效果更佳,需注意可变阻力不可过大。

在寒冬<sup>[42]</sup>等人的研究中,通过对23名男性篮球专项大学生进行训练,分为实验组和对照组,持续时间4周,每周2次。深蹲的强度为80%~85%1RM,两组的训练内容和负荷均相同,结果是4周可变阻力训练对深蹲的相对力量提升更为明显,随后可变阻力的训练效果较好也被更多的实证研究证明<sup>[46-48, 50]</sup>。

在Gentil P<sup>[43]</sup>等人的Meta分析研究中纳入了大于等于7周的实证研究,发现两种训练方式对最大力量表现的干预效果无显著差异。在林奕贵<sup>[44]</sup>等人的研究中,通过对可变阻力训练相关文献的检索,将最大力量、动作速度和功率输出三个指标与CRT相关数据进行对比,认为可变阻力训练对爆发力影响总体是正向的,但在机制尚不明确。

综上所述,在力量举和各种辅助举重运动中使用链条可以促进爆发力、加速度、运动控制、稳定性和增强神经适应性的发展;可变阻力训练在增强速度和功率这方面是比较高效的,尤其是强于在同样负荷下的恒定阻力训练,与用铁链相比用弹力带来增强峰值速度和功率是更高效的;多数研究认为可变阻力训练与恒定阻力训练相比前者是更有效的发展最大力量和相对力量的训练模式,仍有少数研究认为二者对最大力量的训练效果并无差别,未来仍旧需要研究来进行证明;在可变阻力训练中较大的可变阻力是诱导PAP的最佳策略,且更有助于整体爆发力的发展;上述能力增强可能转化为蹲跳、垂直弹跳和增强运动表现的改善,目前尚未有研究充分证明这些适应性的长期效果。

#### 2.4 关于最佳负荷比例的研究

在Brian J<sup>[6]</sup>等人的研究中,表明可变阻力训练可以是一种超越恒定阻力训练的有效训练方式,但是并非所有的可变阻力训练都可以比恒定阻力训练更有效,链条和弹力带可变阻力训练似乎是同样有效的,指出使用可变阻力训练的负荷是与总训练负荷有关的,可变阻力训练用在相对较高的总负荷中似乎是比较有效的,也就

是说可变阻力部分至少占总阻力的15%1RM,恒定阻力部分占总阻力的80%~85%是比较有效的,例如:80%1RM的训练可变阻力至少占总阻力的15%。

在Wallace BJ<sup>[18]</sup>与Newton R<sup>[29]</sup>等人的研究中,认为将弹力带与自由重量结合使用时,可变阻力应占总阻力的20%~35%,自由重量占剩余的65%~80%,总负荷为运动员的60%或80%~85%1次最大重复(1RM)可以提高后蹲上升力量曲线练习的峰值功率和峰值力量输出。且Wallace BJ<sup>[18]</sup>认为,与20%的可变阻力相比,在可变阻力占总负荷的35%的情况下,后蹲练习的最大功率提升多达13%。

在Stevenson<sup>[39]</sup>等人的研究中发现,当阻力带提供的负荷占总负荷的20%时,运动员在向心阶段的发力率比恒定负重训练时明显加快。有一些研究对以上观点提出了质疑<sup>[19-20]</sup>,Ebben<sup>[19]</sup>等人对后蹲的另一项研究中发现,与传统的恒定外部阻力深蹲相比,在RBR占总负荷的10%时,综合肌电图和平均地面反作用力没有显著差异,以及在Duthie G M<sup>[31]</sup>研究中,弹力带的阻力占总负荷的10%并未发现恒定阻力训练与弹力带组合训练而导致的变量显著变化。

在蒋东廷<sup>[46]</sup>等人的研究中,设置了四组分别为,无铁链负荷、10%、20%,以及30%的铁链负荷。通过为期六周的实验,得出结论:在铁链符合占总负荷10%的时候,与恒定阻力训练效果近似;在铁链负荷占总负荷的20%的时候,训练效果最佳。

鉴于这些发现,补充可变阻力训练时需要考虑可变阻力占总负荷的百分比,在多数训练中阻力带负荷占总负荷的20%~35%都是有效的,阻力带占比10%是无效的,占35%效果最好,其次,铁链占总负荷的20%训练效果是最有效的。至于关于在年度计划中最好在哪个阶段使用可变阻力训练,尚未有相关的研究。在受过训练的受试者中使用可变阻力训练的研究最长训练持续时间为12周,尚未确定观察到的益处是否是新的超负荷刺激的结果,或者它们是否可以在长期持续的过程中保持,仍需证实。

#### 2.5 关于可变阻力训练方法的研究

现代体能训练中最常使用的变阻训练器械是铁链和基于弹力带的阻力<sup>[2, 9]</sup>。一般情况下,将铁链与传统抗阻训练结合后,训练负重动作过程中呈线性变化;将基于弹力带的阻力与传统抗阻训练结合后,训练负重动作过程中呈曲线变化<sup>[9]</sup>。

应用铁链的方法一般有两种,第一种是在动作的最高点让铁链刚好触地<sup>[33]</sup>;第二种是先挂上最轻的铁链作为支撑链,然后再在支撑链低端挂上成捆的负重链,铁链只在动作的最低点(深蹲达到最低点或卧推至于胸部齐平高度时)触底<sup>[21-22]</sup>。

应用弹力带作为可变阻力的方法有多种。最常见的是将弹力带的上端系在杠铃上,下端系在深蹲架低端的附挂点上或大重量的哑铃上<sup>[21]</sup>。加入弹力带后,最大负荷在最高点;而在最低点,弹力带并未被拉长,张力为0,总负荷量最小。基于弹力带的阻力还可用于放大拉伸负荷并增强增强式训练期间的离心阶段。在这种练习中,运动员开始运动时,弹力带处于拉长状态,这会增加运动员向内迈步时的加速度和随后内侧-外侧地面反作用力<sup>[37]</sup>。

综上所述,目前关于现存的可变阻力训练方法虽然有一些研究支持,但是关于传统抗阻训练中应用铁链的训练方法的创新有待加强,需要进一步的实证研究;对于以弹力带作为可变阻力的训练方法民间流传的方法较多,但大多数都没有研究支持,民间流传以弹力带作为可变阻力也适用于其他运动专项训练计划,包括各种网球和棒球中接球手的专项动作,但是没有相关的文献可以证明,仍然需要进一步的研究。

### 3 结论

可变阻力训练可以是提高运动表现的有效方法,尤其是在速度和力量方面。文中回顾了研究,这些调查研究了可变阻力训练对运动表现的影响,并表明可变阻力训练可以诱发激活后增强(PAP),从而增强爆炸力和速度;在培养最大和相对力量方面,可变阻力训练可能比恒定阻力训练更有效;可变阻力训练之所以有效,可能是这种类型的阻力训练减少了恒定阻力训练中遇到的粘滞区的机械缺点,降低了在粘滞区的速度损失,从而使得肌肉在向心收缩阶段能够表现出更高的肌力水平;此外,可变阻力训练可以促进更多的神经激活和肌肉纤维再生,从而获得更大的力量和力量增益。

关于可变阻力训练的最佳负荷,建议可变阻力分量应占总负荷的至少20%但是不可高于35%,注意最佳负荷可能会根据正在从事的项目和运动员的目标而有所不同。可变阻力训练的方法有很多种,目前最常用的就是阻力带或铁链与恒定阻力结合的训练方式,这种方式传播得最为广泛。

总之,对现有研究的分析表明,可变阻力训练可以成为提高速度和力量的有效训练方法,并且在培养最大和相对力量方面比恒定阻力训练更有效。此外,本文还讨论了这些研究的局限性和进一步研究以证实这些研究中提出的一些假设的必要性。

综合现有研究,发现关于可变阻力训练的神经肌肉适应性目前相关内容较少,需要有相关更多的研究;其次关于可变阻力的训练效果,目前尚未有研究充分证明这些适应性的长期效果,未来需要有更长周期的实证性研究;最后可变阻力训练方法民间流传的方法较多,但是多数都没有研究支持,训练方法的创新以及可变阻力

与专项结合的训练方法,都需要进一步地研究。

### 4 局限性

首先,文中回顾的一些研究的训练时间相对较短,这可能不足以确定可变阻力训练的长期影响。文中回顾的最长训练期为12周,这可能不足以确定可变阻力训练对运动表现的长期影响。

其次,要验证综述研究中提出的一些假设,例如可变阻力训练有效性背后的机制,还需要进行更多的研究。尽管文中对可变阻力训练有效性背后的潜在机制提供了一些见解,但要证实这些假设,还需要更多的研究。

最后,文中并没有全面分析可变阻力训练的潜在风险和缺点,这可能会限制其在某些背景下的适用性。例如,可变阻力训练可能不适合患有某些疾病或受伤的人。

### [参考文献]

- [1]SuchomeI T J,Nimphius S,Bellon C R,et al.The importance of muscular strength:training considerations[J].Sports medicine,2018,48(4):765-785.
- [2]Frost D M,Cronin J,Newton R U.A biomechanical evaluation of resistance[J].Sports Medicine,2010,40(4):303-326.
- [3]ELLIOTT,BRUCE C,WILSON,GREGORY J,KERR,GRAHAM K.A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press[J].Medicine & Science in Sports & Exercise,1989,21(4):450-462.
- [4]Kompf,J.,Arandjelović,O.Understanding and Overcoming the Sticking Point in Resistance Exercise[J].Sports Med,2016(46):751-762.
- [5]Kompf,J.,Arandjelović,O.The Sticking Point in the Bench Press, the Squat, and the Deadlift: Similarities and Differences, and Their Significance for Research and Practice[J].Sports Med,2017(47):631-640.
- [6]Wallace,B. J.,Bergstrom,H. C.,Butterfield,T. A. Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy[J].International Journal of Sports Science & Coaching,2018,13(6):1177-1188.
- [7]Shi L,Cai Z,Chen S,et al.Acute effects of variable resistance training on force,velocity,and power measures:a systematic review and meta-analysis[J].Peer J,2022(10).
- [8]Cory M.Smith,Terry J.Housh,Ethan C.Hill,Joshua L.Keller,John Paul V.Anders,Glen O.Johnson,Richard J.Schmidt.Variable resistance training versus traditional weight training on the reflex pathway

following four weeks of leg press training[J]. *Somatosensory & Motor Research*, 2019(1).

[9]McMaster D T,Cronin J,McGuigan M. Forms of variable resistance training[J]. *Strength & conditioning journal*, 2009, 31(1): 50-64.

[10]Harman E. Resistance training modes: a biomechanical perspective[J]. *Natl Strength Cond Assoc J*, 1994(16): 59-65.

[11]Millar PD. Fitness Programming and Physical Disability[J]. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995(1): 222.

[12]Stone M,Plisk S,Collins D. Training principles:evaluation of modes and methods of resistance training — a coaching perspective[J]. *Sports Biomech*, 2002(1): 79-103.

[13]Seguin R C,Cudlip A C,Holmes M W R. The Efficacy of Upper-Extremity Elastic Resistance Training on Shoulder Strength and Performance: A Systematic Review[J]. *Sports*, 2022, 10(2): 24.

[14]Bird S P,Tarpenning K M,Marino F E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness[J]. *Sports medicine*, 2005, 35(10): 841-851.

[15]Zatsiorsky V M,Kraemer W J,Fry A C. Science and practice of strength training[M]. Illinois:Human Kinetics, 2020.

[16]Simmons L P.Chain reactions:Accommodating leverages[J]. *Powerlifting USA*, 1996, 19(12): 2-3.

[17]Simmons,LP. Bands and chains[J]. *Powerlifting*, 1999(22): 26-27.

[18]Wallace B J,Winchester J B,McGuigan M R.Effects of elastic bands on force and power characteristics during the back squat exercise[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2006, 20(2): 268-272.

[19]Ebben WP,Jensen RL. Electromyographic and kinetic analysis of traditional, chain, and elastic band squats[J]. *J Strength Cond Res*, 2002, 16(4): 547-50.

[20]Israetel M A,McBride J M,Nuzzo J L, et al. Kinetic and kinematic differences between squats performed with and without elastic bands[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24(1): 190-194.

[21]Baker D. Using strength platforms for explosive performance[J]. *High-Performance Training for Sports*. Champaign, IL:Human

Kinetics, 2014(1): 127-144.

[22]Baker D G,Newton R U. Effect of kinetically altering a repetition via the use of chain resistance on velocity during the bench press[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2009, 23(7): 1941-1946.

[23]Joy J M,Lowery R P,Oliveira de Souza E, et al. Elastic bands as a component of periodized resistance training[J]. *Journal of strength and conditioning research*, 2016, 30(8): 2100-2106.

[24]Van Den Tillaar R,Ettema G. The “ sticking period” in a maximum bench press[J]. *Journal of sports sciences*, 2010, 28(5): 529-535.

[25]Newton R U,Murphy A J,Humphries B J, et al. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements[J]. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 1997, 75(4): 333-342.

[26]Elliott B C,Wilson G J,Kerr G K. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1989, 21(4): 450-462.

[27]Anderson C E,Sforzo G A,Sigg J A. The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2008, 22(2): 567-574.

[28]Heckman,CJ and Enoka,RM. Motor unit[J]. *Compr Physiol*, 2012(2): 2629-2682.

[29]Newton R U,Robertson M,Dugan E, et al. Heavy elastic bands alter force, velocity, and power output during back squat lift[J]. *J Strength Cond Res*, 2002(16): 1-18.

[30]Heinecke M, Jovick B, Cooper Z, et al. Comparison of strength gains in variable resistance bench press and isotonic bench press[J]. *J Strength Cond Res*, 2004(18): 10.

[31]Duthie G M,Young W B, Aitken D A. The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2002, 16(4): 530-538.

[32]Coker C A, Berning J M, Briggs D L. A preliminary investigation of the biomechanical and perceptual influence of chain resistance on the performance

of the snatch[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(4): 887.

[33] Berning J M, Coker C A, Adams K J. Using chains for strength and conditioning[J]. *Strength & Conditioning Journal*, 2004, 26(5): 80-84.

[34] Berning J M, Coker C A, Briggs D. The biomechanical and perceptual influence of chain resistance on the performance of the olympic clean[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2008, 22(2): 390-395.

[35] Hedrick, A, Chandler, TJ, and Brown, LE, eds. Implement training. In *Conditioning for Strength and Human Performance*[J]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013(1): 537-558.

[36] Goss K. A closer look at BFS chains[J]. *Bigger, Faster, Stronger* Fall, 2003(1): 54-58.

[37] Cronin J, McNAIR P, MARSHALL R. The effects of bungy weight training on muscle function and functional performance[J]. *Journal of sports sciences*, 2003, 21(1): 59-71.

[38] Baker D, Newton R U. Methods to increase the effectiveness of maximal power training for the upper body[J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2005, 27(6): 24.

[39] Stevenson MW, Warpeha J M, Dietz C C, et al. Acute effects of elastic bands during the free-weight barbell back squat exercise on velocity, power, and force production[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24(11): 2944-2954.

[40] 杜黎明, 朱晓兰, 程鹏, 等. 传统深蹲和铁链深蹲训练对下肢最大力量和爆发力的影响[J]. *体育科技文献通报*, 2022, 30(1): 20-22.

[41] 石林, 韩冬, 蔡治东, 等. 可变阻力训练对力量表现干预效果的系统综述与 meta 分析[J]. *上海体育学院学报*, 2022, 46(9): 90-104.

[42] 石林, 韩冬, 郭炜, 等. 基于可变阻力训练的复合式训练对大学生篮球运动员下肢运动表现的影响[J]. *体育学研究*, 2022, 36(4): 98-107.

[43] Dos Santos W D N, Gentil P, de Ara ú jo Ribeiro

A L, et al. Effects of variable resistance training on maximal strength: a meta-analysis[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2018, 32(11): 52-55.

[44] 林奕贯, 叶卫兵. 可变阻力训练对爆发力影响的系统综述[J]. *中国体育科技*, 2021, 57(4): 56-63.

[45] Soria-Gila M A, Chiroso I J, Bautista I J, et al. Effects of variable resistance training on maximal strength: A meta-analysis[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2015, 29(11): 3260-3270.

[46] 蒋东廷. 不同铁链负荷比例的铁链训练对青少年篮球运动员下肢爆发力影响的实验研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2023.

[47] 王宝兴. 铁链结合杠铃深蹲训练动作特征分析及对篮球运动员下肢爆发力影响的研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2023.

[48] 王涛. 可变阻力训练对大学生跳远运动员爆发力影响的实验研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2023.

[49] 吴洪, 冉春风, 谢伟红等. 变速变阻力运动训练对前交叉韧带损伤重建术后的疗效[J]. *中国康复*, 2012, 27(6): 442-444.

[50] Joy J M, Lowery R P, de Souza E O, et al. Elastic bands as a component of periodized resistance training[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2016, 30(8): 2100-2106.

[51] Jafarnezhadgero A A, Ghorbanloo F, Fatollahi A, et al. Effects of an elastic resistance band exercise program on kinetics and muscle activities during walking in young adults with genu valgus: A double-blinded randomized controlled trial[J]. *Clinical Biomechanics*, 2021(81): 105215.

[52] Elsharnoby A A. Effect of variable resistance training on certain physical variables and spike performance for female volleyball players[J]. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health*, 2022, 22(1): 11-16.

作者简介: 熊志洋 (1999.9—), 男, 汉族, 江西鹰潭人, 硕士在读, 西藏民族大学, 研究方向: 运动训练。