



复合式训练对冬残奥高山滑雪站姿组运动员力量素质的影响

朱小倩,吴雪萍*

摘要:目的:通过对比复合式训练与高强度力量训练的训练效果,探究复合式训练对冬残奥高山滑雪站姿组运动员最大力量和快速力量的影响。方法:将18名男子冬残奥高山滑雪站姿组运动员随机分为实验组($n=9$)与对照组($n=9$),基于原有力量训练内容,实验组进行复合式训练(高强度力量训练结合快速伸缩复合训练),对照组仅进行高强度力量训练,并在实验前后对比最大力量和快速力量等指标变化。结果:(1)仅实验组反向跳最大功率、连续跳跃平均功率和最大肌力显著提升($P<0.01$);(2)干预后,实验组反向跳最大功率、连续跳跃平均功率和最大肌力绝对值大于对照组($P<0.05$)。结论:8周复合训练的训练效果优于普通力量训练,可以使冬残奥高山滑雪站姿组运动员最大肌力和快速力量显著提升。

关键词:复合式训练;冬残奥;高山滑雪;力量素质

中图分类号:G808 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2022)02-0056-06

DOI:10.12064/ssr.20220209

Effects of Compound Training on the Strength of Stance Athletes in the Winter Paralympic Alpine Ski

ZHU Xiaoqian, WU Xueping*

(1. School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: This paper aims to explore the effect of compound training on the maximum strength and rapid strength of the Winter Paralympic alpine ski stance athletes by comparing the training effects of compound training and high-intensity strength training. Eighteen male Winter Paralympic alpine skiing stance athletes are randomly divided into experimental group ($n=9$) and control group ($n=9$). The experimental group receive compound training (high-load resistance training combined with plyometric training) while the control group only performs high-load resistance training based on the original strength training protocol. The changes in indicators such as maximum strength and rapid strength are compared before and after the experiment. It shows that the maximum power of countermovement jump, the average power of continuous jumps and the maximum muscle strength of the experimental group are significantly increased ($P<0.01$). The maximum power of countermovement jump, the average power of continuous jump and the absolute value of maximum muscle strength in the experimental group are better than those in the control group after the intervention ($P<0.05$). In conclusion, the training effect of 8-week compound training is better than that of conventional strength training, which can significantly promote the maximal muscle strength and rapid strength of the Winter Paralympic alpine ski stance athletes.

Keywords: compound training; winter paralympic; alpine ski; strength performance

冬残奥高山滑雪是最具影响力的冬残奥会比赛项目。据统计,高山滑雪运动的下坡速度可达到100 km/h,对身体素质的要求非常高^[1],而力量素质是影响高山滑雪运动表现的重要因素^[2],高山滑雪运动员在

高速滑雪中需要抵抗巨大的离心力,可达体重的2~3倍^[3-4],因此高山滑雪运动员需要具备良好的腿部最大力量和快速力量以保持滑行姿势和滑行速度^[5]。而最大输出功率能力和持续输出功率能力是影响运

收稿日期:2021-07-09

基金项目:国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项(2018YFF0300602)。

第一作者简介:朱小倩,女,硕士研究生。主要研究方向:适应体育。E-mail:2395221893@qq.com。

*通信作者简介:吴雪萍,女,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:适应体育。E-mail:wuxueping@sus.edu.cn。

作者单位:上海体育学院 体育教育训练学院,上海 200438。



动员回转动作时保持滑行速度、应对离心力,以及选择滑行路线的重要影响因素^[4]。

复合式训练是指在同一节训练课中,在力量训练后进行快速伸缩复合训练的方法^[6],由于复合式训练激活后效应的产生,可以增强机体在运动过程中的功率输出,这种训练方法被广泛用于足球、篮球、排球等项目的体能训练中。相关研究表明,相比于其他力量训练方法而言,复合式训练对于运动员最大力量和快速力量的提升效果更加明显^[7]。同时,快速伸缩复合训练是一种以肌肉快速拉长-缩短周期动作(Stretch-Shorten Cycle, SSC)为特征的训练方法^[8]。在进行下肢快速伸缩复合练习时(如跳深练习),其动作结构与高山滑雪回转动作时膝关节先屈后伸的动作结构相似^[9]。并且这种肌肉的快速伸缩能力对高山滑雪运动员维持身体的平衡和稳定至关重要^[3,10]。

现有关于高山滑雪力量训练相关研究主要集中在健全人运动员,关于冬残奥高山滑雪运动员的研究甚少。在冬残奥高山滑雪实际训练中,健全高山滑雪运动员的力量训练方法不完全适用于残疾高山滑雪运动员。由于站姿组运动员上肢的残缺,无法进行双手抓握,限制了训练手段的发展,使得大多数力量训练都是单关节的练习,快速伸缩复合训练主要使用身体自重进行多关节的跳跃类动作练习,较好地避开了上肢进行抓握的限制,这种训练手段在理论上更加适合冬残奥高山滑雪站姿组运动员。因此本研究对冬残奥高山滑雪站姿组男运动员进行8周的复合式训练,探究复合式训练对冬残奥高山滑雪站姿组男运动员力量素质的影响,对比复合式训练与

力量训练在改善最大力量与快速力量指标上的效果差异,验证复合式训练对冬残奥高山滑雪站姿组男运动员力量素质提升的有效性。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

18名冬残奥高山滑雪站姿组男子运动员参与本研究,其残疾分级为LW5/7和LW6/8级(即单侧或双侧上肢残疾)。运动员被随机分组为实验组(n=9)和对照组(n=9),运动员基本情况见表1。

表1 实验对象的基本情况表($\bar{X}\pm SD$)

Table1 The basic information of experimental subject ($\bar{X}\pm SD$)

组别	年龄/年	身高/cm	体重/kg
实验组(n=9)	20.56±3.58	174.44±6.02	66.47±9.78
对照组(n=9)	20.33±3.08	173.11±6.49	71.47±9.56

1.2 研究方法

1.2.1 训练计划

实验干预为8周,每周3次,干预期间,基于高山滑雪队力量训练内容,实验组增补进行3组复合式训练(力量训练结合快速伸缩复合训练),对照组执行原力量训练内容,时长约2h。另外,为了最大程度保持实验组与对照组在运动量上一致,对照组每个力量练习额外增加2组(相同的强度和重复次数)。本实验训练内容在查阅文献的基础上,咨询高山滑雪国家队教练员,制定了适合冬残奥高山滑雪站姿组男运动员的练习动作,实验组和对照组训练安排见表2。

表2 冬残奥高山滑雪站姿组男运动员训练安排

Table2 The training arrangement of the male Winter Paralympic alpine ski stance athletes

		训练动作	重量负荷	组数	重复次数/次	间歇时间/min	
实验组	力量训练	器械腿推	75%~85%1RM	3	5~10	4	
		器械负重提踵	75%~85%1RM	3	5~10	4	
		器械伸膝	75%~85%1RM	3	5~10	4	
		器械屈膝	75%~85%1RM	3	5~10	4	
		器械髋关节外展	75%~85%1RM	3	5~10	4	
		器械髋关节内收	75%~85%1RM	3	5~10	4	
		快速伸缩	跳箱	40 cm	3	15	4
		复合训练	双脚连续跳台阶	身体自重	3	10	4
	跳深		60 cm	3	5	4	
			之字形单腿跳跃	身体自重	3	5	4
对照组	力量训练	器械腿推	75%~85%1RM	5	5~10	4	
		器械负重提踵	75%~85%1RM	5	5~10	4	
		器械伸膝	75%~85%1RM	5	5~10	4	
		器械屈膝	75%~85%1RM	5	5~10	4	
		器械髋关节外展	75%~85%1RM	5	5~10	4	
		器械髋关节内收	75%~85%1RM	5	5~10	4	



1.2.2 测试方案

根据高山滑雪的专项特征,结合研究对象具体功能受限情况,选取如下指标进行测试(表3)。最大肌力测试采用1RM腿推,最大功率测试采用反向跳,平均功率测试采用连续4次跳。跳跃类测试,采

用Just Jump system纵跳垫(Perform Better,美国)测定跳跃高度和爆发力指数。测试在干预前后,由相同的测试人员按照相同的顺序和时间完成测试。测试时采用激励性语言,并在每次测试后及时反馈结果,以确保运动员尽全力完成测试。

表3 测试方案一览表

Table3 The test plan

测试项目	测试方法
反向跳	运动员双手叉腰,双脚开立立于纵跳垫上,听到测试人员“开始”口令后,迅速下蹲至屈膝90°后,尽力向上跳起,记录跳跃高度,测试3次,取最大值,定义为“最大高度” ^[11] 。根据最大高度,使用Sayers方程计算最大功率,计算公式:功率(W)=60.7×纵跳高度(cm)+45.3×体重(kg)-2 055 ^[12]
连续4次跳跃	运动员双手叉腰,双脚开立立于纵跳垫上,听到测试人员“开始”口令后,尽可能快而高地连续跳跃4次,记录平均高度和爆发力指数(爆发力指数=飞行时间/触地时间),测试3次,取最大值,定义为“平均高度” ^[13] 。使用Sayers方程计算平均功率,计算公式同上
1RM腿推	运动员进行5 min热身,然后在低负荷条件下熟悉测试动作;运动员使用预计最大重复次数5~10次的负荷,进行专项热身,热身休息1 min;在专项热身负荷的基础上,增加5%~10%负荷使最大完成次数在3~5次,休息2 min,继续增加5%~10%负荷使最大完成次数在2~3次,休息2~4 min;继续增加5%~10%负荷,如成功记录负荷定义为“最大肌力”,如失败,减少2.5%~5%负荷,休息2~4 min后再次尝试,但尝试次数应≤5次 ^[14]

1.2.3 数据统计

利用Excel和SPSS 13.0对数据进行录入和统计分析处理,结果以平均数±标准差表示,采用独立性样本T检验对组间实验前、后数据进行比较,采用配对样本T检验对组内实验前、后训练效果进行比较,显著水平为 $P<0.05$,高度显著水平为 $P<0.01$ 。

2 结果与分析

实验前实验组和对照组间各项指标差异均不具显著性(表4)。经8周训练干预,实验组反向跳高度和最大功率提升具有高度显著性($P<0.01$),而对照组反向跳高度和最大功率未发生显著变化($P>0.05$),实验组反向跳高度和最大功率大于对照组($P<0.05$)。

表4 8周训练对反向跳测试结果的影响(n=18)($\bar{X}\pm SD$)

Table4 The effect of 8-weeks training on countermovement jump(n=18)($\bar{X}\pm SD$)

测试指标	组别	实验前	实验后	差值
最大高度/cm	实验组	53.44±5.77	58.76±3.69**#	5.31±3.16
	对照组	52.55±6.43	53.271±3.99	0.73±3.91
最大功率/W	实验组	4 383.61±321.26	4 706.05±374.91**#	322.44±191.73
	对照组	4 188.65±611.10	4 232.57±462.61	43.92±237.14

注:**表示实验前后组内差异具高度显著性, $P<0.01$,#表示组间差异具显著性, $P<0.05$ 。

如表5所示,经8周训练干预,实验组连续4次跳跃的平均高度、爆发力指数、平均功率提升具有高度显著性($P<0.01$),而对照组各项指标均未发生显

著变化($P>0.05$)。干预训练后实验组爆发力指数大于对照组($P<0.05$)。

表5 8周训练对连续4次跳跃测试结果的影响(n=18)($\bar{X}\pm SD$)

Table5 The effect of 8-week training on 4 times continuous jump(n=18)($\bar{X}\pm SD$)

测试指标	组别	实验前	实验后	差值
平均高度/cm	实验组	32.45±9.45	39.22±9.55**	6.77±5.60
	对照组	36.63±9.26	36.97±9.13	0.34±3.50
爆发力指数	实验组	2.00±0.42	2.33±0.28**#	0.32±0.28
	对照组	1.79±0.42	1.98±0.35	0.18±0.44
平均功率/W	实验组	3 109.17±329.47	3 520.28±311.19**	411.11±339.86
	对照组	3 222.56±561.71	3 243.01±532.81	20.44±212.56

注:**表示实验前后组内差异具高度显著性, $P<0.01$,#表示组间差异具显著性, $P<0.05$ 。



如表 6 所示,经 8 周训练干预,实验组 1RM 腿推绝对值和相对值提升具有高度显著性($P < 0.01$),而对照组 1RM 腿推绝对值和相对值未发生显著变

化($P > 0.05$)。干预训练后实验组腿推绝对值大于对照组($P < 0.05$)。

表 6 8 周训练对 1RM 腿推测试结果的影响(n=18)($\bar{X} \pm SD$)
Table 6 The effect of 8-week training on 1RM leg press(n=18)($\bar{X} \pm SD$)

测试指标	组别	实验前	实验后	差值
绝对值/kg	实验组	274.44±30.15	345.34±43.69**#	70.89±42.35
	对照组	288.62±65.67	304.61±3.72	15.99±30.92
相对值/(kg·体重 ⁻¹)	实验组	3.98±0.81	5.03±1.20**	1.05±0.72
	对照组	4.31±0.94	4.56±0.65	0.26±0.49

注:1RM 腿推相对值=1RM 腿推绝对值/体重;**表示实验前后组内差异具高度显著性, $P < 0.01$;#表示组间差异具显著性, $P < 0.05$ 。

3 讨论

3.1 复合式训练对冬残奥高山滑雪站姿组男运动员快速力量的影响

高山滑雪是一项力量运动,需要高水平的爆发力,快速力量成为影响优秀高山滑雪运动员运动表现的重要因素,改变了高山滑雪对体能训练的需求,在比赛(特别是速度类比赛项目)中,最大输出功率能力是影响运动员回转动作时保持滑行速度、应对离心力,以及选择滑行路线的重要影响因素。同时在高山滑雪的技术类比赛项目中,运动员需要连续通过相邻的数个旗门(如回转比赛中的蛇形门),因此运动员除具备单次肌肉快速收缩能力外,还必须具备连续快速收缩能力。

李鹏辉等^[15]研究发现,8 周快速伸缩复合训练使实验组连续 4 次跳跃爆发力指数提升,且增长率大于对照组。Oxfeldt 等^[16]通过 Meta 分析发现,4~12 周的快速伸缩复合训练可使健全人跳跃能力提升 3.4%~26.3%,平均提升幅度(13.29±5.57)%。在本研究中,实验组运动员反向跳高度提升幅度(9.93%)小于健全人,其原因可能与站姿组运动员上肢残缺对身体平衡能力和落地稳定性的影响有关^[17]。上肢残缺会对身体的协调性产生影响,不能使身体较好地保持侧向平衡^[18],同时上肢的残缺可能会影响神经系统或者运动系统^[19],进而影响训练的效果。总之,虽然在本研究中站姿组运动员跳跃能力提升幅度小于健全人,但其结果与健全人相似,即快速伸缩负荷训练的介入可有效提升反向跳高度。

最大功率输出能力的提升可能受到离心-向心收缩耦联时间缩短,以及运动员肌肉内外协调性改善的影响^[20]。训练期间要求运动员“快速”完成快速伸缩练习动作,促使肌肉离心收缩和向心收缩快速

转换。在此过程中,肌肉内部的串-并联弹性成分被动快速拉伸,改善了肌肉初长度并储存弹性势能^[21],使离心-向心收缩的耦联时间缩短^[5],进而促进运动员跳跃能力与最大输出功率能力。此外,快速伸缩负荷训练能使神经肌肉系统对“拉长-缩短周期”动作产生适应^[15],增加运动单位的募集速率,提升放电频率^[22],进而发展快速力量^[23],提升最大功率输出能力。实验组运动员平均功率的提高可能与下肢刚度的有关^[24],在跳深和跳箱练习时地面反向冲击力的影响下,髌、膝、踝关节的刚度逐渐提高,关节稳定性随之增强,从而缩短离心-向心收缩的耦联时间,促进实验组运动员下肢快速力量的发展。此外,最大输出功率和持续输出功率的提高可能还受激活后效应的影响。实验组首先进行力量训练使运动单位激活,在随后的快速伸缩复合练习中高阈值运动单位更容易被募集,产生更大的爆发力^[25]。

基于上述分析,复合式训练促进冬残奥高山滑雪站姿组男子运动员跳跃能力、最大功率和平均功率的提高的原因,可能与快速伸缩复合练习所产生的离心-向心收缩耦联时间缩短以及下肢刚度增强有关。

3.2 复合式训练对冬残奥高山滑雪站姿组男子运动员最大力量的影响

在高山滑雪比赛中,滑行速度与运动员的肌肉力量呈相关关系,当滑行速度超出运动员最大肌力时,运动员将难以保持滑行的姿势和滑行速度^[5]。在回转过程中为缩短滑行距离,运动员通常以尽可能小的回转半径通过旗门,致使运动员必须承受巨大的离心力。因此足够的肌肉力量可以保持身体姿态和滑行路线的稳定^[26]。

肌肉力量的增长是神经和肌肉系统协同作用的



结果^[27],其中神经因素主要包括运动单位的募集能力和放电频率,而肌肉因素则主要包含肌纤维收缩所产生的张力、肌纤维类型百分比、肌纤维肥大和组织的刚度(肌肉和肌腱)^[28-29]。神经因素的训练适应可能是实验组肌肉力量提升的因素之一。快速伸缩复合训练被认为可以更好地促进肌肉的神经适应^[30],通过提高神经肌肉募集能力使最大力量提升^[31]。Váczí 等^[32]研究发现,6周快速伸缩复合训练使优秀足球运动员最大肌力显著增加,而运动单位募集的同步性提升是最大力量增长的原因。另一个需要考虑的因素是肌肉肥大。虽然高强度力量训练是促进肌肉肥大的有效训练方法,但快速伸缩复合训练同样可以引起肌肉适应。Chelly 等^[33]通过为期8周,每周2次的快速伸缩复合训练干预发现,精英青少年手球运动员下肢最大肌力和肌肉体积均显著增加,并认为最大力量的提升与肌肉肥大有关,而快速伸缩复合训练特定的肌肉收缩模式是刺激肌肉肥大的原因。Hermassi 等^[20]的研究也发现,快速伸缩复合训练干预使国家队手球运动员的最大肌力提升,并认为肌力的提升与肌纤维数量的增加有关。而相关的研究也证实,快速伸缩复合训练可以促使I型和II型肌纤维肥大^[34],且对男性肌纤维肥大的促进作用更明显^[35]。此外,快速伸缩复合训练还能增强肌纤维和结缔组织的弹性,进而增加肌肉力量^[36]。

综上所述,复合式训练促进冬残奥高山滑雪站姿组男子运动员最大肌力提升的原因,可能与快速伸缩复合训练所产生的额外神经刺激有关。同时,快速伸缩复合训练结合高强度力量训练对肌肉肥大的共同刺激作用,对实验组运动员最大肌力的提升可能也起到重要作用。

4 结论

相对于对照组,8周的力量训练结合快速伸缩复合训练,可以显著提升冬残奥高山滑雪站姿组男子运动员的快速力量与最大力量,其训练效果优于普通力量训练。因此,复合式训练可被应用于冬残奥高山滑雪站姿组运动员的训练方案,以达到提升力量和快速力量的训练效果。

受冬残奥高山滑雪队集训地点的条件限制,仅采用便携式测试仪器和场地测试对干预训练效果进行评估,未能使用等速肌力测试仪等高精度测试仪器,这在一定程度上影响了测试结果的精准度,同时也限制了对测试结果的进一步分析。

参考文献:

- [1] 逯明智.高山滑雪[M].沈阳:东北大学出版社,2011:62-64.
- [2] HEIKKINEN D. Physical testing characteristics and technical event performance of junior alpine skiracers[D]. Fitchburg: Fitchburg State University, 2003.
- [3] HYDREN J R, VOLEK J S, MARESH C M, et al. Review of strength and conditioning for alpine ski racing[J]. *Strength & Conditioning Journal*, 2013, 35(1):10-28.
- [4] SUPEJ M, KUGOVNIK O, NEMEC B. Advanced analysis of alpine skiing based on 3D kinematic measurements [M]. [S.l.]: Meyer & Meyer Sport, 2005.
- [5] 崔光国.高山滑雪[M].沈阳:辽宁大学出版社,2009.
- [6] CARTER J, GREENWOOD M. Complex training reexamined: Review and recommendations to improve strength and power[J]. *Strength & Conditioning Journal*, 2014, 36(2):11-19.
- [7] ADAMS K, O'SHEA J P, O'SHEA K L, et al. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production[J].*Journal of Applied Sport Science Research*, 1992, 6(1):36-41.
- [8] WATHEN D. POSITION STATEMENT: Explosive/Plyometric exercises[J]. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 1993, 15(3):16.
- [9] BERG H E, EIKEN O. Muscle control in elite alpine skiing[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1999, 31(7):1065-1067.
- [10] SCHULTZ F A, CAVAZZONI P, CARNEVALE R V, et al. Speed and power predictors of change of direction ability in elite snow athletes[J]. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2015, 10(4):847-856.
- [11] 曹凯彬.三种不同形式负荷刺激深蹲对下肢爆发力影响的实验研究[D].天津:天津体育学院,2017.
- [12] SAYERS S P, HARACKIEWICZ D V, HARMAN E A, et al. Cross-validation of three jump power equations[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1999, 31(4):572-577.
- [13] 王超君.不同振频的振动训练对不同专项运动员下肢爆发力的即时影响研究[D].天津:天津体育学院,2016.
- [14] MILLER T A. NSCA's Guide to Tests and Assessments [M]. Champaign: Human Kinetics,2012:167-168.
- [15] 李鹏辉.8周增强式训练对跆拳道运动员下肢爆发力和灵敏素质影响的实证研究[D].上海:上海体育学院,2020.
- [16] OXFELDT M, OVERGAARD K, HVID L G, et al. Effects of plyometric training on jumping, sprint performance, and lower body muscle strength in healthy adults: A sys-



- tematic review and meta-analyses[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2019, 29(10):1453-1465.
- [17] HINRICHS R N, CAVANAGH P R, WILLIAMS K R. Upper extremity function in running. Part I: center of mass and propulsion considerations[J]. *JAB*, 2010, 3(3):222-241.
- [18] BRUIJN S M, MEIJER O G, BEEK P J. The effects of arm swing on human gait stability[J]. *Journal of Experimental Biology*, 2010, 213(Pt 23):3945-3952.
- [19] SOARES A S, YAMAGUTI E Y, MOCHIZUKI L, et al. Biomechanical parameters of gait among transtibial amputees: A review[J]. *Sao Paulo Medical Journal*, 2009, 127(5):302-309.
- [20] HERMASSI S, GABBETT T J, INGEBRIGTSEN J, et al. Effects of a short-term in-season plyometric training program on repeated-sprint ability, leg power and jump performance of elite handball players[J]. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2014, 9(5):1205-1216.
- [21] STOJANOVIC E, RISTIC V, MCMASTER D T, et al. Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: A systematic review and meta-analysis [J]. *Sports Medicine*, 2017, 47(5):975-986.
- [22] DAVIES G, RIEMANN B L, MANSKE R. Current concepts of plyometric exercise[J]. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2015, 10(6):760-786.
- [23] MCLAUGHLIN E J. A comparison between two training programs and their effects on fatigue rates in women[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2001, 15(1):25-29.
- [24] 井兰香,刘宇.篮球运动员8周负重超等长训练后下肢及髌、膝、踝关节动力学和刚度变化[J].*中国运动医学杂志*,2010,29(4):417-420,429.
- [25] 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.
- [26] ROPRET R. Limiting factors for the success in alpine skiing[J]. *Facta universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 2015,13(2):167-176.
- [27] FARRELL P A, JOYNER M J, CAIOZZO V J, et al. *ACSM's advanced exercise physiology*[M]. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- [28] MAFFIULETTI N A, AAGAARD P, BLAZEVIČH A J, et al. Rate of force development: Physiological and methodological considerations[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2016, 116(6):1091-1116.
- [29] DIDERIKSEN J L, DEL VECCHIO A, FARINA D. Neural and muscular determinants of maximal rate of force development[J]. *Journal of Neurophysiology*, 2020, 123(1):149-157.
- [30] MARKOVIC G, MIKULIC P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training[J]. *Sports Medicine (Auckland, N Z)*, 2010, 40(10):859-895.
- [31] 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):132-134.
- [32] VÁCZI M, TOLLÁR J, MESZLER B, et al. Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players[J]. *Journal of Human Kinetics*, 2013, 36:17-26.
- [33] CHELLY M S, HERMASSI S, AOUADI R, et al. Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, 28(5):1401-1410.
- [34] MALISOUX L, FRANCAUX M, NIELENS H, et al. Stretch-shortening cycle exercises: An effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers [J]. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md)*, 2006, 100(3):771-779.
- [35] HÄKKINEN K, KOMI P V, ALÉN M. Effect of explosive type strength training on isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles[J]. *Indian Journal of Anaesthesia*, 1985, 125(4):587-600.
- [36] BOBBERT M F. Drop jumping as a training method for jumping ability[J]. *Sports Medicine (Auckland, N Z)*, 1990, 9(1):7-22.

(责任编辑:刘畅)