

不同材质表面增强式训练对运动表现的影响^①

易 军

重庆邮电大学 体育学院, 重庆 400065

摘要: 通过查阅文献资料,回顾了增强式训练对人体运动过程中肌肉调节产生的影响,并根据前瞻研究进一步归纳出不同材质表面下增强式训练对运动表现的影响。结果表明:硬地增强式训练对下肢爆发力和提升运动敏捷性有显著影响;软地进行增强式训练的效果与硬地进行增强式训练不相上下,同时也可减缓地面反作用力所造成过大的冲击,减轻关节的负荷,降低其运动疲劳及损伤的发生率;水中增强式训练效果可以达到硬地增强式训练效果,对运动表现具有促进作用,且可以减低运动损伤的风险。该研究让教练、教师及研究人员进一步了解了增强式训练对运动表现的影响和研究现状,并可为后续研究提供参考。

关 键 词: 增强式训练;运动表现;运动伤害;生物机制

中图分类号: G808.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2021)04-0141-06

20 世纪 60 年代中期,前苏联与东德教练团队共同提出增强式训练观点,该观点在 1968 年被苏联田径教练 Yuri Verohoshanski 正式提出并证实其效果,直到现在增强式训练对运动员提升运动表现依然有良好的效果,因此增强式训练在竞技体育中广泛受推崇,同时也是世界竞技体育领域中的一个热点研究课题。

增强式训练(plyometric training)是一种多重复次数、高冲击、高强度的训练,利用向心收缩前的离心收缩特性和牵张—缩短循环(Stretch-shortening cycle)的运用来达到爆发力和敏捷性提升的效果,其常见训练方式以跳跃训练、伏地挺身、药球、单脚跳、木箱训练为主^[1-3]。增强式训练属于高负荷性质的训练,其训练目的主要是提高人体的爆发力和力量,并通过神经肌肉系统来招募更多肌纤维进行一定顺序规律的收缩。同时动作的电位传递是利用肌浆网释放出的钙离子与旋转蛋白相结合,从而使得肌肉中的横桥与肌动蛋白结合产生滑动并收缩肌肉,当运动强度增大时,开始招募第二类型肌纤维(Type IIa, Type IIb),增强工作能力并提升肌力^[4]。Matavulj 发现^[5],使用增强式跳跃运动的训练方式,可以让膝伸肌力量的产生速率加快而提升垂直起跳的表现。Gabriel 学者亦发现^[6],增强式训练可以促进肌肉收缩前期神经传输速度加快。Burgess 和 Ishikawa 认为^[7-8],增强式训练对肌腱的腱鞘进行牵拉的刺激,并做出被牵拉后的肌肉强力快速收缩的动作,从而使得肌腱上腱鞘的刚度变硬。虽然增强式运动所带来不仅仅是运动表现的提高,也改变肌肉结构形态特性,同时对肌腱刚度、神经适应和肌肉肌腱的弹性能量储存均有一定的影响作用。一些学者观察还发现^[9-11],增强式训练会对肌肉肌电的变化产生影响,在进行 6 周下肢增强式训练后,可有效提升股内侧肌及股外侧肌的肌电活化,训练后股内侧肌和股外侧肌会产生较佳的预先收缩,并且产生较佳的共同收缩现象。因此,增强式运动有助于加快肌肉达到和增加肌肉的最大活化,并且改变肌纤维的直径、力量及肌肉收缩前期神经传输速度,进而提升运动表现。此外,有学者还发现^[6],增强式训练在提高跳跃能力、爆发力、下肢肌力和敏捷性方面都有较好的效果^[12-15,16],但也会带来一定的运动伤害。近年来就有不少学者利用不同材质的表面(例如:草地、沙地、水中)实施增强式训练,从而进一步探索其运动效果^[17-19]。

① 收稿日期:2020-12-15

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究一般项目(203407)。

作者简介:易 军,硕士,副教授,主要从事体育教学与运动训练研究。

综合上述国内外学者的研究发现,增强式训练对运动表现的研究依然过于零散和碎片化。故本研究将增强式训练对运动表现影响归纳成 3 个方面,①硬地增强式训练对运动表现的影响。②软地增强式训练对运动表现的影响。③水中增强式训练对运动表现的影响。希望通过文献整理,指出目前研究的进展以及不足并提出建议,让教练、教师及研究人员进一步了解增强式训练对运动表现的影响和研究现状,并为后续研究提供参考。

1 硬地增强式训练对运动表现的影响

1.1 硬地增强式训练对下肢爆发力的影响

一些学者发现,运动员维持 6~12 周、每周训练约 1~3 次增强式训练,且每次训练完需间隔 48~72 h,可以提升运动员的爆发力,从而提升运动员的运动表现^[20-22,23]。例如林嘉鸿学者^[24]以 16 名 12 岁左右排球男运动员为研究对象,历经 8 周、每周 2 次、每次 40 min 的下肢增强式训练后发现,运动员的下肢爆发力明显增强,同时立定跳远和水平向前加速能力也均有提升,从而提升了排球运动员的运动表现。林峻永学者以 24 名高中羽球队男队员为研究对象^[25],开展为期 8 周、每周 2 次增强式训练后发现,运动员的专项体能爆发力(垂直跳)有明显的进步。董文洋学者以 16 名青少年男子跳远运动员为主要研究对象^[26],分别采用增强式力量训练和传统力量训练,为期 8 周,分别测试实验前后的相关运动素质指标发现,增强式训练比传统力量训练更能有效提高青少年男子跳远运动员下肢爆发力,也能改善运动员的静态平衡能力和动态平衡能力,因此增强式训练对提高爆发力和平衡能力均有效,从而能有效提高青少年男子跳远运动员的跳远成绩。黄俊宗学者^[27]以 21 名青少年篮球队男队员为研究对象,进行为期 12 周、每周 2 天增强式训练,也有效提升了青少年篮球队员的爆发力。柳伊纯和李宁两位学者^[28-29]以篮球职业运动员为研究对象,分别进行 8~12 周、每周 2~3 次的增强式训练发现,在立定跳远、20 m 直线冲刺、助跑摸高的成绩上无论男女运动员均有显著提升,因此可得增强式训练可以提高篮球运动员的爆发力,同时也可以提高篮球运动员在比赛中进攻和防守的运动表现。同时亦有学者^[30]利用不同负重增强式训练对下肢进行为期 8 周、每周 3 次、每次 40~60 min 增强式训练后发现,训练对下肢肌力、肢爆发力表现、冲刺表现都有显著提升,对原地摆臂垂直跳、跨步摆臂垂直跳及落地垂直跳的跳跃表现也有显著提高。陈明良^[31]以 18 名大学体育系男生为研究对象,随机分为上肢增强式训练组、上肢重量训练组及控制组等 3 组,进行为期 8 周的训练,结果发现增强式训练组或重量式训练组都有提升肌力的效果,但对于爆发力的训练则以增强式训练效果更佳。张晓一^[32]探讨了增强式训练对小学篮球选手大腿力量及爆发力的影响,通过木箱跳跃的训练方式进行 8 周增强式训练,发现爆发力的表现如深蹲跳及蹲踞跳的爆发力皆有显著增加。

综上所述,增强式训练的持续时间普遍至少需 8 周以上,训练效果才会逐渐显现出来,训练对象一般适用于竞技运动员,且需具备良好的基础体能,采取循序渐进的训练方式,才能在安全的前提下,提升运动选手的爆发力。

1.2 硬地增强式训练对提升敏捷性的影响

鲁智勇学者一致认为^[33],增强式训练不仅仅能有效增进肌力、爆发力、速度,同时也能提高运动员的敏捷性和身体动态平衡感。李成硕发现^[34],每周进行 2~3 次、每次训练 32~316 次的增强式训练,持续 6~9 周,不但能提高肌力、爆发力成长与跳跃等运动表现,也能提高敏捷性和身体平衡表现。徐静辉学者^[35]以 12 名高中生壁球运动员为研究对象,进行为期 8 周、每周 3 次、每次 80 min 的增强式训练发现,在下肢爆发力垂直跳、专项移位速度及敏捷性能力方面均有显著提升。刘伦佑学者^[36]以 20 名体育专业网球专项学生为研究对象,进行为期 8 周的增强式训练发现,增强式训练能够更好地提高网球运动员的下肢爆发力和灵敏能力的运动表现。Asadi 学者^[37]以 16 位健康大学生进行 6 周、每周 2 次、每次跳跃次数 50 次的增强式训练,结果发现 T 型测试和伊利诺(Illions)测试均提高了 8%。Bal 和刘孟竹两位学者^[38-39]对青年篮球运动员进行为期 6 周、每周 2 次、每次训练 40~50 次的增强式训练,结果发现 T 型测试提升 9%,伊利诺测试提升 6%。同时,王翔星学者^[40]对青少年跆拳道运动员进行为期 5 周、每周 2 次、每次 40 min 的增强式阻力训练发现,增强式训练不仅仅可提高下肢爆发力的表现,并且还可以增强运动员的敏捷性。林政达研究认为^[41],排球运动拦网技巧需要良好的下肢肌力与敏捷性,而增强式训练的牵张一缩短循环可

以促进运动员的肌力和敏捷性的提高,从而提高排球运动员的拦网表现。陈克舟亦认为^[42],增强式训练能够明显地提升排球运动员在后排进行防守时的敏捷能力,同时增进方向变换加速的能力与动作协调能力,使其在移动防守时能迅速触摸到目标物。Taheri等探讨了8周增强式训练和阻力式训练对足球的敏捷性、速度和爆发力的影响^[43],结果发现增强式训练可增加敏捷性、速度和爆发力,阻力式训练亦可增加敏捷性和爆发力,但二种训练相较之下,增强式训练的效果显著优于阻力式训练的效果。Rameshkannan等探讨了8周的增强式训练(每周2次)对手球选手敏捷性的影响^[44],研究发现在T型敏捷性测验结果上,训练后达到显著进步,显见增强式训练对手球选手的敏捷性是有效的。相同地,Singh等探讨了6周增强式训练对跆拳道选手的平衡、肌力、速度和敏捷性的影响^[45],结果发现训练后在敏捷性测验(Illinois agility test)显著提升的同时,垂直跳高能力亦显著提升。

总之,增强式训练的持续时间普遍至少6~8周,才能有效改善敏捷性,探讨运动员或普通成年人的敏捷性一般也会同时测验选手的速度和爆发力。

2 软地增强式训练对运动表现的影响

增强式训练对于肌力、爆发力以及敏捷性有较好的运动表现,但在训练的同时地面的反作用力也会给骨骼肌肉系统带来很大的压力甚至会导致损伤出现,因此有学者提出在不降低运动效果的前提下,同时亦可以降低运动损伤几率,所以不少学者利用不同材质的表面实施增强式训练,进而探索其运动效果。

有学者利用较柔软质地表面来进行增强式训练探索其对运动表现的影响。林川景以增强式的理论为基础^[19],运用沙地进行跳跃训练,以22名大学男性运动员为受试对象,分为沙地组与硬地组,分别进行为期8周、每周2次的增强式训练,结果发现,沙地组和硬地组增强式训练均可以提高肌肉瞬间收缩的速度,而沙地组能更加有效提高下肢肌力和影响跳跃表现。Impellizzeri学者^[46]对37位业余足球运动员以随机分配方式分为草地组(19名)和沙地组(18名),进行为期4周、每周3次增强式训练,结果发现,沙地组和草地组在10 m及20 m的冲刺表现、垂直跳跃能力方面均有较好提升,且草地组只有垂直跳跃表现要好于沙地组,而在肌肉酸痛指数方面,沙地组的酸痛指数要远低于草地组,因此沙地组能更好地减少训练时所产生的肌肉酸痛,这一结果恰与Markovic研究相一致^[47],在沙地进行增强式训练时,可以提高快速移动的表现能力,同时相对于硬地来说,沙地的增强式训练可以更好地降低训练中的肌肉酸痛指数。此外,马一鸣^[48]学者通过不同材质场地(草地组、沙地组、跑道组)实施8周下肢增强式训练发现,三者均可以提升下肢肌肉的爆发力和敏捷性,且草地组、沙地组的效果要高于跑道组,同时对于受试者肌肉疼痛程度和运动损伤风险,草地组、沙地组亦低于跑道组。因此可证,软地增强式训练相对于硬地增强式训练效果来说不但不差,同时还有减低运动损伤的作用。

综上所述,在不同表面进行增强式训练会产生不同的训练效果,不管是在沙地还是草地等较柔软表面来进行增强式训练均可提升运动表现,且与硬地进行增强式训练的效果不相上下,同时还可减缓地面反作用力所造成过大的冲击,减轻关节的负荷,降低其运动疲劳及损伤的发生率。

3 水中增强式训练对运动表现的影响

黄义翔研究发现^[17],陆上增强式训练方式与水中增强式训练方式对于下肢肌力、爆发力及速度的表现并无显著的差异,但水中增强式训练能有效降低在训练时造成的肌肉损伤,这一结果恰是证明了吴慧君的研究^[49],水中增强式训练效果可以达到在陆上训练一样的效果,在提升肌力、爆发力、垂直跳能力及速度上都有较为明显的效果,水中增强式训练可以借助水的浮力减少伸展反射及离心落地的力量,进而降低肌肉损伤的几率。钟雨纯以15名大学男篮运动员为研究对象^[50],进行为期8周、每周2次、每次60 min的水中阻力增强式训练,可以较好地改善下肢动态稳定性,同时亦可以提高下肢肌力及跳跃高度能力。李春涛亦发现^[18],为期8周、每周2次、每次60 min水中阻力增强式训练对排球运动员下肢动态稳定性也具有一定的改善作用,同时还可以增加运动员下肢肌力和爆发力。与此同时,梁俊煌也以15名篮球队运动员为研究对象^[51],并进行为期8周、每周3次、每次60 min的水中增强式训练,结果发现,水中增强式训练可以提高30 s左右侧向移动、垂直跳高、1 min仰卧起坐能力,且在敏捷性的侧移变向能力也达到最佳。与此

同时,有一些学者认为^[52-53],在水中实施 6~8 周增强式训练也可达到硬地相同训练效果,而水中的浮力可以较好地缓冲而减少肌肉疼痛或损伤。因此,在水中进行增强式训练对提升运动表现具有促进作用,且可以有效地减低运动损伤。

4 小结与展望

4.1 小 结

1) 硬地增强式训练对运动员下肢爆发力和运动敏捷性提高有较好的效果。

2) 在软地进行增强式训练其效果与硬地进行增强式训练不相上下,同时还可减缓地面反作用力所造成过大的冲击,减轻关节的负荷,降低其运动疲劳及损伤的发生率。

3) 水中增强式训练效果可以达到硬地增强式训练效果,对运动表现具有促进作用,且可以减低运动损伤的风险。

4.2 展 望

由于增强式训练有利有弊,在提高运动表现的同时也会受到地面对人体的反作用力,从而导致肌肉酸痛和关节受损,降低运动对人体伤害的同时又不影响运动效果,将会成为未来增强式训练探索和发展的方向。

参考文献:

- [1] 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): 133-136.
- [2] 刘志华. 增强式训练效果之探讨 [J]. 嘉大体育健康休闲期刊, 2008, 7(2): 219-226.
- [3] 廖晏崧. 以生物力学评估增强式跳跃训练之成效 [J]. 中华体育季刊, 2010, 24(2): 103-110.
- [4] MALISOUX L, FRANCAUX M, NIELENS H, et al. Calcium Sensitivity of Human Single Muscle Fibers Following Plyometric Training [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2006, 38(11): 1901-8.
- [5] MATAVULJ D, KUKOLJ M, UGARKOVIC D, et al. Effects of Plyometric Training on Jumping Performance in Junior Basketball Players [J]. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2001, 41(2): 159.
- [6] GABRIEL D A, KAMEN G, FROST G. Neural Adaptations to Resistive Exercise: Mechanisms and Recommendations for Training Practices [J]. Sports Medicine, 2006, 36(2): 133-149.
- [7] BURGESS K E, CONNICK M J, GRAHAMSMITH P, et al. Plyometric vs. Isometric Training Influences on Tendon Properties and Muscle Output [J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2007, 21(3): 986-989.
- [8] ISHIKAWA M, KOMI P V. Effects of Different Dropping Intensities on Fascicle and Tendinous Tissue Behavior During Stretch-Shortening Cycle Exercise [J]. Journal of Applied Physiology, 2004, 96(3): 848.
- [9] PARDOS-MAINER E, LOZANO D, TORRONTEGUI-DUARTE M, et al. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(2): 401.
- [10] NEGRA Y, CHAABENE H, STÖGGL T, et al. Effectiveness and Time-course Adaptation of Resistance Training vs. Plyometric Training in Prepubertal Soccer Players [J]. Journal of Sport and Health Science, 2020, 9(6): 88-94.
- [11] CAGNO A D, IULIANO E, BUONSENSO A, et al. Effects of Accentuated Eccentric Training vs Plyometric Training on Performance of Young Elite Fencers [J]. Journal of Sports Science and Medicine, 2020, 19(4): 43-54.
- [12] 马 江. 黑龙江省各市业余体校篮球队增强式训练现状调查 [D]. 大连: 辽宁师范大学, 2014.
- [13] BEDOYA A A, MILTENBERGER M R, LOPEZ R M. Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review Plyometrics and Youth Soccer Performance [J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2015, 29(8): 2351-2360.
- [14] 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.
- [15] ZHANG X C. Research of Jumping Ability and Explosive Power Based on Plyometric Training [C]// Informatics and Management Science III. Springer London, 2013: 427-433.
- [16] KOBAL R, LOTURCO I, BARROSO R, et al. Effects of Different Combinations of Strength, Power, and Plyometric

- Training on the Physical Performance of Elite Young Soccer Players [J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2017, 31(6): 1468-1476.
- [17] 黄义翔, 曾韦杰. 不同类型的增强式训练对篮球选手运动表现之影响 [J]. 大专体育, 2014(130): 9-15.
- [18] 李春涛. 水下阻力增强式训练对男排运动员下肢运动表现影响研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(2): 115-122.
- [19] 林川景. 沙地增强式训练对下肢肌力与爆发力之影响 [D]. 高雄: 正修科技大学, 2010.
- [20] 高仁杰, 沈启兵, 伍骅圣, 等. 增强式训练对下肢爆发力之影响: 两岸运动训练科学研讨会论文集 [C/OL]. (2013-12-05)[2020-11-15]. https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=1a1h00y03n6k0ee0856808g0e5590843&site=xueshu_se.
- [21] 陈国铨, 郭癸宾, 林俊达, 等. 增强式训练处方与效果之探讨 [J]. 屏东大学体育, 2015(1): 153-164.
- [22] 潘桂叶, 黄泰源. 增强式训练对高中壁球选手下肢爆发力、移位速度之影响 [J]. 长荣运动休闲学刊, 2015(9): 65-77.
- [23] 萧牧心, 蔡俊贤. 药球增强式训练以网球运动为例 [J]. 高师大体育, 2016, 15(6): 60-70.
- [24] 林嘉鸿. 八周增强式训练对男童排球选手下肢水平瞬发力的影响 [J]. 文化体育学刊, 2014(17): 25-35.
- [25] 林峻永, 陈奕良, 罗贯中. 不同增强式训练方式对高中羽球选手专项体能之影响 [J]. 嘉大体育健康休闲期刊, 2017(16): 11-14.
- [26] 董文洋. 增强式训练对青少年男子跳远运动员专项体能的影响 [D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [27] 黄俊宗. 增强式训练对青少年篮球队员速度、爆发力与无氧动力之影响 [J]. 台南大学体育学报, 2013(8): 40-51.
- [28] 柳伊纯, 陆政吉. 台湾甲组女子篮球队爆发力训练之研究——以增强式训练介入 [J]. 运动休闲餐旅研究 2017, 12(1): 15-29.
- [29] 李 宁. 增强式训练对篮球运动员爆发力训练效果的影响探究——以广州体育学院乙 A 组男篮为例 [D]. 广州: 广州体育学院, 2017.
- [30] 骆书於. 不同负重增强式训练对五人制足球运动员下肢运动表现的影响 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(6): 160-166.
- [31] 陈明良. 男性运动员上肢增强式训练效果的研究 [D]. 台湾屏东: 台湾屏东大学, 2011.
- [32] 张晓一. 增强式训练对小学篮球选手大腿力量、爆发力之影响 [D]. 台湾苗栗: 育达科技大学, 2017.
- [33] 鲁智勇, 娄志堃, 胡英琪, 等. 动态拉伸结合增强式训练对男子橄榄球运动员身体功能影响的研究 [C]// 2015 第十届全国体育科学大会论文集·杭州, 2015: 509-510.
- [34] 李成硕. 增强式训练提升敏捷性效益之探讨 [J]. 运动教练科学, 2014(34): 61-69.
- [35] 徐静辉, 赵明毅, 蔡贵兰. 增强式训练对青少年壁球运动员下肢爆发力、专项移位速度与敏捷性之研究 [J]. 高医通识教育学报, 2016(11): 127-141.
- [36] 刘伦佑. 增强式训练对网球运动员灵敏素质影响的实证研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- [37] ASADI A. Effects of Six Weeks Depth Jump and Countermovement Jump Training on Agility Performance [J]. Sport Science, 2012, 5(1): 21-25.
- [38] BAL B S, KAUR P J, SINGH D. Effects of a Short Term Plyometric Training Program of Agility in Young Basketball Players [J]. Brazilian Journal of Biomotricity, 2011, 5(4): 271-278.
- [39] 刘孟竹, 吴正杰, 陈建廷. 不同训练方式对篮球员下肢最大爆发力与敏捷能力之影响 [J]. 台湾体育学术研究, 2018(64): 55-66.
- [40] 王翔星, 李文娟, 汤惠婷. 增强式阻力训练是否增强青少年跆拳道运动员改变方向的能力 [J]. 运动表现期刊, 2018, 5(1): 27-34.
- [41] 林政达. 增强式训练对排球选手拦网技巧之探讨 [J]. 嘉大体育健康休闲期刊, 2014, 13(2): 301-309.
- [42] 陈克舟. 增强式训练对男子排球选手防守敏捷能力之影响 [J]. 台湾体育运动大学学报, 2014, 3(1): 1-12.
- [43] TAHERI E, NIKSERESHT A, KHOSHNAME E. The Effect of 8 Weeks of Plyometric and Resistance Training on Agility, Speed and Explosive Power in Soccer Players [J]. European Journal of Experimental Biology, 2014, 4(1): 383-386.
- [44] RAMESHKANNAN S, CHITTIBABU B. Effect of Plyometric Training on Agility Performance of Male Handball Players [J]. International Journal of Physical Education, Fitness and Sports, 2014, 3(4): 72-76.
- [45] SINGH A, KUMAR A B, SANDHU J S. Effect of a 6 Week Plyometric Training Program on Agility, Vertical Jump Height and Peak Torque Ratio of Indian Taekwondo Players [J]. Sports and Exercise Medicine, 2015, 1(2): 42-46.
- [46] IMPELLIZZERI F M, RAMPININI E, CASTAGNA C, et al. Effect of Plyometric Training on Sand Versus Grass on

- Muscle Soreness and Jumping and Sprinting Ability in Soccer Players [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2008, 42(1): 42-46.
- [47] MARKOVIC G, MIKULIC P. Neuro-musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training [J]. *Sports Medicine*, 2010, 40(10): 859-895.
- [48] 马一鸣, 李立良, 潘倩玉, 等. 不同场地之增强式训练对小学篮球选手下肢无氧运动能力及肌肉疼痛之影响 [J]. *台湾体育学术研究*, 2018, 64: 55-66.
- [49] 吴慧君. 水中增强式训练对运动能力表现之影响 [J]. *中华体育季刊*, 2009, 23(3): 62-68.
- [50] 钟雨纯. 水中阻力增强式训练对大专篮球选手下肢肌力、跳跃能力及动态稳定度之影响 [J]. *大专体育学刊*, 2016, 18(2): 79-91.
- [51] 梁俊煌, 高如仪, 施正人. 水中增强式训练对于篮球选手运动能力的影响 [J]. *嘉南学报(人文类)*, 2013(39): 309-319.
- [52] CROWTHER R G, SPINKS W L, LEICHT A S, et al. Kinematic Responses to Plyometric Exercises Conducted on Compliant and Noncompliant Surfaces [J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2007, 21(2): 460-465.
- [53] STEMM J D, JACOBSON B H. Comparison of Land and Aquatic-Based Plyometric Training on Vertical Jump Performance [J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2007, 21(2): 568-571.

On Influence of Plyometric Training on Different Surfaces of Sport Performance

YI Jun

Institute of Physical Education, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China

Abstract: The influence of muscle regulation on human body movement has been reviewed in this paper under different material surfaces on the basis of literature, biomechanics and kinematics, and the influence of plyometric training on different material surfaces on sport performance been further explored on the basis of prospective researches. The research review shows that: First, enhanced training is effective in the improvement of jumping ability, explosive force, lower limb muscle strength and sensitivity. Second, the effect of enhanced training on soft ground matches that on hard ground. And enhanced training on soft ground can also reduce the excessive impact caused by ground reaction force, thus easing the load of joints and lowering the incidence of sports fatigue and injury. Third, enhanced training in water, the effect of which is comparable to that of hard ground enhanced training, can promote sports performance and reduce the risk of sports injury. It is hoped that the study will offer coaches, teachers and researchers a preliminary understanding of the impact of enhanced training on athletic performance and provide a reference for future research.

Key words: plyometric training; sport performance; sports injuries; physiological mechanism

责任编辑 汤振金