

高强度间歇训练模式下悬吊训练对 女子足球运动员运动表现影响^①

武乐玲

重庆人文科技学院 体育学院, 重庆 合川 401524

摘要:为探讨以高强度间歇模式进行悬吊运动是否能显著提升足球运动员运动表现, 招募 30 名足球运动员进行 5 式悬吊运动的高强度间歇训练, 每式动作进行 30 s, 每式间隔休息 30 s, 每周每式运动时间增加 10 s, 每周训练 2 次, 共训练 8 周。结果显示: 8 周悬吊运动训练能显著降低体脂率, 仰卧起坐、立定跳远、平衡能力、T 字敏捷跑、加速爆发力、垂直跳跃高度、垂直爆发力、无氧能力、3 min 登阶测试、摄氧效率斜率等运动表现显著提升; 但是, 最大摄氧量则无显著变化。

关键词:平衡能力; 爆发力; 核心肌群; 最大摄氧量

中图分类号: G80-3

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)06-0154-06

足球运动员经常需在长时间内反复进行冲刺跑、快速折返及旋转等^[1], 传统阻力训练或增强式运动并不能普遍应用于足球运动员体能训练。近年来, 核心运动训练经常被应用于提升躯干核心稳定性、核心耐力及核心肌力, 并有效地将上肢及下肢力量运用在操作表现上, 进而提升运动表现^[2]。有研究表明^[3-4], 利用稳定支撑面、抗力球或其他不稳定的支撑面进行核心运动, 能显著提升核心耐力与核心肌力, 同时有研究发现^[5], 相较于在稳定地面或不稳定球面上进行核心运动, 利用悬吊系统则易诱发较高核心肌肉电位反应。目前悬吊系统进行核心运动对运动表现的影响研究较少, 且尚未有研究利用高强度间歇训练方式进行悬吊训练(TRX)运动训练。本研究重在探讨 8 周高强度悬吊式核心运动对下肢爆发力、平衡能力、摄氧量、心肺适能、无氧动力及体脂率与身体质量指数等的影响。

1 实验对象与方法

1.1 实验对象

本研究招募 30 名女子国家二级足球运动员为被试, 所有的被试在进行本次悬吊系统训练实验过程中, 不接受任何肌力、体能或核心运动训练。被试年龄(20.2 ± 1.1)岁, 身体质量指数(20.65 ± 1.96) kg/cm², 体脂率(24.98 ± 0.05)%。

1.2 实验方法

1.2.1 实验步骤

实验时间为 8 周, 每周进行 2 次运动干预, 其间休息间隔至少 2 d。所有被试者于运动干预前 1 周及训练 8 周结束后 1 周内进行所有测试, 项目包含: 一般体能检测(身体组成与身体质量指数、立定跳远、仰卧起坐及 3 min 登阶)及竞技体能检测(反应测试、30 m 冲刺、垂直跳、平衡检测、T 字敏捷测试、无氧动力及最大摄氧量测试)检测。所有测试顺序以随机挑选方式进行测量, 其中仅最大摄氧量与无氧动力检测至少间隔 3 d。运动训练介入前, 每位被试者进行 10 min 的脚踏车热身活动; 5 种不同的悬吊运动训练每个动

① 收稿日期: 2016-10-14

作者简介: 武乐玲(1977-), 女, 湖北襄樊人, 硕士, 讲师, 主要从事体育教育训练研究。

作进行时间 30 s，每个动作之间间隔休息 30 s。每周每种运动时间增加 10 s，于第 8 周时每个动作进行时间为 100 s，每种动作之间仍休息 30 s(第 1 周至第 8 周单纯总运动训练时间，分别约为 3 分 30 秒至 12 分钟)，并通过调整被试者的位置来控制运动难度，使运动强度控制在 80%~90% 心率储备量(heart rate reserve, HRR)之间，并以 Polar 心率监测仪监测运动强度。

1.2.2 悬吊动作介绍

本研究共进行 5 种 TRX 悬吊系统运动训练，其中包含：核心稳定动作与核心肌力动作。动作见图 1。



动作1 弓箭步

动作2 平台式
交替髋外展

动作3 腿后腱
肌卷曲

动作4 45°划船

动作5 腹斜肌卷腹

图 1 5 种悬吊运动训练动作

1) 动作 1：弓箭步

起始姿势以右脚弯曲 90°悬挂于绳上，左脚伸直支撑于地面，接着身体以直立向下蹲至左脚膝弯曲约 90°后再起身回复至起始姿势，左右脚须轮流进行。

2) 动作 2：平台式交替髋外展

以手肘撑地呈俯卧姿势，将双脚伸直并悬吊至与身体呈现水平的高度，接着双脚轮流将单脚外展至最大，之后恢复至起始姿势。

3) 动作 3：腿后腱肌卷曲

身体呈仰卧姿势，髋关节与膝关节成 90°姿势后将双脚悬挂于绳上，双脚沿着身体远程方向伸直将臀部与躯干抬离地面，接着将膝关节屈曲至 90°并将身体与大腿抬高呈一直线后再将脚伸直。

4) 动作 4：45°划船

身体直立将手举至 90°呈水平抓住握把后将身体后倾直到手与悬吊绳成一直线，接着朝绳索方向做引体向上动作至肩关节水平外展 90°后再回复到双臂伸直姿势，动作过程中尽量保持躯干稳定，避免头颈部姿势改变、耸肩、驼背及腰部代偿等不正确动作发生。

5) 动作 5：腹斜肌卷腹

起始姿势以俯卧姿势手掌撑地，将双脚伸直悬吊，身体呈现水平高度，接着将双脚膝关节弯曲并朝左、右斜线方向(约肩膀位置)轮流进行，再回复水平姿势。

1.2.3 测试项目

研究工具包括一般体能检测(身体组成与身体质量指数、立定跳远、仰卧起坐及 3 min 登阶)及竞技体能检测(30 米冲刺、垂直跳、平衡检测、T 字敏捷测试、无氧动力及最大摄氧量测试)。

1) 立定跳远

目的是测试腿部瞬间爆发力，被试者站至检测器材之测试垫上，尽全力往前跳跃一步，总共测试 2 次，2 次间休息 30 s，取最佳成绩。

2) 60 s 仰卧起坐

目的是测试腹部核心肌耐力，测试时间共 60 s，预备时被试者屈膝 90°，双手交叉搭在肩膀上，每次躺下肩胛骨都要碰到地面，上身起来时手肘要超过膝盖，算一次。

3) 3 min 登阶

目的是测量被试者心肺适能,采用无线检测模块(radiofrequency physical fitness testing system, Accuratus International Health Company, New Taipei, Taiwan)进行测验.被试者在 3 min 内配合节奏声(96 拍/min)上下台阶,3 min 结束后,施测人员利用指脉夹测量心率.机器自动算出体力指数,公式为:体力指数=登阶持续时间(s)×100/(3 次恢复脉搏数总和乘以 2).

4) 身体组成及身体质量指数

本研究使用 BioSpace InBody 230 (InBody 230, Biospace, Cerritos, CA, US) 身体组成分析仪进行检测,利用生物电阻抗(BIA)原理检测体脂肪率.身体质量指数以体质量(公斤)除以身高(米)平方计算.

5) 30 m 冲刺

目的是测试被试者启动爆发力(0~10 m)及加速爆发力(10~30 m),检测仪器为无线光闸传输系统(Smart Speed, Fusion Sport, Queensland, Australia),运动员采立姿起跑,共测量 2 次,2 次间休息 60 s,取最佳成绩.

6) 垂直跳

目的是测试被试者下肢爆发力,检测仪器为 Smartjump 垂直跳跃分析仪(Smart Speed, Fusion Sport, Queensland, Australia),测量被试者下蹲垂直跳跃高度,进而推算运动员下肢爆发力,总共测试 2 次,2 次间休息 60 s,取最佳成绩.

7) 平衡检测

本研究平衡检测采用改良式感觉整合平衡交互作用临床测试(modified clinical test of sensory interaction on balance, m-CTSIB),平衡测试仪器为(BioSway Balance System, Biodex Corp., Shirley, NY, US)进行测量.此测验方法有 2 种,第一个是开眼站在硬地(30 s),第二个开眼站在软垫(30 s),每项之间有 10 s 的休息时间.

8) T 字敏捷测试

此测验主要测试被试者敏捷能力,以立姿起跑先往前跑 10 m,摸到定点角锥后,向左或右移动,横向移动时需使用侧并步移动,摸最旁边角锥,再移动至另一边摸角锥,最后回到中间摸角锥再往后倒退跑.测验过程中若有动作错误,则当次测验不算,休息之后重新测试.起始点与终点为同一点,利用 Smart Speed 无线光闸系统计算时间,共测量 1 次.

9) 无氧动力

本研究使用脚踏车测功仪(Cyclus 2, AvatronCyclus 2, Leipzig, Germany)以 30 s Wingate 检测流程进行无氧动力测验.测验者调整脚踏车上阻力,给予一定负荷,而被试者在脚踏车尽全力进行 30 s 运动后,并以相对体质量计算方式测得运动员无氧爆发力、无氧动力及疲劳指.

10) 最大摄氧量测试

本研究采用高速跑步机(H/P Cosmos Pulsar, H/P/Cosmos 3P 4.0, Nussdorf-Traunstein, Germany)及摄氧量分析(Cosmed Quark CPET system; Rome, Italy)进行最大摄氧量测量与分析.测量开始时请被试者站立于跑步机上约 3 min,待其心跳平稳后进行测试.摄氧量测试采用 Bruce protocol 进行,共计 21 min,每 3 min 一阶段,共 7 阶段.而跑步机的速度和坡度随着难度增加而改变.以测得最大摄氧量(mL/min)以及透过摄氧量(VO_2 , mL/min)与每分钟通气量(VE, L/min)之间的关系计算摄氧效率斜率(oxygen uptake efficiency slope, OUES),OUES 值与心肺功能成正比,且其值越大,心肺功能也就越好.

1.2.4 数据处理

使用 SPSS 22.0 统计分析软件进行 paired t-test 数据分析,比较 8 周运动训练前及训练后被试者体脂率与身体质量指数、60 秒仰卧起坐、体力指数、一次立定跳、平衡能力、30 m 冲刺(启动爆发力、加速爆发力)、立定垂直跳(下肢爆发力)、T 字敏捷检测(敏捷度)、无氧动力测试(无氧动力检测)及摄氧量测试等各项检测值变化情形.显著水平统一设定为 $\alpha=0.05$.

2 研究结果

2.1 一般体能检测结果

表 1 显示,被试者在接受 8 周的悬吊系统运动训练后,于一般体能检测项目中发现其体脂率与身体质

量指数、60 s 仰卧起坐、体力指数和一次立定跳皆有改善，且差异具有统计学意义($p<0.05$)。

表 1 一般体能检测

指标	前测	后测	p 值
BMI/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	20.65±1.96	20.27±1.89	0.002*
体脂率/%	24.98±0.05	21.75±0.05	0.001*
60 s 仰卧起坐/次	34.5±6.36	40.32±7.56	0.001*
登阶体力指数	67.58±12.42	73.08±13.24	0.035*
立定跳远/m	1.73±0.27	1.82±0.82	0.002*

注：* 表示 $p<0.05$ 。

2.2 竞技体能检测结果

表 2、表 3 显示，竞技体能方面，CTSIB 平衡检测检测项目发现，被试者于悬吊系统训练后闭眼软地检测项目有改善，且差异具有统计学意义($p<0.05$)。敏捷度检测中发现被试者 T 字敏捷检测项目在运动干预前后有改善且差异具有统计学意义($p<0.05$)。在爆发力相关检测发现，被试者在加速爆发力、垂直跳高度和垂直爆发力项目中于运动训练介入前后差异具有统计学意义($p<0.05$)。

表 2 CTSIB 平衡检测

类别	前测	后测	p 值
平衡-闭眼硬地/s	0.46±0.16	0.54±0.13	0.065
平衡-闭眼软地/s	0.80±0.23	0.72±0.18	0.038

表 3 爆发力、敏捷度检测

指标		前测	后测	p 值
启动爆发力	0~10 m 冲刺/s	3.35±0.04	3.46±0.53	0.06
加速爆发力	10~30 m 冲刺/s	5.62±0.51	5.8±0.47	0.047*
	垂直纵跳高度/cm	26.42±6.96	28.55±6.73	0.006*
	垂直爆发力/W	36.32±7.16	38.84±7.46	0.004*
敏捷度	T 字敏捷跑	14.98±1.3	13.82±1.11	0.000 1*

注：* 表示 $p<0.05$ 。

2.3 无氧能力和摄氧量检测结果

由表 4 可知，被试者在运动训练介入后其无氧能力有所改善，差异具有统计学意义($p<0.05$)。在摄氧量检测中，被试者在摄氧效率斜率检测项目方面与运动训练介入前后有改变量，差异具有统计上的意义($p<0.05$)。

表 4 Wingate 无氧动力、摄氧量检测

	前测	后测	p 值
无氧爆发力/w	8.71±1.05	8.93±0.76	0.126
无氧能力/w	6.16±1.18	6.6±1.28	0.015*
疲劳指数	9.62±3.14	10.00±4.07	0.305
最大摄氧量/($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	2 162.8±402.69	2 193.9±473.23	0.092
OUES 斜率/(($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)·($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$) ⁻¹)	2 405.95±436.62	2 505.8±531.81	0.032*

注：* 表示 $p<0.05$ 。

3 讨 论

本研究发现，高强度间歇式悬吊运动训练不仅可以降低体脂肪率与身体质量指数，而且显著提升了一般体适能及竞技体适能力指标。本研究悬吊式运动训练类型包含弓箭步、平台式交替腕外展、腿后腓肌卷曲、45°划船及腹斜肌卷腹，其提升运动表现的原因推测可能因为悬吊式运动训练能显著诱发肌肉动作电位活性反应且可能提升肌肉力量^[6]。Cormie Dean 等研究发现^[7]，核心运动项目中，单脚蹲踞动作、髋关节外展动作诱发臀大肌及臀中肌所产生肌肉动作电位皆达 70%~82%最大等长收缩力量，滑板蹲踞动作、单脚桥式运动诱发动作电位约 50%~66%最大等长收缩力量；Michael 等研究发现^[8]，以俯卧姿式进行桥式

动作型态, 诱发腹内斜肌及腹直肌肌肉动作电位约 35%~40%最大等长收缩力量, 以仰卧姿式进行桥式动作, 则诱发多裂肌及竖脊肌肌肉动作电位产生约 30%~40%最大等长收缩力量. 以悬吊系统进行平板式髋关节外展运动、45°划船运动显著提升腹内斜肌、腹横肌、腹直肌(分别约 20%~60% MVIC)及多裂肌肌肉动作电位活性反应(<20% MVIC), 相较于其他动作, 腿后腱肌卷曲动作则更显著提升多裂肌肌肉动作电位活性反应(>50% MVIC), 而腹内斜肌、腹横肌、腹直肌的反应约 20%~50%^[9]. 因此, 本研究 8 周悬吊式运动训练型态与进行传统阻力训练相似, 推测可提升下肢肌肉力量及提升躯干核心肌群肌肉耐力及稳定性, 进而提升运动表现. 值得注意的是本研究在经过 8 周高强度间歇式悬吊运动训练后, 被试体脂率明显降低. 有研究发现^[10], 相较于一般有氧运动, 通过较短运动训练时间进行高强度间歇训练能更有效降低皮下及腹部脂肪质量, 并且高强度间歇训练同时能提升有氧能力、无氧能力及肌肉适能; 史仍飞等^[11]研究发现, 低强度阻力训练搭配缓慢动作速度与高强度搭配正常动作速度, 皆显著提升肌肉量及肌肉力量; 任满迎等^[12]研究中等运动强度有氧运动、阻力训练或有氧运动合并阻力训练时发现, 3 种运动训练皆显著降低皮下脂肪组织. 本研究进行高强度间歇式悬吊运动训练后发现被试立定跳远、加速跑爆发力、垂直跳高度、垂直跳爆发力、无氧能力得到显著提升. 此机制可能与提升躯干及髋关节间僵直程度及提升肌肉一肌腱间力量传递效率有关. 类似研究^[13]同样也发现, 进行核心稳定性训练后, 显著提升了双脚膝伸肌及膝屈肌等速向心力, 降低了双脚跳跃肌力不对称性程度. Imai 研究^[14]指出, 核心稳定运动能显著提升反弹跳跃能力, 此反弹跳跃能力代表意义为: 在最短时间内发展最大力量能力表现或爆发力表现. 可见, 本研究高强度间歇性 TRX 运动训练效益与循环式耐力训练及振动式训练相似.

本研究发现高强度间歇式悬吊运动训练能显著提升开眼软地平衡能力与 T 型折返跑, 推测原因可能为核心运动后显著提升了仰卧起坐能力或提升躯干肌肉耐力所致. 此外, 本研究同样以悬吊运动进行平台式髋外展核心肌群训练, 认为此运动模式能大幅度诱发下腹部肌群及臀大肌、臀中肌肌肉动作电位. 躯干、骨盆和髋关节等核心肌群被活化, 不仅提高了动作稳定性亦改善了身体控制力, 同时能有效传送四肢力量及速度, 提升 T 型折返跑及平衡能力. 此外, 本研究发现 8 周高强度间歇式悬吊运动训练后虽然未显著提升最大摄氧量, 但仍显著提升 OUES 摄氧效率斜率与登阶体力指数. 有研究也指出^[15], 足球运动员进行 6 周循环式耐力训练和振动式训练以及 12 周有氧及肌力运动训练, 能显著提升有氧适能, 而针对年轻健康被试者进行短暂 Wingate 高强度间歇训练则显著提升最大摄氧量^[16]. 因 OUES 与最大摄氧量之间具有高度正相关, 因此 OUES 是心肺适能重要指标之一. 可见本研究高强度间歇式悬吊运动训练能有效显著提升心肺适能力.

4 结论与建议

本研究针对女子足球运动员进行 8 周高强度间歇式悬吊运动训练, 显著降低了被试体脂肪率, 提升了躯干核心耐力、下肢爆发力、心肺适能. 由此结果推测, 该训练可能会提升足球运动员躯干、骨盆和髋关节稳定性, 增加活动过程中稳定性, 进而减少比赛或训练中受伤风险. 由于此训练模式单次训练时间较短, 足球运动员或运动爱好者可在一般训练中加入此训练. 但是, 此训练模式对其他肌力或爆发力属性运动员的训练效益为何, 目前尚未有相关研究提出论证, 值得进一步探究.

参考文献:

- [1] MARTIN P J. Ef-Fects of Vibration Training on Muscle Power: A Meta-Analysis [J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2010, 24(2): 871—878.
- [2] EKLUND G, HAGBARTY K E. Normal Variability of Tonic Vibtation Reflexes in Men [J]. Experimental Neurology, 1966, 31(6): 80—92.
- [3] KUNNEMEYER J, SCHMIDTBLEICHER D. Beeinflussung der Reaktivitat Durch Die Rhythmische Neuromuskulare Stimulation (RNS) [J]. Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin, 1997, 9(2): 39—42.
- [4] SCHLUMBERGER A, SALIN D, SCHMIDTBLEICHER D. Kraft Training Under Vibrationseinwirkung [J]. Sportverletz Sportschaden, 2001, 15(1): 1—7.

- [5] BOSCO C, CARDINALE M, TSARPELAO O. Influence of Vibration on Mechanical Power and Electromyogram Activity in Human Arm Flexor Muscles [J]. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1999, 79(4): 306—311.
- [6] ISSURIN V B, TENENBAUM G. Acute and Residual Effects of Vibratory Stimulation on Explosive Strength in Elite and Amateur Athletes [J]. *Journal of Sports Sciences*, 1999, 17(3): 177—182.
- [7] CORMIE P, DEANE R S, TRIPLETT N T, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Activity, Strength, and Power [J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(2): 257—261.
- [8] MICHAEL M, BOSCO C. The use of Vibration as an Exercise Intervention [J]. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2003, 31(1): 3—7.
- [9] DELECLUSE C, ROELANTS M, VERSCHUEREN S. Strength Increase After Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003, 35(6): 1033.
- [10] 王兴泽. 机体振动力量训练案例分析 [J]. *北京体育大学学报*, 2009, 32(9): 110—116.
- [11] 史仍飞, 危小焰. 机械生长因子(MGF)与运动 [J]. *体育科学*, 2006, 26(6): 90—92.
- [12] 任满迎, 赵焕彬, 刘 颖, 等. 振动力量训练即时效应与结构性效应的研究进展 [J]. *体育科学*, 2006, 26(7): 63—66.
- [13] BOSCO C, CARDINALE M, TSARPELA O. The Influence of Whole Body Vibration on Jumping Performance [J]. *Biol Sport*, 1998, 15(3): 157—164.
- [14] GUDE E, GULLESTAD L, FIANE A E, et al. Role of Limb Movement in the Modulation of Motor Unit Discharge Rate During Fatiguing Contractions [J]. *Experimental Brain Research*, 2000, 130(12): 392—400.
- [15] MESTER J, SPITZENFEIL P, SCHWARZER J. Biological Reaction to Vibration Implications for Sport [J]. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 1999, 2(3): 211—226.
- [16] BEHM D G, SALE D G. Intended Rather than Actual Movement Velocity Determines Velocity Specific Training Response [J]. *Journal of Applied Physiology*, 1993, 74(1): 359—368.

On Effect of High Intensity Interval Total Resistance Exercise Training on Physical Performance in Woman's Football player

WU Le-ling

College of Physical Education, Chongqing College of Humanities Science and Technology, Hechuan Chongqing 401524, China

Abstract: Core stability training is often used to prevent the low back pain. However, the effect of core stability training with suspension device on improvement of physical performance has not yet been studied. This study aims to examining whether high-intensity interval suspension exercise training can improve physical performance in football player. Thirty healthy university students, whose major is football, have been voluntarily participated in this study and each participant completed five suspension exercises. Each type of exercise performed for a 30 seconds, with 30 seconds rest between exercises. Duration of each exercise is increased 10 seconds per week, two times per week for a period of 8 weeks. The results show that high-intensity interval suspension exercise training significantly decrease the fat mass (about 13%) and increase the physical fitness in football player. Increased physical fitness is indicated by sit-ups, standing long jump test, balance ability, T-test agility, explosive force of acceleration, vertical jump ability, anaerobic capacity, three-minute step test and oxygen uptake efficiency slope. These results conclude that high-intensity interval suspension exercise training can be used for effective improvement of physical performance in football player.

Key words: balance ability; explosive strength; core muscle; maximal oxygen uptake