

足球运动员服用螺旋藻对体成分、下肢爆发力以及有氧功能的影响

张雨亭¹, 裘晓阳², 吴 玮³, 徐异宁¹, 李晓寒¹, 周升春¹, 白 鑫¹, 陈海敏³, 裘琴儿^{1*}

(1.宁波大学 体育学院, 浙江 宁波 315211; 2.浙江理工大学 经济管理学院, 浙江 杭州 310018;

3.宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315832)

摘要: 为了探究口服螺旋藻补剂对足球运动员体成分、下肢爆发力以及身体有氧功能的影响, 用随机双盲对照实验, 将 20 名男性足球运动员随机选出 10 名分配至螺旋藻组(SP 组), 另 10 名分配至安慰剂组(PB 组). 在训练前和为期 8 周训练后分别采集受试者体成分、下肢爆发力及身体有氧能力等数据, 采用重复测量方差分析研究组内数据的前后差异. 结果表明: 8 周实验结束后, PB 组受试者右下肢肌肉量、纵跳高度、红细胞平均体积显著上升($P<0.05$), 平均血红蛋白浓度显著下降($P<0.05$), 其余指标变化不显著($P>0.05$). SP 组受试者的肌肉量、左上肢肌肉量及右下肢肌肉量、纵跳高度、纵跳最大加速度、纵跳平均输出功率、纵跳总最大功率均显著上升($P<0.05$), 其他指标前后无显著差异($P>0.05$). 表明 8 周螺旋藻补剂的摄入抑制了足球运动员训练氧化应激引起的负面效应, 对训练适应有积极作用.

关键词: 螺旋藻补剂; 足球运动员; 下肢爆发力; 体成分; 有氧功能

中图分类号: G808.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2023) 01-0088-06

有研究认为^[1], 长时间高强度的训练会使运动员出现不利于身体的负面现象, 所以运动员训练后的恢复对其竞技水平的提升非常重要, 科学的恢复不仅能预防损伤, 还能提升身体素质. 服用运动补剂作为一种被广泛用于提升恢复效果和效率的措施被业界普遍接受. 在种类繁多的补剂中, 螺旋藻补剂因其出色的抗氧化、抑制有害代谢产物和无菌炎症发生功能而备受关注^[2-3].

有研究发现^[4], 螺旋藻对运动员积极影响显著. 但国内外对螺旋藻补剂的作用众说纷纭, 目前仍无定论, 且已有相关研究大多以职业运动员、临床病人等为研究对象.

本研究选择高校男性足球运动员作为研究对象. 选取肌肉量作为体成分量化指标(稳定的肌肉量是运动员竞技表现的基础, 但高强度运动会造成肌肉的损伤和流失, 不利于运动员身体素质的

提升^[5]); 选取纵跳表现作为下肢爆发力量化指标(纵跳表现是评定运动员身体协调与爆发力的重要指标^[6-7], 且纵跳表现与运动员的竞技能力呈正相关^[8]); 选取肺活量和红细胞相关指标作为身体有氧功能的评估指标(肺活量反映肺一次通气的最大能力, 可作为心肺能力的评价指标^[9], 通常当运动员训练状态提高时, 其肺活量也会随之增加^[10]; 而红细胞是运输氧和二氧化碳的物质基础, 是评定血液运氧能力的重要参数). 通过口服螺旋藻补剂与安慰剂对比实验, 以期探明口服螺旋藻补剂对训练期大学生运动员体成分、下肢爆发力及身体有氧功能的影响.

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

招募宁波大学男性足球运动员 20 人, 其中 1

收稿日期: 2022-08-03.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波市启呈体育文化发展有限公司委托研究项目(HS2019000006).

第一作者: 张雨亭(1997-), 男, 山东淄博人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 运动生理. E-mail: 2011042034@nbu.edu.cn

*通信作者: 裘琴儿(1968-), 女, 浙江宁波人, 教授, 主要研究方向: 健康体适能. E-mail: qiuqiner@nbu.edu.cn

名一级运动员, 19 名二级运动员。入选条件: (1) 6 个月内无运动损伤、传染性等疾病临床记录; (2) 无心血管和严重呼吸疾病史, 且在过去 1 个月内未服用会影响实验结果的药物和补剂。 (3) 国家二级运动员及以上(拥有国家颁发的 11 人制足球运动等级证书)。实验之前, 所有研究对象都签署知情同意书, 告知本研究的风险和受益, 程序符合《赫尔辛基宣言》, 经宁波大学伦理委员会审查通过(伦理审查编号: ChinCTR2100045524)。

1.2 实验设计

受试者年龄(19.69 ± 0.92)岁, 身高(178.71 ± 7.36) cm, 体质量(68.30 ± 7.43) kg。采取随机双盲对照实验, 将受试者随机分为两组, 一组服用螺旋藻(SP 组), 另一组服用安慰剂(PB 组)。两组操作人员各自为 SP 组和 PB 组发放螺旋藻补剂和安慰剂, 除实验设计者外, 均不知道两组补剂的区别。

测试前 3 d 受试者参观实验场地, 实验当天, 操作人员收集受试者的体成分数据。由医生收集肘静脉血液, 采集完成休息 10 min 后, 受试者进行 15 min 热身, 包括慢跑、动态拉伸等训练前预热动作, 随后依次测试纵跳表现和肺活量。前测数据采集完毕后, 定期定量发放螺旋藻补剂和安慰剂, 8 周后采集后测数据。两组的基线数据使用独立样本 t 检验对比, 若各项指标组间无显著性差异($P > 0.05$), 再进行后续实验。

1.3 摄入

本实验所用螺旋藻补剂为深绿色椭圆形片剂(图 1), 由丽江程海保尔生物开发有限公司提供, 批准文号: 国食健字 G20120502; 执行标准: Q/LBE 0002 S-2014。每片含螺旋藻提取物 500 mg。安慰剂为深绿色糯米粉制片。



图1 实验所用的螺旋藻补剂

受试者采样完成后开始服用螺旋藻补剂或安慰剂, 按照每人每天 3 g 用量发放, 由操作人员每周一在训练场发放一周用量, 21 g, 共计 42 片。服用方法: 口服, 每日分早中晚 3 次, 每次 2 片。操作人员在训练结束后对运动员摄入情况进行登记,

设立受试者排除标准, 发生以下任何一项则剔除该受试者数据: (1) 未按要求摄入补剂; (2) 缺席训练超过 3 次; (3) 服用药品或其他补剂。8 周后两组受试者同时停止摄入, 进行后测数据收集。

1.4 训练安排

8 周训练计划见表 1, 内容包括有球训练、力量训练、耐力训练和战术指导, 每周共训练 6 d。

表1 周训练计划 min

训练项目	时间						
	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
有球训练	100	60	100	120	30	100	-
力量训练	0	40	0	0	0	0	-
耐力训练	30	0	30	0	90	20	-
战术指导	20	10	20	20	30	20	-

1.5 实验指标和测试

1.5.1 体成分数据采集

受试者赤脚站在 TANITA, MC-180 体成分分析仪(日本百利达公司)上, 确保手、脚均与仪器 8 片电极片接触良好, 站立平稳后按照屏幕提示抓握手柄, 双臂自然下垂, 待屏幕提示测试结束受试者方可移动, 其间身体保持平稳。每次测试完成后使用 75% 酒精棉片擦拭电极片。

1.5.2 纵跳数据采集

采用 Kistler 测力台(瑞士奇乐石集团)和 Quattro Jump (Type 2822A1-1)软件进行测试, 受试者完成热身, 双脚与肩同宽, 双臂自然放于体侧, 目视前方, 平稳站于力台中央(图 2)。操作人员对受试者称重, 随后受试者按操作人员指令, 尽全力垂直纵跳(图 3), 要求落地平稳, 落地后双脚不可移动。每次纵跳间歇 30 s, 纵跳 3 次, 取平均值。

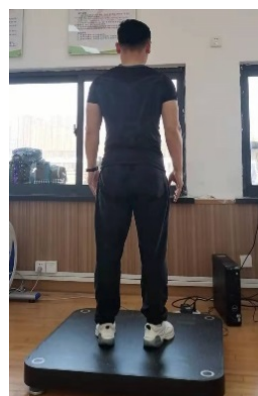


图2 受试者称重



图3 自由纵跳

1.5.3 肺活量和红细胞数据采集

采用 FCS-1000 数显电子肺活量计(北京东红技术开发中心)测定运动员肺活量. 每位受试者手持吹气口, 尽力、快速吹气, 吹气 3 次, 每次间隔大于 30 s, 取最大值记录. 红细胞压积、红细胞数量、红细胞平均体积、血红蛋白、平均血红蛋白量、平均血红蛋白浓度指标由宁波市康宁医院血液科医生采集并分析.

1.6 统计方法

采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据处理和分析, 使用独立样本 *t* 检验分析前测各项指标的组间差异, 通过重复测量方差分析对比 SP 组和 PB 组前后的数据差异, *P*<0.05 为差异显著.

2 结果

2.1 基线

受试者经过 8 周的高强度训练及药剂服用全部按要求完成实验, 其击球惯用腿均为右侧.

2.2 肌肉量变化

表 2 为肌肉量指标前后对比结果. 从表 2 可见, 经过 8 周的训练和安慰剂服用, PB 组受试者右下肢的前测肌肉量为(10.89±1.08) kg, 后测为(11.70±0.39) kg, 后测显著大于前测(*P*<0.05); 其他体成分试验前后无显著变化(*P*>0.05). SP 组受试者肌肉量

由(58.72±4.04) kg 上升到(59.74±4.04) kg, 左上肢肌肉量由(2.98±0.28) kg 上升到(3.11±0.31) kg, 右下肢肌肉量由(10.94±0.99) kg 上升到(11.58±0.87) kg, 上述变化均有显著性差异(*P*<0.05), 其他体成分指标则无显著性差异(*P*>0.05).

2.3 纵跳指标变化

表 3 为纵跳指标前后对比. 从表 3 可见, PB 组受试者前测纵跳高度(59.95±3.87) cm, 后测(60.85±4.06) cm, 前后纵跳高度显著上升(*P*<0.05), 其他指标无显著性变化(*P*>0.05). SP 组受试者纵跳高度由前测(59.78±5.79) cm, 上升到(61.92±4.17) cm, 纵跳最大加速度从(0.65±0.12) m·s⁻² 上升到(0.73±0.16) m·s⁻², 前测平均输出功率为(33.17±1.34) W·kg⁻¹, 后测上升到(36.77±1.50) W·kg⁻¹, 纵跳最大功率从(67.36±1.31) W·kg⁻¹ 上升到(70.29±1.45) W·kg⁻¹, 上述变化均有显著性差异(*P*<0.05); 其他纵跳指标变化不显著(*P*>0.05).

2.4 有氧功能指标变化

PB 组受试者肺活量前测为(3 957.11±291.71) mL, 后测为(4 092.78±332.89) mL, 前后无显著变化(*P*>0.05); SP 组受试者肺活量前测为(3 888.69±347.08) mL, 后测为(4 081.77±245.50) mL, 前后也无显著变化(*P*>0.05). 红细胞相关指标前后对比结果见表 4. 从表 4 可见, SP 组受试者红细胞指标均

表 2 肌肉量指标前后对比

肌肉分类	安慰剂组			螺旋藻组		
	前测/kg	后测/kg	<i>P</i>	前测/kg	后测/kg	<i>P</i> 值
肌肉量	59.54±4.31	60.57±4.90	0.13	58.72±4.04	59.74±4.04	0.02*
躯干肌肉量	30.77±2.24	31.09±2.26	0.25	30.13±4.34	30.46±2.30	0.06
左上肢肌肉量	3.01±0.34	3.11±0.39	0.27	2.98±0.28	3.11±0.31	0.03*
左下肢肌肉量	11.11±0.87	11.57±0.99	0.11	11.15±0.86	11.43±0.24	0.10
右上肢肌肉量	3.57±0.44	3.61±0.40	0.08	3.45±0.41	3.25±0.39	0.23
右下肢肌肉量	10.89±1.08	11.70±0.39	0.01*	10.94±0.99	11.58±0.87	0.01*

注: *表示 *P*<0.05, 下表同.

表 3 纵跳指标前后对比

纵跳指标	安慰剂组			螺旋藻组		
	前测	后测	<i>P</i>	前测	后测	<i>P</i>
高度/cm	59.95±3.87	60.85±4.06	0.01*	59.78±5.79	61.92±4.17	0.03*
最大加速度/(m·s ⁻²)	0.67±0.16	0.69±0.22	0.09	0.65±0.12	0.73±0.16	0.03*
最大速度/(m·s ⁻¹)	3.04±0.17	3.21±0.34	0.25	3.16±0.22	3.24±0.12	0.06
PAVG/(W·kg ⁻¹)	34.28±1.48	35.23±1.44	0.18	33.17±1.34	36.77±1.50	0.02*
最大功率/(W·kg ⁻¹)	67.02±1.61	67.65±1.96	0.13	67.36±1.31	70.29±1.45	0.01*

表4 红细胞相关指标前后对比

红细胞相关指标	安慰剂组			螺旋藻组		
	前测	后测	<i>P</i>	前测	后测	<i>P</i>
红细胞压积/%	42.66±3.91	43.76±3.01	0.27	43.51±2.87	42.25±3.68	0.31
红细胞数量/($\times 10^{12} \cdot L^{-1}$)	4.67±0.45	4.62±0.34	0.80	4.82±0.35	4.60±0.35	0.10
红细胞平均体积/fL	91.56±3.43	93.58±4.15	0.01*	90.33±2.35	92.00±5.74	0.28
血红蛋白/($g \cdot L^{-1}$)	145.11±13.15	142.89±9.79	0.66	146.87±9.91	142.20±10.24	0.24
平均血红蛋白/pg	31.11±1.69	30.88±1.31	0.86	30.53±1.13	31.01±1.07	0.34
平均血红蛋白浓度/($g \cdot L^{-1}$)	340.11±7.91	330.85±4.45	0.01*	337.87±5.53	337.41±9.96	0.92

无显著差异($P>0.05$); PB 组受试者红细胞平均体积前测为(91.56±3.43) fL, 后测为(93.58±4.15) fL, 后测显著大于前测($P<0.05$), 平均血红蛋白浓度前测为(340.11±7.91) $g \cdot L^{-1}$, 后测为(330.85±4.45) $g \cdot L^{-1}$, 后测显著小于前测($P<0.05$).

3 讨论

本研究结果表明, SP 组和 PB 组受试者右下肢肌肉量和纵跳高度均显著上升; 相比 PB 组, SP 组受试者的肌肉量、左上肢肌肉量、纵跳最大加速度、平均输出功率和最大功率前后显著上升. 两组受试者的肺活量均有上升, 但无统计学意义. PB 组受试者红细胞平均体积显著上升, 平均血红蛋白浓度显著下降, SP 组前后无显著性变化. PB 组和 SP 组的右下肢肌肉量均显著增长, 但组间变化率无显著差异. 右下肢肌肉量的显著上升可能是由于参与本研究足球运动员均惯用右侧下肢, 从而使其惯用侧的下肢肌肉得到强化, 同时提升了肌肉量. 有研究发现^[11], 足球运动员长期训练和比赛中易过度依赖惯用腿, 在训练和比赛中完成动作时产生动作代偿, 造成左右两侧肌力乃至肌肉量不平衡. PB 组纵跳高度平均增长 1.48%, SP 组同比增长 3.46%, SP 组的变化率显著大于 PB 组. 纵跳高度的提升可能是由于训练产生的影响^[12]. 8 周训练提升了受试者的身体协调能力, 强化了肌肉力量, 提高了中枢神经系统对身体的控制及各环节的协调配合. 有研究发现^[13], 经过一段时间的训练, 包括纵跳在内的诸多运动表现指标均会提升.

已有研究认为^[14-16], 如果没有科学的训后恢复干预, 高强度训练可能会造成肌肉结构损伤、肌肉量流失; 剧烈运动后, 包括过氧化物、细胞炎症因子等大量代谢产物在人体中生成, 这些产物会

直接破坏人体内环境的稳定性, 使肌肉微观结构发生改变, 不利于运动员在剧烈运动后的恢复, 可能会对肌肉量的维持或提升产生不利影响. PB 组各部分肌肉量没有显著下降, 说明 PB 组受试者没有出现肌肉量流失现象. SP 组受试者肌肉量、右下肢肌肉量、左上肢肌肉量显著上升, 可能是服用螺旋藻补剂的作用. 螺旋藻的蛋白质含量较高^[17], 所以服用螺旋藻能及时补充蛋白质, 对运动员的肌肉蛋白合成速率维持或增加有积极作用, 从而增加运动员瘦体重. 但也有专家认为, 螺旋藻的蛋白质总量有限, 其所含蛋白质对运动员瘦体重增长的贡献可能被高估. Jiang 等^[18]认为螺旋藻补剂的主要作用是抑制剧烈运动导致氧化应激、免疫抑制的负面效应. Guo 等^[19]研究发现, 螺旋藻补剂中许多成分具有抗氧化和清除自由基功能, 因此可提升人体内抗氧化活性, 同时通过综合调控发挥抗炎和抗氧化作用. Hu 等^[20]研究表明, 螺旋藻成分会抑制某些不利于机体蛋白酶的产生. 人体摄入螺旋藻补剂可能会通过抑制氧化应激反应及加速代谢产物的清除使肌肉免受损伤^[21], 从而提升运动员训练后的运动表现, 维持骨骼肌的肌肉量.

8 周实验后, 两组运动员的纵跳高度均较实验前显著上升, 说明受试者较好地适应了训练强度, 原因可能是训练干预提升了肌肉力量或提高了上下肢能量传递效率^[22], 从而提升了纵跳高度. 一项对橄榄球运动员的研究表明^[23], 服用螺旋藻补剂对纵跳成绩有提升. 本实验结果发现, SP 组后测的纵跳高度比 PB 组更高, 这与文献^[23]研究结果一致. 纵跳表现的提升可能是因为服用螺旋藻改变了体成分, 提升了肌肉量. 有研究表明^[24], 肌肉量与纵跳成绩呈正相关. 但也有研究发现^[25], 肌肉量的多少不能直接反映爆发力的大小, 而是与肌肉

类型、神经募集程度有相应的关系。

与PB组相比,SP组受试者经过8周训练,其纵跳最大加速度、平均输出功率、最大功率均显著上升,这可能是下肢肌肉肌力提升的表现。螺旋藻补剂可以通过其抗氧化成分改善体成分,促进肌肉的恢复^[26]。然而也有研究认为^[23],螺旋藻补剂不能改变运动员的体成分,即不能显著改善肌肉量的增加。这可能与不同实验服用螺旋藻的剂量、周期和人群不同相关。目前对螺旋藻是否可以提升肌肉肌力以及其潜在机制尚未见报道。

红细胞相关指标中,PB组受试者的红细胞平均体积显著上升,平均血红蛋白浓度显著下降,可能是红细胞运输氧功能下降,使细胞出现代偿性变化,也可能与训练过程中生理负荷过大有关。SP组受试者虽实验前后肺活量无显著变化,但相较PB组红细胞指标,SP组实验前后无显著变化,表明摄入螺旋藻补剂可能维持了红细胞相关指标的稳态。一些研究表明^[27-29],摄入螺旋藻补剂可以提升最大适氧量,螺旋藻中的藻蓝蛋白和精氨酸可能存在改善氧吸收的作用,从而提升血红蛋白的运氧能力^[29]。这些结论与本实验的发现基本一致。本研究中运动员在服用螺旋藻补剂后肺活量的变化无统计学意义,螺旋藻补剂可能不会提升运动员的有氧能力指标,也可能是由于服用剂量、服用周期或群体差异性造成。

4 结论和建议

服用螺旋藻补剂的足球运动员在训练过程中部分肌肉量得到提升,下肢爆发力明显提高,其中纵跳最大功率显著增加了4%,血液中红细胞相关指标维持在稳定范围内。所以服用螺旋藻补剂会抑制剧烈运动对身体产生的负面效应,推测可能是通过某些抗氧化、抗炎机制实现。

本研究的部分阴性指标与前人的研究有所不同,可能是实验中螺旋藻补剂服用周期和剂量或样本差异导致。后续研究可延长干预时间,在安全剂量范围内探究最佳服用剂量,并增加样本量。建议足球运动员在高强度的训练期间服用螺旋藻补剂促进机体恢复,提升身体素质。

参考文献:

[1] 潘佳彬,尚宁宁,李荣薇.运动营养补剂对运动员身体

机能的影响[J].食品研究与开发,2021,42(9):227-228.

- [2] Pappas A, Tsiokanos A, Fatouros I G, et al. The effects of *Spirulina* supplementation on redox status and performance following a muscle damaging protocol[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(7):3559.
- [3] Braakhuis A J, Hopkins W G. Impact of dietary antioxidants on sport performance: A review[J]. Sports Medicine (Auckland, N Z), 2015, 45(7):939-955.
- [4] de Freitas Brito A, Silva A S, de Oliveira C V C, et al. *Spirulina* platensis prevents oxidative stress and inflammation promoted by strength training in rats: Dose-response relation study[J]. Scientific Reports, 2020, 10:6382.
- [5] 高玉花. 中强持续训练法与高强间歇训练法对摔跤运动员减体重的影响研究[C]//第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编. 南京, 2019:4413-4414.
- [6] 傅旭波, 潘德运, 余保玲. 足球运动员脚内侧踢球支撑腿肌肉力量和跳跃能力对球速的影响[J]. 中国体育科技, 2021, 57(5):62-70; 77.
- [7] 赵常鑫. 黑龙江省单板滑雪大跳台运动员专项体能评价研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨体育学院, 2021.
- [8] 孔晓阳. 大学生田径运动员下肢力量力学指标相关回归的初步研究[D]. 北京: 首都体育学院, 2017.
- [9] 张美玲. 优秀摔跤运动员体能概况及评价诊断研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2019.
- [10] 喻柳彬, 龚志刚. 高校高水平男子篮球与足球运动员身体机能的比较研究——以江西师范大学为例[J]. 当代体育科技, 2021, 11(6):24-27.
- [11] 谭智元. 矫正青少年足球运动员下肢两侧肌力不平衡的实验研究——以上海上港足球俱乐部 03 梯队为例[D]. 上海: 上海体育学院, 2020.
- [12] 李嘉祺. 功能性训练提高青少年足球运动员下肢本体感觉和力量的实验研究[J]. 体育科技文献通报, 2021, 29(12):113-115; 129.
- [13] 李观茹, 秦子晴, 李端英, 等. 广东省优秀男子跆拳道运动员 2020 年冬训阶段体能训练评测与监控[J]. 体育科技文献通报, 2021, 29(12):130-132; 240.
- [14] 王淑生. 不同运动方式对男性身体成分的影响研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2020.
- [15] Contrepois K, Wu S, Moneghetti K J, et al. Molecular choreography of acute exercise[J]. Cell, 2020, 181(5): 1112-1130.
- [16] 李佳. 急性大强度运动前后人体血液代谢组学特征的研究[D]. 太原: 山西大学, 2017.
- [17] 王志忠, 孙君社, 穆洁, 等. 鄂尔多斯钝顶螺旋藻与几种常见食品营养成分对比分析[J]. 生物学杂志, 2021, 38(5):77-81.
- [18] Jiang L Q, Wang Y J, Yin Q F, et al. Phycocyanin: A

- potential drug for cancer treatment[J]. *Journal of Cancer*, 2017, 8(17):3416-3429.
- [19] Guo W, Zeng M Y, Zhu S Q, et al. Phycocyanin ameliorates mouse colitis via phycocyanobilin-dependent antioxidant and anti-inflammatory protection of the intestinal epithelial barrier[J]. *Food & Function*, 2022, 13(6):3294-3307.
- [20] Hu R, Saw C L L, Yu R, et al. Regulation of NF-E2-related factor 2 signaling for cancer chemoprevention: Antioxidant coupled with antiinflammatory[J]. *Antioxidants & Redox Signaling*, 2010, 13(11):1679-1698.
- [21] Wu Q H, Liu L, Miron A, et al. The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of *Spirulina*: An overview[J]. *Archives of Toxicology*, 2016, 90(8):1817-1840.
- [22] 井兰香. 超等长训练对下肢生物力学特征影响的研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2009.
- [23] Chaouachi M, Gautier S, Carnot Y, et al. *Spirulina platensis* provides a small advantage in vertical jump and sprint performance but does not improve elite rugby players' body composition[J]. *Journal of Dietary Supplements*, 2021, 18(6):682-697.
- [24] 陈婷, 史展雨, 赵昕. 藏族射箭运动员身体形态与机能相关性研究[J]. *西藏民族大学学报(哲学社会科学版)*, 2021, 42(2):142-146.
- [25] 王玮. 同期训练对肌肉力量、爆发力及体成分的影响[D]. 太原: 中北大学, 2016.
- [26] Kalafati M, Jamurtas A Z, Nikolaidis M G, et al. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2010, 42(1):142-151.
- [27] Hernández-Lepe M A, López-Díaz J A, Juárez-Oropeza M A, et al. Effect of *Arthrospira (Spirulina) maxima* supplementation and a systematic physical exercise program on the body composition and cardiorespiratory fitness of overweight or obese subjects: A double-blind, randomized, and crossover controlled trial[J]. *Marine Drugs*, 2018, 16(10):364.
- [28] Gurney T, Spendiff O. Spirulina supplementation improves oxygen uptake in arm cycling exercise[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2020, 120(12):2657-2664.
- [29] 唐晓宏, 丁斌, 颜维宝, 等. 螺旋藻补充对西部寒旱地区大学生有氧耐力及血液生化指标的影响[J]. *体育科技*, 2017, 38(3):23-24; 28.

Effects of *Spirulina* supplementation on body composition, lower limb explosive power and aerobic function of soccer players

ZHANG Yuting¹, QIU Xiaoyang², WU Wei³, XU Yining¹, LI Xiaohan¹, ZHOU Shengchun¹,
BAI Xin¹, CHEN Haimin³, QIU Qin'er^{1*}

(1.Faculty of Physical Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 3.School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315832, China)

Abstract: In order to investigate the effects of *Spirulina* supplement on body composition, lower limb explosive power and aerobic capacity of soccer players, a randomized double-blind controlled experiment was carried out. Twenty male soccer players were randomly assigned to either *Spirulina* group (SP group) or placebo group (PB group). The data of body composition, lower limb explosive power, and aerobic capacity were collected prior to and following training for 8 weeks. Repeated measures ANOVA was used to determine the differences between groups. The results showed that the muscle of right lower limb, vertical jump height, and the mean red blood cell volume in PB group were significantly increased ($P<0.05$). Mean corpuscular hemoglobin concentration was decreased significantly ($P<0.05$). The other indexes were not significantly changed ($P>0.05$). The mass of muscle, left upper limb muscle, right lower limb muscle, vertical jump height, the longitudinal jump maximum acceleration, average output power and total longitudinal jump maximum power were significantly increased in SP group ($P<0.05$). There was no significant difference in other indexes in SP group ($P>0.05$). The results indicated that the 8-week *Spirulina* supplement intake could inhibit the negative effects caused by oxidative stress in training of football players, and had a positive effect on training adaptation.

Key words: *Spirulina* supplement; soccer player; lower limb explosive power; body composition; aerobic capacity

(责任编辑 史小丽)