



# 酸樱桃汁在上海女子足球运动员联赛期间 抗氧化/抗炎功效应用研究

王晨<sup>1</sup>,王贝<sup>1</sup>,赵海燕<sup>1</sup>,李男<sup>1</sup>,王永梅<sup>1</sup>,水庆霞<sup>2\*</sup>

**摘要:**目的:通过观察上海女足运动员联赛期间服用酸樱桃汁后炎症、氧化应激反应和肌肉损伤等相关指标的变化,为制定联赛期间有效促进恢复的营养策略提供科学依据。方法:采用随机对照实验研究方法,观察补充组与对照组3周服用前、后炎症,抗氧化,肌肉损伤及肌肉爆发力相关指标的变化情况。结果:(1)补充组与对照组3周前、后CRP值均无显著性差异( $P>0.05$ ),但补充组呈下降趋势,而对照组呈升高趋势,CK值补充组3周后无显著变化( $P>0.05$ ),对照组3周后显著升高( $P<0.05$ );(2)补充组与对照组3周前、后SOD值均无显著性变化( $P>0.05$ );T-AOC补充组3周后显著升高( $P<0.05$ ),而对照组无显著性变化( $P>0.05$ );(3)反向纵跳值补充组与对照组3周前、后无显著性差异( $P>0.05$ ),蹲跳值补充组3周后显著提高( $P<0.05$ ),而对照组无显著性变化( $P>0.05$ )。结论:服用酸樱桃汁会提高机体抗氧化水平,保护肌肉细胞的结构和功能,补充酸樱桃汁可能可以作为短时间内连续比赛和恢复时间不足的运动员优化膳食营养结构并促进恢复的营养策略手段。

**关键词:** 足球;抗氧化;抗炎;酸樱桃汁

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2020)04-0093-05  
DOI:10.12064/ssr.20200413

## Anti-oxidation and Anti-inflammation Effects of Tart Cherry Juice on Shanghai Women Football Players in League Matches

WANG Chen<sup>1</sup>, WANG Bei<sup>1</sup>, ZHAO Haiyan<sup>1</sup>, LI Nan<sup>1</sup>, WANG Yongmei<sup>1</sup>, SHUI Qingxia<sup>2\*</sup>

(1.Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China; 2.Shanghai Sports School, Shanghai 200083, China)

**Abstract:** Objective To investigate the effects of tart cherry juice on such indicators as inflammation, oxidative stress reaction and muscle injury among Shanghai women football players during the league matches, so as to provide a scientific reference for formulating effective nutrition strategies to promote recovery during the games. Methods: A randomized controlled experiment was conducted to observe the changes in the related indicators of inflammation, antioxidant, muscle injury and muscle explosiveness of players before and after 3 weeks with or without tart cherry juice supplement. Results (1) There was no significant changes in CPR after three weeks in both groups ( $P>0.05$ ), but there was a decreasing trend in treatment group and an increasing trend in non-treatment group. There was no significant change in CK after three weeks in treatment group ( $P>0.05$ ), but CK value significantly increased after three weeks in non-treatment group ( $P<0.05$ ); (2) No significant changes of SOD were observed in both groups after three weeks ( $P>0.05$ ). T-AOC value significantly increased after three weeks in treatment group ( $P<0.05$ ), but not in non-treatment group ( $P>0.05$ ); (3) No significant changes of CMJ were observed in both groups after three weeks ( $P>0.05$ ). SJ significantly increased after three weeks in treatment group ( $P<0.05$ ), but not in non-treatment group ( $P>0.05$ ). Conclusions Tart cherry juice may increase the body's antioxidant level and protect the structure and function of muscle cells, therefore it can be used as a nutrition strategy to optimize the dietary nutrition structure and promote recovery for players who have a serial of matches in a short time with limited time to recover.

**Key Words:** football; anti-oxidation; anti-inflammation; tart cherry juice

收稿日期:2020-03-02

基金项目:上海市科委科研项目(18DZ1200600;19DZ1200700)。

第一作者简介:王晨,女,硕士,研究员。主要研究方向:运动医学。E-mail:wangchen7253@hotmail.com。

\* 通信作者简介:水庆霞,女,学士,高级教练员。主要研究方向:运动训练。E-mail:shui\_1218@126.com。

作者单位:1.上海体育科学研究所,上海 200030;2.上海体育运动学校,上海 200083。



足球运动是有氧和无氧供能相结合的运动,是一种穿插多次短距离、高强度冲刺跑的持续性耐力运动。由于训练和比赛中不同供能方式不间断转换,同时包含大量的离心运动和爆发性运动,从而易引起骨骼肌代谢性和机械性应激反应,造成赛后或大负荷训练后炎症反应加剧<sup>[1,2]</sup>,氧化应激<sup>[1,3,4]</sup>和肌肉损伤标志物升高<sup>[1,3]</sup>,最终导致竞技能力下降。

酸樱桃含有多种植物化学物质,包括多酚类化合物、褪黑素、类胡萝卜素及维生素 E 和维生素 C 等抗炎和抗氧化成分<sup>[5,8]</sup>,美国蒙特莫伦西酸樱桃富含多酚类化合物,特别是花青素,30 mL 蒙特莫伦西酸樱桃浓缩汁所含活性浓缩物相当于 90 颗蒙特莫伦西酸樱桃,含有 9.117 mg/mL 的花青素。花青素与其他酚类化合物一起已经被证明在人类食用时能产生有效的抗氧化物和抗炎活性物<sup>[5,9-13]</sup>,同时,来自酸樱桃的苷元花青素(aglycone cyaniding)具有与布洛芬和非甾体类抗炎药萘普生相当的抗炎活性<sup>[10,14]</sup>。已有多项研究结果表明,补充酸樱桃及其制品后与炎症和氧化应激相关的指标衰减<sup>[9,13,15-17]</sup>,而运动员或运动爱好者服用酸樱桃汁后亦可表现出高抗炎和抗氧化能力,使得运动后肌肉功能得以维持,并且可以缓解肌肉酸痛,进而促进恢复<sup>[9,18-23]</sup>。尽管酸樱桃汁已在欧美精英运动员中已广泛推荐使用,但目前其绝大多数研究结果均基于实验室研究,在比赛实践中的应用及国内精英运动员服用效果未见相关研究报道。

2019 年中国女子足球超级联赛于 7~9 月举行,气候炎热,赛程密集(一周双赛,甚至三赛),且多地往返,运动员的体能与疲劳恢复面临极大挑战。本研究旨在评估上海女足运动员联赛期间连续 3 周补充蒙特莫伦西浓缩酸樱桃汁,是否可以缓解运动员联赛期间的炎症、氧化应激反应及肌肉损伤,进而促进恢复,从而为制定促进上海女足运动员联赛期间恢复的有效营养策略提供科学依据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

共招募上海女子足球职业运动员 23 名,受试对象被随机分为两组:补充酸樱桃汁组(补充组)和未服用酸樱桃汁组(对照组),基本信息见表 1。

表 1 研究对象基本信息( $\bar{X}\pm SD$ )

Table 1 Profile of Subjects ( $\bar{X}\pm SD$ )

	年龄/岁	身高/cm	体重/kg
补充组(N=13)	25.62±3.0	171.62±7.17	60.95±4.94
对照组(N=10)	22.1±3.31	168.9±5.34	60.73±4.07

### 1.2 整体实验方案

本研究采用随机对照实验研究方法,运动员随机分为两组,一组服用美国产 100% 蒙特莫伦西浓缩酸樱桃汁,每次 30 mL,用水以 1:7 的比例稀释饮用,每天 2 次,早晨空腹及晚上睡前服用,连续服用 3 周;另一组未服用,作为对照组。其间,两组运动员维持正常膳食,除训练及比赛中饮用供糖 50 g/h 的康比特运动饮料外,未服用其它营养补剂或抗炎/镇痛药物。两组运动员在服用前、后分别进行血液抗氧化、炎症和骨骼肌损伤相关指标以及肌肉爆发力指标测试,同时对两组运动员 3 周联赛期间跑动距离进行记录,以了解两组运动员 3 周比赛期间的运动负荷情况。分析比较补充组与对照组抗炎和抗氧化指标以及肌肉爆发力指标的变化情况。

### 1.3 血液抗氧化和炎症指标以及骨骼肌损伤相关指标的测定

#### 1.3.1 血样的采集

空腹状态下肘正中静脉取血 5 mL,室温静置 1~2 h,然后把全血置于 L-800R 离心机(江东仪器)3 000 rpm 离心 15 min,取上清进行抗氧化指标超氧化物歧化酶(SOD)和总抗氧化活性物(T-AOC),炎症指标急性反应蛋白(CRP)和骨骼肌损伤指标肌酸激酶(CK)的测试。

#### 1.3.2 血液样本的测试

采用南京凯基公司生产的 SOD 和 T-AOC 试剂盒,严格按照试剂盒实验操作步骤完成 SOD 和 T-AOC 指标的测试;采用 7100 全自动生化分析仪(日立,日本)及该仪器专用配套试剂进行血清 CRP 和 CK 水平测试。

### 1.4 肌肉爆发力指标测试

运动测试当日清晨,空腹,采用 Kistler Quattro Jump V 1.0.9x 进行反向纵跳(Counter Movement Jump, CMJ)和蹲跳(Squat Jump, SJ)测试,每人每项分别测 3 次,取其最好成绩。

### 1.5 数据分析与统计学处理

采用 SPSS17.0 统计软件进行数据处理,所有数据以均数±标准差表示。所有数据正态性检验采用 One-Sample Kolmogorov-Smirnov 检验,服用前、后比较采用配对样本 T 检验,两组服用前比较采用独立样本 T 检验;服用前、后差值采用单因素方差分析 LSD 检验;所有统计方法显著性水平均选取双侧 0.05。



## 2 研究结果

### 2.1 服用3周酸樱桃汁前、后炎症及肌肉损伤相关指标的变化情况

表2可见, 补充组与对照组实验前CRP和CK无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 补充组与对照组实验3周

表2 服用3周酸樱桃汁前、后CRP和CK的变化情况( $\bar{X} \pm SD$ )

Table 2 Changes in CRP and CK before and after Taking Tart Cherry Juice for 3 Weeks ( $\bar{X} \pm SD$ )

测试指标	补充组		对照组	
	服用前	服用3周后	服用前	服用3周后
CRP/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.41±0.26	0.30±0.23	0.20±0.17	0.41±0.42
CK/(U·L <sup>-1</sup> )	148.00±56.92	158.38±57.31	150.40±76.74	180.80±100.38*

注: \*表示与服用前相比具有显著性差异,  $P < 0.05$

### 2.2 服用3周酸樱桃汁前、后抗氧化相关指标的变化情况

表3可见, 补充组与对照组实验前SOD和

表3 服用3周酸樱桃汁前、后SOD和T-AOC的变化情况( $\bar{X} \pm SD$ )

Table 3 Changes in SOD and T-AOC before and after Taking Tart Cherry Juice for 3 Weeks ( $\bar{X} \pm SD$ )

测试指标	补充组		对照组	
	服用前	服用3周后	服用前	服用3周后
SOD/(NU·mL <sup>-1</sup> )	101.09±11.14	103.92±29.39	108.27±7.57	114.65±22.44
T-AOC/(U·mL <sup>-1</sup> )	6.70±0.63	11.35±6.31*	7.06±0.89	7.15±1.11

注: \*表示与服用前相比具有显著性差异,  $P < 0.05$

### 2.3 服用3周酸樱桃汁前、后肌肉爆发力相关指标的变化情况

表4可见, 补充组与对照组3周比赛期间的平均跑动距离无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 说明两组运动员3

表4 服用3周酸樱桃汁前、后肌肉爆发力相关指标的变化情况( $\bar{X} \pm SD$ )

Table 4 Changes of Indexes Related to Muscle Explosive Power before and after Taking Tart Cherry Juice for 3 Weeks ( $\bar{X} \pm SD$ )

测试指标	补充组		对照组	
	服用前	服用3周后	服用前	服用3周后
CMJ/cm	34.66±2.88	35.10±2.99	36.15±3.42	37.12±3.37
SJ/cm	32.86±2.99	34.92±3.48*	34.61±3.82	35.84±3.28
比赛平均跑动距离/m	8 580.55±703.90		8 063.67±1 066.83	

注: \*表示与服用前相比具有显著性差异,  $P < 0.05$

## 3 分析与讨论

运动过程中骨骼肌氧利用率升高, 肌肉收缩会导致机体自由基增加。骨骼肌自由基的产生受环境条件、运动强度和持续时间等因素的影响<sup>[24]</sup>。足球运动比赛时间长且强度大, 2019年女足联赛又恰逢最炎热的夏季, 骨骼肌的频繁收缩会产生更多的自由

前、后CPR均无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但补充组有下降趋势, 而对照组有升高趋势, 补充组与对照组3周前后变化LSD检验无组间显著性差异,  $P = 0.050$ ; 补充组3周后CK无显著变化 ( $P > 0.05$ ), 对照组3周后显著升高 ( $P < 0.05$ )。

T-AOC无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 补充组与对照组3周前、后SOD均无显著性变化 ( $P > 0.05$ ); T-AOC补充组3周后显著升高 ( $P < 0.05$ ), 而对照组无显著性变化 ( $P > 0.05$ )。

周的运动负荷相当; 补充组与对照组3周前CMJ和SJ无显著差异 ( $P > 0.05$ ); CMJ补充组与对照组3周前、后无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); SJ补充组3周后显著提高 ( $P < 0.05$ ), 而对照组无显著性变化 ( $P > 0.05$ )。

基<sup>[25]</sup>; 同时足球运动还需要进行大量的重复性离心收缩和爆发性动作, 会使骨骼肌承受相当大的压力, 导致肌肉的氧化损伤<sup>[26]</sup>, 损伤运动也会诱发炎症反应, 进一步增加自由基的形成<sup>[27]</sup>, 进而打破机体抗氧化剂和氧化剂(即自由基)之间的平衡(氧化还原平衡)<sup>[28]</sup>, 其结果最终导致肌肉损伤、免疫功能障碍和身体疲劳<sup>[29]</sup>。女足联赛期间, 如何制定有效的赛间快



速恢复营养策略以降低炎症和氧化应激反应以及肌肉损伤是营养师需要解决的主要问题之一。而根据已有研究结果,酸樱桃汁可能可以作为上海女足联赛期间有效促进恢复的营养手段。

Bell 等研究了两种剂量(每日 30 mL 或 60 mL)的蒙特莫伦西酸樱桃汁对血清尿酸水平及抗氧化状态的影响<sup>[18]</sup>。研究结果表明,60 mL 剂量可显著提高花青素的主要生物利用度,故本研究服用酸樱桃浓缩汁剂量选用 60 mL/d,分两次服用。实验中选取了 SOD 和 T-AOC 评价氧化应激,CRP 评价炎症反应,CK 评价肌肉损伤,反映肌肉爆发力的 CMJ、SJ 作为评价肌肉功能及恢复情况的指标。实验结果显示,联赛期间,补充组与对照组运动员比赛中总跑动距离无显著差别,说明两组运动员联赛期间运动负荷相当。连续服用 3 周酸樱桃浓缩汁后,运动员 T-AOC 浓度显著升高,说明抗氧化能力可能提高。反映肌肉损伤的指标 CK 3 周前后没有显著变化,SJ 水平有显著提高;而对照组抗氧化能力指标无显著变化,CK 显著升高,肌肉爆发力指标无变化。足球项目的高强度、长时间、间歇性及包含大量离心动作和爆发力动作的运动特征使得机体承受的机械和代谢应激程度非常高,产生很多的自由基,尽管训练有素的运动员的骨骼肌具有良好的内源性抗氧化缓冲系统,可以抵抗运动引起的氧化应激<sup>[30]</sup>,但由于自由基的过度增加,内源性抗氧化缓冲系统不足以恢复机体自由基与抗氧化剂之间的平衡,导致肌肉氧化损伤。本研究数据显示蒙特莫伦西酸樱桃浓缩汁的补充可能提高了机体的抗氧化能力,缓解了运动引起的氧化应激的有害作用,保护了肌肉细胞的结构,从而加速了比赛后肌肉功能的恢复,并提高了肌肉爆发力,这与一些文献报道结果一致<sup>[9,20,22-23]</sup>。

本研究炎症指标 CRP 值没有明显变化,尽管补充组 3 周后显示下降趋势,对照组显示上升趋势,但均不具统计显著性,且组间无显著差异,这与大多数研究认为补充酸樱桃汁抑制运动后炎症反应可能是加速恢复的原因之一结论不相符。分析原因可能是由于实验的运动方式或服用持续时间等因素导致,绝大多数研究的运动方式为长距离跑<sup>[20]</sup>、自行车<sup>[31]</sup>或抗阻训练<sup>[19]</sup>,服用持续时间为 4~10 d,观察 1~3 次训练或运动测试后炎症反应的变化情况,而本研究运动方式为 3 周 6 场正式的足球比赛,比赛之间有休息及恢复训练,可能不易引起 3 周后炎症反应标志物 CRP 的变化;其次,本研究也仅测了 CRP,炎症反应的指标还有很多,如细胞因子、一氧化氮等;另外自由基是 T 细胞功能有效的激活剂,即氧化损伤

可导致炎症反应的发生<sup>[32]</sup>,而本研究结果显示服用酸樱桃浓缩汁后机体的抗氧化能力指标 T-AOC 显著升高,可能降低了机体受到的氧化损伤反应,从而缓和了机体炎症反应的进一步发生;还有可能存在样本量的问题,本研究补充组与对照组 3 周前、后 CRP 差异的统计检验  $P=0.050$ ,已十分接近统计上的显著性差异。因此酸樱桃浓缩汁在连续多场足球比赛中是否发挥炎症作用还有待进一步研究。

运动员使用抗氧化营养补剂是否有益,目前一直是一个备受争议的话题,最新研究表明,运动时适量的自由基有利于骨骼肌对运动产生良好的适应性,而抗氧化补剂可能抑制这种适应性变化,对运动表现无益<sup>[33-38]</sup>,且目前许多研究结果都不足以支持抗氧化补剂对人体健康有益的说法<sup>[39]</sup>。比起膳食补充剂,食物中的抗氧化剂比例更优,而且含有众多的植物化学物质,具有协同作用,优化抗氧化效果,同时不易导致抗氧化剂“过量”,进而避免对健康及运动诱导的骨骼肌适应变化产生不利影响<sup>[28]</sup>。综上,补充酸樱桃浓缩汁可能可以作为优化膳食结构,避免抗氧化补剂抑制骨骼肌适应性变化的不良效果,促进运动后恢复的较佳营养策略。

#### 4 结论

补充酸樱桃浓缩汁可提高机体抗氧化水平,保护肌肉细胞的结构和功能,可能可以作为短时间内连续比赛和恢复时间不足的运动员优化膳食营养结构并促进恢复的营养策略手段。

#### 参考文献:

- [1] Ispirlidis I., Fatouros I. G., Jamurtas A. Z., et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game[J]. *Clin. J. Sport Med.*, 2008, 18(5):423-431.
- [2] Andersson H., Bøhn S. K., Raastad T., et al. Differences in the inflammatory plasma cytokine response following two elite female soccer games separated by a 72-h recovery[J]. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2010, 20(5): 740-747.
- [3] Ascensao A., Rebelo A., Oliveira E., et al. Biochemical impact of a soccer match—Analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery[J]. *Clin. Biochem.*, 2008, 41(11): 841-851.
- [4] Fatouros I. G., Chatzinikolaou A., Douroudos I. I., et al. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game[J]. *J. Str-*



- ength Cond. Res., 2010, 24(12): 3278-3286.
- [5] Ferretti G., Bacchetti T., Belleggia A., et al. Cherry antioxidants: From farm to table[J]. *Molecules*, 2010, 15(10):6993-7005
- [6] Darshan S. K., Yuriko A., Kevin D. L. A Review of the Health Benefits of Cherries[J]. *Nutrients* 2018, 10(3):368
- [7] Commisso M., Bianconi M., Di Carlo F., et al. Multi-approach metabolomics analysis and artificial simplified phytocomplexes reveal cultivar-dependent synergy between polyphenols and ascorbic acid in fruits of the sweet cherry[J]. *PLoS One* 2017, 12(7), e0180889.
- [8] Bell P. G., McHugh M, Stevenson E, et al. The role of cherries in exercise and health[J]. *Scand J. Med. Sci. Sport*, 2014, 24(3):477-490.
- [9] Bell P. G., Walshe I. H., Davison G. W., et al. Recovery facilitation with Montmorency cherries following high-intensity, metabolically challenging exercise[J]. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 2014, 40(4): 414-423.
- [10] Mulabagal V., Lang G. A., DeWitt D. L., et al. Anthocyanin content, lipid peroxidation and cyclooxygenase enzyme inhibitory activities of sweet and sour cherries [J]. *J. Agric. Food Chem.*, 2009, 57(4):1239-1246.
- [11] Ou B., Bosak K. N., Brickner P. R., et al. Processed tart cherry products-comparative phytochemical content, in vitro antioxidant capacity and in vitro anti-inflammatory activity[J]. *J. Food Sci.* 2012, 77:105-112.
- [12] Schumacher H. R., Pullman-Moore S., Gupta S. R., et al. Randomized double-blind crossover study of the efficacy of a tart cherry juice blend in treatment of osteoarthritis (OA) of the knee[J]. *Osteoarthritis and Cartilage* 2013, 21(8), 1035-1041.
- [13] Kelley D. S., Rasooly R., Jacob R. A., et al. Consumption of Bing sweet cherries lowers circulating concentrations of inflammation markers in healthy men and women[J]. *J Nutr.*, 2006,13(4):981-986.
- [14] Seeram N. P., Momin R. A., Nair M. G., et al. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyaniding glycosides in cherries and berries[J]. *Phytomedicine*, 2001, 8(5): 362-369.
- [15] Traustadóttir T., Davies S. S., Stock A. A., et al. Tart cherry juice decreases oxidative stress in healthy older men and women[J]. *J. Nutr.*, 2009, 139(10): 1896-1900.
- [16] Jacob R. A., Spinuzzi G. M., Simon V. A., et al. Consumption of cherries lowers plasma urate in healthy women[J]. *J. Nutr.*, 2003, 133(6):1826-1829.
- [17] Bell P. G., Gaze D. C., Davison G. W., et al. Montmorency tart cherry concentrate lowers uric acid, independent of plasma cyanidin-3-O-glucosiderutinoside[J]. *J. Funct. Foods*, 2014, 11(11): 82-90.
- [18] Bowtell J. L., Sumners D. P., Dyer A., et al. Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2011, 43(8):1544-1551.
- [19] Connolly D. A. J., McHugh M. P., Padilla-Zakour O. I. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage[J]. *Br. J. Sports Med.*, 2006, 40(8): 679-683.
- [20] Kuehl K. S., Perrier E. T. Elliot D. L., et al. Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled[J]. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 2010, 5:7-17.
- [21] Connolly D. A. J., Sayers S. P., McHugh M. P. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness [J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2003, 17(1):197-208
- [22] Bowtell J. L., Sumners D. P., Dyer A., et al. Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2011, 43(8):1544-1551.
- [23] Phillip G. B. The Effects of Montmorency Tart Cherry Concentrate Supplementation on Recovery Following Prolonged, Intermittent Exercise[J]. *Nutrients*, 2016, 8(7):441.
- [24] Powers S. K., Ji L. L., Kavazis A. N., et al. Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle[J]. *Compr. Physiol.*, 2011, 1(2):941-969.
- [25] Arbogast S., Reid M. B. Oxidant activity in skeletal muscle fibers is influenced by temperature, CO<sub>2</sub> level, and muscle-derived nitric oxide[J]. *Am. J. Physiol.*, 2004, 287(4):698-705.
- [26] Newham D. J., McPhail G., Mills K. R., et al. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle[J]. *J. Neuro Sci.*, 1983,61(1): 109-122.
- [27] Bailey D. M., Williams C., Betts J. A., et al. Oxidative stress, inflammation and recovery of muscle function after damaging exercise: effect of 6-week mixed antioxidant supplementation[J]. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2011, 111:925-936
- [28] 康杰.运动训练中补充抗氧化剂:有益还是有害? [J]. *体育科研*,2019,40(1):1-21.
- [29] Finaud J., Lac G., Filaire E. Oxidative stress: relationship with exercise and training[J]. *Sports Med.*, 2006, 36(4):327-358.
- [30] Powers S. K., Jackson M. J. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production[J]. *Physiol. Rev.*, 2008, 88:1243-1276.
- [31] Bell P. G., Walshe I. H., Davison G. W., et al. Montmorency tart cherry concentrate lowers uric acid, independent of plasma cyanidin-3-O-glucosiderutinoside[J]. *J. Funct. Foods*, 2014, 11(11): 82-90.



结果显示,有显著差异的10项指标参数所对应的运动技术,一级、二级运动员所表现出来的技术能力有差异。如横踢侧踢两项技术左右腿速度指标参数均具有统计学意义,即可说明一级运动员横踢技术速度能力明显优于二级运动员。

综上,横踢、侧踢技术评价指标的建立,可为技术训练和专项能力的提高提供定量评价的工具,为教练员和运动员提供数据支撑和参考。

### 3 结论

**3.1** 依据“技术链”理论分析横踢和侧踢技术结构,进而确定两项技术的起止点与动作路线。

**3.2** 确定横踢侧踢两项技术评价指标为幅度、周期、速度、始夹角、终夹角和角速度6项,并确定参数解析方案和参数获取方法。

**3.3** 建立横踢侧踢技术评价指标,并应用指标对一级、二级运动员左右侧两项技术24项指标实施差异评价,10项指标差异显著,具有统计学意义。

### 参考文献:

- [1] 严波涛.运动技术诊断与手段[A].中国体育科学学会运动生物力学分会.第十一届全国运动生物力学学术交流大会论文汇编(摘要)//[C].中国体育科学学会运动生物力学分会:中国体育科学学会运动生物力学分会,2006:9.
- [2] 刘生杰.运动技术分析发展历程回顾和展望[J].体育研究与教育,2016,31(02):1-6+113.
- [3] 李世明.运动技术诊断学的概论性研究[J].鲁东大学学报(自然科学版),201,26(04):373-379.
- [4] 田麦久等.运动训练学[M].北京:人民体育出版社,2000.
- [5] 于善.我国跆拳道项目的运动生物力学研究现状[A].中国体育科学学会运动生物力学分会.第十九届全国运动生物力学学术交流大会论文摘要汇编//[C].中国体育科学学会运动生物力学分会:中国体育科学学会运动生物力学分会,2017:2.
- [6] 周长涛,于岱峰.男子跆拳道运动员横踢技术动作生物力学特征分析[J].山东体育学院学报,2010,26(09):58-63.
- [7] 马晓利,刘卫军.2013年世界跆拳道锦标赛女子决赛运动员技术特征分析[J].北京体育大学学报,2015,38(02):117-121.
- [8] 张怡江.跆拳道竞赛规则的改变对男子技术运用的对比研究[D].武汉:武汉体育学院,2018.
- [9] 马波.2002-2004年我国跆拳道锦标赛赛况分析[J].西安体育学院学报,2006,23(2):98.
- [10] 郑洪宇.2016年里约奥运会跆拳道比赛女子决赛选手技战术特征研究[D].北京:北京体育大学,2018.
- [11] 孙茂君.跆拳道[M].北京:北京体育大学出版社,2016.

(责任编辑:刘畅)

(上接第21页)

- morency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling[J]. *Nutrients*, 2014, 6(2): 829-843.
- [32] Los M., Droge W., Stricker K., et al. Hydrogen peroxide as a potent activator of T lymphocyte functions[J]. *Eur. J. Immunol.*, 1995, 25:159-165
  - [33] Gomez-Cabrera M. C. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance [J]. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2008, 87(1):147-149.
  - [34] Ristow M., Zarse K., Oberbach A., et al. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in human[J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.*, 2009, 106(21): 8665-8670.
  - [35] Morrison D., Hughes J. Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans[J]. *Free Radic. Biol. Med.*, 2015, 89(2):852-862.
  - [36] Wadley G. D., Nicolas M. A., Hiam D. S., et al. Xanthine oxidase inhibition attenuates skeletal muscle signaling following acute exercise but does not impair mitochondrial adaptations to endurance training[J]. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 2013, 304(8):853-862.
  - [37] Makanae Y., Kawada S., Sasaki K., et al. Vitamin C administration attenuates overload-induced skeletal muscle hypertrophy in rats[J]. *Acta. Physiol.*, 2013, 208(1): 57-65.
  - [38] Bjørnsen T., Salvesen S., Berntsen S., et al. Vitamin C and E supplementation blunts increases in total lean body mass in elderly men after strength training[J]. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2016, 26(7):755-763.
  - [39] Bjelakovic G., et al. Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention: systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA*, 2007, 297(8):842-857.

(责任编辑:刘畅)