



# 运用 OmegaWave Sport Technology System 诊断优秀女子排球运动员中枢疲劳的初步研究

黄龙祥,高炳宏\*

**摘要:**目的:运用 OmegaWave Sport Technology System 诊断优秀女子排球运动员身体机能状态,期待其能成为一种无创诊断运动员中枢疲劳的新手段。方法:训练结束后,8名优秀女子排球运动员进行 OmegaWave Sport Technology System 测试,对测试结果进行研究。结果:运动员的迷走神经调节系统影响因数(Avag)、交感神经调节系统影响因数结果(Asym)及平均反应时(mean reaction time,mRT)结果各周之间没有显著变化;第四周尿多巴胺(dopamine,DA)结果与第三周存在显著差异( $P < 0.05$ )。结论:(1)大强度训练易导致排球运动员发生中枢疲劳;(2)OmegaWave Sport Technology System 可对运动员中枢疲劳状况作出判断。

**关键词:** OmegaWave 系统;女子;排球;机能状态;中枢疲劳

中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2016)03-0096-04

## Research on using OmegaWave Sport Technology System diagnosis outstanding female volleyball players of central fatigue

HUANG Longxiang, GAO Binghong

(Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, china)

**Abstract:** Objective: Applying OmegaWave Sport Technology System (hereinafter referred to as: OmegaWave System) in the diagnosis of the physical function status of the outstanding female volleyball players in order to see if it can be a new method for noninvasive diagnosis of athletes' central fatigue. Method: After training, eight elite female volleyball players were tested with OmegaWave System for four weeks and the test results were carefully studied. Result: There are no significant changes of the players, vagus nerve regulation system factors (Avag), sympathetic nervous regulation system factors (Asym) and mean reaction time (mRT) in the four weeks' tests. Distinct changes of dopamine (DA) can be observed in the fourth week, compared to the result of that in the third week ( $P < 0.05$ ). Conclusion: (1) Intensive training is easy to cause central fatigue of the volleyball players; (2) OmegaWave system can be used to judge athletes' central fatigue condition.

**Key Words:** OmegaWave System; female; volleyball; function status: central fatigue

竞技运动水平日益提高的当下,大强度的训练比赛已然成为运动员生活的一部分。但如果训练或比赛负荷过大,超过机体承受能力,就极可能发生运动性疲劳<sup>[1]</sup>,造成运动员临场技术动作变形、战术水平发挥失常,进而影响训练效果甚至比赛结果。运动员身体机能监控是运动训练过程中不可缺少的一部分,通过一些简单的测试来了解运动员训练或比赛适应情况,可为教练员制定调整训练计划提供参考,减少疲劳的发生。OmegaWave Sport Technology System (以下简称:OmegaWave 系统)是由美国研发的具有国际水准的无创诊断运动疲劳的训练监控设备,其应用生物电技术原理监测人体多种生物系统功能<sup>[2]</sup>。OmegaWave 系统测试无创且方法简单,结果实时呈现,能对运动员训练负荷及疲劳程度作出及时判断,进而反映运动员中枢神经及全身

疲劳状况、承受训练负荷能力及恢复能力等。运动训练监控实践中,用来评定机能状态的指标很多,寻找适宜、敏感的中枢疲劳评价指标,选取特异性强的指标组合诊断疲劳也一直在进行<sup>[3]</sup>。相信 OmegaWave 系统的应用会对运动员中枢疲劳的准确诊断、科学训练等具有积极意义。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

上海优秀女子排球运动员 8 名,均为健将级别。排除心血管疾病、肾病、皮肤病等疾病,避开女性生理期,所有的测试均在运动员机能状态相对比较稳定的情况下进行,运动员基本信息见表 1。

收稿日期:2015-11-24

第一作者简介:黄龙祥,男,在读硕士研究生。主要研究方向:运动训练监控。E-mail:h1023124109@163.com。

\* 通讯作者:高炳宏,男,研究员。主要研究方向:优秀运动员身体机能状态和专项训练负荷的监控与评定。E-mail:gaobinghong@163.com。

作者单位:上海体育学院,上海 200438。



表 1 运动员基本信息 (N=8)

Table I Basic Information of the Players (N=8)

年龄/岁	身高/cm	体重/kg	专业训练年限/年
24.13±2.53	181.63±6.30	72.13±8.68	9.75±2.96

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 研究设计

2014—2015 赛季联赛结束后的常规训练阶段,训练模式有强度周及调整周。强度周训练时间较长,训练强度较大;调整周训练时间短,强度较小。8 名优秀女子排球运动员训练结束后进行 OmegaWave 系统测试,同时留取尿液样本备测尿儿茶酚胺指标,通过对 4 周的 OmegaWave 系统测试指标及尿儿茶酚胺指标结果变化分析,进而对运动员疲劳状态作出判断。

### 1.2.2 测试时间与方法

常规训练阶段模式为 4 周一循环,测试周期也选为 4 周,其中前 3 周为强度周(2015 年 3 月 2 日—2015 年 3 月 22 日),第四周为调整周(2015 年 3 月 23 日—2015 年 3 月 29 日)。测试前讲解注意事项,运动员在安静环境下舒适平躺,用酒精棉球轻拭需贴电极位置,按系统要求正确连接电极和计算机。整个测试过程约 15 min,主要收集运动员心电、脑电数据信息,运动员需要达到安静稳定状态,而后,进行反应速度测试。

### 1.2.3 测试指标

迷走神经调节系统影响因数(Avag)、交感神经调节系统影响因数(Asym)、紧张度指数、呼吸波的标准差等心率变异性指标;平均反应时间(mRT)、感觉运动神经功能水平指数、反应稳定性指数等反应速度指标。肾上腺素、去甲肾上腺素(NE)、多巴胺(DA)等尿儿茶酚胺指标。

## 1.3 统计学分析

使用 SPSS 20.0 统计分析软件和 Microsoft Excel 2007 软件对测试数据进行统计分析,测试结果以平均数±标准差表示,纵向比较采用方差分析, $P < 0.05$  表示具有显著性差异, $P < 0.01$  表示具有非常显著性差异。

## 2 研究结果

OmegaWave 系统测试评价指标较多,实际只选取 Avag、Asym、mRT 等较具代表性的指标及 DA 指标进行分析,测试结果见下表 2。

表 2 不同周次测试结果

Table II Test Results of the Different Weeks

测试周	Avag	Asym	mRT	DA
第一周	0.16±0.07	52.38±12.98	0.162±0.015	24.21±140.53
第二周	0.22±0.11	37.12±12.11	0.166±0.012	608.47±186.88
第三周	0.26±0.11	40.62±14.75	0.169±0.013	666.02±213.52
第四周	0.22±0.08	46.38±13.89	0.163±0.010	360.21±191.40 <sup>#</sup>

注:与第三周测试结果相比, #  $P < 0.05$ 。

纵观表 2, 运动员的 Avag、Asym、mRT 的结果各周之间均不存在显著性变化( $P > 0.05$ ),但第四周的 DA 结果与第三周存在显著差异( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论分析

### 3.1 排球运动员中枢疲劳状况

排球运动属于混合型的非周期性运动,高强度的对抗与技战术的灵活运用是其基本竞技特征<sup>[4]</sup>。排球训练或比赛持续时间相对较长,能量消耗大,运动员需保持高度兴奋性,中枢神经系统处于适宜的兴奋状态,神经支配达到协调、迅速、准确,才能保证其技战术水平的正常发挥,从而取得满意的训练效果和比赛成绩。运动员神经系统如果长时间处在紧张动员状态,就很容易发生中枢疲劳,影响其技战术水平的发挥。4 周测试结果发现,运动员多在训练强度较大的周次发生中枢疲劳现象,且当天训练内容多模拟比赛对抗练习。

### 3.2 排球运动员 Avag、Asym 指标变化

作为定量判断心脏自主神经功能状态的一项非常有意义的指标,心率变异性(HRV)分析数据可对心脏自主神经张力进行检测,主要反映自主神经系统对心血管系统的调控及该系统对各种影响因素的应答<sup>[5]</sup>。HRV 测试作为 OmegaWave 系统中一种监测心脏功能状态的方法,可对运动员训练负荷的适应能力、机能储备能力和承受不同训练负荷的潜力等进行监测。E.Parrado 等用 OmegaWave 系统和 PolarS810i 心率表收集 96 名成年人的 R-R 间期数据和心率变异性数据,分析发现两种仪器收集的 HRV 数据相关系数高于 0.96,说明两个系统都可有效地记录 R-R 间期信号,获得有效的心率变异分析数据,提供了应用 OmegaWave 系统的理论依据<sup>[6]</sup>。

作为脑神经中最长、分布最广的一对,迷走神经含有感觉、运动和副交感神经纤维,支配呼吸、消化两个系统的绝大部分器官以及心脏的感觉、运动和腺体的分泌,可使心跳减慢、心缩减弱等。朱晓梅等研究发现,安静状态下女子手球运动员 HRV 表现为交感神经兴奋性较弱,迷走神经兴奋性较强的特点,可能是长期运动训练使自主神经活动产生一定的适应性<sup>[7]</sup>。4 周测试结果发现,排球运动员 Avag 的变化随着训练进行而升高,并在第三周达到最高,可能与前三周训练强度较大,运动员发生中枢疲劳有关。第四周由于是调整周,周训练负荷较小,运动员机体刺激较小,之前的疲劳情况得到缓解,Avag 结果有所下降。此外,个体差异、实际测试时运动员状态等因素对测试结果也会有一定影响。

人体在正常情况下,功能相反的交感和副交感神经处在相互制约平衡中,当机体处于紧张活动状态时,交感神经活动起主要作用。作为植物神经系统的重要组成部分,交感神经活动可使瞳孔散大、心跳加快、皮肤及内脏血管收缩等。结果发现,女排队员的 Asym 结果呈现与 Avag 相反的变化特点:随着强度周的进行而有所降低,第四周则呈回升态势,猜想可能是运动员交感神经兴奋性降低,对



心脏影响减小。而由于训练内容大致相似,运动员身体机能状态没有显著变化,各周之间不存在显著差异。在其他运动项目的一些研究也证实,大运动量的训练对运动员中枢神经活动会产生一定影响。徐建方等发现,花样游泳运动员在长期大训练量后,会引起迷走神经和交感神经调节机制的失调,表现为交感神经兴奋过度,迷走神经调节下降,紧张指数上升,中枢疲劳程度加重<sup>[8]</sup>。李清正等对 12 名优秀划艇运动员不同训练周期疲劳状况的研究结果表明,与基础周相比,大量周的 Asym 显著降低,提示有氧训练使得交感神经对心脏的影响降低<sup>[9]</sup>。

### 3.3 排球运动员 mRT 指标变化分析

经过长期系统训练,运动员的反应速度会处在较稳定水平,长时间大负荷训练会对运动员的反应速度产生一定影响。本研究的反应速度测试是利用 OmegaWave 系统自带的一项基础测试,测试由专用电脑发出 65 次随机声音信号,信号间隔在 0.1~0.2 s 之间,运动员听到信号按动专用测试手柄,整个测试耗时 1~2 min。首次测试时,运动员会因仪器的陌生感及测试中精神紧张等影响测试结果。运动员发生疲劳特别是中枢疲劳时,由于运动员专注度及兴奋度降低,反应速度会下降。运动员 4 周 mRT 测试结果虽不存在显著性变化,但表现出一定变化特点。上强度的 3 周,由于日平均训练时间较长、强度较大,运动员易发生中枢疲劳,表现在反应速度上即运动员 mRT 的增加,调整周则会降低。此外,反应速度测试还会受到诸如刺激的属性、刺激强度以及队员准备状态等<sup>[10]</sup>诸多因素的影响,训练水平或场上位置不同的运动员也存在个体差异。

### 3.4 排球运动员 DA 指标变化分析

DA 与中枢疲劳的关系是研究关注的焦点之一。DA 对中枢神经系统的电活动具有兴奋作用,运动过程中,DA 通过调节肌紧张使机体作好运动准备,DA 神经元功能正常可提高运动能力。运动中脑内 DA 的活性增加,随着中枢疲劳的出现,脑干和中脑 DA 的合成代谢逐渐减弱。Roelands 认为中枢疲劳是不同的神经递质系统共同协作产生的,可能是儿茶酚胺类神经递质 DA 和 NE 减少所致<sup>[11]</sup>。研究表明,中枢疲劳发生时,脑中 DA 含量减少,浓度下降,活性减弱,会引起人的神经出现紊乱,肌肉活动的协调性降低等,从而导致运动能力下降<sup>[12]</sup>。

目前,直接在人体实验中测定中枢儿茶酚胺含量并不实际,但可通过测定尿儿茶酚胺含量来间接推断。但是,儿茶酚胺在尿中的形式为硫酸盐和葡萄糖脂盐,本身性质不稳定,且尿液易滋生细菌,使得儿茶酚胺降解,室温越高,降解幅度会越大<sup>[13]</sup>。因此,保持标本中儿茶酚胺的稳定非常重要。在运动训练监控方面,王晨等研究认为恢复期尿儿茶酚胺含量下降越多,说明运动员对此前阶段的训练负荷适应越好,随后的训练中可以提高训练负荷,但也应注意队员个体差异<sup>[14]</sup>。排球运动员尿中 DA 结果的变化呈先升后降的特点,可能原因是强度刺激使机体使 DA 代谢增多,而调整周负荷较低,代谢相对减少。第

三周与第四周的测试结果之间存在显著性差异,可能是经过休息调整,运动员身体很大程度上得到恢复,DA 合成与代谢趋于平衡。有研究也表明,DA 含量的增多,有利于维持运动能力,延迟运动性疲劳发生,DA 排出过多,则会使运动耐力明显下降,影响运动员比赛发挥<sup>[15]</sup>。因此,在日常监控中如果发现某运动员尿中 DA 含量增多,考虑该运动员可能发生中枢疲劳,教练员应对其调整训练负荷,促进其身体状况恢复,以适应训练比赛的强度,从而达到预期训练目的。

## 4 小结

作为一种新型训练监控设备, OmegaWave 系统较常规监控仪器具有一定的优势:无创、操作简单、评估实时等。日常训练阶段优秀女子排球运动员的测试结果也表明, OmegaWave 系统测试的一些指标可较敏感地反映运动员身体机能状态,对运动员中枢神经系统疲劳情况作出判断。但本研究只在女子排球运动员中进行,在项目代表性、测试人数及次数上存在一定局限。

在排球项目应用 OmegaWave 系统也是一种新思路,通过其在常规训练阶段的初步研究,期待能在运动员中枢疲劳诊断方面发挥作用,从而对运动员比赛备战有所帮助。若条件允许,期待在不同项目、不同训练阶段及不同训练方式等方面进一步探索研究,深入挖掘 OmegaWave 测试指标变化特点及规律,并结合常规经典指标,深入探讨其指标变化机制,为运动训练监控实践中准确运用该系统判断运动员中枢疲劳状况提供数据支撑,达到科学训练的目的。

## 参考文献:

- [1] 张蕾,邓树勋.运动疲劳与神经递质[J].山西体育科技,2001(2):8-10.
- [2] 崔冬冬,王美.OmegaWave 系统评价足球运动员身体机能的实验研究[J].山东体育学院学报,2011,27(4):45-48.
- [3] 张蕴琨.运动性中枢疲劳的影响因素及其机制研究进展[J].体育科研,2013(3):33-40.
- [4] 尹洪满,孙平,古松,等.排球运动员比赛过程中专项体能运用的基本特征[J].北京体育大学学报,2014(9):123-127.
- [5] 高炳宏,陈佩杰,李之俊.运动与心率变异性[J].中国运动医学杂志,2003,22(5):490-492.
- [6] Parrado E, Garcí a M A, Ramos J, et al. Comparison of Omega Wave System and Polar S810i to detect R-R intervals at rest. [J]. International Journal of Sports Medicine, 2010, 31(5):336-341.
- [7] 朱晓梅,严政,刘凌,等.女子手球运动员力竭运动后 HRV 分析[J].体育与科学,2008(6):63-64.
- [8] 徐建方,张晓欢,冯连世,等.训练监控方法与手段在花样游泳项目中的应用[J].中国体育科技,2012,48(5):53-62.
- [9] 李清正,徐新保,李增民.不同训练周期中运动员疲劳诊断的研究[J].体育科学,2013(7):29-33.
- [10] 王冬.体育锻炼对大学生反应时的影响[J].当代体育科技,2013,31(3):174-175.
- [11] Roelands B, Meeusen D R. Alterations in central fatigue by phar-



- macological manipulations of neurotransmitters in normal and high ambient temperature.[J]. Sports Medicine, 2010, 40(3):229-246.
- [12] Bailey S P, Davis J M, Ahlborn E N. Neuroendocrine and substrate responses to altered brain 5-HT activity during prolonged exercise to fatigue.[J]. Journal of Applied Physiology, 1993, 74(6):3006-3012.
- [13] 李明,陈适,卢琳,等.尿儿茶酚胺标本留取方法的改进性研究[J].临床和实验医学杂志,2012,11(17):1358-1359.
- [14] 王晨,朱耀康.尿儿茶酚胺监控田径运动员训练负荷适应性的探讨[J].成都体育学院学报,2012,38(8):63-65.
- [15] 汪喆.射击运动员赛前焦虑和尿儿茶酚胺水平变化分析[J].中国运动医学杂志,2011,30(12):1111-1114.

(责任编辑:何聪)

### 说明

本刊 2016 年第二期《运动对老龄脑的神经保护作用研究进展》一文,第三作者罗丽为该文通讯作者。

特此补充说明。

《体育科研》编辑部