



比赛服装颜色影响艺术体操裁判员评分的ERP研究

ERP Study on the Influence of Uniform Color on Rhythmic Gymnastics Referee Score

王珉, 章建成*

WANG Min, ZHANG Jiancheng*

摘要:目的:探究服装颜色对艺术体操裁判员评分结果的影响及机制。方法:采用事件相关电位(event-related potential, ERP)技术,选择国家级以上艺术体操裁判员($n=19$)和三级艺术体操裁判员($n=17$)分别观看168对艺术体操难度动作图片,每对2张图片中的动作相同,运动员服装颜色不同。要求被试从2张图片中选择自己认为动作较好的1张,同时记录ERP成分N1和P2的波幅和潜伏期。结果:1)2组裁判员对红色服装图片的选择次数显著高于蓝色和白色;2)新手裁判员对红色服装图片的选择次数显著高于专家裁判员;3)红色服装动作图片引发的N1、P2成分峰值较高,N1潜伏期较短,P2潜伏期较迟;4)新手裁判员由红色服装动作图片引发的N1成分峰值高于专家裁判员,P2峰值低于专家裁判员,P2潜伏期迟于专家裁判员。结论:穿红色服装的运动员具有获胜优势,新手裁判员的评分中红色获胜效应更明显;红色服装对新手裁判员的视觉搜索能力影响较大。

关键词: 服装颜色;艺术体操裁判;评分;事件相关电位

Abstract: Objective: To study whether uniform color affected the rhythmic gymnastics judge's performance and perceptual processing. Methods: Using event-related potential (ERP) technology to select rhythmic gymnastics referees above national level ($n=19$) and three-level rhythmic gymnastics referees ($n=17$) to watch 168 pairs of rhythmic gymnastics difficult action pictures respectively. The body movement difficulties in the two pictures are the same and the athletes' clothing colors are different. The subjects were asked to choose the one with better action from the two pictures, and record the amplitude and latency of ERP components N1 and P2 at the same time. Results: 1) The judges of the two groups chose the pictures of red uniform images was significantly higher than blue uniform and white uniform; 2) the number of red uniform images judged to be better was significantly higher for novice than expert judges; 3) the amplitude of N1, P2 elicited by red uniform images were greater than blue uniform and white uniform, N1 latency is short, P2 latency is late; 4) the amplitude of the N1 component elicited by red uniform image for novice was greater than expert judges. The amplitude of the P2 component elicited by red uniform image for novice was greater than expert, latency was longer than expert judges. Conclusions: Athletes wearing red uniform have the advantage of winning; the evaluation of novice judges was influenced greater by the red uniform; red clothing has a great influence on the visual search ability of novice referees.

Keywords: uniform color; rhythmic gymnastics; judging; ERP

中图分类号:G834 **文献标识码:**A

基金项目:

中央高校基本科研业务费专项资金项目(2017110043)

第一作者简介:

王珉(1978-),女,副教授,在读博士研究生,主要研究方向为运动心理学,E-mail: minwang@mail.shufe.edu.cn。

*通信作者简介:

章建成(1952-),男,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为运动技能学习与控制,E-mail: zhangjiancheng@sus.edu.cn。

作者单位:

上海体育学院,上海200438
Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China.

艺术体操是一项极具表演性及观赏性的女子竞技体育项目,被誉为“地毯上的芭蕾”,1984年被列为奥运会竞赛项目。同所有与审美有关的项目(如花样滑冰、花样游泳、跳水)一样,艺术体操裁判员的评分容易受到非绩效因素的影响(Boen et al., 2008)。因为在这些项目中,运动员的表现不是通过客观测量(如时间或距离)进行评分的,而是通过裁判组的主观评价。虽然经过强化训练,并且有详细的评分规则为依据,但裁判员的

评判结果依然容易受到各种因素的影响,如国籍(Ansorge et al., 1988; Ste-Marie, 1996)、运动员的声誉(Findlay et al., 2004)、比赛顺序(Scheer et al., 1975)、裁判员的动作经验和视觉经验(Fernandez-Villarino et al., 2013; Thomas et al., 2012)、记忆(Ste-Marie et al., 2001)、压力(Joan et al., 1996)以及注意能力(Van Bokhorst, 2016)等。近年,服装颜色在体育竞赛中的效应也引起研究者(Hagemann et al., 2008)的关注。在跆拳道项目中,将两名运动员的服装(红 vs 蓝)调换,调换前后的评分结果比较显示,红色服装的运动员获得的分数都高于蓝色服装。除了个人项目之外,集体项目中也发现红色服装会影响裁判员的评判结果(Krenn, 2014)。但是在艺术体操这类以裁判主观评分为主的项目中鲜见此类研究。

Hill 等(2005)对服装颜色与比赛结果之间关系的研究显示,与蓝色服装相比,红色服装的获胜概率更高。有研究(Attrill et al., 2008; Dreiskaemper et al., 2013; Hill et al., 2005)认为,红色获胜效应的机制是由于红色作为支配、危险、愤怒和攻击性的信号在生物进化和后天学习过程中被保留下来,使对手产生对方竞争性和攻击性更强的感知,在双方体能和技术势均力敌的情况下,红色服装的运动员具有获胜优势。何丽梅(2007)从神经生理学角度探讨了颜色效应的机制,发现当运动性疲劳使运动员偏离植物神经内稳态(autonomic nervous homeostasis, ANH)时,暖色调服装使交感神经兴奋,冷色调服装使副交感神经兴奋,此时暖色调服装具有获胜优势。Sorokowski 等(2011)认为,红色可能使观察者引起知觉偏差。不同颜色之间的波长、频率和其他物理特性(如反射率)可能会影响个体对不同颜色目标的感知识别速度。在严格控制的实验室条件下,红色能够稳定地影响被试的行为和认知能力,如注意广度变窄(张腾霄等, 2013)、强化注意(Xia et al., 2018),导致注意优先(张坤等, 2014)。相比蓝色和绿色,红色目标较早被感知(Koslow, 1985),个体对红色目标的追踪速度快于蓝色(Tchernikov et al., 2010)。赛场上,裁判员需要准确感知运动员的表现,将正确信息输入加工系统,因此视觉搜索是裁判员信息加工的一个重要序列(Vietta, 1976)。在艺术体操项目中,运动员的身体难度动作包括跳跃、转体和平衡三大类,对此类动作进行评分不仅要关注运动员的脚尖、膝盖、身体姿态是否偏离正确位置,还需要关注身体旋转的角度、跳跃的高度及主力腿的稳定性,当运动员手持器械时,关注的信息则成倍增加。在这种情境下,服装颜色可能会干扰裁判员的视觉搜索,对动作信息产生知觉偏差,导致评分产生偏差。因此,本研究旨在验证艺术体操项目中是否存在“红色获胜”效应,并探究该效应产生的机制。

在脑机制研究中,事件相关电位(event-related potential, ERP)是一种时间分辨率极高的研究方法,它反映了

认知过程中大脑神经电生理的变化,在心理学、临床医学、体育、交通等领域获得日益广泛的应用(林岭等, 2017)。其中,N1 成分反映了与识别、解码、基本刺激特征整合相关的神经活动(Moore et al., 2016),P2 与特征探测(Steven et al., 1994)、刺激加工(Norbert et al., 2001)、选择性注意(Federmeier et al., 2002; Steven et al., 1990)等加工过程有关。有关颜色注意的研究显示,与绿色刺激相比,红色刺激引起广泛脑区 N1 和 P2 潜伏期显著缩短,前额、中央脑区 N1 波幅显著增大(曹强强, 2010),选择性注意颜色时,前额脑区会诱发出一个增强的早期正波,称为前额选择性正波(frontal selection positivity, FSP),特异性地反映大脑对于颜色信息的认知处理过程(Smid et al., 1999)。在运动领域,N1 和 P2 成分的波幅与潜伏期也经常被用来研究专家和新手视觉注意加工之间的差异。有研究(吴璇等, 2017; Bianco et al., 2017; Johannes et al., 2004)显示,专家运动员的 N1 波幅高于普通人,表明运动专家的视觉注意能力更高。Hack 等(2009)研究了专家裁判员在复杂决策任务中的注意加工机制,发现高级裁判员在犯规辨别任务中显示出比中级裁判员较高的 N1 波幅,表明不同水平的裁判员对当前任务的关注程度不同,高级裁判员的注意焦点更广阔。长期的经验和训练使高级裁判员对犯规场景更敏感,并且能够在复杂环境线索中将自己的注意指向与任务相关的线索。但是,当操作简单视觉任务时,运动员 N1 成分波幅低于普通人(魏瑶等, 2017; Ozmerdivenli et al., 2005)。这是由于视觉皮层对简单任务的敏感性较低,消耗资源较少;在复杂任务加工中需要动员更多的皮层连接,表现出较高的 N1 波幅,表明专家使用了特定的视觉注意策略来节约自己的神经资源。P2 常常被认为是外源性成分的一种,但也有研究报告 P2 可能与认知过程有关(McDonough et al., 1992)。视觉刺激的 ERP 研究表明,选择性注意增强了 P2 的振幅,缩短了潜伏期。专业羽毛球运动员在动作预期任务中比非专业运动员显示更大的 P2 波幅(Jin et al., 2011)。武术运动专家在执行 Oddball 任务时,P2 成分波幅比新手显著增大(Sanchez-Lopez et al., 2016)。由上述研究结果可以推论,P2 成分可能代表了刺激识别过程以及知觉决策的确定,专家 P2 增大的效应反映了长期训练的效益,揭示了新手和专家执行决策任务时神经机制的差异。

基于此,本研究将视角拓展到封闭性技能的个人项目中,随机抽取具有 10 年以上执裁经验的国家级以上艺术体操裁判员和没有执裁经验的三级裁判员,分为专家组和新手组,在不同服装颜色(红色、蓝色和白色)的相同动作图片中选择动作完成较好的一张,比较专家组与新手组的选择结果及脑电指标的差异性,揭示在艺术体操项目中服装颜色效应的机制。本研究假设:1)裁判员对红色服装动作图片的选择次数可能高于蓝色和白色,新

手裁判员对红色服装动作图片的选择次数可能高于专家裁判员;2)相比蓝色和白色服装的动作,由红色服装动作引起裁判员的N1和P2成分波峰可能较大,潜伏期可能较早;3)与专家裁判员相比,由红色服装动作诱发的新手裁判员N1、P2波峰可能较小,潜伏期可能较迟。

1 研究对象与方法

1.1 实验对象

本研究共有被试36人,均为女性。专家组为国家级及以上裁判员[$n=19$,平均年龄为(35.00±14.32)岁],所有专家组均通过国家级或国际级裁判资格考试,并执裁省级以上比赛的平均年限超过10年;新手组为三级裁判员[$n=17$,平均年龄为(21.26±5.77)岁],新手组通过与等级相对应的理论和实践考试,但无省级以上比赛的执裁经验。两组被试的视力或矫正视力正常,无色弱和色盲,身体健康,均为右利手。在参加实验之前,被试均签署了知情同意书。

1.2 实验材料

刺激材料为自行录制的艺术体操动作视频,动作的演示者为国家健将级艺术体操运动员。依据艺术体操规则中规定的身体难度动作(跳跃、旋转、平衡),由1名艺术体操国际级裁判员从这3类动作中选出最基础的核心动作14个(跳跃动作4个,旋转和平衡动作各5个)。使用佳能EOS 600D相机(分辨率1280×720 dpi,60帧/s),在高度距地面60 cm、距运动员正面2 m处,拍摄14个动作视频。视频材料使用Adobe Premiere Software(Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA)进行处理,以20帧/s转换为连续图片(分辨率640×360 dpi)输出。再由上述国际级裁判员从每段视频中选出完成最好的1张图片,共选出14张图片。使用Adobe Premiere Software,根据HSV(Hue Saturation Value)颜色模型对每张图片中运动员的服装颜色转换为红色、蓝色和白色,并对所有图片中运动员的面部进行马赛克处理。随后对相同动作、不同服装颜色的图片进行红-蓝、红-白和蓝-白配对,得到42对图片。为了避免优先选择第一张图片,将图片的前后顺序进行改变,使每对图片重复呈现4次,共得到168个试次。使用E-prime 2.0软件(Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA)对168个试次的图片进行编辑,使其随机呈现于30 cm×21 cm尺寸的笔记本电脑屏幕上。

1.3 实验设计

本实验为3(颜色:红色、蓝色和白色)×2(组别:专家、新手)×3(电极点:Fz、FCz和Cz)三因素混合设计,其中组别是被试间变量,颜色和电极点位是被试内变量。要求被试选出前后呈现的2张动作图片中认为更好的一张。

1.4 实验程序

实验在上海体育学院心理实验室进行,实验室环境安静舒适,隔音隔光,干湿度适宜,符合脑电实验需求。

实验开始前,由主试告知实验流程,填写知情同意书和被试基本情况表。被试需洗净头皮、头发并吹干,熟悉实验室环境,并关闭手机等移动通信设备。被试坐于实验台前可调节高度的实验座椅上,佩戴好电极帽(德国Brain Products公司生产的按国际10-20系统扩展的64导电极帽记录EEG),选择舒适的坐姿,双手自然放于实验台上的键盘上,左手食指对准Z键,右手食指对准M键。要求被试在实验过程中避免肢体晃动和频繁眨眼。

屏幕中央先出现1个注视点“+”,500 ms后1张图片先后出现在屏幕中央,2张图片的间隔时间为1000~1300 ms,2张图片呈现结束后要求被试尽可能快速选择其中1张认为动作完成较好的图片,选择第1张按Z键,选择第2张按M键,时长1000 ms。电脑自动采集被试按下的Z键和M键的次数。在正式实验前,被试先进行12个试次的练习,随后进入正式实验,整个任务(168个试次)完成需要20 min。

1.5 数据采集与分析

脑电数据由Brain Production Recorder软件采集,采样率为1000 Hz,电极帽的电极Ag/AgCl电极,接地电极为AFz点,参考电极为FCz点。水平眼电(horizontal electro-oculogram, HEOG)置于右眼眶外侧1 cm处,垂直眼电(vectorelectrooculography, VEOG)置于左侧眼眶下1 cm处。采集过程中,所有电极点与头皮间阻抗在10 KΩ以下。

ERP数据分析采用Brain Vision Analyzer软件(version2.1; Brain Product, Gilching, Germany)进行离线分析。以双耳乳突的平均电位作为参考(TP9和TP10),还原FCz点电极进行滤波,高通0.01 Hz,低通30 Hz(斜率为24 db/oct),并基于Analyzer软件去除EEG信号的眼动伪迹。以刺激出现为0点,对刺激出现前200 ms和出现后800 ms进行分段,将每个刺激下所有单次刺激的时频分析进行叠加平均,将-200~0 ms作为基线进行矫正。

ERP分析中主要选取N1成分和P2成分:N1成分是在刺激呈现后100~140 ms时域中的负波;P2成分主要是在刺激呈现后160~220 ms时域中的正波。依据以往研究(Jehee et al., 2011; Zhou et al., 2011)和本研究的目的,重点考察Fz(额区)、FCz(额中央区)和Cz(中央区)。

行为数据与脑电数据均采用SPSS 20.0进行分析。行为数据以被试对认为较好的动作图片的选择次数为指标,进行3(颜色)×2(组别)两因素重复测量方差分析。ERP数据选取3个电极电位的波幅峰值和潜伏期为指标,进行3(颜色)×2(组别)×3(电极点)三因素重复测量方差分析。所有统计结果均使用Greenhouse-Geisser法修正,将 α 水平设置为0.05作为显著性水平。

2 结果

2.1 行为数据

行为结果的方差分析显示:颜色主效应显著[$F_{(2,68)} =$

87.567, $P < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.720$], 选择红色服装动作图片较好的次数(0.430±0.008)显著高于蓝色(0.330±0.008)和白色服装(0.240±0.009); 颜色和组别交互作用显著 [$F_{(2,68)} = 4.170$, $P = 0.019$, $\eta_p^2 = 0.109$]; 组别主效应不显著 [$F_{(1,34)} = 1.776$, $P = 0.192 > 0.05$, $\eta_p^2 = 0.050$]. 简单效应分析结果(表1)显示: 对红色服装动作图片的选择次数上, 新手组显著高于专家组($P = 0.009$); 在新手组内, 选择红色服装动作图片的次数显著高于蓝色($P < 0.001$)和白色($P < 0.001$), 选择蓝色的次数显著高于白色($P < 0.001$); 在专家组内, 选择红色服装动作图片的次数显著高于蓝色($P = 0.008$)和白色

($P < 0.001$), 选择蓝色的次数显著高于白色($P < 0.001$).

2.2 电生理结果

2组被试分别在3种颜色条件下诱发的ERP波形如图1所示, ERP数据方差分析如表2所示。

表1 行为数据描述统计

| 组别 | 对较好动作的选择次数 | | |
|----|-------------|-------------|-------------|
| | 红色 | 蓝色 | 白色 |
| 专家 | 0.410±0.011 | 0.340±0.011 | 0.250±0.012 |
| 新手 | 0.450±0.012 | 0.320±0.012 | 0.230±0.013 |

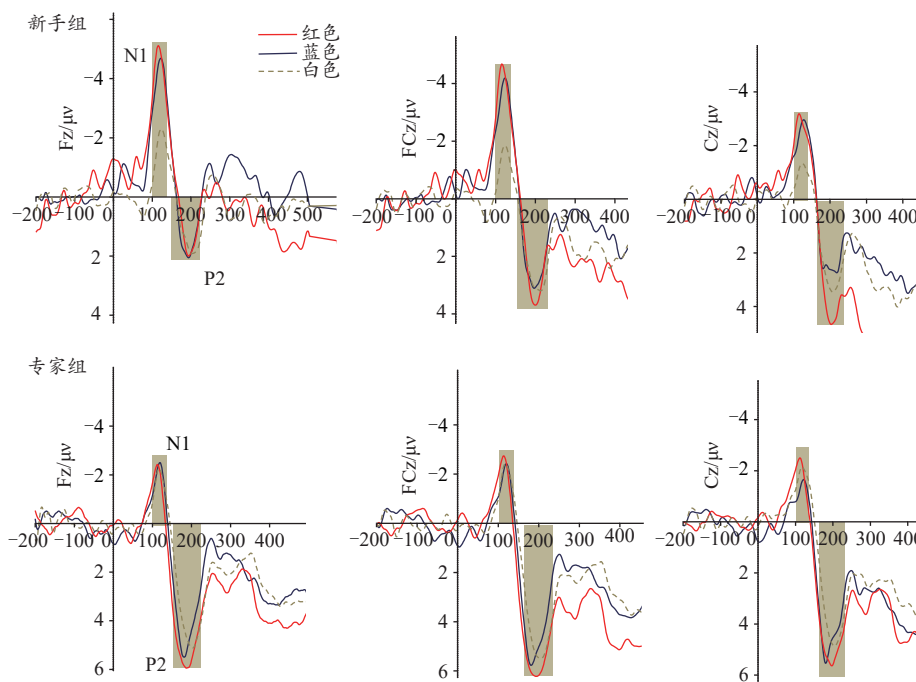


图1 新手组和专家组评价3种颜色服装的动作时在Fz、FCz和Cz点总平均叠加波形图

Figure 1. Total Average Superimposed Waveform at Fz, FCz and Cz Points when Novice and Expert Groups Evaluated the Movements of Uniform in Three Color

表2 ERP数据方差分析结果

Table 2 Results of ANOVA of the ERP Data

| 变量 | 自由度 | N1峰值 | | | N1潜伏期 | | | P2峰值 | | | P2潜伏期 | | |
|-----------|-----|-------|----------|------------|-------|-------|------------|--------|----------|------------|-------|---------|------------|
| | | F | P | η_p^2 | F | P | η_p^2 | F | P | η_p^2 | F | P | η_p^2 |
| 颜色 | 2 | 17.30 | 0.000*** | 0.340 | 3.14 | 0.050 | 0.080 | 17.66 | 0.000*** | 0.340 | 4.48 | 0.015* | 0.120 |
| 组别 | 1 | 27.28 | 0.000*** | 0.450 | 4.52 | 0.041 | 0.120 | 387.34 | 0.000*** | 0.920 | 10.15 | 0.003** | 0.230 |
| 电极点 | 2 | 13.20 | 0.000*** | 0.280 | 0.12 | 0.890 | 0.000 | 22.44 | 0.000*** | 0.400 | 5.03 | 0.009** | 0.130 |
| 颜色×组别 | 2 | 3.68 | 0.030** | 0.100 | 1.11 | 0.334 | 0.030 | 2.15 | 0.125 | 0.060 | 3.82 | 0.027* | 0.100 |
| 电极点×组别 | 2 | 3.13 | 0.050 | 0.080 | 0.41 | 0.670 | 0.010 | 22.61 | 0.000*** | 0.400 | 0.15 | 0.861 | 0.004 |
| 颜色×电极点 | 4 | 2.43 | 0.050 | 0.070 | 0.77 | 0.550 | 0.020 | 1.35 | 0.254 | 0.040 | 0.510 | 0.728 | 0.015 |
| 颜色×电极点×组别 | 4 | 4.15 | 0.003** | 0.110 | 1.14 | 0.340 | 0.030 | 3.54 | 0.009** | 0.100 | 0.47 | 0.757 | 0.010 |

注: *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$, ***表示 $P < 0.001$; 下同。

2.2.1 N1

N1峰值的方差分析结果显示: 颜色主效应显著 [$F_{(2,68)} = 17.300$, $P < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.337$], 红色服装动作图片的波幅

[(3.53±0.15)µV] 显著大于白色 [(2.02±0.25)µV]; 电极点主效应显著 [$F_{(2,68)} = 13.201$, $P < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.280$], Fz [(3.31±0.17)µV] 和 FCz [(3.01±0.21)µV] 点的波幅显著

高于 Cz 点 [$(2.40 \pm 0.17) \mu\text{v}$]; 组别主效应显著 [$F_{(1,34)} = 27.278, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.445$], 专家组波幅 [$(2.14 \pm 0.20) \mu\text{v}$] 显著低于新手组 [$(3.68 \pm 0.21) \mu\text{v}$]; 颜色、电极点位和组别三因素交互作用显著 [$F_{(4,136)} = 4.149, P = 0.003, \eta_p^2 = 0.109$]; 简单效应分析显示, 由红色服装动作引起的新手组 N1 峰值在 Fz 点 ($P < 0.001$) 和 FCz 点 ($P < 0.001$) 显著高于专家组, 由蓝色服装动作引起的新手组 N1 峰值在 Fz 点 ($P < 0.001$)、FCz 点 ($P = 0.004$) 和 Cz 点 ($P = 0.007$) 显著高于专家组, 由白色服装动作引起的 N1 成分波幅, 两组之间没有显著差异 (图 2)。

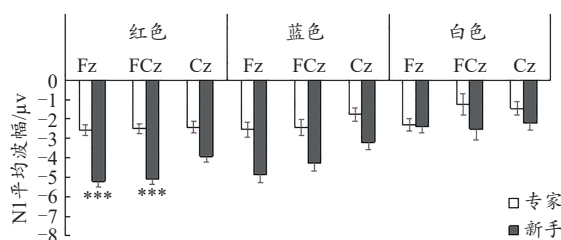


图2 专家组和新手组在Fz、FCz和Cz点由3种颜色诱发的N1峰值
Figure 2. Peak N1 Amplitude of Three Colors at Fz, FCz and Cz Electric Poles between Novice Group and Expert Group

在新手组内, 红色服装动作图片引发的 N1 峰值在 Fz 点和 FCz 点均显著高于与白色 ($P < 0.001, P < 0.001$), 蓝色服装引发的 N1 峰值在 Fz 点和 FCz 点均显著高于白色 ($P < 0.001, P = 0.038$), 3 种颜色在 Cz 点引发的 N1 峰值之间无显著差异 ($P > 0.05$)。在专家组内, 每个电极点位上由 3 种服装颜色动作引发的 N1 峰值之间均无显著差异 ($P > 0.05$)。

N1 潜伏期的方差分析结果显示: 颜色主效应边缘显著 [$F_{(2,68)} = 3.137, P = 0.050, \eta_p^2 = 0.084$], $M_{\text{红色}} [(114.71 \pm 2.30) \text{ms}] < M_{\text{蓝色}} [(118.91 \pm 2.51) \text{ms}] < M_{\text{白色}} [(120.55 \pm 2.65) \text{ms}]$; 组别主效应显著 [$F_{(1,34)} = 4.518, P = 0.041, \eta_p^2 = 0.117$], 专家组潜伏期 [$(113.66 \pm 2.84) \text{ms}$] 显著早于新手组 [$(122.44 \pm 3.00) \text{ms}$]; 其他主效应和交互效应均不显著 ($P > 0.05$)。

2.2.2 P2

P2 峰值的方差分析结果显示: 颜色主效应显著 [$F_{(2,68)} = 17.657, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.342$], 红色服装动作图片的峰值 [$(4.63 \pm 0.15) \mu\text{v}$] 显著高于蓝色 [$(4.08 \pm 0.08) \mu\text{v}$] 和白色 [$(3.89 \pm 0.05) \mu\text{v}$]; 电极点位主效应显著 [$F_{(2,68)} = 22.433, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.398$], FCz 点峰值 [$(4.51 \pm 0.07) \mu\text{v}$] 显著高于 Cz 点 [$(4.37 \pm 0.05) \mu\text{v}$] 和 Fz 点 [$(3.72 \pm 0.15) \mu\text{v}$]; 组别主效应显著 [$F_{(1,34)} = 387.339, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.919$], 专家组峰值 [$(5.47 \pm 0.09) \mu\text{v}$] 显著高于新手组 [$(2.93 \pm 0.09) \mu\text{v}$]; 颜色、电极点位和组别交互效应显著 [$F_{(4,136)} = 3.538, P = 0.009, \eta_p^2 = 0.094$]. 简单效应分析结果显示, 在 3 个电极点处,

3 种服装颜色图片引发的 P2 峰值, 专家组均高于新手组 (图 3)。

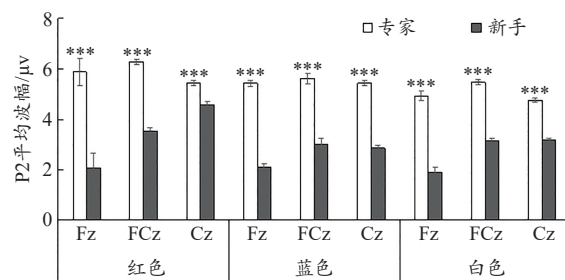


图3 专家组和新手组分别在不同电极点由3种颜色诱发的P2峰值

Figure 3. Peak P2 Induced by Three Colors at Different Electrode Points in Expert Group and Novice Group

在 Fz 点, 新手组内由 3 种服装颜色的动作图片引发的 P2 峰值之间均无显著差异 ($P > 0.05$), 专家组内亦然。在 FCz 点, 新手组内, 红色服装动作图片引发的 P2 峰值显著高于白色 ($P = 0.025$); 专家组内, 红色服装动作图片引发的 P2 峰值显著高于蓝色 ($P < 0.001$) 和白色 ($P < 0.001$)。在 Cz 点, 新手组内, 由红色服装动作图片引发的 P2 峰值显著高于蓝色 ($P < 0.001$) 和白色 ($P < 0.001$); 专家组内, 红色服装动作图片引发的 P2 峰值显著高于白色服装 ($P < 0.001$)。

P2 潜伏期的方差分析结果显示: 颜色主效应显著 [$F_{(2,68)} = 4.478, P = 0.015, \eta_p^2 = 0.116$], 红色服装动作图片的潜伏期 [$(198.35 \pm 2.99) \text{ms}$] 显著迟于蓝色 [$(190.46 \pm 3.02) \text{ms}$]; 电极点主效应显著 [$F_{(2,68)} = 5.027, P = 0.009, \eta_p^2 = 0.129$], Fz 点的潜伏期 [$(192.53 \pm 2.59) \text{ms}$] 显著早于 Cz 点 [$(197.60 \pm 2.37) \text{ms}$]; 组别主效应显著 [$F_{(1,34)} = 10.149, P = 0.003, \eta_p^2 = 0.230$], 专家组的潜伏期 [$(187.74 \pm 3.26) \text{ms}$] 显著早于新手组 [$(202.85 \pm 3.45) \text{ms}$]; 颜色和组别交互效应显著 [$F_{(2,68)} = 3.819, P = 0.027, \eta_p^2 = 0.101$]. 简单效应分析结果 (图 4) 显示, 专家组由红色服装动作图片诱发的 P2 潜伏期显著早于新手组 ($P = 0.005$), 由蓝色服装动作图片诱发的 P2 潜伏期显著早于新手组 ($P = 0.001$), 由白色服装动作图片诱发的 P2 成分潜伏期差异不显著 ($P > 0.005$)。

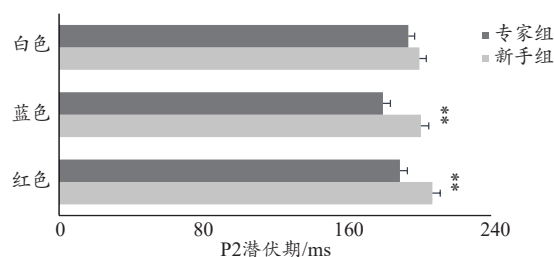


图4 专家组和新手组3种颜色刺激条件下P2成分潜伏期比较
Figure 4. Comparison of P2 Component Latency between Expert Group and Novice Group under Three Color Stimuluses

3 分析与讨论

3.1 行为结果

本研究的目的是探究比赛服装颜色对不同水平艺术体操裁判员知觉加工的影响。其中,行为指标是裁判员对认为较好的动作图片的选择次数。研究结果显示,两组裁判员对红色服装的选择次数均大于蓝色和白色,与本研究假设一致,表明在艺术体操比赛中存在红色获胜效应,与前人研究结果一致(Hagemann et al., 2008; Hill et al., 2005; Ilie et al., 2008)。红色是光谱中第一个可见的颜色,眼动研究(Tchernikov et al., 2010)结果表明,与其他颜色相比,人眼对红色目标的追踪速度最快,ERP 研究(Kuniewicz et al., 2015)也表明,红色更容易引起视觉注意。根据艺术体操比赛的规则,运动员的服装主要覆盖在躯干和上肢部位,当运动员完成跳跃、旋转和平衡类的难度动作时,裁判员不仅要注意运动员每个身体部位的正确位置,还要关注跳跃的高度、旋转的角度以及步伐,然后将这些信息与评分规则进行比较并进行相应的扣分。对红色服装的注意偏向可能使裁判员只关注到躯干部位而忽视了其他线索,导致对红色服装的运动员评分偏高。研究结果还显示,裁判员对蓝色服装图片的选择显著高于白色,表明相比白色服装,彩色服装具有一定的评分优势,验证了前人的推论(李方晖等, 2008)。相对于黑白色系的服装颜色,彩色系是否都具有获胜效应?有待今后研究证实。

新手裁判员对红色服装图片的选择次数多于专家裁判员,与本研究假设一致。该结果表明,与专家裁判员相比,新手裁判员对红色服装动作的评价过高。众所周知,专家裁判员比新手裁判员的评判正确率更高(Konstantinos et al., 2015),证实专家裁判员比新手具有更好的视觉搜索策略和高效的知觉加工能力(Bard et al., 1980; Hack et al., 2009; Moreno et al., 2003)。因此本研究推论,可能是红色服装对新手裁判员的视觉搜索和知觉加工影响更大,消耗了较多的注意资源在无关线索上,导致评判结果出现较大偏差。

3.2 ERP 结果

本研究的主要目的是探讨新手裁判员和专家裁判员在评价不同服装颜色的相同动作时,产生评分差异的内在脑机制。

3.2.1 N1 峰值

研究结果显示,在额区和额中央区新手裁判员评价红色服装动作图片时的 N1 成分峰值最大,专家裁判员在评价 3 种服装颜色动作图片时的 N1 成分峰值之间均无显著差异,部分验证了本研究假设。N1 反映早期的视觉加工,N1 的波幅峰值由注意的焦点调节。对注意的研究显示,个体对颜色的注意程度由大到小的顺序为红、黄、蓝、绿。ERP 研究也显示,红色刺激引起前额和中央脑区 N1 成分波幅的增大,表明新手裁判员对红色服装位置的注

意程度较大,没有注意其他身体部位的动作,造成判断失误。该结果解释了红色服装动作得到较高评价的行为结果。研究结果还显示,评价红色和蓝色服装动作时,新手裁判员在额区和额中央区的 N1 峰值显著高于专家裁判员,与本研究假设不一致。有研究表明,篮球项目的高级裁判员在犯规识别的任务中显示出比中级裁判更大的 N1 波幅(Hack et al., 2009)。因为注意焦点是一个主要调节 N1 成分的因素,而复杂的识别任务使高级裁判员的注意焦点更广阔,因此高级裁判员的 N1 波幅较高。本研究专家裁判员额区的 N1 波幅峰值较小,可能与本研究使用的一般性简单视觉任务有关。丰富的视觉和动作经验使专家裁判员能快速找到与任务相关的线索,受到服装颜色的影响较小;而新手裁判员将注意力集中在较显著的目标上(如红色),对不相关线索的注意较多,导致早期注意资源激活较大,视觉任务加工早期消耗的资源较多。同时,也表明了专家和新手具有不同的视觉搜索模式,与 Moreno 等(2003)的研究结果一致。

专家裁判员在评价 3 种服装颜色的动作图片时,N1 成分峰值没有差异,说明专家的 N1 成分并未受到服装颜色的影响。由于 N1 代表早期的注意焦点,服装颜色也可能对专家裁判员其他加工阶段有影响,导致评价误差。在今后的研究中可以对这个问题做更进一步的研究。

3.2.2 N1 潜伏期

裁判员由红色服装动作图片诱发的 N1 成分潜伏期最短,与本研究假设一致。一般认为,ERP 的潜伏期反映对刺激时间的评价时间(宋为群等, 2005),说明相比蓝色和白色服装,红色服装对裁判员的吸引较早。以往研究也发现,在点探测任务中被试对红色目标的反应时较短(Kuniewicz et al., 2015),这是由于个体对红色目标的注意偏向所致,与本研究结果一致。

3.2.3 P2 峰值

本研究结果显示,在额中央区和中央区,新手裁判员由红色服装诱发的 P2 峰值高于蓝色和白色服装,专家裁判员亦然。与本研究假设一致,即红色服装引发的裁判员的 P2 峰值大于蓝色和白色服装。前额区域 P2 活动的强度与知觉加工强度的指数正相关(Chen et al., 2007; Yuan et al., 2007)。在视觉搜索中,某个特征突显的靶刺激更容易被视觉系统优先选择(Treisman et al., 1988),这使得红色服装对注意的捕获较强,除了分配给红色服装注意资源之外,还需要关注其他与任务相关的线索。相比蓝色和白色服装,裁判员在评价红色服装动作时会动用较多的注意资源,导致 P2 成分峰值较高。但是,裁判员的注意资源是有限的,前期使用较多资源进行信息的搜索,后期就可能缺乏足够的资源来进行进一步处理,导致评分产生误差。

专家裁判员在评价红色服装动作时,额区、额中央区的 P2 峰值均高于新手裁判员,这与本研究假设一致。有

研究表明,P2波幅的增加与知觉学习时间的增加一致(Jin et al., 2011)。与运动员一样,裁判也需要花费数十年时间才能达到顶尖执裁水平(Ericsson et al., 1993; Macmahon et al., 2007),多年的培训和实践发展了他们的知觉-认知技能,使其具备丰富的视觉经验和动作经验(Thomas et al., 2012),这使专家在红色引起其注意的同时还能有额外的注意资源去注意动作的细节,因此知觉加工强度较高,P2峰值较高。另外,P2波幅的减小可能与从刺激中获得的信息减少(Zhou et al., 2019),表明新手裁判员在视觉搜索过程中效率较低。

3.2.4 P2潜伏期

本研究结果显示,红色服装动作图片的潜伏期迟于蓝色和白色,与假设不同,与以往颜色ERP研究所显示的红色刺激引起P2潜伏期缩短(曹强强,2010)的结果也不一致。潜伏期与加工时间相关,说明裁判员对于红色服装图片的加工时间较长,可能与抑制对红色服装的注意有关,注意优先与抑制之间的冲突造成对动作图片加工的延迟。

相比新手裁判员,专家裁判员评价红色和蓝色服装动作时P2成分潜伏期较早,支持本研究假设。P2成分激活较早表明专家裁判员对颜色刺激特征的快速检测,这可能是由于长期训练提高了专家裁判员自上而下加工通路的连接性,提高了任务的应答绩效,反映了专家裁判员大脑神经资源利用的高效率,支持前人研究结果(Babiloni et al., 2010; Sanchez-Lopez et al., 2016)。

4 结论

在艺术体操项目中,裁判员对运动员身体难度动作完成情况的评分存在红色获胜效应,因为红色服装影响了裁判员视觉搜索的早期注意加工阶段,导致最终评分结果产生误差,并且新手裁判员受到的影响较大。ERP结果显示,专家裁判员在早期视觉注意中投入较少的视觉资源,视觉搜索效率更高,表明长期训练提高了专家裁判员大脑神经资源的利用效率,促进专家裁判员快速加工的适应性。

参考文献:

- 曹强强,2010.不同颜色脑认知事件相关电位研究[D].苏州:苏州大学.
- 何丽梅,2007.植物神经在服装颜色影响比赛成绩中的作用[D].广州:华南师范大学.
- 李方晖,刘承宜,伍人乐,等,2008.队服颜色影响体育比赛成绩的内稳态研究[J].体育学刊,15(12):96-100.
- 林岭,张小游,蒋健保,2017.事件相关电位在我国体育领域应用研究现状及与国外相关研究比较[J].北京体育大学学报,40(6):66-73
- 宋为群,汪立冬,屈亚萍,等,2005.不同提示条件下视空间注意的事件相关电位研究[J].中国康复医学杂志,20(9):644-647.

- 魏瑶,李安民,2017.运动员大脑皮层的神经效率:来自一般视觉识别任务ERP与ERD/S的证据[J].天津体育学院学报,32(5):434-442.
- 吴璇,陈旭,刘尚礼,2017.跆拳道运动员在动态威胁情景下的视觉搜索优势-来自ERP的证据[J].北京体育大学学报,40(9):60-65.
- 张坤,崔彩彩,牛国庆,等,2014.安全标志边框形状及颜色的视觉注意特征研究[J].安全与环境学报,14(6):18-22.
- 张腾霄,韩布新,2013.红色的心理效应:现象与机制述评[J].心理学进展,21(3):398-406.
- ANSORG C J, JOHN K S, 1988. International bias detected in judging gymnastics competition at the 1984 Olympic Games[J]. Res Q Exerc Sport, 59(2):154-166.
- ATTRILL M J, GREYSTY K A, HILL R A, et al., 2008. Red shirt colour is associated with long-term team success in English football [J]. J Sports Sci, 26(6):577-582.
- BABILONI C, MARZANO N, INFARINATO F, et al., 2010. "Neural efficiency" of experts' brain during judgment of actions: A high-resolution EEG study in elite and amateur karate athletes[J]. Behav Brain Res, 207(2):466-475.
- BARD C, FLEURY M, CARRIERE L, et al., 1980. Analysis of gymnastics judges' visual search[J]. Res Q Exerc Sport, 51(2):267-273.
- BIANCO V, RUSSO F D, PERRI R L, et al., 2017. Different proactive and reactive action control in fencers' and boxers' brain[J]. Neuroscience, 343:260-268.
- BOEN F, VAN HOYE K, AUWEELE Y V, et al., 2008. Open feedback in gymnastic judging causes conformity bias based on informational influencing[J]. J Sports Sci, 26(6):621-628.
- MCDONOUGH B E, WARREN C A, DON N S, 1992. Event-related potentials in a guessing task: The gleam in the eye effect[J]. Int J Neurosci, 65(1-4):209-219.
- CHEN A, LUO Y, WANG Q, et al., 2007. Electrophysiological correlates of category induction: PSW amplitude as an index of identifying shared attributes[J]. Biol Psychol, 76(3):230-238.
- DREISKAEMPER D, STRAUSS B, HAGEMANN N, et al., 2013. Influence of red jersey color on physical parameters in combat sports [J]. J Sport Exerc Psychol, 35(1):44-49.
- ERICSSON K A, KRAMPE R T, TESH-ROMER C, 1993. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance [J]. Psychol Rev, 100(3):363-406.
- FEDERMEIER K D, KUTAS M, 2002. Picture the difference: Electrophysiological investigations of picture processing in the two cerebral hemispheres[J]. Neuropsychologia, 40(7):730-747.
- FERNANDEZ-VILLARINO M A, BOBO-ARCE M, SIERRA-PALMEIRO E, 2013. Practical skills of rhythmic gymnastics judges[J]. J Hum Kinet, 39(1):243-249.
- FINDLAY L C, STE-MARIE D M, 2004. A reputation bias in figure skating judging[J]. J Sport Exerc, 26(1):154-166.
- HACK J, MEMMERT D, RUPP A, 2009. Attentional mechanisms in sports via brain-electrical event-related potentials[J]. Res Q Exerc Sport, 80(4):727-738.
- HAGEMANN H, STRAUSS B, LEISSIING J, 2008. When referee sees red[J]. Psychol Sci, 19(8):769-771.
- HILL R A, BATON R A, 2005. Red enhances human performance in

- contests[J]. *Nature*, doi: 10.1038/435293a.
- ILIE A, LOAN S, ZAGREAN L, et al., 2008. Better to be red than blue in virtual competition[J]. *Cyberpsychol Behav*, 11(3):375-377.
- JEHEE J F, BARDY D K, TONG F, 2011. Attention improves encoding of task-relevant features in the human visual cortex[J]. *J Neurosci*, 31(22):8210-8219.
- JIN H, XU G, ZHANG J X, et al., 2011. Event-related potentials effects of superior action anticipation in professional badminton players[J]. *Neurosci Lett*, 492(3):139-144.
- JOAN L D, MARY A B B, KATE ST G, 1996. Women's artistic gymnastics judges' sources of stress[J]. *Issue Technique*, 16(10):1-5.
- JOHANNES H, DANIEL M, ANDRE R, 2004. Assessment of reactive motor performance with event-related brain potentials: Attention processes in elite table tennis players[J]. *Res Q Exerc Sport*, 80(4):727-738.
- KRENN B, 2014. The impact of uniform color on judging tackles in association football[J]. *Psychol Sport Exerc*, 15(2):222-225.
- KONSTANTINOS F, DIMITRIS M, GEORGIA P, et al., 2015. Judging the judges' performance in rhythmic gymnastics[J]. *Med Sci Sports Exer*, 47(3):640-648.
- KOSLOW R E, 1985. Effects of ball color on horizontal perimetry detection[J]. *Percept Motor Skill*, 60(2):351-354.
- KUNIECKI M, PILARCZYK J, WICHARY S, 2015. The color red attracts attention in an emotional context. An ERP study[J]. *Front Hum Neurosci*, doi: 10.3389/fnhum.2015.00212.
- MACMAHON C, HELSEN W F, STARKES J L, et al., 2007. Decision-making skills and deliberate practice in elite association football referees[J]. *J Sports Sci*, 25(1):65-78.
- MOORE D R, PINDUS D M, RAINE L B, et al., 2016. The persistent influence of concussion on attention, executive control and neuroelectric function in preadolescent children[J]. *Int J Psychophysiol*, 99:85-95.
- MORENO F J, REINA R, LUIS V, et al., 2003. Visual search strategies in experienced and inexperienced gymnastics coached[J]. *Percept Motor Skill*, 95(3 Pt 1):901-902.
- NORBERT J, KSENIJA J, 2001. Differences in EEG current density related to intelligence[J]. *Cogn Brain Res*, 12(1):55-60.
- OZMERDIVENLI R, BULUT S, BAYAR H, et al., 2005. Effects of exercise on visual evoked potentials[J]. *Int J Neurosci*, 115(7):1043-1050.
- SCHEER J K, ANSORGE C J, 1975. Effects of naturally induced judges' expectations on the rating of physical performance[J]. *Res Quart*, 46(4):463-470.
- SOROKOWSKI P, SZMAJKE A, 2011. The influence of the "red win" effect in sports: A hypothesis of erroneous perception of opponents dressed in red-preliminary test[J]. *Hum Movement*, 12(4):367-373.
- SANCHEZ-LOPEZ J, SILVA-PEREYRA J, FERNANDEZ T, 2016. Sustained attention in skilled and novice martial arts athletes: A study of event-related potentials and current sources[J]. *Peer J*, doi: 10.7717/peerj.1614.
- SMID H G O, JAKOB A, HEINZE H J, 1999. An event-related brain potential study of visual selective attention to conjunctions of color and shape[J]. *Psychophysiology*, 36(2):264-279.
- STE-MARIE D M, 1996. International bias in gymnastics judging: Conscious or unconscious influence? [J]. *Percept Motor Skill*, 83(3):963-975.
- STE-MARIE D M, VALIQUETTE S M, TAYLOR G, 2001. Memory-influenced biases in gymnastic judging occur across different prior processing conditions[J]. *Res Q Exerc Sport*, 72(4):420-426.
- STEVEN A H, MARTY W, STEVEN A H, 1990. Cross-modal selective attention effects on retinal, myogenic, brainstem, and cerebral evoked potentials[J]. *Psychophysiology*, 27(2):195-208.
- STEVEN J L, STEVEN A H, 1994. Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search[J]. *Psychophysiology*, 31(3):291-308.
- TCHERNIKOV I, FALLAH M, 2010. A color hierarchy for automatic target selection[J]. *PLoS One*, doi: 10.1371/journal.pone.0009338.
- THOMAS H, PIA M V, KONSTANTINOS V, 2012. Judging performance in gymnastics: A matter of motor or visual experience?[J]. *Sci Gymnastics J*, 4(1):63-72.
- TREISMAN A, CORMICAN S, 1988. Feature analysis in early vision, evidence from search asymmetries [J]. *Psychol Rev*, 95(1):15-48.
- VAN BOKHORST L G, LENKA K, KIM M, 2016. "It's always the judge's fault": Attention, emotion recognition, and expertise in rhythmic gymnastics assessment[J]. *Front Psychol*, doi: 10.3389/fpsyg.2016.01008.
- VIETTA E W, 1976. Objectivity, validity, and reliability of gymnastic judging[J]. *Res Quart*, 47(2):169-173.
- XIA T, QI Z Y, SHI Z Y, et al., 2018. The early facilitative and late contextual specific effect of the color red on attentional processing [J]. *Front Hum Neurosci*, doi:10.3389/fnhum.2018.00224.
- YUAN J, ZHANG Q, CHEN A, et al., 2007. Are we sensitive to valence differences in emotionally negative stimuli? Electrophysiological evidence from an ERP study [J]. *Neuropsychologia*, 45(12):2764-2771.
- ZHOU F, QIN C, 2019. Acute moderate-intensity exercise generally enhances attentional resource related to perceptual processing[J]. *Front Psychol*, doi: 10.3389/fpsyg.2019.02547.
- ZHOU H, DESIMONE R, 2011. Feature-based attention in the frontal eye field and area V4 during visual search [J]. *Neuron*, 70(6):1205-1217.

(收稿日期:2020-07-09; 修订日期:2022-02-20; 编辑:尹航)