



任务类型-线索条件对跆拳道专家返回抑制的影响机制

——一项来自 ERP 的证据

Influence Mechanisms of Task Type and Cue Condition on Inhibition of Return in Taekwondo Experts

—An Evidence from ERP

惠悲荷¹, 赵萌萌², 宋志娟³, 陆雯¹, 冯琰^{4*}

HUI Beihe¹, ZHAO Mengmeng², SONG Zhijuan³, LU Wen¹, FENG Yan^{4*}

摘要:目的:探讨任务类型和线索条件对跆拳道专家和新手返回抑制能力的影响,以及在不同任务条件下跆拳道专家返回抑制的认知特征及其可能的神经机制。方法:采用线索-靶子与 Go-NoGo 相结合的实验范式,记录在不同任务类型和线索条件下被试的反应时和正确率等行为特征,并同步记录其脑神经活动的峰波幅和潜伏期等事件相关电位(event-related potential, ERP)特征,揭示跆拳道专家(专家组)和新手(新手组)返回抑制控制能力的差异,旨在探讨任务类型-线索条件对跆拳道专家返回抑制的影响机制。结果:1)专家组和新手组反应时($F=9.820, P=0.002<0.01$)存在非常显著差异,专家组的反应速度明显快于新手组;专家组和新手组均出现了返回抑制效应,专家组的返回抑制量大于新手组。2)不同脑区诱发 P2($F=10.595, P=0.000<0.01$)、N2($F=6.407, P=0.007<0.01$)和 P3($F=2.923, P=0.038<0.05$)的峰波幅存在非常显著或显著差异;专家组和新手组诱发 P2($F=6.212, P=0.018<0.05$)、P3($F=9.042, P=0.005<0.01$)的峰波幅也存在非常显著或显著差异。3)不同任务类型(Go-NoGo)诱发产生 P2($F=7.844, P=0.000<0.01$)、N2($F=11.996, P=0.000<0.01$)和 P3($F=3.750, P=0.027<0.05$)潜伏期存在非常显著或显著差异;不同脑区诱发产生 P2($F=5.060, P=0.007<0.01$)和 P3($F=23.638, P=0.000<0.01$)潜伏期存在非常显著差异;专家组和新手组诱发产生 P3($F=14.944, P=0.000<0.01$)潜伏期存在非常显著差异。结论:1)跆拳道专家和新手均表现出返回抑制效应;与新手相比,跆拳道专家表现出更强的注意集中-抑制的转换能力;2)任务类型和线索条件对跆拳道专家返回抑制效应应具有调节作用,其可能的神经机制为部分脑区诱发 P2 较早,出现了明显的 Nogo-N2 和 Nogo-P3 效应,这可能源于跆拳道专家长期的专项训练和比赛经验的积累。

关键词:跆拳道;任务类型;线索条件;返回抑制;事件相关电位

Abstract: Objective: To study the effects of the task types and cue conditions on the ability of inhibition of return of taekwondo experts and novices, as well as the cognitive characters and possible mechanisms of inhibition of return in taekwondo experts under different task conditions. Methods: The experimental paradigm combining cue-target and Go-NoGo was used to record behavioral characteristics such as reaction time and accuracy of subjects under different task types and cue conditions and to simultaneously record event-related potential (ERP) characteristics such as peak amplitude and latency of brain neural activity, so as to reveal the differences of the control ability of inhibition of return between taekwondo experts (expert group) and novices (novice group), with the aim of exploring the influence mechanism of task type and cue condition on inhibition of return in taekwondo experts. Results: 1) The reaction time between the expert group and the novice group is significantly different ($F=9.820, P=0.002<0.01$), with the expert group responding significantly faster than the novice group; both the

基金项目:

国家社会科学基金项目(20BTY119)

第一作者简介:

惠悲荷(1971-),男,副教授,博士,主要研究方向为体育人文社会学和运动训练学, E-mail: chinahbh@126.com。

*通信作者简介:

冯琰(1971-),女,副教授,博士,硕士研究生导师,主要研究方向为运动人体科学, E-mail: fy241919@qq.com。

作者单位:

1. 浙江理工大学, 浙江 杭州 310018;
 2. 威海经区九龙湾小学, 山东 威海 264211;
 3. 浙江横店影视职业学院, 浙江 金华 322118;
 4. 沈阳体育学院, 辽宁 沈阳 110102
1. Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. Weihai Jiulongwan Primary School, Weihai 264211, China;
3. Hengdian College of Film & Television, Jinhua 322118, China;
4. Shenyang Sport University, Shenyang 110102, China.

expert group and the novice group are observed inhibition of return, with the amount being greater in the expert group than in the novice group. 2) The peak amplitude of P2 ($F=10.595$, $P=0.000<0.01$), N2 ($F=6.407$, $P=0.007<0.01$), and P3 ($F=2.923$, $P=0.038<0.05$) induced by different brain regions are very significantly or significantly different; the evoked peak amplitudes of P2 ($F=6.212$, $P=0.018<0.05$) and P3 ($F=9.042$, $P=0.005<0.01$) are also very significantly or significantly different between the expert group and the novice group. 3) The latency periods of P2 ($F=7.844$, $P=0.000<0.01$), N2 ($F=11.996$, $P=0.000<0.01$), and P3 ($F=3.750$, $P=0.027<0.05$) induced by different task types (Go-NoGo) are very significantly or significantly different; the latency periods of P2 ($F=5.060$, $P=0.007<0.01$) and P3 ($F=23.638$, $P=0.000<0.01$) induced by different brain regions are very significantly different; the latency period of P3 ($F=14.944$, $P=0.000<0.01$) was significantly different between the expert group and the novice group. Conclusions: 1) Both taekwondo experts and novices show inhibition of return; taekwondo experts show stronger attention-inhibition switching ability compared to novices; 2) task types and cue conditions regulate on the inhibition of return of taekwondo experts. The possible neural mechanism is the early induction of P2 in some brain regions and the emergence of significant Nogo-N2 and Nogo-P3 effects, which may originate from the accumulation of long-term special training and competition experience of taekwondo experts.

Keywords: taekwondo; task type; cue condition; inhibition of return; event-related potential (ERP)

中图分类号: G886.9 **文献标识码:** A

返回抑制 (inhibition of return, IOR) 是空间选择性注意的一种抑制现象, 一般指对原先注意过的位置上物体作出反应时所表现出来的反应滞后现象。Posner 等 (1984) 发现, 在有提示的前提下, 注意在空间位置上的定向对相继目标刺激的检测具有差异性时序特征。当线索和靶刺激的时间间隔 $< 100\text{ ms}$ 时, 对与线索位置一致的靶子的反应时比出现在与线索位置不一致的靶刺激的反应时间更快, 这种现象称为易化效应, 也称为注意提示效应; 有趣的是, 当线索和靶刺激的时间间隔 $\geq 300\text{ ms}$ 时, 对靶刺激出现在线索位置不一致时的反应时间会短于靶刺激出现在与线索位置一致时的反应时, 这种现象称为抑制效应, 也称为返回抑制。Klein 等 (1994) 提出的反应抑制说认为, 当外周位置线索化后, 个体首先会对线索化位置或者客体作出反应准备, 如果靶子没有及时出现在线索化位置或者靶子与线索化的客体反应就会被抑制。在搜索目标过程中, 视觉系统对先前注意过的位置或客体产生抑制, 使注意暂时不会滞留原位置或客体, 从而能够迅速脱离, 再次投入新目标, 有效地实施注意。有研究分别从内外源线索和单双线等不同视角研究返回抑制 (白学军 等, 2012; 姚茹 等, 2007), 认为不论是线索性质、时间间隔, 还是个数、有效性 (刘盼 等, 2010) 以及视听觉单、双通道刺激和情绪刺激整合的单、双通道加工都会对返回抑制产生不同影响 (唐晓雨 等, 2020)。

近年来, 返回抑制的研究同样也受到运动心理领域研究者的关注。一般均采用线索-靶子实验范式来研究不同项目运动员的返回抑制特征。研究发现, 与普通大学生相比, 环境主导注意型项目的篮球运动员表现出较强的抑制效应, 而主体主导注意型项目的蹦床运动员没有表现出较强的返回抑制能力 (欧岳山 等, 2010); 技能主导类对抗性项群的跆拳道运动员的返回抑制更有优势,

更加突出 (王新宇 等, 2015)。有学者在返回抑制的时间进程上对专家和新手网球运动员进行对比, 发现专家网球运动员比新手网球运动员具有更强的返回抑制能力 (田晓晨, 2019)。还有学者从空间和客体工作记忆 (程颖, 2019)、三维动态场景下的任务设置 (刘艳艳 等, 2020) 对散打运动员返回抑制效应的影响及人群差异进行研究。随着认知科学技术的发展, 已有学者采用事件相关电位技术从微观层面对返回抑制进行研究。黄琳等 (2014) 综合采用线索-靶子范式与 Go/NoGo 范式探讨击剑运动员和普通大学生的返回抑制能力的差异, 发现击剑运动员视觉搜索效率更高, 返回抑制能力更强。杨雪 (2018) 以不同情绪类型图片为线索来探讨情绪类型和线索有效性对体育类大学生返回抑制的影响, 发现返回抑制不受线索的情绪化影响。

有关运动员返回抑制的研究多为宏观层面 (行为), 鲜见微观层面 (脑神经机制) 的相关研究; 对返回抑制的应用仍停留在对比不同人群差异的阶段, 对返回抑制理论与某一专项实践之间本质联系的研究尚待深入。此外, 基于标准化的线索-靶子范式的行为层面研究, 难以还原比赛中运动员多任务、多信息源的情境特点。随着 21 世纪脑科学时代的来临, 脑神经科学技术得到迅速地发展, 事件相关电位记录技术和视频模拟真实情境技术的结合, 不仅能最大限度还原比赛的真实情境, 提高研究的生态学效度, 更能从脑神经活动水平的变化上探讨不同项目运动员返回抑制的特点和抑制过程发生的脑机制, 为深入探讨返回抑制过程提供了新的方法和手段。

跆拳道运动属于技能主导类对抗性项群, 作为环境主导的注意型项目, 运动员需要具有较大的注意广度、较强的注意转移能力以及较好的信息处理能力, 返回抑制与情绪刺激都具有引导注意偏向、提高搜索效率的特点

(张明 等,2022),尤其是在应对对手的假动作时。返回抑制和运动项目有机结合,可以达到攻守之间的快速转换,获得主动权,赢得比赛。因此,本研究探讨跆拳道运动员的返回抑制能力,从宏观和微观层面上揭示跆拳道专家返回抑制特征及其可能的神经机制。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究选取 20 名沈阳体育学院竞技体校跆拳道运动员为实验对象(表 1),被试运动员技术等级为一级或二级的运动员为专家组,无等级运动员为新手组。所有被试自愿参与实验,所有被试均无任何脑部疾病,无药物、酒精依赖史;视力或矫正视力正常。

表 1 被试基本信息

Table 1 Basic Information of Subjects

组别	n	年龄/岁	训练年限/年	运动员技术等级/n		
				一级	二级	无等级
专家组	10	21.00±2.673	7.38±2.615	7	3	0
新手组	10	22.75±4.301	1.25±0.783	0	0	10

1.2 研究方法

1.2.1 实验目的

实验采用专家-新手的研究范式,运用线索-靶子实验范式、Go/NoGo 实验范式,使用事件相关电位记录技术,在比较不同组别被试完成反应任务时的行为和脑神经活动差异的基础上,揭示跆拳道专家返回抑制的认知特征及其可能的神经机制。

1.2.2 实验设计

实验采用 2×4 双因素混合实验设计。组间变量为组别,根据被试的运动员技术等级分为专家组与新手组 2 个水平。组内变量为任务,依据任务类型(Go 和 NoGo)和线索条件(有效线索和无效线索),构成 4 种不同的任务,即 Go 有效线索任务、Go 无效线索任务、NoGo 有效线索任务和 NoGo 无效线索任务。当靶子与前一技术动作相同时为 GO 类型,并进行按键反应,如线索为下劈,靶子为下劈;当靶子与前一技术动作不同时为 NoGo 类型,不进行按键反应,如线索为下劈,靶子为后手直拳。因变量为反应时、正确率、ERPs 的峰波幅和潜伏期。

1.2.3 实验材料

实验用刺激材料来源于现场拍摄,拍摄对象为沈阳体育学院竞技体校国家队运动员 1 名,熟练掌握跆拳道基本技术。拍摄器材为 1 台摄像机(佳能 M3),正面拍摄。每段视频记录了从准备动作到动作结束整个过程,使用绘声绘影 10.0 软件对视频进行剪辑和制作。拍摄的技术动作包括:前手直拳、后手直拳、侧踢、横踢、双飞踢、下劈等。经筛选后共制作了 60 个视频片段,视频片段中没有音频。

1.2.4 实验流程

全部实验均在沈阳体育学院心理实验室中心 ERP 实验室完成。实验前,要求被试洗头并填写基本情况调查表与知情同意书,并告知实验流程及对个人信息保密承诺。待头发吹干后,佩戴 64 导电极帽,注入约 5 mL 的导电膏,待电阻降为 5 kΩ 以下开始实验。要求被试整个过程尽量减少眨眼与肢体的晃动,避免影响实验准确性。

实验任务采用 E-prime2.0 软件编制。整个实验包括练习和正式实验两部分,练习部分包括 8 个试次,让被试熟悉反应任务和按键反应规则等。正式实验分 4 组,每组 40 个试次,一共 160 个试次。Go-有效提示任务、Go-无效提示任务、Nogo-有效提示任务和 Nogo-无效提示任务的试次各占 25%。

实验程序如下:被试按键开始实验,首先屏幕上出现实验指导语,然后依次进入练习模块,待练习结束后开始正式实验。正式实验的每组单次试次的具体流程如图 1 所示:首先在屏幕中央出现一个白色的“+”字,呈现时间为 600 ms,提示被试关注屏幕中央;然后随机出现一个跆拳道技术动作视频作为线索;接着中央注视点的“+”会变粗变黄,呈现时间为 300 ms,提示靶子出现;接着随机出现一个视频作为靶子,呈现时间为 800 ms,要求被试在靶子出现后就进行按键反应,当 Go 线索一致时,按“F”键;当 Go 线索不一致时,按“J”键,为 Nogo 时无需按键。反应结束即出现灰色空屏,呈现时间为 1 500~2 000 ms,然后开始下一个试次实验,如此循环往复。

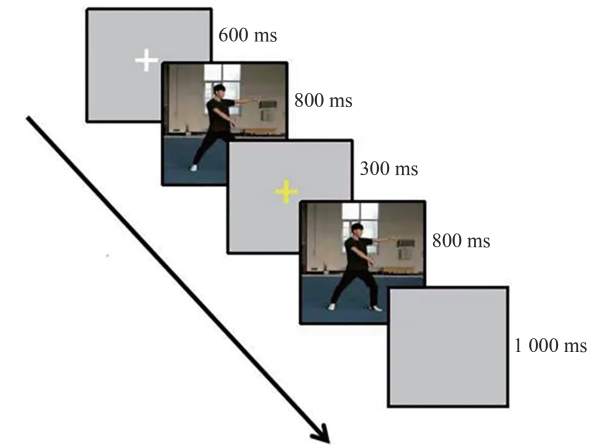


图 1 正式实验的单次试次流程图
Figure 1. Single Trial Flow Chart of Formal Experiment

1.2.5 数据记录与处理

行为数据包括反应时与正确率,由 E-prime2.0 软件进行记录。采用 SPSS 23.0 软件对数据先进行正态分布检验,未发现异常值随后再进行重复测量方差分析。

ERP 数据包括 ERPs 峰波幅和潜伏期,由 Scan 4.5 进行记录、Curry 8 进行离线分析。脑电按照国际标准的 10-20

扩展的 64 导电极帽记录,采用 Ag/Ag Cl 电极,以双乳突为参考电极。选取额区(F3、Fz、F4)、中央区(Cz、C2、C4)、顶区(Pz、P2、P4)、枕区(O1、Oz、O2)等电极点的脑电数据进行分析,主要处理步骤包括:去眼电伪迹(ocular correction)、原始数据检测(raw data inspection)、进行 0.05 Hz 高通滤波(high-pass filter)、基线校正并去除伪迹、根据刺激条件进行分段(segmentation)等。以目标刺激呈现作为零点,选取零点前 200 ms 和后 800 ms 时段进行分段的 ERP 叠加和总平均,提取脑电成分的峰波幅和潜伏期。

采用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计学处理。对记录的各项指标进行 K-S 正态性检验,结果表明,所有数据均符合正态分布($P>0.05$),满足参数检验的要求。对行为数据和 ERP 数据进行重复测量方差分析,对不满足球形检验的统计量采用 Greenhouse-Geisser 法校正自由度和 P ,事后比较采用 LSD 法。

2 结果

2.1 行为结果

根据返回抑制特点和 Go-NoGo 范式,本研究对 Go 任务正确反应的反应时进行统计学处理,考察专家组和新手组在不同线索条件下的反应时以及返回抑制量的大小(表 2)。

表 2 不同组别 Go-NoGo 范式和有效-无效线索范式的返回抑制正确率结果

组别	Go 任务		NoGo 任务	
	有效线索	无效线索	有效线索	无效线索
专家组	92.7±3.47	90.4±3.83	91.8±2.18	91.1±1.99
新手组	92.5±6.09	90.4±5.68	90.6±2.77	90.3±3.13

以组别和线索条件为自变量,以 Go 任务的反应时为因变量的重复测量方差分析结果显示,组别主效应非常显著($F=9.820, P=0.002<0.01$),线索条件主效应显著($F=4.546, P=0.035<0.05$),线索和组别的交互作用不显著($F=1.321, P=0.307>0.05$)。结果表明,在相同线索条件下,专家组的反应速度明显大于新手组;无论是专家组还是新手组,无效线索条件下的反应速度比有效线索条件下的更快。说明无论是专家组还是新手组,都出现了返回抑制效应。

本研究将有效线索的反应时与无效线索反应时之间的差值称为返回抑制量。独立样本 t 检验的结果显示,不同组别的返回抑制量存在非常显著差异($t=5.286, P=0.000<0.01$),描述统计结果(表 3)显示,专家组的返回抑制量明显大于新手组的返回抑制量,说明专家组的返回抑制能力明显优于新手组。

表 3 不同线索条件下不同组别 Go 任务反应时的描述统计结果
Table 3 Descriptive Statistical Results of Go Task Reaction Time in Different Groups under Different

组别	Cue Conditions			ms
	有效线索	无效线索	返回抑制量	
专家组	352.406±67.135	317.000±79.011	33.816±22.451	
新手组	380.852±61.685	360.820±56.210	21.332±13.787	

2.2 ERP 结果

跆拳道专家和新手完成不同线索条件、不同类型的注意返回抑制任务时,大脑皮层不同区域诱发的 ERP 基本波形在特征上既具有一定的相似性也具有一定的异同性(图 2)。顶区(Pz)记录的 ERP 总平均图显示,靶子出现后的 200~220 ms 诱发出了一个正向的 ERP 成分,即 P2;在 230~260 ms 诱发出了一个负向的 ERP 成分,即 N2;在 340~370 ms 诱发出了第二个正向的 ERP 成分,即 P3。

2.2.1 返回抑制的注意脑机制——P2 成分

以 P2 峰波幅为因变量进行 2(组别)×4(任务)×4(脑区)重复测量方差分析,结果显示:组别主效应显著($F=6.212, P=0.018<0.05$),专家组峰波幅($4.427±0.481$)显著低于新手组($6.123±0.481$)。任务主效应不显著($F=0.6348, P=0.595>0.05$)。脑区主效应非常显著($F=10.595, P=0.000<0.01$),P2 峰波幅的高低顺序依次为:顶区($6.464±0.437$)>枕区($5.720±0.282$)>中央区($5.226±0.518$)>额区($3.690±0.560$)。任务和组别交互作用不显著($F=0.759, P=0.520>0.05$),脑区和组别交互作用不显著($F=0.476, P=0.700>0.05$),任务和脑区交互作用不显著($F=1.388, P=0.220>0.05$),任务、脑区和组别交互作用非常显著($F=4.802, P=0.000<0.01$)。进一步简单效应检验发现,相同线索条件下,专家组完成 Go 任务诱发 P2 的峰波幅低于新手组,相同任务类型下,有效线索任务诱发 P2 峰波幅低于无效线索。

以 P2 峰潜伏期为因变量进行 2(组别)×4(任务)×4(脑区)重复测量方差分析,结果显示:组别主效应不显著($F=1.838, P=0.184>0.05$)。任务主效应非常显著($F=7.844, P=0.000<0.01$),不同任务条件的 P2 潜伏期长短顺序依次为:Go 有效线索任务($133.035±3.656$)ms>NoGo 无效线索任务($127.083±4.571$)ms>Go 无效线索任务($118.917±4.740$)ms>NoGo 有效线索任务($112.375±3.684$)ms,脑区主效应非常显著($F=5.060, P=0.007<0.01$),不同脑区的 P2 峰潜伏期长短顺序依次为:中央区($127.806±3.226$)ms>额区($127.438±3.736$)ms>顶区($119.340±4.281$)ms>枕区($116.826±3.841$)ms,任务和组别交互作用显著($F=3.063, P=0.031<0.05$),进一步简单效应检验发现,相同线索条件下,专家组完成 Go 任务诱发 P2 的潜伏期长于新手组,相同任务类型下,有效线索任务诱发 P2 的潜伏期长于无效线索。脑区和组别交互作用不显著($F=0.085, P=$

0.936>0.05),任务和脑区交互作用不显著($F=1.771, P=1.512, P=0.166>0.05$)。
0.096>0.05),任务、脑区和组别交互作用不显著($F=$

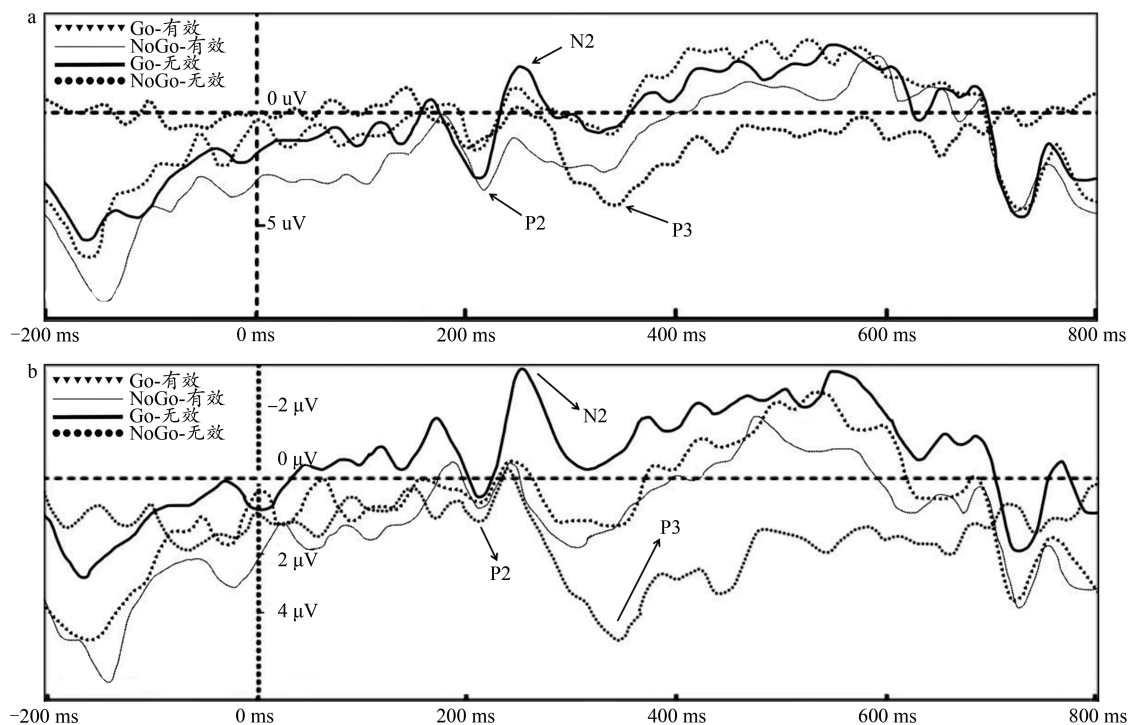


图2 跆拳道专家和新手Go-NoGo任务的有效-无效线索条件下Pz点的ERP总平均图

Figure 2. Total ERP Average Plot of Pz Points under Valid-Invalid Cue Conditions of Go-NoGo Tasks for Taekwondo Experts and Novices

注:a.跆拳道新手;b.跆拳道专家。

以上结果表明,专家组与新手组完成反应任务时,诱发的P2峰波幅存在显著差异。无论何种线索条件和任务类型,专家组在相应脑区诱发产生的P2峰波幅均低于新手组,说明专家组相较于新手组,脑神经活动水平较低,投入的注意资源较少。相同任务类型的有效线索条件下,诱发的P2峰波幅明显低于无效线索,说明被试完成刺激觉察的注意加工消耗了较多的心理资源。不同任务类型和线索条件对不同组别被试诱发的P2潜伏期的影响不同。Go任务诱发的P2潜伏期长于NoGo任务;有效线索条件下诱发的P2潜伏期长于无效线索提示,说明被试在Go任务和无效线索条件下刺激觉察所需时长较长,NoGo任务和无效线索条件均诱发了类似于NoGo-N2的返回抑制效应。

2.2.2 返回抑制的抑制脑机制——N2成分

以N2峰波幅为因变量进行2(组别)×4(任务)×4(脑区)重复测量方差分析。结果显示:组别主效应不显著($F=1.449, P=0.237>0.05$)。任务主效应不显著($F=0.939, P=0.425>0.05$)。脑区主效应非常显著($F=6.407, P=0.007<0.01$)。不同脑区诱发的N2峰波幅高低的顺序依次为:额区(-4.082 ± 0.771)>枕区(-3.144 ± 0.319)>中央区(-2.985 ± 0.582)>顶区(-1.828 ± 0.461)。任务和组别交互作用不显著($F=1.373, P=0.255>0.05$)。脑区和组别交互作用不

显著($F=2.181, P=0.135>0.05$)。任务和脑区交互作用显著($F=2.581, P=0.02<0.05$)。进一步简单效应检验发现:Go无效任务下,顶区波幅最低;Nogo有效条件下,额区波幅最大;Nogo无效条件下,顶区最小,枕区最大。任务、脑区和组别交互作用不显著($F=0.852, P=0.531>0.05$)。

以N2潜伏期为因变量进行2(组别)×4(任务)×4(脑区)重复测量方差分析,结果显示:组别主效应不显著($F=0.480, P=0.493>0.05$)。任务主效应非常显著($F=11.996, P=0.000<0.01$)。不同任务条件诱发的N2潜伏期由长到短的顺序依次为:Go有效线索任务(246.646 ± 4.418)ms>Go无效线索任务(231.049 ± 5.066)ms>NoGo无效线索任务(227.486 ± 6.558)ms>NoGo有效线索任务(207.701 ± 5.092)ms。任务和组别交互作用非常显著($F=11.347, P=0.000<0.01$)。进一步简单效应发现,在Go无效线索任务中,新手组的潜伏期短于专家组;在NoGo无效线索任务中,新手组的潜伏期长于专家组。脑区主效应不显著($F=0.388, P=0.762>0.05$)。脑区和组别交互作用非常显著($F=4.0841, P=0.009<0.01$)。进一步简单效应发现,专家组顶区诱发的N2潜伏期最短,额区诱发的N2潜伏期最长。任务和脑区交互作用不显著($F=1.464, P=0.199>0.05$)。任务、脑区和组别交互作用不显著($F=0.922, P=0.473>0.05$)。

以上结果表明,不同任务类型条件下,特定脑区诱发

的 N2 潜伏期存在显著差异, NoGo 任务诱发的 N2 潜伏期短于 Go, 无效线索条件诱发的 N2 潜伏期短于有效线索条件。说明 NoGo 任务和无效线索条件诱发的返回抑制效应最强。

2.2.3 返回抑制的应答脑机制——P3 成分

以 P3 峰波幅为因变量进行 2(组别)×4(任务)×4(脑区)重复测量方差分析。结果显示: 组别主效应非常显著($F=9.042, P=0.005<0.01$)。专家组峰波幅(1.830 ± 0.578)明显低于新手组(4.289 ± 0.578)。脑区主效应显著($F=2.923, P=0.038<0.05$), P3 峰波幅由高到低的顺序为: 枕区(3.646 ± 0.381)>顶区(3.339 ± 0.514)>额区(2.668 ± 0.548)>中央区(2.583 ± 0.484)。任务主效应不显著($F=0.510, P=0.676>0.05$)。任务和组别交互作用不显著($F=0.807, P=0.493>0.05$), 脑区和组别交互作用不显著($F=0.987, P=0.402>0.05$), 任务和脑区交互作用不显著($F=1.845, P=0.060>0.05$), 任务、脑区和组别交互作用显著($F=2.043, P=0.034<0.05$), 进一步简单效应发现, 相同线索条件下, 专家组完成 Go 任务在 Pz 电极点上诱发的 P3 峰波幅低于新手组, 相同任务类型下, 有效线索任务在 Cz 电极点上诱发的 P3 峰波幅低于无效线索。

以 P3 潜伏期为因变量进行 2(组别)×4(任务)×4(脑区)重复测量方差分析。结果显示: 组别主效应非常显著($F=14.944, P=0.000<0.01$), 专家组潜伏期明显短于[(360.962 ± 3.479)ms]新手组[(379.983 ± 3.479)ms]。任务主效应显著($F=3.750, P=0.027<0.05$), 不同任务条件诱发的 P3 潜伏期由长到短的顺序依次为: NoGo 无效线索任务(383.792 ± 5.332)ms>Go 无效线索任务(372.875 ± 4.818)ms>NoGo 有效线索任务(367.299 ± 6.440)ms>Go 有效线索任务(357.924 ± 4.961)ms。脑区主效应非常显著($F=23.638, P=0.000<0.01$), 不同脑区诱发的 P3 潜伏期由长到短的顺序依次为: 枕区(388.104 ± 3.630)ms>顶区(369.444 ± 3.658)ms>额区(362.528 ± 3.034)ms>中央区(361.813 ± 2.736)ms。任务和组别交互作用不显著($F=2.150, P=0.122>0.05$), 脑区和组别交互作用不显著($F=0.137, P=0.868>0.05$), 任务和脑区交互作用不显著($F=1.875, P=0.089>0.05$), 任务、脑区和组别交互作用不显著($F=1.584, P=0.155>0.05$)。

以上结果表明, 专家组和新手组完成反应任务时, 在特定脑区诱发的 P3 潜伏期存在非常显著差异, 专家组诱发产生 P3 的时间明显早于新手组, 说明跆拳道专家对刺激的辨别速度更快。专家组和新手组完成反应任务时, 在特定脑区诱发产生 P3 的峰波幅也存在非常显著差异, 专家组明显低于新手组, 说明新手组在辨别刺激进行反应时, 需要投入更多的心理运算资源。另外, 不同任务类型条件下, 特定脑区诱发的 P3 潜伏期存在显著差异, NoGo 任务和无效线索条件诱发的 P3 潜伏期长于 Go 任务和

有效线索条件。结合不同任务类型条件下的 N2 潜伏期的结果, 说明不同类型条件任务完成对刺激识别的时长不同, NoGo 任务和无效线索条件下辨识刺激的时长远大于 Go 任务和有效线索条件下的辨识刺激时长。

3 讨论与分析

3.1 跆拳道专家注意返回抑制的行为特征

本研究发现, 跆拳道专家注意返回抑制任务的正确率略高于新手, 但不具有统计学意义。这可能与任务难度不高有关。鉴于本研究重点在跆拳道运动员返回抑制能力上, 因而对运动员的反应时和返回抑制量重点分析。

杨阿丽等(2016)研究发现, 在 Go/Nogo 实验范式下, Go 刺激反应的反应时是测量实验被试外显行为反应的具体指标, 因而对 Go 刺激下的反应时进行分析。在 Go 刺激下反应时的组别主效应显著, 跆拳道专家不论是有效线索还是无效线索, 其反应时均小于新手, 说明跆拳道专家的反应速度更快。已有研究表明, 散打运动员优先观察对手双眼和肩部(俞冠先, 2016), 本研究的跆拳道专家也将其注意力集中在观察对手的腿法, 从而能快速作出正确判断。实验刺激材料为跆拳道运动员录制的基本技术动作, 更接近于真实比赛, 较好地模拟了跆拳道运动的真实情境。王新宇等(2015)采用不同的时间间隔进行的实验研究证实了线索和靶子的时间间隔在 900 ms 时正好与超长期重合, 此时的被试反应速度最快。本研究结果所显示的跆拳道专家在注意返回抑制能力上具有的优势, 主要与跆拳道专家长期从事专项训练, 具有更丰富的运动知识和比赛经验有关。

本研究还发现, 在 Go 刺激任务下, 线索的反应时主效应显著, 有效线索的反应时长于无效线索反应时, 即无效线索比有效线索反应更迅速, 说明跆拳道专家的注意力所表现出来的返回抑制能力强于新手, 对于无效线索的干扰作用, 具有较好的抑制能力。Posner 等(1984)的研究发现, 线索和靶子的时间间隔大于 300 ms 时, 靶刺激出现在线索位置时反应会变慢, 其将此现象称为抑制效应。本实验中线索和靶子之间的时间间隔为 900 ms, 远大于 300 ms 的时间间隔, 所以 2 组被试均出现了返回抑制现象, 亦有可能返回抑制具有跨人群的稳定性(王新宇, 2016), 可作为一种普遍效应存在(欧岳山等, 2010)。比较跆拳道专家和新手返回抑制量发现, 跆拳道专家的返回抑制量大于新手的返回抑制量, 这一结果与王新宇(2016)的研究结果并不一致, 但与击剑、乒乓球、网球等项目的相关研究结果相同, 其原因可能与本研究采用的是 Go-NoGo 实验范式, 实验材料为跆拳道技术动作视频, 且实验材料为真实的跆拳道情境有关。Posner 等(1984)的研究认为, 注意的变化过程为解除原有注意→移动注意点→实施新注意, 这种注意的转移变化较好地解释返

回抑制的特点。跆拳道专家的返回抑制量高于新手的原因,还可能与跆拳道专家运动年限较长、积累的运动知识和运动经验更丰富有关。跆拳道运动属于格斗对抗项目,要求运动员具有较好的视觉搜索和注意转换能力,能快速而准确地识别出对手的技术动作,并可以较快地将线索(预判对手可能的动作)的注意转移到靶子(对手的实际动作)的注意上。

3.2 跆拳道专家返回抑制的脑机制

返回抑制是一种高效的搜索机制,体现出灵活的注意焦点转换能力。本研究的行为数据结果说明,跆拳道专家完成返回抑制性任务时比新手更高效,表现出了优秀的注意抑制控制能力,这与前人研究结果(Nakamoto et al., 2012)相一致,其可能的神经机制为跆拳道专家和新手完成注意返回抑制反应任务时在相应脑区诱发了明显的P2、N2和P3成分。

3.2.1 跆拳道专家返回抑制的注意机制

通常P2成分代表对视觉注意加工范围的影响,就本研究而言,P2成分反映了大脑内部注意的集中-抑制过程。本研究发现,跆拳道专家诱发的P2峰波幅明显低于新手,说明跆拳道专家在注意集中-抑制过程中,注意负荷量较小、投入的认知资源较少,其注意返回抑制过程具有节能化优势,这与王碧野(2014)的研究结果相一致。这种优势的可能机制与大脑皮层顶区、顶枕区和枕区诱发P2的脑神经活动水平较低有关。

3.2.2 跆拳道专家返回抑制的抑制机制

Go/NoGo范式可用于对执行控制能力进行评估,其中诱发的Nogo-N2效应代表了冲突监控(张怡等,2014),即Nogo任务比Go任务诱发出了更明显的N2成分。N2成分代表着动作控制中对目标的确定和对外界目标的变化,反映了在任务中抑制功能的控制机制,其波幅大小代表了个体投入认知资源的多少。本研究发现,跆拳道专家和新手完成返回抑制任务时,两者的脑激活时程无差别,动用的心理认知资源无差别,这一结果与王莹莹等(2014)的部分研究结果相一致。这可能是因为实验任务相对简单或生态学效度低(吴璇等,2017)所致。本研究还发现,Nogo任务比Go任务诱发产生N2成分的潜伏期要短,说明被试对无效刺激有明显的抑制过程。此外,Nogo-N2成分激活脑前额区常被认为是反映抑制能力的有效指标,与抑制相关的背外侧前额叶皮层等脑区的激活相关,前额诱发的N2成分代表抑制控制能力较好(张明等,2007)。因此,跆拳道专家在比赛中能够快速有效地应对对手的假动作,可能是由于其具有更快速地辨识假动作并抑制自身反应的能力,其可能的神经机制在于更高的注意集中和前额皮层更强的抑制活动,其主要目的是防止被部分激活但与当前任务暂时无关的信息继续加工,从而阻止“不合时宜”的反应地激活。

3.2.3 跆拳道专家返回抑制的应答机制

Go/NoGo范式诱发的Nogo-P3效应代表了返回抑制(张怡等,2014)。P3成分反映了与呈现刺激表征的更新修正相关的神经元活动,而Nogo-P3与抑制控制有关。Nogo任务时,P3波幅增强与更好的记忆识别和在特定条件下更少的记忆负担有关(Smith et al., 2011)。本研究发现,跆拳道专家诱发的P3潜伏期明显早于新手,诱发产生P3的脑神经活动水平明显低于新手,说明跆拳道专家对相关刺激的深层加工启动快,分配的注意资源和消耗的认知资源少,拥有优于新手的运动抑制和反应冲突的察觉能力。众所周知,跆拳道是典型的近身格斗对抗类项目,优秀运动员在长期高强度的训练与比赛中,长时记忆中储存大量的运动知识和运动经验等认知模板,使其对出现在复杂、多元、动态、虚假的运动情境中的信息与长时记忆系统中存储的信息进行快速匹配,并作出合理判断与决策。长期的专项化训练不仅提高了运动员的知觉分化水平,更使其对假动作的抑制控制能力得到增强,有了更高的注意集中和抑制的快速转换能力。

4 结论

跆拳道专家Go任务反应速度明显快于新手,无效线索任务反应速度明显快于有效线索任务,跆拳道专家和新手均产生了返回抑制效应,跆拳道专家返回抑制量更大,表现出更强的注意集中-抑制的转换能力。任务类型和线索条件对跆拳道专家的返回抑制效应应具有调节作用,其可能的神经机制为部分脑区诱发P2较早,出现了明显的Nogo-N2和Nogo-P3效应,这可能源于跆拳道专家长期的专项训练和比赛经验的积累。

参考文献:

- 白学军,陈衍,2012.不同线索化条件下返回抑制时程老化研究[J].心理与行为研究,10(6):401-406.
- 程颖,2019.空间和客体工作记忆对散打运动员返回抑制效应的影响[D].北京:北京体育大学.
- 丁振宾,周文福,2014.乒乓球运动员空间注意返回抑制特征的研究[J].沈阳体育学院学报,33(4):122-126.
- 黄琳,周成林,2014.击剑运动员返回抑制能力及抑制特征线索化的事件相关电位研究[J].中国运动医学杂志,33(3):208-213.
- 李军,2011.分心作业对环境主导注意型运动员返回抑制的影响[J].天津体育学院学报,26(3):264-268.
- 刘盼,谢宁,吴艳红,2010.认知老化中有意控制对自动抑制的调节作用[J].心理学报,42(10):981-987.
- 刘艳艳,李杰,赵起超,等,2022.三维动静态场景下返回抑制的扩散[J].心理与行为研究,20(1):22-28.
- 欧岳山,杨清,李艳翎,2010.篮球、蹦床运动员在辨别任务中的返回抑制时程特征[J].体育学刊,17(1):70-74.
- 田晓晨,2019.网球运动员返回抑制的时间进程特征研究[D].长沙:湖南师范大学.
- 唐晓雨,孙佳影,彭姓,2020.双通道分配性注意对视听觉返回抑制

- 的影响[J]. 心理学报, 52(3): 257-268.
- 王新宇, 范静, 王浩平, 等, 2015. 基于跆拳道运动员时程特征的返回抑制机制研究[J]. 天津体育学院学报, 30(6): 538-543.
- 王碧野, 2014. 优秀击剑运动员动态动作能力及其事件相关电位特点[D]. 上海: 上海体育学院.
- 王新宇, 2016. 返回抑制的位置优势[D]. 北京: 北京体育大学.
- 王莹莹, 周成林, 2014. 急性有氧运动的强度与抑制能力的剂量关系: 来自 ERP 的证据[J]. 体育科学, 34(11): 42-49.
- 吴璇, 陈旭, 刘尚礼, 2017. 跆拳道运动员在动态威胁情境下的视觉搜索优势: 来自 ERP 的证据[J]. 北京体育大学学报, 40(9): 60-66.
- 杨阿丽, 张鑫, 郭峰, 等, 2016. 单板 U 型滑雪运动员视觉空间方位知觉的反应抑制: 来自 ERPs 的证据[J]. 沈阳体育学院学报, 35(4): 111-117.
- 杨雪, 2018. 不同动机和唤醒度情绪图片对返回抑制影响的 ERP 研究[D]. 武汉: 武汉体育学院.
- 俞冠先, 2016. 武术散打实战中预判能力及有效技击研究[J]. 武术研究, 1(8): 39-41.
- 姚茹, 李寿欣, 董立达, 等, 2007. 老年人返回抑制之特征分析[J]. 宁波大学学报(教育科学版), 29(2): 44-47.
- 张明, 刘宁, 2007. 视觉返回抑制的实验范式[J]. 心理科学进展, 16(3): 385-393.
- 张明, 王婷婷, 吴晓刚, 等, 2022. 面孔表情和声音情绪信息整合对返回抑制的影响[J]. 心理学报, 54(4): 331-342.
- 张怡, 周成林, 2014. 网球运动员技术动作预判能力的视觉信息加工策略研究[J]. 天津体育学院学报, 29(6): 467-472.
- KLEIN D, ZATORRE R J, MILNER B, et al., 1994. Left putaminal activation when speaking a second language: Evidence from PET[J]. Neuroreport, 5(17): 1134-1141.
- POSNER M I, COHEN Y, 1984. Components of Visual Orienting [M]. Hillsdale, NJ: Erlbaum: 531-556.
- NAKAMOTO H, MORI S, 2012. Experts in fast-ball sports reduce anticipation timing cost by developing inhibitory control [J]. Brain Cogn, 80: 23-32.
- SMITH T J, HENDERSON J M, 2011. Does oculomotor inhibition of return influence fixation probability during scene search? [J]. Atten Percept Psycho, 73(8): 366-378.
- (收稿日期: 2023-03-24; 修订日期: 2023-05-05; 编辑: 尹航)

