

帕金森病患者情绪加工特征及 EEG 功率值的差异性分析

李佩¹, 张霁竹¹, 王共强^{1,2}, 童广安², 马心锋², 林康², 金平², 韩咏竹^{1,2}

摘要: 目的 探讨帕金森病(PD)患者情绪加工特征及脑电图(EEG)功率值的差异性。方法 选取24例PD患者为研究对象,30例健康人群为对照组。采用情绪诱导实验范式(EPIE),自我评估模型(SAM)问卷对情绪效价、唤醒度评分,EEG实时监测皮层脑电信号,比较两组不同情绪下效价、唤醒度及EEG功率值差异及相关性。**结果** (1)PD组BAI、BDI得分[分别为(16.92±3.83)、(22.69±2.30)]>对照组[分别为(11.62±3.65)、(14.17±4.06)],差异均有统计学意义(t 值分别为4.521、7.981,均 $P<0.05$)。(2)消极情绪下,两组效价、唤醒度差异有统计学意义(t 值分别为4.505、-7.705,均 $P<0.05$)。两组功率值在Fp1、Fp2、F7、F3、F4、T3、T4、T5处差异均有统计学意义(t 值分别为-4.12、-12.43、5.76、-2.90、-4.72、-5.34、-5.81、-2.65,均 $P<0.05$)。(3)消极情绪下,对照组效价得分与Fp1($r=-0.837, P<0.01$)、Fp2($r=-0.920, P<0.01$)、F4($r=-0.604, P=0.008$)、P3($r=-0.658, P=0.003$)、P4有相关性($r=-0.546, P=0.019$),唤醒度得分与Fp1($r=0.887, P<0.01$)、Fp2($r=0.958, P=0.003$)、F4($r=0.683, P=0.003$)、P3($r=0.721, P=0.003$)、P4($r=0.610, P=0.007$)有相关性;PD组效价得分与Fp2($r=-0.490, P=0.015$)、F7($r=-0.564, P=0.004$)有相关性,唤醒度得分与Fp2($r=0.440, P=0.031$)、F7($r=0.853, P<0.01$)有相关性。**结论** PD患者存在负性情绪加工异常,与右侧PFC及左外侧FL相关。

关键词: 帕金森病; 情绪加工; 脑电图; 情绪诱导实验范式

中图分类号:R742.5 文献标识码:A

Emotional processing characteristics and electroencephalography power values in patients with Parkinson disease: A differential analysis LI Pei¹, ZHANG Peizhu¹, WANG Gongqiang^{1,2}, TONG Guangan², MA Xinfeng², LIN Kang², JIN Ping², HAN Yongzhu^{1,2}. (1. Institute of Neurology, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230038, China; 2. Affiliated Hospital of Neurology Institute, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230061, China)

Abstract: Objective To investigate the differences in emotional processing characteristics and electroencephalography (EEG) power values in patients with Parkinson disease (PD). **Methods** A total of 24 PD patients were enrolled as subjects, and 30 healthy individuals were enrolled as control group. With the use of the EPIE experimental paradigm, SAM questionnaire was used to determine the scores of emotional valence and arousal, and EEG was used for real-time monitoring of cortical EEG signals. The two groups were compared in terms of the differences in valence/arousal and EEG power values under different emotions and their correlation. **Results** The PD group had significantly higher BAI and BDI scores than the control group [BAI (16.92±3.83) vs (11.62±3.65), $t=4.521, P<0.05$; BDI (22.69±2.30) vs (14.17±4.06), $t=7.981, P<0.05$]. In the negative mood, there were significant differences in valence/arousal between the two groups ($t=4.505, -7.705$, both $P<0.05$). There were significant differences between the two groups in power values at Fp1, Fp2, F7, F3, F4, T3, T4, and T5 ($t=-4.12, -12.43, 5.76, -2.90, -4.72, -5.34, -5.81, -2.65$, all $P<0.05$). In the negative mood, for the control group, valence score was correlated with Fp1 ($r=-0.837, P<0.01$), Fp2 ($r=-0.920, P<0.01$), F4 ($r=-0.604, P=0.008$), P3 ($r=-0.658, P=0.003$), and P4 ($r=-0.546, P=0.019$), and arousal score was correlated with Fp1 ($r=0.887, P<0.01$), Fp2 ($r=0.958, P=0.003$), F4 ($r=0.683, P=0.003$), P3 ($r=0.721, P=0.003$), and P4 ($r=0.610, P=0.007$); for the PD group, valence score was correlated with Fp2 ($r=-0.490, P=0.015$) and F7 ($r=-0.564, P=0.004$), and arousal score was correlated with Fp2 ($r=0.440, P=0.031$) and F7 ($r=0.853, P<0.01$). **Conclusion** Patients with PD have negative emotional processing abnormalities associated with right PFC and left lateral FL.

Key words: Parkinson disease; Emotional processing; Electroencephalography; Emotion-inducing experimental paradigm

帕金森病(Parkinson disease, PD)是第二常见的神经系统变性疾病,由黑质多巴胺能神经元的不可逆变性所引起^[1]。随着人口老龄化的迅速增加,与衰老有关的PD患病率在未来30年内预计将翻一番,给患者健康、预期寿命和生活质量带来损害,也

收稿日期:2025-08-27;修订日期:2025-12-11

基金项目:安徽省高校自然科学基金重点项目(2023AH050793, 2024AH050969);安徽中医药大学临床科研基金重大项目(2021sfylc04)

作者单位:(1. 安徽中医药大学神经病学研究所,安徽合肥 230038; 2. 安徽中医药大学神经病学研究所附属医院,安徽合肥 230061)

通信作者:王共强, E-mail:wgq616@163.com

造成巨大的社会照顾和经济负担^[2,3]。PD患者的非运动症状一直是临床关注的焦点,除睡眠障碍外,情绪障碍同样严重影响其运动症状的波动和生活质量。有研究指出PD患者在病程早期已存在情绪处理障碍^[4]。面孔情绪识别(facial emotion recognition, FER)是研究情绪加工常用的实验范式,情绪诱导实验范式(experimental paradigm for inducing emotions, EPIE)已被证明是研究情绪在大脑表征的有效工具^[5,6]。由于大脑皮质及皮质下区域对情绪刺激评估、处理和情绪反应的整合具有重要作用,而脑电图(electroencephalogram, EEG)作为一种非侵入性、高时间分辨率的神经成像技术^[7],为PD的情绪评估提供了新的视角。本研究尝试通过EPIE实验范式结合EEG功率值定量分析探讨PD患者对不同情绪维度的加工特征及其大脑皮质激活状态,为进一步揭示PD患者情绪障碍的机制提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取2022年4月—2023年12月在安徽中医药大学神经病学研究所附属医院PD患者作为研究对象($n=24$),健康人群作为健康对照组($n=30$)。纳入标准:(1)PD组符合2016版中国帕金森病的诊断标准^[8],Hoehn-Yahr分期I~III期;(2)年龄18~80岁,母语皆为汉语,听力及视力正常,能够理解并完成实验所需的相关量表测试;(3)所有研究对象均签署知情同意书,自愿参加并主动配合本研究。排除标准:(1)有其他精神疾病、智力异常者;(2)头部外伤、头部手术史及肢体震颤幅度较大者;(3)严重脑、心、肾等脏器器质性损害、基础疾病或传染性疾病。

1.2 研究工具 (1)EEG监测使用意大利Galileo NT EEG,监测16个耳极导联的脑电信号:Fp1、Fp2、F7、F8、F3、F4、T3、T4、T5、T6、P3、P4、O1、O2、A1、A2作为参考电极分别置于左耳、右耳,导联位置符合国际10~20系统放置标准,脑电信号采集的灵敏度 $10 \mu\text{V}/\text{mm}$ 、时间分辨率 $10 \text{ s}/\text{pg}$ 、低通滤波 30 Hz 。字母和数字的含义:Fp,前额叶;F,额叶;T,颞叶;P,顶叶;O,枕叶。奇数代表大脑左侧,偶数代表右侧。EEG系统通过频谱分析得到14个导联在不同频带的功率(Power),包括 δ ($0.5\sim 4 \text{ Hz}$)、 θ ($4\sim 7 \text{ Hz}$)、 α ($8\sim 15 \text{ Hz}$)、 β ($16\sim 31 \text{ Hz}$)和 γ ($32\sim 41 \text{ Hz}$),Power是指EEG信号在某个频道带内的能量,通常用微伏(μV^2)或毫伏(mV^2)表示。

(2)贝克抑郁量表(Beck Depression Inventory, BDI-II)^[9]:总分0~63分,以4级评分法评价,0~13分为无抑郁症状,14~19分为轻度抑郁,20~28分为中度抑郁,29~63分为重度抑郁。

(3)贝克焦虑量表(Beck Anxiety Inventory, BAI)^[10]:总分0~63分。总分在0~7分基本没有焦虑症状,8~15分为轻度焦虑,16~25分为中度焦虑,26分以上为重度焦虑。

(4)自我评估模型(Self-Assessment Manikin, SAM)^[11]:受试者对所观看情绪视频作出效价、唤醒度评分的量表。效价得分 <4.5 归为消极情绪,4.5~5.5归为中性情绪, >5.5 归为积极情绪;唤醒度得分越高表示产生的情绪越强烈,得分低则相反。

(5)视频资料来源:自中国情绪影像材料库^[12]、庄宁自建情绪视频材料库^[13]、豆瓣网评分高的影片中选择引起高兴、恐怖情绪的视频,组织40人的评定小组对所选影片片段进行SAM问卷评估,选择准确率高、SAM评分高的作为实验资料,并记录最能引起相应情绪的时间段。中性情绪素材的选择参考了SEED(The SJTU Emotion EEG Dataset)数据库^[14]中所使用的影视片段。最终本研究使用视频资料如表1所示。

表1 诱发情绪的视频资料

情绪类型	视频编号及名称	视频长度
积极	(1).《人在囧途》	00:05:40
	(2).《爱情公寓》	00:04:05
	(3).《举起手来》	00:05:38
	(4).《东成西就》	00:04:50
中性	(5).《世界遗产在中国-黄山》	00:01:55
	(6).《世界遗产在中国-苏州古典园林》	00:02:35
消极	(7).《咒怨》	00:06:45
	(8).《潘神的迷宫》	00:04:18
	(9).《灵魂摆渡-红衣学姐》	00:06:28
	(10).《僵尸》	00:07:36

1.3 研究方法 研究对象入组后,佩戴脑电帽,静坐调整呼吸,避免大幅度动作干扰脑电信号。采用EPIE实验范式情绪诱发,EEG记录与视频播放同步,播放顺序依次为积极-中性-消极(3~5~9~4~6~10),观看后采用SAM问卷对所观看视频作出效价、唤醒度评分,保留受试者所回忆引

起相应情绪最强烈时的时间段截取其中 10 s 的作为频谱分析结果。观看每个视频之间休息 5 min。实验流程见图 1。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析,一般资料以($\bar{x}\pm s$)描述,两组样本间参数

满足正态性及方差齐性,其差异性比较采用两独立样本 t 检验,无序分类变量资料采用 χ^2 检验,采用 Person 分析研究不同情绪下的效价、唤醒度与各脑区皮质功率值相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

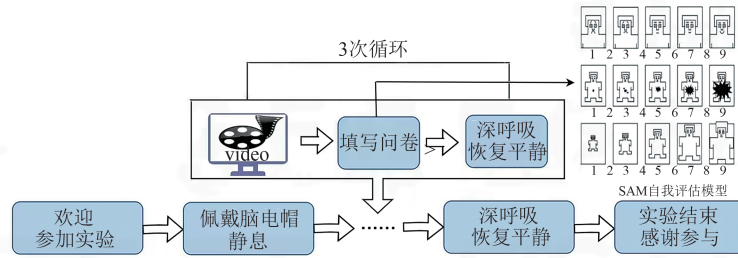


图1 情绪诱导实验范式流程图

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组年龄、性别差异无统计学意义(均 $P>0.05$)(见表2)。

表2 两组一般资料比较

项目	PD组($n=24$)	对照组($n=30$)	t 值	P 值
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	57.63 \pm 4.58	55.56 \pm 4.40	1.514	0.138
性别(男/女, n)	16/8	17/13	-	0.454

2.2 两组 BAI、BDI 得分及在不同情绪下效价、唤醒度比较 PD 组 BAI、BDI 得分 [分别为 (16.92 \pm 3.83)、(22.69 \pm 2.30)] > 对照组 [分别为 (11.62 \pm 3.65)、(14.17 \pm 4.06)], 差异均有统计学意义(t 值分别为 4.521、7.981, 均 $P<0.05$)。

消极情绪下, 两组效价、唤醒度差异有统计学意义(t 值分别为 4.505、-7.705, 均 $P<0.05$)(见表3)。

表3 两组 BAI、BDI 得分及在不同情绪下效价、唤醒度比较($\bar{x}\pm s$)

类型	分类	PD组($n=24$)	对照组($n=30$)	t 值	P 值
BAI		16.92 \pm 3.83	11.62 \pm 3.65	4.521	<0.001
BDI		22.69 \pm 2.30	14.17 \pm 4.06	7.981	<0.001
积极情绪	效价	7.04 \pm 0.76	7.33 \pm 0.66	-1.292	0.204
	唤醒度	7.46 \pm 0.81	7.47 \pm 0.67	-0.059	0.953
中性情绪	效价	3.98 \pm 0.23	3.94 \pm 0.29	0.430	0.670
	唤醒度	3.96 \pm 0.20	3.92 \pm 0.39	0.446	0.658
消极情绪	效价	3.27 \pm 0.25	2.72 \pm 0.52	4.505	<0.001
	唤醒度	6.46 \pm 0.49	7.72 \pm 0.57	-7.705	<0.001

2.3 两组在不同情绪下各脑区皮质功率值比较 消极情绪下, 两组功率值在 Fp1、Fp2、F7、F3、F4、T3、T4、T5 处差异均有统计学意义(t 值分别为 -4.12、-12.43、5.76、-2.90、-4.72、-5.34、-5.81、-2.65, 均 $P<0.05$)(见表4)。

2.4 PD 组消极情绪下的效价、唤醒度与 BAI、BDI 相关性分析 消极情绪下, PD 组效价与 BAI ($r=-1.301, P=0.546$)、BDI ($r=-0.256, P=0.227$) 相关性不显著, 唤醒度与 BAI ($r=0.156, P=0.466$)、BDI ($r=-0.106, P=0.621$) 相关性不显著(见表5)。

2.5 两组在消极情绪下的效价、唤醒度与各脑区皮质功率值相关性分析 消极情绪下, 对照组效价与 Fp1 ($r=-0.837, P<0.01$)、Fp2 ($r=-0.920, P<0.01$)、F4 ($r=-0.604, P=0.008$)、P3 ($r=-0.658, P=0.003$)、P4 有相关性 ($r=-0.546, P=0.019$), 唤醒度与 Fp1 ($r=0.887, P<0.01$)、Fp2 ($r=0.958, P=0.003$)、F4 ($r=0.683, P=0.003$)、P3 ($r=0.721, P=0.003$)、P4 ($r=0.610, P=0.007$) 有相关性; PD 组效价与 Fp2 ($r=-0.490, P=0.015$)、F7 ($r=-0.564, P=0.004$) 有相关性, 唤醒度与 Fp2 ($r=0.440, P=0.031$)、F7 ($r=0.853, P<0.01$) 有相关性(见表6)。

3 讨论

PD 的情绪障碍由情绪持续障碍和情绪处理障碍构成, 前者表现为焦虑、抑郁及情感淡漠, 后者以情绪识别、情绪调节及情绪表达为主^[15]。负性情绪被定义为低效价的情绪, 焦虑、抑郁是 PD 患者常见负性情绪, 发生率高达 43%^[16], 情感淡漠与其严重程度呈正相关^[17], 易导致机体表现出负性认知偏向^[18], 进一步影响情绪识别能力。

表4 两组在不同情绪诱发下各脑区皮质功率值比较($\bar{x}\pm s$)

EEG	积极情绪		中性情绪		消极情绪	
	PD组 (n=24)	对照组 (n=30)	PD组 (n=24)	对照组 (n=30)	PD组 (n=30)	对照组 (n=30)
Fp1	4.24±3.05	3.78±1.80	3.78±2.34	2.43±1.07	15.69±2.50**	18.94±2.58
Fp2	4.27±3.18	3.66±1.80	4.79±3.17	2.59±1.17	13.63±2.37**	22.69±2.30
F7	8.50±3.37	8.59±3.24	5.68±3.06	5.92±1.90	16.92±1.96**	12.22±3.31
F8	8.03±3.43	7.84±3.54	5.83±3.25	5.42±2.10	15.61±2.21	16.75±6.35
F3	4.07±2.54	3.05±1.74	2.36±1.23	2.04±0.91	16.48±3.98**	19.35±1.49
F4	3.66±2.70	2.49±1.33	2.65±2.08	2.04±1.07	14.32±3.43**	18.63±2.06
T3	59.59±16.50	64.57±28.48	7.98±3.63	7.91±2.78	7.84±2.75**	11.77±1.70
T4	22.25±4.25	24.97±15.20	8.51±3.69	7.58±3.41	7.26±2.80**	12.96±3.56
T5	25.21±14.64	22.16±12.24	8.86±3.82	11.74±5.03	10.14±2.33**	11.95±1.99
T6	16.13±6.87	14.02±4.93	8.93±3.81	9.33±3.95	9.15±3.03	10.27±2.68
P3	6.98±3.16	7.59±3.40	7.19±3.45	6.36±3.05	7.96±2.85	8.45±3.88
P4	7.24±2.99	7.2±4.08	7.57±4.32	6.14±3.90	6.83±3.69	8.33±5.19
O1	7.59±2.98	9.44±3.22	9.75±3.76	11.08±3.57	9.33±3.58	8.94±3.68
O2	8.19±2.44	10.18±5.02	10.47±4.39	11.04±4.91	8.03±2.84	8.93±3.93

注:与对照组比较* $P<0.05$,** $P<0.01$ 。

表5 PD组消极情绪下的效价、唤醒度得分与SAM问卷相关性分析(r)

SAM	BAI		BDI	
	r 值	P 值	r 值	P 值
效价	-1.301	0.546	-0.256	0.227
唤醒度	0.156	0.466	-0.106	0.621

情绪识别作为一种高级的社会认知能力^[19],受中枢神经系统的高度操纵与控制,并涉及广泛脑区协调活动。准确识别他人情绪,在日常生活交流中对理解他人意图具有重要作用。因此探讨PD患者情绪加工特征至关重要,有助于早期干预,提高PD患者的社会适应能力及生活质量。

本研究使用BAI、BDI对两组受试者情绪量化评分,结果显示PD组得分高于对照组,即PD组存在焦虑、抑郁负性情绪。SAM主观效价和唤醒度

分值可以预测情绪诱发期间的情绪刺激程度,二者系统性差异构成情绪刺激的核心属性^[20]。本研究采用EPIE实验范式通过积极、中性、消极3种维度进行情绪诱发,结果显示两组在不同情境下均能有效诱发相应情绪,但消极情绪下PD组的效价高于对照组,唤醒度低于对照组,即PD组对特定的情绪识别存在选择性异常,即负性情绪。判断PD患者情绪加工问题,首先要考虑其本身基础情绪状态。本研究结果显示BAI、BDI与消极情绪下效价、唤醒度得分相关性并不显著,即PD患者负性情绪加工异常可独立于焦虑、抑郁出现,这与先前研究一致^[21]。结合效价和唤醒度的差异,对消极情绪下EEG功率值对比分析,结果显示消极情绪下的两组功率值差异集中于双侧前额叶(prefrontal cortex, PFC)、额叶(frontal lobe, FL)及颞叶(temporal epilepsy, TLE)。

表6 两组在消极情绪下的效价、唤醒度与各脑区皮质功率谱值相关性分析(r)

组别	SAM	Fp1	Fp2	F7	F4	P3	P4
对照组	效价	-0.837**	-0.920**	-0.173	-0.604**	-0.658**	-0.546*
	唤醒度	0.887**	0.958**	-0.038	0.683**	0.721**	0.610**
PD组	效价	-0.116	-0.490*	-0.564**	0.001	0.561	0.405
	唤醒度	0.074	0.440*	0.853**	0.201	-0.412	-0.153

注:*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$ 。

面部情绪处理大多涉及PFC、FL及杏仁核(amygdala, AMG)。PFC、FL可能是情绪识别信息量最大的脑区^[22-24],其功能改变会降低情绪反应,出现典型的额叶综合征^[25],表现为情感淡漠、表情减少、无欲状,这与PD表情淡漠、抑郁等非运动症状相吻合。有学者提出PD患者负性情绪严重程度及负性情绪识别能力与PFC功能障碍有关^[26,27]。研究者将患有PD与原发性震颤(essential tremor, ET)受试者进行FER实验,发现PD患者PFC区 θ 波明显减少,被认为可能是多巴胺耗尽引起的疾病特异性缺陷,而这种特异性缺陷会对PD识别厌恶、恐惧等负性情绪识别造成损害^[28],且未经多巴胺补充治疗较补充治疗的PD患者在FER中表现要差^[29,30]。重复经颅磁刺激(repeated transcranial magnetic stimulation, rTMS)可通过激活多巴胺的释放改善PD对负性情绪的处理能力^[31,32]。情绪与边缘系统的调控密切相关。先前研究指出消极情绪的处理主要涉及AMG^[33,34],AMG是参与构成边缘系统的重要皮质下核团,位于TLE背内侧,与各脑区依靠纤维组织紧密联系,接收来自腹侧被盖区和黑质致密部的多巴胺能输入^[35]。正常生理状态下,AMG处于高抑制状态避免外界刺激激活产生负面情绪^[36,37],由于PD多巴胺能神经元的丢失,进而影响AMG与PFC皮质联络减少^[38],出现情绪识别障碍,尤以负性情绪为著^[20]。PD核心病理特征是中脑黑质多巴胺能神经元的变性坏死,多巴胺系统功能障碍可能用来解释PD患者负性情绪加工异常的神经机制。

本研究相关性分析结果显示,消极情绪下,对照组效价、唤醒度与Fp1、Fp2、F4、P3、P4有相关性,PD组效价、唤醒度与Fp2、F7有相关性。即健康人群消极情绪处理主要与双侧PFC、右外侧FL及双侧顶叶相关,PD消极情绪处理主要与右侧PFC及左外侧FL相关。曾有研究对情绪感知提出大脑偏侧化假说^[39,40],指出右侧半球更倾向于感知负性情绪,尤其右侧PFC,而左侧PFC损伤后更易患有抑郁症,可能与左侧PFC损伤后不能有效激发积极情绪有关,上述偏侧性在本研究中未明显体现。

综上所述,研究结果发现,PD患者较健康人群存在负性情绪加工异常,与右侧PFC及左外侧FL相关。PFC不仅为情绪评估中心,与认知控制也密切相关,PD的情绪处理障碍可能是继发于其他认知障碍^[28,41],且认知完整的PD患者情绪处理优于认知障碍者,可能是得益于PFC自上而下的补偿性认知控

制机制^[42]。另外有学者提出PD负性情绪处理与壳核体积萎缩有一定相关性^[43]。本研究的局限性在于未对PD患者自身认知功能量化及未结合影像学检查脑区体积对比,后期将结合二者对PD负性情绪加工进一步研究。

伦理学声明:本研究方案经安徽中医药大学神经病学研究所附属医院伦理委员会审批[批号:2023伦字(17)号],患者均签署知情同意书。

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:李佩负责实验操作、数据整理、统计分析、论文撰写;张霁竹、马心锋、童广安、林康、金平、韩咏竹负责数据整理、统计分析;王共强负责指导撰写论文并最后定稿。

[参考文献]

- [1] Guatteo E, Berretta N, Monda V, et al. Pathophysiological features of nigral dopaminergic neurons in animal models of Parkinson's disease[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(9): 4508.
- [2] Tolosa E, Garrido A, Scholz SW, et al. Challenges in the diagnosis of Parkinson's disease[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(5): 385-397.
- [3] 李佩, 张霁竹, 王共强, 等. 帕金森病冻结步态认知-运动干扰效应中的肌-脑串扰机制[J]. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2024, 33(9): 813-818.
- [4] Dujardin K, Blairy S, Defebvre L, et al. Deficits in decoding emotional facial expressions in Parkinson's disease[J]. *Neuropsychologia*, 2004, 42(2): 239-250.
- [5] 王筱敏, 赵少楷, 许敏鹏, 等. 面向情感计算的视频诱发范式的回顾与思考[J]. *智能安全*, 2024, 3(1): 49-61.
- [6] Lotz A F, Wilbrink M, Siegert I, et al. An experimental paradigm for inducing emotions in a real world driving scenario: Evidence from self-report, annotation of speech data and peripheral physiology [C]//Eyssele F, Kopp S, Schmid U, et al. 7. Interdisziplinäre Workshop Kognitive Systeme. Braunschweig, 2018.
- [7] Cao L, Yu B, Dong Y, et al. Convolution spatial-temporal attention network for EEG emotion recognition [J]. *Physiol Meas*, 2024, 45(12).
- [8] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组, 中国医师协会神经内科医师分会帕金森病及运动障碍专业委员会. 中国帕金森病的诊断标准(2016版)[J]. *中华神经科杂志*, 2016, 49(4): 268-271.
- [9] Jackson-Koku G. Beck depression inventory[J]. *Occup Med*, 2016, 66(2): 174-175.
- [10] Bardhoshi G, Duncan K, Erford BT. Psychometric meta-analysis of the English version of the beck anxiety inventory [J]. *J Couns Dev*, 2016, 94(3): 356-373.
- [11] Bradley MM, Lang PJ. Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential[J]. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 1994, 25(1): 49-59.

- [12] 徐鹏飞, 黄宇霞, 罗跃嘉. 中国情绪影像材料库的初步编制和评定[J]. 中国心理卫生杂志, 2010, 24(7): 551-554, 561.
- [13] 庄宁. 基于脑电的情绪加工与识别技术研究[D]. 郑州: 战略支援部队信息工程大学, 2020.
- [14] Zheng WL, Lu BL. Investigating critical frequency bands and channels for EEG-based emotion recognition with deep neural networks[J]. *IEEE Trans Auton Ment Dev*, 2015, 7(3): 162-175.
- [15] 李慧英, 李延峰. 帕金森病相关的情绪障碍[J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志, 2019, 26(6): 454-459.
- [16] 刘彤, 唐玮婷, 熊亦璇, 等. 帕金森病抑郁与自主神经症状网络分析[J]. 中风与神经疾病杂志, 2025, 42(2): 115-120.
- [17] Martin GP, McDonald KR, Allsop D, et al. Apathy as a behavioural marker of cognitive impairment in Parkinson's disease: A longitudinal analysis[J]. *J Neurol*, 2020, 267(1): 214-227.
- [18] De Voogd EL, Wiers RW, Salemink E. Online visual search attentional bias modification for adolescents with heightened anxiety and depressive symptoms: A randomized controlled trial[J]. *Behav Res Ther*, 2017, 92: 57-67.
- [19] Frith CD. Social cognition[J]. *Phil Trans R Soc B*, 2008, 363(1499): 2033-2039.
- [20] Russell JA. A circumplex model of affect[J]. *J Pers Soc Psychol*, 1980, 39(6): 1161-1178.
- [21] Gray HM, Tickle-Degnen L. A meta-analysis of performance on emotion recognition tasks in Parkinson's disease[J]. *Neuropsychology*, 2010, 24(2): 176-191.
- [22] Dal Monte O, Krueger F, Solomon JM, et al. A voxel-based lesion study on facial emotion recognition after penetrating brain injury[J]. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2013, 8(6): 632-639.
- [23] Zhong P, Wang D, Miao C. EEG-based emotion recognition using regularized graph neural networks[J]. *IEEE Trans Affect Comput*, 2022, 13(3): 1290-1301.
- [24] 夏镇夷. 额叶综合征的诊断和处理[J]. 上海精神医学, 1999, 11(S1): 1-6.
- [25] Funahashi S. Neuronal mechanisms of executive control by the prefrontal cortex[J]. *Neurosci Res*, 2001, 39(2): 147-165.
- [26] de Hemptinne C, Chen W, Racine CA, et al. Prefrontal physiological markers of anxiety and depression in Parkinson's disease[J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 748165.
- [27] Chen W, de Hemptinne C, Leibbrand M, et al. Altered prefrontal theta and gamma activity during an emotional face processing task in Parkinson disease[J]. *J Cogn Neurosci*, 2019, 31(11): 1768-1776.
- [28] Marneweck M, Hammond G. Discriminating facial expressions of emotion and its link with perceiving visual form in Parkinson's disease[J]. *J Neurol Sci*, 2014, 346(1-2): 149-155.
- [29] Argaud S, Vérin M, Sauleau P, et al. Facial emotion recognition in Parkinson's disease: A review and new hypotheses[J]. *Mov Disord*, 2018, 33(4): 554-567.
- [30] Sprengelmeyer R, Young AW, Mahn K, et al. Facial expression recognition in people with medicated and unmedicated Parkinson's disease[J]. *Neuropsychologia*, 2003, 41(8): 1047-1057.
- [31] Wei W, Yi X, Ruan J, et al. The efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation on emotional processing in apathetic patients with Parkinson's disease: A Placebo-controlled ERP study[J]. *J Affect Disord*, 2021, 282: 776-785.
- [32] Wen MC, Chan LL, Tan LCS, et al. Depression, anxiety, and apathy in Parkinson's disease: Insights from neuroimaging studies[J]. *Eur J Neurol*, 2016, 23(6): 1001-1019.
- [33] Carretié L, Albert J, López-Martín S, et al. Negative brain: An integrative review on the neural processes activated by unpleasant stimuli[J]. *Int J Psychophysiol*, 2009, 71(1): 57-63.
- [34] 陈钧钧, 周立, 郑媛升, 等. 杏仁核在帕金森病焦虑形成中作用的研究进展[J]. 神经解剖学杂志, 2023, 39(6): 714-718.
- [35] Tessitore A, Hariri AR, Fera F, et al. Dopamine modulates the response of the human amygdala: A study in Parkinson's disease[J]. *J Neurosci*, 2002, 22(20): 9099-9103.
- [36] Adolphs R. Cognitive neuroscience of human social behaviour[J]. *Nat Rev Neurosci*, 2003, 4(3): 165-178.
- [37] Liu ZP, Song C, Wang M, et al. Chronic stress impairs GABAergic control of amygdala through suppressing the tonic GABAA receptor currents[J]. *Mol Brain*, 2014, 7: 32.
- [38] Coombes SA, Corcos DM, Pavuluri MN, et al. Maintaining force control despite changes in emotional context engages dorsomedial prefrontal and premotor cortex[J]. *Cereb Cortex*, 2012, 22(3): 616-627.
- [39] Stanković M. A conceptual critique of brain lateralization models in emotional face perception: Toward a hemispheric functional-equivalence (HFE) model[J]. *Int J Psychophysiol*, 2021, 160: 57-70.
- [40] Ahern GL, Schwartz GE. Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis[J]. *Neuropsychologia*, 1985, 23(6): 745-755.
- [41] Bianchini E, Rinaldi D, Alborghetti M, et al. The story behind the mask: A narrative review on hypomimia in Parkinson's disease[J]. *Brain Sci*, 2024, 14(1): 109.
- [42] Gross JJ. Antecedent- and response-focused emotion regulation: Divergent consequences for experience, expression, and physiology[J]. *J Pers Soc Psychol*, 1998, 74(1): 224-237.
- [43] Moonen AJH, Weiss PH, Wiesing M, et al. An fMRI study into emotional processing in Parkinson's disease: Does increased medial prefrontal activation compensate for striatal dysfunction? [J]. *PLoS One*, 2017, 12(5): e0177085.

引证本文: 李佩, 张霏竹, 王共强, 等. 帕金森病患者情绪加工特征及 EEG 功率值的差异性分析[J]. 中风与神经疾病杂志, 2026, 43(3): 259-264.