

· 论著 ·

重性精神障碍患者面部表情特征与攻击风险水平的相关性研究

郭艺萍 吴航 刘瑞 丰雷 韩佳丽 韩金祥 邹博超 谢海永 王刚

100088 首都医科大学附属北京安定医院 国家精神心理疾病临床医学研究中心 精神疾病诊断与治疗北京市重点实验室(郭艺萍、吴航、刘瑞、丰雷、韩佳丽、王刚); 100069 首都医科大学 人脑保护高精尖创新中心(刘瑞、丰雷、邹博超、谢海永、王刚); 100035 北京市西城区精神卫生保健所(韩金祥); 100041 北京, 中国电子科学研究院 社会安全风险感知与防控大数据应用国家工程实验室(邹博超、谢海永)

通信作者: 王刚, Email: gangwangdoc@ccmu.edu.cn

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2021.04.002

【摘要】 **目的** 探讨重性精神障碍患者面部表情特征与攻击风险水平的相关关系。**方法** 本研究为横断面观察研究, 选取2019年9—12月北京15家社区医院的30例既往有攻击行为且符合国际疾病分类ICD-10诊断标准的重性精神障碍患者, 采用修订版外显攻击行为量表(MOAS)、患者健康问卷(PHQ-9)、广泛性焦虑障碍量表(GAD-7)评估患者的攻击风险水平、抑郁和焦虑程度。采用OpenFace提取面部动作单元(AU)中的AU4(皱眉)、AU5(上眼睑上抬)、AU7(眼睑收紧)、AU20(嘴角拉伸)、AU23(收紧嘴唇)共5个表情指标, 计算各AU强度与时长指标, 利用偏相关分析研究AU指标与MOAS总分的相关关系。**结果** 在AU时长指标中, AU5($r=0.395, P=0.037$)、AU20($r=0.414, P=0.029$)、AU23($r=0.407, P=0.032$)与MOAS总分呈显著正相关; AU强度指标显示, AU20($r=0.557, P=0.002$)、AU23($r=0.466, P=0.013$)与MOAS总分呈显著正相关。**结论** 基于面部表情特征有助于识别重性精神障碍患者的攻击风险水平。

【关键词】 重性精神障碍; 攻击风险; 面部表情

基金项目: 国家自然科学基金(U19B2032, 81901368); 国家科技重大专项重大新药创制(2018ZX09201-014); 北京市属医院科研培育计划(PX2020072); 首都卫生发展科研专项(2020-4-2125)

Study on the correlation between facial expression and aggression risk in patients with major mental disorders Guo Yiping, Wu Hang, Liu Rui, Feng Lei, Han Jiali, Han Jinxiang, Zou Bochao, Xie Haiyong, Wang Gang

The National Clinical Research Center for Mental Disorders & Beijing Key Laboratory of Mental Disorders, Beijing Anding Hospital, Capital Medical University, Beijing 100088, China (Guo YP, Wu H, Liu R, Feng L, Han JL, Wang G); Advanced Innovation Center For Human Brain Protection, Capital Medical University, Beijing 100069, China (Liu R, Feng L, Zou BC, Xie HY, Wang G); Mental Health Care Center of Beijing Xicheng District, Beijing 100035, China (Han JX); National Engineering Laboratory for Social Security Risk Perception and Prevention and Control Big Data Application, Chinese Academy of Electronic Sciences, Beijing 100041, China (Zou BC, Xie HY)

Corresponding author: Wang Gang, Email: gangwangdoc@ccmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the relationship of non-verbal facial expression features and aggression risk of patients with severe mental disorders. **Methods** This study is a cross-sectional study. The study was carried out in 15 community hospitals in Beijing from September to December in 2019. A total of 30 patients with severe mental disorders who had aggressive behavior and met the International Classification of Diseases-10 diagnostic criteria were included. Modified Overt Aggression Scale (MOAS), Patient Health Questionnaire 9-items (PHQ-9) and Generalized Anxiety Disorder Scales 7-items (GAD-7) were applied to evaluate aggression risk, depression and anxiety respectively. Openface extracted 5 action units (AU): AU4 (brow lowerer), AU5 (upper lid raiser), AU7 (lid tightener), AU20 (lip stretcher), and AU23 (lip tightener). The intensity and duration of each AU were calculated, and the correlation between AU index and the total score

of MOAS was studied using partial correlation analysis. **Results** Among the duration of AU indexes, AU5 ($r=0.395$, $P=0.037$), AU20 ($r=0.414$, $P=0.029$), AU23 ($r=0.407$, $P=0.032$) were positively correlated with the total score of MOAS. The intensity AU indexes showed that AU20 ($r=0.557$, $P=0.002$) and AU23 ($r=0.466$, $P=0.013$) were positively correlated with the total score of MOAS. **Conclusions** Facial expression features could be helpful to identify aggression risk of patients with severe mental disorders.

【Key words】 Severe mental disorder; Aggression risk; Facial expression

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (U19B2032, 81901368); National Science and Technology Major Project for IND (investigational newdrug) (2018ZX09201-014); Beijing Hospital Research and Training Program (PX2020072); Capital Health Development Research Fund (2020-4-225)

攻击通常是指任何形式的故意伤害他人的行为,而暴力是指攻击行为中导致严重后果的极端形式的攻击行为^[1]。攻击行为是精神障碍患者常见的临床症状,其中精神分裂症、双相情感障碍与攻击风险的关系较为密切^[2],患者在某些情况下可能做出暴力行为甚至产生严重后果。极端形式的暴力行为会在社会层面造成深远的恶劣影响,是社会公共安全领域不容忽视的问题^[3]。

目前,对精神障碍患者攻击风险的评估主要依靠量表或医护人员的临床经验,缺乏相对客观的评估指标^[4]。Berkowitz^[5]提出的认知新联结主义模型是目前较主流的攻击心理理论,其认为令人厌恶的事件会对个体产生负面影响,从而激发与愤怒、攻击相关的想法、记忆以及回应。经过不同的认知加工方式会产生不同的反应,反应为攻击趋势则会产生初始愤怒情绪,反应为逃避趋势则产生初始恐惧情绪。有研究发现,青少年攻击行为与愤怒、恐惧情绪表情之间呈相关关系^[6]。在讲话时所表达出的愤怒情绪可以作为预测攻击行为的因素之一^[7]。面部表情作为情绪-行为反应的重要部分,可以反映个体的情绪、情感和精神状态^[8],能够作为判断患者攻击风险水平的客观指标。

Ekman 与 Friesen 提出的面部运动编码系统 (facial action coding system, FACS) 被广泛应用于面部表情的测量^[9], 将其面部分为 30 多个“运动单元” (action unit, AU), 即独立出现或者以组合形式出现的面部肌肉运动单位, 通过运动幅度大小将 AU 强度分为 5 个等级, 分别为 1- 出现踪迹 (trace)、2- 轻微 (slight)、3- 明显出现 (marked or pronounced)、4- 强度极大 (severe or extreme) 和 5- 强度最大值 (maximum), 对表情进行测量^[10]。基于 FACS 系统的 AU 表情测量在精神障碍研究中已有了较广泛的使用, 如抑郁障碍患者抑郁程度较重时, 会呈现出更多的非亲和性表情 (AU14)^[11]。伴有自杀意念的抑郁障碍患者的杜兴门氏微笑 (Duchenne smile), 也就是通常所说

的真性微笑比例降低^[12]。急性期精神分裂症患者的面部表情动作常常会减少, 特别是一些传递积极情绪的面部表情^[13]。

由于表情会受到想象事物以及感受的影响, 研究会通过医生向受试者询问攻击相关问题, 使受试者通过回忆攻击事件研究相应表情。在与攻击相关的愤怒、恐惧情绪中, AU4 (皱眉)、AU5 (上眼睑上抬)、AU7 (眼睑收紧) 均参与愤怒与恐惧情绪, AU20 (嘴角拉伸) 参与恐惧, AU23 (收紧嘴唇) 参与愤怒^[10]。因此, 本研究以横断面的方式进行研究, 通过特定问题以诱发相关情绪, 并记录受试者的面部运动, 使用以上 5 个 AU 作为客观指标, 探索重性精神障碍患者的攻击风险水平与表情间的相关关系。

对象与方法

一、研究对象

本研究为横断面研究。选取 2019 年 9—12 月北京西城区 15 家社区医院的 30 例三类重性精神障碍患者。纳入标准: (1) 为目前北京市精神卫生信息管理系统在册管理的社区患者, 符合国际疾病分类 (international classification of diseases, ICD)-10 精神分裂症 (F20)、分裂情感性障碍 (F25)、双相情感性障碍 (F31) 的诊断标准; (2) 年龄 18~60 岁; (3) 1 个月内有过攻击行为; (4) 患者自愿并签署知情同意书。排除标准: (1) 合并严重躯体疾病者, 长期卧床不能正常活动者; (2) 不能配合完成问卷者; (3) 修订版外显攻击行为量表 (Modified Overt Aggression Scales, MOAS) 评分等于 0 分。所有受试者均自愿参与研究, 并签署知情同意书。本研究经首都医科大学附属北京安定医院伦理委员会批准 (批号: 2019 科研第 53 号)。

二、方法

1. 研究方法: 对参与研究的 15 家社区医院医生进行量表一致性以及试验规范化培训, 使用 MOAS 量表评定受试攻击风险水平, MOAS 的观察期为 1 个月。筛选成功的受试, 社区医生在评估量表后会以临床访谈的形式向患者询问以下 4 个问题。(1) 发生攻击

行为时的场景; (2) 发生攻击行为时的原因; (3) 现在如何看待该行为; (4) 后期有什么计划。该过程会通过摄像机录像, 摄像机置于患者正前方 2 m 处。通过临床访谈问题, 引导患者回忆自己产生攻击行为时的相关场景, 诱发其相关表情。通过 OpenFace 软件提取视频中的 AU4、AU5、AU7、AU20、AU23, 探索精神障碍患者在回忆攻击情景时 AU 与攻击风险相关关系。

2. 攻击风险及精神状态评估: MOAS 共有言语攻击、对财物的攻击、自身攻击和体力攻击 4 个分量表^[14]。各分量表均采取 5 级评分, 0、1、2、3、4 分别代表无攻击、轻度、中度、重度以及极重的攻击程度。4 个分量表即言语、财物、自身、体力攻击, 分数依次分别需要 $\times 1$ 、 $\times 2$ 、 $\times 3$ 、 $\times 4$ 进行加权, 量表总分为 4 个分量表加权分数之和, 总分越高, 攻击风险越高^[15]。MOAS 是目前临床领域使用较为广泛的评估工具之一, 每一条目的各等级评分均有对应行为的具体描述, 使用较便利, 评定一致性高, 常用作研究量表^[16]。使用患者健康问卷(PHQ-9)、广泛性焦虑障碍量表(GAD-7)两种自评量表分别对患者的抑郁状态以及焦虑状态进行评估, 对量表的分项进行简单求和即为量表总分, 分数越高表示抑郁或焦虑程度越高, 其在情绪状态评估中被广泛应用^[17-18]。

3. 面部表情评估: 采用 FACS 方法识别人脸表情, 研究 AU 强度和 AU 时长共两项 AU 指标。OpenFace 是第 1 个可以自动识别面部表情的开源软件, 目前已得到了广泛使用^[19]。使用开源软件 OpenFace 对患者视频进行处理, 将每秒视频拆分为 25 帧图片, 并由计算机自动标注出每一帧图片上各 AU 强度(以 0~5 表示, 0 代表该肌肉无运动, 5 代表大幅度运动)以及各 AU 出现频次(以 0 或 1 表示, 0 代表未出现, 1 代表出现)^[20]。为了避免由于发音等因素对肌肉运动的影响, 当连续 5 帧及以上 AU 强度 > 0 且存在某一帧 AU 强度 > 1 时则认为该 AU 出现, 并分别计为 1; 反之认为该 AU 不出现, 并计为 0^[12]。AU 时长是指为了避免不同患者访谈视频时长存在的差异, 将患者视频期间各 AU 出现的频次求和再除以总帧数, 得到该患者各 AU 出现的时长占视频总长度的比值。AU 强度指将各 AU 出现时其对应的强度进行求和再除以视频总帧数, 得到各 AU 强度均值。最后对各 AU 指标进行 Z-score 标准化。

4. 统计学方法: 采用 IBM SPSS Statistic 21.0 统计学软件进行研究数据的处理。正态分布的计量资料用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)描述, 非正态分布的计量

资料需先进行标准化处理。计数资料使用频数或百分比描述, 多因素关联分析采用相关分析。根据既往文献, 抑郁、焦虑水平会对结果有所影响^[21-22], 将 PHQ-9、GAD-7 作为协变量纳入统计模型, 标准化后的 AU4、AU5、AU7、AU20、AU23 的时长、强度指标分别与标准化后的 MOAS 总分进行偏相关分析, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料结果: 本研究共采集 30 例既往 1 个月内存在攻击行为的重性精神障碍患者(均为北京市精神卫生信息管理系统在册患者)的临床和视频数据, 其中男性 17 例(56.7%), 女性 13 例(43.3%); 精神分裂症 21 例(70.0%), 双相情感障碍 8 例(26.7%), 分裂情感性障碍 1 例(3.3%); 受试者年龄为(48.86 ± 8.95)岁; 受教育程度为(12.20 ± 2.39)年。

2. AU 指标与量表得分情况: 本研究通过 OpenFace 提取了各受试视频中 AU4、AU5、AU7、AU20 以及 AU23 的强度以及出现频次, 通过计算后进行标准化处理, 得到各 AU 的时长与强度指标。见表 1。

表 1 受试者 AU 指标和量表得分情况($n=30$)

项目	得分(分, $\bar{x} \pm s$)
AU 时长	
AU4 ^a	0.36 \pm 0.38
AU5 ^a	0.17 \pm 0.26
AU7 ^a	0.56 \pm 0.42
AU20 ^a	0.11 \pm 0.08
AU23 ^a	0.34 \pm 0.30
AU 强度	
AU4 ^a	0.51 \pm 0.66
AU5 ^a	0.02 \pm 0.03
AU7 ^a	1.18 \pm 1.03
AU20 ^a	0.05 \pm 0.04
AU23 ^a	0.07 \pm 0.05
量表分数	
GAD-7	6.50 \pm 6.50
PHQ-9	4.90 \pm 4.90
MOAS ^a	5.77 \pm 6.58

注: AU 运动单元, GAD-7 广泛性焦虑障碍量表, PHQ-9 患者健康问卷, MOAS 修订版外显攻击行为量表; ^a数据经过 Z-score 标准化处理

3. AU 指标与 MOAS 总分相关关系: 将 AU 时长与 MOAS 总分进行相关分析后, AU5、AU20、AU23 与 MOAS 总分呈正相关, 即 MOAS 总分越高这 3 个指标在视频中的时长占比更高。将 AU 强度与 MOAS

总分进行分析后, AU20、AU23与MOAS总分呈正相关, 即MOAS总分越高强度均值越大。见表2。

表2 AU时长、强度与MOAS总分的相关性分析

项目	AU4	AU5	AU7	AU20	AU23
时长					
r值	-0.262	0.395	0.087	0.414	0.407
P值	0.177	0.037 ^a	0.661	0.029 ^a	0.032 ^a
强度					
r值	-0.261	0.238	0.178	0.557	0.466
P值	0.179	0.223	0.366	0.002 ^b	0.013 ^a

注: AU运动单元, MOAS修订版外显攻击行为量表; ^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$

讨 论

本研究应用面部表情识别技术探讨了攻击风险和面部表情特征的相关关系, 结果显示, AU5时长, AU20、AU23的时长与强度均与MOAS总分呈正相关。AU5、AU23通常参与愤怒与恐惧情绪, AU20与恐惧情绪直接相关^[23]。在本研究中, MOAS分数越高, 患者的攻击风险水平越高, 其回忆的攻击事件更严重, 从而能引起更强烈的情绪反应, 结果表现为愤怒、恐惧相关的面部表情指标的强度与时长显著增加, 这与目前有关愤怒情绪的面部表情预测攻击的研究结果相一致^[24-25]。AU5(上眼睑上抬)表现为眼睛张大的面部表情动作, 眼部运动可以有效反映人的情绪状态, 如通过眼部活动, 即眨眼频率、时长, 眼睑、虹膜运动等多个指标形成的综合性指标可以识别出抑郁障碍人群^[26]。其次, AU23(嘴角收紧)也是愤怒情绪的面部表情动作之一。在个体处于愤怒情绪时, 嘴角通常紧紧闭住, 甚至会伴随牙齿咬紧、拳头紧握等动作^[27]。AU20(嘴角拉伸)通常提示个体处于恐惧情绪中^[28]。在本研究结果中, 与恐惧情绪直接相关的AU20的强度与MOAS总分相关关系最为显著。根据Berkowitz的理论, 恐惧是作为逃避反应的一种情绪^[5], 这可能是由于患者回忆攻击事件时, 不仅由于厌恶反应表现出愤怒情绪, 而且会倾向于逃避该事件或回避其导致的负性体验继而流露出恐惧情绪^[29]。也有研究认为, 恐惧情绪所导致的攻击是为了提前防止可能发生的潜在威胁, 也称为预防性攻击^[30]。这与研究中受试者关于攻击原因的描述相一致, 即有的受试者认为自己主动攻击他人是出于保护自己的目的, 而非故意伤害他人。

AU4(皱眉)、AU7(眼睑收紧)这两个指标的时长、强度与MOAS分数相关关系皆不显著, 该结果与假设不一致。首先, 结果可能缘于患者被诱发出的愤怒不足以表现出AU4、AU7这两个指标的程度。研究表明, 愤怒对于肌肉系统的影响会随愤怒程度的不同而改变, 如微怒时会表现为嘴巴收紧, 而大怒通常表现为眉毛紧皱, 同时伴双眼张大^[27]。此外, 在研究中, 受试者绝大多数是精神分裂症, 常伴有表情淡漠、面部表情减少等症状^[13]。因此, 上述两个指标未随着攻击风险增高而改变。

综上所述, 本研究使用自动识别人脸面部表情的OpenFace软件, 提取既往1个月内发生过攻击行为的重性精神障碍患者的5个面部AU, 并通过强度与时长两项指标发现其中3个AU相应指标与重性精神障碍患者攻击风险呈正相关。由于表情测量是无创性操作, 且为客观指标, 在临床研究领域具有潜在研究价值, 能够为目前精神障碍患者攻击风险评估提供新的研究方向。接下来的研究可以扩大样本量, 区分不同的精神疾病病种、不同的攻击行为类型, 对伴有不同类型攻击行为的特定病种的精神障碍患者的面部表情指标进行研究, 从而能对不同类型攻击行为及精神障碍患者的面部表情特点有进一步的了解, 并建立能够预测精神障碍患者人群攻击风险的模型, 在社会安全领域发挥一定作用。

本研究仍有以下不足。(1)表情会受到个体习惯影响, 因此, 研究结果受样本量的局限, 或许不足以消除个体表情特征对最终结果的影响, 结果代表性受影响;(2)面部表情是通过患者回忆攻击场景进行诱发, 虽然试验前已与患者确认其对攻击事件的记忆力是完整的, 但是由于间隔时间较长, 因此结果仍有较大可能受到事后回忆偏差的影响;(3)本研究未对受试者用药以及治疗进行控制, 可能对结果有一定影响;(4)在研究过程中, 多数受试者未产生非常明显的情绪, 因此, 本研究只对对各AU分别进行分析, 未对AU组合后的情绪指标进行分析。

利益冲突 本文所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 研究方案设计为王刚、谢海永, 课题实施为刘瑞、丰雷、邹博超, 数据收集为韩佳丽、韩金祥, 论文撰写为郭艺萍, 数据统计为吴航, 论文修改为丰雷

参 考 文 献

- [1] Anderson CA, Bushman BJ. Human aggression[J]. Annu Rev Psychol, 2002, 53: 27-51. DOI: 10.1146/annurev.psych.53.100901.135231.
- [2] Whiting D, Lichtenstein P, Fazel S. Violence and mental

- disorders: a structured review of associations by individual diagnoses, risk factors, and risk assessment [J]. *Lancet Psychiatry*, 2020, 8(2): 150-161. DOI: 10.1016/S2215-0366(20)30262-5.
- [3] Senior M, Faze S, Tsiochristas A. The economic impact of violence perpetration in severe mental illness: a retrospective, prevalence-based analysis in England and Wales [J]. *Lancet Public Health*, 2020, 5(2): E99-E106. DOI: 10.1016/S2468-2667(19)30245-2.
- [4] Smith R, Lane RD. Unconscious emotion: a cognitive neuroscientific perspective [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2016, 69: 216-238. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2016.08.013.
- [5] Berkowitz L. On the formation and regulation of anger and aggression: a cognitive-neoassociationistic analysis [J]. *Am Psychol*, 1990, 45(4): 494-503. DOI: 10.1037/0003-066X.45.4.494.
- [6] Keltner D, Moffitt TE, Stouthamer-Loeber M. Facial expressions of emotion and psychopathology in adolescent boys [J]. *J Abnorm Psychol*, 1995, 104(4): 644-652. DOI: 10.1037/0021-843X.104.4.644.
- [7] Matsumoto D, Hwang HC, Frank MG. Emotions expressed in speeches by leaders of ideologically motivated groups predict aggression [J]. *Behav Sci Terror Political Aggress*, 2014, 6(1): 1-18. DOI: 10.1080/19434472.2012.716449.
- [8] Hwang HC, Matsumoto D. Facial expressions [A] // *APA handbook of nonverbal communication*. Washington, DC, US: American Psychological Association, 2016: 257-287.
- [9] Ekman P, Friesen WV, Hager JC, et al. Facial action coding system [Z]. Salt Lake City, UT: A Human Face, 2002.
- [10] Mavadati S, Mahoor M, Bartlett K, et al. DISFA: a spontaneous facial action intensity database [J]. *IEEE Trans Affect Comput*, 2013, 4: 151-160. DOI: 10.1109/T-AFFC.2013.4.
- [11] Girard JM, Cohn JF, Mahoor MH, et al. Nonverbal Social Withdrawal in Depression: evidence from manual and automatic analysis [J]. *Image Vis Comput*, 2014, 32(10): 641-647. DOI: 10.1016/j.imavis.2013.12.007.
- [12] Laksana E, Baltrušaitis T, Morency L, et al. Investigating Facial Behavior Indicators of Suicidal Ideation [A] // 2017 12th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017: 770-777.
- [13] Gaebel W, Wölwer W. Facial expressivity in the course of schizophrenia and depression [J]. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 2004, 254(5): 335-342. DOI: 10.1007/s00406-004-0510-5.
- [14] Harris ST, Oakley C, Picchioni M. Quantifying violence in mental health research [J]. *Aggress Violent Behav*, 2013, 18(6): 695-701. DOI: 10.1016/j.avb.2013.07.022.
- [15] Foley SR, Kelly BD, Clarke M, et al. Incidence and clinical correlates of aggression and violence at presentation in patients with first episode psychosis [J]. *Schizophr Res*, 2005, 72(2/3): 161-168. DOI: 10.1016/j.schres.2004.03.010.
- [16] 潘中杰. 常用攻击行为风险评估工具的应用现状 [J]. *全科护理*, 2018, 16(7): 785-788. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4748.2018.07.006.
- Pan ZJ. Application status quo of common aggressive risk assessment tools [J]. *Chinese General Practice Nursing*, 2018, 16(7): 785-788.
- [17] Löwe B, Unützer J, Callahan CM, et al. Monitoring depression treatment outcomes with the patient health questionnaire-9 [J]. *Medical Care*, 2004, 42(12): 1194-1201. DOI: 10.1097/00005650-200412000-00006.
- [18] Spitzer RL, Kroenke K, Williams JB, et al. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7 [J]. *Arch Intern Med*, 2006, 166(10): 1092-1097. DOI: 10.1001/archinte.166.10.1092.
- [19] Baltrušaitis T, Robinson P, Morency L. OpenFace: an open source facial behavior analysis toolkit [A] // 2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 2016: 1-10.
- [20] Baltrušaitis T, Zadeh A, Lim YC, et al. Openface 2.0: facial behavior analysis toolkit [A] // 2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018): IEEE, 2018: 59-66. DOI: 10.1109/FG.2018.00019.
- [21] Piko BF, Pinczés T. Impulsivity, depression and aggression among adolescents [J]. *Pers Individ Differ*, 2014, 69: 33-37. DOI: 10.1016/j.paid.2014.05.008.
- [22] Perkins AM, Inchley-Mort SL, Pickering AD, et al. A facial expression for anxiety [J]. *J Pers Soc Psychol*, 2012, 102(5): 910-924. DOI: 10.1037/a0026825.
- [23] Friesen W, Ekman P. EMFACS-7: emotional facial action coding system [M]. San Francisco, CA: University of California, 1983.
- [24] Zhang J. The human anger face likely carries a dual-signaling function [J]. *Front Behav Neurosci*, 2018, 12: 26. DOI: 10.3389/fnbeh.2018.00026.
- [25] Sell A, Cosmides L, Tooby J. The human anger face evolved to enhance cues of strength [J]. *Evol Hum Behav*, 2014, 35(5): 425-429. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2014.05.008.
- [26] Alghowinem S, Goecke R, Cohn JF, et al. Cross-cultural detection of depression from nonverbal behaviour [J]. *IEEE Int Conf Autom Face Gesture Recognit Workshops*, 2015, 1: 10.1109/FG.2015.7163113. DOI: 10.1109/FG.2015.7163113.
- [27] Darwin C, Prodger P. The expression of the emotions in man and animals [M]. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- [28] Ekman P. Facial expression and emotion [J]. *Am Psychol*, 1993, 48(4): 384-392. DOI: 10.1037/0003-066X.48.4.384.
- [29] Berkowitz L. Pain and aggression: some findings and implications [J]. *Motiv Emot*, 1993, 17(3): 277-293. DOI: 10.1007/BF00992223.
- [30] Spanovic M, Lickel B, Denson T, et al. Fear and anger as predictors of motivation for intergroup aggression: evidence from Serbia and Republika Srpska [J]. *Group Process Interg*, 2010, 13(6): 725-739. DOI: 10.1177/1368430210374483.

(收稿日期: 2021-01-11)

(本文编辑: 赵金鑫)