

年轻吸烟者对错误反应影响的事件相关电位研究

崔永婷,董芳,程永欣,田时雨,李晓健,喻大华
内蒙古科技大学信息工程学院,内蒙古 包头 014010

【摘要】目的:通过事件相关电位技术和Eriksen Flanker任务的结合,探讨青少年吸烟者的认知控制能力是否存在异常。**方法:**采用被试者包括吸烟者19名($n=19$),以及年龄、性别、受教育年限等与之相匹配的健康非吸烟者19名($n=19$),比较两组的错误相关成分错误正波及其行为学任务表现。**结果:**与健康非吸烟者相比,吸烟组的错误数明显增加($F=5.133$, $P=0.030$)。同时,青少年吸烟者的错误正波Pe的波幅有明显降低($P<0.001$)。**结论:**青少年吸烟者存在错误处理缺陷,错误处理能力的降低可能与吸烟有关。

【关键词】年轻吸烟者;事件相关电位;错误处理;Flanker任务;性能监测

【中图分类号】R318

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)02-0209-05

Event-related potential study on the effect of young smokers on false response

CUI Yongting, DONG Fang, CHENG Yongxin, TIAN Shiyu, LI Xiaojian, YU Dahua

College of Information Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China

Abstract: Objective To investigate whether the adolescent smokers' ability of cognitive control is normal through the combination of event-related potential (ERP) technology and Eriksen Flanker task. **Methods** The samples included 19 smokers ($n=19$), and 19 healthy non-smokers ($n=19$) well matched the former in age, gender and education years. The error-related component, error positivity (Pe) and behavioral task performance of the two groups were compared. **Results** Compared with the healthy non-smokers, the number of errors in the smoking group increased significantly ($F=5.133$, $P=0.030$). At the same time, the Pe amplitude of adolescent smokers was significantly reduced ($P<0.001$). **Conclusion** Adolescent smokers have defects in error processing, and their reduction of error processing ability may be related to smoking.

Keywords: adolescent smoker; event-related potential; error processing; Flanker task; performance monitoring

前言

烟草危害是人类健康所面临的最大危险因素之一,是全球公共卫生最严重的问题之一。中国是世界上最大的烟草产出国和消费国,全世界每年因吸烟死亡的人数高达700万,其中包括约110万中国人。据世界卫生组织统计,从2007年至2017年的十年

间,全球吸烟率出现了首次降低。然而,吸烟人群中的青少年吸烟人群却呈现增加趋势,并且首次吸烟年龄正趋于低龄化。除影响吸烟者的生理层面外,吸烟在很大程度上会引起临床或亚临床水平的尼古丁依赖,即吸烟成瘾^[1]。大多数吸烟者都知道吸烟会造成不利的后果,并有强烈的戒烟意愿却以失败告终。本文所研究的就是不利后果的一个方面:错误监测。错误监测是绩效监测系统的一个组成部分,对我们的行为调节以及认知控制起着重要的作用,即当错误发生后,纠正这种行为并且防止其对后续行为的干扰,正确社会化以及适应性行为的关键过程^[2]。先前研究发现Flanker任务下可卡因患者的错误相关负波(Error-Related Negativity, ERN)和错误正波(Error Positivity, Pe)相比对照组都有明显的降低,表明可卡因成瘾与错误处理减少有关,同时认为这些认知缺陷可能有助于维持可卡因成瘾^[3]。同时,

【收稿日期】2020-05-02

【基金项目】国家自然科学基金(81571753, 81571751, 81871430, 81871426, 61771266, 81701780);内蒙古自治区高等学校青年科技英才支持计划(NJYT-17-B11);内蒙古自治区自然科学基金杰青培育基金(2019JQ07)

【作者简介】崔永婷,硕士研究生,研究方向:医学信号处理,E-mail: 2027059986@qq.com

【通信作者】董芳,硕士,讲师,研究方向:医学信号处理,E-mail: dong-fang@imust.edu.cn

Franken 等^[4]研究 Eriksen Flanker 任务下成年吸烟者与非吸烟者在错误发生后的事件相关电位(Event-Related Potential, ERP)成分,发现与非吸烟者相比,成年吸烟者的 Pe 波幅明显降低,表明吸烟与减少的错误处理有关。因此本研究预测青少年吸烟者的错误正波 Pe 的波幅也会出现降低,通过 ERP 技术和 Flanker 任务的结合研究吸烟是否会损害青少年吸烟者的错误处理能力,探讨青少年吸烟者的大脑神经机制并为其提供更多新的见解。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本次研究被试者都是在周边大学通过网络或广告张贴招聘的。所有被试者的教育水平都是对等的,都具有大学教育水平。采用被试者包括吸烟者 19 名($n=19$),以及年龄、性别、受教育年限等与之相匹配的健康非吸烟者 19 名($n=19$)。所有的青少年吸烟成瘾者的入选标准如下:(1)符合当前美国《精神疾病诊断与统计手册》第 5 版(The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-V)对尼古丁依赖的标准;(2)在过去 2 年的每日吸烟量(Cigarettes Per Day, CPD)要超过 10 根;(3)在过去没

有尝试过戒烟超过 3 个月;(4)尼古丁依赖检测量表(Fagerstrom Test for Nicotine Dependence, FTND) >3 ;(5)目前没有酒精或药物滥用评估的身体疾病、神经或精神疾病或额外损伤。所有健康的非吸烟者在他们的一生中吸了不超过 5 支香烟。

根据美国《精神疾病诊断与统计手册》第 5 版(DSM-V)中尼古丁依赖性的诊断标准筛选吸烟成瘾者,并根据 FTND 评估吸烟者的尼古丁依赖程度。筛选吸烟成瘾者具体标准如下:(1)吸烟获得的满足感不断减弱,需要多抽几支烟才能达到相同的效应;(2)戒烟时会伴随有紧张、焦虑、失眠和疲倦等症状的发生;(3)尽管尝试过减少吸烟量甚至不吸烟,但仍然渴望吸烟;(4)个人的大部分时间都用于吸烟或者买烟上;(5)个人的社交生活与工作因为吸烟行为而被影响;(6)即使知道吸烟有害健康,但还是忍不住吸烟。如果被试者在上述的 6 个标准上有 3 个或者 3 个以上的回答都是“是”的话,就会被认为是符合尼古丁依赖 DSM-V 标准的吸烟成瘾者。

本研究是根据赫尔辛基宣言进行的,所有程序均在被试者及其法定监护人在了解本研究目的后充分理解和书面知情同意下进行。研究过程均由医学委员会批准同意。更详细的信息见表 1。

表 1 青少年被试人口统计学数据($\bar{x} \pm s$)
Tab.1 Demographic data of adolescent subjects (Mean \pm SD)

临床资料	非吸烟组($n=19$)	吸烟组($n=19$)	t 值	P 值
年龄/岁	20.58 \pm 1.17	20.89 \pm 1.20	-0.822	0.416
开始吸烟年龄/岁	-	15.63 \pm 2.60	-	-
吸烟年数/年	-	4.60 \pm 2.22	-	-
尼古丁依赖测试指数	-	5.42 \pm 1.17	-	-
包年(pack-year)	-	3.60 \pm 2.88	-	-
每日吸烟根数(CPD)	-	15.00 \pm 4.80	-	-
一氧化碳浓度/ppm	1.74 \pm 0.80	7.58 \pm 1.87	-12.533	0.000
受教育年限/年	14.37 \pm 0.83	14.11 \pm 0.57	1.140	0.262

1.2 数据采集

所有脑电数据的采集都是在脑电实验室进行的。实验室要求保持安静、光线较暗、隔音效果较好,使被试者可以在一个舒适的环境更好地采集数据,不受外界干扰,也可以使我们得到最佳的实验数据。实验使用德国设备 BrainAmp MR plus (Brain Products GmbH, Munich, Germany)采集脑电数据。使用 E-prime2.0 (Psychology Tools, Pittsburgh, PA, USA)软件呈现实验任务并收集行为学数据。并在

实验前后填写相关吸烟量表进行临床数据以及吸烟状况数据的统计。本实验采集 Flanker 任务下青少年吸烟成瘾者和非吸烟者的脑电波数据进行相应的观察和分析,采集过程中要求参与者尽可能避免身体的移动并保持注意力集中。

Flanker 任务以最典型的字幕刺激范式为例,实验者向参与者提供了一系列 5 个字母的字符串^[5],4 组不同的字符串(SSSSS、SSHSS、HHHHH、HSHHH)出现在电脑屏幕中央(图 1),如果中间的字母是 H,参

与者用右手食指按下,如果中间的字母是S,参与者用左手食指按下。当参与者反应正确时,屏幕中央会反馈一个“+”;当参与者反应错误后,会收到一个红色条形的反馈;当参与者未作出任何反应时,屏幕中央会出现“!”。整个Flanker任务包括5组,每组会呈现80次字符串,一致组和不一致组出现的次数是一致的,分别为40次($n=40$)。由于提供给被试者的反应时间很短,几乎所有参与者都会出现按键错误^[6]。要求被试者在实验过程中要尽可能快速并正确地做出反应。在错误反应发生后,首先会出现与意识无关的ERN,是独立于意识的早期错误加工成分,反映了由于错误而产生的最初自动脑反应,峰值出现在错误发生后的150 ms内^[4]。紧随其后的是错误正波Pe^[7],是与意识有关的后期错误加工成分,峰值出现在错误发生后的200~400 ms内,反映了对错误行为的有意识处理^[8]。

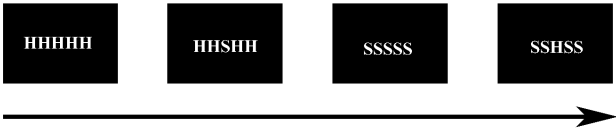


图1 Flanker任务过程中会依次闪现4种不同的字符串
Fig.1 Four different strings that will flash during the Flanker task

1.3 数据处理

Recorder软件和64导电极帽用来收集脑电数据。通过Brain Vision Analyzer 2 (Brain Products GmbH)进行脑电数据处理。具体过程如下:首先将原始数据导入软件,设置采样率(Sample rate)1 000 Hz;定位电极;重新设置参考电极(Reference): TP9、TP10;滤波(Filter): 0.15~30.00 Hz;去伪迹(Raw Data Inspection),选择半自动去除,伪迹成分高于20%的参与者剔除;独立成分分析(ICA),滤除眼电、肌电、市电等不必要信号的影响;分段(segmentation):刺激开始前200 ms到刺激后800 ms;基线校正:刺激前200 ms。标记ERP成分并导出数据,Pe是错误发生后的200~400 ms的正波。本研究采用Fz、Cz、Pz电极。

1.4 统计分析

本研究采用SPSS 20.0软件对ERP和行为学数据进行分析。统计分析方法使用重复检测ANOVAs(分析结果F值是一个比值,组间平均方差和组内平均方差的比值,P为显著性差异值)检验和独立样本t检验,组(吸烟者和非吸烟者)作为组间因素,一致性Congruency(一致试验和不一致试验)、正确性Correctness(正确试验和错误试验)、反应类型

response type(反应正确和反应错误)、电极点region(Fz、Cz、Pz)作为组内因素。行为数据正确性使用2×2 ANOVA: Group×Congruency,行为数据反应时间使用两个2×2 ANOVA: Group×Correctness, Group×Congruency。错误正波Pe使用2×2×3 ANOVA: Group×response type×region分析。使用Bonferroni多重比较校正。Pearson相关分析方法被用来统计ERP数据与行为学数据之间或被试者信息之间的相关性。计量资料用均数±标准差表示,采用样本t检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 行为学数据

表2是在Flanker任务中两组的错误数。组之间的主效应被观察到[F(1, 36)=5.133, P=0.030],吸烟组的错误数要明显增加(图2)。考虑到交互作用,观察到明显的一致性,表明与一致试验相比,在不一致试验中会存在更多的错误[F(1, 36)=59.073, P<0.001]。Group×Congruency存在交互效应趋势[F(1, 36)=3.670, P=0.063]。表3是Flanker任务中两组反应时间的均值。在反应时间上,组之间的主效应并不存在明显的差异[F(1,36)=1.433, P=0.239]。观察到明显的一致性[F(1, 36)=114.917, P<0.001],表明在不一致试验中会花费更多的时间。在反应类型上观察到明显的主效应[F(1, 36)=137.399, P<0.001],表明在正确反应时会花费更多的时间。

表2 Flanker任务的错误数($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Number of errors for the Flanker task (Mean±SD)

类别	非吸烟组 (n=19)	吸烟组 (n=19)	t值	P值
一致试验错误数	6.95±7.34	13.95±12.57	-2.096	0.043
不一致试验错误数	13.68±9.94	25.16±19.31	-2.303	0.027

2.2 Pe波幅

对于Pe成分,在组之间并不存在明显的主效应。但是,明显的主效应在region[F(2, 72)=16.577, P<0.001]、response type[F(1, 36)=35.990, P<0.001]中被观察到。更重要的是,明显的交互作用Group×response type被观察到[F(1, 36)=15.569, P<0.001],表明与非吸烟者相比,吸烟者在错误试验中的Pe成分有明显的降低。见图3。

3 讨论

青少年吸烟不仅在其生长发育时期有极大的危害,大部分青少年在吸烟后难以戒烟,并极有可能成

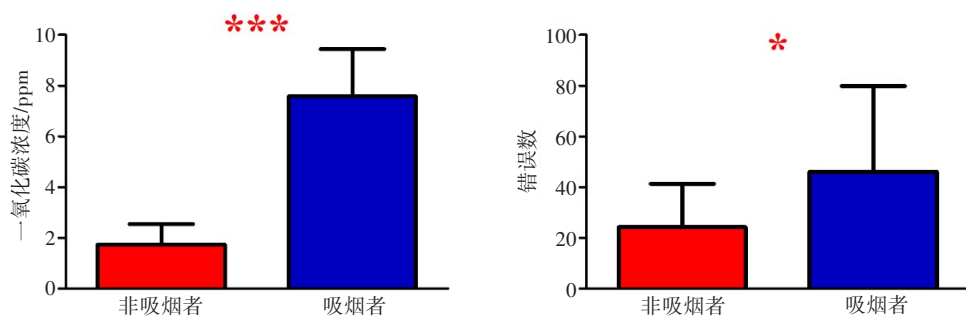


图2 吸烟者比健康非吸烟者的错误数明显增加,CO 浓度水平增加(* $P<0.05$, *** $P<0.001$)

Fig.2 The number of errors and the concentration of CO in smokers were significantly higher than that in healthy nonsmokers (* $P<0.05$, *** $P<0.001$)

表3 Flanker任务的反应时间(ms, $\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Response time of Flanker task (ms, $Mean \pm SD$)

类别	非吸烟组(n=19)	吸烟组(n=19)	t值	P值
一致反应时间	427.55±31.44	409.55±46.23	1.403	0.169
不一致反应时间	443.54±33.38	430.69±46.72	0.976	0.336
正确反应时间	435.38±32.16	419.67±46.24	1.125	0.223
错误反应时间	390.27±33.22	367.44±49.54	1.669	0.104

为长期甚至终生吸烟者^[9]。性能监测,如错误处理,是人脑的一项基本功能。人类必须注意到,他们的错误是为了适应自己的行为 and 防止将来的错误。错误处理在行为调节中起着重要作用:健康的个体,即使没有明确的反馈,也会表现出错误后的特征反应并调整其反应^[10]。众所周知,在认知任务的错误试验中,人脑区域的电活动比非错误试验的反应更强。我们可以通过测量与大脑对错误反应相关的ERP来检查错误敏感性。由于时间分辨率好,ERP技术使我们能够研究错误处理的时间历程。之前有研究表明Pe可能反映了对错误的有意识的反思^[4],对错误的有意识识别^[10]或归因于错误的动机意义^[11]。对酒精等成瘾行为的研究表明,成瘾者会对成瘾物质显示出包括注意和记忆在内的认知偏向^[12]。因此本研究利用ERP技术,研究Flanker任务下青少年吸烟者在错误处理能力方面是否存在缺陷,行为监测能力是否存在异常,为青少年大脑神经机制提供新的见解。

行为数据显示,相比非吸烟者,吸烟者会出现更多的错误。在电生理结果,本研究结果显示吸烟者错误发生后Pe振幅有明显的降低,表明吸烟者的错误处理能力降低,行为监测能力降低,结果揭示了错误处理能力降低可能与吸烟成瘾有关。更具体而言,反映性能错误动机意义的大脑系统似乎受到损害。人们认为,这些认知缺陷可能导致或促成吸烟行为和成瘾行为的持续存在。之前有研究结果显示

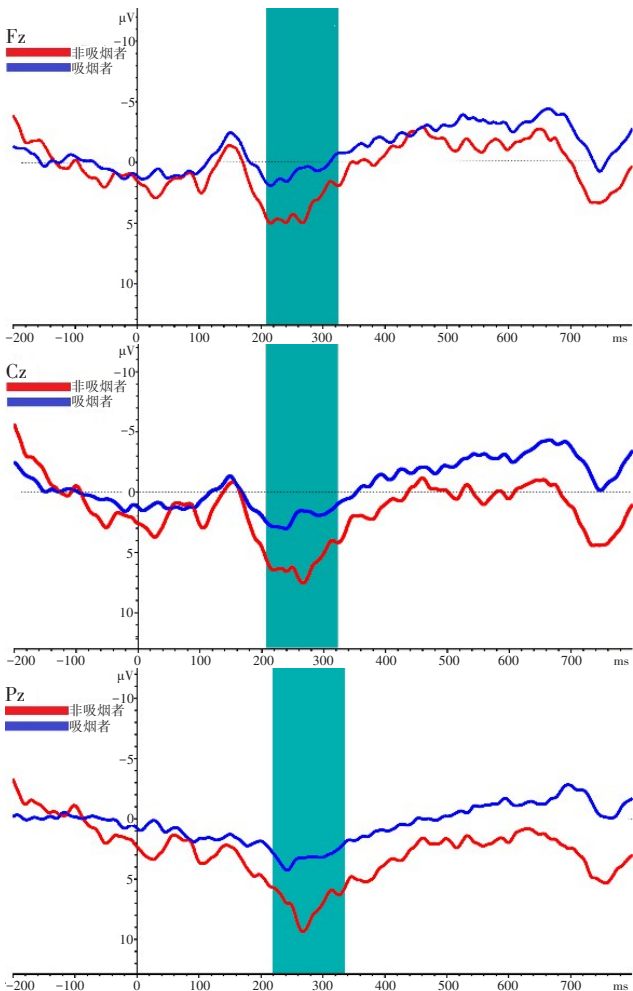


图3 青少年吸烟者(蓝色)和健康非吸烟者(红色)在Fz、Cz、Pz的Pe平均波幅

Fig.3 Mean wave amplitude of Pe of adolescent smokers (blue) and healthy non-smokers (red) in Fz, Cz and Pz

吸烟与减少错误处理有关,特别是对错误的显著归因^[11]。目前的研究结果也与这项研究相一致。同时在可卡因依赖患者的研究中也发现,可卡因的成瘾可能与错误处理的减少有关。一项Go/NoGo任务下的注意力缺陷多动症患者研究也发现其严重程度与错误处理的减少有关^[13]。综上所述,青少年吸烟者

Pe成分的降低与其错误处理能力存在缺陷有关,这为青少年吸烟者行为监测能力存在障碍提供了电生理依据。可能是错误处理的减少使其对吸烟的不良后果缺乏敏感,因此会导致其持续吸烟。通过本次研究,了解吸烟成瘾在错误处理能力方面的缺陷,可以为吸烟成瘾的诊断和临床的治疗提供一定的支持和帮助,进一步为医学行为干预来达到减少吸烟甚至于戒烟的目的提供理论支撑^[14]。同时,本研究不仅在青少年吸烟成瘾方面具有一定的参考价值,而且为从事治疗吸烟成瘾的医疗人员和心理咨询师提供了有效的帮助^[15]。

据统计,2016年我国男性吸烟率为52.1%,女性为2.7%,女性吸烟率总体水平较低^[16]。因此关于吸烟者的性别差异是本研究的一个不足之处。同时由于现在社会女性的工作压力也不断增大以及孕育后代的特点,对比同样烟草暴露状态下的男性,吸烟和被动吸烟对女性的危害大得多^[17]。同时,青少年吸烟者中女性群体的数量也在不断增加,未来对女性吸烟者的研究是我们接下来研究的重点。

【参考文献】

- [1] 鹿雪. 吸烟者的香烟渴求感与冲动性行为关系研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
PANG X. Study on the relationship between cigarette craving and impulsive behavior of smokers[D]. Chongqing: Southwest University, 2014.
- [2] RIDDERINKHOF K R, WILDENBERG W P, SEGALOWITZ S J, et al. Neurocognitive mechanisms of cognitive control: the role of prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning[J]. *Brain Cogn*, 2004, 56(2): 129-140.
- [3] FRANKEN I H, STRIEN J W, FRANZEK E J, et al. Error-processing deficits in patients with cocaine dependence[J]. *Biol Psychol*, 2007, 75(1): 45-51.
- [4] FRANKEN I H, STRIEN J W, KUIJPERS I. Evidence for a deficit in the salience attribution to errors in smokers[J]. *Drug Alcohol Depend*, 2010, 106(2): 181-185.
- [5] 杜向东, 张广亚, 殷铭, 等. 错误相关负电位在精神科临床上推广-附50例正常成人分析[J]. *现代电生理学杂志*, 2015, 22(2): 70-72.
DU X D, ZHANG G Y, YIN M, et al. Promotion of error related negative potential in psychiatry clinical analysis of 50 normal adults[J]. *Journal of Modern Electrophysiology*, 2015, 22(2): 70-72.
- [6] 辛勇, 李红, 袁加锦. 负性情绪干扰行为抑制控制: 一项事件相关电位研究[J]. *心理学报*, 2010, 42(3): 334-341.
- XIN Y, LI H, YUAN J J. Negative emotion interference behavior inhibition and control: an event-related potential study[J]. *Journal of Psychology*, 2010, 42(3): 334-341.
- [7] FALKENSTEIN M, HOHNSBEIN J, HOORMANN J, et al. Effects of crossmodal divided attention on late ERP components. II. error processing in choice reaction tasks[J]. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1991, 78(6): 447-455.
- [8] OVERBEEK T J, NIEUWENHUIS S, RIDDERINKHOF K R. Dissociable components of error processing: on the functional significance of the pe vis-à-vis the ERN/Ne[J]. *J Psychophysiol*, 2005, 19(4): 319-329.
- [9] 王沪雯, 朱静芬, 沈恬, 等. 青少年控烟行为的主要干预模型和理论综述[J]. *健康教育与健康促进*, 2017, 12(2): 114-119.
WANG H W, ZHU J F, SHEN T, et al. Main intervention models and theoretical review of adolescent smoking control behavior[J]. *Health Education and Health Promotion*, 2017, 12(2): 114-119.
- [10] NIEUWENHUIS S, RIDDERINKHOF K R, BLOM J, et al. Error-related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: evidence from an antisaccade task[J]. *Psychophysiology*, 2010, 38(5): 752-760.
- [11] FALKENSTEIN M, HOORMANN J, CHRIST S, et al. ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial[J]. *Biol Psychol*, 2000, 51(2): 87-107.
- [12] NIAURA R, ABRAMS D, DEMUTH B, et al. Responses to smoking-related stimuli and early relapse to smoking[J]. *Addict Behav*, 1989, 14(4): 419-428.
- [13] CZOBOR P, KAKUSZI B, NÉMETH K, et al. Electrophysiological indices of aberrant error-processing in adults with ADHD: a new region of interest[J]. *Brain Imaging Behav*, 2016, 11: 1616-1628.
- [14] JOOST D. 提高医学行为干预的有效性[J]. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2016, 25(10): 865-870.
JOOST D. Improving the effectiveness of medical behavioral intervention[J]. *Chinese Journal of Behavioral Medicine and Brain Science*, 2016, 25 (10): 865-870.
- [15] 周平艳, 刘丹玮, 周仁来, 等. 药物成瘾对决策行为的损伤及戒断后的恢复[J]. *中国临床心理学杂志*, 2014, 22(6): 951-956.
ZHOU P Y, LIU D W, ZHOU R L, et al. Impairment of drug addiction on decision-making behavior and recovery after withdrawal[J]. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2014, 22(6): 951-956.
- [16] 中国疾病预防控制中心. 中国疾病预防控制中心发布2015中国成人烟草调查报告[J]. *上海预防医学*, 2015, 27(12): 752.
Chinese Center for Disease Control and Prevention. China center for disease control and prevention released 2015 China adult tobacco survey report[J]. *Shanghai Preventive Medicine*, 2015, 27(12): 752.
- [17] 尉晓霞, 林军, 尉敏琦, 等. 上海市年轻职业女性烟草暴露及控烟知识、态度调查[J]. *健康教育与健康促进*, 2018, 13(3): 223-227.
WEI X X, LIN J, WEI M Q, et al. Survey on knowledge and attitude of tobacco exposure and control among young professional women in Shanghai[J]. *Health Education and Health Promotion*, 2018, 13(3): 223-227.

(编辑:陈丽霞)