

反应抑制对老年人情绪注意加工中积极效应的 影响

——来自脑电时频分析的证据

车佳郡^{1*}, 刘海宁^{1,2#}, 廖润超³, 成楠¹, 刘艳丽³, 李宇彤¹

¹承德医学院心理学系, 河北 承德

²河北省神经损伤与修复重点实验室, 河北 承德

³承德医学院生物医学工程系, 河北 承德

收稿日期: 2023年3月7日; 录用日期: 2023年5月5日; 发布日期: 2023年5月12日

摘要

目的: 考察反应抑制影响老年人情绪注意加工中积极效应的神经机制。方法: 采用横断面研究, 选取25名社区健康老年人作为老年组, 另选性别和教育程度相匹配的27名大学生作为年轻组。本研究利用情绪面孔Go/No-go点探测变式任务, 结合脑电数据, 考察两组被试神经心理学测验成绩、行为反应和脑电数据的差异。结果: 行为学指标显示, 老年组在注意力数字划消测验、算术和数字广度任务中的得分显著低于年轻组($P < 0.05$), 并且反应时显著长于年轻组($P < 0.05$)。时频分析结果显示, 老年组左半球在高兴条件下Delta和Beta频段的能量值显著高于年轻组($P < 0.05$), 而在恐惧条件下的组间差异则不具有统计学意义($P > 0.05$)。在No-go条件下, 恐惧图片在老年组左半球电极位置诱发的Theta波能量值显著高于年轻组($P < 0.05$); 同时, 在Go条件下, 老年组左侧前额叶电极由高兴条件诱发的Theta频段能量值显著高于年轻组($P < 0.05$)。此外, 老年组前额叶的Delta和Theta频段的锁相程度均显著高于顶叶($P < 0.05$)。结论: 老年人前额叶神经振荡的锁相程度代偿性增强; 当认知资源充足时, 老年人的神经振荡强度在愉悦性条件下高于年轻人, 表现出积极效应; 而当认知资源匮乏时, 老年人的神经振荡强度则在威胁性条件下高于年轻人, 情绪注意加工中的积极效应消失。

关键词

反应抑制, 积极效应, 事件相关频谱扰动, 序间相干性, 情绪注意

Effect of Response Inhibition on the Positive Effect of Emotional Attention Processing in the Elderly

—Evidence from Time-Frequency Analysis of EEG

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 车佳郡, 刘海宁, 廖润超, 成楠, 刘艳丽, 李宇彤(2023). 反应抑制对老年人情绪注意加工中积极效应的影响. *心理学进展*, 13(5), 1740-1751. DOI: 10.12677/ap.2023.135211

Jiajun Che^{1*}, Haining Liu^{1,2#}, Runchao Liao³, Nan Cheng¹, Yanli Liu³, Yutong Li¹

¹Department of Psychology, Chengde Medical University, Chengde Hebei

²Hebei Key Laboratory of Nerve Injury and Repair, Chengde Hebei

³Department of Biomedical Engineering, Chengde Medical University, Chengde Hebei

Received: Mar. 7th, 2023; accepted: May 5th, 2023; published: May 12th, 2023

Abstract

Objective: To investigate the neural mechanism of response inhibition on the positive effect of emotional attention processing in the elderly. **Methods:** In this cross-sectional study, 25 healthy elderly people in the community were selected as the elderly group, and 27 college students matched in gender and education were selected as the young group. In this study, the emotional face Go/No-go point detection variant task was used to combine EEG data to investigate the differences in neuropsychological test scores, behavioral responses and EEG data between the two groups. **Results:** Behavioural indicators illustrated that the older group scored significantly lower than the younger group on the Attentional Number Cancellation Test, Arithmetic and Number Span tasks ($P_s < 0.05$), and the response time was significantly longer than the younger group ($P < 0.05$). The results of time-frequency analysis showed that the energy values of Delta and Beta bands in the left hemisphere of the elderly group were significantly higher than those of the young group under happy condition ($P_s < 0.05$), but there was no significant difference between the two groups under fear condition ($P > 0.05$). Under the No-go condition, fear pictures evoked significantly higher theta wave energy values in the left hemisphere electrode position in the elderly group than in the young group ($P < 0.05$). At the same time, under Go condition, the Theta band energy evoked by happy condition in the left prefrontal electrode in the elderly group was significantly higher than that in the young group ($P < 0.05$). In addition, the degree of phase locking in the Delta and Theta bands in the prefrontal lobe was significantly higher than that in the parietal lobe ($P_s < 0.05$). **Conclusion:** The phase locking degree of prefrontal nerve oscillation was compensatory enhanced in the elderly. When the cognitive resources were sufficient, the intensity of nerve oscillation in the elderly was higher than that in the young under the pleasurable condition, showing a positive effect. However, when cognitive resources were relatively scarce, the intensity of neural oscillation in the elderly is higher than that in the young under the threatening condition, and the positive effect in emotional attention processing disappeared.

Keywords

Reaction Inhibition, Positive Effect, Event-Related Spectral Perturbation, Inter-Trial Phase Coherence, Emotional Attention

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“积极效应”这一概念由 Charles 等人于 2003 年首次提出，是指在认知加工过程中老年人比年轻人

更偏好正性材料胜于负性材料。这种偏好在注意、自传体记忆、前瞻性记忆、工作记忆、抑制和执行功能等认知过程中有所体现(Reed, Chan, & Mikels, 2014; Ross, Grossmann, & Schryer, 2014)。一些研究人员还将积极效应定义为年龄与情绪效价间存在交互作用,即老年人分配给负性刺激的注意或记忆资源比年轻人少,分配给积极刺激的注意或记忆资源更多。第二代社会情绪选择理论认为,老年人情绪注意加工中积极效应的出现受自上而下的目标驱动,只有拥有高认知资源的老年人才会表现出积极效应,而认知资源有限的老年人更易表现出消极偏向(刘海宁, 刘晓倩, 刘海虹, 李峰, 韩布新, 2019)。同时,动态整合理论则从老化相关的认知衰退和神经退化的角度解释了积极效应。该理论认为消极信息比积极信息更复杂,更难被整合进入认知-情感系统。老年人强调环境的积极方面而非消极方面反映了最简情绪加工过程,即老年人面对认知资源衰退而代偿性地从积极方向歪曲信息,进而以一种简单、积极的方式评价世界,即对积极情绪信息进行自动加工(Bengtson & Settersten, 2016; Labouvie-Vief, 2009; 刘海宁, 2018)。上述理论观点的分歧也表明认知控制在老年人情绪注意加工中的积极效应起关键作用。

认知控制也称为执行控制或执行功能(Diamond, 2013)。其中,反应抑制是认知控制的核心成分之一(Banich et al., 2009; Inzlicht, Bartholow, & Hirsh, 2015)。大多数研究者采用 Go/No-go 范式探索反应抑制的行为和神经生理学效应。事件相关电位(Event-related potentials, ERPs)具有毫秒级别的时间分辨率,因此常被用于探索反应抑制加工过程中的神经元活动模式。然而,传统的 ERPs 分析只能部分了解由 Go/No-go 任务中面部表情诱发的神经电生理过程,即它只能捕获事件中锁相成分的活动,而不能捕获事件中的非锁相成分(Makeig, 1993)。传统时域分析方法仅能分析锁相数据,而时频分析克服了此不足,它允许同时评估脑电信号的锁相数据和非锁相数据,并且能够以选定频率的 EEG 信号显示能量、相位和潜伏期以及信号频谱随时间的变化(杨旭, 2021)。其中,事件相关频谱扰动(event-related spectral perturbation, ERSP)可测量频谱功率相对基线的变化,能够反映特定频带中脑电信号能量的时间进程。序间相干性(inter-trial phase coherence, ITC)可考察特定频段在神经振荡中的锁相强度,识别不同大脑区域的脑电特征(Shestopalova et al., 2021)。

本研究拟通过情绪面孔 Go/No-go 点探测变式任务(Santesso et al., 2008),结合使用 ERSP 和 ITC 分析比较老年人与年轻人在涉及反应抑制的情绪注意加工中脑电波各节律频段的能量和相位变化,结合本团队以往 ERP 分析结果(Liu et al., 2021),以全面了解反应抑制在情绪注意加工中神经电生理活动,更客观、全面探讨两组人群在完成情绪注意任务时不同脑区之间的神经电生理机制。

2. 方法

2.1. 研究对象

本实验参与者来自北京某社区 25 名老年人(60~81 岁; $M = 71.72$, $SD = 5.91$)和北京某高校 27 名大学生(19~26 岁; $M = 22.26$, $SD = 1.75$)。所有参与者均符合以下标准:1) 惯用手为右利手;2) 视力正常或矫正;3) 无神经或精神疾病史;4) 简明精神状态检查量表得分均 ≥ 27 分。所有参与者均在知情同意书上签字,并在实验结束后获得相应报酬。该研究已通过承德医学院伦理委员会的审核。

实验前,被试接受一系列的神经心理学评估,包括状态-特质焦虑量表(state-trait anxiety inventory, STAI)、积极情绪和消极情绪量表(positive affect and negative affect scale, PANAS)、流调中心用抑郁量表(Center for Epidemiologic Studies Depression Scale, CES-D)、注意力数字划消测验,以及韦氏成人智力量表-第四版中知识、算术和数字广度 3 个分量表。表 1 结果表明,在注意力数字划消测验、算术和数字广度任务中,老年组的得分显著低于年轻组。这表明老年人表现出持续注意、数字推理和工作记忆等认知领域的老化。

Table 1. Demographic data and neuropsychological test results of participants ($M \pm SD$)**表 1.** 参与者人口学资料及神经心理测验结果($M \pm SD$)

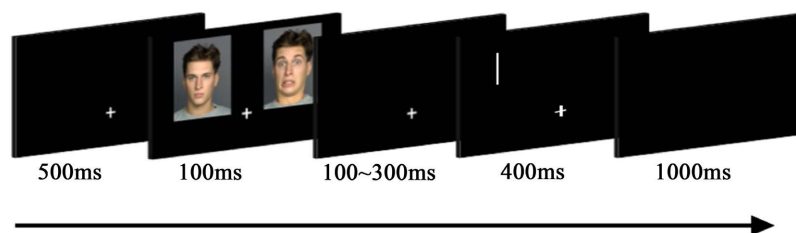
	年轻组($n = 27$)	老年组($n = 25$)	t/χ^2	P
男/女(n)	11/16	11/14	0.06	0.812
受教育程度	15.19 \pm 1.30	14.88 \pm 2.07	0.65	0.519
STAI-T	53.04 \pm 4.09	56.86 \pm 9.17	-1.19	0.068
PANAS_P	3.27 \pm 0.64	3.48 \pm 0.54	-1.22	0.228
PANAS_N	1.90 \pm 0.47	1.72 \pm 0.42	1.42	0.161
CES-D	36.85 \pm 5.90	34.59 \pm 4.03	1.60	0.116
数字划消测验	33.46 \pm 4.45	23.54 \pm 5.15	7.30	<0.001
常识	24.20 \pm 2.93	24.60 \pm 2.95	-0.49	0.630
算术	15.74 \pm 2.07	12.80 \pm 2.72	4.41	<0.001
数字广度	9.74 \pm 1.20	8.08 \pm 2.04	3.61	<0.001

注: STAI-T 代表状态 - 特质焦虑量表中的状态焦虑分量表; PANAS_P 和 PANAS_N 分别代表积极情绪和消极情绪量表中的积极情绪分量表和消极情绪分量表。

2.2. 实验材料及实验设计

本实验采用 2 (老年组、年轻组) \times 2 (恐惧、高兴) \times 2 (Go、No-go) 析因设计。实验材料选择德国马克斯-普朗克人类发展研究所开发的面部表情数据库的情绪图片, 包括 16 位老年人和 16 位年轻人的面孔, 男女各占 50%, 总共 96 张情绪面孔, 包括快乐、恐惧和中性三种情绪。同一个人的不同表情构成 4 种面孔情绪对: 中性 - 恐惧、恐惧 - 中性、中性 - 快乐、快乐 - 中性。每张情绪面孔都以相同的频率出现在中性面孔的左侧或右侧。

根据 Santesso 等的研究, 实验设计如图 1 所示。首先, 在 17 英寸 CRT 电脑屏幕下视野的中心位置呈现一个大小为 2×2 cm、宽度为 0.1 cm 的注视点“十”, 呈现时间为 500 ms; 随后, 面孔刺激对(每张图片视角为 $8^\circ \times 10^\circ$)呈现在计算机屏幕的上视野, 每张面孔与垂直中心线的距离相等, 呈现 500 ms 后消失; 之后, 屏幕下方的注视点“十”随机呈现 100~300 ms; 接着, 在两张面孔之前呈现的任一位置(左、右各占 50%)出现一个 7×0.4 cm 的白色长方形探测刺激(水平、垂直各占 50%)。探测目标在恐惧或高兴情绪面孔位置出现, 即为“恐惧 - 一致”或“高兴 - 一致”条件; 反之, 则为“恐惧 - 不一致”或“高兴 - 不一致”条件; 同时, 该屏下方的“十”字水平线或垂直线的宽度随机增加 0.1、0.2、0.3 或 0.4 cm, 与探测目标同时呈现 400 ms。如果该“十”字较粗的线条方向与屏幕上方的条形图相一致, 则要求被试用右手食指按键反应, 称为 Go 试次, 占总试次 10%; 不一致则不需要做任何按键反应, 称为 No-go 试次, 占总试次 90%。试次间的间隔时间为 1000 ms。要求被试既快又准地做出反应。

**Figure 1.** Experimental flow chart**图 1.** 实验流程图

2.3. 实验过程

实验包括练习和正式阶段。练习阶段由 16 个试次组成, 对被试反应提供正误反馈; 正式实验阶段共包括 512 个试次, 不提供正误反馈。正式实验由 8 个组块构成, 每个组块包含 8 个 Go 试次(2 种面孔条件 \times 2 种探测刺激位置 \times 2 种探测刺激类型)和 56 个 No-go 试次(2 种面孔条件 \times 2 种探测刺激位置 \times 2 个探测刺激类型 \times 7 次重复), 共 64 个试次。每种面孔条件在左右视野呈现 8 次。每幅面孔在左右视野出现的概率相等, 探测刺激的类型和位置完全平衡。实验程序使用 E-Prime 2.0 进行编写和运行。

2.4. 脑电数据记录与分析

所有脑电信号通道的排列均按照 NeuroScan (SynAmps)脑电记录系统(NeuroScan, Inc., Charlotte, NC, USA)国际标准 10~20 系统进行固定, 使用 Ag/AgCl 电极的 64 导电帽, 记录受试者的脑电信号(electroencephalography, EEG)。此次实验将所有参与者的左耳乳突作为参考电极, 接地电极设定为 FPz 和 Fz 之间, 头皮电阻 $\leq 5 \text{ k}\Omega$ 。脑电信号的采样率为 1000 Hz, 带通滤波范围为 0.01~400 Hz, 记录垂直眼电(VEOG)和水平眼电(HEOG)。

采用 Matlab 软件的 EEGLAB 工具箱进行离线分析, 带通滤波使用 0.1~30 Hz, 选择双耳乳突电极的平均值进行重参考。分段选取刺激前 200 ms~刺激后 600 ms, 基线校正以刺激前 200 ms 的数据为基础进行。使用脑电独立成分分析法(Independent Component Analysis, ICA)筛除眼电伪迹、垂直和水平眼电。幅值超过 $\pm 100 \mu\text{V}$ 的伪迹自动不予纳入, 其余伪迹人工手动去除。使用基于快速傅里叶变换对 0.1~30 Hz 频段进行时频分析; 频率分辨率为 1 Hz, 基线为 -200~0 ms。为获取 Delta、Theta、Alpha 和 Beta 频段的能量值和相位值, 分析各频段在 ERO 中的能量值和相位特征, 本研究选择 ERSP 和 ITC 方法。ERSP 用于测量选定频率范围内的功率波动。ITC 则用于测量 EEG 信号间的相位一致性。ITC 取值范围从 0 到 1, 其中 0 表示无相位同步, 1 表示完全相位同步。

单个能量(ERSP)值和单个锁相(ITC)值的提取: 1) 频段: Delta (1~4 Hz)、Theta (4~8 Hz)、Alpha (8~13 Hz)、Beta (13~30 Hz); 2) 时间窗: 200~600 ms。参考前人研究, 将前额叶电极(左半球: F5/F7; 右半球: F6/F8)、顶叶电极(左半球: P3/P5; 右半球: P4/P6)电极位置作为感兴趣通道。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL)进行统计分析。首先, 对老年组和年轻组的人口学资料及神经心理学测验成绩进行描述统计、 t 检验、 χ^2 检验等分析。其次, 脑电的时频数据均服从正态分布, 使用均值 \pm 标准差进行描述统计, 并对各频段的能量和锁相分别进行了 2 (组别: 老年组/年轻组) \times 2 (刺激类型: Go/No-go) \times 2 (情绪条件: 恐惧/高兴) \times 2 (电极位置: 额叶/顶叶) \times 2 (半球: 左半球/右半球) 的重复测量方差分析。其中, 组别为组间因素, 刺激类型、情绪条件、电极位置和半球为组内因素。若交互作用显著则进行简单效应分析。为简明起见, 仅报告有差异频段(Delta、Theta 和 Beta 3 个频带)的结果, $P < 0.05$ 则差异具有统计学意义。事后检验采用 Bonferroni 法, 方差分析中的 P 值使用 Greenhouse-Geisser 的校正结果。

3. 结果

3.1. 两组被试在 Go/No-go 任务中的行为学结果

对于反应正确率, t 检验结果表明, 年轻组正确率与老年组差异无统计学意义($t = -0.65, P > 0.05$), 见表 2。

Table 2. The accuracy of the two groups of subjects in the event-related response ($M \pm SD$)**表 2.** 两组被试在事件相关反应中的正确率($M \pm SD$)

刺激类型	情绪	老年组($n = 25$)	年轻组($n = 27$)
Go	恐惧	90.52 \pm 15.08	92.81 \pm 9.52
	高兴	94.96 \pm 10.35	93.35 \pm 6.65
No-go	恐惧	97.39 \pm 8.60	99.45 \pm 0.75
	高兴	99.21 \pm 0.81	99.33 \pm 1.06

对于反应时, 重复测量方差分析结果显示, 组别的主效应显著 [$F_{(1,50)} = 33.15, P < 0.001, \eta^2 = 0.40$], 并且老年组的反应时显著长于年轻组 ($P < 0.001$)。情绪条件的主效应以及情绪与年龄组的交互作用均不具有统计学意义 ($P_s > 0.05$), 见表 3。

Table 3. Reaction time (ms) of two groups of subjects under Go condition ($M \pm SD$)**表 3.** 两组被试在 Go 条件下的反应时(ms) ($M \pm SD$)

情绪	老年组($n = 25$)	年轻组($n = 27$)
恐惧	759.39 \pm 155.55	570.12 \pm 74.18
高兴	753.39 \pm 153.47	567.69 \pm 65.27

3.2. Delta 频段的能量与锁相

对于 Delta 频段能量值(见表 4), 重复测量方差分析结果显示, 刺激类型、电极位置和左右半球均具有统计学差异, 主效应显著 [$F_{(1,50)} = 4.31, P < 0.05, \eta^2 = 0.08$; $F_{(1,50)} = 49.64, P < 0.001, \eta^2 = 0.50$; $F_{(1,50)} = 9.93, P < 0.01, \eta^2 = 0.17$]。事后比较发现, Go 条件下 Delta 频段的能量值显著高于 No-go 条件 ($P < 0.05$), 顶叶的 Delta 频段能量值显著强于额叶 ($P < 0.001$), 右半球的 Delta 频段能量值显著强于左半球电极位置 ($P < 0.01$)。组别、情绪条件和左右半球之间具有统计学意义, 交互作用显著 [$F_{(1,50)} = 5.26, P < 0.05, \eta^2 = 0.10$]。简单效应分析发现, 老年组左半球在高兴条件下 Delta 频段的能量值显著高于年轻组 ($P < 0.05$), 而在恐惧条件下的组间差异则不具有统计学意义 ($P > 0.05$)。

Table 4. Energy and phase locking of Delta band in event-related reactions ($M \pm SD$)**表 4.** Delta 频段在事件相关反应中的能量及锁相($M \pm SD$)

刺激类型	情绪	老年组($n = 25$)				年轻组($n = 27$)				
		额叶		顶叶		额叶		顶叶		
		左半球	右半球	左半球	右半球	左半球	右半球	左半球	右半球	
ERSP	Go	恐惧	-1.83 \pm 2.30	-1.46 \pm 2.01	-0.70 \pm 1.38	-0.36 \pm 1.32	-1.73 \pm 2.83	-1.46 \pm 2.19	-0.90 \pm 1.21	-0.89 \pm 1.17
		高兴	-1.30 \pm 1.98	-0.89 \pm 1.40	-0.52 \pm 1.42	-0.76 \pm 1.26	-1.91 \pm 2.61	-1.11 \pm 1.97	-0.92 \pm 1.37	-0.66 \pm 1.22
	No-go	恐惧	-1.97 \pm 1.53	-1.52 \pm 1.03	-0.42 \pm 0.68	-0.30 \pm 0.60	-2.71 \pm 1.67	-2.26 \pm 1.37	-1.03 \pm 0.58	-0.79 \pm 0.56
		高兴	-1.78 \pm 1.55	-1.60 \pm 1.23	-0.55 \pm 0.64	-0.37 \pm 0.64	-2.85 \pm 1.95	-2.29 \pm 1.36	-1.14 \pm 0.74	-0.79 \pm 0.60

Continued

ITC	Go	恐惧	0.41 ± 0.11	0.41 ± 0.11	0.36 ± 0.08	0.35 ± 0.08	0.33 ± 0.07	0.32 ± 0.09	0.32 ± 0.08	0.33 ± 0.10
		高兴	0.42 ± 0.10	0.40 ± 0.11	0.36 ± 0.10	0.34 ± 0.07	0.34 ± 0.09	0.34 ± 0.09	0.33 ± 0.08	0.34 ± 0.10
	No-go	恐惧	0.34 ± 0.09	0.33 ± 0.10	0.27 ± 0.07	0.27 ± 0.08	0.25 ± 0.06	0.23 ± 0.07	0.23 ± 0.07	0.25 ± 0.08
		高兴	0.34 ± 0.10	0.34 ± 0.11	0.26 ± 0.09	0.27 ± 0.09	0.24 ± 0.06	0.23 ± 0.07	0.22 ± 0.07	0.25 ± 0.08

对于 Delta 频段的锁相程度(见表 4), 刺激类型、电极位置和组别的主效应均显著 [$F_{(1,50)} = 278.03, P < 0.001, \eta^2 = 0.85$; $F_{(1,50)} = 7.69, P < 0.01, \eta^2 = 0.13$; $F_{(1,50)} = 16.83, P < 0.001, \eta^2 = 0.25$]。事后检验分析发现, Go 刺激诱发的 Delta 的锁相程度显著高于 No-go 刺激 ($P < 0.001$), 年轻组 Delta 的锁相程度显著高于老年组 ($P < 0.001$), 前额叶 Delta 的锁相程度显著高于顶叶 ($P < 0.01$)。此外, 组别和电极位置均具有统计学差异, 交互作用显著 [$F_{(1,50)} = 7.69, P < 0.01, \eta^2 = 0.13$]。进一步做简单效应分析发现, 老年组前额叶的 Delta 频段的锁相程度显著高于顶叶 ($P < 0.01$), 年轻组 Delta 频段的锁相程度则不存在前后位置效应; 此外, 老年组前额叶 Delta 频段的锁相程度显著高于年轻组 ($P < 0.001$), 而顶叶 Delta 频段锁相程度的组别差异均不具有统计学意义 ($P > 0.05$)。

3.3. Theta 频段的能量与锁相

对于 Theta 频段的能量值(见表 5), 进行重复测量方差分析后得出, 组别、刺激类型、情绪条件、电极位置和左右半球均具有统计学差异, 主效应显著 [$F_{(1,50)} = 4.55, P < 0.05, \eta^2 = 0.08$; $F_{(1,50)} = 4.60, P < 0.05, \eta^2 = 0.08$; $F_{(1,50)} = 6.18, P < 0.05, \eta^2 = 0.11$; $F_{(1,50)} = 12.84, P < 0.001, \eta^2 = 0.20$; $F_{(1,50)} = 15.00, P < 0.001, \eta^2 = 0.23$]。事后比较发现, 老年组的能量值显著强于年轻组 ($P < 0.05$), Go 条件诱发的 Theta 频段能量值显著高于 No-go 条件 ($P < 0.05$), 顶叶位置的 Theta 频段能量显著强于额叶位置 ($P < 0.001$), 右半球电极位置的 Theta 频段能量显著强于左半球 ($P < 0.001$), 恐惧条件诱发的 Theta 频段能量显著强于高兴条件 ($P < 0.05$)。此外, 上述四个因素间的交互作用也显著 [$F_{(1,50)} = 5.78, P < 0.05, \eta^2 = 0.10$]。简单效应分析发现, 在 No-go 条件下, 老年组左侧前额叶电极由恐惧条件诱发的 Theta 频段能量显著高于年轻组 ($P < 0.05$); 而在 Go 条件下, 老年组

Table 5. The energy and phase locking of Theta band in event-related reactions ($M \pm SD$)

表 5. Theta 频段在事件相关反应中的能量及锁相 ($M \pm SD$)

刺激类型	情绪	老年组 ($n = 25$)				年轻组 ($n = 27$)				
		额叶		顶叶		额叶		顶叶		
		左半球	右半球	左半球	右半球	左半球	右半球	左半球	右半球	
ERSP	Go	恐惧	-0.65 ± 1.43	-0.61 ± 1.17	-0.77 ± 1.17	-0.50 ± 0.93	-1.27 ± 1.62	-0.85 ± 1.46	-0.29 ± 0.95	-0.74 ± 1.09
		高兴	-0.46 ± 1.31	-0.57 ± 0.74	-0.62 ± 0.95	-0.97 ± 1.01	-1.59 ± 1.97	-0.84 ± 1.57	-0.70 ± 1.10	-0.76 ± 0.90
ERSP	No-go	恐惧	-0.77 ± 0.72	-0.49 ± 0.56	-0.45 ± 0.52	-0.55 ± 0.62	-1.27 ± 0.99	-1.07 ± 0.81	-0.75 ± 0.61	-0.90 ± 0.69
		高兴	-0.79 ± 0.95	-0.58 ± 0.74	-0.48 ± 0.54	-0.45 ± 0.59	-1.27 ± 1.14	-0.99 ± 0.69	-0.52 ± 0.64	-0.77 ± 0.71

Continued

ITC	Go	恐惧	0.37 ± 0.07	0.37 ± 0.09	0.35 ± 0.08	0.33 ± 0.06	0.33 ± 0.09	0.35 ± 0.09	0.34 ± 0.08	0.34 ± 0.07
		高兴	0.36 ± 0.09	0.35 ± 0.10	0.33 ± 0.10	0.32 ± 0.10	0.32 ± 0.08	0.34 ± 0.10	0.37 ± 0.09	0.37 ± 0.08
	No-go	恐惧	0.27 ± 0.08	0.28 ± 0.08	0.24 ± 0.08	0.25 ± 0.07	0.25 ± 0.09	0.26 ± 0.09	0.26 ± 0.08	0.27 ± 0.07
		高兴	0.26 ± 0.09	0.27 ± 0.09	0.24 ± 0.09	0.23 ± 0.09	0.24 ± 0.08	0.25 ± 0.08	0.25 ± 0.07	0.26 ± 0.06

左侧前额叶电极由高兴条件诱发的 Theta 频段能量值显著高于年轻组($P < 0.05$)。其他条件的组间差异均无统计学差异($P_s > 0.05$)。

对于 Theta 波锁相程度(见表 5), 刺激类型主效应显著[$F_{(1,50)} = 416.97, P < 0.001, \eta^2 = 0.89$], 事后检验分析发现, Go 刺激诱发的 Theta 波的锁相程度显著高于 No-go 刺激($P < 0.05$)。组别和电极位置有统计学差异, 交互作用显著[$F_{(1,50)} = 5.07, P < 0.05, \eta^2 = 0.09$]。简单效应分析发现, 老年组前额叶 Theta 波的锁相程度边缘显著高于顶叶($P = 0.055$), 而年轻组的前后半球位置差异则不具有统计学意义($P > 0.05$)。

3.4. Beta 频段的能量与锁相

对 Beta 频段能量值(见表 6、图 2)进行重复测量方差分析后得出, 电极位置和左右半球均具有统计学差异, 主效应显著[$F_{(1,50)} = 4.24, P < 0.05, \eta^2 = 0.08$; $F_{(1,50)} = 8.48, P < 0.01, \eta^2 = 0.15$]。事后检验分析发现, 在 Beta 频段上, 额叶的能量值显著高于顶叶($P < 0.05$), 左侧电极位置的能量值显著高于右侧($P < 0.05$)。另外, 组别、情绪条件和左右半球之间具有统计学差异, 交互作用显著[$F_{(1,50)} = 4.04, P = 0.050, \eta^2 = 0.08$]。进一步做简单效应分析发现, 高兴图片在老年组左半球电极位置诱发的 Beta 频段能量值显著高于年轻组($P < 0.05$), 其他条件差异无统计学意义($P_s > 0.05$)。

对 Beta 频段的锁相数据(见表 6、图 3)进行重复测量方差分析后得出, 刺激类型和前后电极位置有统计学差异, 主效应均显著[$F_{(1,50)} = 1409.10, P < 0.001, \eta^2 = 0.97$; $F_{(1,50)} = 14.52, P < 0.001, \eta^2 = 0.23$]。进一步做事后检验发现, Go 任务诱发的 Beta 频段的锁相程度显著高于 No-go 任务($P < 0.001$), 同时, 顶叶位置的 Beta 频段的锁相程度显著高于额叶($P < 0.001$)。

Table 6. Energy and phase locking of Beta band in event-related reactions ($M \pm SD$)

表 6. Beta 频段在事件相关反应中的能量及锁相

刺激类型	情绪	老年组($n = 25$)				年轻组($n = 27$)			
		额叶		顶叶		额叶		顶叶	
		左半球	右半球	左半球	右半球	左半球	右半球	左半球	右半球
Go	恐惧	-0.28 ± 0.58	-0.29 ± 0.55	-0.33 ± 0.73	-0.43 ± 0.58	-0.19 ± 0.65	-0.47 ± 0.44	-0.27 ± 0.65	-0.42 ± 0.68
	高兴	-0.27 ± 0.68	-0.35 ± 0.52	-0.22 ± 0.63	-0.59 ± 0.59	-0.52 ± 0.78	-0.44 ± 0.69	-0.47 ± 0.58	-0.32 ± 0.67
No-go	恐惧	-0.15 ± 0.31	-0.14 ± 0.23	-0.23 ± 0.28	-0.41 ± 0.34	-0.28 ± 0.27	-0.32 ± 0.43	-0.35 ± 0.29	-0.46 ± 0.38
	高兴	-0.15 ± 0.34	-0.14 ± 0.35	-0.26 ± 0.30	-0.39 ± 0.36	-0.38 ± 0.38	-0.26 ± 0.55	-0.27 ± 0.32	-0.37 ± 0.42

Continued

ITC	Go	恐惧	0.25 ± 0.05	0.25 ± 0.04	0.26 ± 0.04	0.26 ± 0.04	0.26 ± 0.04	0.26 ± 0.04	0.26 ± 0.03	0.26 ± 0.03
		高兴	0.24 ± 0.04	0.24 ± 0.04	0.26 ± 0.05	0.26 ± 0.05	0.26 ± 0.05	0.25 ± 0.04	0.27 ± 0.04	0.27 ± 0.04
	No-go	恐惧	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02
		高兴	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.03

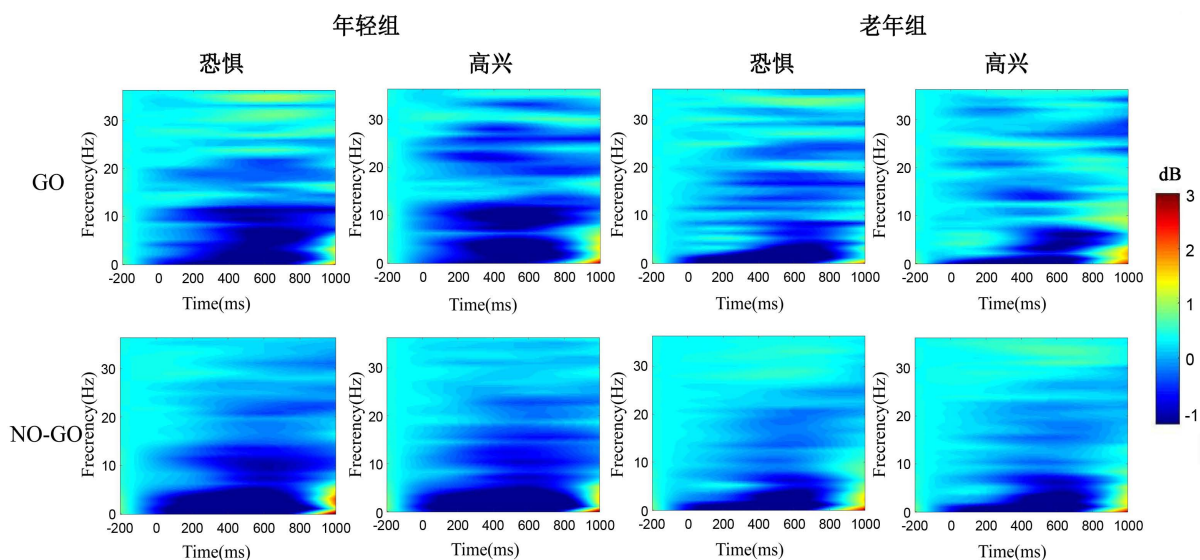


Figure 2. Schematic diagram of the mean value of F5/F7 electrodes in the left prefrontal lobe (dB)

图 2. 左半球前额叶 F5/F7 电极 ERSP 均值示意图(单位 dB)

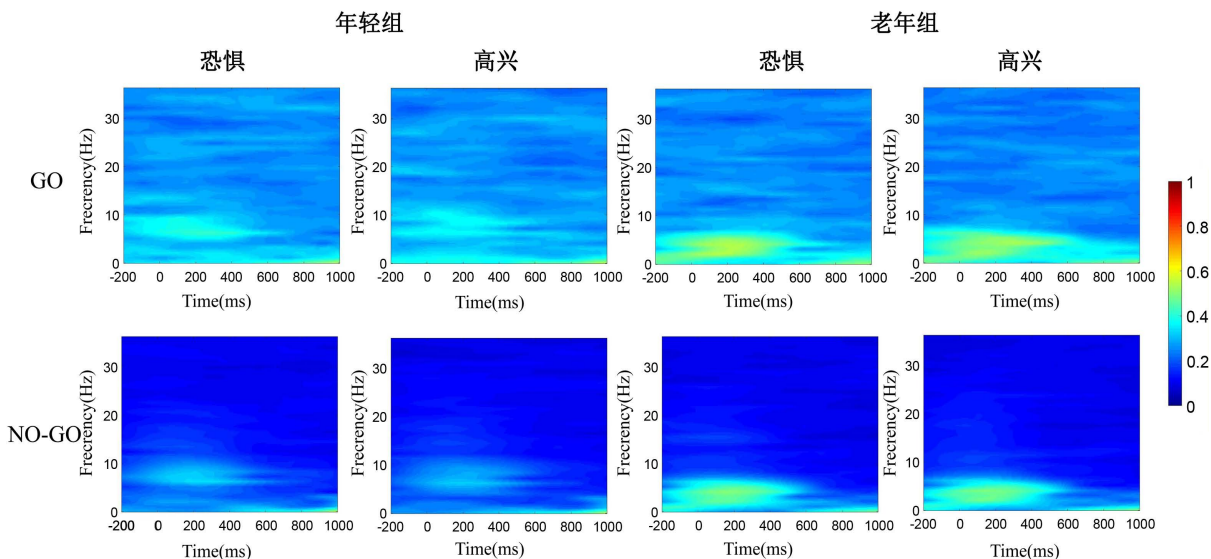


Figure 3. Schematic diagram of ITC mean values of F5/F7 electrodes in the left hemisphere prefrontal lobe

图 3. 左半球前额叶 F5/F7 电极 ITC 均值示意图

4. 讨论

以往研究发现,老年人在情绪注意加工中存在积极效应,然而到目前为止,鲜有研究从神经振荡的视角探讨该效应的发生机制。鉴于大脑神经振荡是分析情绪相关认知过程的强有力指标之一,本研究中我们通过对老年组和年轻组进行情绪面孔 Go/No-go 点探测变式任务实验,对比老年组和年轻组在 ERO 中 Delta、Theta 和 Beta 频段的能量及锁相的变化。根据老年组和年轻组完成情绪注意任务过程的脑电振荡特征,推测反应抑制对年龄相关积极效应影响的认知神经机制。本文的主要发现为:从时频分析结果来看,当认知资源充足时,愉悦刺激会诱发老年人在情绪注意加工中会产生更强的神经振荡活动,表现出积极效应;而当认知资源被占用时,消极刺激会诱发老年人产生更强的神经振荡活动,此时,情绪注意加工中的积极效应消失。

前人研究发现,Delta 频段振荡与突显刺激的动机加工有关(Nelson et al., 2018)。在本研究中,老年组左半球在高兴条件下 Delta 频段的能量高于年轻组,这在一定程度上支持了第二代社会情绪选择理论。Bernat 等发现 Delta 频段的神经振荡活动与顶叶的认知加工有关(Bernat et al., 2007),这与本实验中 Delta 频段能量的分析结果相吻合。不过,老年组前额叶 Delta 频段的相位一致性高于顶叶。Müller 等认为 Delta 频段在前额叶电极间相位一致性的增加,反映了反应抑制期间双侧前额叶通道之间的功能整合(Müller & Anokhin, 2012)。老年人的前额叶 Delta 频段的锁相程度在认知加工过程中代偿性增强。

Gilliam 等的研究表明,Theta 频段的能量与视觉情绪刺激有关,具体而言,情绪刺激诱发的 Theta 频段功率要强于非情绪(中性)刺激,威胁性图片增强效果更甚(Grennan et al., 2021)。本研究发现,在 Go 任务中,外部任务不需要抑制竞争性的信息来源,老年人左侧额叶在高兴情绪条件下诱发的 Theta 能量要强于年轻人;在 No-go 任务中,即被试需要消耗认知资源以抑制优势反应时,较之年轻人,老年人左侧额叶在恐惧情绪条件下诱发出更强的 Theta 能量。该结果支持了第二代社会情绪选择理论的观点,当认知资源充足时,老年人较之年轻人更倾向于关注积极的、愉悦性的刺激,进行自上而下的控制性加工;当认知资源不足时,威胁性或恐惧刺激更容易捕获老年人的注意,进行自下而上的自动化加工,体现出原始的进化模式。同时,与 Vecchio 等的研究相吻合,老年人 Theta 频段能量的注意偏向性体现出了左右半球的不对称性(Vecchio et al., 2020)。

Beta 频段的神经振荡可以有效反映机体的认知和情绪加工过程,尤其是注意控制(Kobayashi et al., 2020; Ray & Cole, 1985)。效价假说提出大脑左、右半球分别专门处理积极、消极情绪信息(Balconi & Lucchiari, 2008)。本研究中,老年人左半球电极位置由高兴刺激诱发的 Beta 能量强于年轻人,表现出情绪注意加工中的积极效应。这一方面印证了第二代社会情绪选择理论,另一方面也可能是认知功能老化产生的代偿机制,即老年人通过增强对日常生活环境中积极性刺激的注意功能以补偿身体机能和认知衰退,维持情感满意度。另外,本研究中,额叶的 Beta 能量高于顶叶,这可能与额区涉及自上而下的注意控制加工有关(Kajal, Fioravanti, Elshahabi, Ruiz, Sitaram, & Braun, 2020)。非人灵长类动物的研究表明,顶叶和运动前区在准备复杂手部动作正确表现中起重要作用(Cavada & Goldman-Rakic, 1989)。与 Wheaton 等的研究结果相一致(Wheaton, Fridman, Bohlhalter, Vorbach, & Hallett, 2009),我们发现在手部动作的准备过程中,双侧顶叶的 Beta 频段的相干性高于额叶。

总之,本研究从脑电振荡数据分析中证实了第二代社会情绪选择理论,但并未从行为数据(反应时、正确率)中得出情绪效价与年龄组间的交互作用。以往研究也从认知神经科学的范畴解释了神经电生理学与行为不一致的原因,研究者提出脑电振荡与认知加工之间可能并不是一对一的映射关系,某种特定的认知加工过程可能涉及多个脑区多个频段振荡的协同作用(杨旭, 2021)。

本研究的局限在于:第一,样本量相对较小,未来可进一步扩大样本量对结果进行验证;第二,实验材料为静态的情绪面孔图片,考虑到生态学效度,今后可进一步对比老年人与年轻人对情绪视频材料注意加工中的神经电生理活动。

基金项目

河北省社会科学基金项目(HB21SH020); 河北省省属高等学校基本科研业务费研究项目。

参考文献

- 刘海宁(2018). 老年人情绪注意的积极效应: 认知控制功能. 硕士学位论文, 北京: 中国科学院研究生院.
- 刘海宁, 刘晓倩, 刘海虹, 李峰, 韩布新(2019). 老年人情绪注意积极效应的发生机制. *心理科学进展*, 27(12), 2064-2076.
- 杨旭(2021). 帕金森病轻度认知障碍与遗忘型轻度认知障碍患者视觉事件相关振荡的脑电时频分析. *中华神经科杂志*, 54(7), 655-664.
- Balconi, M., & Lucchiari, C. (2008). Consciousness and Arousal Effects on Emotional Face Processing as Revealed by Brain Oscillations. A Gamma Band Analysis. *International Journal of Psychophysiology*, 67, 41-46. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.10.002>
- Banich, M. T., Mackiewicz, K. L., Depue, B. E., Whitmer, A. J., Miller, G. A., & Heller, W. (2009). Cognitive Control Mechanisms, Emotion and Memory: A Neural Perspective with Implications for Psychopathology. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33, 613-630. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.09.010>
- Bengtson, V. L., & Settersten Jr., R. (2016). *Handbook of Theories of Aging*. Springer Publishing Company. <https://doi.org/10.1891/9780826129437>
- Bernat, E. M., Malone, S. M., Williams, W. J., Patrick, C. J., & Iacono, W. G. (2007). Decomposing Delta, Theta, and Alpha Time-Frequency Erp Activity from a Visual Oddball Task Using Pca. *International Journal of Psychophysiology*, 64, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.07.015>
- Cavada, C., & Goldman-Rakic, P. S. (1989). Posterior Parietal Cortex in Rhesus Monkey: I. Parcellation of Areas Based on Distinctive Limbic and Sensory Corticocortical Connections. *Journal of Comparative Neurology*, 287, 393-421. <https://doi.org/10.1002/cne.902870402>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Grennan, G., Balasubramani, P. P., Alim, F., Zafar-Khan, M., Lee, E. E., Jeste, D. V., & Mishra, J. (2021). Cognitive and Neural Correlates of Loneliness and Wisdom during Emotional Bias. *Cerebral Cortex*, 31, 3311-3322. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab012>
- Inzlicht, M., Bartholow, B. D., & Hirsh, J. B. (2015). Emotional Foundations of Cognitive Control. *Trends in Cognitive Sciences*, 19, 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.01.004>
- Kajal, D. S., Fioravanti, C., Elshahabi, A., Ruiz, S., Sitaram, R., & Braun, C. (2020). Involvement of Top-Down Networks in the Perception of Facial Emotions: A Magnetoencephalographic Investigation. *NeuroImage*, 222, Article ID: 117075. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117075>
- Kobayashi, R., Honda, T., Hashimoto, J., Kashihara, S., Iwasa, Y., Yamamoto, K., Zhu, J., Kawahara, T., Anno, M., Nakagawa, R., Haraguchi, Y., & Nakao, T. (2020). Resting-State Theta/Beta Ratio Is Associated with Distraction but Not with Reappraisal. *Biological Psychology*, 155, Article ID: 107942. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107942>
- Labouvie-Vief, G. (2009). Cognition and Equilibrium Regulation in Development and Aging. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27, 551-565. <https://doi.org/10.3233/RNN-2009-0512>
- Liu, H., Liu, Y., Dong, X., Liu, H., & Han, B. (2021). Effect of Cognitive Control on Age-Related Positivity Effects in Attentional Processing—Evidence from an ERP Study. *Frontiers in Psychology*, 12, Article ID: 755635. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.755635>
- Makeig, S. (1993). Auditory Event-Related Dynamics of the EEG Spectrum and Effects of Exposure to Tones. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86, 283-293. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(93\)90110-H](https://doi.org/10.1016/0013-4694(93)90110-H)
- Müller, V., & Anokhin, A. P. (2012). Neural Synchrony during Response Production and Inhibition. *PLOS ONE*, 7, e38931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038931>
- Nelson, B. D., Infantolino, Z. P., Klein, D. N., Perlman, G., Kotov, R., & Hajcak, G. (2018). Time-Frequency Reward-Related Delta Prospectively Predicts the Development of Adolescent-Onset Depression. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 3, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.07.005>
- Ray, W. J., & Cole, H. W. (1985). EEG Alpha Activity Reflects Attentional Demands, and Beta Activity Reflects Emotional and Cognitive Processes. *Science*, 228, 750-752. <https://doi.org/10.1126/science.3992243>
- Reed, A. E., Chan, L., & Mikels, J. A. (2014). Meta-Analysis of the Age-Related Positivity Effect: Age Differences in Pre-

-
- ferences for Positive over Negative Information. *Psychology & Aging*, 29, 1-15. <https://doi.org/10.1037/a0035194>
- Ross, M., Grossmann, I., & Schryer, E. (2014). Contrary to Psychological and Popular Opinion, There Is No Compelling Evidence That Older Adults Are Disproportionately Victimized by Consumer Fraud. *Perspectives on Psychological Science*, 9, 427-442. <https://doi.org/10.1177/1745691614535935>
- Santesso, D. L., Meuret, A. E., Hofmann, S. G., Mueller, E. M., Ratner, K. G., Roesch, E. B., & Pizzagalli, D. (2008). Electrophysiological Correlates of Spatial Orienting towards Angry Faces: A Source Localization Study. *Neuropsychologia*, 46, 1338-1348. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.12.013>
- Shestopalova, L. B., Petropavlovskaja, E. A., Semenova, V. V., & Nikitin, N. I. (2021). Sound Stimulus Movement-Associated Rhythmic Activity in the Human Brain. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 51, 472-485. <https://doi.org/10.1007/s11055-021-01094-2>
- Vecchio, F., Miraglia, F., Judica, E., Cotelli, M., Alù, F., & Rossini, P. M. (2020). Human Brain Networks: A Graph Theoretical Analysis of Cortical Connectivity Normative Database from EEG Data in Healthy Elderly Subjects. *GeroScience*, 42, 575-584. <https://doi.org/10.1007/s11357-020-00176-2>
- Wheaton, L., Fridman, E., Bohlhalter, S., Vorbach, S., & Hallett, M. (2009). Left Parietal Activation Related to Planning, Executing and Suppressing Praxis Hand Movements. *Clinical Neurophysiology*, 120, 980-986. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.02.161>