

经皮穴位电刺激镇静作用的认知机制：来自ERP的证据

罗溢璇¹, 杨妍¹, 谭贞晶², 何伯锋^{1*}

¹广州医科大学卫生管理学院, 广东 广州

²广东医科大学公共卫生学院, 广东 东莞

收稿日期: 2025年3月28日; 录用日期: 2025年5月9日; 发布日期: 2025年5月22日

摘要

经皮穴位电刺激(TEAS)是一种融合了传统中医经络理论和神经电生理技术的治疗方法, 具有镇静作用。为考查TEAS镇静作用的认知机制, 本研究以28名健康大学生为被试, 采用负性情绪图片诱发负性情绪, 在神门穴施予TEAS(刺激频率2/100 Hz, 疏密波, 电流强度为10 mA), 在TEAS干预前后采用视觉oddball范式诱发脑电特征成分P300。结果显示: 经TEAS干预后, 大脑皮层中线区域P300波幅显著降低, 并且在100 ms至400 ms时间窗内大脑皮层中央脑区、额叶区和枕叶区的激活面积减少, 激活强度降低。结果提示, TEAS的镇静作用与认知资源投入减少, 记忆和注意功能降低有关。

关键词

经皮穴位电刺激, 镇静, 事件相关电位, 神门穴, 认知机制

Cognitive Mechanisms of the Sedative Effects of Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation: Evidence from Event-Related Potential

Yixuan Luo¹, Yan Yang¹, Zhenjing Tan², Bofeng He^{1*}

¹School of Health Management, Guangzhou Medical University, Guangzhou Guangdong

²School of Public Health, Guangdong Medical University, Dongguan Guangdong

Received: Mar. 28th, 2025; accepted: May 9th, 2025; published: May 22nd, 2025

*通讯作者。

文章引用: 罗溢璇, 杨妍, 谭贞晶, 何伯锋(2025). 经皮穴位电刺激镇静作用的认知机制: 来自 ERP 的证据. 心理学进展, 15(5), 323-333. DOI: 10.12677/ap.2025.155302

Abstract

Transcutaneous electrical acupoint stimulation (TEAS) is a therapeutic intervention that integrates principles from traditional Chinese meridian theory with neuroelectrophysiological techniques, demonstrating notable sedative effects. To investigate the cognitive mechanisms underlying these sedative effects, this study recruited 28 healthy participants. Negative emotional states were induced using emotionally aversive images, and TEAS was applied to the Shenmen (HT7) acupoint (stimulation parameters: 2/100 Hz dense-disperse waves, 10 mA current intensity). Event-related potentials (ERPs) were recorded before and after TEAS intervention using a visual oddball paradigm to elicit the P300 component. The results revealed a significant reduction in P300 amplitude over the midline cortical regions following TEAS intervention. Furthermore, within the 100~400 ms time window, decreased activation areas and diminished activation intensity were observed in the central, frontal, and occipital cortical regions. These findings suggest that the sedative effects of TEAS are associated with reduced allocation of cognitive resources, accompanied by attenuated memory and attentional functioning.

Keywords

Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation (TEAS), Sedation, Event-Related Potential (ERP), Shenmen Acupoint (HT7), Cognitive Mechanism

Copyright © 2025 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. 前言

穴位针灸是一种传统的中医治疗技术，通过对人体特定的穴位进行物理刺激来达到治疗疾病和保健目的。经皮穴位电刺激(Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation, TEAS)作为传统针灸疗法的现代化延伸，融合了经络理论与神经电生理学技术，是一种通过电极贴片对特定穴位施加低频电流，模拟针灸的物理刺激效应的非侵入性治疗方法(何庆标等, 2024; 李莹颀等, 2023; 赵倩文等, 2024)。

TEAS 不仅避免了传统针刺的侵入性限制，还实现了刺激强度的精准量化。TEAS 通过电流刺激人体经络系统，调节机体内部的生理过程，从而达到治疗目的。研究发现，TEAS 可以调节神经递质释放、内分泌功能和免疫应答(Hou et al., 2019; Wang et al., 2018)。

TEAS 常在临床上作为一种辅助的镇静手段，在术前缓解患者焦虑情绪，术中减少麻醉药用量，并减轻术后并发症(牟玉庆等, 2017)。Chen 等(2020)将 80 例肺癌患者随机分为 TEAS 组和假 TEAS 组，联合麻醉药物进行研究，运用视觉模拟量表(VAS)进行疼痛水平的测量。结果显示 TEAS 组患者术后 6、24、48 小时的 VAS 评分显著降低，术后舒芬太尼用量降低，患者自控静脉镇痛的使用次数和有效率降低，术后并发症有效缓解，说明 TEAS 是术后镇静镇痛的一种可行方法。牛聪等(2021)对髋关节置换术患者的合谷、内关穴进行 30 分钟的 TEAS，同样发现接受电刺激的实验组血浆肾上腺素、去甲肾上腺素浓度降低， β -内啡肽浓度升高，且实验组发生苏醒期躁动的比例明显少于对照组。提示 TEAS 有利于增加内源性阿片类物质释放，减轻应激反应，有利于苏醒期血流动力学平稳，可有效预防术后苏醒期躁动。这些研究说明，TEAS 在临床上作为一种辅助麻醉镇静的手段起到了良好的效果。

除了在临床上作为镇静手段外，TEAS 对健康人也具有镇静和缓解焦虑的作用。王明山等(2007)的研

究发现,对健康被试进行 TEAS 后,心率及平均动脉压显著下降,同时血管紧张素 II 和皮质醇浓度也较基础值有显著下降,这可能是由于 TEAS 对交感神经系统和肾素-血管紧张素(RAS)具有抑制作用。

为了进一步揭示 TEAS 镇静作用的机制,研究者采用了功能磁共振脑成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)和脑电(electroencephalogram, EEG)技术对 TEAS 的镇静作用进行脑机制的研究。[Jiang 等\(2012\)](#)采用双回声动脉自旋标记(ASL)技术收集 fMRI 数据。研究对 40 名被试进行 30 分钟的电刺激。刺激后,全脑平均血流量减少,在初级体感皮层、岛叶、颞叶上沟、后扣带皮层和额下回尤为明显。同时,脑默认网络(DMN)和感觉运动网络(SMN)的连接更稳定,空间性有所扩展。结果表明,TEAS 对区域大脑活动和网络连接的调节可能与针灸相关的治疗效果有关。

在 TEAS 的脑电研究中,脑电双频指数(BIS)是一个比较常用的指标,可以有效反映皮层镇静程度,从清醒到自然睡眠状态与清醒到麻醉状态的情况下 BIS 值变化均表现出显著的降低。对健康被试的研究发现,经过 TEAS 后,被试的 BIS 值均显著降低,被试明显处于放松且嗜睡状态。说明 TEAS 对健康个体同样可以产生一定的镇静作用([胡涛等, 2020](#); [Jiang et al., 2012](#))。在一项脑电研究中,[Li 等\(2014\)](#)对右侧足三里穴位进行微电流 TEAS,发现大脑左额叶区的 EEG 信号 δ 频带功率升高。 δ 波可在婴儿熟睡或成年人极度疲劳状态下被记录到, δ 频带功率升高说明个体在接受了 TEAS 后处于疲劳和睡眠等安静的状态。[Yi 等\(2013\)](#)也得出了相同的结果,并发现该变化在额叶与中央区较为明显。

脑电研究表明,对穴位进行电刺激后,EEG 低频成分(δ)能量升高,而变化较大的脑区(如额叶)与思维、感觉相关。在神经电生理层面,事件相关电位 P300 被认为是评估认知资源分配和情绪调节效率的关键指标。P300 是刺激作用后在头皮记录到潜伏期约 300 ms 的正波,被认为是与注意、识别、记忆等认知心理过程相关的脑内活动电位,P300 的波幅反映注意资源的投入程度,潜伏期则与信息处理速度直接相关([罗跃嘉, 1993](#))。有研究将 P300 作为分析指标用于评估镇静药物的效果。该研究向被试注射异丙酚来调节镇静程度,并要求被试进行记忆测试,结果都发现在注射异丙酚后,被试镇静清醒评分降低的同时,P300 波幅显著降低([吴迪等, 2005](#); [Reinsel et al., 1995](#))。[Sneyd 等\(1994\)](#)向 10 名健康被试注射不同浓度的异丙酚,以控制不同的镇静程度。研究发现异丙酚以浓度依赖的方式显著降低了 P300 波幅;同时脑电地形图显示 β 波的激活主要在额叶和中央,颞叶相对较少。这些研究结果说明 P300 作为一项可靠的指标,可以判断镇静状态下意识和外显记忆的变化。

综上所述,TEAS 具有的镇静作用被普遍证实,但过去的研究中,TEAS 大多与镇静药物联合使用,并主要应用于患者群体,这在一定程度上混淆了 TEAS 与药物的作用。当 TEAS 和镇静药物联合使用时,镇静或镇痛药物的使用剂量更少了,这些结果更准确地说是 TEAS 对镇静药物产生了增强效应,无法分离 TEAS 和药物的作用效果和作用机制。

有研究对静息态的 EEG 信号或者 fMRI 信号进行分析,推测 TEAS 的镇静和镇痛作用机制。但是中医络学说是一个复杂的系统,穴位刺激的效果和机理作用的科学理论存在很多不明确的地方。研究发现不同穴位、不同刺激方式、刺激频率、电流强度等一系列的因素,都会对穴位刺激的效果产生不同影响,这增加了明确穴位刺激的作用机制的难度。

本研究采用 ERP 实验范式,以健康的正常人群为被试,操纵情绪诱发变量诱发焦虑和紧张情绪,之后施予 TEAS,探讨 TEAS 的镇静作用的认知机制。

2. 研究方法

2.1. 被试

研究在广州医科大学招募 30 名大学生被试,2 名被试的数据因设备问题丢失,最终 28 名被试的数据为有效数据,进入后续分析。28 名被试中,男生 10 人,女生 18 人,年龄为 18~22 岁。所有被试身体

健康, 视力正常或矫正视力正常, 进行实验前签署知情同意书, 并在实验后获得报酬。

2.2. 实验材料

采用情绪诱发的实验范式, 从日内瓦情感图片数据库(Geneva Affective Picture Database, GAPED)中选取负面评分最高的 220 张图片对被试进行负性情绪诱发, 使被试处于紧张焦虑的状态。GAPED 主要包含蜘蛛、蛇以及违反道德和法律规范(侵犯人权或虐待动物)有关的情绪场景, 已有研究证实此图片库的信度与效度(Dan-Glauser & Scherer, 2011)。

2.3. 穴位选择和经皮穴位电刺激

在针灸及其衍生技术镇静研究中, 研究者常以神门穴作为主穴位, 多穴位配伍使用刺激被试产生明显的镇静作用。但是多穴位配伍具有复杂性, 不利于明确 TEAS 镇静作用的产生机制。耿跃华等(2009)对神门穴进行经颅磁刺激, 并收集脑电信号, 结果发现磁刺激状态下脑电信号的混沌程度有效降低, 使大脑更加镇静。提示刺激神门穴具有改善脑功能的作用。因此, 本研究选用大多研究中的主穴位神门穴作为 TEAS 的刺激穴位来探讨其镇静作用的机制问题。

TEAS 实验设备采用佳健医疗 CMNS6-II 型电子针灸治疗仪, 将电极片置于神门穴(HT7)。根据以往相关的研究, 实验时的波形选择疏密波, 频率为 2/100 Hz, 强度为 10 mA (王明山等, 2007; 朱丹等, 2015; Chen et al., 2020)。实验中持续刺激时间为 30 分钟。

2.4. 研究设计和实验过程

研究采用图片情绪诱发的实验范式, 诱发被试产生焦虑和紧张情绪, 采用 oddball 实验范式诱发 P300 脑电成分; 实验过程中施予 TEAS, 同步记录被试的脑电信号。

情绪图片 - 颜色块图片组成实验刺激, 情绪图片呈现时间 3000 ms, 用于诱发被试的负性情绪; 颜色块图片中分为蓝色矩形和蓝色圆形图片, 蓝色矩形为偏差刺激, 蓝色圆形为标准刺激, 偏差刺激呈现 22 次(占 20%), 标准刺激呈现 88 次(占 80%)。1 张情绪图片和 1 张颜色图片先后呈现所组成的实验刺激为 1 个 trial, 110 个 trials 为 1 组实验刺激, 一共有 2 组实验刺激。

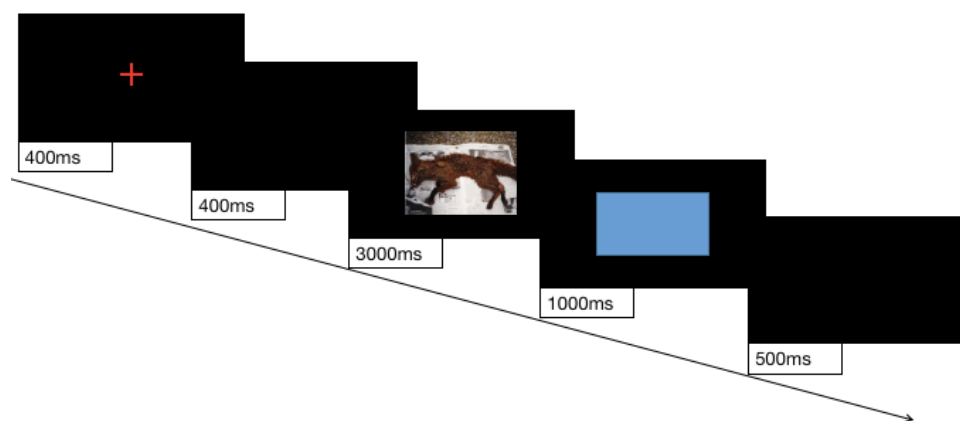


Figure 1. Experimental flow chart
图 1. 实验流程图

实验用 E-prime 3.0 软件呈现刺激和记录被试反应。每组实验刺激的呈现和实验流程如下(见图 1): 实验开始时, 屏幕中央呈现一个 400 ms 红色的“+”, 之后是一个 400 ms 的黑屏, 接着呈现一张情绪图片,

时间为 3000 ms (刘世燕等, 2015)。情绪图片呈现结束后随机呈现蓝色颜色块(偏差刺激为矩形, 标准刺激为圆形)。实验过程中, 要求被试始终注视屏幕, 当情绪图片结束后, 若出现蓝色矩形的偏差刺激, 被试需要在 500 ms 内按空格键, 若未按键则 500 ms 后进入下一个 trial; 若出现蓝色圆形的标准刺激, 则不需要做反应, 500 ms 后进入下一个 trial。为了确保被试在整个实验过程中保持对刺激的注意, 在实验过程中增加一个计数任务, 要求被试在实验过程中对蓝色矩形出现的次数进行计数。

在整个实验中, 被试首先会接受一组实验刺激, 时间约为 10 分钟, 随后静坐接受 30 分钟的 TEAS 干预。在 TEAS 进行到第 20 分钟时, 被试接受第二组实验刺激。整个实验过程持续 40 分钟, 同步采集脑电信号。

2.5. 脑电信号的采集

采用 Brain Products 公司的 64 导 actiCHamp 脑电系统记录脑电数据。电极按照扩展的国际 10~20 系统标准放置于被试头皮, 同步记录 64 导联脑电信号。右侧乳突电极(TP9)为参考电极, 前额中央部位(FPz)接地电极。当所有电极的阻抗均小于 5 k Ω 时开始实验和记录脑电信号(Picton et al., 2000)。在线记录脑电信号阶段设置 0.1 Hz~100 Hz 带通滤波, 采样频率为 1000 Hz。

2.6. 脑电数据分析

脑电信号采用 Brain Products 公司的 Analyzer 2.0 分析软件进行分析。对原始脑电数据滤波带通为 0.5 Hz~30.0 Hz, 选取双侧乳突电极(TP9, TP10)为平均重参考电极。以蓝色颜色块刺激呈现时刻为事件零点进行分段, 时间窗截取-200 ms 至 1000 ms, 基线校正时段为-200 ms 至 0 ms。

研究表明, P300 在头皮分布广泛, 相对集中于中线部位, 在标准的 oddball 范式中, P300 的时间窗为 250 ms 至 500 ms (Kappenman & Luck, 2016)。

根据 Duncan 等(2009)的溯源研究, 该成分在中线中央顶区呈现最大波幅, 本研究选取中线区域的 6 个电极作为重点分析区域, 分别是: Fz、Cz、Pz、FCz、CPz、POz。为更全面地分析全脑各区域的 P300 波幅变化, 本研究将全脑分为 5 个区域进行分析, 除了上述的中线区域外, 另外 4 个区域分别为: 前额叶区: F3、F4、AF7、AF8; 顶叶区: C3、C4、Cz、FC1、FC2、CPz; 枕叶区: P3、P4、O1、O2、Pz、POz、Oz; 颞叶区: F7、F8、T7、T8、P7、P8。P300 的时间窗选取蓝色颜色块刺激后 250 ms~500 ms。

3. 结果

3.1. 行为结果

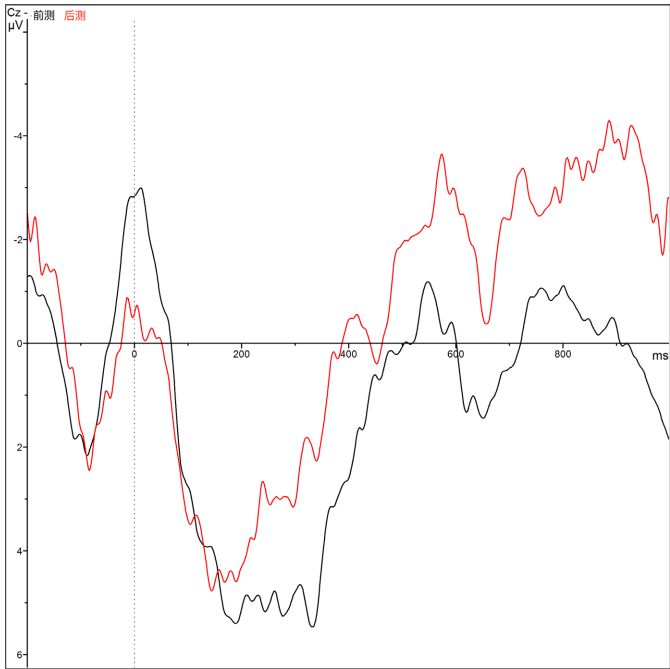
计算被试对刺激(包括标准刺激和偏差刺激)反应的正确率, 所有被试(N = 28)的正确率在 94.54%~100%之间, 平均正确率高于 98%, 表明被试在 oddball 实验任务中表现出高任务依从性, 在刺激分辨过程具有稳定注意投入, 因此认为 28 名被试认真参与实验, 全部纳入脑电成分 P300 的数据分析。

3.2. ERP 结果

对脑电波幅的分析显示, 在刺激呈现后 250 ms 到 500 ms 的时间窗内, 在大脑皮层中线区域的 Cz 和 Fz 电极点出现明显的正波峰值(图 2 和图 3)。进行 TEAS 干预后, Cz 和 Fz 电极点的波幅呈下降趋势, 峰值降低, 表明 TEAS 干预对 P300 波幅产生影响。

为进一步明确 TEAS 对 P300 波幅影响的程度, 本研究对 P300 的脑电波幅峰值值进行分析。结果显示(表 1), 中线区域 P300 平均波幅在进行 TEAS 干预前后存在显著差异(中线: $t = 2.11$, $p < 0.05$)。经过 TEAS 干预后, 中线区域 P300 平均波幅显著降低。而前额叶、顶叶、枕叶和颞叶这四个区域的 P300 平

均波幅在 TEAS 干预前后无显著差异($p > 0.05$)。结果提示, TEAS 可能在降低大脑皮层中线区域的神经兴奋性中发挥重要作用。



注: 前测 = TEAS 干预前; 后测 = TEAS 干预后, 下同。

Figure 2. Pre- and post-measurement P300 waveforms at the Cz electrode site
图 2. Cz 电极点前后测 P300 波形图

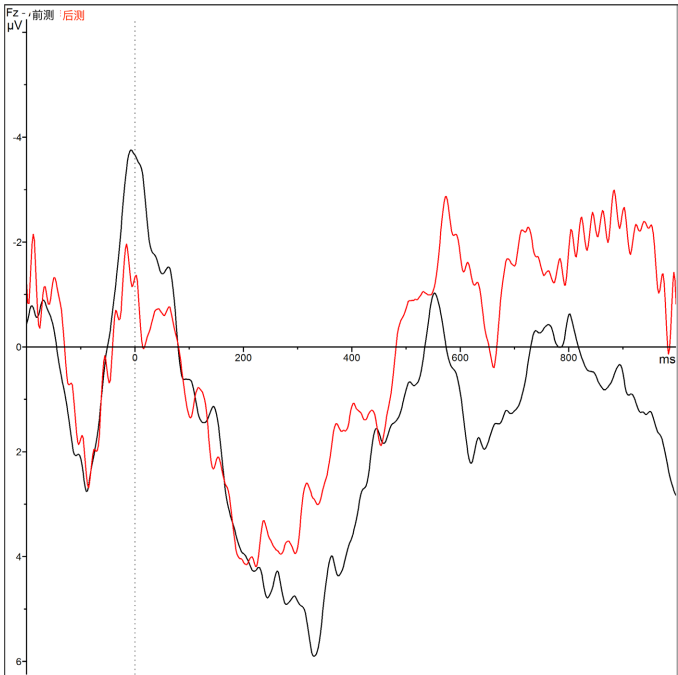


Figure 3. Pre- and post-measurement P300 waveforms at the Fz electrode sites
图 3. Fz 电极点前后测 P300 波形图

Table 1. Analysis of P300 average amplitude differences between pre-measurement and post-measurement
表 1. 前后测 P300 平均波幅差异分析

	中线		额叶区		顶叶区		枕叶区		颞叶区	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测	前测	后测	前测	后测
M	6.15 ± 5.93	4.54 ± 4.65	9.50 ± 6.86	9.39 ± 6.16	7.18 ± 5.13	6.30 ± 5.09	3.12 ± 8.31	1.55 ± 4.41	5.39 ± 5.32	4.87 ± 3.70
t	2.11		0.08		1.21		1.50		0.51	
P	0.04		0.93		.23		0.14		0.60	

图 4 和图 5 为被试接受 TEAS 干预前(前测)和 TEAS 干预后(后测)的波形地形图, 分别显示了刺激出现前 200 ms (-200 ms)到刺激出现后 1000 ms 内大脑皮层不同区域激活程度的变化。TEAS 干预前后的大脑皮层时空激活模式呈现以下特点: (1) -200 ms 到 100 ms, TEAS 干预前后的地形图分布差异变化较小, 这一阶段的大脑皮层激活程度低; (2) 100 ms 到 400 ms, TEAS 干预前后的中央区域和额叶区域被显著激活, 出现了显著的正性成分, 但 TEAS 干预后的中央区域、额叶区域和枕叶区域激活面积减小, 正性成分波幅降低, 并且在枕叶区出现负性成分; (3) 400 ms 到 700 ms, TEAS 干预后枕叶和顶叶激活面积增大, 且出现了显著的负性成分; (4) 700 ms 到 1000 ms, TEAS 干预前后的地形分布差异变化加大, TEAS 干预后的额叶、顶叶和枕叶的负性成分增加。

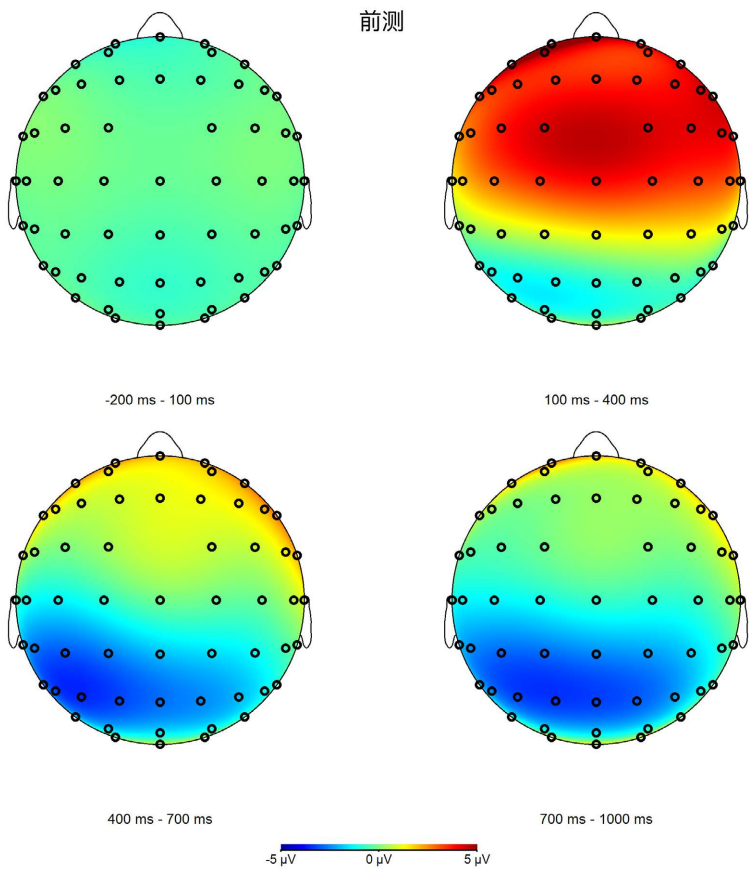


Figure 4. Mean topographic map during pre-intervention (before TEAS)
图 4. 前测(TEAS 干预前)的平均地形图

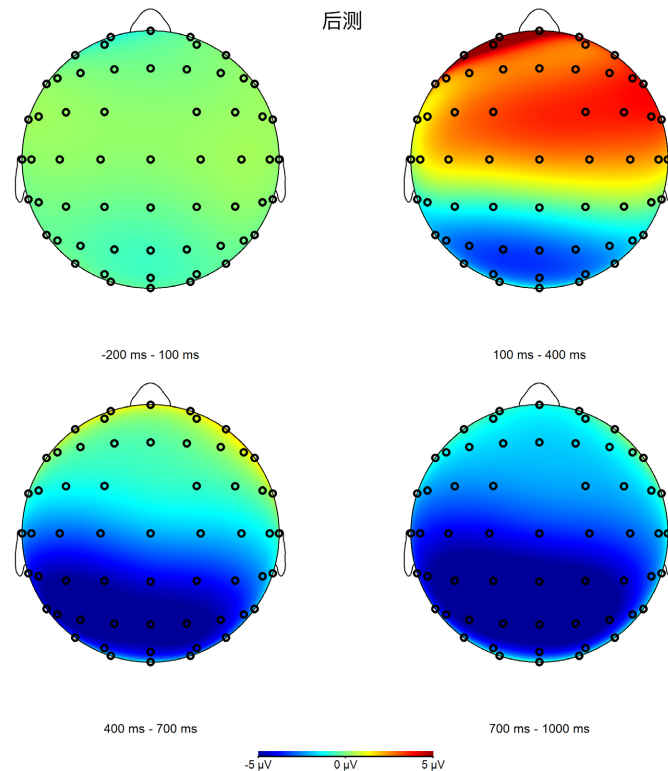


Figure 5. Mean topographic map during post-intervention (after TEAS)

图 5. 后测(TEAS 干预后)的平均地形图

4. 讨论

本研究探讨了负性情绪诱发状态下的健康被试在接受 TEAS 干预前后的 P300 波幅变化。镇静状态下，被试对行为的意志控制能力减弱，会伴随着 P300 波幅减小(Jessop et al., 1991)。本实验结果显示，被试在接受 TEAS 干预之后，大脑皮层的中线区域 P300 波幅显著降低，大脑皮层的激活程度降低，这些电生理结果的变化提示 TEAS 干预后产生镇静作用与大脑的认知机制变化有关。

4.1. TEAS 镇静作用与认知资源的投入

在认知神经科学的研究中，P300 是一种经典的脑电成分，P300 波幅与大脑皮层广泛区域的激活程度相关，其波幅的改变通常被认为反映了认知资源投入和认知控制的变化(Polich, 2007)。在本研究中，P300 波幅降低，表明大脑在接受 TEAS 干预后，对实验刺激的认知加工资源投入减少。这一现象可能源于 TEAS 调节大脑皮层的激活模式，降低了认知负荷。神经效能假说认为心理资源投入与皮层激活效率呈非线性关联，任务复杂度较低时呈现正相关，高认知负荷下转为负相关(Dunst et al., 2014; Neubauer & Fink, 2009)。本次实验采用的 P300 实验任务是 oddball 实验任务，任务难度较低，被试在较低认知负荷的情况下做出刺激判断任务，因此 P300 波幅与心理资源投入呈正相关。所以可以认为，在 TEAS 干预后，P300 的波幅的降低与认知资源投入减少有关。

根据 TEAS 干预前后大脑皮层时空激活模式来看，在 100 ms 到 400 ms 的时间窗内，TEAS 干预使中线、额叶区域和枕叶区域的激活呈降低趋势。虽然峰值值的差异分析显示，除了中线区域外，额叶区域和枕叶区域在干预前后的差异不显著(表 1)。但是由于本研究选取的中线区域包括了 Fz 和 POz，这两个电极点分别位于额叶和枕叶的区域，因此可以解释额叶区域和枕叶区域在干预前后的激活强度发生变化。

这一时间窗内也是 P300 成分出现的关键时段,因此大脑皮层激活程度的降低也反映了 P300 波幅的降低,认知资源投入减少。

实验结果还发现,在 TEAS 干预前,在负性情绪诱发的状态下完成实验任务,实验刺激诱发明显的 P300,说明被试投入心理资源完成实验任务。在 TEAS 干预后在相同的负性情绪诱发状态下完成实验任务时,此时记录到的 P300 波幅显著降低,说明经过 TEAS 干预后,心理资源的投入降低了。在负性情绪下,人们往往会采用更加精细的认知加工方式,消耗较多心理资源。TEAS 干预后 P300 的降低和大脑皮层的激活效度降低都表明了 TEAS 干预能够使心理资源投入减少,也反映了被试的负性情绪得到舒缓,产生镇静的作用。

4.2. TEAS 镇静作用与认知功能的变化

P300 作为 ERP 中不受刺激物理作用影响的内源性成分,反映人脑的高级心理活动,包括注意、理解、记忆等信息初级加工的过程。因此,TEAS 干预后的 P300 波幅变化不仅反映了认知资源的投入的变化,还反映了大脑对外部刺激的反应强度的变化。实验结果显示,经过 TEAS 干预后,大脑中线区域、额叶区域和枕叶区域的激活面积减少,激活强度降低,P300 波幅显著降低。大脑皮层的这些区域在思维、记忆、注意力、分析和计划等高级认知功能中起着至关重要的作用。Heinke 等(2004)的研究表明,在镇静情况下,额叶前皮层的脑血流量减少继而影响个体的认知功能。因此,大脑皮层的激活程度降低可以解释为意志控制行为的能力减弱,引起注意、认知控制和工作记忆能力的下降。

在 Reinsel 等(1995)的研究中,对被试用异丙酚进行镇静,在 P300 波幅下降的同时,选择性注意任务的整体准确性和记忆任务的表现分数都降低了,并且发现 P300 波幅能反映麻醉镇静状态下记忆功能的状态。负责记忆的脑区主要位于颞叶内侧的海马体结构,在解剖研究中,有研究者将电极插入被试海马体中,记录到一个波幅很大,与头皮 P300 相似的电位(罗跃嘉,1993)。从本研究结果来看,虽然颞叶区 P300 波幅 TEAS 干预前后没有达到显著差异,但地形图显示出 TEAS 干预后颞叶区的激活强度降低,在一定程度上说明大脑的记忆功能受到了抑制,反映了镇静作用的状态。

P300 波幅的降低也反映了个体对外部刺激的选择和分配能力下降。Hillyard (1985)认为,P300 在注意过程中反映了感知信息加工的后续阶段,即对偏差刺激的选择性认知。本研究使用了经典 oddball 范式,用偏差刺激诱发 P300。TEAS 干预后由偏差刺激诱发的 P300 波幅下降,说明了个体对偏差刺激的选择和分配注意的能力有所降低。

综上所述,来自 ERP 的证据认为,个体在接受 TEAS 后,大脑皮层的激活效度降低,对外部刺激的认知资源投入减少,同时注意、记忆的功能降低。虽然本研究解释了 TEAS 镇静作用的认知机制,但是研究存在一些不足之处。首先,本次研究主要通过分析 P300 脑电成分的变化来探讨 TEAS 镇静作用的认知机制,指标单一。受限于本次研究的实验范式和实验设计,未能对更多的脑电成分进行深入的探讨,在未来的研究中可以进一步考查其他脑电成分的变化,以更加深入地探讨 TEAS 与认知功能的关系。其次,虽然 ERP 的时间分辨率高,但是空间分辨率不足,进一步研究时可以结合 fMRI 的研究,更加深入地考查大脑皮层不同脑区的激活情况,通过多模态的数据更好地揭示 TEAS 镇静作用的认知机制。

5. 结论

负性情绪状态下的健康个体在 TEAS 干预后的 P300 波幅显著降低,在 100 ms 至 400 ms 时间窗内大脑皮层中央脑区、额叶区和枕叶区的激活面积和激活强度降低,提示 TEAS 干预的镇静作用与个体的认知资源投入减少,记忆和注意功能降低有关。TEAS 干预减少了大脑对认知资源的投入,同时削弱了记忆和注意功能。

基金项目

2023 年度广东省中医药局中医药科研项目:经皮穴位电刺激镇静作用效果及其脑机制——来自 ERPs 的证据(项目编号:20231237)。

参考文献

- 耿跃华, 徐桂芝, 杨硕, 于红丽, 张秀(2009). 磁刺激神门穴脑电信号的非线性动力学分析. *中国组织工程研究与临床康复*, 13(4), 675-679.
- 何庆标, 黎玉辉, 梁雨晴(2024). 经皮穴位电刺激对老年患者腰椎融合内固定术围术期镇痛效果的影响. *临床麻醉学杂志*, 40(9), 933-937.
- 胡涛, 张凤姣, 付建峰, 赵雪莲, 刘华琴, 裴焕爽, 周超, 戎元元(2020). 经皮穴位电刺激对健康志愿者的镇静作用. *中华麻醉学杂志*, 40(3), 335-337.
- 李莹颀, 方娟, 陈采益, 蒋进广, 王猛(2023). 经皮穴位电刺激镇痛机制及应用的研究进展. *中国医药导报*, 20(1), 61-64.
- 刘世燕, 张文武, 丁士炬, 李湘兰, 胡珍玉, 程芳(2015). 注意缺陷多动障碍儿童在不同情绪面孔刺激下的持续注意任务事件相关电位. *中国心理卫生杂志*, 29(2), 109-114.
- 罗跃嘉(1993). P300 的物理、生理与心理性质. *心理学动态*, (2), 23-26.
- 牟玉庆, 刘兴山, 魏彦龙(2017). 经皮穴位电刺激的临床应用进展. *长春中医药大学学报*, 33(1), 169-171.
- 牛聪, 张家敏, 张晨叶, 朱美华(2021). 经皮穴位电刺激对髋关节置换术患者术后苏醒期躁动的影响. *临床麻醉学杂志*, 37(11), 1139-1142.
- 王明山, 陈怀龙, 张丽娜, 张纵横(2007). 经皮穴位电刺激对健康受试者脑电双频指数的影响. *中国中医急症*, 16(3), 267-268.
- 吴迪, 岳云, 徐志鹏(2005). 不同镇静程度下健康志愿者事件相关电位与意识和记忆的关系. *中华麻醉学杂志*, 25(12), 887-890.
- 赵倩文, 苏丹丹, 汪美如, 闫莉, 孙斌, 高飞, 孟宣, 王立伟(2024). 经皮穴位电刺激对鼻内镜手术患者术后恢复质量的影响: 随机对照试验. *中国针灸*, 44(10), 1133-1138.
- 朱丹, 白洁静, 张晓庆, 徐修竹, 张建斌(2015). 电针参数定量化的研究进展. *中国针灸*, 35(5), 525-528.
- Chen, J., Zhang, Y., Li, X., Wan, Y., Ji, X., Wang, W. et al. (2020). Efficacy of Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation Combined with General Anesthesia for Sedation and Postoperative Analgesia in Minimally Invasive Lung Cancer Surgery: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Thoracic Cancer*, 11, 928-934. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.13343>
- Dan-Glauser, E. S., & Scherer, K. R. (2011). The Geneva Affective Picture Database (GAPED): A New 730-Picture Database Focusing on Valence and Normative Significance. *Behavior Research Methods*, 43, 468-477. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0064-1>
- Duncan, C. C., Barry, R. J., Connolly, J. F., Fischer, C., Michie, P. T., Näätänen, R. et al. (2009). Event-Related Potentials in Clinical Research: Guidelines for Eliciting, Recording, and Quantifying Mismatch Negativity, P300, and N400. *Clinical Neurophysiology*, 120, 1883-1908. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.07.045>
- Dunst, B., Benedek, M., Jauk, E., Bergner, S., Koschutnig, K., Sommer, M. et al. (2014). Neural Efficiency as a Function of Task Demands. *Intelligence*, 42, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.09.005>
- Heinke, W., Kenntner, R., Gunter, T. C., Sammler, D., Olthoff, D., & Koelsch, S. (2004). Sequential Effects of Increasing Propofol Sedation on Frontal and Temporal Cortices as Indexed by Auditory Event-Related Potentials. *Anesthesiology*, 100, 617-625. <https://doi.org/10.1097/0000542-200403000-00023>
- Hillyard, S. A. (1985). Electrophysiology of Human Selective Attention. *Trends in Neurosciences*, 8, 400-405. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(85\)90142-0](https://doi.org/10.1016/0166-2236(85)90142-0)
- Hou, Y., Yan, Q., An, H., Wang, J., Tian, M., Zhao, W. et al. (2019). The Use and Protective Effects of Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation during Abdominal Surgery: Study Protocol for a Multicenter Randomized Parallel Controlled Trial. *Trials*, 20, Article No. 462. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3558-2>
- Jessop, J., Griffiths, D. E., Furness, P., Jones, J. G., Sapsford, D. J., & Breckon, D. A. (1991). Changes in Amplitude and Latency of the P300 Component of the Auditory Evoked Potential with Sedative and Anaesthetic Concentrations of Nitrous Oxide. *British Journal of Anaesthesia*, 67, 524-531. <https://doi.org/10.1093/bja/67.5.524>

- Jiang, Y., Hao, Y., Zhang, Y., Liu, J., Wang, X., Han, J. et al. (2012). Thirty Minute Transcutaneous Electric Acupoint Stimulation Modulates Resting State Brain Activities: A Perfusion and BOLD fMRI Study. *Brain Research*, 1457, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.03.063>
- Kappenman, E. S., & Luck, S. J. (2016). Best Practices for Event-Related Potential Research in Clinical Populations. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 1, 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2015.11.007>
- Li, S., Li, D., Li, H., & Wang, J. (2014). Short Time Effect of Delta Oscillation under Microcurrent Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation at St36. In *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 4583-4586). IEEE. <https://doi.org/10.1109/embc.2014.6944644>
- Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and Neural Efficiency: Measures of Brain Activation versus Measures of Functional Connectivity in the Brain. *Intelligence*, 37, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.10.008>
- Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R. et al. (2000). Guidelines for Using Human Event-related Potentials to Study Cognition: Recording Standards and Publication Criteria. *Psychophysiology*, 37, 127-152. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720127>
- Polich, J. (2007). Updating P300: An Integrative Theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2128-2148. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
- Reinsel, R. A., Veselis, R. A., Wronski, M., & Marino, P. (1995). The P300 Event-Related Potential during Propofol Sedation: A Possible Marker for Amnesia? Presented in Part at the Annual Meeting of the American Society of Anesthesiologists, New Orleans, LA, October 17-21, 1992. *British Journal of Anaesthesia*, 74, 674-680. <https://doi.org/10.1093/bja/74.6.674>
- Sneyd, J. R., Samra, S. K., Davidson, B., Kishimoto, T., & Domino, E. F. (1994). Electrophysiologic Effects of Propofol Sedation. *Anesthesia & Analgesia*, 79, 1151-1158.
- Wang, J., Xie, Y., Zhao, H., Han, W., & Wang, X. (2018). Transcutaneous Electric Nerve Stimulation over Acupoints for Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Protocol for a Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine*, 97, e11199. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000011199>
- Yi, G., Wang, J., Deng, B., Wei, X., & Han, C. (2013). Modulation of Electroencephalograph Activity by Manual Acupuncture Stimulation in Healthy Subjects: An Autoregressive Spectral Analysis. *Chinese Physics B*, 22, Article ID: 028703. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/22/2/028703>