

DOI:10.13288/j.11-2166/r.2025.17.007

基于事件相关电位技术的“红舌”与“热证”认知关联研究

倪奇, 贾春华✉

北京中医药大学中医学院, 北京市朝阳区北三环东路11号, 100029

[摘要] **目的** 基于事件相关电位技术(ERPs)探究“红舌”与“热证”在脑神经机制领域的关系,为中医舌诊的客观化研究提供方法。**方法** 招募北京中医药大学在校硕士、博士研究生作为受试者,最终30名受试者研究数据纳入分析。受试者佩戴电极帽采集ERPs数据,并采用修改的图-词Stroop范式,将文字形式的“热性”“寒性”“中性”中医学症状体征与图片形式的“红舌”舌诊图像匹配呈现,构成三类实验刺激(即红舌舌诊图像+热性症状体征、红舌舌诊图像+寒性症状体征、红舌舌诊图像+中性症状体征)。通过记录、分析受试者在不同刺激类型呈现时的行为学数据(包括按键正确率与按键反应时)与脑电数据(包括特定脑电成分的波形观察与其波幅值在不同刺激类型、不同脑区差异的统计),探究“红舌”与“热性”“寒性”“中性”中医学症状体征之间是否存在认知关联或认知冲突。**结果** 红舌舌诊图像+热性症状体征刺激类型较其他刺激类型的按键反应时更短[主效应统计: $P<0.001$, $F_{(1.333, 38.663)}=13.24$, $\eta^2=0.313$]、按键正确率更高[主效应统计: $P=0.046$, $F_{(1.564, 45.367)}=3.593$, $\eta^2=0.11$]。所有刺激类型均诱发了较为明显的600~650 ms的正波成分(P600)、900~950 ms的负波成分(LNC)脑电成分以及微弱的400~450 ms的负波成分(N400)。P600呈右偏侧化趋势[脑区主效应: $P=0.003$, $F_{(2, 58)}=6.456$, $\eta^2=0.182$],而LNC呈左偏侧化趋势[脑区主效应: $P<0.001$, $F_{(2, 58)}=13.304$, $\eta^2=0.314$]。**结论** “红舌”与“热证”之间存在较弱的认知关联而与“寒证”之间存在较强的认知冲突,大脑的抑制控制过程在左右半球之间存在差异。

[关键词] 舌诊; 红舌; 热证; 事件相关电位; 图-词Stroop范式; 认知冲突

近年围绕舌诊客观化的研究成果日益增多,但多集中在舌象客观化与舌象-疾病对应等研究方向^[1],针对舌诊思维过程客观化的研究成果较少。“红舌主热证”是中医舌诊理论体系中较为主流的观点,然而“红舌”并非热证唯一的临床表现,诸如发热、烦躁、面红、目赤一类症状体征同样是热证的主要临床表现。而“寒证”相关的症状体征以及寒热偏性不明显的“中性”症状体征与“红舌”之间可能存在语义冲突。因此,当受试者在“红舌”舌诊图像的干扰下对不同寒热偏性的中医学症状体征进行寒性、热性或中性的性质判断时,相比“中性”与“寒性”症状体征的判断,受试者对“热性”症状体征的判断可能会有更短的反应时、

更高的正确率以及特定事件相关电位成分的变化。

事件相关电位(event-related brain potentials, ERPs),即当外加一种特定的刺激,在给予刺激或撤销刺激时,在脑区引起的电位变化。这是一种无损伤的脑认知成像技术,其电位变化是与人类身体或心理活动有时间相关的脑电活动,在头皮表面记录到并以信号过滤和叠加的方式提取^[2]。ERPs技术能够对人的思维、认知过程进行一定的具象反映。基于ERPs技术,研究者发展了多种ERPs实验范式,其中Stroop实验范式又称色词干扰实验,在对颜色词的文字颜色进行命名时,对文字颜色的命名总会受到颜色词本身词义的干扰而导致时间延长^[3]。Stroop实验范式的设计主要是为了研究人脑的抑制控制功能,所谓抑制控制是对不相关的信息、反应或策略的压抑过程^[4]。随着Stroop实验范

基金项目:国家自然科学基金(82074582)

✉ 通讯作者:jiachunhua125@163.com

式相关研究的深入,最初的经典 Stroop 范式已演变为各种各样的变式,例如图-词 Stroop 范式、情绪 Stroop 范式、昼夜 Stroop 范式等^[5]。因此,本研究基于 ERPs 技术,采用图-词 Stroop 范式,探究“红舌”与“热证”在脑神经机制领域的关系,以期对“红舌主热证”的思维过程进行一定程度上的客观化呈现。本研究通过北京中医药大学伦理委员会审查(伦理审批号:2019BZHYLL0402)。

1 资料

1.1 研究对象

依据既往研究^[6-7]成果,纳入分析的有效脑电数据应不少于 30 人次。招募北京中医药大学中医学以及相关专业的在读硕士、博士研究生。所有受试者具有扎实的中医学理论基础;身体健康,无精神病史、神经失调疾病或严重脑损伤;视力或矫正视力正常,辨色能力正常,无色盲或色弱;均为右利手;近 3 个月内未染发、未感冒咳嗽、未受头皮损伤;均签署知情同意书。招收时间为 2022 年 9—11 月,最终筛选出 42 名受试者,男女各 21 名,年龄 23~29 岁。

1.2 症状体征收集及评分

本研究语料库的创建以《中医诊断学》^[8]以及中医学相关论文^[9-18]为主要文本来源。选择符合逻辑且较为常见的中医学症状体征名称,将字数控制在 2 或 3 个汉字,共选出 239 个备选症状体征语料。备选语料创建完成后,以调查问卷的形式对其进行筛选,采用九点评分量表^[19],问卷中给出备选症状体征计 1~9 分,规定分数越低代表中医学症状体征“寒性”越强,分数越高代表中医学症状体征“热性”越强。要求受试者对问卷中给出的中医学症状体征的寒热偏向进行判断并给出合适的评分。

根据问卷结果(发放 41 份,剔除 1 份,回收 40 份),计算问卷中各个中医学症状体征的平均得分。并根据平均得分进行类别划分,标准参照文献^[19]中对语料情绪效价进行划分:1 分为完全消极,9 分为完全积极,选得分最低的 25% 为消极类,得分最高的 25% 为积极类,偏离评分中点最少的为中性。基于此,本研究先将备选语料(总计 239 项语料)中得分最低的 25% 划分为寒性,得分最高的 25% 划分为热性。经过梳理,寒性语料的上限评分为 3.68 分(评分升序第 60 位),热性语料的下限为 6.30 分(评分降序第 60 位),为进一步保证语料典型性,对寒性语料的划分标准在评分上限

基础上再略微下调至 3.5 分,对热性语料的划分标准在评分下限的基础上再略微上调至 6.5 分,进一步缩小范围,得出如下类别划分,平均得分在 1~<3.5 分的中医学症状体征划分为“寒性”;平均得分在 3.5~<6.5 分的中医学症状体征划分为“中性”;平均得分在 6.5~<9 分的中医学症状体征划分为“热性”。

上述划分完成后,从以上三个类别中再进行筛选:“寒性”中医学症状体征中优先选择平均得分低(即平均得分接近 1 分)的中医学症状体征;“中性”中医学症状体征中优先选择平均得分接近 5 分的中医学症状体征;“热性”中医学症状体征中优先选择平均得分高(即平均得分接近 9 分)的中医学症状体征。按照以上标准,经过筛选,最后从中确定 46 个“寒性”中医学症状体征,46 个“中性”中医学症状体征,46 个“热性”中医学症状体征,详见表 1。

1.3 舌诊图像材料的收集

本实验所用舌诊图像材料的创建以《中医舌诊临床图解》^[20]作为主要来源。选择全书中明确称为“红舌”且清晰、完整的舌诊图像,运用 Photoshop 2020 软件将其尺寸与分辨率统一调整为 640×640 像素,144 像素/英寸。之后以调查问卷的形式对图像材料进行筛选,同样采用九点评分量表,问卷中给出备选舌诊图像计 1~9 分,规定分数越低则“红舌”舌诊图像的典型性越弱,分数越高则“红舌”舌诊图像典型性越强。要求受试者对问卷中给出的“红舌”图像的典型程度(或者说“红舌”图像与被试心目中“红舌”的符合程度)进行判断并给出合适的评分。

根据问卷结果计算问卷中各个“红舌”舌诊图像的平均得分,保留 5 分及以上的图像且优先选择平均得分高的(即平均得分接近 9 分)舌诊图像。最终确定 23 个典型性最高的“红舌”舌诊图像用作图像材料,23 项图像中最高评分为 7.96 分,最低评分为 5.64 分。

2 方法

2.1 实验变量设计

实验程序为单因素[刺激类型(共 3 个类型):红舌舌诊图像+热性症状体征,红舌舌诊图像+中性症状体征,红舌舌诊图像+寒性症状体征]被试内设计(受试者不分组,对所有受试者的实验流程、实验刺激是相同的,不做区别处理)。所有实

表1 寒性、中性、热性中医学症状体征评分情况

Table 1 Scores of traditional Chinese medicine symptoms and signs of cold, neutral, and heat nature

热性症状 体征	热性评 分/分	寒性症状 体征	寒性评 分/分	中性症状 体征	中性评 分/分
壮热	8.15	痰稀	3.48	大便黑	5.50
高热	8.10	口淡	3.43	头面肿	5.40
躁狂	7.53	恶寒	3.43	胸胁痛	5.33
脉洪数	7.50	痰白	3.40	头摇	5.25
发狂	7.48	蜷卧	3.40	胸胁满	5.25
脉数	7.40	喜温	3.33	眼喎斜	5.25
胸灼热	7.25	脉沉	3.28	晕厥	5.23
肛门热	7.23	冷汗	3.28	口喎斜	5.23
尿赤	7.20	脉紧	3.25	胁肋胀	5.18
尿短赤	7.18	涕稀	3.20	胁肋痛	5.10
谵语	7.15	脉微	3.18	手足颤	5.10
痰黄	7.15	面白	3.15	腹大	5.08
带下黄	7.13	甲青紫	3.15	食异物	5.08
腹灼热	7.10	唇色白	3.15	乳房胀	5.08
脓色黄	7.05	涎稀	3.13	走窜痛	5.05
恶热	7.05	涕色清	3.13	头晕	5.03
痰色黄	7.03	冷汗出	3.13	呕恶	5.03
面红	7.03	白带稀	3.13	痰鸣	5.00
涕色黄	6.98	小便清	3.10	昏迷	4.98
尿黄	6.95	面色白	3.10	崩漏	4.95
涕黄	6.93	脉微细	3.10	脉虚数	4.95
烦热	6.93	吐清水	3.08	头痛	4.93
目赤	6.90	白带清	3.08	拒按	4.93
烦渴	6.90	涕清	3.05	肢颤	4.93
躁扰	6.88	喜热饮	3.03	胸闷	4.93
目眵多	6.85	面青	3.03	胀闷	4.90
痢脓血	6.85	尿清	2.98	腹胀	4.85
小便黄	6.83	脉沉迟	2.98	肠鸣	4.80
烦躁	6.83	面苍白	2.95	肿块	4.80
五心热	6.78	畏寒	2.93	哮鸣	4.80
脉滑数	6.78	涎清稀	2.90	血块	4.78
口糜烂	6.78	利清谷	2.90	少腹胀	4.78
血鲜红	6.75	腰膝冷	2.88	心悸	4.75
尿短黄	6.75	涎色清	2.85	攻痛	4.75
口臭	6.75	喜暖	2.80	痞块	4.75
唇焦	6.75	手逆冷	2.73	腹膨隆	4.75
齿龈肿	6.75	面色青	2.73	脘痞	4.73
龈肿	6.73	腹冷痛	2.70	喜太息	4.73
颧红	6.70	足逆冷	2.68	小腹满	4.73
手心热	6.68	尿清长	2.65	言謇涩	4.65
发热	6.68	肢冷	2.63	胃脘痛	4.63
痰质稠	6.65	面晄白	2.53	脘腹痛	4.45
两颧红	6.63	五更泻	2.45	筋脉急	4.45
便干结	6.60	形寒	2.35	不欲食	4.43
面色红	6.58	冷厥	2.33	吐蛔虫	4.40
目发黄	6.55	冷痛	2.30	尿失禁	4.40

验试次中舌诊图像与症状体征两两配对呈现，红舌舌诊图像+热性症状体征，红舌舌诊图像+寒性症状体征，红舌舌诊图像+中性症状体征，受试者需在“红舌”舌诊图像与症状体征同时出现时，尽量忽略舌诊图像的干扰，对症状体征进行“寒性”或“中性”或“热性”的判断。

2.2 试验程序设计

受试者佩戴 Neuroscan 公司生产的 Quick-64 电极帽采集 ERPs 数据，试验共有 138 个试次：红舌舌诊图像+热性症状体征 46 个试次；红舌舌诊图像+中性症状体征 46 个试次；红舌舌诊图像+寒性症状体征 46 个试次。首先，在计算机屏幕的中央出现注视点，持续呈现 300 ms，然后空屏 500~700 ms（空屏持续时间在此范围内随机），再于注视点处呈现重叠的中医症状体征名称与“红舌”舌诊图像，中医症状体征名称叠加于“红舌”舌诊图像之上，要求受试者尽量忽略“红舌”舌诊图像的干扰，尽快对中医症状体征名称给出“寒性”或“中性”或“热性”的判断。若判断中医症状体征名称为“热性”，按 J 键；若判断中医症状体征名称为“寒性”，按 F 键，若判断中医症状体征名称为“中性”，按空格键。判断完成后，再次空屏 500~700 ms（空屏持续时间在此范围内随机），进入下一试次。若受试者未做出按键反应，则实验材料持续显示 6000 ms 后消失，空屏 500~700 ms（空屏持续时间在此范围内随机）后自动进入下一试次。受试者的反应时和按键结果由系统自动记录，计时单位为 ms。

2.3 实验数据分析方法

2.3.1 行为学数据 使用 Eprime 3.0 软件记录受试者的行为学数据，其中包括受试者的反应时和反应正误（以上文 1.2 一节中评分筛选后的症状体征分类为标准）。用 SPSS 2014a 对红舌舌诊图像+热性症状体征、红舌舌诊图像+中性症状体征、红舌舌诊图像+寒性症状体征三种刺激类型下的反应时和正确率进行单因素重复测量方差分析。

2.3.2 ERPs 数据 脑电数据的采集与离线处理流程均参考相关文献 [21]。使用 Curry8 收集脑电数据，使用 Matlab 2014a 对数据进行离线处理。分析脑电时程均为实验刺激呈现的-200~1500 ms（即刺激呈现之前的 200 ms 到刺激呈现之后的 1500 ms，负号代表刺激呈现前的时间）。分别对三种刺激类型下被试者做出正确反应引起的脑电进行叠加平均。从总平均波形图观察到，三种刺激类型均在额

中央区域诱发了一个 600~650 ms 的正波成分 (P600) 以及一个 900~950 ms 的负波成分 (LNC), 对以上两个特异性成分进行分析。在额中央区的左侧、中部、右侧分别取额中央区左侧 3 号电极点 (FC3)/额中央区正中电极点 (FCZ)/额中央区右侧 4 号电极点 (FC4), 用 SPSS 26.0 对上述脑电成分的平均波幅进行 3 (刺激类型: 红舌舌诊图像+热性症状体征、红舌舌诊图像+中性症状体征、红舌舌诊图像+寒性症状体征) × 3 (脑区: 额中央区左侧 FC3; 额中央区中部 FCZ; 额中央区右侧 FC4) 双因素重复测量方差分析。

3 结果

3.1 30 名受试者行为学结果

根据数据质量 (主要剔除受肌电、眼电干扰严重的坏段) 保留最优的 30 名数据纳入分析。表 2 示, 三种刺激类型下受试者的正确率与反应时进行分析, 正确率统计结果显示刺激类型主效应显著 [$P=0.046$, $F_{(1.564, 45.367)}=3.593$, $\eta^2=0.11$], “红舌舌诊图像+热性症状体征” 刺激类型的正确率高于 “红舌舌诊图像+寒性症状体征” 刺激类型; “红舌舌诊图像+中性症状体征” 的正确率与其他两类刺激差异无统计学意义。反应时统计结果显示刺激类型主效应显著 [$P<0.001$, $F_{(1.333, 38.663)}=13.24$, $\eta^2=0.313$], 三种刺激类型的反应时差异均有统计学意义, 反应时时长 “红舌舌诊图像+热性症状体征” 刺激类型 < “红舌舌诊图像+寒性症状体征” 刺激类型 < “红舌舌诊图像+中性症状体征” 刺激类型。

表 2 30 名受试者对不同刺激类型行为学正确率与反应时的平均值

Table 2 Mean values of behavioral accuracy rates and reaction times to different stimulus types among 30 participants ($\bar{x}\pm s$)			
刺激类型	样本数	正确率/%	反应时/ms
红舌舌诊图像+热性症状体征	30	93.23±1.65	1233.45±117.96
红舌舌诊图像+寒性症状体征	30	88.73±2.86	1307.20±122.72
红舌舌诊图像+中性症状体征	30	90.17±2.35	1507.27±158.58

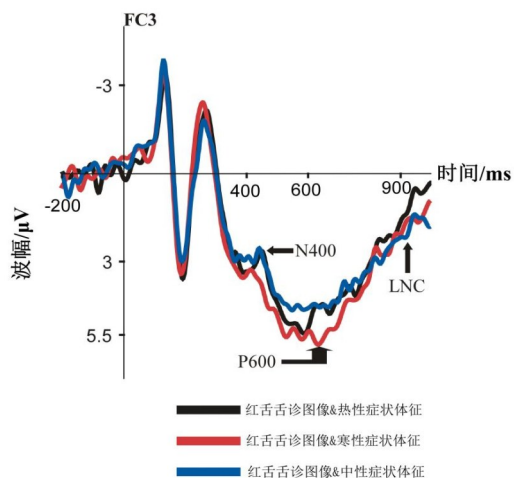
表 3 30 名受试者不同刺激类型下不同脑区 P600 脑电成分 ERPs 波幅平均值

Table 3 Mean event-related potentials (ERPs) amplitudes of P600 electroencephalographic components in different brain regions among 30 participants under different stimulus types (μV , $\bar{x}\pm s$)				
刺激类型	样本数	左侧脑区	中部脑区	右侧脑区
红舌舌诊图像+热性症状体征	30	4.67±3.60	4.92±3.74	6.20±3.81
红舌舌诊图像+寒性症状体征	30	5.63±4.65	5.01±4.94	5.11±4.77
红舌舌诊图像+中性症状体征	30	4.52±4.25	4.56±4.77	5.37±4.36

注: P600, 600~650 ms 的正波成分; ERPs, 事件相关电位技术。

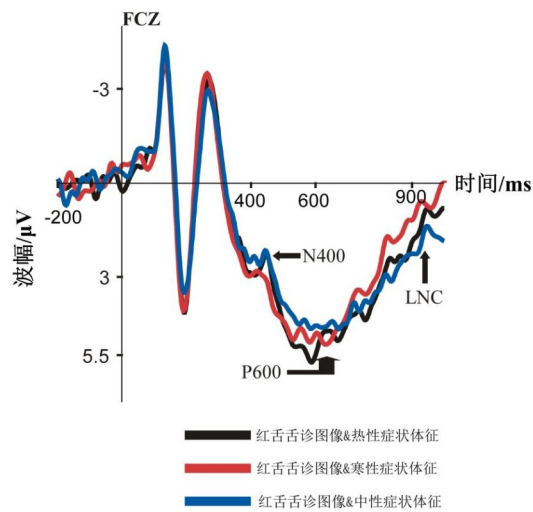
3.2 30 名受试者 ERPs 结果

就实验呈现的 ERPs 波形而言, 三种刺激类型在 600~650 ms 时间窗诱发了明显的正波成分 (P600 成分), 在 900~950 ms 的时间窗诱发了明显的负波成分 (LNC 成分), 在 400~450 ms 时间窗诱发了微弱的负波成分 (N400 成分)。相较于 P600 成分与 LNC 成分较为宽大高耸的显著波形, N400 成分的波形非常狭小低矮, 是一个相对微弱的 ERPs 成分。表 3 示, 受试者不同脑区 P600 脑电成分 ERPs 波幅平均值, 结果显示脑区主效应显著 [$P=0.003$, $F_{(2, 58)}=6.456$, $\eta^2=0.182$], 刺激类型主效应不显著 [$P=0.542$, $F_{(2, 58)}=0.619$, $\eta^2=0.021$], 脑区与刺激类型交互作用显著 [$P<0.001$, $F_{(3.137, 90.967)}=15.921$, $\eta^2=0.354$]。图 1—图 3 示, P600 成分的右偏侧化明显, 右侧脑区的波幅总体比左侧与中部更大。在左侧脑区, “红舌舌诊图像+寒性症状体征” 刺激类型诱发了较另外两种刺激类型更大的 P600 波幅。在中部脑区, 三种刺激类型无差异。在右侧



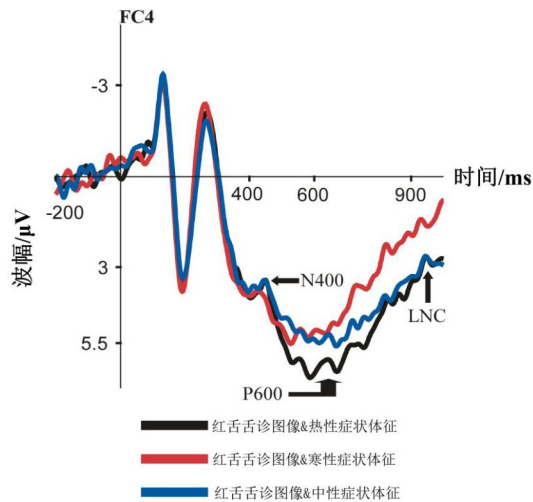
注: FC3, 额中央区左侧 3 号电极点; P600, 600~650 ms 的正波成分; N400, 400~450 ms 的负波成分; LNC, 900~950 ms 的负波成分。

图 1 受试者左侧脑区电极点脑电波形图
Figure 1 Electroencephalogram waveforms at electrode points in the left brain region of the participants



注：FCZ，额中央区正中电极点；P600，600~650 ms 的正波成分；N400，400~450 ms 的负波成分；LNC，900~950 ms 的负波成分。

图2 受试者中部脑区电极点脑电波形图
Figure 2 Electroencephalogram waveforms at electrode points in the central brain region of the participants



注：FC4，额中央区右侧4号电极点；P600，600~650 ms 的正波成分；N400，400~450 ms 的负波成分；LNC，900~950 ms 的负波成分。

图3 受试者右侧脑区电极点脑电波形图
Figure 3 Electroencephalogram waveforms at electrode points in the right brain region of the participants

脑区，“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型诱发了较“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型更大的P600波幅，“红舌舌诊图像+中性症状体征”刺激类型与另外两种刺激类型无差异。“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型与“红舌舌诊图像+中性症状体征”刺激类型在右侧脑区诱发的P600波幅均高于其他两个脑区，“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型在左侧脑区诱发的P600波幅较中部脑区更大，右侧脑区与左侧、中部脑区无差异。

表4示，各组受试者不同脑区LNC脑电成分ERPs波幅平均值，结果显示脑区主效应显著 [$P<0.001$, $F_{(2, 58)}=13.304$, $\eta^2=0.314$]，刺激类型主效应不显著 [$P=0.306$, $F_{(2, 58)}=1.21$, $\eta^2=0.40$]，脑区与刺激类型交互作用显著 [$P<0.001$, $F_{(4, 116)}=9.802$, $\eta^2=0.253$]。图1—图3示，LNC成分呈现左偏侧化趋势，左侧及中部脑区的波幅总体较右侧脑区更负。在右侧脑区，“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型诱发了较另外两种刺激类型更负的LNC。左侧、中部脑区的刺激类型无差异。“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型与“红舌舌诊图像+中性症状体征”刺激类型在左侧、中部脑区诱发了较右侧脑区更负的LNC波幅。“红舌舌诊图像+寒性症状体征”在中部脑区诱发了较左侧、右侧脑区更负的LNC波幅。

4 讨论

本研究结果显示，在行为学方面，“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型较其他刺激类型的正确率更高，反应时更短。脑电结果显示，三种刺激类型均诱发了明显的P600、LNC成分以及微弱的N400成分；P600成分右偏侧化，LNC成分左偏侧化；不同刺激类型诱发的P600波幅大小关系在不同脑区存在差异；“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型诱发了最负的LNC波幅值。P600成分与句法违反^[22]、整合加工过程^[23]以及语义异常

表4 30名受试者不同刺激类型下不同脑区LNC脑电成分ERPs波幅平均值

Table 4 Mean event-related potentials (ERPs) amplitudes of LNC electroencephalographic components in different brain regions among 30 participants under different stimulus types (μV, $\bar{x}\pm s$)

刺激类型	样本数	左侧脑区	中部脑区	右侧脑区
红舌舌诊图像+热性症状体征	30	1.13±3.28	1.39±3.62	3.15±3.25
红舌舌诊图像+寒性症状体征	30	1.71±3.34	0.79±3.88	1.66±3.28
红舌舌诊图像+中性症状体征	30	1.93±4.27	1.92±4.96	3.04±3.70

注：LNC，900~950 ms 的负波成分；ERPs，事件相关电位技术。

的重新分析和语义冲突的检查^[24]均有相关性。LNC 通常与属性冲突推理加工^[25]、语义条件的逻辑错误有关^[26]。既往研究^[27]表明,加工过程占用认知资源越多,LNC 波幅越负。

图-词 Stroop 干扰结果显示,从行为学结果来看,除了“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型的另外两种刺激类型产生了更强的图-词 Stroop 干扰效应,反映了这两种刺激类型存在更明显的认知冲突。从脑电结果来看,各类刺激均诱发了明显的 P600 与 LNC 成分,这两种成分均与冲突处理有关,也是本实验中图-词干扰的体现。有研究^[28]表明,大脑在图文信息整合过程中无论图文是否一致,均可诱发明显 P600 脑电成分,这可能与图文经由不同的通道进行加工有关,这与本实验结果相符。

在图文整合加工相关的研究中,常见明显的 N400 与 P600 双成分共现^[29]。然而,本实验的 N400 波形非常微弱,这一差异或与语言熟悉度有关。相关研究^[30]表明,在语言学习中,低水平学习者在阅读句法违反的法语句子时,可诱发明显的 P600 与 N400 成分,而高水平学习者仅诱发 P600 成分,可见对语言越熟悉,句法违反产生的 N400 效应越弱而 P600 效应越稳定。结合实验结果,实验刺激诱发了明显的 P600 成分与微弱的 N400 成分,可见实验刺激对受试者是一种高熟悉度的“语言”。这或可反映受试者在长期的中医学习与实践中,围绕以图像形式呈现的舌诊信息形成了较为明确、稳定的语义表征,故而实验过程中舌诊图像能够迅速激活范畴化、高熟悉度的语义表征,导致 P600 成分明显而 N400 成分微弱的现象。另外,实验中从 P600 右偏侧化到 LNC 左偏侧化的变化过程也能在一定程度上反映舌诊图像范畴化的语义表征。大脑左半球侧重语言处理,在实验中对更偏重字词加工;大脑右半球侧重形象思维,在实验中更偏重图像加工^[31]。实验要求对症状体征的寒热属性进行判断,涉及与 LNC 相关的语义推理,符合大脑左半球的优势,因此大脑左半球的激活程度更高,从而使 LNC 出现左偏侧化的倾向。从 P600 右偏侧化到 LNC 左偏侧化的变化说明相较其他脑区,大脑右半球的激活程度在 P600 时间窗内更强而在 LNC 时间窗内更弱,这一现象可能反映了在 LNC 出现的阶段,舌诊图像早已激活了“固定搭配”的语义表征,受试者不再对舌诊图像进行新的加工,因此对图像更敏感的大脑右半球激活程度减弱。

“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型与

“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型在左、右脑区诱发的 P600 波幅值大小关系相反:左侧脑区“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型诱发的 P600 波幅值更大;右侧脑区“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型诱发的 P600 波幅值更大。这一现象可以用大脑左、右半球在抑制控制过程中分别参与不同过程的特点来解释。大脑左半球主要参与控制无关信息的干扰,大脑右半球主要参与反应抑制过程。在语言转换任务中,当多语者使用优势语言时,其右侧额中回的激活水平相较使用弱势语言时显著升高^[32]。从半球功能来看,左侧大脑半球控制无关信息干扰的作用更为突出,目标任务与干扰信息的冲突越明显,则其激活程度越高,“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型在左侧脑区诱发了更大的 P600 波幅,说明这一刺激类型的冲突更为明显。而在大脑右半球,就上文的语言转换任务来看,熟悉度更高、调用认知资源更少的“优势语言”对右半球相关功能区的激活程度更高。“红舌舌诊图像+热性症状体征”刺激类型在右侧脑区诱发了更大 P600 波幅,说明这一刺激类型的冲突相对更弱,舌诊干扰较小,从而使该刺激类型如同语言转换任务中的“优势语言”一样,对大脑右半球的相关功能区产生了更高等度的激活。由上述分析可见相较寒性症状体征,热性症状体征与红舌之间存在更高的一致性。

在图-词 Stroop 范式实验中,字词加工为自动加工,颜色、图片的加工属控制加工^[33]。大脑右半球更侧重图像加工,而图像加工又属“控制加工”,需要更多认知资源,因此大脑右半球激活程度更高,出现了更大的 P600 波幅。综合脑电的分析结果,可以发现当三种刺激类型诱发的脑电成分出现差异时,多为“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型与另外两种刺激类型之间存在差异,而另外两种刺激类型之间多无差异,且“红舌舌诊图像+寒性症状体征”刺激类型的冲突程度均强于另外两种刺激类型。这说明红舌舌诊图像与热性症状体征之间存在一定的认知关联,但由于中性症状体征与红舌舌诊图像之间也存在近似的认知关联,可见这种关联并不紧密,而红舌舌诊图像与寒性症状体征的认知冲突却是十分明显的。这一现象或可反映出受试者在识记、运用“红舌主热证”这一理论观点时,是通过否定其“反面”,构建其与“反面”冲突关系的方式来对其进行认知加工的。受试者在相关的学习、实践经历中产生了“红舌不主寒

证”的思维,将“红舌”与“寒证”及相关的症状体征对立起来,通过对立双方的冲突明晰“红舌主热证”的内涵与边界。寒热的对立反而使“寒证”辅助中医学习者加深了对“红舌主热证”的认知。

本实验基于 ERPs,采用图-词 Stroop 范式,围绕“红舌主热证”探究“红舌”与“热性”“寒性”“中性”中医学症状体征之间是否存在认知关联或认知冲突。研究表明,“红舌”与“热证”之间存在较弱的认知关联而与“寒证”之间存在较强的认知冲突,说明受试者主要通过寒热对立,否定“红舌”与“寒证”的关联,构建二者冲突的方式加深对“红舌主热证”的认知。受试者围绕“红舌”舌诊图像已经形成了范畴化的语义表征;图像与文字加工通道不同,不同通道之间可产生冲突;抑制控制过程在大脑左右半球之间存在差异;实验结果支持 Stroop 范式自动化理论。在现代舌诊客观化研究的背景下,探索舌诊思维过程,对舌诊理论乃至中医学理论的现代化、客观化都有十分重要的意义。另外,揭示中医舌诊过程的认知神经机制,也能够为中医教学方法的优化以及名家经验的学习传承提供一定的助力。但本实验舌诊图像的来源有限、对实验材料进行问卷评分以及进行正式实验时,纳入分析的样本数量相对较少。另外,实验仅针对“红舌”与不同类型症状体征的认知关联、认知冲突展开研究,其他舌象(如白舌、青紫舌等舌象)与中医学症状体征之间是否存在明确的认知关联或认知冲突尚有待进一步探索。

参考文献

- [1]张婷,王琳. 中医舌诊客观化研究进展[J]. 实用中医内科杂志, 2024, 38(6): 82-85.
- [2]赵仑. ERPs 实验教程[M]. 南京:东南大学出版社, 2010: 20-24.
- [3]STROOP JR. Studies of interference in serial verbal reaction[J]. J Exper Psychol, 1992, 121(1): 15-23.
- [4]DIAMOND A. Executive functions[J]. Annu Rev Psychol, 2013, 64: 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- [5]陈俊,刘海燕,张积家. Stroop 效应研究的新进展:理论、范式及影响因素[J]. 心理科学, 2007, 30(2): 415-418, 390.
- [6]宋秋梦. 脏腑与官职映射的隐喻分析与中西医对应句子的 ERP 比较研究[D]. 北京:北京中医药大学, 2021.
- [7]马淬兰. 五音配属五色的认知神经心理研究[D]. 北京:北京中医药大学, 2019.
- [8]李灿东. 中医诊断学[M]. 4 版. 北京:中国中医药出版社, 2015: 144-146.
- [9]周春祥,吴颖昕. 中医经典大讲堂讲义[M]. 北京:中国中医药出版社, 2022: 18-206.
- [10]周欢. 脓耳辨证论治的古今文献研究[D]. 昆明:云南中医学院, 2017.
- [11]冯克久. 吕英教授立足“气一元论”治疗儿童肿瘤的经验总结[D]. 广州:南方医科大学, 2017.
- [12]杜松. 中医诊法之“望神”的理论框架与内涵[J]. 世界中医药, 2014, 9(11): 1419-1422.
- [13]路亮. 中医辨证分型施治变应性鼻炎的探讨[J]. 中国社区医师(医学专业半月刊), 2009, 11(9): 126.
- [14]李廷保,杨鹏斐. 敦煌《辅行诀脏腑用药法要》医方中辨治脾胃病药对探析[J]. 中医学报, 2020, 35(10): 2097-2100.
- [15]于东林. 基于历代医案数据库的中医症状命名研究[D]. 济南:山东中医药大学, 2011.
- [16]李相珍,黄岩杰,彭超群,等. 儿科五脏辨证学说源流和特点[J]. 中医杂志, 2020, 61(20): 1771-1774.
- [17]郭志书,邢陆强,张山东,等. 448 例新疆地区类风湿关节炎患者中医证型分布规律研究[J]. 北京中医药, 2021, 40(6): 619-624.
- [18]戎绍奎,虞群. 嗜异症的治疗体会[J]. 中国中医药信息杂志, 1999, 6(4): 63.
- [19]袁方. 社会研究方法教程[M]. 北京:北京大学出版社, 2001: 298.
- [20]许家伦. 中医舌诊临床图解[M]. 北京:化学工业出版社, 2017: 17-173.
- [21]HUANG H, HAN B, JIA C, et al. How do medical students understand disease behaviors? Evidence from event-related potentials[J]. J Tradit Chinese Med Sci, 2022, 9(2): 135-142.
- [22]蔡李平,王沛. “语义 P600”的实质及其影响机制[J]. 心理科学, 2012, 35(1): 38-43.
- [23]BROUWER H, FITZ H, HOEKS J. Getting real about semantic illusions: rethinking the functional role of the P600 in language comprehension[J]. Brain Res, 2012, 1446(1): 127-143.
- [24]KIM AE, OINES L, MIYAKE A. Individual differences in verbal working memory underlie a tradeoff between semantic and structural processing difficulty during language comprehension: an ERP investigation[J]. J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 2018, 44(3): 406-420.
- [25]LONG CQ, LEI X, CHEN J, et al. Event-related potential parameters of category and property violations during semantic category-based induction[J]. Int J Psychophysiol, 2015, 96(3): 141-148.

- [26] BONNEFOND M, HENST JB. Deduction electrified: ERPs elicited by the processing of words in conditional arguments[J]. Brain Lang, 2013, 124(3):244-256.
- [27] 黄慧雯, 吴彤, 窦嘉乐, 等. 中医阴阳转化思维不对称性的认知神经加工机制[J]. 世界中医药, 2022, 17(23):3318-3324.
- [28] 王珂珂. 图文信息记忆整合的加工[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2022.
- [29] 李松清. 图文整合加工的神经机制研究[D]. 上海: 华中师范大学, 2016.
- [30] 李燕, 卞京. 三语句法习得中的二语迁移研究: 来自汉-英-法三语者的 ERP 证据[J]. 外语教学与研究, 2024, 56(5):729-741, 800.
- [31] 沈银银. 基于脑科学的语文背诵教学研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2020.
- [32] 金佳佳. 语言产生中双语控制与执行功能脑机制的关系探究: 一项 fMRI 研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2023.
- [33] 张婧. 色词、图字 Stroop 及心理旋转与两半球协同的研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2012.

Cognitive Associations Between "Red Tongue" and "Heat Syndrome" Based on Event-Related Potentials Technology

NI Qi, JIA Chunhua

School of Traditional Chinese Medicine, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing, 100029

ABSTRACT Objective To explore the relationship between "red tongue" and "heat syndrome" in the field of cerebral neural mechanisms based on event-related potentials (ERPs) technology, so as to provide a method for the objective research of tongue diagnosis in traditional Chinese medicine (TCM). **Methods** This study recruited master's and doctoral students from Beijing University of Chinese Medicine as participants, and finally included the research data of 30 participants in the analysis. The participants wore electrode caps to collect ERP data, and a modified figure-word Stroop paradigm was adopted, in which the text-based TCM symptoms and signs of "heat", "cold", and "neutral" were matched and presented with figure-based tongue diagnosis images of "red tongue", forming three types of study stimuli, i. e. "red tongue diagnosis image + heat symptoms and signs", "red tongue diagnosis image + cold symptoms and signs", and "red tongue diagnosis image + neutral symptoms and signs". By recording and analyzing the behavioral data including key-press accuracy rate and key-press reaction time and electroencephalographic data including observation on waveforms of specific electroencephalographic components and statistics on differences in their amplitudes among different stimulus types and different brain regions of the participants when different types of stimuli are presented, this study explored whether there are cognitive associations or cognitive conflicts between "red tongue" and TCM symptoms and signs of "heat", "cold", and "neutral". **Results** For the stimulus type of "red tongue diagnosis image + heat symptoms and signs", the key-press reaction time was shorter (main effect statistics: $P < 0.001$, $F_{(1.333, 38.663)} = 13.24$, $\eta^2 = 0.313$) and the key-press accuracy rate was higher (main effect statistics: $P = 0.046$, $F_{(1.564, 45.367)} = 3.593$, $\eta^2 = 0.11$) compared with other stimulus types. All stimulus types induced relatively obvious electroencephalographic components, including a positive wave component (P600) at 600~650 ms, a late negative component (LNC) at 900~950 ms, and a weak negative wave component (N400) at 400~450 ms. The P600 showed a right lateralization trend (main effect of brain regions: $P = 0.003$, $F_{(2, 58)} = 6.456$, $\eta^2 = 0.182$), while the LNC showed a left lateralization trend (main effect of brain regions: $P < 0.001$, $F_{(2, 58)} = 13.304$, $\eta^2 = 0.314$). **Conclusion** There is a weak cognitive association between "red tongue" and "heat syndrome", while a strong cognitive conflict exists between "red tongue" and "cold syndrome", and the inhibitory control process of brain is different between the left and right hemispheres.

Keywords tongue diagnosis; red tongue; heat syndrome; event-related potentials; figure-word Stroop paradigm; cognitive conflict

(收稿日期: 2025-03-06; 修回日期: 2025-05-31)

[编辑: 邓媛]