

DOI:10.16305/j.1007-1334.2025.z20240628004

基于眼电信号关联维数特征探讨针灸“治神”对得气针感的影响

林锦文¹, 齐诗仪¹, 王世豪¹, 吴靖雅¹, 汤文政¹, 林丽莉², 林 栋¹

1. 福建中医药大学(福建 福州 350122); 2. 福建中医药大学附属第二人民医院(福建 福州 350001)

【摘要】 目的 基于眼电信号关联维数(D_2)特征探讨得气针感在不同关注状态下针刺的表现形式、关注状态与得气针感强度的关系等,以期针刺“治神”与得气理论提供科学依据。**方法** 50例健康受试者以相同顺序依次接受3种关注状态下的足三里穴针刺,每次干预间隔7 d洗脱期。运用自主研发装置和中文改进版马萨诸塞医院针刺感觉量表(C-MMASS)采集眼电信号和得气针感,比较3种关注状态下得气针感强度、眼电信号 D_2 以及二者间的相关性,利用受试者操作特征(ROC)曲线评估 D_2 对得气结局的预测价值。**结果** ①关注状态 I 的马萨诸塞医院针刺感觉量表(MASS)指数、酸感、胀感显著高于关注状态 II ($P<0.05$)及关注状态 III ($P<0.05$),跳动感及其他针感在关注状态 I 中显著高于关注状态 III ($P<0.05$)。轮廓分析显示,酸感、麻感、胀感、沉重感在3种关注状态下总体轮廓相互平行($F=0.916, P=0.484>0.05$),不同状态间轮廓没有重合($F=5.804, P<0.01$);痛感、压迫感、钝痛感、刺感在3种关注状态下总体轮廓相互平行($F=0.608, P=0.484>0.05$),不同状态间轮廓重合($F=10.812, P>0.05$)。②关注状态 I 中 D_2 显著低于关注状态 II ($P<0.05$)及关注状态 III ($P<0.05$),同时关注状态 II 中 D_2 也显著低于关注状态 III ($P<0.05$)。③相关性分析显示,酸感($P<0.01, r=-0.31$)、刺感($P<0.05, r=-0.19$)、麻感($P<0.05, r=-0.17$)分别与 D_2 存在低等程度负相关关系;胀感($P<0.01, r=-0.43$)、MASS指数($P<0.01, r=-0.41$)分别与 D_2 呈现中等程度负相关关系。④ D_2 预测得气结局的ROC曲线下面积(AUC)为0.804, $D_2=1.90$ 为预测得气的临界值,灵敏度为85.2%,特异性为64.3%。**结论** 得气针感的提高可能与受试者注意力专注于针刺全过程的“治神”状态有关;而采用眼电信号 D_2 特征对得气结局进行预测具有可行性及较好的预测性能,有望成为临床医者研判“得气”的新方法。

【关键词】 针灸;得气;眼电信号;关联维数;相关性分析;临床研究

Exploring effect of acupuncture "treating the spirit" on sensation of Deqi based on correlation dimension characteristics of electrooculogram signals

LIN Jinwen¹, QI Shiyi¹, WANG Shihao¹, WU Jingya¹, TANG Wenzheng¹, LIN Lili², LIN Dong¹

1. Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian 350122, China; 2. Second Affiliated Hospital of Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian 350001, China

Abstract: Objective To explore the manifestations of Deqi needling sensation under different attention states, and the relationship between attention states and the intensity of Deqi based on the correlation dimension (D_2) characteristics of electrooculogram (EOG) signals, in order to provide scientific evidence for the theories of "treating the spirit" and Deqi in acupuncture. **Methods** In this study, 50 healthy participants underwent acupuncture at the Zusanli (ST36) point under three different attention states, with a 7-day washout period between each intervention. EOG signals and Deqi sensations were recorded using a self-developed device and the Chinese modified version of the Massachusetts General Hospital Acupuncture Sensation Scale (C-MMASS). The intensity of the Deqi sensations and the EOG signals D_2 under the three attention states, and correlation analysis between the two were compared. The ROC curve was used to evaluate the predictive value of D_2 for the outcome of Deqi. **Results** ①The MASS index, soreness, and fullness sensations in attention state I were significantly higher than those in state II ($P<0.05$) and state III ($P<0.05$). Throbbing and other needling sensations were significantly higher in attention state I than in state III ($P<0.05$). The contour analysis showed that the sensations of soreness, numbness, fullness, and heaviness exhibited parallel contours across the three attention states ($F=0.916, P=0.484>0.05$), with no overlap between states ($F=5.804, P<0.01$). Pain, pressure, dull pain, and tingling sensations also showed parallel contours across the three attention states ($F=0.608, P=0.484>0.05$), with overlapping contours between

〔基金项目〕国家自然科学基金项目(82074521);福建省自然科学基金项目(2024J01136);福建中医药大学针灸推拿学院开放课题(XZJ2024001)

〔作者简介〕林锦文,男,硕士研究生,主要从事针推效应评价及作用机制的研究工作

〔通信作者〕林栋,教授,博士研究生导师;E-mail: bluelike1@sina.com

states ($F=10.812$, $P>0.05$). ②In attention state I, D_2 level was significantly lower than that in state II ($P<0.05$) and state III ($P<0.05$), and D_2 level in attention state II was also significantly lower than that in state III ($P<0.05$). ③Correlation analysis showed a weak negative correlation between D_2 and sensations of soreness ($P<0.01$, $r=-0.31$), tingling ($P<0.05$, $r=-0.19$), and numbness ($P<0.05$, $r=-0.17$). A moderate negative correlation was found between D_2 and the sensations of fullness ($P<0.01$, $r=-0.43$), and the MASS index ($P<0.01$, $r=-0.41$). ④The area under the ROC curve (AUC) of D_2 for predicting outcomes of Deqi was 0.804, with a critical D_2 value of 1.90 as the threshold for Deqi prediction. The sensitivity was 85.2%, and the specificity was 64.3%. **Conclusions** The improvement in Deqi sensation may be related to the participants' attention being focused on the "treating the spirit" state throughout the acupuncture process. Additionally, using D_2 characteristics of EOG signals to predict Deqi outcomes is feasible and demonstrates good predictive performance, offering a potential new method for clinicians to assess "Deqi".

Keywords: acupuncture; Deqi; electroencephalogram; correlation dimension; correlation analysis; clinical research

得气,又称“气至”,是针刺入穴位后产生的特殊感觉或反应^[1]。得气与否与针刺疗效存在密切联系,而针灸临证中得气受到多种干预因素的影响,其中“治神”是得气的重要条件^[2-3]。《新编简明中医辞典》中将“治神”的“治”解释为“专一、集中”之意^[4]。《标幽赋》载“凡刺者,使本神朝而后入;既刺也,使本神定而气随,神不朝而勿刺,神已定而可施”,表明患者注意力集中是针刺操作的前提,心定神宁方能促进针感的传导。而注意力的关注水平高低决定了患者对针刺感知觉的广度和深度,也将直接影响到得气感受的体验^[5]。可见,对针刺过程的专注程度既是“治神”理论的重要内涵,也是促进得气激发的必要条件。然而囿于缺少能够量化表征“治神”的评价手段,鲜有研究对“治神”与得气的关系进行科学化阐释,更少有研究涉及二者的数据量化分析。本课题组在前期研究^[6-7]中通过对眼电信号的非线性动力学分析,发现眼电信号关联维数(D_2)特征具有反映患者关注状态的能力,是客观化研究“治神”的潜在指标。因此,本研究基于眼电信号 D_2 特征探讨得气针感在不同关注状态下针刺的表现形式、关注状态与得气针感强度的关系,以及眼电信号 D_2 间接预测得气结局的可行性,以期对针刺“治神”与得气理论提供科学依据及研究方法。

1 资料与方法

1.1 病例选择

1.1.1 纳入标准 ①年龄18~30岁,身体健康,男女不限;②右利手;③生活起居规律,无吸烟、酗酒等不良嗜好;④试验前4周内及试验期间不服用任何药物;⑤自愿参与本研究,并签订知情同意书。

1.1.2 排除标准 ①存在右腿外伤、急慢性疼痛病史者;②存在神经、精神损伤史及其他急慢性内科疾病者;③受试穴位处有皮损或皮肤病者;④月经期、妊娠期及哺乳期女性。

1.1.3 脱落及剔除标准 ①受试者依从性差或试验中途主动退出者;②发生严重不良反应、不宜继续参加试验者;③未能严格按照要求进行试验者。

1.2 一般资料 本研究所纳入的50例健康受试者均来源于2023年2月至5月福建中医药大学在读本科生及研究生。其中男性23例、女性27例,平均年龄(22.96 ± 3.24)岁,平均体质量(60.48 ± 13.76)kg,平均身高(168.66 ± 9.49)cm,研究期间无受试者脱落及剔除。本研究方案经福建中医药大学附属第三人民医院医学伦理委员会审查批准(伦理审批号:2023KS-60-1)。

1.3 试验设计及盲法 本研究结合针灸临床实际,设计了3种关注状态背景。①关注状态I(“治神”状态):研究人员为受试者佩戴隔音耳罩,嘱受试者在医师行针期间专心体会针感。②关注状态II:研究人员为受试者佩戴降噪耳机,予所有受试者播放相同的视频及音频,嘱受试者关注于视频内容。③关注状态III:受试者无需佩戴隔音耳罩,研究人员采用经设计后的问答题与受试者进行自然交谈。由于关注状态设置的特殊性,无法做到双盲,研究人员仅在每次试验前告知受试者本次干预方案,对数据统计员实施盲法。

1.4 干预方法 50例健康受试者以相同顺序依次接受3种关注状态下的针刺,3次干预均采用相同针刺操作,每次干预间隔7d洗脱期。具体操作:取受试者右侧足三里穴,穴位定位参照《经穴名称与定位:GB/T 12346—2021》^[8]。选用0.30 mm×40 mm一次性无菌针灸针(华佗牌,苏州医疗用品厂有限公司),垂直进针,深度约30 mm,同时行平补平泻手法2 min,捻转角度约180°,捻转频率为120~160 r/min。

1.5 观察项目与方法

1.5.1 得气针感指标 采用中文改进版马萨诸塞医院针刺感觉量表(C-MMAS)^[9]采集得气针感。该量表主要包括12种针感:酸感、痛感、压迫感、沉重感、胀感、刺感、麻感、钝痛感、温热感、寒凉感、跳动感、其他针感(由受试者补充描述)。每种针感强度分为0分表示无、完全没有,1~3分为轻微,4~6分为中等,7~9分为强烈,10分为无法忍受的强度。最终综合得气强度通过马萨诸塞医院针刺感觉量表(MAS)指数法^[10]计算得出:

$$\text{MASS 指数} = \frac{\sum_{i=1}^n (1/2)^i R_i}{1 - (1/2)^n}$$

公式中*i*表示不同得气感从高到低排序的序数,*R*表示不同得气感强度的评分,*n*表示受试者所感受到的C-MMAS中的得气感数目。MASS指数作为单一数值,既概括了针感的广度与深度,也利于不同组别间的得气强度比较^[11]。

1.5.2 眼电信号采集 本课题组通过多学科交叉合作,研发了眼电信号采集装置(专利号:ZL202110117521.5)^[12-13]。眼电信号十分微弱,其幅值主要处于50~3 500 μV,主要频率处于10 Hz以下^[14]。采用巴特沃斯滤波器去除50 Hz工频干扰,采用切比雪夫低通滤波器滤除10 Hz以上的信号,保留频段在10 Hz以下的眼电信号。

*D*₂以Grassberger和Procaccia提出的G-P算法为基础^[15],用来描述混沌系统自由度信息的参数,其计算公式为: $D_2 = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln C(r)}{\ln r}$ ^[16]。本研究采用C#与MATLAB混合编程获得眼电信号*D*₂。

1.6 质量控制与保证 为减少试验过程中的人为因素和系统误差,针灸操作始终由同一名拥有中级职称的针灸医生进行。并在试验前对量表评估的研究人员进行专门培训,数据采用双录入的形式以确保其准确性。

1.7 统计学方法 研究数据采用SPSS 26.0软件进行处理与分析。计量资料符合正态分布者用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素重复测量方差分析;不符合正态分布者采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用Friedman检验。运用相关性分析法分析受试者专注状态和针感强度之间的相关性。利用受试者操作特征(ROC)曲线评估*D*₂对得气结局的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 得气针感强度比较及轮廓分析 3种关注状态下MASS指数及12种针感强度均不符合正态分布,故采用Friedman检验比较不同关注状态下的MASS指数及针感强度的差异。结果显示,3种关注状态下的MASS指数、酸感、胀感、跳动感及其他针感的差异具有统计学意义($P < 0.05$)。两两比较表明,关注状态Ⅰ的MASS指数、酸感、胀感显著高于关注状态Ⅱ($P < 0.05$)及关注状态Ⅲ($P < 0.05$),关注状态Ⅱ与关注状态Ⅲ之间MASS指数、酸感、胀感差异无统计学意义($P > 0.05$);跳动感及其他针感在关注状态Ⅰ中显著高于关注状态Ⅲ($P < 0.05$)。见表1。

对不同关注状态下的得气针感强度进行变化趋势分析,其中寒凉感在所有关注状态中出现频次均不足

表1 3种关注状态下得气针感强度比较

[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), 分]			
项目	关注状态Ⅰ	关注状态Ⅱ	关注状态Ⅲ
MASS指数	6.16(4.70, 7.42)	5.51(4.32, 6.93)*	4.74(2.45, 6.62)*
酸感	4.00(2.00, 6.25)	2.00(0.75, 5.00)*	2.00(1.00, 5.00)*
痛感	3.00(2.00, 5.25)	2.50(1.00, 5.00)	2.00(1.00, 6.00)
压迫感	2.00(0.00, 3.25)	2.00(0.00, 4.00)	2.00(0.00, 3.25)
沉重感	2.00(0.00, 5.00)	2.00(0.00, 3.25)	2.00(0.00, 2.25)
胀感	6.00(3.00, 7.25)	5.00(2.75, 6.25)*	3.00(1.00, 5.25)*
刺感	4.00(2.00, 6.00)	2.50(1.00, 5.00)	2.00(1.00, 5.00)
麻感	2.00(0.00, 5.00)	1.00(0.00, 2.25)	0.50(0.00, 2.00)
钝痛感	0.50(0.00, 3.25)	0.00(0.00, 4.00)	0.00(0.00, 2.00)
温热感	1.00(0.00, 2.00)	0.00(0.00, 2.00)	0.00(0.00, 2.00)
寒凉感	0.00(0.00, 0.00)	0.00(0.00, 0.00)	0.00(0.00, 0.00)
跳动感	2.00(0.00, 5.00)	1.00(0.00, 4.00)	0.00(0.00, 2.00)*
其他针感	0.00(0.00, 6.00)	0.50(0.00, 5.00)	0.00(0.00, 1.25)*

注:与关注状态Ⅰ比较,* $P < 0.05$ 。

20次,关注状态Ⅲ中温热感、跳动感、其他针感出现次数亦不足20次,故以上针感未纳入轮廓分析。本研究依据教材中对得气针感的表述和现代研究^[17-18],将纳入分析的8种针感分为主要得气针感(酸感、麻感、胀感、沉重感)与次要得气针感(痛感、压迫感、钝痛感、刺感)分别进行轮廓分析。主要得气针感的平行轮廓分析显示,3种关注状态总体轮廓相互平行($F = 0.916, P = 0.484 > 0.05$),表明酸感、麻感、胀感、沉重感在3种关注状态下的变化一致;重合轮廓分析显示,不同关注状态间轮廓没有重合($F = 5.804, P < 0.01$),提示关注状态Ⅰ的主要得气针感强度高于关注状态Ⅱ与关注状态Ⅲ。次要得气针感的平行轮廓分析显示,3种关注状态总体轮廓相互平行($F = 0.608, P = 0.484 > 0.05$),表明痛感、压迫感、钝痛感、刺感在3种关注状态下的变化一致;重合轮廓分析显示,不同关注状态间轮廓重合($F = 10.812, P > 0.05$),提示3种关注状态的次要得气针感强度无显著差异。见图1。

2.2 眼电信号*D*₂的比较 3种关注状态下*D*₂满足正态分布,故采用单因素重复测量方差分析比较不同关注状态下*D*₂与MASS指数的差异。经Mauchly球形假设检验,*D*₂方差协方差矩阵不相等($\chi^2 = 7.078, P < 0.05$),使用Greenhouse-Geisser方法进行校正。结果表明,关注状态Ⅰ(1.09±0.48)、关注状态Ⅱ(1.52±0.47)、关注状态Ⅲ(1.98±0.67)间的*D*₂比较,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。两两比较表明,关注状态Ⅰ中*D*₂显著低于关注状态Ⅱ($P < 0.05$)及关注状态Ⅲ($P < 0.05$),同时关注状态Ⅱ中*D*₂也显著低于关注状态Ⅲ($P < 0.05$)。

2.3 眼电信号*D*₂与得气针感强度的相关性分析 将3种状态下出现频次均>30次的针感与*D*₂进行相关性分析。结果显示,酸感($P < 0.01, r = -0.31$)、刺感($P <$

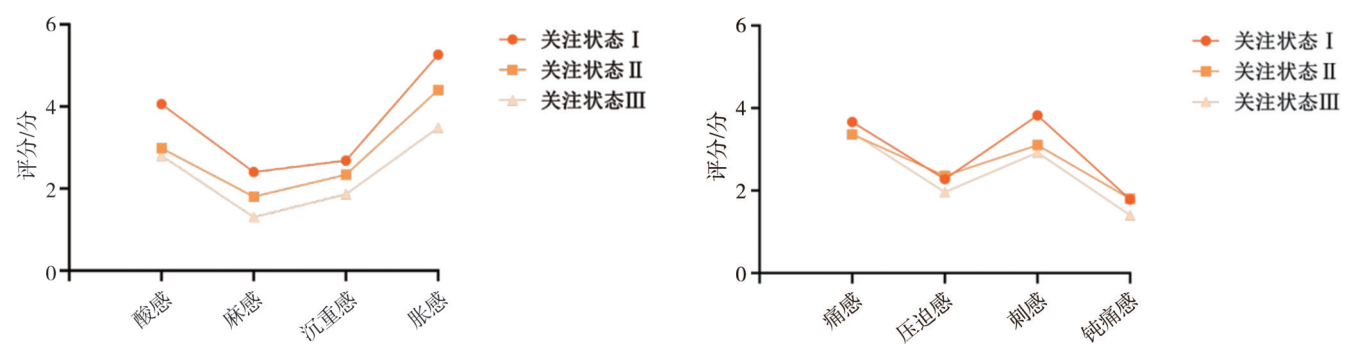


图1 3种关注状态下主要得气针感(左)与次要得气针感(右)的轮廓分析

0.05, $r=-0.19$)、麻感($P<0.05$, $r=-0.17$)分别与 D_2 存在低等程度负相关关系;胀感($P<0.01$, $r=-0.43$)、MASS 指数($P<0.01$, $r=-0.41$)分别与 D_2 呈现中等程度负相关关系。此外,未发现 D_2 与其他针感存在相关性($P>0.05$)。见图2。

2.4 眼电信号 D_2 预测得气结局的 ROC 曲线分析 目前研究^[19]对得气阈值并无统一判定标准,本研究将得气阈值设置为3分,即 MASS 指数 >3 分定义为得气。将得气情况作为因变量(未得气=0,得气=1), D_2 作为自变量进行 ROC 曲线分析。结果显示, D_2 预测得气结局的 ROC 曲线下面积(AUC)为0.804,选取最大约登指数(Youden index)时的临界值作为预测阈值,此时 $D_2=1.90$ 为预测得气的临界值,灵敏度为85.2%,特异性为64.3%。见表2,图3。

3 讨论

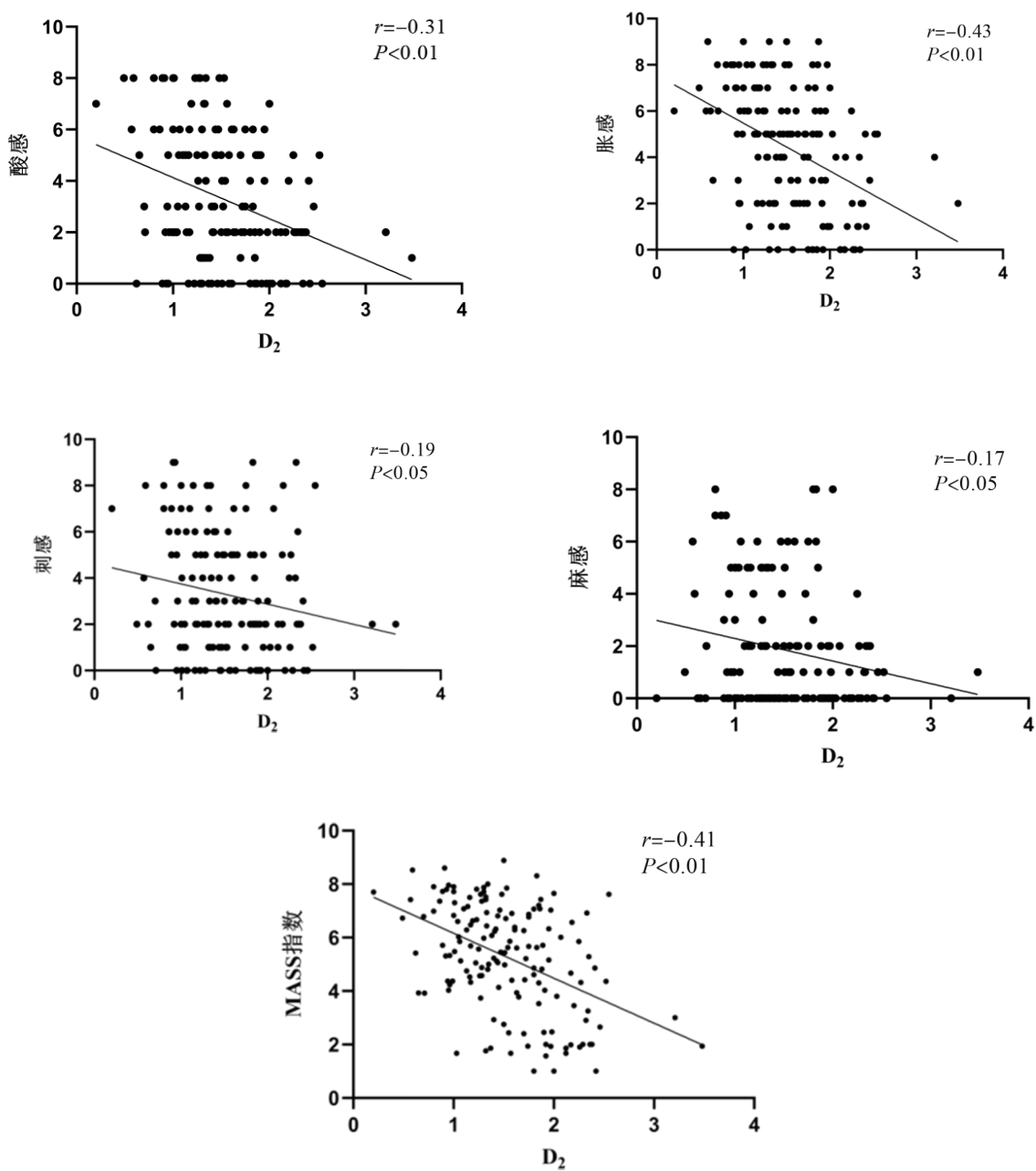
在真实的针灸临证中,得气存在众多影响因素,主要包括“治神”、医者操作手法、针具等干预因素和患者机体因素两大方面^[20]。其中,“治神”是针刺的前提与核心,对得气与否、得气强弱有重要影响。陈日新教授发现患者“治神”能够使腧穴状态与艾热刺激都达到最佳状态,从而实现艾灸得气^[21];王文炎等^[22]认为医患二者协调“治神”,有助于增强针刺效应,提高临床疗效,但目前缺乏可信用高的效应与机制研究作为依据。显然,单方面地重视“治神”理论并不能为得气的应用提供有力支撑,而目前“治神”临床研究的瓶颈归根到底是缺乏方法学手段,因此实现“治神”的量化表征是研究“治神”与得气关系的重要一环。

目前学界一般认为“治神”具有两大内涵^[23]:①医者在针灸施治过程中注重对患者神志、精神状态的调摄和控制;②在针灸操作过程中,医者聚精会神、专心致志、意守神气,患者全神贯注、意守感传。上述体现了医患双方高度集中的专注程度。在针灸临床施治过程中,患者需进入“必一其神,令志在针”的专注状态,即将注意锚定于针灸治疗过程,聚精会神于所刺激之

穴位,细心体会针刺感应及机体变化,从而保持“治神”状态以促进气至^[24-25]。古代医家已经通过观察患者眼睛活动,以达到判断患者“治神”的目的^[26]。时至今日,研究^[27-29]发现,眼球运动能够客观反映人的心理活动以及关注状态,而眼球运动时视网膜与角膜之间电势差形成的眼电信号,被认为是无意识行为的外在反映,现代眼电信号的采集与分析技术已经实现对眼球运动的实时监测,并对关注状态进行识别与分类。本课题组前期研究^[6]采用基于眼电生物反馈技术调控的经皮穴位电刺激治疗法,对60例精神发育迟滞患儿进行了疗效观察,发现观察组通过眼电信号的采集和分析技术,动态识别了患儿的“治神”(专注)状态,并将其作为经皮穴位电刺激的干预时机,即当系统判定患儿处于专注状态时,则触发一次20 s的经皮穴位电刺激,以此实现对针灸“治神”的捕捉,研究结果表明观察组疗效显著优于常规康复组,同时发现眼电信号的 D_2 特征具有区分患儿关注状态的能力。因此,本课题组认为眼电信号的实时采集及特征提取可能是动态把握患者“神”状态的潜在方式。

目前研究^[30-31]主要通过视觉转移及听觉刺激的方式设计不同关注状态,对靶刺激形成不同的关注程度。Pashler等^[32]认为注意具有一定的容量限制,这使得我们只能加工输入信息中的一部分,而忽略掉其他的信息;相关研究^[33-34]也证明了注意力“分心”能够降低受试者对疼痛感知的敏感性及疼痛强度。本研究中状态 I 仅关注针感本身;状态 II 关注对象为手机视频及音频,以达到对针刺过程“分心”的目的;状态 III 属无意关注状态^[35]。本研究结果显示,关注状态 I 对针感的专注度最高,关注状态 II 次之,关注状态 III 更次。

MASS 是目前得气研究中最常使用的量化评分量表^[36]。Yu等^[9]在其基础上进行翻译与调整,设计了该量表的中文版,即 C-MMAS。本研究采用 C-MMAS 量表实现对受试者得气的量化,结果发现注意力聚焦于针刺过程者的 MASS 指数显著高于对针刺注意力分散



注: D_2 为关联维数。

图2 眼电信号 D_2 与得气针感强度的相关性分析

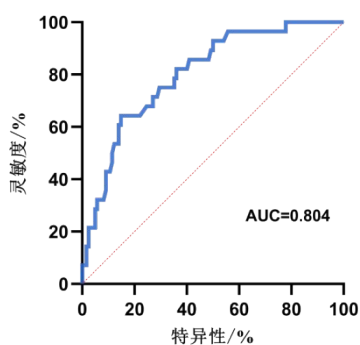
表2 眼电信号 D_2 对得气结局的预测价值

指标	曲线下面积	P	临界值	灵敏度/%	特异性/%	95%置信区间
D_2	0.804	<0.001	1.90	85.2	64.3	0.719 ~ 0.888

注: D_2 为关联维数。

状态者 ($P<0.05$), 而处于不同程度“分心”状态者的关注状态Ⅱ与关注状态Ⅲ间的 MASS 指数差异无统计学意义 ($P>0.05$), 表明受试者在接受针刺操作时, 专注体会医者施术过程有利于得气针感程度的提高; 且当受试者对针刺的关注程度被分散时, 其对针感强度的体会也将减弱。得气针感主要指患者自觉针刺部位有

酸、麻、胀、重等反应, 这也是医者判断患者得气的重要依据^[17-18]。有学者^[37]提出, 酸、麻、胀、重的感觉与合适的刺激量是诱发针刺良性刺激的必要条件。亦有研究^[38]发现, 酸、麻、胀、重是健康受试者接受足三里穴针刺所产生的主要针感, 其出现率和强度均高于其他针感。因此, 本研究将酸、麻、胀、重 4 种针感归为主要得气针感并单独分析, 结果显示酸感、胀感在 3 种状态下的差异具有统计学意义 ($P<0.05$); 酸感、麻感、胀感、沉重感在 3 种关注状态下的轮廓分析平行但不重合, 而痛感、压迫感、钝痛感、刺感的轮廓分析平行且重合, 表明得气针感在不同关注状态下的变化主要由酸、麻、胀、



注: D_2 为关联维数, AUC 为曲线下面积。

图3 眼电信号 D_2 对得气结局预测的受试者操作特征 (ROC) 曲线

重引起,其强度随着受试者对针刺关注度的降低呈现下降趋势,且能够影响整体针感强度的改变。然而,酸、麻、胀、重 4 种针感在不同状态下存在整体变化趋势,但状态间的强度差异仅见于酸感及胀感,一方面可能是由于酸感、胀感是足三里穴主要的得气针感,其感受更容易被受试者准确提取并记录;另一方面有研究^[39]表明,受试者接受局部刺激所产生疼痛的程度越高,注意力“分心”任务对其疼痛感知降低的程度也越高,酸感及胀感在关注状态 I 中针感最强,可能不同关注状态对其针感的影响也更显著,从而出现统计学差异。

D_2 是通过构建大小维数相同的状态空间,从而实现信号的相空间重构,以用来描述混沌系统自由度信息的参数,能够反映动力学过程的复杂性^[15]。 D_2 越小说明眼球活动状态越有序,即关注状态越专注。本研究结果显示,3 种关注状态下的眼电信号 D_2 特征随着受试者关注程度的降低而升高,且差异具有统计学意义 ($P < 0.05$),表明 D_2 具有表征不同关注状态的能力,能够作为描述受试者关注程度的潜在指标。相关性分析结果显示,酸感、胀感、刺感、麻感及 MASS 指数与 D_2 之间存在相关性;其中,MASS 指数存在中等程度相关,表明针刺得气强度与临床关注状态二者联系紧密,对针刺过程越专注则得气针感越强烈。在此基础上,进一步挖掘得气针感与关注状态的联系,采用 ROC 曲线对得气与否进行预测,结果显示 ROC 的 AUC 为 0.804,灵敏度为 85.2%,特异性为 64.3%,表明通过眼电信号 D_2 特征预测得气结局具有可行性及较好的预测性能。目前,对得气的客观化研究较多采用超声、功能性磁共振成像术 (fMRI) 及红外热成像技术等^[40],但受限于空间及实用性,使用相关大型仪器辅助医者对患者的得气情况进行研判并不符合临床实际。而眼电信号的采集分析技术具有穿戴方便、不影响干预治疗、动态监测等优势,能够切实投入临床应用,帮助医者了解针刺得气

与否,及时调整干预策略,同时具备形成针灸诊疗仪器成果转化的应用前景^[41]。但是本研究受限于样本量,仅使用简单分类模型进行预测,今后将进一步扩大数据量,采用支持向量机、人工神经网络等机器学习预测模型,提升对得气结局预判的准确性。

综上所述,本研究通过在不同关注状态下针刺健康人足三里穴,观察受试者得气针感及眼电信号 D_2 特征,得出以下结论:得气针感的提高可能与受试者注意力专注于针刺全过程的“治神”状态有关;而采用眼电信号 D_2 特征对得气结局进行预测具有可行性及较好的预测性能,可能成为临床医者研判“得气”的新方法。

参考文献:

- [1] 林驰,王培,吴桂雯,等.初探得气对健康受试者体感诱发电位的影响[J].中华中医药杂志,2015,30(5):1651-1656.
- [2] 辛思源,李春华,刘玉祁,等.关于影响针刺得气的干预因素研究综述[J].针灸临床杂志,2012,28(12):58-60.
- [3] 常晓波,樊小农,王舒,等.“针刺量学”研究之探本溯源[J].中医杂志,2011,52(5):363-366.
- [4] 严世芸,李其忠.新编简明中医辞典[M].北京:人民卫生出版社,2007.
- [5] 许磊,王渊.针灸治神与心理正念关系探究[C]//中国针灸学会.2022年中国针灸学会年会论文集.济南:中国针灸学会工作组,2022:583-586.
- [6] 章思佳.基于眼电生物反馈技术调控经皮穴位电刺激治疗精神发育迟滞儿童的临床研究[D].福州:福建中医药大学,2022.
- [7] QI S Y, ZHANG S J, LIN L L, et al. Quantifying attention in children with intellectual and developmental disabilities through multicenter electrooculogram signal analysis[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 22186.
- [8] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.经穴名称与定位:GB/T 12346—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [9] YU D T, JONES A Y, PANG M Y. Development and validation of the Chinese version of the Massachusetts General Hospital Acupuncture Sensation Scale: an exploratory and methodological study[J]. Acupunct Med, 2012, 30(3): 214-221.
- [10] KONG J, GOLLUB R, HUANG T, et al. Acupuncture de qi, from qualitative history to quantitative measurement[J]. J Altern Complement Med, 2007, 13(10): 1059-1070.
- [11] 胡妮娟,林驰,张鹏,等.关于如何进行针刺得气定性定量判断的思考[J].上海针灸杂志,2015,34(6):493-497.
- [12] 林栋,林丽莉.一种眼电信号拾拾与优化分析方法及装置:CN112932509B[P]. 2022-10-28.
- [13] YUAN D, LI Y, WANG T, et al. A closed-loop electrical stimulation system triggered by EOG for acupuncture therapy[J]. Syst Sci Control Eng, 2020, 8(1): 128-140.
- [14] BAREA R, BOQUETE L, ORTEGA S, et al. EOG-based eye movements codification for human computer interaction [J]. Expert Syst Appl, 2012, 39(3): 2677-2683.
- [15] GRASSBERGER P, PROCACCIA I. Characterization of strange attractors[J]. Phys Rev Lett, 1983, 50(5): 346.
- [16] 付强,李晨溪,张朝曦.关于 G-P 算法计算混沌关联维的讨论[J].解放军理工大学学报(自然科学版),2014,15(3):275-282.

(下转第 37 页)