

得气的量化评价及客观表征研究现状概述

李姝¹, 宋思敏^{1,2}, 李玲¹, 高卫芳¹, 付疆疆¹, 郭义¹, 刘阳阳^{1,3}

(1. 天津中医药大学实验针灸学研究中心, 天津 301217; 2. 香港大学深圳医院, 深圳 518053; 3. 天津中医药大学, 天津 301217)

【摘要】 得气是针刺操作的重要环节, 是影响针刺疗效的关键因素之一。研究得气的科学基础、影响因素、激发条件等对于应用和调控得气以及提高针刺疗效具有重要意义。得气是一种针刺感觉, 目前的量化评价存在一定主观性, 故需要对得气进行客观表征研究。该文对得气的量化评价方法进行了总结, 并从穴位局部和大脑中枢反应阐释了得气客观表征的研究现状并进行分析, 以期为该领域的研究提供相关参考。

【关键词】 针刺疗法; 得气; 评估; 量化评估; 客观表征; 脑功能; 综述

【中图分类号】 R245 **【文献标志码】** A

DOI: 10.13460/j.issn.1005-0957.2023.12.1331

针刺操作讲求得气, 得气被认为是取得针刺疗效的关键要素之一, 这一观点在古代医籍中有诸多论述, 如《灵枢·九针十二原》有记载“刺之要, 气至而有效”, 《标幽赋》写到“气速至则速效, 气迟至则不治”, 都强调了得气对针刺疗效的重要影响。现代研究也表明针刺得气能取得更好的治疗效果, 如临床大样本随机对照试验研究表明针刺治疗面瘫^[1]、功能性消化不良^[2]、慢性紧张性头痛^[3]等, 针刺得气较不得气的疗效更优。基于现代文献挖掘的研究结果表明, 82.1%的研究报道认为得气与疗效相关^[4]。因此, 研究得气的科学基础、影响因素、得气的激发条件等, 对于应用和调控得气, 提高针刺疗效具有重要意义。然而, 得气是一种针刺感觉, 是主观感受, 常用的评价方法是量表评分法, 这其中也存在着一些不足, 如判断主观以及个体差异较大, 这一定程度影响了得气的研究, 因此对得气进行客观表征尤为重要。本文总结并分析了得气的评价方法和客观表征研究现状, 以期能为本领域研究提供相关参考和研究思路。

1 得气的量化评价方法

得气具体来说是一种针刺感觉, 患者感觉主要为

酸、麻、重、胀感等, 医生则是针下的沉、紧、涩、滞等感觉。目前, 针刺临床研究中对于得气感觉的量化评价多采用量表评分法, 如针刺主观感觉量表(subjective acupuncture sensation scale, SASS)、马萨诸塞州针刺感觉量表(MGH acupuncture sensation Scale, MASS)、南安普顿针刺感觉调查问卷(Southampton needle sensation questionnaire, SNSQ)、视觉模拟评分量表(visual analog scale, VAS)等^[5]。这些量表主要从患者得气感的性质, 如酸、麻、胀、重、痛感等进行程度的量化评分, 评分范围有0~10分, 亦有0~100分, 或者将分值分为无、轻微、中等和强烈4个等级。这些量表主要由国外学者研制, 在国内应用时需要进行本土化改良。表1中列出了4种得气量表, 可以看出, 量表中包含了多种感觉评价, 其中SNSQ量表包含的感觉条目最多, 有17种, 条目中对于痛感有多种描述较为复杂, 淤紫(bruised)可能是针刺后的穴位皮肤状态, 而非感觉, 因此SNSQ量表的应用并不多。VAS评价感觉种类较少, 其应用也相对较少。SASS和MASS评价的感觉条目相对适中, 并且包含了得气的主要感觉, 其中MASS经过了本土化改良, 其效度经过了检验, 相对成熟, 应用较多^[1-3]。

基金项目: 国家自然科学基金项目(82030125)

作者简介: 李姝(1995—), 女, 2020级硕士生, Email: 270135421@qq.com

通信作者: 刘阳阳(1983—), 女, 高级实验师, 博士, 硕士生导师, Email: lyy02211@163.com

量表是一种操作简便的评价方法,但这仍是一种主观评价方法,受个体因素影响较大。在临床研究中,患者自我报告评分会一定程度影响盲法原则的实施。上海同济医院曾开展过一项针刺治疗面瘫的大样本 RCT 研究,其研究结果表明针刺得气对面瘫的治疗效果优于不得气^[1],该项研究也产生较大的国际影响力^[6]。美国克利夫兰诊所研究员 Ken Uchino 曾在《Ann Intern Med》发表对该项研究的评论, Ken Uchino 对研究结果给予了肯定评价,但同时也指出,采用问卷量表评价患者得气感,可能导致干预组别的揭盲^[7]。由此看来,得气的量表评分在开展高质量临床研究中会存在一定缺陷。此外,量表评分法仅能用于临床中对人的

评价,在基础研究中动物的得气则不能评价。目前基础研究中多以针刺操作者的手下感评价为主,即针刺实验动物穴位时,若操作者出现手法沉紧感,即认为得气^[8-9],这也是一种主观评价方法,且以操作者手下感评价动物得气会存在一定误差。因此,如能对得气进行客观表征,则有助于建立实验动物得气的研究平台。其策略可以是,首先开展人体试验研究,获取得气的客观表征指标,进而在实验动物中观察,在针刺治疗有效的基础上看是否也能获得该客观指标,据此可基于该指标建立实验动物得气平台,这将有助于开展得气或其他针刺相关的基础研究工作。

表 1 得气感觉评分量表

量表名称	得气感觉	评分方法	其他
SASS ^[10]	刺痛,跳痛,麻刺,热,重,胀,麻,酸,痛(9种)	在 10 cm 的标尺上对每种感觉按照无、轻微、中等和强烈标出所处等级	对针刺过程的焦虑感进行评分
MASS ^[11]	酸,痛,压迫,重,胀,麻刺,麻,锐痛,钝痛,温热,冷,跳痛,其他感觉(13种)	每种感觉进行 0~10 分的评分	改良的中文版量表剔除了锐痛 ^[12]
SNSQ ^[13]	穿刺感,锐痛,淤紫,触电感,温,放射感,钝痛,重,麻,麻刺,阵痛,刺痛,不适感,4个级别衰减感,深痛,压迫,跳痛(17种)	每种感觉分为无、轻、中和重	还需评价针刺引起的痛感及其程度,其目的是评估针刺痛感与其他针刺感觉的关系
VAS ^[14]	麻,压迫,重,温热,传导/放射异常感觉(5种)	每种感觉在 0~100 分钟进行评分	对针刺过程的焦虑感进行评分

2 得气客观表征研究

得气的客观表征主要基于得气的客观反应研究。得气,激发于穴位,感知在大脑,得气客观反应大多从穴位局部和大脑中枢开展相关研究工作。

2.1 基于穴位局部的研究

2.1.1 穴位肌电反应

穴位局部是得气触发的始动部位,研究表明针刺得气可引起穴区局部肌电发放^[15]。早期研究多采用有创电极进行肌电记录,结果显示针刺得气可记录到穴位肌电的概率为 68.65%^[16]。近年研究多采用表面肌电进行无创记录,这种记录方式可以避免有创刺激对穴位局部产生的影响。有研究应用表面肌电检测针刺时穴位局部肌电,发现针刺不得气时穴位肌电与针刺前基线比较无显著改变,针刺得气时穴位处肌电发放显著,其特点是幅值低,密集程度小,在得气后的留针期间还可持续发放,同时也发现肌电幅值、发放次数与得气感的强弱呈正相关^[17]。得气感、肌电发放强度和针刺部位有关,穴位较经脉非穴和非经非穴引起的肌电

幅值更大、持续时间更长^[18];得气感、肌电发放也与针刺组织层次和针刺手法相关,刺入肌肉层,患者有明显胀感、钝痛感时肌电信号显著^[19],应用提插法产生的得气感和肌电发放较捻转法显著^[20]。此外,循经感传是得气的酸、麻、重、胀等感觉沿着经脉线的传导,有学者发现当诱发循经感传时,也可在循行部位上记录到肌电发放^[21]。可这些研究都表明肌电是得气的客观反应之一。

2.1.2 穴位血流反应

研究表明针刺得气可引起穴位局部血流变化^[22],如应用彩色多普勒超声观测胫前动脉血流的变化表明,针刺足三里穴得气可使局部邻近动脉的血流量增加^[23]。有研究应用光电容积脉搏波描记法观察了不同针刺方法对足三里穴的血流变化,发现针刺得气可使穴位皮肤和肌肉层的血流增加,相较于皮肤浅刺和刺入肌肉层但不得气有显著差异^[24]。基于激光散斑视频检测系统观察穴位局部血流,发现针刺得气并实施手法可显著提高穴位局部血流,而仅针刺未得气、不实施

手法对局部血流无显著影响^[25]。

2.1.3 穴位温度反应

研究者运用红外热成像技术观察针刺得气穴位局部的温度反应,结果显示针刺合谷、三阴交等穴得气能使穴位局部温度升高^[26-27]。但也有研究认为针刺得气引起体表温度下降,如针刺健康受试者右侧太溪穴得气,显示受试者右下肢表皮温度显著下降^[28]。该研究的环境温度设置是不超过 21℃,据笔者研究经验,这一温度设置过低,暴露肢体于这一温度环境中,体表温度是会逐渐降低,因此该研究中针刺局部温度降低有可能是环境因素所致,而并非针刺得气所致。

2.1.4 穴位组织力学反应

得气可引起穴位局部肌电发放,表明局部肌肉收缩,相应的肌肉组织力学也会有一定变化。有研究者运用剪切波弹性成像技术定量检测了针刺得气后的肌肉紧张度,发现较针刺前增强^[29]。得气时,医者手下沉紧感明显,这一感觉来自于穴位组织对针体的反作用力。有学者应用自制的特殊针刺装置进行穴位刺激,并检测针体牵拉力,发现针刺可使牵拉力升高,且单向捻转的针体牵拉力最大,该研究者认为这种牵拉力与结缔组织缠绕针身相关,是手下沉紧感的客观反应^[30],然而这一研究并非施针者直接操作毫针的反应,且在该研究中针刺操作为单向捻转 16 圈,与临床实际不符合。因此有必要在符合临床实际的基础上开展研究以明确得气是否有针体牵拉力升高这一客观反应。

2.1.5 穴区组织形态变化

有学者应用超声技术测量了针刺足三里得气前后的组织位移变化,发现针刺足三里穴得气后穴位组织位移较针刺不得气增加^[16]。另有学者认为得气可引起穴位局部结缔组织产生形变,如以大鼠为实验对象,单向捻针 32 圈后进行观察,发现针刺部位结缔组织缠绕、呈现“漩涡态”,认为这种变化可能与“抓针力”(针下沉紧感)相关^[31-32]。但这一结果是针刺穴位组织被过度捻转所致,如果采用临床常规针刺操作是否能引起穴位组织的这种改变需要进一步研究。

上述研究表明,得气可引起穴位局部肌电发放、血流增加、温度升高、组织力学和位移改变。这表明得气时穴区局部是一个复杂的反应过程,涉及神经、肌肉、血管及其相关生化物质变化。得气时肌电发放被认为是脊髓前角 γ 运动神经元介导的肌肉收缩^[33],神经系统引起的反应可能是最先发生的;血流变化相对

较慢,可能与针刺穴位引起的扩血管物质如组胺、降钙素基因相关肽等的释放相关^[34],温度升高提示局部能量代谢增强,与血流变化关系密切;组织力学和位移改变则可能与局部结缔组织和肌肉组织的缠绕、收缩和牵拉相关。结缔组织可缠绕针身,肌肉收缩增加了肌肉组织与针体间的摩擦力捻转时也可缠绕针身,继而针体运动可带动这些组织产生位移。由此看来,肌电是一种快反应适宜作为得气的早期客观表征,血流、温度等可能在得气维持的客观表征上具有优势,但这些尚需结合得气主观评分进行持续、动态观察和分析。此外,上述研究大多围绕合谷、足三里、手三里、内关等穴位开展研究,属于肌肉较为丰厚的穴位,对于肌肉浅薄部位穴位,或者头部穴位,这些客观反应是否存在也有待深入研究。得气是针刺穴位的普遍现象,大部分穴位都能产生,因此需要在更多穴位上明确得气的客观反应。客观反应与得气主观评分之间是否存在线性相关也需要进一步研究,以明确得气感强弱与客观反应之间的相互关系,这有助于得气的客观量化表征。

2.2 基于大脑功能变化的研究

得气必须经神经系统上传至大脑才能被感知,基于大脑的功能变化也是研究热点。研究人员应用功能性磁共振成像、脑电、功能性近红外光谱和正电子发射计算机断层显像等技术开展了针刺得气的脑功能客观反应研究,其中基于功能性磁共振成像的研究最多。功能性磁共振成像通过血氧水平依赖信号的变化,可实时反映针刺得气引起的脑血流动力学变化与脑功能区的活动状态。早期有研究者对比了针刺穴位得气、得气混合痛感以及穴位单纯触觉刺激三种方式的功能性磁共振成像,显示针刺得气可引起边缘、旁边缘、皮层下血氧水平依赖信号的减弱,说明产生了负激活作用;当得气混合有痛感时,信号比较混杂,但以激活信号为主;单纯的感觉刺激主要表现为激活信号^[35]。随后基于内关、委中、合谷等穴的研究也有类似的发现^[36-38],得气主要引起皮层下-边缘结构的负激活,包括双侧额叶内侧皮质、扣带回、前部皮质、顶叶内侧皮质、海马、杏仁核等,这一区域被定义为边缘叶-旁边缘叶-新皮层网络^[39]。针刺得气也能引起一些脑区的激活,如皮层第 2 体感区(SII)、岛叶和丘脑等区域^[35-36]。

基于正电子发射计算机断层显像、脑电和功能性近红外光谱的研究也显示了得气的脑功能客观变化。如应用正电子发射计算机断层显像显示针刺右侧外关

穴得气主要激活左侧颞上回、小脑前叶和右侧楔前叶^[40];基于脑电的研究表明针刺双侧神门穴得气可使颞叶和枕叶的 θ 频带以及左侧颞叶、额叶和顶叶的 α 频带信号增强^[41];针刺合谷穴可诱发脑电微状态(不连续和非线性动态变化)的特异性变化,并认为是得气的客观神经影像学证据^[42]。功能性近红外光谱具有便携、无创、非电离、时间(空间)分辨率适宜等优点,并且可以连续动态检测脑内含氧血红蛋白和脱氧血红蛋白的变化,已被越来越多地应用于脑功能研究^[43]。有学者应用功能性近红外光谱技术观察了针刺合谷穴得气对前额叶皮层功能的影响,与对照组(不接受针刺)比较,针刺得气可使前额叶皮质含氧血红蛋白显著增高,说明激活了该区域^[44]。但有学者同样刺激健康受试者合谷穴得气,其结果是针刺得气降低了双侧前额叶皮质、运动皮质(顶叶)的氧和血红蛋白含量,说明产生了负激活效应^[45]。对比两个研究,虽然穴位相同,但实验设计、针刺方式有较大差别,如前者实验仅比较了 20 s 针刺组(针刺操作 10 s,继而留针 10 s)与对照组的功能性近红外光谱变化;后者针刺更接近于临床真实状态,记录了针刺前、进针、行针刺手法、留针和起针全过程的脑功能变化并进行分析,其行针刺激是 2 min。由此看来,试验设计、针刺操作以及数据的比较分析可能是两个实验结果迥异的原因。

上述研究表明针刺得气确有脑功能的客观反应,但不同研究之间脑功能反应存在差异,这与检测技术有一定关系,如功能性磁共振成像和正电子发射计算机断层显像反应的是全脑功能,脑电是脑神经细胞电活动在大脑皮层或头皮表面的总体反应,功能性近红外光谱反应的是皮层脑功能。但即使是同一检测技术,由于实验设计、刺激穴位、针刺方式不同其脑功能反应也存在差异^[39]。因此有必要在同一检测技术下,刺激条件下开展更多穴位(不同部位)研究,以明确是否存在得气的脑功能特异反应。fMRI 和 PET-CT 需要在固定地点检测,且检测费用较高,功能性磁共振成像对针具有特殊要求,脑电和功能性近红外光谱具有便携、连续、动态的特点,可能更适合大样本人群得气客观反应的检测和研究。

3 小结

得气是包含了复杂感觉成分的主观感受,在量化评价中也包含了多种感觉成分的评价;得气的客观反

应也复杂多样,不同穴位客观反应存在一定差别。对得气进行客观表征,首先需要明晰得气的客观反应状态,然后筛选适宜客观表征得气的指标和方法,继而进行验证。目前而言,得气的客观反应研究虽然不少,但关注的穴位比较少,相关性分析也缺乏,因此仍需要进行深入研究。肌电变化可能是得气最早出现的客观反应,研究也相对较多,但肌肉浅薄处的穴位是否也有肌电发放有待进一步明确。脑功能变化是得气复杂感觉的综合反应,应用 fMRI 探索较多,但技术应用上有一定限制。功能性近红外光谱是近年兴起的脑功能研究技术,便携是其优势之一,在得气客观反应研究中也有一定探索,未来可以开展更多穴位的研究,并且需要将得气感与其他感觉进行区分以探讨脑功能的特征反应。在此基础上,开发相关仪器设备用于客观表征得气,对于评价、调控针刺得气,提高针刺应用水平,开辟针刺研究新思路都具有重要意义。

参考文献

- [1] XU S B, HUANG B, ZHANG C Y, *et al.* Effectiveness of strengthened stimulation during acupuncture for the treatment of Bell palsy: a randomized controlled trial[J]. *CMAJ*, 2013, 185(6): 473-479.
- [2] SUN R, HE Z, MA P, *et al.* The participation of basolateral amygdala in the efficacy of acupuncture with deqi treating for functional dyspepsia[J]. *Brain Imaging Behav*, 2021, 15(1): 216-230.
- [3] ZHENG H, GAO T, ZHENG Q H, *et al.* Acupuncture for patients with chronic tension-type headache: a randomized controlled trial[J]. *Neurology*, 2022, 22: 10.
- [4] 潘秋银, 马良宵, 杨洋, 等. 基于数据挖掘方法的针刺得气与疗效的关系分析[J]. *中国针灸*, 2017, 37(6): 668-672.
- [5] 刘妍, 郑嘉太, 陈波, 等. 针灸得气现代评价方法研究进展评述[J]. *上海针灸杂志*, 2016, 35(10): 1147-1150.
- [6] 王伟. 针刺得气研究现状及思考[J]. *科技导报*, 2019, 37(15): 6.
- [7] UCHINO K. Strong stimulation acupuncture with needle manipulation improved recovery in bell palsy[J]. *Ann Intern Med*, 2013, 159(10): JC8.
- [8] 陆凤燕. 穴区不同组织结构针刺对得气针感的影响及其可能机制初探[D]. 北京: 中国中医科学院, 2020.

- [9] XU Y, HONG S, ZHAO X, *et al.* Acupuncture alleviates rheumatoid arthritis by immune-network modulation[J]. *Am J Chin Med*, 2018, 46(5):997-1019.
- [10] KONG J, FUFA D T, GERBER A J, *et al.* Psychophysical outcomes from a randomized pilot study of manual, electro, and sham acupuncture treatment on experimentally induced thermal pain[J]. *J Pain*, 2005, 6(1):55-64.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] WHITE P, BISHOP F, HARDY H, *et al.* Southampton needle sensation questionnaire: development and validation of a measure to gauge acupuncture needle sensation[J]. *J Altern Complement Med*, 2008, 14(4):373-379.
- [14] KOU W, GAREUS I, BELL J D, *et al.* Quantification of De Qi sensation by visual analog scales in healthy humans after immunostimulating acupuncture treatment[J]. *Am J Chin Med*, 2007, 35(5):753-765.
- [15] TIAN D S, XIONG J, PAN Q, *et al.* De qi, a threshold of the stimulus intensity, elicits the specific response of acupoints and intrinsic change of human brain to acupuncture[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2014, 2014:914878.
- [16] 西安医学院针麻原理研究室. 针感与穴位机电之间的相互关系[J]. 针刺研究, 1977, 2(21):26.
- [17] 刘志朋, 殷涛, 关晓光, 等. 针刺得气与手法的客观评价参数和方法初步研究[J]. 中国临床康复, 2005, 9(29):119-121.
- [18] 李春日, 谷忠悦. 针刺“曲池”穴循经感传的循经表面肌电变化研究[J]. 重庆医科大学学报, 2014, 39(8):1128-1130.
- [19] 陆凤燕, 陈安莉, 张雯晰, 等. 针刺穴位不同组织结构对得气针感及穴位肌电的影响初探[J]. 针刺研究, 2021, 46(2):136-144.
- [20] LU F Y, GAO J H, WANG Y Y, *et al.* Effects of three needling manipulations of Zusanli (ST 36) on De Qi sensations and surface myoelectricity in healthy participants[J]. *Chin J Integr Med*, 2021, 27(2):91-97.
- [21] 朱兵, 徐卫东, 李宇清, 等. 循经感传伴发的循经肌电发放[J]. 中国中医基础医学杂志, 1999, 5(8):45-48.
- [22] HUANG T, YANG L J, ZHANG W B, *et al.* Observation of microvascular perfusion in the Hegu (LI4) acupoint area after De Qi acupuncture at Quchi (LI11) acupoint using speckle laser blood flow scanning technology[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2012, 2012:604590.
- [23] 张通, 公维军, 李雪梅, 等. 针刺足三里穴时胫前动脉血流动力学变化的初步研究[J]. 中国康复理论与实践, 2009, 15(7):646-648.
- [24] SANDBERG M, LUNDEBERG T, LINDBERG L G, *et al.* Effects of acupuncture on skin and muscle blood flow in healthy subjects[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2003, 90(1-2):114-119.
- [25] LI X M, LI Y Q, CHEN J, *et al.* The influence of skin microcirculation blood perfusion at Zusanli acupoint by stimulating with lift-thrust reinforcing and reducing acupuncture manipulation methods on healthy adults[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2013, 2013:452697.
- [26] AGARWAL-KOZLOWSKI K, LANGE A C, BECK H. Contact-free infrared thermography for assessing effects during acupuncture: a randomized, single-blinded, placebo-controlled cross over clinical trial[J]. *Anesthesiology*, 2009, 111(3):632-639.
- [27] 赵珉一. 针刺得气对经穴体表温度的影响[D]. 北京:北京中医药大学, 2017.
- [28] ANTONIO JOSÉ I, AFFONSO LUÍZ F. Thermic effects of acupuncture on Taixi evaluated by means of infrared telethermography[J]. *World J Acupunct-Moxibust*, 2013, 23(2):38-40.

- [29] 任亚娟, 徐芳, 徐智章, 等. 剪切波声弹性成像技术对足三里穴位不同肌张力及针刺前后的紧张度观察[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2013, 11 (2) :113-115, 108.
- [30] LANGEVIN H M, CHURCHILL D L, FOX J R, *et al.* Biomechanical response to acupuncture needling in humans[J]. *J Applied Physiol*, 2001, 91 (6) :2471-2478.
- [31] LANGEVIN H M, CHURCHILL D L, CIPOLLA M J. Mechanical signaling through connective tissue: a mechanism for the therapeutic effect of acupuncture[J]. *Faseb journal*, 2001, 15 (12) :2275.
- [32] LANGEVIN H M, CHURCHILL L, WU J, *et al.* Evidence of connective tissue involvement in acupuncture[J]. *Faseb J*, 2002, 16:872-874.
- [33] 郭义. 实验针灸学[M]. 北京:中国中医药出版社, 2021: 76.
- [34] WANG H, ZHAO X, CHEN Z, *et al.* The neuro-immune microenvironment of acupoints-initiation of acupuncture effectiveness[J]. *Leukoc Biol*, 2020, 108 (1) :189-198.
- [35] HUI K K, LIU J, MARINA O, *et al.* The integrated response of the human cerebro-cerebellar and limbic systems to acupuncture stimulation at ST 36 as evidenced by fMRI[J]. *Neuroimage*, 2005, 27 (3) :479-496.
- [36] BAI L, YAN H, LI L, *et al.* Neural specificity of acupuncture stimulation at pericardium 6: evidence from an fMRI study[J]. *J Magnetic Resonance Imaging*, 2010, 31 (1) :71-77.
- [37] 史宇, 吴文, 张珊珊, 等. 基于功能性磁共振成像技术研究针刺得气脑机制[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31 (2) : 445.
- [38] 孙黎, 陈媛媛, 方继良, 等. 针刺合谷穴激发前额叶BOLD信号与 γ -氨基丁酸含量变化的多模态fMRI研究[J]. 针刺研究, 2019, 44 (12) :878.
- [39] 张青, 余玲玲, 刘诗琴, 等. 关于针刺得气中枢响应的fMRI研究现状与思索[J]. 针刺研究, 2018, 43 (5) :330.
- [40] 张贵锋, 黄泳, 唐纯志, 等. 运用PET-CT脑功能成像技术研究心理安慰对针刺效应的影响[J]. 辽宁中医杂志, 2017, 44 (1) :128-131, 223.
- [41] LEE G E, YUN J M, YANG S B, *et al.* De Qi induction by HT7 acupuncture alters theta and alpha band coherence in human healthy subjects[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2017, 2017:7107136.
- [42] SI X, HAN S, ZHANG K, *et al.* The temporal dynamics of EEG microstate reveals the neuromodulation effect of acupuncture with De Qi[J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 715512.
- [43] 刘东远, 张耀, 刘洋, 等. 基于LSTM循环神经网络的fNIRS脑功能成像滤波方法[J]. 中国激光, 2021, 48 (19) :10.
- [44] HAN Y D, YUAN B, ZHANG Y F, *et al.* Role of fNIRS technology in observing the effect of needling Hegu (LI 4) on the functions of prefrontal cortex in healthy volunteers[J]. *J Acupunct Tuina Sci*, 2017, 15 (2) :94-98.
- [45] SI X, XIANG S, ZHANG L, *et al.* Acupuncture with De Qi modulates the hemodynamic response and functional connectivity of the prefrontal-motor cortical network[J]. *Front Neurosci*, 2021, 15:693623.

收稿日期2023-03-17