

脑卒中后中枢性面瘫评定方法研究进展

朱慧¹ 巩尊科² 夏有兵³

¹徐州市康复医院神经康复科,江苏徐州 221018; ²徐州市中心医院神经康复科,江苏徐州 221000; ³徐州医科大学第二临床医学院,江苏徐州 221018

通信作者:夏有兵,Email: xyb1976@sina.com

【摘要】 中枢性面瘫是脑卒中后常见首发症状,积极治疗可促进患者的整体康复,因此精准评定中枢性面瘫对确定康复治疗计划至关重要。目前临床上尚无中枢性面瘫的统一评定标准,本文对近年来中枢性面瘫的主要评定方法及进展进行综述,以期为临床应用提供参考。

【关键词】 脑卒中; 中枢性面瘫; 评定标准

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFC2006600);徐州市国家临床重点专科培育项目(2018ZK002)

Funding: National Key Research and Development Program of China(2020YFC2006600); National Key Clinical Specialty Training Project of Xuzhou

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.11.017

脑卒中具有高发病率、高致残率的特点^[1],现已成为我国成年人致死及致残的最主要原因^[2-3],中枢性面瘫作为脑卒中的常见首发症状,发生率高达 45%^[4]。中枢性面瘫是指面神经核以上神经通路的损伤所致的下面部面肌瘫痪,主要临床表现为病灶对侧鼻唇沟变浅、口角下垂^[5-7]。轻度中枢性面瘫多数无需特殊治疗即可自行恢复^[8],而中重度患者可出现吞咽困难^[9-10]、构音障碍、交流及社交障碍、口腔健康问题和误吸性肺炎等^[10],这些并发症可导致患者抑郁^[11-12]、生活质量降低^[13-15]。精准评定中枢性面瘫患者的面部功能障碍对制订个体化康复治疗计划及目标、评价临床干预效果及临床科研交流至关重要。本文对近年来脑卒中后中枢性面瘫的主要评定方法作一综述,以期为临床应用提供参考。

主观量表评定

量表评定简便易行,不需仪器设备,不受环境限制,可操作性强,可用于各种类型的脑卒中后中枢性面瘫患者,因此在临床及科研中应用广泛。

一、House-Brackmann 面神经分级系统(House-Brackmann grading system, HBGS)

HBGS 于 1983 年被提出并在 1985 年被美国耳鼻咽喉科学会面神经疾病委员会推荐作为评定面神经功能的通用标准^[16-17],其信度已得到广泛验证^[18-20],现已成为国际上使用率最高的面神经功能评定标准^[21-23]。HBGS 从面部整体观、静止状态和运动状态三个方面将面瘫根据严重程度分为正常、轻度、中度、中重度、重度、全瘫六个等级,其中一级提示正常,六级提示完全瘫痪。HBGS 在全面评价面瘫的同时尚存在一定的局限性,其无法精细区分面神经功能障碍之间的差异,亦不能精确反映病程进展^[17,23]。Goines 等^[24]的研究指出,除一级和六级外,其他等级的评定一致性较差,患者可能同时出现三级(眼睑在用力时可完全闭合)和四级(尽力时嘴角仍不对称)的表现。此外,HBGS 的主观性亦导致评定者之间的高变异性^[18,25],Scheller 等^[26]的研究证明,对于正常或轻度面神经功

能受损的患者,HBGS 在不同评定者之间产生可比的结果,评定者之间的差异增加与否则取决于面神经麻痹的严重程度。HBGS 未能促进中度或重度面神经麻痹的患者报告与结果比较的一致性。

二、Sunnybrook 面部分级量表(Sunnybrook facial grading system)

Sunnybrook 面部分级量表是一个区域加权评定系统,于 1996 年由 Ross 等^[27]开发,其信度已得到证实^[18,28-29],该量表分别从静态面部对称性、随意运动的对称性及联动程度三个方面对比健患侧差别来评定面神经功能,用 5 个标准的面部表情分别检查面部的不同区域,Sunnybrook 面部分级量表较为精确的量化评分法分别反映了面神经 5 个周围分支的运动功能,其中正常面部功能的综合评分为 100 分,完全面瘫的综合评分为 0 分,从 0~100 的汇总分数具有足够的灵敏度来检测不同程度的变化。Kayhan 等^[29]研究证明,Sunnybrook 在敏感性、综合性、易用性和观察者间信度等方面均优于其它量表。

自评式问卷

一、面部残疾指数(facial disability index, FDI)

为强化评估面部神经肌肉功能障碍以外的损害区域,Van-Swearingen 等^[30]1996 年开发 FDI 并证实了其信度和效度,FDI 在不同文化和语言环境下也得到了广泛验证^[31-34]。FDI 是一个简炼的问卷式面瘫测评工具,使患者自主报告面瘫对躯体功能和社会生活功能的影响,主要分为两部分:一部分通过提问患者咀嚼是否受限、饮水有无困难、发音是否受限、眼睛有无异常症状如流泪或发干、漱口是否漏水这五个问题来反映躯体功能障碍程度;另一部分通过提问患者保持平稳情绪的时长、与人交流的时长、情绪烦躁频次、睡眠质量、因面部问题放弃正常社交的频次这五个问题来获取面瘫引起患者的社会生活功能障碍程度。两者评分范围分别为 0~25 分、5~30 分,前者得分越高提示面瘫程度越轻,后者反之。FDI 可提示面瘫对患者社会心理因素的影响,但该量表因其自我问卷的执行模式而难以适

用于伴有认知或言语障碍的脑卒中后中枢性面瘫患者。

二、面部临床评估量表 (facial clinimetric evaluation scale, FaCE)

FaCE 量表于 2001 年由 Kahn 等^[35]开发,其信度已得到不同国家验证^[34,36-38]。FaCE 主要用于评估面部功能障碍对患者生活质量的影响,由 51 个项目组成。其中 44 个项目用于评估患者对其面部损害和残疾的具体认知(1 分是最低的功能水平,5 分是最高功能水平),7 个视觉模拟评分项目评估患者对面部功能障碍更全面的看法,从“完全异常”到“完全正常”,评估了面部运动、面部舒适度、口腔功能、眼部舒适度、泪道控制和社交功能六个主要方面。FaCE 量表通过了解患者对面部功能障碍的认知对医师的评估作出了重要补充,并要求量表使用者具备相应的认知功能。

客观评定

一、距离测量法

杨远滨等^[39]和李亚斌^[8]的研究中,采用线性距离测量法来测定脑卒中后中枢性面瘫患者治疗前后的面神经功能变化,即分别于治疗前后在运动和静止状态下测量嘴角至门齿中缝的两侧距离差、眼骨性外眦到嘴角的两侧距离差。Mohan 等^[40]研究者开发的简单、客观和数字化的分级量表 (simple, objective and mathematical grading scale, SOM),主要组成部分为静止时面部不对称的评估、评估面部不同区域肌肉的最大运动及联动程度;使用游标卡尺作为测量工具,分别在静态和随意运动时测量额纹数量、睑裂高度(上下眼睑中心的垂直距离)、下眼睑中心到眉毛最高点的垂直距离;两中切牙交点与嘴角的水平距离和人中下中心点与嘴角的水平距离,并根据面部两侧不同测量值之间的百分比差异,将静止状态分为 4 个等级,随意运动状态分成 6 个级别。距离测量法实施简便、所得结果客观。

二、表面肌电图 (surface electromyography, sEMG)

有研究通过测量健康人面部 sEMG 值,证明 sEMG 可以为面瘫患者的诊断提供基础数据^[41]。sEMG 是一种电生理检查方法,在对面瘫的评估中与临床评估量表之间有显著的相关性,以均方根 (root mean square, RMS) 为测量值单位^[42],通过将表面电极置于双侧面肌,采集面肌在不同状态及不同动作下的信号,以双侧面肌 RMS 比值来反映面神经功能状态。sEMG 可详细准确地量化面肌功能,以非侵入的方式动态监测病情变化,并能检测一个运动单元的所有信息,在评估面瘫严重程度的同时亦可用于观察治疗效果及评价预后,局限性在于在被测量的信号中和测量位于核心肌肉的活动方面有较高的交叉噪声。

三、红外热成像技术 (infrared thermography, IRT)

高宇红等^[43]通过 IRT 发现,急性面瘫患者的患侧面部区域温度明显高于健侧;张栋等^[44]研究发现,面瘫患者的面部左右温差显著大于健康人群,且两侧温差与面神经功能损伤严重程度相关;刘旭龙等^[45]发现,面瘫患者面部局部区域的两侧温度分布不对称特征明显异于正常人群,为面神经功能的 IRT 自动评估提供了理论基础。IRT 通过采集面瘫患者面部红外热像图,提取患者面部不同区域的左右两侧温度不对称特征,利用径向基神经网络自动分类器,自动评估面瘫患者的面神经功能^[46]。IRT 评估面神经功能准确率高,较各种面部评分量表更

为具体、客观,更能反映出患者的面瘫程度。但由于一些患者的面部器官温度分布发生改变(如一些患者天生无眉毛或进行整容等),可能导致红外热像定位面部区域出现错误。外部环境、皮下脂肪含量、出汗和疾病等多种因素皆可能影响面部表面的温度分布,因此应在 IRT 分析过程中加以控制。由于面部两侧温度差测量结果的可靠性低,或可通过实施一些辅助措施,使 IRT 成为面瘫客观和定量评估工具^[47]。

四、面瘫评估的临床电子分级 (clinician-graded electronic facial paralysis assessment, eFACE)

Banks 等^[48]开发并初步验证了由 16 个项目组成的视觉形式的面瘫评定工具, eFACE 分为静态(静息时眉高、睑裂宽度、鼻唇沟深度、鼻唇沟朝向及口角位置)、动态(眉毛抬高程度、轻柔闭眼时睑裂变窄程度、完全闭眼时睑裂变窄程度、微笑时口角位置、微笑时鼻唇沟深度、微笑时鼻唇沟方向和下唇运动)及联动运动(眼联动、面中部联动、颞联动和颈阔肌联动)三部分,每部分评分范围从 0 分~100 分,分值越低提示面神经功能障碍越严重。

eFACE 是一种可视化的临床量化方法,医生通过电子智能设备观看患者不同状态下的视频进行评估,同时 eFACE 自动生成条形图和系列条形图实时记录面部功能障碍情况及其进展,操作具有可重复性,其测评结果不仅有助于促进患者与医生以及医生及治疗师之间的交流还可以远程随访患者^[23,49]。Banks 后续的研究表明 eFACE 是一种可靠的面部模拟功能高分辨率评估工具^[50]。Malka 等^[49]的研究显示, eFACE 评估显示了评定者之间的可靠性,但目前尚缺乏大量的研究来证实 eFACE 在临床实践中的信度和效度,此外,临床医生认知的可变性、用于评估的设备类型、不同的屏幕、用户手指运动的能力等相关因素皆可影响评定结果准确性^[51]。

五、面部对称性实时分析软件

人工智能的快速发展为面瘫的定量分析开辟了新途径^[52-53]。Hidaka 等^[54]开发了面部对称性实时分析软件,该软件应用人工智能算法^[55]实时捕捉预录制视频中的 68 个面部标志点并自动检测,通过口角下垂程度和眉尖位移比分析面部不对称性后可自动保存数据,以使用户进行数据分析。面部对称性实时分析软件可免费获得,应用设备为笔记本电脑,操作简单,无需特定技能,在面瘫评定中具备潜在的应用价值。

结语

精准评定对于评估疾病严重程度、监测病情进展以及确定治疗方案至关重要。目前中枢性面瘫尚无针对性评估方法。现有面瘫评定方法多为对面部解剖特征的主观描述以及面部粗略的尺度测量。目前应用最广泛的 HBGS 评定未能精确反映病情进展,且评定者间一致性较差。Sunnybrook 量表较 HBGS 更加细化,在当前常用的主观评分系统中, Sunnybrook 具有最佳的观察者间可靠性和观察者内可靠性^[56],可作为 HBGS 的有效补充。

基于临床评定者之外,尚需采用患者自主报告的评定方法: FaCE 量表和 FDI。收集患者对于面部功能和社会功能损伤的认知,有助于全面评估疾病带来的影响。FDI 和 FaCE 都涵盖了与面瘫相关的身体损害、残疾及社会功能的评定。FDI 为患者自测式问卷,合并认知及言语障碍患者不适用; FaCE 纳入患

者生活质量评估,是对面部功能评定的必要补充;距离测量方法评定项目单一,应用便捷,可与定性量表评定联合应用。表面肌电图、红外热成像技术及 eFACE 评定具有潜在临床应用价值,适宜推广使用,其中影响评定结果的干扰因素则需要更进一步的研究来克服。

综上所述,脑卒中后中枢性面瘫评定以联合选用临床分级量表、患者自测问卷、生活质量评定以及客观功能测量为宜。此后,面部功能的评估或将逐渐依赖人工智能技术如视频和运动分析软件。目前国内尚无成套的中枢性面瘫评定方案。此外,上述评定方法多为周围性面瘫评定而开发,鉴于周围性面瘫和中枢性面瘫的显著差别,制订或改良适合中枢性面瘫特点的功能评定、心理评定和生活质量评定方法意义重大。

参 考 文 献

- [1] GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10100): 1151-1210. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32152-9.
- [2] Wu SM, Wu B, Liu M, et al. Stroke in China: advances and challenges in epidemiology, prevention, and management [J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(4):394-405. DOI:10.1016/S1474-4422(18)30500-3.
- [3] 王陇德,刘建民,杨弋,等.我国脑卒中防治仍面临巨大挑战——《中国脑卒中防治报告 2018》概要 [J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(2):105-119. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2019.02.001.
- [4] Yew KS, Cheng EM. Diagnosis of acute stroke [J]. *Am Fam Physician*, 2015, 91(8):528-536.
- [5] Corrales CE, Gurgel RK, Jackler RK. Rehabilitation of central facial paralysis with hypoglossal-facial anastomosis [J]. *Otol Neurotol*, 2012, 33(8):1439-1444. DOI:10.1097/MAO.0b013e3182693cd0.
- [6] 任建雷,宣丽华.不同刺激量针刺治疗中枢性面瘫的疗效对比研究 [J]. *上海针灸杂志*, 2018, 37(5):515-518. DOI:10.13460/j.issn.1005-0957.2018.05.0515.
- [7] 庄庭怡.面瘫诊疗进展及防治措施探讨 [J]. *中国处方药*, 2019, 17(1):36-37. DOI:10.3969/j.issn.1671-945X.2019.01.023.
- [8] 李亚斌,冯海霞,李姣,等.A 型肉毒素局部注射联合肌内效贴对脑卒中后中枢性面瘫患者的疗效 [J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(15):3600-3603. DOI:10.3969/j.issn.1005-9202.2018.15.006.
- [9] 兰月,黄东锋,陈少贞,等.影响脑卒中后吞咽障碍患者预后的相关因素分析 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2002, 24(11):660-662. DOI:10.3760/j.issn:0254-1424.2002.11.008.
- [10] Schimmel M, Ono T, Lam OLT, et al. Oro-facial impairment in stroke patients [J]. *J Oral Rehabil*, 2017, 44(4):313-326. DOI:10.1111/joor.12486.
- [11] Konecny P, Elfmark M, Urbanek K. Facial paresis after stroke and its impact on patients' facial movement and mental status [J]. *J Rehabil Med*, 2011, 43(1):73-75. DOI:10.2340/16501977-0645.
- [12] Owusu JA, Stewart CM, Boahene K. Facial nerve paralysis [J]. *Med Clin North Am*, 2018, 102(6):1135-1143. DOI:10.1016/j.mcna.2018.06.011.
- [13] Nellis JC, Ishii M, Byrne PJ, et al. Association among facial paralysis, depression, and quality of life in facial plastic surgery patients [J]. *JAMA Facial Plast Surg*, 2017, 19(3):190-196. DOI:10.1001/jamafacial.2016.1462.
- [14] Chang WH, Sohn MK, Lee J, et al. Impact of central facial palsy and dysarthria on quality of life in patients with stroke: the KOSCO study [J]. *NeuroRehabilitation*, 2016, 39(2):253-259. DOI:10.3233/NRE-161355.
- [15] Goines JB, Ishii LE, Dey JK, et al. Association of facial paralysis-related disability with patient- and observer-perceived quality of life [J]. *JAMA Facial Plast Surg*, 2016, 18(5):363-369. DOI:10.1001/jamafacial.2016.0483.
- [16] House JW, Brackmann DE. Facial nerve grading system [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1985, 93(2):146-147. DOI:10.1177/019459988509300202.
- [17] Reitzen SD, Babb JS, Lalwani AK. Significance and reliability of the House-Brackmann grading system for regional facial nerve function [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009, 140(2):154-158. DOI:10.1016/j.otohns.2008.11.021.
- [18] Coulson SE, Croxson GR, Adams RD, et al. Reliability of the "Sydney," "Sunnybrook," and "House Brackmann" facial grading systems to assess voluntary movement and synkinesis after facial nerve paralysis [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005, 132(4):543-549. DOI:10.1016/j.otohns.2005.01.027.
- [19] Rickenmann J, Jaquenod C, Cerenko D, et al. Comparative value of facial nerve grading systems [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1997, 117(4):322-325. DOI:10.1016/S0194-5998(97)70120-7.
- [20] Kanzaki J, Tos M, Sanna M, et al. New and modified reporting systems from the consensus meeting on systems for reporting results in vestibular schwannoma [J]. *Otol Neurotol*, 2003, 24(4):642-648. DOI:10.1097/00129492-200307000-00019.
- [21] 田光,孟智宏.针刺合谷穴治疗中枢性面瘫量效关系研究 [J]. *上海针灸杂志*, 2015, 34(2):95-98. DOI:10.13460/j.issn.1005-0957.2015.02.0095.
- [22] Sekelj A, Đanić D. Acoustic reflex and House-Brackmann rating scale as prognostic indicators of peripheral facial palsy in neuroborreliosis [J]. *Acta Clin Croat*, 2017, 56(3):425-436. DOI:10.20471/acc.2017.56.03.09.
- [23] Tan JR, Coulson S, Keep M. Face-to-face versus video assessment of facial paralysis: implications for telemedicine [J]. *J Med Internet Res*, 2019, 21(4):e11109. DOI:10.2196/11109.
- [24] Goines JB, Ishii LE, Dey JK, et al. Association of facial paralysis-related disability with patient- and observer-perceived quality of life [J]. *JAMA Facial Plast Surg*, 2016, 18(5):363-369. DOI:10.1001/jamafacial.2016.0483.
- [25] Kang TS, Vrabec JT, Giddings N, et al. Facial nerve grading systems (1985-2002): beyond the House-Brackmann scale [J]. *Otol Neurotol*, 2002, 23(5):767-771. DOI:10.1097/00129492-200209000-00026.
- [26] Scheller C, Wienke A, Tatagiba M, et al. Interobserver variability of the House-Brackmann facial nerve grading system for the analysis of a randomized multi-center phase III trial [J]. *Acta Neurochir*, 2017, 159(4):733-738. DOI:10.1007/s00701-017-3109-0.
- [27] Ross BG, Fradet G, Nedzelski JM. Development of a sensitive clinical facial grading system [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1996, 114(3):380-386. DOI:10.1016/s0194-5998(96)70206-1.
- [28] Neely JG, Cherian NG, Dickerson CB, et al. Sunnybrook facial grading system: reliability and criteria for grading [J]. *Laryngoscope*, 2010, 120(5):1038-1045. DOI:10.1002/lary.20868.
- [29] Kayhan FT, Zurakowski D, Rauch SD. Toronto facial grading system;

- interobserver reliability [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2000, 122 (2): 212-215. DOI: 10.1016/S0194-5998(00)70241-5.
- [30] Van Swearingen JM, Brach JS. The facial disability index: reliability and validity of a disability assessment instrument for disorders of the facial neuromuscular system [J]. *Phys Ther*, 1996, 76 (12): 1288-1298. DOI: 10.1093/ptj/76.12.1288.
- [31] Van Veen MM, Bruins TE, Artan M, et al. Health-related quality of life in facial palsy: translation and validation of the Dutch version Facial Disability Index [J]. *Health Qual Life Outcomes*, 2020, 18 (1): 256. DOI: 10.1186/s12955-020-01502-0.
- [32] Özden F, Karaman ÖN, Tugay N, et al. The reliability and validity of the Turkish version of the Facial Disability Index [J]. *Disabil Rehabil*, 2020; 1-10. DOI: 10.1080/09638288.2020.1762768.
- [33] Graciano AJ, Bonin MM, Mory MR, et al. Translation, cultural adaptation and validation of the facial disability index into Brazilian Portuguese [J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2020, 86 (5): 602-608. DOI: 10.1016/j.bjorl.2019.04.003.
- [34] Barry P, Mancini J, Alshukry A, et al. Validation of French versions of the Facial Disability Index and the Facial Clinimetric Evaluation Scale, specific quality of life scales for peripheral facial palsy patients [J]. *Clin Otolaryngol*, 2019, 44 (3): 313-322. DOI: 10.1111/coa.13294.
- [35] Kahn JB, Gliklich RE, Boyev KP, et al. Validation of a patient-graded instrument for facial nerve paralysis: the FaCE scale [J]. *Laryngoscope*, 2001, 111 (3): 387-398. DOI: 10.1097/00005537-200103000-00005.
- [36] Tavares-Brito J, Fonseca ACO, Torres RP, et al. Facial clinimetric evaluation scale and synkinesis assessment questionnaire translation into Brazilian Portuguese: a validation study [J]. *Int Arch Otorhinolaryngol*, 2020, 24 (1): e24-e30. DOI: 10.1055/s-0039-1697992.
- [37] Mackay DJD, Kimia R, Magee L, et al. Evaluating quality of life after facial reanimation using the facial clinimetric evaluation scale in a series of pediatric patients [J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 32 (3): 892-895. DOI: 10.1097/SCS.0000000000001797.
- [38] Garcia-Iza L, Chiesa-Estomba CM, Rosell-Romero N, et al. Translation and validation of the facial clinimetric evaluation scale to Spanish [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021, 164 (6): 1179-1185. DOI: 10.1177/0194599820969622.
- [39] 杨远滨, 张京, 张静, 等. A 型肉毒毒素矫正脑卒中后中枢性面瘫的疗效 [J]. *中国康复理论与实践*, 2013, 19 (9): 869-871. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2013.09.020.
- [40] Bansal M, Shah A, Gosai B, et al. A simple, objective, and mathematical grading scale for the assessment of facial nerve palsy [J]. *Otol Neurotol*, 2020, 41 (1): 105-114. DOI: 10.1097/MAO.0000000000002450.
- [41] Kim BH, Kim KH, Kim LH, et al. Difference between right and left facial surface electromyography in healthy people [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2018, 2018: 4069530. DOI: 10.1155/2018/4069530.
- [42] Ryu HM, Lee SJ, Park EJ, et al. Study on the validity of surface electromyography as assessment tools for facial nerve palsy [J]. *J Pharmacopuncture*, 2018, 21 (4): 258-267. DOI: 10.3831/KPI.2018.21.029.
- [43] 高宇红, 薛毅珑, 罗芸, 等. 急、慢性周围性面瘫患者头面部远红外热像的变化 [J]. *中国激光医学杂志*, 2008, 17 (1): 50-53. DOI: 10.13480/j.issn1003-9430.2008.01.005.
- [44] Zhang D. A method of selecting acupoints for acupuncture treatment of peripheral facial paralysis by thermography [J]. *Am J Chin Med*, 2007, 35 (6): 967-975. DOI: 10.1142/S0192415X07005430.
- [45] 刘旭龙, 洪文学, 张涛, 等. 基于红外热像 LBP 的面瘫客观评估方法 [J]. *生物医学工程学杂志*, 2013, 30 (1): 34-38.
- [46] 刘旭龙, 付斌瑞, 许沥文, 等. 红外热成像辅助面神经功能自动评估方法研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2016, 36 (5): 1445-1450. DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2016)05-1445-06.
- [47] Liu XL, Feng JH, Luan JM, et al. Intra- and interrater reliability of infrared image analysis of facial acupoints in individuals with facial paralysis [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2020, 2020: 9079037. DOI: 10.1155/2020/9079037.
- [48] Banks CA, Bhamra PK, Park J, et al. Clinician-graded electronic facial paralysis assessment: the eFACE [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 136 (2): 223e-230e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000001447.
- [49] Malka R, Miller M, Guarin D, et al. Reliability between in-person and still photograph assessment of facial function in facial paralysis using the eFACE facial grading system [J]. *Facial Plast Surg Aesthet Med*, 2021, 23 (5): 344-349. DOI: 10.1089/fpsam.2020.0300.
- [50] Banks CA, Jowett N, Hadlock TA. Test-retest reliability and agreement between in-person and video assessment of facial mimetic function using the eFACE facial grading system [J]. *JAMA Facial Plast Surg*, 2017, 19 (3): 206-211. DOI: 10.1001/jamafacial.2016.1620.
- [51] Banks CA, Jowett N, Azizzadeh B, et al. Worldwide testing of the eFACE facial nerve clinician-graded scale [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2017, 139 (2): 491e-498e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000002954.
- [52] Guarin DL, Dusseldorp J, Hadlock TA, et al. A machine learning approach for automated facial measurements in facial palsy [J]. *JAMA Facial Plast Surg*, 2018, 20 (4): 335-337. DOI: 10.1001/jamafacial.2018.0030.
- [53] Dusseldorp JR, Guarin DL, van Veen MM, et al. In the eye of the beholder: changes in perceived emotion expression after smile reanimation [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2019, 144 (2): 457-471. DOI: 10.1097/PRS.0000000000005865.
- [54] Hidaka T, Kurita M, Ogawa K, et al. Application of artificial intelligence for real-time facial asymmetry analysis [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2020, 146 (2): 243e-245e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000007035.
- [55] Asthana A, Zafeiriou S, Tzimiropoulos G, et al. From pixels to response maps: discriminative image filtering for face alignment in the wild [J]. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 2015, 37 (6): 1312-1320. DOI: 10.1109/TPAMI.2014.2362142.
- [56] Neumann T, Lorenz A, Volk GF, et al. Validation of the German version of the Sunnybrook facial grading system [J]. *Laryngorhinotologie*, 2017, 96 (3): 168-174. DOI: 10.1055/s-0042-111512.

(修回日期: 2022-09-20)

(本文编辑: 汪玲)