

基于 Logistic 回归模型评估肌电图震颤指标 对帕金森病的诊断价值

周 曾, 徐 竞, 凤兆海, 郑颖炜, 崔 敏, 王宗玉, 方 芳, 李美英

(安徽省马鞍山市人民医院 神经内科, 安徽 马鞍山, 243000)

摘要: **目的** 基于 Logistic 回归模型探讨肌电图震颤指标对帕金森病(PD)的诊断价值。**方法** 选取 65 例 PD 患者(PD 组)和 39 例特发性震颤(ET)患者(ET 组)作为研究对象,均接受肌电图震颤分析,比较 2 组患者的一般资料、疾病相关资料和肌电图震颤特点。采用多因素 Logistic 回归分析法筛选 PD 的独立影响因素,并绘制受试者工作特征(ROC)曲线,通过曲线下面积(AUC)评估肌电图震颤指标对 PD 的诊断价值。**结果** 与 ET 组比较,PD 组单侧肢体起病者和震颤波谱的波频数 ≥ 2 个者占比更高,有震颤家族史者占比更低,差异有统计学意义($P < 0.05$); PD 组静息状态、姿势状态及负重状态(负重 1 000 g)的震颤峰频率均低于 ET 组,差异有统计学意义($P < 0.05$); 2 组静息状态、负重状态的震颤节律形式差异有统计学意义($P < 0.05$), PD 组以交替收缩模式为主, ET 组以同步收缩模式为主。多因素 Logistic 回归分析结果显示,负重状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式、震颤波谱的波频数均为 PD 的独立影响因素($P < 0.05$)。ROC 曲线显示,负重状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式、震颤波谱的波频数诊断 PD 的 AUC 分别为 0.886、0.750、0.779,且三者联合诊断 PD 的 AUC 最大(0.936),敏感度、特异度分别为 81.54%、94.87%。**结论** 肌电图震颤分析提供的负重状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式及震颤波谱的波频数可作为早期诊断 PD 的临床指标,且三者联用的诊断价值更高,可用于鉴别诊断 PD 和 ET。

关键词: Logistic 回归模型; 帕金森病; 特发性震颤; 肌电图; 震颤峰频率; 震颤节律形式

中图分类号: R 741.04; R 447; R 319 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2025)01-033-06 DOI: 10.7619/jcmp.20241497

Diagnostic value of electromyographic tremor indicators for Parkinson's disease based on Logistic regression model

ZHOU Zeng, XU Jing, FENG Zhaohai, ZHENG Yingwei, CUI Min,
WANG Zongyu, FANG Fang, LI Meiyang

(Department of Neurology, Ma'anshan People's Hospital of Anhui Province, Ma'anshan, Anhui, 243000)

Abstract: **Objective** To investigate the diagnostic value of electromyographic (EMG) tremor indicators for Parkinson's disease (PD) using the Logistic regression model. **Methods** A total of 65 patients with PD (PD group) and 39 patients with essential tremor (ET) (ET group) were enrolled and underwent EMG tremor analysis. General information, disease-related data, and EMG tremor characteristics were compared between the two groups. Multivariate Logistic regression analysis was performed to screen for independent influencing factors of PD, and receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted. The area under the curve (AUC) was used to evaluate the diagnostic value of EMG tremor indicators for PD. **Results** Compared with the ET group, the PD group had a higher proportion of patients with unilateral onset and those with tremor spectrum frequency ≥ 2 times, and a lower proportion of patients with a family history of tremor ($P < 0.05$). The tremor peak frequencies in the resting, postural, and weight-bearing (1 000 g) states were lower in the PD group than in the ET group ($P < 0.05$). There were statistically significant differences in the tremor rhythm patterns between the two groups in the resting and weight-bearing states ($P < 0.05$), with the PD group dominated by alternating contraction patterns and the ET group by synchronous contraction patterns. Multivariate Logistic regression analysis revealed that the tremor peak frequency in the weight-bearing state, the tremor rhythm pattern in the resting state, and the frequency of tremor spectrum

were independent influencing factors of PD ($P < 0.05$). The ROC curves showed that the AUCs of the tremor peak frequency in the weight-bearing state, the tremor rhythm pattern in the resting state, and the frequency of tremor spectrum for diagnosing PD were 0.886, 0.750, and 0.779, respectively. The combination of these three indicators yielded the highest AUC (0.936) for diagnosing PD, with a sensitivity of 81.54% and a specificity of 94.87%. **Conclusion** The tremor peak frequency in the weight-bearing state, the tremor rhythm pattern in the resting state, and the frequency of tremor spectrum provided by EMG tremor analysis can serve as clinical indicators for early diagnosis of PD, and their combined use offers higher diagnostic value, which can be used to differentiate PD from ET.

Key words: Logistic regression model; Parkinson's disease; essential tremor; electromyography; tremor peak frequency; tremor rhythm pattern

近年来,随着人口老龄化加剧,神经系统疾病的发病率逐渐升高,帕金森病(PD)与特发性震颤(ET)作为其中2种常见的运动障碍性疾病,严重影响患者的生活质量和日常功能活动^[1]。PD和ET患者均会表现出不自主的肢体震颤、肌张力障碍等症状,然而两者的发病机制和神经生理学特征存在差异,因此仅依据临床标准进行诊断可能会增加误诊风险^[2]。肌电图作为一种可靠的生理信号记录方法,已被广泛应用于神经肌肉疾病的诊断和研究中。肌电图震颤分析能够提供肌肉震颤峰频率、幅度以及主动肌/拮抗肌收缩模式等信息,进而提供PD和ET患者的精确分析结果^[3]。深入分析肌电图中的震颤信号,有望揭示这2种疾病在神经电生理学方面的不同特性,为临床早期诊断提供更为精准的依据^[4]。尽管已有多项研究^[5-7]利用肌电图震颤分析鉴别诊断PD与ET,但往往存在震颤指标选择不全面或未通过Logistic回归分析排除混杂因素等局限性。本研究基于Logistic回归模型探讨肌电图震颤指标对PD的诊断价值,以期作为PD的临床诊疗提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2022年1月—2023年12月马鞍山市人民医院收治的65例PD患者和39例ET患者作为研究对象,分别纳入PD组和ET组。PD组纳入标准:①参照《中国帕金森病的诊断标准(2016版)》^[8],无警示征象,必备运动迟缓,并具有静止性震颤或肌强直中的至少1项者;②年龄 > 18 岁,首次确诊,未接受系统治疗者;③表现为上肢震颤,具有稳定的震颤主峰者。ET组纳入标准:①参照《中国原发性震颤的诊断和治疗

指南(2020)》^[9]确诊ET,伴有特征性的运动或非运动症状,具体包括双上肢动作性震颤或涉及其他部位,排除共济失调、继发性帕金森综合征等,病程 > 3 年者;②年龄 > 18 岁,首次确诊,未接受系统治疗者;③具有上肢震颤表现,表现为静止性或姿势性震颤,具有稳定震颤主峰者。排除标准:①合并小脑异常、皮质复合感觉丧失、垂直性同向运动麻痹、帕金森叠加综合征者;②合并孤立局灶性震颤、位置特异性震颤、直立性震颤者;③由药源性、代谢性因素引起的震颤者;④合并严重的心、肺、肝、肾疾病和癌症、甲状腺疾病、精神疾病者;⑤无法配合肌电图检查者;⑥有颅脑外伤史、精神病史、外周神经损伤病史、药物或酒精滥用史、癫痫发作史者。本研究经马鞍山市人民医院伦理委员会审核批准(2021第003-006号)。2组患者在性别、年龄、文化程度、病程及合并症方面比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表1。

1.2 方法

1.2.1 资料收集:查阅电子病历系统,收集患者的基线资料(性别、年龄、文化程度、病程、合并症)和疾病相关资料(起病部位、震颤方式、震颤家族史)。

1.2.2 肌电图检测方法:检测仪器为十导肌电图仪(德国Nicolet公司,型号EDX),配备4对表面电极和2个压阻式加速计。表面电极用于记录肌肉表面电位,压阻式加速计则用于测量肌肉的压力和加速度变化。将表面电极中的记录电极分别置于患者双侧前臂尺侧屈腕肌和尺侧伸腕肌的肌腹上,以记录肌肉电位变化,参考电极则置于相应肌肉的肌腱上。同时,将2个加速计置于患者双侧手背的第三掌骨远端,距离掌指关节约2 cm

表1 2组患者基线资料比较($\bar{x} \pm s$) [$n(\%)$]

指标	分类	ET组($n=39$)	PD组($n=65$)	χ^2/t	P
性别	男	20(51.28)	34(52.31)	0.010	0.919
	女	19(48.72)	31(47.69)		
年龄/岁		67.51 ± 7.81	69.40 ± 8.70	1.112	0.269
文化程度	初中及以下	23(58.97)	38(58.46)	0.047	0.977
	高中及中专	10(25.64)	16(24.62)		
	大专及以上	6(15.38)	11(16.92)		
病程/年		3.97 ± 1.18	3.83 ± 0.96	0.676	0.500
合并症	高血压	7(17.95)	9(13.85)	0.315	0.575
	糖尿病	5(12.82)	6(9.23)	0.332	0.564
	冠心病	5(12.82)	11(16.92)	0.315	0.575

处,以测量手部运动的压力和加速度变化。在3种姿势下进行震颤指标采集,包括静止状态(患者以舒适姿势坐在带有扶手的椅子上,双手及前臂自然放置于扶手上,全身放松,不做动作)、姿势状态(患者坐在椅子上,采取特定姿势,如伸直手臂或屈腕)和负重状态(患者坐在椅子上,负重1 000 g,双侧前臂平举)。记录患者在静止、姿势、负重状态下的双上肢震颤峰频率(Hz)、震颤幅度(μV)、震颤节律形式(主动肌/拮抗肌收缩模式,包括交替、同步、非交替非同步3种模式,其中同步与交替、无规律、无震颤情况合并为非交替非同步)及波频数,每种状态记录30 s。通过震颤分析软件 TRAS 系统分析各项震颤指标。

1.3 观察指标

比较2组患者的基线资料、疾病相关资料及肌电图震颤特点(震颤峰频率、震颤幅度、震颤节律形式、波频数),采用多因素 Logistic 回归分析

法明确 PD 的独立影响因素,并绘制受试者工作特征(ROC)曲线,通过曲线下面积(AUC)评估肌电图震颤指标对 PD 的诊断价值。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 23.0 统计学软件和 Medcalc 18.2.1 软件分析数据。计数资料以 [$n(\%)$] 表示,比较行 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,比较行 t 检验,非正态分布的计量资料以 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示,比较行 Mann-Whitney U 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组疾病相关资料比较

PD 组单侧肢体起病者占比高于 ET 组,有震颤家族史者占比低于 ET 组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 2组患者震颤方式比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表2。

表2 2组患者疾病相关资料比较 [$n(\%)$]

组别	n	起病部位		震颤方式		震颤家族史
		单侧肢体	双侧肢体	静止性	姿势性	
ET组	39	14(35.90)	25(64.10)	14(35.90)	25(64.10)	8(20.51)
PD组	65	45(69.23)*	20(30.77)*	35(53.85)	30(46.15)	2(3.08)*

与 ET 组比较, * $P < 0.05$ 。

2.2 2组肌电图震颤特点比较

ET 组负重状态的震颤峰频率高于其静息状态、姿势状态, PD 组静息状态、姿势状态及负重状态的震颤峰频率均低于 ET 组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 2组负重状态的震颤幅度均高于静息状态、姿势状态,差异有统计学意义 ($P < 0.05$); PD 组静息状态、负重状态的震颤节律形式与 ET 组比较,差异有统计学意义 ($P < 0.05$), PD 组以交替收缩模式为主, ET 组以同步收缩模式为主。见表3。

PD 组震颤波谱的波频数 ≥ 2 个者占比 73.85% (48/65), 高于 ET 组的 17.95% (7/39), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 30.566, P < 0.001$)。

2.3 PD 患者肌电图震颤特点的多因素 Logistic 回归分析

以 PD 为因变量(是 = 1, 否 = 0), 以震颤家族史(有 = 1, 无 = 0)、起病部位(单侧肢体 = 1, 双侧肢体 = 2)、静息状态震颤峰频率(连续变量)、姿势状态震颤峰频率(连续变量)、负重状态震颤峰频率(连续变量)、静息状态震颤节律形式

(交替 = 1, 同步 = 2, 非交替非同步 = 3)、负重状态震颤节律形式(交替 = 1, 同步 = 2, 非交替非同步 = 3)、震颤波谱的波频数(1 个 = 1, ≥ 2 个 = 2)为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。分

析结果显示,负重状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式、震颤波谱的波频数是 PD 的独立影响因素($P < 0.05$),见表 4。

表 3 2 组患者肌电图震颤特点比较($\bar{x} \pm s$)[$M(P_{25}, P_{75})$][$n(\%)$]

组别	n	状态	震颤峰频率/Hz	震颤幅度/ μV	震颤节律形式		
					交替	同步	非交替非同步
ET 组	39	静息状态	6.10 ± 2.11	297.00(200.00, 579.00)	4(10.26)	26(66.67)	9(23.08)
		姿势状态	6.11 ± 2.10	310.00(201.00, 600.00)	14(35.90)	17(43.59)	8(20.51)
		负重状态	7.42 ± 1.30*#	1 065.00(819.00, 1 614.00)*#	11(28.21)	22(56.41)	6(15.38)
PD 组	65	静息状态	5.00 ± 0.98 Δ	308.00(203.00, 620.50)	42(64.62) Δ	14(21.54) Δ	9(13.85) Δ
		姿势状态	5.15 ± 0.90 Δ	316.00(201.00, 603.00)	33(50.77)	15(23.08)	17(26.15)
		负重状态	5.34 ± 1.29 Δ	1 031.00(796.00, 1 604.50)*#	30(46.15) Δ	17(26.15) Δ	18(27.69) Δ

与静息状态比较, * $P < 0.05$; 与姿势状态比较, # $P < 0.05$; 与 ET 组比较, $\Delta P < 0.05$ 。

表 4 PD 患者肌电图震颤特点的多因素 Logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95% CI
震颤家族史	-2.080	2.125	0.958	0.328	0.125	0.002 ~ 8.050
起病部位	-2.369	1.255	3.564	0.059	0.094	0.008 ~ 1.095
静息状态震颤峰频率	-0.083	0.498	0.028	0.868	0.920	0.347 ~ 2.443
姿势状态震颤峰频率	-0.479	0.575	0.693	0.405	0.620	0.201 ~ 1.913
负重状态震颤峰频率	-1.581	0.530	8.896	0.003	0.206	0.073 ~ 0.582
静息状态震颤节律形式(非交替非同步, 参照)	—	—	8.569	0.014	—	—
静息状态震颤节律形式(交替)	4.645	1.587	8.564	0.003	14.023	4.637 ~ 233.787
静息状态震颤节律形式(同步)	-2.195	1.373	2.554	0.110	0.111	0.008 ~ 1.643
震颤波谱的波频数	-3.715	1.334	7.751	0.005	0.753	0.015 ~ 1.064
负重状态震颤节律形式(非交替非同步, 参照)	—	—	4.911	0.086	—	—
负重状态震颤节律形式(交替)	2.171	1.613	1.811	0.178	8.766	0.371 ~ 206.986
负重状态震颤节律形式(同步)	-0.954	1.502	0.403	0.525	0.385	0.020 ~ 7.314
常量	44.236	9.402	5.357	0.004	—	—

2.4 PD 诊断模型构建及肌电图震颤指标对 PD 的临床诊断价值

PD 诊断模型的公式为: $\text{Logit}(P) = -1.581 \times \text{负重状态震颤峰频率(实测值)} + 4.645 \times \text{静息状态震颤节律形式(交替 = 1, 同步 = 2, 非交替非同步 = 3)} - 3.715 \times \text{震颤波谱的波频数(1 个 = 1, } \geq 2 \text{ 个 = 2)} + 44.236$ 。负重状态震颤峰频率诊断 PD 的 AUC 为 0.886, 敏感度、特异度分别为 76.92%、87.18%; 静息状态震颤节律形式诊断 PD 的 AUC 为 0.750, 敏感度、特异度分别为 64.62%、89.74%; 震颤波谱的波频数诊断 PD 的 AUC 是 0.779, 敏感度、特异度分别为 73.85%、82.05%; 三者联合诊断 PD 的 AUC 最大, 为 0.936, 敏感度、特异度为 81.54%、94.87%。见图 1、表 5。

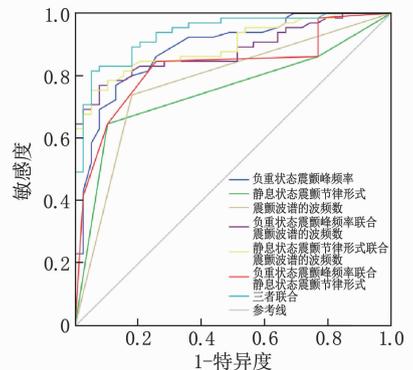


图 1 肌电图震颤指标诊断 PD 的 ROC 曲线

疾病,其中 PD 多发于老年人群,ET 则在青壮年人群和老年人群中均有较高的发病率。老年 PD 患者与老年 ET 患者的症状表现极为相似,诊断时容易混淆^[10]。临床医师通常依据详细病史、体格检查、辅助检查及临床经验对两者进行区分,但由于 PD 与 ET 存在诸多相似之处,特别是在早期

3 讨论

PD 和 ET 均为常见的神经系统运动障碍性

表 5 肌电图震颤指标对 PD 的临床诊断效能

指标	AUC	截断值	敏感度/%	特异度/%	约登指数	P	95% CI
负重状态震颤峰频率	0.886	6.3 Hz	76.92	87.18	0.641	<0.001	0.809 ~ 0.940
静息状态震颤节律形式	0.750	交替	64.62	89.74	0.544	<0.001	0.656 ~ 0.830
震颤波谱的波频数	0.779	2 个	73.85	82.05	0.559	<0.001	0.688 ~ 0.855
负重状态震颤峰频率联合静息状态震颤节律形式	0.880	28.65	76.92	92.31	0.692	<0.001	0.802 ~ 0.936
负重状态震颤峰频率联合震颤波谱的波频数	0.896	26.79	75.38	94.87	0.703	<0.001	0.820 ~ 0.947
静息状态震颤节律形式联合震颤波谱的波频数	0.828	24.14	84.62	74.36	0.590	<0.001	0.741 ~ 0.895
三者联合	0.936	34.44	81.54	94.87	0.764	<0.001	0.871 ~ 0.975

症状不典型或病情进展缓慢的情况下,临床鉴别尤为复杂^[11]。PD 的主要病理特征为黑质多巴胺能神经元的丧失,大多数早期 PD 患者尚未出现显著的神经元损伤,但随着病情的进展,黑质多巴胺能神经元的丧失将逐渐影响其他脑区,并可累及白质纤维,导致广泛性神经损害,最终引发运动功能障碍、自主行动能力下降、呼吸和吞咽困难、认知功能损害以及心理问题等^[12-13]。本研究结果显示,2 组患者的年龄、病程、合并症无显著差异。本研究纳入的患者年龄均超过 50 岁,以老年患者为主,且合并基础疾病的患者较少,因此年龄、病程、合并症对两者的鉴别意义不大。通常情况下,PD 以静止性震颤为特征,ET 则多表现为姿势性震颤,但可能由于本研究样本量有限,2 组的震颤方式无显著差异。本研究结果显示,PD 组单侧肢体起病者占比显著高于 ET 组,表明 PD 患者以单侧肢体起病为主,ET 患者则以双侧肢体起病为主。既往研究^[14-15]证实,早期 PD 患者大多为单侧肢体受累起病,ET 患者则大多为双侧起病,这可能是区分两者的参考依据之一。本研究结果还显示,PD 组有震颤家族史者占比显著低于 ET 组,这可能是由于 ET 是一种常染色体显性遗传疾病,尽管其病因多样,但患者常有家族史^[16]。

震颤是一种周期性肌肉振动,由神经系统异常引起。肌电图震颤分析可通过记录和分析肌肉电活动对震颤进行评估,有助于确定震颤的频率、振幅和肌肉收缩模式,从而帮助医师了解患者的病理生理状况^[17]。本研究结果显示,PD 组不同状态下的震颤峰频率无显著差异,而 ET 组的负重状态震颤峰频率显著高于静息状态、姿势状态,与王海州等^[18]研究结果相似。既往研究^[18-19]发现,PD 患者和 ET 患者的震颤频率分别为 4 ~ 7 Hz 和 4 ~ 12 Hz,两者存在频率重叠,因此震颤频率能否作为 PD 和 ET 的鉴别诊断指标仍需进

一步探讨。本研究结果还显示,2 组患者不同状态下的震颤幅度无显著差异,但负重状态时,2 组患者震颤幅度均显著升高,与隋珂玟^[20]研究结论部分一致。负重 1 000 g 时,肌肉负荷感知系统会感知到负荷增加,导致肌肉控制难度增大,促使神经控制系统做出相应调整,以维持姿势稳定,这种调整可能导致肌肉活动不协调和震颤幅度增加^[21]。此外,2 组患者姿势状态震颤幅度均与静息状态时无显著差异。推测可能原因:小脑-丘脑-皮质回路在调节运动控制和协调方面发挥关键作用,震颤的产生与该回路的异常有关,即使在静息状态下,异常的神经信号也可能导致震颤等运动障碍的出现,因此两者在静息和姿势状态下的震颤幅度并无显著差异^[22]。

本研究结果显示,PD 组静息状态、负重状态下的震颤节律形式均与 ET 组存在显著差异,PD 组以交替收缩模式为主,ET 组以同步收缩模式为主,与陈培琼等^[6]研究结论相符。PD 组的交替收缩模式占比在静止-姿势-负重状态变化过程中呈下降趋势,而 ET 组的同步收缩模式占比在此变化过程中呈先降低后上升趋势,与既往研究^[4, 23]结论相符。中脑多巴胺神经元损害是 PD 患者主要的病理生理学变化,多巴胺在协调肌肉运动中起着关键作用。正常情况下,肌肉通过同步拮抗作用实现平衡和协调,以维持对抗重力的姿势。然而,当多巴胺神经元受损后,多巴胺释放减少,运动控制失调,从而使肌肉的同步拮抗作用受影响,最终表现为交替性肌肉收缩模式。由此表明,肌电爆发模式会受到姿势状态的影响,且不同的姿势状态可能导致肌肉处于不同的负荷和对抗重力的状态^[24]。

震颤波谱是通过 PD 和 ET 患者进行肌电图震颤分析获得的图谱,能够直观反映 PD 与 ET 的波谱变化特征。本研究结果显示,PD 组震颤波谱的波频数 ≥ 2 个者占比显著高于 ET 组,而

ET 组以单一波频为主。这是因为 PD 患者的震颤起源涉及多处,包括丘脑腹中间核、腹后外侧核及苍白球等,而 ET 患者震颤起源主要位于橄榄核^[25]。本研究 Logistic 回归分析结果显示,负重状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式、震颤波谱的波频数均为 PD 的独立影响因素。临床医师可将负重状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式、震颤波谱的波频数作为早期诊断 PD 的有效指标,其诊断敏感度分别为 76.92%、64.62%、73.85%,特异度分别为 87.18%、89.74%、82.05%,且三者联用可将 AUC 进一步扩大至 0.936,敏感度、特异度分别达到 81.54%、94.87%。

综上所述,ET 与 PD 的临床表现相似,给临床鉴别带来了挑战,本研究基于 Logistic 回归分析发现,肌电图震颤分析提供的负重 1 000 g 状态震颤峰频率、静息状态震颤节律形式及震颤波谱的波频数可作为早期诊断 PD 的临床指标,且三者联用的诊断价值更高,有望指导治疗方案的制订。

参考文献

- [1] REICH S G. Does this patient have parkinson disease or essential tremor[J]. *Clin Geriatr Med*, 2020, 36(1): 25-34.
- [2] HIDDING U, SCHAPER M, GULBERTI A, *et al.* Short pulse and directional thalamic deep brain stimulation have differential effects in parkinsonian and essential tremor[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 7251.
- [3] SUSHKOVA O S, MOROZOV A A, KERSHNER I A, *et al.* Investigation of phase shifts using AUC diagrams: application to differential diagnosis of Parkinson's disease and essential tremor[J]. *Sensors*, 2023, 23(3): 1531.
- [4] 张乐, 屈秋民, 曹红梅. 震颤分析对于特发性震颤与帕金森病的鉴别诊断价值[J]. *西安交通大学学报: 医学版*, 2019, 40(4): 624-628.
- [5] 黄菲菲, 张斌, 吴丹红, 等. 加速度测量和表面肌电图检测对帕金森病震颤与特发性震颤的鉴别诊断价值[J]. *上海交通大学学报: 医学版*, 2017, 37(1): 34-38.
- [6] 陈培琼, 丁昕, 余聪, 等. 震颤分析在帕金森病和原发性震颤鉴别诊断中的应用[J]. *癫痫与神经电生理学杂志*, 2022, 31(1): 34-39.
- [7] 曾文双, 褚晓凡, 陶细姣, 等. 帕金森震颤患者肌电图特点分析[J]. *中华神经科杂志*, 2009, 42(2): 95-97.
- [8] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组, 中国医师协会神经内科医师分会帕金森病及运动障碍专业. 中国帕金森病的诊断标准(2016 版)[J]. *中华神经科杂志*, 2016, 49(4): 268-271.
- [9] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组, 中国医师协会神经内科医师分会帕金森病及运动障碍学组. 中国原发性震颤的诊断和治疗指南(2020)[J]. *中华神经科杂志*, 2020, 53(12): 987-995.
- [10] QI S G, YIN P, WANG L H, *et al.* Prevalence of Parkinson's disease: a community-based study in China[J]. *Mov Disord*, 2021, 36(12): 2940-2944.
- [11] LIN S N, GAO C, LI H X, *et al.* Wearable sensor-based gait analysis to discriminate early Parkinson's disease from essential tremor[J]. *J Neurol*, 2023, 270(4): 2283-2301.
- [12] BEACH T G, ADLER C H, SHILL H A, *et al.* Accuracy of the early diagnosis of Parkinson's disease[J]. *Mov Disord*, 2023, 38(8): 1573-1574.
- [13] 周智君, 夏建国, 陈锦华, 等. 扩散峰度成像与扩散张量成像诊断帕金森病患者脑白质损伤的比较研究[J]. *实用临床医药杂志*, 2022, 26(11): 22-27.
- [14] 吴晶晶, 张敏鸣. 帕金森病运动不对称受累的影像学特征及其机制[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2022, 48(2): 116-120.
- [15] SUN Q Y, HE R C, HUANG H Y, *et al.* Age and sex affect essential tremor (ET) plus: clinical heterogeneity in ET based on the national survey in China[J]. *Aging Dis*, 2023, 14(4): 1360-1373.
- [16] CHI W, WU M, WANG H L, *et al.* Han family with essential tremor caused by the P421L variant of the TENM4 gene in China[J]. *Neurol Sci*, 2023, 44(6): 2003-2015.
- [17] YANG C Y, CHEN R S, HUANG Y Z. Analysis and discrimination of surface electromyographic features for Parkinson's disease during elbow flexion movements[J]. *J Mot Behav*, 2020, 52(5): 625-633.
- [18] 王海州, 杨紫葵, 陈璐, 等. 震颤分析应用于帕金森病鉴别诊断中的准确性及价值[J]. *临床与病理杂志*, 2023, 43(3): 490-495.
- [19] 刘小璇, 张朔, 刘娜, 等. 震颤分析用于帕金森病分型的可行性[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(3): 207-212.
- [20] 隋珂珂. 震颤分析用于鉴别帕金森病和特发性震颤的价值研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2021.
- [21] 薛晓静. 震颤分析对帕金森病、特发性震颤和增强的生理性震颤的鉴别诊断价值[J]. *现代电生理学杂志*, 2023, 30(1): 19-22.
- [22] PASQUINI J, CERAVOLO R, QAMHAWI Z, *et al.* Progression of tremor in early stages of Parkinson's disease: a clinical and neuroimaging study[J]. *Brain*, 2018, 141(3): 811-821.
- [23] 王颖, 潘华, 翦凡, 等. 临床不同分期帕金森病患者震颤特点分析[J]. *中国神经免疫学和神经病学杂志*, 2017, 24(1): 25-28.
- [24] 潘觉宜. 帕金森震颤和特发性震颤的肌电图震颤分析[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [25] 杨荣, 向莉, 刘璟洁, 等. 肌电图在帕金森病和特发性震颤鉴别诊断中的临床意义[J]. *遵义医学院学报*, 2018, 41(3): 359-361, 366.

(本文编辑: 陆文娟 钱锋; 校对: 索晓灿)