

帕金森病与特发性震颤鉴别诊断的现状与展望

徐灿灿¹ 龚心月¹ 廖瑜琼¹ 宋帅男¹ 杨新玲^{2*}

1.新疆医科大学第二附属医院神经内科，新疆乌鲁木齐 830000

2.新疆医科大学，新疆乌鲁木齐 830000

【摘要】 帕金森病是一种常见的神经系统变性疾病，特发性震颤与帕金森病具有相似的临床表现，并存在向帕金森病转化的可能，部分特发性震颤还可伴帕金森病样软体征，使二者鉴别诊断的难度大幅提升。本文围绕这一难点问题，归纳总结影像学、震颤分析、 α -突触核蛋白种子扩增法、人工智能等辅助检查的研究进展、诊断效能以及局限性，并就多模态整合的鉴别诊断模式提出展望。

【关键词】 帕金森病；特发性震颤；分子影像学；经颅黑质超声；震颤分析； α -突触核蛋白；人工智能

【中图分类号】 R741.041

帕金森病（parkinson's disease, PD）与特发性震颤（essential tremor, ET）是临床常见的两种运动障碍性疾病，均以震颤为核心症状。随着人口老龄化进程加快，我国 PD 患者总数已逾 400 万^[1-2]。PD 是由错误折叠的 α -突触核蛋白（ α -synuclein, α -Syn）在外周器官和中枢神经系统沉积，导致黑质纹状体多巴胺能通路受损、多巴胺转化下降，以运动迟缓静止性震颤、肌张力障碍及姿势平衡障碍为特征的运动障碍疾病^[3]，并伴有睡眠障碍、嗅觉障碍、自主神经功能障碍、认知障碍和精神障碍等非运动症状表现。早期 PD 的震颤表现可不典型，部分患者震颤缺如或以姿势性震颤为主，临床误诊率可达 24%^[4]。

ET 的典型表现为双上肢对称受累的动作性震颤，呈无意识、不自主、节律性，以姿势性震颤为主，其病理生理机制仍不清楚，主流假说包括神经退行性假说、 γ -氨基丁酸假说和振荡网络假说^[5]，其功能障碍主要位于小脑-丘脑网络及皮层、下橄榄等相连结构^[6]，且仍有 20% 的 ET 可出现静止性震颤^[7]。ET 患者发展为 PD 的可能性约是年龄匹配且无 ET 者的 4~5 倍，随访中观察到特发性震颤发展为帕金森病（parkinson's disease developed from essential tremor, ET-PD）的转化率达 3.6%^[8]，两种疾病在非运动症状上也存在重叠^[9]。临床中，典型 ET 与震颤为主型 PD 两者在典型病例中并不难区分，真正鉴别难点是以伴有轻度静止性震颤、肌张力障碍样姿势、串联步态异常等帕金森样软体征的特发性震颤叠加综合征（essential tremor-plus, ET-Plus）^[10-11]。因此，本文围绕这一难点问题，系统梳理了临床常用的辅助检查手段及其相关研究进展，为建立客观有效的鉴别诊断体系提供思路与依据。

1 影像学技术在诊断及鉴别诊断中的应用

1.1 磁共振成像技术

磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）作为一种无创、直观反映脑组织结构的方法，是 PD 常用的影像学诊断手段。神经黑色素敏感成像、磁化传递成像、磁敏感加

1基金项目：国家科技重大专项（编号：2026ZD0557602）；新疆维吾尔自治区重点研发计划项目（编号：2023B03003）通信作者：杨新玲，电子信箱：yangxinling2014@163.com

权成像、扩散张量成像及功能磁共振成像等新序列已逐步应用于 PD 研究，提供了重要的影像学生物标志。铁敏感序列上黑质背外侧高信号（[dorsal nigral hyperintensity](#), DNH）的丧失，也称为“燕尾征”消失，已被证实可有效区分 PD 与健康个体，敏感性和特异性分别达 94%和 90%，但对多数非典型帕金森综合征的鉴别价值有限^[12]。神经黑色素敏感磁共振成像通过神经黑色素的顺磁性 T1 缩短效应，量化黑质致密部的高信号和体积，反映多巴胺能神经元的损失，对新发 PD 敏感性较高^[13]。就 PD 与 ET 鉴别而言，上述征象的价值在于其阴性预测意义：ET 患者黑质“燕尾征”通常保留，神经黑色素敏感成像上黑质致密部信号无明显减低，据此可与 PD 区分。但燕尾征消失并非 PD 的特有征象，也可见于其他帕金森综合征，单独用于鉴别诊断时需结合临床。

1.2 分子影像学

在 PD 的生物学定义中，神经变性的分子影像标志物是不可或缺的核心要素，主要包括多巴胺转运体（[dopamine transporter](#), DAT）、¹⁸ 氟 - 氟脱氧葡萄糖（¹⁸F-fluorode-oxyglucose, ¹⁸F-FDG）和 ¹²³ 碘 - 间碘苄胍（¹²³I-meta-iodobenzylguanidine, ¹²³I-MIBG）。DAT 是最成熟的纹状体多巴胺能末梢标志物，于欧洲获批用于帕金森综合征的鉴别，但异常阈值的界定及多中心间的标准化仍未确定。¹⁸F-FDG 正电子发射断层显像/计算机断层成像（[positron emission tomography/computed tomography](#), PET/CT）通过评估脑内葡萄糖代谢进而反映分布式神经网络功能障碍，可呈现 PD 特征性代谢模式，是鉴别 PD 与多系统萎缩的有力工具；¹²³I-MIBG 显现反映心脏交感神经支配，PD 发病初期心肌 MIBG 摄取明显减少或缺失，而 ET 心肌 MIBG 摄取无明显减低，故有助于早期鉴别^[14-15]。在震颤表型不典型、临床难以判断震颤来源时，DAT 显像与 MIBG 显像的阴性所见更支持 ET 而非 PD，两者联合应用可提高混合性震颤患者的鉴别效能。

1.3 磁共振波谱

线粒体功能障碍是 PD 发病级联反应中最早的事件之一，理论上先于多巴胺能神经元退化、铁积累、神经黑色素丧失和 [α-Syn](#) 聚集，可导致有害的反馈循环、氧化应激增加、多巴胺代谢改变和病理性 [α-突触核蛋白物种](#) 的溶酶体清除功能失调^[16-17]。因此，直接评估线粒体功能有望实现更早期的检测。³¹ 磷-磁共振波谱（³¹P-magnetic resonance spectroscopy, ³¹P-MRS）可在体内无创地评估脑能量代谢和线粒体功能，有效区分早期 PD 与其他疾病，表现优于铁和神经黑色素等传统 MRI 标记物^[18]。但是，目前 ³¹P-MRS 在 ET 中的能量代谢特征尚缺乏系统数据，将其用于两者的鉴别仍需前瞻性对照研究验证。且在无机磷酸盐的细胞外分布、³¹P-MRS 中点扩散函数的固有限制所导致的脑脊液部分容积效应，均可能影响最终拟合的准确性。

1.4 经颅黑质超声

经颅超声（[transcranial sonography](#), TCS）利用低频超声波穿透颞骨窗，可显示中脑、丘脑及基底节等深部结构，其主要征象为黑质高回声（[substantia nigra hyperechogenicity](#), SNH）^[19]，于 1995 年被 Becker 等首次描述^[20]，定量评估单侧 SNH 面积 >0.20 cm² 即视为异常。相关研究可见 TCS 诊断 PD 的灵敏度为 81.58%、特异度为 91.05%；另一项 meta 分析报告其敏感性和特异性分别为 84%和 85%，与上述研究结果相似，提示 TCS 诊断 PD 具有较高的准确性^[21-23]。与 PD 不同，ET 患者黑质超声多呈低回声。

Beatrice Heim 等^[24]研究显示，TCS 在鉴别 PD 与 ET 中的综合灵敏度和特异度分别为 84% 和 83%，可为二者鉴别诊断提供重要依据。TCS 操作简便、费用低，黑质回声测量与临床表型的对应关系也较为明确，是目前较好的鉴别手段之一，但颞窗穿透不足、依赖操作者经验以及截断值不统一等问题仍限制了其单独应用^[20]。

2 肌电图震颤分析

根据最新国际专家共识^[25]，震颤被定义为身体某部分的不自主、节律性、摆动样运动，按激活角度分为静止性震颤和动作性震颤，后者包括姿势性震颤、运动性震颤和等距性震颤。PD 与 ET 的震颤症状直接源于神经肌肉系统的动态变化，但在发作时会产生不同程度的生物电信号。肌电图震颤分析据此结合表面肌电图和加速度计，记录和分析震颤的频率、幅度，肌电爆发模式和持续时间，谐波共振等特征。小脑-丘脑-皮层

（cerebellum-thalamus-cortex, CTC）回路是多种震颤病理生理机制的核心环节，基底节、辅助运动区、其他皮层区域及脑干等结构也参与其中^[26]。

既往研究表明^[27-28]，PD 以静止性震颤为主，震颤频率为 4 Hz~6 Hz；ET 以姿势性震颤为主，震颤频率为 5 Hz~8 Hz，二者在震颤频率上存在重叠，强烈的 PD 运动性震颤也与 ET 重叠^[27]。临床中 48% 的 PD 患者同时表现姿势性震颤，22% 的 ET 患者同时表现静止性震颤^[7]。因此，仅依靠震颤频率分析不足以明确鉴别，还需要结合肌肉收缩形式、谐波共振、再现性震颤等指标。PD 震颤以主动肌和拮抗肌交替性收缩为主，ET 以同步性收缩为主^[29-30]。2011 年 Muthuraman M 等^[31]提出谐波共振理念，指出震颤信号因波形非对称或畸变而在主频整倍数处产生额外能量峰，是 PD 震颤的特征性表现，区分 PD 与 ET 的准确度高达 94%。再发性震颤（re-emergent tremor, RET）指 PD 患者在发病后出现一定延迟的姿势性震颤，又称延迟性震颤^[32]，ET 的姿势性震颤在肢体保持水平姿势时立即出现，而部分 PD 的姿势性震颤则存在一段可变的潜伏期，有助于两者鉴别^[33]。相关研究^[7]记录到 37% 的 PD 患者存在再现性震颤，再现时间为 (8.1 ± 3.4) s，而 ET 组无再现现象，有研究认为震颤潜伏期超过 2.6s 对于鉴别 PD 特异性达 100%。

震颤分析结合震颤频率、谐波共振、肌肉收缩模式及有无再现性震颤，可为二者鉴别提供客观依据。同时震颤分析也具有无创、经济、简便等优点，在临床实践中有更广阔的应用和研究前景。

3 生物分子与病理标志物

α -Syn 是一种小的酸性神经元蛋白，广泛存在于突触前末梢，具有神经递质摄取和释放的功能，错误折叠的 α -Syn 聚集可导致细胞毒性并干扰轴突运输和突触传递，通过干扰不同的神经元表现相应的临床症状，是 PD 病理的关键机制^[35]。2015 年以来，国际运动障碍协会提议将 α -Syn 聚集体检测作为帕金森病诊断的重要辅助手段。

α -Syn 种子扩增法（ α -synuclein seed amplification assays, α -Syn SAA）的基本原理是将含病理性 α -Syn 聚集物的样本加入重组 α -Syn 底物中，聚集物诱导底物中的可溶性单体错误折叠并延伸（种子效应）；经超声或振荡处理后，新生聚集体断裂成更多种子，如此循环扩增，反应动力学以荧光实时监测，当荧光强度超过预设阈值时判定为阳性^[35]。基于免疫沉淀的实时震荡诱导转化（immunoprecipitation-based real-time quaking-induced

conversion, IP/RT-QuIC) 检测血清致病性 α -Syn, 在区分 PD 与对照组的敏感度和特异度分别为 94.6%和 92.1%, 曲线下面积 AUC 值为 0.96, 表现出高诊断效能^[36]; 脑脊液中 α -Syn SAA 合并灵敏度为 91%、特异度为 95%^[37]; 皮肤/组织活检检测磷酸化 α -Syn (phosphorylated α -synuclein, p- α -Syn) 作为确认磷酸化 α -Syn 病理的金标准, 沉积阳性率为 92.7%^[38], 区分 PD 与健康对照组中 SAA 灵敏度为 89%, p- α -Syn 免疫法检测皮肤 α -Syn 特异度为 99%^[39], 均具有良好的诊断潜力。但近期研究显示, 部分 ET 的患者皮肤中也可检出 p- α -Syn 沉积 (阳性率约 37%), 这部分患者可能处于向 PD 转化的前驱阶段或属于 ET-Plus 谱系^[40]。

α -Syn SAA 将 PD 的诊断从临床表型推进到病理层面, 但各检测中心的质控水平与临界值判读标准尚不一致, 单次阴性结果不能作为排除依据, 需结合临床表现与其他指标综合判断。

4 人工智能前沿的应用

人工智能 (artificial intelligence, AI) 是模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统。机器学习算法通过给定输入数据生成输出值来执行任务的方法^[41], 基于行为 (语音、步态、书写)、电生理、影像组学和基因组学等数据的机器学习研究, 已被广泛研究用于辅助诊断和进展监测, 为 PD 与 ET 的鉴别提供参考。

构音障碍是 PD 常见的临床表现, 有研究^[42]利用公共语音数据集, 采用多层感知机模型区分 PD 与健康对照, 准确率高达 98.31%, 哥伦比亚的团队^[43]使用预训练模型 Wav2Vec 2.0 建模 PD 语音与语言生物标志物, 诊断准确率 88.5%。因此, 基于语音特征的传统机器学习与深度学习, 结合适当的采样和调优策略, 可构建高精度、低成本的非侵入性 PD 辅助诊断工具。罗马尼亚某团队^[44]结合 AI 与图像处理技术, 提取患者手绘阿基米德螺旋的频谱、图纸厚度与压力等信息检测 PD, 总体准确率达 95.24%。基于步态和运动障碍, 相关研究^[45]应用 AI 辅助的运动功能评估方法, 多维度量化不同运动模式下的全身运动障碍指标, 重建三维模型, 可以捕捉到肉眼难以观察到的面部特征, 用于鉴别 PD 与多系统萎缩, 为 PD 与 ET 的运动评估提供新视角。此外还有团队研制^[46]出可穿戴系统, 同时从手腕和手指收集震颤数据, 结合支持向量及分类器, 提取肢体之间的相位关系的多段特征, 成功鉴别 PD 与 ET。影像学方面, 一项荟萃分析^[47]显示, PET 联合 AI 鉴别 PD 与正常对照的敏感性、特异性和 AUC 值分别为 93%、92%和 0.97, 鉴别 PD 与非典型帕金森综合征时分别为 92%、86%和 0.95, 同样为 PD 与 ET 的鉴别提供思路。

虽然 AI 在 PD 的早期筛查、治疗及预后评估中已展现广泛价值, 但现有方法多局限于对单一维度的量化分析, 缺乏多模态、跨病程特征的系统性整合, 尚难以支撑全面而精准的临床决策。

5 总结与展望

PD 与 ET 的鉴别难点主要集中于 ET-Plus 及 ET-PD: 这类患者以双侧动作性震颤起病, 逐渐出现轻度静止性震颤等软体征, 与震颤为主型 PD 早期表现交错, 且存在向 PD 转化的纵向风险。鉴别的落脚点不应是“有无震颤”, 而是有无黑质纹状体多巴胺能神经变性与病理性 α -Syn 沉积的客观证据。影像学反映神经变性的结构基础, 震颤分析提供电生理特

征， α -Syn 检测则提示病理性质，但任何单一模态都不足以覆盖 ET-Plus 的全部情形。将影像、电生理与分子标志物整合于统一判读框架，并以前瞻性队列验证其鉴别效能，是下一步研究的方向。

参考文献

- [1] 王刚,徐刚,谢心怡,等. 中国帕金森病报告 2025[J]. 神经病学与神经康复学杂志,2025,21(2):63-98.
- [2] Li G, Ma J, Cui S, et al. Parkinson's disease in China: A forty-year growing track of bedside work[J]. *Translational Neurodegeneration*, 2019, 8: 22-31.
- [3] Tanner C M, Ostrem J L. Parkinson's disease[J]. *The New England Journal of Medicine*, 2024, 391(5): 442-452.
- [4] Tolosa E, Garrido A, Scholz S W, et al. Challenges in the diagnosis of parkinson's disease[J]. *The Lancet Neurology*, 2021, 20(5): 385-397.
- [5] Helmich R C, Toni I, Deuschl G, et al. The pathophysiology of essential tremor and parkinson's tremor[J]. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 2013, 13(9): 378-388.
- [6] Van Den Berg K R E, Helmich R C. The role of the cerebellum in tremor-evidence from neuroimaging[J]. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*, 2021, 11: 49-66.
- [7] Zhang J, Xing Y, Ma X, et al. Differential diagnosis of parkinson disease, essential tremor, and enhanced physiological tremor with the tremor analysis of EMG[J]. *Parkinson's Disease*, 2017, (2017): 1597907.
- [8] Benito-León J, Louis E D, Bermejo-Pareja F, et al. Risk of incident parkinson's disease and parkinsonism in essential tremor: A population based study[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2009, 80(4): 423-425.
- [9] Shalash A S, Hamid E, Elrassas H, et al. Non-motor symptoms in essential tremor, akinetic rigid and tremor-dominant subtypes of parkinson's disease[J]. *PloS One*, 2021, 16(1): e0245918.
- [10] Erro R, Sorrentino C, Russo M, et al. Essential tremor plus rest tremor: Current concepts and controversies[J]. *Journal of Neural Transmission*, 2022, 129(7): 835-846.
- [11] Louis E D, Bares M, Benito-Leon J, et al. Essential tremor-plus: A controversial new concept[J]. *The Lancet Neurology*, 2020, 19(3): 266-270.
- [12] Tseriotis V-S, Eleftheriadou K, Mavridis T, et al. Is the swallow tail sign a useful imaging biomarker in clinical neurology? A systematic review[J]. *Movement Disorders Clinical Practice*, 2025, 12(2): 134-147.
- [13] Zhou Y, Zhang Y, Li G, et al. Neuromelanin-sensitive MRI as a biomarker for individualized deep brain stimulation in parkinson's disease: Associations between substantia nigra imaging and therapeutic outcomes[J]. *Parkinsonism & Related Disorders*, 2026, 144: 108205.
- [14] Brendel M, Barthel H, Höglinger G U. Biologic definition of parkinson disease: A pivotal role for molecular imaging[J]. *Journal of Nuclear Medicine: Official Publication, Society of Nuclear Medicine*, 2026, 67(6): 833-840.
- [15] King A E, Mintz J, Royall D R. Meta-analysis of 123I-MIBG cardiac scintigraphy for the diagnosis of lewy body-related disorders[J]. *Mov Disord*, 2011, 26(7): 1218-1224.
- [16] Schapira A H V. Mitochondria in the aetiology and pathogenesis of parkinson's disease[J].

- The Lancet Neurology,2008,7(1):97-109.
- [17] Prasuhn J,Schiefen T,Güber T,et al. Levodopa impairs the energy metabolism of the basal ganglia in vivo[J]. Annals of Neurology,2024,95(5):849-857.
- [18] Yu Q,Zhang Y,Huang P,et al. Midbrain energy homeostasis biomarker for differential diagnosis of early-stage parkinson disease: A ¹H and ³¹P MRI study[J]. Radiology, 2026,319(1):e251533.
- [19] 王雪冰,杜薇,王惠艳,等. 经颅超声黑质高回声在帕金森病患者中的发生现状、影响因素与其预测价值[J]. 中国医学物理学杂志,2025,42(8):1042-1046.
- [20] Becker G,Seufert J,Bogdahn U,et al. Degeneration of substantia nigra in chronic parkinson's disease visualized by transcranial color-coded real-time sonography[J]. Neurology,1995,45(1):182-184.
- [21] 袁莉萍,周星旭,黄逸飞,等. 经颅黑质超声诊断帕金森病的研究现状及进展[J]. 医学影像学杂志,2025,35(6):151-153.
- [22] 戴菲,黄品同. 经颅超声在帕金森病诊疗中的应用现状和进展[J]. 影像研究与医学应用,2026,10(3):15-17.
- [23] Tao A,Chen G,Deng Y,et al. Accuracy of transcranial sonography of the substantia nigra for detection of parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis[J]. Ultrasound in Medicine & Biology,2019,45(3):628-641.
- [24] Heim B,Peball M,Hammermeister J,et al. Differentiating parkinson's disease from essential tremor using transcranial sonography: A systematic review and meta-analysis[J]. Journal of Parkinson's Disease,2022,12(4):1115-1123.
- [25] Bhatia K P,Bain P,Bajaj N,et al. Consensus statement on the classification of tremors from the task force on tremor of the international parkinson and movement disorder society[J]. Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society,2018,33(1):75-87.
- [26] Erro R,Fasano A,Barone P,et al. Milestones in tremor research: 10 years later[J]. Movement Disorders Clinical Practice,2022,9(4):429-435.
- [27] Deuschl G,Becktepe J S,Dirkx M,et al. The clinical and electrophysiological investigation of tremor[J]. Clin Neurophysiol,2022,136:93-129.
- [28] Cichaczewski E,Munhoz R P,Maia J M,et al. Electrophysiologic characteristics of tremor in parkinson's disease and essential tremor[J]. Arquivos De Neuro-Psiquiatria,2014,72(4):301-306.
- [29] 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.
- [30] Arabia G, Lupo A, Manfredini L I , et al. Clinical, electrophysiological, and imaging study in essential tremor-parkinson's disease syndrome[J]. Parkinsonism Relat Disord,2018,56:20-26.
- [31] Zhang J,Xing Y,Ma X,et al. Differential diagnosis of parkinson disease, essential tremor, and enhanced physiological tremor with the tremor analysis of EMG[J]. Parkinson's

- Disease,2017,2017:1597907.
- [32] Muthuraman M,Hossen A,Heute U,et al. A new diagnostic test to distinguish tremulous parkinson's disease from advanced essential tremor[J]. *Mov Disord*,2011,26(8):1548-1552.
- [33] Belvisi D,Conte A,Bologna M,et al. Re-emergent tremor in Parkinson's disease[J]. *Parkinsonism Relat Disord*,2017,36:41-46.
- [34] Jankovic J,Schwartz K S,Ondo W. Re-emergent tremor of parkinson's disease[J]. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*,1999,67(5):646-650.
- [35] Lodge A,Agin-Liebes J. α -synuclein biomarkers for parkinson's disease[J]. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*,2026,16(2):a041944.
- [36] Okuzumi A,Hatano T,Matsumoto G,et al. Propagative α -synuclein seeds as serum biomarkers for synucleinopathies[J]. *Nature Medicine*,2023,29(6):1448-1455.
- [37] Li S,Yang C,Wu J,et al. Cerebrospinal fluid biomarkers for diagnosis of parkinson's disease: A systematic review and network meta-analysis[J]. *Journal of Neurology*,2025,272(12):793-818.
- [38] Gibbons C H,Levine T,Adler C,et al. Skin biopsy detection of phosphorylated α -synuclein in patients with synucleinopathies[J]. *JAMA*,2024,331(15):1298-1306.
- [39] Zhao Y,Luan M,Liu J,et al. Skin α -synuclein assays in diagnosing parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis[J]. *Journal of Neurology*,2025,272(5):326-352.
- [40] Donadio V,Incensi A,Rizzo G,et al. Skin intraneural phosphorylated α -synuclein is a highly specific biomarker for early parkinson's disease[J]. *Brain: A Journal of Neurology*,2026,149(3):856-866.
- [41] Reddy A,Reddy R P,Roghani A K,et al. Artificial intelligence in parkinson's disease: Early detection and diagnostic advancements[J]. *Ageing Research Reviews*,2024,99:102410.
- [42] Alshammri R,Alharbi G,Alharbi E,et al. Machine learning approaches to identify parkinson's disease using voice signal features[J]. *Frontiers in Artificial Intelligence*,2023,6:1084001.
- [43] Escobar-Grisales D,Ríos-Urrego C D,Orozco-Arroyave J R. Deep learning and artificial intelligence applied to model speech and language in parkinson's disease[J]. *Diagnostics*,2023,13(13):2163.
- [44] Ianculescu M,Petean C,Sandulescu V,et al. Early detection of parkinson's disease using AI techniques and image analysis[J]. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*,2024,14(23):2615.
- [45] 王茜尧,任娜,陈纪霖,等. 基于人工智能的运动评估对帕金森病及多系统萎缩p型的诊断价值[J]. *中华老年心脑血管病杂志*,2025,27(4):482-487.
- [46] Li J,Zhu H,Li J,et al. A wearable multi-segment upper limb tremor assessment system for differential diagnosis of parkinson's disease versus essential tremor[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*,2023,31:3397-3406.
- [47] Liu Z,Wu J,Zhang Q,et al. Diagnostic performance of PET-based artificial intelligence for differentiating parkinson's disease from normal controls or atypical parkinsonism: A

systematic review and meta-analysis[J]. Journal of Neurology,2025,272(12):782-799.