

文章编号:1003-2754(2025)01-0030-04

doi:10.19845/j.cnki.zfysjbjzz.2025.0006

多系统萎缩异常眼球运动的研究进展

赵丽娟^{1,2}综述, 钱淑霞²审校

摘要: 多系统萎缩(MSA)是一种罕见的神经系统变性疾病,临床表现多样且不典型,与 α -突触核蛋白谱系病中的其他疾病存在重叠现象。疾病的诊断及早期鉴别诊断方面面临巨大的挑战,漏诊、误诊的情况时有发生,从而延误疾病的治疗。眼震视图(VNG)是目前评估前庭功能的主要无创检查,可提供不同的眼动参数。有研究表明,多系统萎缩患者中存在异常的眼球运动。本文从视觉-眼动的角度,综述其对多系统萎缩患者的研究现状,尽可能揭示其内在联系,为MSA的早期诊断提供参考。

关键词: 多系统萎缩; 视频眼震图; 凝视; 扫视; 平稳追踪; 视动性眼球震颤

中图分类号:R742 **文献标识码:**A

Research advances in abnormal eye movements in multiple system atrophy ZHAO Lijuan, QIAN Shuxia. (Jiaxing University Master Degree Cultivation Base, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China)

Abstract: Multiple system atrophy (MSA) is a rare degenerative disease of the nervous system and has diverse and atypical clinical manifestations, and it overlaps with other diseases in α -synuclein spectrum disease. There are great challenges in the diagnosis and early differential diagnosis of the disease, and missed diagnosis and misdiagnosis occur from time to time, thereby delaying the treatment of the disease. Videonystagmography (VNG) is currently the main noninvasive test used to assess vestibular function and can provide different eye movement parameters. Studies have shown the presence of abnormal eye movements in patients with MSA. From the perspective of vision-eye movement, this article reviews the current status of research on eye movements in patients with MSA and reveals the internal connection between them, in order to provide an important reference for the early diagnosis of MSA.

Key words: Multiple system atrophy; Videonystagmography; Gaze; Saccade; Smooth pursuit movement; Optokinetic nystagmus

眼球运动功能检查,特别是基于视频眼震图(video-nystagmography, VNG)的视眼动检查,因直观、简单、无创、快捷等特点,目前已广泛应用于临床,成为了神经系统检查的重要组成部分,可作为某些神经系统变性疾病的重要诊断依据^[1]。研究发现,多系统萎缩(multiple system atrophy, MSA)患者中异常眼动的发生率较高,可出现凝视诱发性眼震,方波急跳,扫视性追踪,扫视欠冲、过冲等^[2-5]。因此,异常眼球运动可能在多系统萎缩的早期诊断、进展及鉴别诊断中发挥重要作用,本文就MSA眼球运动障碍的表现、临床意义进行综述。

1 多系统萎缩

MSA是一种罕见的神经系统变性疾病,以 α -突触核蛋白(α -syn)在神经胶质细胞内异常聚集为突出病理表现,属于 α -突触核蛋白谱系病^[6]。病变主要累及黑质-纹状体系统、橄榄-脑桥-小脑系统,有帕金森型多系统萎缩(multiple system atrophy with predominant parkinsonism, MSA-P)和小脑型多系统萎缩(multiple system atrophy with predominant cerebellar ataxia, MSA-C)两种主要亚型,临床可表现为帕金森综合征、小脑共济失调、自主神经功能障碍的不同组合^[7-10]。多系统萎缩临床症状表现多样,与帕金森

病、路易体痴呆、脊髓小脑共济失调、进行性核上性麻痹等疾病存在重叠现象,缺乏典型的临床表现^[11,12]。

多系统萎缩的病因尚不清楚,多种因素参与其发病^[13]。目前尚无可用于指导临床诊断和判断预后的可靠的生物标志物^[14]。虽然有研究表明,MSA患者体内的miRNA^[15]、脑脊液神经丝轻链蛋白(neurofilament light chain, NFL)^[16]、 α -syn^[17]、生长分化因子15(growth differentiation factor 15, GDF15)^[18]的水平都发生了变化,突出了它们作为MSA生物标志物的潜力,但这需要大样本的临床试验验证。靶向治疗是目前研究的热点,其中,Anle138b^[19]、小分子ATH434^[20]、西罗莫司^[21]等都是近年来 α -syn靶向治疗研究的产物,这些方法在MSA小鼠模型中显示出一定的潜力,但部分治疗方法在临床试验中以失败告终。此外,通过神经保护和减轻神经炎症的治疗手段的研究也没有实质性的进展^[22,23]。

收稿日期:2024-05-15;修订日期:2024-09-15

作者单位:(1. 浙江中医药大学嘉兴大学联培基地,浙江 杭州 310053;

2. 浙江省嘉兴大学附属第二医院神经内科,浙江 嘉兴 314000)

通信作者:钱淑霞, E-mail: shuxia_630@163.com

虽然目前关于MSA的研究取得了一定的进展,但其潜在的病理学机制尚未完全了解,针对疾病改善的研究较为有限,仍缺乏确定的诊断和有效的治疗。因此,寻找新的特异性诊断标志物成为目前亟待解决的问题,也是MSA研究领域热点之一^[8,13,24]。

2 眼动系统

2.1 眼球运动形式 眼球运动的主要类型包括两类:一类参与稳定注视,包括前庭-眼动反射(vestibulo-ocular reflex, VOR)、视动性反射、凝视;另一类是转移注视,包括扫视和平稳追踪^[25,26]。

凝视是指离开中心位的眼球运动^[27];当视觉系统察觉到视野边缘的目标时,眼球运动系统能够快速转动眼球,将兴趣目标的影像投射到中央凹上,这种类型的眼球运动被称为扫视^[28,29];追踪比扫视眼运动更慢,持续时间更长,是平稳地追踪平滑移动物体的眼球运动^[30-32];视动是一种反射性眼球运动,可在头部静止不动时将运动的视觉环境稳定在视网膜上^[33,34]。前庭-眼动反射是通过产生与头部运动相反的眼球运动,从而保持在头部在运动过程中视线的稳定^[27]。眼球运动的作用是扩大视野,并将视觉目标稳定在中央凹上。

2.2 视觉-眼动反射及其调节 视觉-眼动反射(optokinetic reflex, OKR)是一种反射性眼球运动,是由光动力刺激诱导眼球向与图像运动相同或相反的方向转动^[34,35]。在OKR通路上,由视觉刺激传入,经脑干及小脑的神经整合作用,通过控制眼外肌的运动来调节眼球运动方向,最终保持视网膜图像的稳定性,此过程受到基底节、丘脑、大脑皮质等的调节^[36-38]。

2.3 异常眼球运动的意义 眼球运动通路复杂,受到大脑皮质、皮基底节、小脑、脑干等调节^[28,39]。眼球震颤(眼震)是一种不自主的、快速的、有节奏的异常眼球运动,随着VNG在临床上的广泛应用,异常眼球运动在疾病诊断过程中发挥越来越重要的作用^[40,41]。有研究发现,异常的眼球运动见于中枢神经系统的许多疾病,特别脑干和小脑疾病^[42]。因此,眼球运动的异常可以作为一种中枢信号,为疾病诊断提供定位的线索^[25,26]。

综上,视觉-眼动系统不仅可以维持视觉稳定性,也可以作为观察小脑及脑干等中枢结构的适宜窗口,可进一步探讨疾病的解剖与生理,为疾病的诊断寻求新的生物标志物^[43]。

3 多系统萎缩患者中的异常眼球运动特点

3.1 凝视异常 MSA患者中凝视性眼震发生率高,且形式多样。Zhou等^[2,3]先后对33例和45例多系统萎缩患者的异常眼球运动进行分析,发现MSA患者中凝视性眼震的发生率分别为24.2%和

13.3%,且MSA-C异常眼动的发生率高于MSA-P;施艳等^[44]对纳入的28例MSA患者研究发现,凝视性眼震的发生率为45.5%,且不能被固视所抑制;Anderson等^[4]发现在30例MSA患者中,12例出现了凝视诱发的水平眼震;Pinkhardt等^[5]在MSA患者中发现了下跳性的凝视性眼震。

凝视受到包括枕叶、顶叶、额叶、上丘、基底节、和小脑等区域的调节^[42,45]凝视诱发的眼球震颤可能与神经整合网络有关,涉及该网络的常见结构包括位于延髓和脑桥的舌下神经前置核、前庭内侧核和小脑绒球小结叶^[46,47]。如前文所述,多系统萎缩患者常累及橄榄-脑桥-小脑系统,结合目前国内外研究发现,在MSA患者中可表现各种复杂的凝视性眼震,不能被固视抑制,符合中枢性眼震特点,存在凝视受损的解剖学基础、生理条件和临床依据。

3.2 扫视异常 MSA患者扫视试验时主要表现为扫视欠冲,同时也可有潜伏期延长,峰值速度降低的多样性表现。Anderson等^[4]对30例MSA患者扫视结果研究发现,MSA患者的扫视异常率高达86%,其中,26例MSA患者表现为扫视欠冲,且垂直扫视比水平扫视更明显,向上扫视比向下扫视更明显,有1例患者表现为扫视的速度下降;Zhou等^[2,3]先后两次的研究表明,在33例MSA患者中扫视异常率为63.6%,主要表现为欠冲(48.5%),之后进一步扩大样本量发现,MSA患者中的扫视异常率可达73.3%,这与先前的研究结果一致,主要表现为扫视欠冲(53.3%),此外,还有一部分患者表现为过冲、速度减慢、潜伏期延长;刘玥等^[48]进行的11例MSA患者的小样本观察性研究发现,有9例表现为追赶性扫视,欠冲的发生率为81.8%;Zhou等^[2]对17例MPS患者眼震视图检查发现扫视潜伏期延长率为29.4%。

扫视受小脑、脑桥旁正中网状结构、基底节、中脑(上丘)及额叶、顶叶皮质的控制^[28,40-51]。扫视异常可能与黑质-纹状体系统、橄榄-脑桥-小脑系统受累有关^[9,48]。多系统萎缩患者的神经元变性可以发生在纹状体,累及下行视觉眼动通路(基底核区),对于视觉眼动功能影响较大,可表现为各种扫视异常^[52]。

3.3 平稳追踪异常 平稳追踪试验时,MSA患者中主要表现为增益值降低和出现各种扫视性追踪。施艳等^[44]收集的28例MSA患者中有21例表现为Ⅲ型曲线,1例表现为Ⅳ型曲线,而Ⅲ型、Ⅳ型波形的出现往往提示中枢性损害^[53];Zhou等^[3]通过对45例多系统萎缩患者前庭功能检查发现平稳追踪(smooth pursuit movement, SPM)异常的发生率为71.1%,主要表现为增益值降低,出现扫视样追踪;Pinkhardt等^[5]研究发现,MSA患者的SPM增益值降

低明显高于正常人;Zhou等^[2]分别对33例MSA进行前庭眼动检查,结果发现,SPM异常率为60.6%,主要表现为增益值的降低和出现各种扫视性追踪;Anderson等^[25]研究中发现MSA患者中的平稳追踪的异常率高达90%;Zhou等^[49]研究发现,在MSA-P患者中SPM异常率为58.8%,出现了较多的追赶性扫视。

眼球的平稳跟踪运动需要大脑皮质、小脑和脑干中枢共同参与完成^[54]。其中,小脑蚓部、前庭小脑和脑桥是眼球运动通路的重要组成部分,这些结构的损伤会降低平稳追踪的增益值,从而出现异常的追踪^[3,5]。MSA中受影响的几个脑区(大脑皮质、纹状体、中脑和小脑)通常与眼动有关^[55],当病变累及小脑蚓部、前庭小脑和相应的脑桥核等区域时,则会降低平稳追踪的增益值,并需要出现迅速扫视来赶上目标,这可能就是在MSA患者中出现平稳追踪增益降低和追赶性扫视的原因^[48]。

3.4 视动异常 MSA患者主要表示视动试验的增益值降低;Zhou等^[3]对45例MSA患者的研究发现,在多系统萎缩患者视动异常率分别为37.8%,表现为增益值降低,这对于临床诊断MSA具有一定的参考价值,但其结果的准确性仍需要扩大样本量进一步研究;施艳等^[44]研究,视动试验中MSA-P型的异常率明显高于MSA-C型,提示视动性眼震检查对于两者的鉴别可能有一定的价值。刘翠玮等^[56]发现,MSA患者的视动性眼震受损表现为增益值显著降低,不对称比无显著改变。

视动性眼球运动需要丘脑、脑干和小脑共同参与^[25,41]。多系统患者的小脑受损较重,导致前庭的平衡调节能力和速度存储机制发生障碍,从而可以表现为异常的视动^[44]。视动反应异常可以提供诊断和定位价值,作为观察神经系统变性疾病灵敏的临床工具^[57,58]。

4 总结与展望

MSA是一种神经系统退行性疾病,病变可以累及脑干、小脑、基底节等不同脑区,影响眼动通路^[8,10]。综述国内外临床研究发现,异常的眼球运动在MSA患者中并不少见,随着疾病进展,病变区域逐渐扩散到脑干各部位及大脑半球多脑区,导致视觉眼动通路功能障碍,可以出现一系列的异常眼球运动,而根据不同眼动参数来评估MSA患者的临床症状具有重要的临床意义。

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:赵丽娟负责论文设计、收集文献、撰写论文;钱淑霞负责拟定写作思路、指导撰写论文、修改论文并最后定稿。

[参考文献]

- [1] Ni G, Kim C, Nair L, et al. Impact and cost effectiveness of videonystagmography[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2021, 130(7): 718-723.
- [2] Zhou H, Wang X, Ma D, et al. The differential diagnostic value of a battery of oculomotor evaluation in Parkinson's disease and multiple system atrophy[J]. *Brain Behav*, 2021, 11(7): e02184.
- [3] Zhou H, Sun Y, Wei L, et al. Quantitative assessment of oculomotor function by videonystagmography in multiple system atrophy[J]. *Clin Neurophysiol*, 2022, 141: 15-23.
- [4] Anderson T, Luxon L, Quinn N, et al. Oculomotor function in multiple system atrophy: clinical and laboratory features in 30 patients[J]. *Mov Disord*, 2008, 23(7): 977-984.
- [5] Pinkhardt EH, Kassubek J. Ocular motor abnormalities in Parkinsonian syndromes[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2011, 17(4): 223-230.
- [6] Liu G, Tian C, Gao L, et al. Alpha-synuclein in erythrocyte membrane of patients with multiple system atrophy: a pilot study[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2019, 60: 105-110.
- [7] Pellicchia MT, Stankovic I, Fanciulli A, et al. Can autonomic testing and imaging contribute to the early diagnosis of multiple system atrophy? A systematic review and recommendations by the movement disorder society multiple system atrophy study group[J]. *Mov Disord Clin Pract*, 2020, 7(7): 750-762.
- [8] Poewe W, Stankovic I, Halliday G, et al. Multiple system atrophy [J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2022, 8(1): 56.
- [9] Miki Y, Foti SC, Asi YT, et al. Improving diagnostic accuracy of multiple system atrophy: a clinicopathological study [J]. *Brain*, 2019, 142(9): 2813-2827.
- [10] 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. 多系统萎缩诊断标准中国专家共识(2022)[J]. *中华神经科杂志*, 2023, 56(1): 15-29.
- [11] Miki Y, Tsushima E, Foti SC, et al. Identification of multiple system atrophy mimicking Parkinson's disease or progressive supranuclear palsy[J]. *Brain*, 2021, 144(4): 1138-1151.
- [12] Miglis MG, Muppidi S. Autonomic function testing in multiple system atrophy: a prognostic biomarker? and other updates on recent autonomic research [J]. *Clin Auton Res*, 2022, 32(4): 219-221.
- [13] 张含, 李楠楠, 张新宁, 等. 多系统萎缩治疗研究进展[J]. *临床神经病学杂志*, 2023, 36(6): 474-479.
- [14] 卢林广, 焦玲. 多系统萎缩的生物学标记物研究进展[J]. *癫痫与神经电生理学杂志*, 2021, 30(3): 180-184.
- [15] Wong YC, Krainc D. α -synuclein toxicity in neurodegeneration: mechanism and therapeutic strategies[J]. *Nat Med*, 2017, 23(2): 1-13.
- [16] Al Shweiki MR, Steinacker P, Oeckl P, et al. Neurofilament light chain as a blood biomarker to differentiate psychiatric disorders from behavioural variant frontotemporal dementia [J]. *J Psychiatr Res*, 2019, 113: 137-140.
- [17] Uwatoko H, Hama Y, Iwata IT, et al. Identification of plasma microRNA expression changes in multiple system atrophy and Parkinson's disease[J]. *Mol Brain*, 2019, 12(1): 49.
- [18] Yue T, Lu H, Yao XM, et al. Elevated serum growth differentiation factor 15 in multiple system atrophy patients: a case control study[J]. *World J Clin Cases*, 2020, 8(12): 2473-2483.
- [19] Levin J, Sing N, Melbourne S, et al. Safety, tolerability and pharmacokinetics of the oligomer modulator anle138b with exposure levels sufficient for therapeutic efficacy in a murine

- parkinson model: a randomised, double-blind, placebo-controlled phase 1a trial[J]. *EBio Medicine*, 2022, 80: 104021.
- [20] Heras-Garvin A, Refolo V, Schmidt C, et al. ATH434 reduces α -synuclein-related neurodegeneration in a murine model of multiple system atrophy[J]. *Mov Disord*, 2021, 36(11): 2605-2614.
- [21] Ndayisaba A, Wenning GK. Inhibition of the mammalian target or rapamycin (mTOR): a potential therapeutic strategy for multiple system atrophy[J]. *Clin Auton Res*, 2020, 30(1): 7-8.
- [22] Romero-Miguel D, Lamanna-Rama N, Casquero-Veiga M, et al. Minocycline in neurodegenerative and psychiatric diseases: an update[J]. *Eur J Neurol*, 2021, 28(3): 1056-1081.
- [23] Kassis I, Ben-Zwi M, Petrou P, et al. Synergistic neuroprotective effects of Fingolimod and mesenchymal stem cells (MSC) in experimental autoimmune encephalomyelitis [J]. *Immunol Lett*, 2021, 233: 11-19.
- [24] Lemos M, Wenning GK, Stefanova N. Current experimental disease-modifying therapeutics for multiple system atrophy [J]. *J Neural Transm*, 2021, 128(10): 1529-1543.
- [25] Anderson TJ, MacAskill MR. Eye movements in patients with neurodegenerative disorders[J]. *Nat Rev Neurol*, 2013, 9: 74-85.
- [26] Antoniadou CA, Kennard C. Ocular motor abnormalities in neurodegenerative disorders[J]. *Eye*, 2015, 29(2): 200-207.
- [27] Sarac ET, Batuk MO, Yarali M, et al. Effects of cognitive tasks on eye movements[J]. *Acta Neurol Belg*, 2022, 122(4): 1005-1010.
- [28] Molitor RJ, Ko PC, Ally BA. Eye movements in Alzheimer's disease[J]. *J Alzheimers Dis*, 2015, 44(1): 1-12.
- [29] Chan TLH, Hale TD, Steenerson KK. Vestibular lab testing: interpreting the results in the headache patient with dizziness [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2020, 20(6): 16.
- [30] Buonocore A, Skinner J, Hafed ZM. Eye position error influence over "open-loop" smooth pursuit initiation [J]. *J Neurosci*, 2019, 39(14): 2709-2721.
- [31] Jeong W, Kim S, Kim YJ, et al. Motion direction representation in multivariate electroencephalography activity for smooth pursuit eye movements[J]. *Neuroimage*, 2019, 202: 116160.
- [32] Ono S, Mustari MJ. Response properties of MST parafoveal neurons during smooth pursuit adaptation [J]. *J Neurophysiol*, 2016, 116(1): 210-217.
- [33] Robinson DA. Neurophysiology of the optokinetic system [J]. *Prog Brain Res*, 2022, 267(1): 251-269.
- [34] Harris SC, Dunn FA. Asymmetric retinal direction tuning predicts optokinetic eye movements across stimulus conditions [J]. *eLife*, 2023, 17(12): e81780.
- [35] 何映虹. 基于神经网络的眼动信息特征提取与眩晕诊断方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2021.
- [36] 周立彻. 视觉追踪运动异常在突触核蛋白谱系病中的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2018.
- [37] Wakita R, Tanabe S, Tabei K, et al. Differential regulations of vestibulo-ocular reflex and optokinetic response by β - and α 2-adrenergic receptors in the cerebellar flocculus [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 3944.
- [38] Inoshita T, Hirano T. Occurrence of long-term depression in the cerebellar flocculus during adaptation of optokinetic response [J]. *eLife*, 2018, 7: e36209.
- [39] Fukushima K, Fukushima J, Barnes GR. Clinical application of eye movement tasks as an aid to understanding Parkinson's disease pathophysiology [J]. *Exp Brain Res*, 2017, 235(5): 1309-1321.
- [40] Eggers SDZ, Bisdorff A, von Brevern M, et al. Classification of vestibular signs and examination techniques: nystagmus and nystagmus-like movements [J]. *J Vestib Res*, 2019, 29(2-3): 57-87.
- [41] 李铃, 闫卫红, 刘晓蕾, 等. 帕金森综合征的异常眼球运动研究进展 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2023, 26(4): 515-518.
- [42] Strupp M, Kremmyda O, Adamczyk C, et al. Central ocular motor disorders, including gaze palsy and nystagmus [J]. *J Neurol*, 2014, 261(Suppl 2): S542-S558.
- [43] Pham NC, Kim YG, Kim SJ, et al. Adaptation of optokinetic reflex by training with different frequency and amplitude [J]. *J Integr Neurosci*, 2022, 21(5): 131.
- [44] 施艳, 付炜, 王圆圆, 等. 以头晕为主要症状的多系统萎缩患者眼震视图特征分析 [J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*, 2021, 28(6): 798-801.
- [45] 陈亚瑟, 周小婷, 孙启英, 等. 帕金森病眼球运动障碍研究进展 [J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(2): 143-146.
- [46] Tsai PF, Chen YJ. Case report: multiple sclerosis presenting as unilateral gaze-evoked nystagmus [J]. *Optom Vis Sci*, 2023, 100(6): 419-421.
- [47] Lee H, Kim HA. Anatomical structure responsible for direction changing bilateral gaze-evoked nystagmus in patients with unilateral cerebellar infarction [J]. *Medicine*, 2020, 99(17): e19866.
- [48] 刘玥, 牛露露, 唐鹏, 等. 眼动功能检查在帕金森病与多系统萎缩P型鉴别诊断的价值 [J]. *脑与神经疾病杂志*, 2022, 30(4): 237-240.
- [49] Zhou H, Wei L, Jiang Y, et al. Abnormal ocular movement in the early stage of multiple-system atrophy with predominant Parkinsonism distinct from Parkinson's disease [J]. *J Clin Neurol*, 2024, 20(1): 37-45.
- [50] Terao, Fukuda H, Tokushige SI, et al. Distinguishing spinocerebellar Ataxia with pure cerebellar manifestation from multiple system atrophy (MSA-C) through saccade profiles [J]. *Clin Neurophysiol*, 2017, 128(1): 31-43.
- [51] Terao, Tokushige SI, Inomata-Terada S, et al. Differentiating early Parkinson's disease and multiple system atrophy with Parkinsonism by saccade velocity profiles [J]. *Clin Neurophysiol*, 2019, 130(12): 2203-2215.
- [52] Meissner WG, Fernagut PO, Dehay B, et al. Multiple system atrophy: recent developments and future perspectives [J]. *Mov Disord*, 2019, 34(11): 1629-1642.
- [53] 刘惠. 帕金森病患者的眼震电图研究 [D]. 济南: 山东大学, 2015.
- [54] Jung I, Kim JS. Abnormal eye movements in Parkinsonism and movement disorders [J]. *J Mov Disord*, 2019, 12(1): 1-13.
- [55] 郭芬, 王晓雪, 许宏侠, 等. 老年帕金森病血清生化指标与非运动症状的关系 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(13): 1131-1135.
- [56] 刘翠玮. 多系统萎缩患者眼震电图分析 [D]. 济南: 山东大学, 2015.
- [57] Hale DE, Reich S, Gold D. Optokinetic nystagmus: six practical uses [J]. *Pract Neurol*, 2024, 24(4): 285-288.
- [58] Seshagiri DV, Pal PK, Jain S, et al. Optokinetic nystagmus in patients with SCA: a bedside test for oculomotor dysfunction grading [J]. *Neurology*, 2018, 91(13): e1255-e1261.

引证本文: 赵丽娟, 钱淑霞. 多系统萎缩异常眼球运动的研究进展 [J]. *中风与神经疾病杂志*, 2025, 42(1): 30-33.