

综述

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.003453

血浆置换治疗视神经脊髓炎相关性视神经炎的研究进展

彭雪娇,叶诗洋,黄小勇,姜安丽,廖明燕,王晓蕾

(陆军军医大学第一附属医院眼科,重庆 400038)

【摘要】血浆置换是一种重要的临床治疗手段,广泛地应用于神经病学、血液病学及代谢紊乱性疾病等多种临床疾病的治疗,但治疗视神经脊髓炎相关性视神经炎国内暂时未普遍使用。本文就视神经脊髓炎相关性视神经炎发病机制与临床表现等特点,对血浆置换治疗方法及其对视神经脊髓炎相关性视神经炎治疗机制、注意事项及不良反应情况进行综述,为临床诊断及预后判断提供一定参考依据。

【关键词】血浆置换;视神经脊髓炎相关性视神经炎;治疗机制

【中图分类号】R774.6+1

【文献标志码】A

【收稿日期】2023-12-10

Research advances in plasma exchange in treatment of neuromyelitis optica-related optic neuritis

Peng Xuejiao, Ye Shiyang, Huang Xiaoyong, Jiang Anli, Liao Mingyan, Wang Xiaolei

(Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Army Medical University)

【Abstract】Plasma exchange is an important treatment method in clinical practice and is widely used in the treatment of various clinical diseases such as neurological diseases, hematological diseases, and metabolic disorders, while it has not been widely used in China for the treatment of neuromyelitis optica-related optic neuritis. This article reviews the pathogenesis and clinical manifestations of neuromyelitis optica-related optic neuritis, the mechanism of plasma exchange in the treatment of neuromyelitis optica-related optic neuritis, and related precautions and adverse reactions, in order to provide a reference for clinical diagnosis, treatment, and prognostic evaluation.

【Key words】plasma exchange; neuromyelitis optica-related optic neuritis; therapeutic mechanism

视神经脊髓炎相关性视神经炎(neuromyelitis optica related optic neuritis, NMO-ON)是一种累及中枢神经系统(central nervous system, CNS)的脱髓鞘性疾病,其特异性靶器官为脊髓和视神经。该疾病的确诊要素之一是视神经炎(optic neuritis, ON)^[1-2]。NMO-ON与多发性硬化(multiple sclerosis, MS)均可能表现为ON的首发症状,但两者病理机制不同。视神经脊髓炎(neuromyelitis optica, NMO)是CNS自身免疫性疾病,主要累及视神经、脊髓,常表现为复发或急性视神经炎与横断性脊髓炎。ON为中青年人群急性视力丧失的主要眼病,我国特发性视神经炎患者于首次发病后5~10年转化为NMO、视神经脊髓炎谱系(neuromyelitis optica spectrum disorders, NMOSD)疾病的风险率分别为14.1%、26.0%^[3],NMO-ON致盲率较高,NMO具有高致残率与病死

率,临床表现复杂,复发后对患者有神经性致残风险,治疗反应多样化。故早期诊断NMO-ON对指导治疗及预后判断具有重要意义。

1 发病机制与流行病学

大多数NMO患者的血液中可以检测到特异性作用于星形胶质细胞表面的自身抗体,即水通道蛋白4(Aquaporin 4, AQP4)抗体。这一发现揭示了NMO的致病机制,并为NMO-ON的早期诊断提供了重要参考依据^[4]。基于这种病理机制,NMO-ON包括经典视神经脊髓炎所导致的视神经炎,以及视神经脊髓炎谱系中的视神经炎。对于NMOSD中AQP4抗体呈阳性的患者,可以确认其为ON^[5]。临床通过检测血清中AQP4抗体辅助诊断血清反应呈阳性的NMO或NMOSD疾病,少数NMO患者血清AQP4抗体呈阴性,说明NMO发病可能还与其他因素有关。

NMO的主要发病机制涉及凋亡相关斑点样蛋白(apoptosis-associated speck-like protein, ASC)损伤和炎症反应。细胞因子和补体依赖性细胞毒性等因素导致少突胶质

作者介绍:彭雪娇,Email:251126812@qq.com,

研究方向:眼科神经眼病。

通信作者:王晓蕾,Email:1921001@qq.com,

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助项目(编号:82301199)。

优先出版:https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20240328.1056.026

(2024-04-01)

细胞和髓鞘崩解、轴索损伤和血脑屏障破坏。抗体依赖细胞介导的细胞毒性反应也是疾病进展和损伤因素之一。NMO 样损伤可以通过实验方法诱导,同时脑脊液中的损伤标志物可用于诊断。在体外实验和动物模型中,球后注射、玻璃体腔注射等方法可以使小鼠产生 NMO 样损伤^[6]。同时,在疾病的临床表现中,视神经、脊髓和脑干等部位都可能受到影响。脑脊液中的损伤标志物也可以用于 NMO 的诊断^[7]。脑脊液中的 ASC 损伤标志物可用于判断 NMO 的发生,并与患者的临床表现有一定联系。例如,胶质纤维酸性蛋白 (glial fibrillary acidic protein, GFAP) 的上升表明疾病的复发。此外,脑脊液中趋化因子在 NMO 的早期显著下降,低表达水平则意味着视力恢复的预后较差^[8]。

NMO 发病率呈逐年上升趋势,该病谱系疾病多见于 40 岁左右人群,儿童与老人也易受累,女性发病率高于男性。NMO 患者往往经历复发性病程,尤其是成年女性患者,在同时患有其他自身免疫性疾病的情况下,复发率更高。相比之下,儿童患者和在良好护理条件下生活、接受母乳喂养的婴儿,患病风险较低。然而,剖宫产出生史的婴儿患上 NMO 的风险会增加。

2 临床表现

NMO-ON 主要表现为视力下降。有些患者会出现眼痛,还有些患者会同时或序贯性地出现双眼发病。在急性期,大多数患者的视力下降程度十分严重,甚至可能完全失去光感。相比于 NMO 中的其他视神经炎表现,NMO-ON 患者更容易出现双眼严重视力下降的情况,而同时双眼发病的情况较为罕见。除了视力下降,NMO-ON 患者还可能伴有眼球运动异常、顽固性呃逆和呕吐、嗜睡以及神经内分泌功能异常等隐匿性脑干症状,这些症状在 MS 中较为少见。此外,NMO-ON 患者还可能出现痛性痉挛的症状^[9-10]。

3 辅助检查

3.1 视功能与视觉电生理检查

MS 患者首次发生 ON 后,大多数患者的视野能够恢复正常,但是在 NMO 患者中,视野的缺失往往比较明显。在 NMO-ON 发病过程中,患者常常出现视野中心的暗点以及视交叉、后视路的受损,这导致患者的双颞侧和同侧都可能出现偏盲现象。视觉诱发电位检查显示,大部分 NMO 患者的波形缺失或主波波幅下降,仅极少数患者的波幅正常或轻度降低^[11]。

3.2 光相干断层扫描检查

NMO-ON 患者通过光相干断层扫描可观察到视盘和黄斑区的结构改变,此检查比视力和视野检查更为客观和敏感。NMO 患者发病半年后,视盘周围视网膜神经纤维层厚度显著减少。盘周围视网膜神经纤维层丢失的程度与视野和视力受损的程度呈正相关。黄斑区内核层厚度增加,出现

黄斑微囊样水肿,暗示视力预后较差^[12-13]。

3.3 眼眶及颅脑核磁共振 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查

MS 是一种中枢神经系统慢性炎症性脱髓鞘性疾病,常表现为多发性、多部位的神经系统损害。NMO-ON 是一种罕见但严重的免疫介导性疾病,其特征是单眼发病、视神经内部病变和强化。眼眶 MRI 检查在诊断这类疾病时发挥着重要作用,T2 加权成像和脂肪抑制序列有助于观察急性期长 T2 信号病灶,而平行于视神经的 T1 增强扫描序列则可以显示增强扫描结果。全脑扫描可帮助评估视路受累的范围和程度,包括视交叉、视神经后部等部位的情况。因此,在 MS 和 NMO-ON 的诊断中,眼眶 MRI 检查是一项重要的辅助诊断手段,对疾病的提取和核心词的确定具有关键意义。研究表明,在 NMO 引起的 ON 发作期间,视神经周围血管和软脑膜呈现云状或铅线样强化,这表明病变与 NMO 的病理机制相一致^[14]。

4 NMO-ON 治疗

4.1 NMO-ON 常用治疗方法

①糖皮质激素治疗:ON 急性期或者双眼发病患者主要以大剂量糖皮质激素冲击治疗为主^[15]。NMO-ON 导致的功能障碍与每次发作密切相关,故当病情复发应根据患者全身情况尽快选用大剂量激素静滴或口服,对视功能恢复有促进作用且能减少病情复发。但该方式对部分 NMO 患者疗效有限或无效。②免疫抑制剂治疗:在恢复期或慢性期,可以选择硫唑嘌呤、环磷酰胺等免疫抑制剂进行治疗。虽然该方法起效慢,且副作用较大,但在某些情况下,对于激素治疗无效或无法耐受的患者,免疫抑制剂可能成为一种有效的替代治疗方案。③免疫球蛋白治疗:静脉输注丙种球蛋白 (intravenous immunoglobulin, IVIG) 也是急性期治疗的一种选择。IVIG 是从大量健康人血浆中分离提取并经过病毒灭活处理的免疫球蛋白制品,具有免疫调节和抗炎作用,可以用于激素禁忌或对激素反应不佳的 ON 患者。然而,关于 IVIG 治疗 ON 的确切疗效仍需进一步地研究和验证^[16]。④血浆置换 (plasma exchange, PE) 治疗:重症 NMO-ON 患者、急性期激素治疗恢复效果不佳患者应尽早选择 PE 治疗。2016 年美国单采协会临床治疗指南 (第七版) 明确提出 PE 可用于治疗包括急性期 ON 在内的 10 种神经系统疾病^[17],为急性期 ON 治疗提供了理论与技术支持。为此,本文针对 PE 治疗方法与作用机制进行探讨。

4.2 PE 治疗

PE 也称为血浆分离,为治疗性血液净化方式。通过血浆分离机分离血浆,补充等量血浆清除体内毒素,调节细胞、体液免疫。PE 治疗的优点在于能够直接清除致病抗体,从而具有确切的疗效。对于那些无法耐受糖皮质激素冲击治疗或大剂量激素无法有效控制的患者,尤其是那些同时合并糖尿病、高血压、精神疾病或消化性溃疡等情况的患者,PE

治疗可以作为一种选择。此外,对于那些脱髓鞘疾病患者,其他治疗方式无效的个体,也可以考虑应用PE治疗^[18-19]。

4.2.1 PE 的分类 PE治疗包括单纯血浆置换、双重血浆置换和血浆吸附疗法。单纯血浆置换是一种通过提取全血浆并分离致病性抗体等物质来进行治疗的方法。双重血浆置换在单纯血浆置换基础上,有针对性地清除抗原和抗体等物质,并输注有益成分给患者。血浆吸附疗法较少使用,采用吸附剂清除致病物质。相比单纯血浆置换而言双重血浆置换能更有效地节约血浆资源,适合危重症抢救^[20-21]。

4.2.2 PE治疗NMO-ON的机制

4.2.2.1 清除血清中致病因子 NMO-ON是一种自身免疫性疾病,AQP4抗体是NMO的特异性致病抗体,在体液免疫过程中产生。血清中AQP4抗体浓度与疾病严重程度及活性水平密切相关,并被认为是一种敏感的标志物。PE作为NMO-ON重要治疗方法之一,近年来在国内逐渐普及。PE通过清除循环中的致病抗体、细胞因子以及补体等因子,以期达到治疗效果。同时,PE对于清除髓鞘少突胶质细胞糖蛋白抗体、髓鞘碱性蛋白抗体等多种类型的致病抗体也具有一定作用^[7,22]。

4.2.2.2 调节免疫功能 PE治疗的作用类似于糖皮质激素,它通过清除体内的致病性抗体和其他免疫因子,以减少促炎细胞的活性和炎症反应。免疫系统中的多个组分参与了这一复杂的过程。在免疫反应中,B淋巴细胞和其分化形态浆细胞产生抗体,巨噬细胞和单核细胞则起着吞噬和清除病原体的作用。然而,在某些免疫性疾病中,包括NMO-ON在内,免疫系统产生了异常的免疫复合物和细胞因子,导致炎症反应的持续存在^[23-24]。

5 PE治疗方案

美国国立卫生研究院(national institutes of health,NIH)推荐的治疗方案建议,对于患者来说,首选的治疗方法是静脉滴注甲泼尼龙,剂量为1g,持续治疗3~5d。如果症状没有缓解或者持续恶化,NIH建议立即进行PE治疗,每天进行1次或者间隔1d,总共进行5次治疗。对于那些曾经接受过PE治疗,并且取得了明显疗效的患者,如果病情再次发作,PE可以作为首选治疗方法。有研究表明,PE治疗能有效改善NMO-ON复发患者症状和视力,降低再复发率^[25],对NMO-ON复发的治疗具有重要意义。

①频率:根据病情、疗效、血浆内浓度来制定方案。②剂量:置换剂量为血浆容量1倍。③置换液:主要为血浆制品,或代血浆。④方式:以血细胞分离机进行PE^[26-28]。

6 PE注意事项

PE治疗需要由专业医疗团队在综合性医院中实施,这包括神经眼科和输血科的医疗团队共同参与,并且通常需要进行会诊。在治疗过程中,医疗团队应遵循严格的管理程

序,确保PE治疗的安全和有效性,并要注意以下问题。

6.1 把握治疗适应证与禁忌证

NMO-ON急性发作期的治疗中,糖皮质激素常常是首选药物。如使用激素3~5d后视力恢复不明显,或已经使用1~2个疗程大剂量糖皮质激素治疗不建议继续使用的患者,PE可被认为是一种有效的治疗选择。临床评估是NMO-ON治疗过程中的重要环节,及时进行MRI检查以评估病变的程度和进展情况十分必要。当视力改善不明显时,及时调整治疗方法,可以更好地改善视野,保护视神经^[29]。

不适合PE治疗的情况:①有不稳定性全身疾病的患者;②对血浆、蛋白过敏患者;③静脉炎、抗磷脂综合征等具有血栓倾向性疾病者;④妊娠或哺乳期妇女;⑤无法配合治疗,依从性差的患者;⑥输血科医师评估的其他不适于PE治疗的患者。

6.2 优化治疗流程方案

近年来,神经眼科医师在诊断和治疗NMO-ON方面发挥着重要作用。针对这种中枢神经系统脱髓鞘病变,患者通常需要通过神经眼病专业组的医生进行评估和治疗。PE是1种常见的治疗方法,被广泛应用于NMO-ON的治疗。在开始PE治疗之前,适应证的评估非常重要。此外,会诊也是必要的,以确保治疗方案的制定和实施符合最佳实践标准。在会诊过程中,医生将评估患者的病情和治疗反应,并讨论PE是否是合适的治疗选择^[30-31]。在PE过程中,输血科医师和护理人员负责进行PE操作,并全程监测患者的生命体征。需要紧密关注治疗过程中是否出现不良反应,并及时处理任何问题。此外,还需要持续监测患者的白蛋白水平、电解质平衡、血液常规和凝血功能等指标,特别要注意是否出现低钙和过敏反应等情况。

PE治疗通过使用血细胞分离机对全血进行处理,旨在清除体内的有害物质和致病因子。在PE治疗中,通常使用血浆制品或代血浆作为置换液。然而,使用代血浆时需要密切监测患者的凝血功能,特别是纤维蛋白原水平。如果纤维蛋白原水平低于1g/L,需要立即补充冷沉淀或者新鲜冷冻血浆来纠正凝血功能异常。在整个PE过程中,补充钙剂是必要的。葡萄糖酸钙可以通过静脉滴注的方式给予,以维持患者体内游离钙离子水平在1.00~1.35mmol/L^[32]。

PE治疗量根据患者血浆容量而定,适宜量为机体血浆1~1.5倍。血浆容量计算公式为 $(1 - \text{血细胞比容}) \times [b + (c \times \text{体重})]$,其中b值和c值因性别而异。PE治疗的频率根据患者病情和致病因子决定,与NMO-ON相关的AQP4抗体清除通常每隔1~2d进行1次。初始治疗可每天进行,病情稳定后可调整频率。具体方案应遵医嘱。

7 重视不良反应及预防管理

在PE治疗期间,即使进行了详细的计划和密切的监测,仍然可能发生不良反应。处理不良反应关键的措施是去除导致不良反应的原因,并且注重预防。

7.1 电解质紊乱

低钙血症和低钾血症是 PE 常见不良反应,主要表现为手足搐搦、口周麻木、肢体感觉异常、肌张力增高、胃肠道不适等,与血浆内含大量枸橼酸盐及输注速度过快或长期使用糖皮质激素治疗有关。因此,PE 治疗需全程行心电监护、建立静脉通道和补充葡萄糖酸钙,并严格控制血浆输注速度^[33]。

7.2 过敏反应

PE 导致的过敏反应,症状包括面部发红、肿胀、低血压、荨麻疹和呼吸困难。在极端情况下,过敏反应可能导致过敏性休克,这是一种危及生命的急性病症。轻度过敏反应可治疗,严重时应立即停止 PE 治疗。因此,患者进行 PE 治疗时监测患者的生命体征及保持静脉通道非常重要,包括监测血压、心率和呼吸频率等指标^[34-35]。此外,吸氧对于保持动脉血氧饱和度正常是必要的。在呼吸困难加剧时,可能需要紧急措施如气管插管或切开。休克治疗包括补液、使用血管活性药物和监测心输出量。预防性药物治疗如苯海拉明可用于减轻过敏反应。

7.3 其他反应

PE 治疗的常见不良反应通常与血管通路有关。为了降低不良反应的风险,在治疗前应 与患者进行充分的沟通,帮助患者缓解紧张情绪。在治疗过程中,如果出现任何不适,患者应及时与操作技师进行沟通,以便及时发现和处理不良情况。这些措施对于减少 PE 治疗的不良反应具有重要意义。

8 结 语

综上所述,NMO-ON 的主要发病机制与 AQP4 等抗体导致的星形胶质细胞损伤有关,该病虽仍以激素治疗为主,但是对于 NOM-ON 急性发作,或者大剂量激素冲击治疗效果不明显者 PE 为其有效治疗方式,也是眼科神经眼病重要的一种治疗方式,但对于治疗方案的可能机制、不良反应及对患者的预后影响仍存在较多急需解决的问题,待临床进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] Shin JS, Kwon YN, Choi Y, et al. Comparison of psychiatric disturbances in patients with multiple sclerosis and neuromyelitis optica[J]. *Medicine*, 2019, 98(38):e17184.
- [2] Bonnan M, Berthelot E, Cabre P. Large brain cavitation revealing neuromyelitis optica. *Neuroimage*[J]. *Rev Neurol*, 2020, 176(1/2): 125-126.
- [3] Peng JT, Cong HR, Yan R, et al. Neurological outcome and predictive factors of idiopathic optic neuritis in China[J]. *J Neurol Sci*, 2015, 349(1/2): 94-98.
- [4] 赵 峰,陈 伟,孙青山,等. 血清 AQP4-Ab 在视神经炎患者中的表达[J]. *国际眼科杂志*, 2016, 16(10): 1956-1958.

Zhao F, Chen W, Sun QS, et al. Expression of serum AQP4-Ab and the significance in patients with optic neuritis[J]. *Int Eye Sci*, 2016, 16(10): 1956-1958.

[5] 刘文冬,于明依,姜利斌. 视神经脊髓炎相关视神经炎发病机制及生物学标志物的研究进展[J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(3): 228-233.

Liu WD, Yu MY, Jiang LB. The progress of research on the immune pathogenesis and biomarkers in optic neuritis related to neuromyelitis optica[J]. *J Command Contr*, 2019, 55(3): 228-233.

[6] Bourne RRA, Flaxman SR, Braithwaite T, et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet Glob Health*, 2017, 5(9): e888-e897.

[7] 魏世辉,宋宏鲁. 增强对视神经脊髓炎相关性视神经炎的认识,提高早期正确诊断及治疗水平[J]. *中华眼底病杂志*, 2019, 35(3): 215-218.

Wei SH, Song HL. Enhance the awareness of neuromyelitis optica-related optic neuritis to improve early diagnosis and treatment outcomes [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2019, 35(3): 215-218.

[8] 李再来. 脑脊液 BAFF、VEGF 水平在视神经脊髓炎患者中的变化及其意义[J]. *卒中与神经疾病*, 2018, 25(6): 681-684.

Li ZL. The changes of cerebrospinal fluid BAFF, VEGF levels in patients with neuromyelitis optica and their significance[J]. *Stroke Nerv Dis*, 2018, 25(6): 681-684.

[9] 宋宏鲁,杨 沫,孙明明,等. 水通道蛋白 4 抗体阳性儿童视神经炎的临床特征和预后分析[J]. *中华眼底病杂志*, 2020, 36(4): 257-261.

Song HL, Yang M, Sun MM, et al. Clinical features and prognosis of aquaporin-4 antibody positive pediatric optic neuritis[J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2020, 36(4): 257-261.

[10] 陈雪猛,王 勇,王娅琼,等. 以视神经脊髓炎为首表现的原发性干燥综合征 1 例及文献回顾[J]. *重庆医学*, 2020, 49(4): 569-572, 576.

Chen XM, Wang Y, Wang YQ, et al. Neuromyelitis optica as an initial manifestation of primary sjögren's syndrome: a case report and literature review[J]. *Chongqing Med*, 2020, 49(4): 569-572, 576.

[11] Polston C, Agalidy YS, Mamedov AA, et al. Technical note: a preliminary evaluation of a method for the examination of text substitutions using magneto-optical measurements[J]. *Forensic Sci Int*, 2021, 323: 110776.

[12] Rocca MA, Mesaros S, Preziosa P, et al. Wallerian and trans-synaptic degeneration contribute to optic radiation damage in multiple sclerosis: a diffusion tensor MRI study[J]. *Mult Scler*, 2013, 19(12): 1610-1617.

[13] Esen E, Sizmaz S, Demir T, et al. Evaluation of choroidal vascular changes in patients with multiple sclerosis using enhanced depth imaging optical coherence tomography[J]. *Ophthalmologica*, 2016, 235(2): 65-71.

[14] London F, Zéphir H, Drumez E, et al. Optical coherence tomography: a window to the optic nerve in clinically isolated syndrome[J]. *Brain*, 2019, 142(4): 903-915.

[15] 宋宏鲁,徐全刚,魏世辉. 视神经脊髓炎谱系疾病相关性视神

经炎的治疗研究进展[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(7): 539-543.

Song HL, Xu QG, Wei SH. Progress in the treatment of neuromyelitis optica spectrum disorders related optic neuritis[J]. J Command Contr, 2020, 56(7): 539-543.

[16] 宋宏鲁, 魏世辉, 孙明明, 等. 《中国脱髓鞘性视神经炎诊断和治疗循证指南(2021 年)》解读[J]. 中华眼底病杂志, 2021, 37(10): 753-757.

Song HL, Wei SH, Sun MM, et al. Interpretation of an evidence-based guideline for the diagnosis and treatment of demyelinating optic neuritis in China (2021)[J]. Chin J Ocul Fundus Dis, 2021, 37(10): 753-757.

[17] Schwartz J, Winters JL, Padmanabhan A, et al. Guidelines on the use of therapeutic apheresis in clinical practice—evidence-based approach from the Writing Committee of the American Society for Apheresis: the sixth special issue[J]. J Clin Apher, 2013, 28(3): 145-284.

[18] Premuzic V, Bilic E, Sepec BI, et al. Lower number of plasma exchange sessions and glomerular filtration rate decline are associated with second relapses in patients with myasthenia gravis[J]. Medicine, 2020, 99(6): e19100.

[19] Han MY, Chen Y, Nong LQ, et al. Safety and efficacy of plasma exchange for the treatment of optic neuritis in neuromyelitis optica spectrum disorders: a protocol for systematic review and meta-analysis[J]. Medicine, 2020, 99(28): e21067.

[20] 梁宪红, 黄晓霞, 曾东杰, 等. 血浆置换治疗视神经脊髓炎谱系疾病及其有效性分析: 附 4 例报告[J]. 中国输血杂志, 2020, 33(1): 22-25.

Liang XH, Huang XX, Zeng DJ, et al. Therapeutic safety and efficacy of plasma exchange in patients with neuromyelitis optica spectrum disorder: four cases[J]. Chin J Blood Transfus, 2020, 33(1): 22-25.

[21] Deschamps R, Gueguen A, Parquet N, et al. Erratum to: plasma exchange response in 34 patients with severe optic neuritis[J]. J Neurol, 2017, 264(7): 1547.

[22] Jacquet C, Garnier A, Cheuret E. Plasma exchange and immunoadsorption in pediatric inflammatory optic neuropathy resistant to corticosteroid therapy: four French cases[J]. Neuropediatrics, 2016, 47(3): 175-178.

[23] 陈鹭, 张桂菊, 刘小荣. 血浆置换在儿科神经系统免疫障碍性疾病中的应用[J]. 中国血液净化, 2015, 14(3): 159-162.

Chen L, Zhang GJ, Liu XR. Plasma exchange in the treatment of pediatric neurological diseases mediated by immunological abnormalities[J]. Chin J Blood Purif, 2015, 14(3): 159-162.

[24] 郝彦超, 唐石磊. 血浆置换在神经内科自身免疫性疾病临床治疗中的效果观察[J]. 中国现代药物应用, 2013, 7(23): 73-74.

Hao YC, Tang SL. Observation on the effect of plasma exchange in clinical treatment of autoimmune diseases in neurology department[J]. Chin J Mod Drug Appl, 2013, 7(23): 73-74.

[25] 冉建川, 冯新程, 何洪海, 等. 静脉注射免疫球蛋白治疗糖皮质激素耐药的 NMO-ON 复发患者的疗效[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(4): 694-697.

Ran JC, Feng XC, He HH, et al. Efficacy of intravenous immunoglobulin in patients with relapsed glucocorticoid-resistant NMO-ON[J]. International Eye Science, 2021, 21(4): 694-697.

[26] 赵莹莹, 张依, 梁文野, 等. 视神经脊髓炎谱系疾病临床特点

分析及治疗进展[J]. 神经损伤与功能重建, 2018, 13(4): 177-180.

Zhao YY, Zhang Y, Liang WY, et al. Clinical characteristics analysis and treatment progression of neuromyelitis optica spectrum disorders[J]. Neural Inj Funct Reconstr, 2018, 13(4): 177-180.

[27] 张玉凤, 杨佳. 血浆置换在神经脊髓炎相关视神经炎中的应用效果及影响因素分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2018, 17(21): 2319-2323.

Zhang YF, Yang J. Study on the application of plasma exchange in treatment of neuromyelitis-associated with optic neuritis and its influencing factors[J]. J Clin Exp Med, 2018, 17(21): 2319-2323.

[28] 庄远, 徐全刚, 魏世辉. 血浆置换治疗急性期视神经炎[J]. 眼科, 2017, 26(1): 6-9.

Zhuang Y, Xu QG, Wei SH. Therapeutic plasma exchange for acute optic neuritis[J]. Ophthalmol China, 2017, 26(1): 6-9.

[29] 张亚岚, 刘会, 谢沁芳, 等. 视神经脊髓炎谱系疾病相关实验室指标研究现状及进展[J]. 解放军医学杂志, 2020, 45(5): 573-578.

Zhang YL, Liu H, Xie QF, et al. Research status and progress of laboratory indexes related to neuromyelitis optica spectrum disorders[J]. Med J Chin People's Liberation Army, 2020, 45(5): 573-578.

[30] 郭思彤, 李众, 姜利斌, 等. AQP4 抗体阳性视神经脊髓炎相关视神经炎糖皮质激素冲击治疗效果分析[J]. 中华眼科杂志, 2019, 55(3): 180-185.

Guo ST, Li Z, Jiang LB, et al. Effects of intravenous methylprednisolone pulse therapy on optic neuritis associated with AQP4 antibody seropositive neuromyelitis optica[J]. J Command Contr, 2019, 55(3): 180-185.

[31] 陈彬, 李尧, 王瑞金, 等. 视神经脊髓炎谱系疾病临床特征分析及症状异质性研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2019, 14(4): 169-172.

Chen B, Li Y, Wang RJ, et al. Clinical analysis and research on atypical manifestation of neuromyelitis optica spectrum disorders[J]. Neural Inj Funct Reconstr, 2019, 14(4): 169-172.

[32] 李妙嫦, 李蕊, 杨渝, 等. 伴其他自身免疫相关抗体的视神经脊髓炎谱系疾病临床特点分析[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2020, 20(9): 794-799.

Li MC, Li R, Yang Y, et al. Clinical characteristics of patients with neuromyelitis optica spectrum disorders with other autoantibodies[J]. Chin J Contemp Neurol Neurosurg, 2020, 20(9): 794-799.

[33] 韦雪芸. 血浆置换不良反应发生情况及影响因素分析[J]. 当代护士(下旬刊), 2021, 28(7): 31-34.

[34] 龚立超, 常红, 赵洁. 治疗性血浆置换术中血管通路应用及护理研究进展[J]. 中国护理管理, 2020, 20(11): 1757-1760.

Gong LC, Chang H, Zhao J. A review of application of vascular access and care of its complication in Therapeutic Plasma Exchange[J]. Chin Nurs Manag, 2020, 20(11): 1757-1760.

[35] 谭少英, 庄远, 魏世辉, 等. 血浆置换治疗难治性视神经炎急性期患眼的视力预后[J]. 中华眼底病杂志, 2019, 35(3): 255-258.

Tan SY, Zhuang Y, Wei SH, et al. Visual improvement of therapeutic plasma exchange for refractory optic neuritis patients in acute phase[J]. Chin J Ocul Fundus Dis, 2019, 35(3): 255-258.

(责任编辑: 曾玲)