

· 综述 ·

强直性脊柱炎运动疗法的研究现状与进展

杨语盈 王森 王立娟 阮槟

北京体育大学运动医学与康复学院, 北京 100084

通信作者: 阮槟, Email: ruanbing@bsu.edu.cn

【摘要】 强直性脊柱炎(AS)是以骶髂关节和脊柱慢性炎症为主要表现的全身性疾病,好发于青壮年,病程长且致残率高,严重影响患者的运动功能和生活质量。大量研究表明,综合的运动康复方案(包括运动疗法、牵拉、活动度训练、肌力训练、平衡训练、呼吸训练、有氧训练、康复教育等)均可有效地改善 AS 患者的身体功能障碍。本综述将对 AS 运动康复方案的各组成部分分别进行阐述,以期为临床的 AS 运动康复治疗提供参考和依据。

【关键词】 强直性脊柱炎; 运动康复; 运动功能; 生活质量

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.020

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是以骶髂关节和脊柱慢性炎症为主要表现的全身性疾病,好发于青壮年,病程长且致残率高,严重影响患者的运动功能、生活质量。在世界卫生组织最新公布的国际疾病分类(International Classification of Diseases, ICD-11)中,“强直性脊柱炎”已被正式除名,而其新名称为“脊柱关节炎”。实际上 AS 是脊柱关节炎(spondyloarthritis, SpA)大家庭中的一类疾病,与 SpA 有着部分相似的临床、基因和免疫学特征,但主要代表处在较晚阶段、普遍表现为脊柱强直的部分患者^[1],随着这一更名的正式施用,有望促进该病的早期诊断和治疗。

运动疗法已被循证研究证实是治疗 AS 的重要组成部分,与药物治疗结合运用可产生比单纯药物治疗更佳的效果。本文通过对近年来国内外 AS 运动疗法相关文献资料的归纳整理,发现综合的运动康复方案往往可取得令人满意的效果。其中,运动疗法(包括牵拉、活动度训练、肌力训练、平衡训练、呼吸训练和有氧训练)和患者教育都是十分重要的组成部分,而合理的训练方式和强度越来越成为研究的焦点。一个最近的假说提出,机械应力可能在 AS 的病理变化中起到一定的作用^[2],故目前大部分研究者建议,尽量避免 AS 患者在康复训练时进行高冲击性的运动,尤其对于疾病处于较活跃、严重或持续时间较长的患者。本综述将对 AS 运动康复方案的各组成部分分别进行阐述,以期为临床的 AS 运动康复治疗提供参考和依据。

运动疗法在 AS 患者中的应用

AS 是一种慢性炎症性疾病,我国的患病率初步调查为 0.3%^[3],可发生在任何年龄,发病高峰为 15~35 岁^[4]。一般而言,AS 患者中男性的患病率要高于女性,国内报告为 10.6:1^[3]。近年来的研究发现,其发病在两性中相差并没有如此大的差距,只不过女性临床表现不典型,往往容易误诊或漏诊^[5]。证据显示,AS 在发病前 10 年疾病进展较快^[6],主要侵犯骶髂关节、脊柱骨突、脊柱旁软组织 and 外周关节,并可伴发关节外表现,严重者可发生脊柱畸形和强直^[7]。研究表明,脊柱的骨性强直和髋关节的活动障碍是 AS 患者致残的主要因素,

且对患者的身体功能、心理状态和生活质量均有严重的影响。

美国风湿病学会(American College of Rheumatology)和脊柱炎协会(Spondylitis Association of America)关于 AS 的最新建议表明,AS 患者的治疗目标为缓解症状,维持脊柱的灵活性和正常姿势,减少功能障碍,维持工作能力,并减少并发症^[8]。目前,采用药物治疗与物理治疗相结合治疗活跃期的 AS 患者已被证实为有效的治疗手段,而对于处于晚期的髋关节炎患者,若不存在手术禁忌症,全髋关节置换术可能更好地改善其肢体功能和生活质量;对于稳定期的 AS 患者,物理治疗是十分重要的治疗手段,且定期的再评估和对家庭训练内容的调整都十分必要。国际强直性脊柱炎评估工作组(Assessment in Spondylitis International Society, ASAS)和欧洲抗风湿病联盟(European League Against Rheumatism, EULAR)^[9]也指出,患者教育和规律性运动是 AS 患者非药物治疗的基石,且强调运动疗法是 AS 治疗的重要组成部分,具有减轻疼痛、保持脊柱弹性、预防姿势改变和提高肌力的作用。

关于 AS 运动疗法的研究在国内尚为起步阶段,而国外已研究了近五十年。其中,大量实验性研究^[10-13]均证实,综合康复训练方案对 AS 的治疗有积极作用。近年来,学者们针对某一类训练对 AS 患者的康复效果展开了深入的研究^[14-17],以期更好地指导临床 AS 患者运动方案的设计和实施。

牵拉在 AS 运动康复中的应用

目前,几乎所有的相关实验研究给出的训练方案里都包含了牵拉练习,并有学者对此进行了专门研究。Souchart^[18]所开展的全面姿势重塑疗法(global posture reeducation, GPR)中指出,维持一个良好的姿态有赖于人体各肌肉以肌肉链的形式协同工作,故姿态异常导致的任何一块肌肉的短缩,会继而影响到其所在肌肉链中的其他肌肉,使得相应肌肉链发生适应性改变。因此,对长期处于异常姿态的 AS 患者进行牵拉时,只关注于某一块肌肉是不够的。Fernández-de-Las-Peñas 等^[6]在其研究中对实验组患者采用了基于 GPR 理念(针对短缩肌肉链)设计的牵拉方法,并与采用传统牵拉方法(对竖脊肌、肩部肌肉和腘绳肌等进行牵拉)的对照组进行比较,结果发现,实验组的整

体活动度和功能较对照组改善更为显著。对于牵拉的方式和剂量,Masiero^[11]在其针对 62 名 AS 患者的实验研究中,对患者的脊柱和四肢肌肉均进行了牵拉,并运用主动与被动结合的方式,每个动作均要求患者在无痛体位下保持 30 至 40 s,并重复 2 次。

根据实际需要,采取动态或静态、主动或被动的无痛牵拉方式,牵拉 AS 患者处于紧缩状态的肌肉链,有利于它们回到正常的初长度,以促进其发挥正常的功能。而对于具体的剂量,现有文献多未明确给出,故目前尚无统一标准,今后的相关研究应对此进行说明。

活动度训练在 AS 运动康复中的应用

为达到 AS 患者的最佳管理,脊柱活动度的训练是最重要的,此外,周围关节的活动度也同样重要^[19]。Lim 等^[20]在研究中提出了一种有效的家庭训练方案,其中活动度的训练包括颈部屈伸和侧屈、猫驼式、绕肩训练、上下肢互碰、身体旋转等,实验后发现与空白对照组相比,实验组患者的脊柱及四肢各关节活动度及功能能力均得到改善。然而,该研究未给出具体的训练强度。Masiero 等^[11]在研究中对受试者进行了脊柱和四肢各关节的活动度训练(在各种无痛体位下进行),给出的训练强度为每个动作 10 次为 1 组,每天每个动作训练 2 组。

由此可见,对 AS 患者进行活动度训练时,不仅要关注其脊柱的灵活性,还要考虑四肢关节。这是因为 AS 是一类侵犯脊柱和外周关节的炎症性疾病,尤其对于患病初期的患者,可能外周关节的受累表现还不明显,但也不能因此而忽视,并应进行预防性的训练。对于常规的活动度训练,可教会患者及其家属在日常生活中进行自我练习,以巩固和维持患者的活动度水平。

肌力训练在 AS 运动康复中的应用

近年来,核心肌群的力量训练也受到了研究者们的关注。最新的研究指出,可将背部训练作为 AS 患者的一项常规家庭训练,这无疑体现了背部力量对 AS 患者的重要性^[8]。Roşu 等^[12]提出了一种多模式(普拉提、麦肯基和 Heckscher 相结合)的训练方案,其中对腹横肌、椎旁肌肉、躯干表层肌肉和臀肌等均进行了训练,该研究的结果发现,实验组患者在干预结束后,疼痛和 3 个巴氏强直性脊柱炎指数(包括巴氏强直性脊柱炎计量指数,巴氏强直性脊柱炎疾病活动性指数和巴氏强直性脊柱炎功能指数)较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善。该研究将躯干肌肉分为了深层稳定肌和躯干表层肌肉,并分别进行了训练,说明对 AS 患者进行核心肌力训练时,不仅需要加强表层肌肉(如竖脊肌)的肌耐力,还需对脊柱深层稳定肌群进行激活训练,这对稳定脊柱、防止脊柱变形具有重要的意义,且与 AS 诊断和治疗指南中的观点是一致的^[7]。

对于 AS 患者肌力训练的收缩形式,Fernández-de-las-Peñas 等^[6]强调进行竖脊肌的离心肌力训练。研究者未进一步给出相应的原因和训练剂量,这可能与离心训练对肌力增长和改善肌肉柔韧性的作用有关^[21]。对 AS 患者进行核心稳定肌群的激活以及躯干表层肌肉的肌力训练,有助于改善其肌肉功能,维持正确的脊柱力线,促进活动高效性。

平衡训练在 AS 运动康复中的应用

研究表明^[22],AS 患者由于生物力学上的改变,平衡和姿势稳定性会受到影响。平衡能力的下降可能会影响多达 1/3 的 AS 患者^[17],增加其跌倒风险,降低其生活质量。最新研究已指出,应为患有骨质疏松、广泛性脊柱融合或其他可能影响平衡的神经系统或骨骼肌肉系统疾病的患者进行跌倒评估和提供咨询服务^[8]。

Demontis 等^[16]在最近的一项研究中,对实验组患者加入水中和陆地上的平衡训练干预,其中包括重心转移、单腿站立、步行(变换路径和方向)、迈过障碍物、平衡板训练和干扰性训练等,并通过让患者睁眼或闭眼调节训练难度。结果发现,在 AS 患者的日常训练方案中加入平衡和姿势稳定性训练可增加患者维持平衡的时间,增强物理治疗效果。Rosu 等^[23]对患病早期的 AS 患者 52 例进行为期 24 周的研究,提出了基于麦肯基原理的骨盆稳定性训练,并建议将该训练方法纳入到患病早期 AS 患者的标准管理中,以改善其疼痛、姿势和功能。由此可见,尽早地对 AS 患者进行平衡训练已得到越来越多研究者的证实,而在康复训练时加入骨盆和下肢稳定性的训练也可促进患者的日常生活活动能力,降低其跌倒风险。

呼吸训练在 AS 运动康复中的应用

肺部受累是 AS 患者最常见的关节外损伤之一。由于胸椎的骨性强直最终会造成整个胸廓的僵化,患者常常表现为胸廓扩张受限以及较低的肺活量水平^[16],影响其呼吸功能和生活质量。

Demontis 等^[16]在其对实验组的康复方案中,渗透了许多与改善呼吸功能有关的训练,在活动度训练中,研究者强调进行颈胸段的活动度训练;在肌力训练中加入呼吸肌的训练;对于针对性的呼吸训练,研究者提出进行深呼吸(腹肌控制、膈肌主导)训练,并在配合肩胛带运动的同时注意胸廓的扩张。Ince 等^[10]在研究中指出,治疗师在呼吸训练时要教会患者运用鼻子吸气、嘴巴吐气的方式,可变换呼气和吸气的速率以及呼吸方式(胸式呼吸和胸腹式呼吸),并通过让患者自己将手压在胸廓上加阻等方式调节训练难度。此外,还有研究者对患病较长的 AS 患者运用专门的仪器进行诱发性呼吸训练。Min 等^[15]在其实验研究中对实验组 AS 患者运用诱发性肺量计进行深呼吸训练,每日 1 次,每次 30 min,持续 16 周,结果发现,实验组的最大肺活量和总肺活量等肺部功能指标改善均优于传统训练组(单纯腹式呼吸训练)。

由此可见,针对性的呼吸训练对预防或改善 AS 患者的肺部功能障碍十分重要,配合颈胸段活动度训练和呼吸肌的改善性训练可产生更佳的治疗效果;而对于患病较长的 AS 患者,则可尝试借助仪器的诱发性深呼吸训练。

有氧训练在 AS 运动康复中的应用

关于 AS 患者有氧训练的研究来源已久,可将其大致分为陆地上的训练和水中训练两大类。

目前,大部分研究均采用仪器训练的方式对 AS 患者进行有氧训练,Masiero 等^[11]对患者进行的有氧训练内容为 10 min

的步行、跑步机或功率自行车(低速,无阻开始)训练,并依据患者自身恢复情况逐渐增加训练难度,训练结束后发现,将有氧训练与牵拉、活动度、肌力和呼吸训练等结合,可显著改善患者的脊柱活动水平,且一直到实验结束后的半年内都有着积极的影响。Ince 等^[10]为病程 ≥ 9 年的 AS 患者 30 例设计了包含 8 个步伐动作的有氧训练,其中融入了一些常见的军姿和舞步等,以期达到促进脊柱和四肢活动度、灵活协调以及锻炼心肺的作用。此外,该研究针对有氧训练的强度提出,通过主观用力程度和 Borg 量表将强度控制在低水平,以避免心脏并发症。游泳也是常见的有氧运动形式之一,对于维持 AS 患者脊柱的正常生理曲度和心肺能力有着良好的效果。最新的研究表明,陆地上的训练仍应作为最主要的训练形式,尤其在不具备泳池或水疗设备的情况下^[8]。故水中训练可被作为 AS 患者的辅助治疗方法之一,但不应成为训练方案的主体内容。

AS 患者教育

小组讨论和个人的自我管理都是可采取的患者教育形式。研究发现,将患病持续时间或严重程度相似的人分到一组,可减轻一些患者的焦虑^[8]。Masiero 等^[11]在对患者开展行为教育会前先将患者进行了分组,每个小组由 8~12 例 AS 患者组成,鼓励患者们带上同伴或家人。教育会的具体内容包括小组讨论、解决问题、示范实操和讲座等,患者通过行为教育会可及时反馈和交流训练和生活中遇到的问题。AS 诊断及治疗指南中还指出,对患者及其家属进行疾病知识的教育是整个治疗计划中不可缺少的一部分,有助于患者主动参与治疗及与医师的合作^[7]。治疗师要教育患者时刻保持良好的姿势,并建议吸烟者戒烟,指出吸烟是患者功能预后不良的危险因素之一。

其他

鉴于物理治疗的目标之一是教育患者运用独立的训练方案进行自我管理,故最新研究指出,主动的训练方式应作为 AS 患者运动疗法的主体,被动的干预只可作为辅助^[8]。有研究报道,AS 患者坚持每周至少 3 次的功能锻炼可拥有更佳的肢体功能状态^[24]。对于 AS 患者的训练形式,Cochrane 骨骼肌肉组已证实,监督下的小组物理治疗训练比家庭训练有更好的短期效果,小组训练的形式可让患者相互鼓励、提高积极性并交换经验^[25]。Alonso-Blanco 等^[25]的研究发现,疾病严重程度较低的患者似乎更能从小组训练中获益,而对一些病情严重程度较高的 AS 患者而言,家庭锻炼可能是更经济、便宜的选择。

总结

综合的运动康复方案可有效地改善 AS 患者的身体功能障碍,而关于运动疗法对 AS 患者心理症状的改善情况,也已见初步报道^[4]。在临床治疗中,治疗师仍需针对患者的实际情况设计个性化的综合治疗方案,以最大化地恢复患者的功能能力。我们看到,许多文献研究中对于训练剂量的描述仍不够明晰,因此,关于 AS 患者运动治疗方案中的强度把控问题^[25]可能是未来需要深入研究的方向之一。有研究表明^[26-28],在健康成年人和一些慢性疾病患者身上,运动可以产生系统性的抗炎效应,但运动和炎症之间的相互作用仍然十分复杂。在实际的治

疗中,我们需要选择合适的运动方式和强度以达到运动锻炼和炎症反应之间的平衡^[29]。

参 考 文 献

- [1] Pérez Alamino R, Maldonado Cocco JA, Citera G, et al. Differential features between primary ankylosing spondylitis and spondylitis associated with psoriasis and inflammatory bowel disease[J]. J Rheumatol, 2011, 38(8):1656-1660. DOI: 10.3899/jrheum.101049.
- [2] McGonagle D, Thomas RC, Schett G. Spondyloarthritis: may the force be with you? [J]. Ann Rheum Dis, 2014, 73:321-323. DOI: 10.1136/annrheumdis-2013-203924.
- [3] 沈碧玉, 刘经纬, 徐旭娟. 强直性脊柱炎运动治疗的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2012, 47(4):373-375.
- [4] 梁会. 个体化运动干预对强直性脊柱炎患者生活质量的影响[D]. 天津医科大学, 2016.
- [5] 黄烽. 强直性脊柱炎[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011.
- [6] Fernández-de-Las-Peñas C, Alonso-Blanco C, Alguacil-Diego IM, et al. One-year follow-up of two exercise interventions for the management of patients with ankylosing spondylitis: a randomized controlled trial. [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2006, 85(7):559-567. DOI: 10.1097/01.phm.0000223358.25983.df.
- [7] 中华医学会风湿病学分会. 强直性脊柱炎诊断及治疗指南[J]. 中华风湿病学杂志, 2010, 14(8):557-559. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-7480.2010.08.012.
- [8] Ward MM, Deodhar A, Akl EA, et al. American college of rheumatology/spondylitis association of america/spondyloarthritis research and treatment network 2015 recommendations for the treatment of ankylosing spondylitis and nonradiographic axial spondyloarthritis[J]. Arthritis Rheumatol, 2016, 68(2):282-298. DOI: 10.1002/art.39298.
- [9] Braun J, Van d BR, Baraliakos X, et al. 2010 update of the ASAS/EULAR recommendations for the management of ankylosing spondylitis [J]. Ann Rheum Dis, 2011, 70(6):896-904. DOI: 10.1136/ard.2011.151027.
- [10] Ince G, Sarpel T, Durgun B, et al. Effects of a multimodal exercise program for people with ankylosing spondylitis[J]. Phys Ther, 2006, 86(7):924-935. DOI: 10.1044/0161-1461(2006/026).
- [11] Masiero S, Bonaldo L, Pigatto M, et al. Rehabilitation treatment in patients with ankylosing spondylitis stabilized with tumor necrosis factor inhibitor therapy: a randomized controlled trial.[J]. J Rheumatol, 2011, 38(7):1335-42. DOI: 10.3899/jrheum.100987.
- [12] Roşu MO, Ţopa I, Chiriac R, et al. Effects of Pilates, McKenzie and Heckscher training on disease activity, spinal motility and pulmonary function in patients with ankylosing spondylitis: a randomized controlled trial.[J]. Rheumatol Int, 2014, 34(3):367-372. DOI: 10.1007/s00296-013-2869-y.
- [13] 胡燕, 刘晓明. 强直性脊柱炎患者康复护理分析[J]. 中国医学创新, 2018, 15(29):76-79. DOI:10.3969/j.issn.1674-4985.2018.29.020.
- [14] Jennings F, Oliveira HA, de Souza MC, et al. Effects of aerobic training in patients with ankylosing spondylitis. [J]. J Rheumatol, 2015, 42(12):2347-53. DOI: 10.3899/jrheum.150518.
- [15] Min WS, Heo HM, Koo BS, et al. Efficacy of incentive spirometer exercise on pulmonary functions of patients with ankylosing spondylitis stabilized by tumor necrosis factor inhibitor therapy[J]. J Rheumatol, 2012, 39(9):1854-8. DOI: 10.3899/jrheum.120137.

- [16] Demontis A, Trainito S, Del FA, et al. Favorable effect of rehabilitation on balance in ankylosing spondylitis: a quasi-randomized controlled clinical trial. [J]. Rheumatol Int, 2016, 36(3):1-7. DOI: 10.1007/s00296-015-3399-6.
- [17] Gunay SM, Keser I, Bicer ZT. The effects of balance and postural stability exercises on spa based rehabilitation programme in patients with ankylosing spondylitis[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2018, 31(2):337-346. DOI: 10.3233/BMR-169755.
- [18] Souchard PE. Global Posture Reeducation Method (Spanish) [M]. Barcelona; Paidotribo, 1998.
- [19] Millner JR, Barron JS, Beinke KM, et al. Exercise for ankylosing spondylitis: an evidence-based consensus statement[J]. Semin Arthritis Rheum, 2015, 45(4):411-427. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2015.08.003.
- [20] Lim HJ, Moon YI, Lee MS. Effects of home-based daily exercise therapy on joint mobility, daily activity, pain, and depression in patients with ankylosing spondylitis[J]. Rheumatol Int, 2005, 25(3):225-229. DOI: 10.1007/s00296-004-0536-z.
- [21] Wagle JP, Taber CB, Cunanan AJ, et al. Accentuated eccentric loading for training and performance: a review[J]. Sports Med, 2017(6):1-23. DOI: 10.1007/s40279-017-0755-6.
- [22] Dursun N, Sarkaya S, Ozdolap S, et al. Risk of falls in patients with ankylosing spondylitis[J]. J Clin Rheumatol, 2015, 21(2):76-80. DOI: 10.1097/RHU.0000000000000216.
- [23] Rosu OM, Ancuta CM. McKenzie training in patients with early stages of ankylosing spondylitis: results of a 24-week controlled study[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2015, 51(3):261.
- [24] 管明强. 强直性脊柱炎诊疗现状的临床研究[D]. 广州:南方医科大学, 2014.
- [25] Alonso-Blanco C, Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA. Preliminary clinical predication rule for identifying patient with ankylosing spondylitis who are likely to respond to an exercise program. Am J Phys Med Rehabil, 2009, 88: 445-454. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181a0ff7d.
- [26] Hoozeboom TJ. Meta-analyses on therapeutic physical exercise: time for a new direction[J]. Phys Ther Rev, 2013, 18:219-20. DOI: 10.1179/1743288X13Y.0000000080.
- [27] Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, et al. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. Nat Rev Immunol, 2011, 11:607-15. DOI: 10.1038/nri3041.
- [28] Perandini LA, deSa-Pinto AL, Roschel H, et al. Exercise as a therapeutic tool to counteract inflammation and clinical symptoms in autoimmune rheumatic diseases[J]. Autoimmun Rev, 2012, 12: 218-24. DOI: 10.1016/j.autrev.2012.06.007.
- [29] Thomas, Jennifer L. Helpful or harmful? Potential effects of exercise on select inflammatory conditions[J]. Phys Sports Med, 2013, 41(4):93-100. DOI: 10.3810/psm.2013.11.2040.

(修回日期:2019-05-02)

(本文编辑:阮仕衡)

· 消息 ·

《中华物理医学与康复杂志》征订启事

《中华物理医学与康复杂志》是中华医学会主办的物理医学与康复(康复医学)专业的高水平学术期刊。本刊严格贯彻党和国家的卫生工作方针政策,本着理论与实践相结合、提高与普及相结合的原则,积极倡导百花齐放、百家争鸣;全面介绍物理治疗、物理医学与康复领域内领先的科研成果和新理论、新技术、新方法、新经验以及对物理因子治疗、康复临床、疗养等有指导作用,且与康复医学密切相关的基础理论研究,及时反映我国康复治疗、物理医学与康复、康复医学的重大进展;同时密切关注国际康复医学发展的新动向,促进国内外物理治疗、物理医学与康复的学术交流。

《中华物理医学与康复杂志》为月刊,大 16 开,内芯 80 页码,中国标准刊号:ISSN 0254-1424 CN 42-1666/R,邮发代号:38-391,每月 25 日出版;2019 年每册定价 27.5 元,全年 330 元整。热忱欢迎国内外物理治疗、物理医学与康复、康复医学领域以及神经内科、神经外科、骨科等相关科室的各级医务工作者踊跃订阅、投稿。订购办法:①邮局订阅:按照邮发代号 38-391,到全国各地邮局办理订阅手续。②直接订阅:通过邮局汇款至《中华物理医学与康复杂志》编辑部订购,各类订户汇款时务请注明所需的杂志名称及年、卷、期、册数等。编辑部地址:430100 武汉市蔡甸区中法新城同济专家社区平层 E 栋《中华物理医学与康复杂志》编辑部;电话:(027)-69378391;E-mail:cjpmr@tjh.tjmu.edu.cn;杂志投稿网址:www.cjpmr.cn。