

# 臀中肌训练防治运动损伤的研究进展

唐 翌,王 洋,张 宇综述,江 辉审校

**【摘要】** 运动损伤在人群中的发生率较高,已有研究表明通过一定方式的训练可明显减少损伤发生率。在运动损伤的发生中,髋关节的稳定性对于保持身体重心的稳定至关重要。而臀中肌训练能够从减轻疼痛、提高身体平衡能力等方面来预防损伤的发生。因此,针对性地进行臀中肌训练,将对预防运动损伤产生益处。臀中肌训练通过选择不同的训练方式、训练强度,进而产生不同程度的肌肉激活、不同部位的肌力加强,能够对预防运动损伤产生益处。文章主要就臀中肌训练对预防运动损伤的机制和臀中肌预防运动损伤的实施进行综述。

**【关键词】** 臀中肌;运动损伤;训练方式

**【中图分类号】** R685 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2023)03-0291-05

**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.03.014

## Research progress of gluteus medius muscle training in prevention and treatment of sports injuries

TANG Zhao, WANG Yang, ZHANG Yu reviewing, JIANG Hui checking

(Department of Orthopaedics, General Hospital of Eastern Theater Command, PLA, Nanjing 210002, Jiangsu, China)

**【Abstract】** Sports injuries have a high incidence in the population. It has been shown that training in certain ways can significantly reduce the incidence of injury. The stability of the hip joint is critical to maintain a stable center of gravity in the event of a sports injury. Gluteus medius training can prevent injuries by reducing pain and improving balance. Therefore, targeted gluteus medius training will be beneficial in preventing sports injuries. Gluteus medius training can be beneficial in preventing sports injuries by selecting different training methods and intensities, which can produce different levels of muscle activation and muscle strengthening in different areas. This manuscript reviews the mechanisms of gluteus medius training for sports injury prevention and the implementation of gluteus medius for sports injury prevention.

**【Key words】** gluteus medius; sports injury; training mode

## 0 引 言

2021 年,国务院对健身人群的数据统计显示,经常参加体育锻炼的人数占总人口的三分之一以上。国家体育总局的相关数据表明,我国运动损伤的发生率在 10%~20% 之间,预计未来每年有一亿以上人群存在运动损伤防治需求<sup>[1]</sup>。运动损伤

发生后,除医疗支出负担,若未及时进行训练防护,会增加二次损伤的风险。此前有报道证明,增加臀中肌训练可防治运动损伤,因此,臀中肌训练防治运动损伤的科学性与有效性值得关注,通过总结运动损伤和臀中肌训练的相关文献,本文将关于臀中肌训练预防运动损伤的研究结果作一综述。

## 1 运动损伤的发病原因

运动损伤在人群中的发生率较高,然而,不同的运动方式和运动强度将会对机体造成不同的影响<sup>[2]</sup>。不合理的运动易产生损伤,损伤的出现往往合并着个人内部原因和环境外部原因。天气、

基金项目:解放军联勤保障部队军事训练伤防治研究项目(20XLS18)

作者单位:210002 南京,东部战区总医院骨科(唐 翌、王 洋、张 宇、江 辉)

通信作者:江 辉, E-mail:jianghui16663@163.com

鞋具、场地等环境因素可通过宣传和教育达到快速的提高,而身体素质、动作习惯等个人因素需要通过坚持训练来逐步改善。由于缺乏运动经验,或对运动技术理解不到位,在运动过程中容易出现错误动作,导致信心不足和焦虑等不良情绪<sup>[3]</sup>。另外,身体素质较差、有既往史、过高或过低的体重指数也会造成损伤风险。下肢运动过程中,若股四头肌或腘绳肌力量不平衡,会影响下肢活动的质量,进而影响运动的表现,导致运动损伤的风险增高<sup>[4]</sup>。韧带对于维持关节结构稳定性至关重要,若韧带结构松弛,人体关节的稳定性将下降,运动时发生损伤的风险也会相应增高<sup>[5-6]</sup>。

延迟性肌肉酸痛是一种超微结构性肌肉损伤,其主要机制是由于不熟悉的体育活动或离心运动导致肌肉细胞的超微结构损伤,从而导致进一步的蛋白质降解、细胞凋亡和局部炎症反应<sup>[7]</sup>。应力性骨折是运动损伤常见问题,运动过程中由于应力持续存在,导致破骨细胞活动占主导地位,骨骼强度减弱,最终导致应力性骨折<sup>[8]</sup>。肌腱疼痛和功能障碍是一种普遍存在的临床肌肉骨骼表现,其主要机制是运动过程中肌腱负荷过度超出正常承受能力,导致肌腱细胞激活和增殖,蛋白聚糖增加,进而导致胶原基质破坏和血管化增加,造成肌腱损伤<sup>[9]</sup>。然而,由于部分人群在损伤后并没有进行充分的恢复,将会导致损伤部位迁延不愈<sup>[10]</sup>。

## 2 臀中肌训练预防运动损伤的机制

**2.1 提升关节肌力** 加强臀中肌功能训练,可提升髋关节周围肌肉的力量,加强骨盆控制,稳定腰-骨盆-髋关节复合体。提高臀中肌肌力后,人体生物力线的负荷与传导会更加均衡,因此可促进膝关节稳定性与加强远端肢体活动度<sup>[11]</sup>。加强臀中肌训练,可避免由于主动肌活动水平不足导致的协同肌代偿问题,降低潜在损伤风险。研究证实,加强臀中肌等外展外旋肌群,可以改善脊柱、骨盆、髋、膝、踝关节之间协同动力,增强肌肉激活,改善运动表现<sup>[12]</sup>。

**2.2 改善疼痛症状** 根据疼痛门控理论的机制,臀中肌训练可激活 A $\alpha$  纤维和脊髓背角中间神经元,增强本体感觉的输入,阻碍疼痛信息上传<sup>[13]</sup>。在弥漫性伤害抑制控制理论中,将臀中肌训练控制在形成乳酸的致痛强度,可提升血浆中的阿片类物质,

降低人体对疼痛的敏感性<sup>[14-15]</sup>。在神经中枢层面,训练会激活初级运动皮层,抑制疼痛下行通路;同时,训练会提高初级躯体感觉皮层的本体感觉和触觉的传导,从而减少对疼痛强度和位置的感知<sup>[16]</sup>。在心理层面,训练可增加患者体内  $\beta$ -内啡肽水平,帮助患者维持愉悦的心情与稳定的情绪,因此降低对疼痛的感知<sup>[17]</sup>。臀中肌训练也可增强身体的归属感,提高压痛感的阈值,减少疼痛的感知<sup>[18]</sup>。

**2.3 增加运动控制与平衡** 在运动损伤后增加臀中肌训练,可激活原先非优势的神经元和神经通路,提高对运动的控制能力<sup>[19-20]</sup>。此外,臀中肌力量增加后,也可提高髋关节主动运动的稳定性<sup>[21]</sup>。其次,加强臀中肌肌力,可应对姿势和外力变化产生的力矩,从而提升平衡功能<sup>[22]</sup>。臀中肌功能增强后,可维持正常范围内的髋关节内收内旋,减少膝关节外翻,整体提高膝关节的平衡能力。臀中肌训练还可加强本体感知,减少关节位置感的误差,增加运动过程中的平衡协调<sup>[23]</sup>。

## 3 臀中肌训练预防运动损伤的初步成果

近年来的相关研究发现,臀中肌训练可加强运动功能、缓解疼痛症状并降低运动损伤的发生率。针对运动过程中发生的踝关节扭伤,有研究发现,受伤运动员普遍存在臀中肌活动减少的现象<sup>[24-25]</sup>,而研究报告指出增加包括臀中肌在内的平衡控制训练可使外侧踝关节扭伤的相对风险降低 20%~60%,并能延缓伤情发展,避免扭伤转变为慢性踝关节不稳<sup>[26]</sup>。在针对髌股关节疼痛的调查中也发现了类似的髋外展肌无力情况<sup>[27-29]</sup>,但通过加强臀中肌训练,可减轻相关疼痛症状,加强下肢功能,并对训练后的髌股关节疼痛起到预防的作用。Dolak 等<sup>[30]</sup>的研究显示臀中肌强化组在 4 周时的膝关节 VAS 评分减轻了 43%,与膝关节强化组相比明显降低。Baldon 等<sup>[31]</sup>的研究报告了臀中肌强化训练组下肢功能量表的评分在 8 周和 3 个月时显著增加。Coppack 等<sup>[32]</sup>纳入了 1502 名新兵,在经过 14 周的臀中肌强化训练后,干预组髌股关节疼痛的风险与对照组相比降低了 75%。而在其他的损伤症状中,发现臀中肌训练同样有效。有研究发现在长期站立后除了臀中肌肌力下降还会产生腰痛<sup>[33-35]</sup>,但是经过验证,利用 3 周的臀中肌强化训练,腰痛患者的臀中肌强度可增加 12%,疼痛分值可降 48%<sup>[36]</sup>。

可见,臀中肌训练可有效防治多种损伤。

#### 4 臀中肌训练预防运动损伤的实施

**4.1 臀中肌训练方式臀中肌训练方法** 可凭借肌肉激活水平进行分类。根据肌电图测定的肌肉激活水平(%MVIC)将运动分为四层:低(0%~20%)、中(21%~40%)、高(41%~60%)和非常高(>61%)<sup>[37]</sup>。在运动中,臀中肌活动的强度以最大自主等长收缩的百分比为标准。Digiovine 等<sup>[38]</sup>研究结果显示肌肉激活水平>40%MVIC 的运动能够更有效地提升肌肉力量,而肌肉活动<25%MVIC 具有提高耐力或保持稳定性的作用,可促进运动控制和神经肌肉的激活。由此可见,个性化的运动方式与肌肉激活水平,可以帮助临床医生制定更有针对性的臀中肌训练。

其次,臀中肌训练有多种模式的选择,包括非负重训练、负重训练、多平面运动和平衡训练。非负重训练通常采用侧卧位蚌式开合、侧步走和长坐位臀中肌牵伸等动作<sup>[39]</sup>。负重训练通常借助自身体重、弹力带等工具增加身体负压,进行站立位侧抬腿、坐位蚌式开合等动作<sup>[40]</sup>。多平面运动包括三个空间维度的旋转运动。平衡训练通常采用闭眼或扩大肢体动作幅度的方式,来增加身体平衡的难度,同时进行单腿站立等动作<sup>[41]</sup>。结果显示,负重训练和单腿平衡训练比其他动作更有效地激活臀中肌,并且,训练过程中,自身体重和弹力带可作为负重阻力,降低了对器材的使用要求,这对于预防损伤训练的顺利开展尤为重要<sup>[42-43]</sup>。

此外,由于臀中肌在结构和功能上由三个部分组成,分段训练能够针对性地加强各段的功能。臀中肌中段的垂直纤维、冠状面力矩和较大的生理横截面积表明,它的外展力矩增长潜力更大,有助于提高骨盆稳定性。相比之下,臀中肌后段的冠状面力矩和生理横截面积较小,但其包含平行于股骨头的纤维,可穿过股骨头进入髌臼,可帮助提高股骨头的稳定性。研究表明站立倾斜和站立髌外展可促进臀中肌前段功能,而站立髌外展也同样适用于臀中肌后段的锻炼。对于臀中肌中段的训练,单腿桥、侧卧髌外展、站立髌关节外展和阻力侧跨步是产生高活动量的优先选择。同时,相关报道也说明,开链髌关节外展和单肢硬拉练习可增加有效臀中肌相关节段肌肉力量<sup>[38]</sup>。由此,临床医师可利用

臀中肌不同节段的肌电图进行分析,推进臀中肌训练在损伤恢复过程中的应用。

最后,研究发现,利用肌内效贴布对臀中肌进行贴扎,有助于激活臀中肌,改善动态平衡和本体感觉,增加膝关节稳定性和运动控制能力,保持髌关节和膝关节的正常对齐<sup>[44]</sup>。功能性电刺激是一种新兴的激活肌肉的治疗方法,利用功能性电刺激激活臀中肌,可优化该肌肉的功能,有助于控制站立阶段的横向稳定性,预防运动损伤<sup>[45]</sup>。

**4.2 臀中肌训练强度** 为达到理想治疗效果,训练量和训练强度应控制在适宜范围。训练强度可以心率和摄氧量作为参考值,按照最大心率的 70%~85%,和最大摄氧量的 60%~70% 计算。训练的频率每周 3~5 次。每次训练的持续时间与运动强度呈反比,一般在 0.5 h~1 h 之间。预防运动损伤需要强调个性化的臀中肌训练方案、重视平衡和躯干稳定性的力量训练,注重个人身体素质的发展,另外超重的运动损伤患者需要采用较低的运动强度,以减少对下肢膝关节和踝关节的负荷<sup>[46]</sup>。同时,为确保这些训练的安全性,还需要加强相关教育,做好合理的热身活动,以及准备适当的安全防护用具。

**4.3 臀中肌训练效果的评价指标** 臀中肌训练的疗效指标主要包括肌肉的激活水平、VAS 评分以及涉及相关损伤部位的功能量表评分。臀中肌训练对疼痛的影响主要表现为长期运动后疼痛的敏感度降低、疼痛持续时间减少以及疼痛的诱发次数降低<sup>[47]</sup>。功能量表的疗效指标,根据不同运动损伤的特点有不同选择。如髌股关节疼痛综合征的患者在臀中肌训练的研究中需要监测下肢功能量表(LEFS)得分。

**4.4 臀中肌训练的注意事项** 臀中肌训练的适合人群包括髌股关节疼痛综合征、慢性踝关节不稳、膝骨关节炎、外侧髌关节疼痛、慢性腰痛等。如果运动损伤后存在急性感染和肿胀的情况,则避免进行臀中肌训练。训练前需要加强安全教育、做好合理的热身准备活动,训练中需要完成规范的训练动作。训练过程中需要加强监督,如果感到超过了体力耐受范围或者存在其他不良反应,则停止训练。

## 5 结 语

综上所述,依据适应人群与运动需求制定臀中肌的训练方案,对于运动损伤的防治有益。按照



肌肉激活水平、负重与平衡、分段方式对臀中肌进行训练,可以增强肌力、增加运动控制与平衡能力,进而改善疼痛症状,并降低运动损伤的发生率。未来可将臀中肌训练加入军事训练的项目中,用以预防战士训练损伤。训练前可对军人进行训练伤知识的教育,依据军事训练大纲要求,制定科学有效的臀中肌训练计划,并根据士兵的身体素质和自身反馈,及时调整训练内容,增强军人的体质与减少训练损伤,从而提升军事战斗实力。

# 【参考文献】

- [1] 费太安. 健康中国 百年求索——党领导下的我国医疗卫生事业发展历程及经验[J]. 管理世界, 2021, 37(11): 26-40.
- [2] 王雪飞. 运动损伤的病因分析及预防措施[J]. 当代体育科技, 2021, 11(33): 28-31.
- [3] Peterson L, Renstrom PAFH. Sports injuries [M]. CRC Press, 2019.
- [4] Wanke EM, Schreiter J, Groneberg DA, *et al.* Muscular imbalances and balance capability in dance[J]. J Occup Med Toxicol, 2018, 13: 36.
- [5] Saremi H, Ebrahimzadeh MH, Shiruei S, *et al.* Epidemiology of Generalized Ligamentous Laxity in Iran: A National Study Including Different Iranian Ethnic Groups and its Relationship with Musculoskeletal Disorders[J]. Arch Bone Jt Surg, 2022, 10(3): 286-292.
- [6] Li L, Gollhofer A, Lohrer H, *et al.* Function of ankle ligaments for subtalar and talocrural joint stability during an inversion movement - an in vitro study[J]. J Foot Ankle Res, 2019, 12: 16.
- [7] Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe MW, *et al.* Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. Delayed Onset Muscle Soreness - Teil I: Pathogenese und Diagnostik [J]. Sportverletz Sportschaden, 2018, 32(4): 243-250.
- [8] Aicale R, Tarantino D, Maffulli N. Overuse injuries in sport: a comprehensive overview [J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1): 309.
- [9] Cardoso TB, Pizzari T, Kinsella R, *et al.* Current trends in tendinopathy management [J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2019, 33(1): 122-140.
- [10] Everhart JS, Harris K, Chafitz A, *et al.* Psychological Assessment Tools Utilized in Sports Injury Treatment Outcomes Research: A Review [J]. J Sports Sci Med, 2020, 19(2): 408-419.
- [11] Emery CA, Pasanen K. Current trends in sport injury prevention [J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2019, 33(1): 3-15.
- [12] Devorski L, Skibski A, Mangum LC. Rectus abdominis muscle thickness change and activation increase during planks performed on different surfaces[J]. J Ultrasound, 2022, 10. doi: 10.1007/s40477-022-00750-8.
- [13] 陈钰昕, 吕雪靖, 胡理. 主动运动和被动运动的镇痛效果及其镇痛机制[J]. 生物化学与生物物理进展, 2020, 47(6): 498-509.
- [14] 汤艺, 唐丹丹, 彭微微, 等. “以痛镇痛”: 条件性疼痛调节[J]. 科学通报, 2016, 61(6): 642-653.
- [15] Rice D, Nijs J, Kosek E, *et al.* Exercise-Induced Hypoalgesia in Pain-Free and Chronic Pain Populations: State of the Art and Future Directions[J]. J Pain, 2019, 20(11): 1249-1266.
- [16] Seymour B. Pain: A Precision Signal for Reinforcement Learning and Control[J]. Neuron, 2019, 101(6): 1029-1041.
- [17] Sharifi M, Hamedinia MR, Hosseini-Kakhak SA. The effect of an exhaustive aerobic, anaerobic and resistance exercise on serotonin, beta-endorphin and BDNF in students [J]. Phys Educ Students, 2018, 22(5): 272-277.
- [18] Riečanský I, Lamm C. The Role of Sensorimotor Processes in Pain Empathy[J]. Brain Topogr, 2019, 32(6): 965-976.
- [19] Ward S, Pearce AJ, Pietrosimone B, *et al.* Neuromuscular deficits after peripheral joint injury: a neurophysiological hypothesis[J]. Muscle Nerve, 2015, 51(3): 327-332.
- [20] Mathis MW, Schneider S. Motor control: Neural correlates of optimal feedback control theory [J]. Curr Biol, 2021, 31(7): R356-R358.
- [21] Ghai S, Driller M, Ghai I. Effects of joint stabilizers on proprioception and stability: A systematic review and meta-analysis[J]. Phys Ther Sport, 2017, 25: 65-75.
- [22] Bordelon NM, Wasserberger KW, Cassidy MM, *et al.* The Effects of Load Magnitude and Carry Position on Lumbopelvic-Hip Complex and Scapular Stabilizer Muscle Activation During Unilateral Dumbbell Carries [J]. J Strength Cond Res, 2021, 35(Suppl 1): S114-S119.
- [23] Saki F, Romiani H, Ziya M, *et al.* The effects of gluteus medius and tibialis anterior kinesio taping on postural control, knee kinematics, and knee proprioception in female athletes with dynamic knee valgus[J]. Phys Ther Sport, 2022, 53: 84-90.
- [24] Kawaguchi K, Taketomi S, Mizutani Y, *et al.* Hip Abductor Muscle Strength Deficit as a Risk Factor for Inversion Ankle Sprain in Male College Soccer Players: A Prospective Cohort Study [J]. Orthop J Sports Med, 2021, 9(7): 23259671211020287.
- [25] Powers CM, Ghoddosi N, Straub RK, *et al.* Hip Strength as a Predictor of Ankle Sprains in Male Soccer Players: A Prospective Study [J]. J Athl Train, 2017, 52(11): 1048-1055.
- [26] Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, *et al.* Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability [J]. J Athl Train, 2019, 54(6): 603-610.
- [27] Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(21): 8208.
- [28] Van Cant J, Pineux C, Pitance L, *et al.* Hip muscle strength and

- endurance in females with patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis[J]. *Int J Sports Phys Ther*, 2014, 9(5):564-582.
- [29] Rogan S, Haehni M, Luijckx E, *et al.* Effects of Hip Abductor Muscles Exercises on Pain and Function in Patients With Patellofemoral Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *J Strength Cond Res*, 2019, 33(11):3174-3187.
- [30] Emamvirdi M, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. The Effect of Valgus Control Instruction Exercises on Pain, Strength, and Functionality in Active Females With Patellofemoral Pain Syndrome[J]. *Sports Health*, 2019, 11(3):223-237.
- [31] Motealleh A, Mohamadi M, Moghadam MB, *et al.* Effects of Core Neuromuscular Training on Pain, Balance, and Functional Performance in Women With Patellofemoral Pain Syndrome: A Clinical Trial[J]. *J Chiropr Med*, 2019, 18(1):9-18.
- [32] Kozin S, Cretu M, Kozina Z, *et al.* Application of closed kinematic chain exercises with eccentric and strength exercises for the shoulder injuries prevention in student rock climbers: a randomized controlled trial[J]. *Acta Bioeng Biomech*, 2021, 23(2):159-168.
- [33] Bussey MD, Kennedy JE, Kennedy G. Gluteus medius coactivation response in field hockey players with and without low back pain[J]. *Phys Ther Sport*, 2016, 17:24-29.
- [34] van Dieën JH, Reeves NP, Kawchuk G, *et al.* Motor Control Changes in Low Back Pain: Divergence in Presentations and Mechanisms[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2019, 49(6):370-379.
- [35] Cooper NA, Scavo KM, Strickland KJ, *et al.* Prevalence of gluteus medius weakness in people with chronic low back pain compared to healthy controls [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(4):1258-1265.
- [36] de Sousa CS, de Jesus FLA, Machado MB, *et al.* Lower limb muscle strength in patients with low back pain: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 2019, 19(1):69-78.
- [37] Ebert JR, Edwards PK, Fick DP, *et al.* A Systematic Review of Rehabilitation Exercises to Progressively Load the Gluteus Medius[J]. *J Sport Rehabil*, 2017, 26(5):418-436.
- [38] Moore D, Pizzari T, McClelland J, *et al.* Rehabilitation Exercises for the Gluteus Medius Muscle Segments: An Electromyography Study[J]. *J Sport Rehabil*, 2019, 28(8):jsr.2018-0340.
- [39] Coratella G, Tornatore G, Caccavale F, *et al.* The Activation of Gluteal, Thigh, and Lower Back Muscles in Different Squat Variations Performed by Competitive Bodybuilders: Implications for Resistance Training[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(2):772.
- [40] Sebesi B, Fésűs Á, Varga M, *et al.* The Indirect Role of Gluteus Medius Muscle in Knee Joint Stability during Unilateral Vertical Jump and Landing on Unstable Surface in Young Trained Males[J]. *Applied Sciences*, 2021, 11(16):7421.
- [41] Choi E B, Jung Y J, Lee D, *et al.* Effect of weak-part strengthening training and strong-part relaxation therapy on static balance, muscle strength asymmetry, and proprioception in the gluteus medius: immediate effect analysis[J]. *J Korean Society Phys Med*, 2022, 17(2):11-20.
- [42] Van Cant J, Pineux C, Pitance L, *et al.* Hip muscle strength and endurance in females with patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis[J]. *Int J Sports Phys Ther*, 2014, 9(5):564-582.
- [43] Verbrugghe J, Agten A, Stevens S, *et al.* Exercise Intensity Matters in Chronic Nonspecific Low Back Pain Rehabilitation[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2019, 51(12):2434-2442.
- [44] Saki F, Romiani H, Ziya M, *et al.* The effects of gluteus medius and tibialis anterior kinesio taping on postural control, knee kinematics, and knee proprioception in female athletes with dynamic knee valgus[J]. *Phys Ther Sport*, 2022, 53:84-90.
- [45] Araki S, Kawada M, Miyazaki T, *et al.* Effect of Functional Electrical Stimulation of the Gluteus Medius during Gait in Patients following a Stroke[J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020:8659845.
- [46] 张天白. 科学的体能训练是预防运动损伤的关键[J]. *中国体育教练员*, 2008(1):3.
- [47] Rice D, Nijs J, Kosek E, *et al.* Exercise-Induced Hypoalgesia in Pain-Free and Chronic Pain Populations: State of the Art and Future Directions[J]. *J Pain*, 2019, 20(11):1249-1266.

(收稿日期:2023-01-06; 修回日期:2023-03-02)

(责任编辑:刘玉巧; 英文编辑:朱一超)