

离心肌力训练在软组织损伤康复中的研究进展*

杨雨洁¹ 朱毅^{1,2}

软组织损伤是肌肉骨关节康复领域最常见临床问题之一,可引起严重疼痛与运动功能障碍,影响患者日常生活及运动表现且导致较高的经济负担^[1]。近年来,离心肌力训练(eccentric strength training, EST)因其在软组织损伤康复和预防方面的作用受到关注。有相关文献认为:①突发性强力离心收缩可能导致急性软组织损伤;②运动过程中重复的离心收缩动作可能导致肌肉和肌腱的细微损伤,长此以往可进一步引起慢性肌肉劳损、慢性肌腱炎,甚至引发肌肉和肌腱断裂^[2]。而现在研究发现,合理的EST能有效帮助缓解软组织损伤后的疼痛、提高运动能力、预防再损伤的发生^[3]。但离心运动对软组织保护作用的机制尚未明确,可能与训练后身体的适应性改变有关。目前有关EST对软组织损伤后预防和治疗的研究以国外研究为主,近年来国内也有研究人员开始关注EST在软组织损伤方面的作用。本文旨在提供目前该领域研究动态,概括EST在软组织损伤作用机制与康复领域的临床应用,为软组织损伤康复提供经验和参考。

1 软组织损伤的机制与离心肌力训练对软组织的作用

1.1 软组织损伤机制

软组织损伤的原因包括外因和内因两个方面^[4]。外因包括过度使用和暴力损害。内因包括身体解剖结构异常或力学关系不良、年龄、性别、肥胖、灵活性、关节囊松弛、肌力不足或不平衡等。

过去认为,软组织损伤后的主要病理表现为无菌性炎症反应。组织损伤后,随着多种炎症介质的释放,外周伤害感受器被激活。急性期损伤局部出现“红肿热痛”等表现和功能障碍,慢性期以疼痛和功能障碍为主。现在研究发现慢性软组织损伤局部的炎症细胞减少甚或消失^[5],故疼痛并非由炎症反应引起。慢性软组织损伤导致疼痛的病因尚未明确。其中有研究发现慢性软组织损伤局部神经递质(如谷氨酸、P物质等)的增加可能致敏或激活分布在肌肉、肌腱、血管等处的深层痛觉感受器,从而导致疼痛的发生^[6-7]。另有研究发现,慢性软组织损伤局部还存在组织愈合不良和退行

性改变,包括瘢痕形成、胶原纤维不规则排列、结构松散、出现黏液样或玻璃样变、部分纤维出现钙化、肌腱周围肥厚性的微血管增生等^[9],易引发疼痛。

1.2 离心肌力训练对软组织的作用

目前临床常见软组织损伤后的保守治疗方案包括休息、手法治疗、超声、冷热敷、冲击波等理疗,保护性支具,牵伸训练、运动训练等运动疗法和药物干预。

运动训练是软组织损伤康复的重要方法之一,可以促进神经重构(neural reorganization)和肌肉-肌腱复合体(muscle-tendon unit)的结构重建^[8]。离心收缩运动可能会导致急性慢性软组织损伤^[2,9]。Alfredson等^[10]研究认为能够引起软组织微损伤的重复离心收缩可能诱发组织修复,这可能是其在软组织结构重建过程中发挥作用的基础。有报道软组织损伤后,基于EST的康复方案可有效减少腓绳肌损伤的复发^[11];EST是改善慢性跟腱炎^[12-15]、慢性髌腱炎^[16-17]和慢性肱骨外上髁炎^[18]的疼痛和功能的有效方法。离心收缩训练可能导致软组织黏弹性、肌肉峰力矩等适应性改变,目前将这种保护机制称为“重复收缩效应”(repeated bout effect)^[19]。EST可能导致的适应性改变包括以下三个方面:

1.2.1 EST对软组织刚度的影响: Lindstedt等^[20]研究认为,EST使得肌肉-肌腱复合体的结构和黏弹性发生改变,胶原纤维和肌纤维重新有序排列,肌肉-肌腱复合体刚度增加。软组织刚度的增加提高了肌肉-肌腱复合体在外力作用下抵抗变形的能力,从而更好地吸收和转移软组织在运动中承受的负荷^[9]。Öhberg等^[21]用超声评估EST后慢性跟腱炎患者跟腱,发现EST后大部分患者跟腱处胶原纤维排列有序,肌腱结构正常化。LaStayo等^[22]认为EST后软组织刚度的增加与重复离心收缩导致软组织微损伤并引发机体的修复反应有关。这些修复反应包括胶原纤维增生和重新有序排列,细胞骨架蛋白如肌动蛋白、结蛋白、肌联蛋白等参与肌原纤维重塑等。

1.2.2 离心肌力训练对峰力矩角度的影响: 肌肉峰力矩角度的大小可能预示着肌肉损伤的潜在风险。Brockett等^[23]发

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.06.025

*基金项目:江苏省“青蓝工程”资助项目

1 南京中医药大学第二临床医学院,2100046; 2 通讯作者

作者简介:杨雨洁,女,硕士研究生;收稿日期:2014-11-19

现,曾经历过腓绳肌拉伤的患者其患侧腓绳肌峰力矩角度明显小于未受伤的正常对照,但两者的峰力矩值差异不大。提示峰力矩角度对肌肉微损伤更为敏感,可以用来预测运动员发生腓绳肌拉伤的潜在风险。一些研究认为^[23-24],肌肉的峰力矩角度越小,意味着该肌肉在其收缩的大部分时间内相对无力,故而更易受到损伤。EST可以通过增加峰力矩角度对软组织起保护作用。Proske等^[25]绘制受试者腓绳肌EST前后的力矩-角度曲线(torque-angle curves),发现EST能有效增大峰力矩角度。EST后峰力矩角度的增大可能与肌节长度改变有关^[26]。Butterfield等^[27]进行动物实验,EST后大鼠的伸膝肌群出现肌节串联数目增加,即“肌节形成”现象。由于每个肌节最适长度是固定的,肌节串联数量的增加使得整体肌肉的最适长度增加,在关节运动中表现为峰力矩角度增大,即在整个运动过程中峰力矩出现的时相后移。

1.2.3 离心肌力训练对新生血管的影响:Öhberg等^[28]研究发现,慢性跟腱炎患者腱厚度增加,局部有新生血管生成并长入软组织。同一团队在超声引导下于跟腱新生血管生成局部注射硬化剂以阻断血流,发现短期内患者疼痛缓解,提示新生血管可能与慢性跟腱炎疼痛有关^[29]。该团队应用超声和多普勒技术继续深入研究发现,单次离心收缩可暂时中断新生血管血流,重复EST可减少局部新生血管数量,从而帮助缓解疼痛^[30]。

2 离心肌力训练的临床应用进展

2.1 离心肌力训练治疗跟腱炎与髌腱炎

系统评价表明EST是治疗跟腱炎^[12-15]和髌腱炎^[16-17]的有效方法,小腿三头肌和股四头肌EST可帮助跟腱炎及髌腱炎患者缓解疼痛,提高运动能力。

Maffulli等^[31]对45例运动损伤造成跟腱炎患者进行12周EST后发现60%的患者症状改善,疼痛缓解,且运动能力提高。该团队也对34例因久坐引起的跟腱炎患者进行12周EST后发现44%的患者训练后症状并未得到改善,提示EST在这部分患者中疗效不如在运动员中明显^[32]。杜锋等^[33]将21例患慢性跟腱炎的运动员随机分至EST组或常规康复组。EST组患者患侧下肢站于台阶上,前脚掌负重,双手轻扶墙壁,小腿三头肌做缓慢离心收缩,至最大踝背伸位,维持3s,然后在健腿帮助下回到原位。整个训练过程中患者保持可以忍受的疼痛,治疗持续3个月,每周3天,每天3组,每组15次,组间间隔5min。评估治疗前后步行,上下楼梯,跳越过程中的疼痛程度,发现两组患者疼痛均有改善,EST结合常规综合康复疗法的疗效更好。Yu等^[34]对32例男性慢性跟腱炎患者进行随机对照试验,患者被随机分至EST组或对照组,接受每次50min,每周3次,共8周的训练。小腿三头肌离心收缩方式为患者站于台阶上使足跟缓慢降低,训练剂量

的递增通过以下方式实现:①由双足至单足(患侧);②由抗自身重量至抗外加阻力;③起始位置由踝中立位至最大跖屈位。结果发现EST组患者疼痛程度降低、踝背屈和跖屈肌肌力及肌耐力增加、身体灵活度和敏捷度有所提高,且各项指标的改善程度均优于对照组。

Cannell等^[35]对19例患有慢性髌腱炎的运动员进行随机对照试验,受试者被随机分至离心下蹲训练组或传统肌力训练组,EST组患者接受每周5天,每天1次,每次3组,每组20次的下蹲训练,共12周,对照组接受相同频次的膝关节屈伸向心肌力训练,结果发现两组患者疼痛情况均有所改善,且均有部分患者恢复原有运动水平,两组组间差异不明显,但EST组在VAS评分和恢复原有运动水平的人数上显示出更有利的趋势。Bahr等^[36]对35名髌腱炎患者进行随机对照试验,患者被随机分入手术治疗组和EST组,EST组患者接受12周,每天2次,每次3组,每组15次的股四头肌离心收缩训练,结果发现手术治疗并不优于EST,并推荐慢性髌腱炎患者接收EST作为非手术治疗的方式之一。有研究比较了两种不同EST方案对髌腱炎患者的治疗效果,发现同样以单腿下蹲形式完成股四头肌EST,患者站在倾斜25度的斜板上、踝关节跖屈位下完成训练的效果优于站在普通平台上、踝关节中立位的训练效果^[37-38]。对此,研究人员从不同角度做出解释。Purdam等^[37]认为踝跖屈位下蹲削弱了小腿三头肌对胫骨前移的限制,帮助患者更好地完成全范围下蹲动作,使股四头肌离心收缩更为充分。Kongsgaard等^[38]则观察到踝跖屈位下蹲时,膝关节屈曲至相同角度,髌关节屈曲和踝关节背曲角度较踝中立位下蹲时小,患者身体重心更靠后,使得下蹲时阻力臂增大,从而增大股四头肌和髌腱的负荷。

尽管有多篇系统评价支持EST对跟腱炎与髌腱炎治疗有积极意义^[12-17],但目前证据不足以表明EST是否优于或劣于其他治疗性运动形式。目前已有研究者提出EST结合向心训练可能是更有效的方案^[39]。Malliaras等^[39]对33项临床研究进行系统评价结果认为离心和向心结合训练比单纯EST效果更优,离心和向心结合训练组患者疼痛的缓解和肌力提高均好于单纯EST。

2.2 离心肌力训练治疗肱骨外上髁炎

Peterson等^[8]研究发现,进行腕伸肌力量训练(包括离心和向心收缩)可以促进肱骨外上髁炎患者的恢复。该团队进一步研究不同肌肉收缩形式对肱骨外上髁炎的治疗作用,发现腕伸肌离心收缩训练和向心收缩训练均能帮助患者缓解疼痛,提高肌力和功能活动,但EST起效更快,且疼痛缓解程度和肌力提高更为明显^[40]。Söderberg等^[41]将37名肱骨外上髁炎患者随机分至EST组与对照组。该项研究的EST方案以装水的桶为训练负荷,患者坐位,受累侧上肢屈肘70°左右、前臂由座椅扶手或桌面支撑、腕关节可自由活动,患者受

累侧手于腕关节最大背伸位握住水桶,使水桶缓慢下降至腕关节完全屈曲,用非受累侧手将水桶提起。上述动作每8—12次为1组,训练由2组/天逐步增加至6组/天,当患者训练中不出现任何疼痛时即可增加水桶重量以增加负荷。6周家庭腕伸肌EST后,EST组患者的握力和腕伸肌力明显优于对照组,但两组患者在VAS疼痛评分上没有显著差异。Tyler等^[42]对21名肱骨外上髁炎患者进行随机对照试验,患者随机分入EST组和常规治疗组。EST组在常规治疗基础上利用非受累侧手拧转弹力棒,使受累侧手腕伸肌产生离心收缩,每次离心收缩维持4秒,上述动作重复15次/组,每天3组,每组间隔30s,当患者训练中不出现任何症状时使用较粗的弹力棒以增加训练负荷。结果发现7—8周EST后,训练组患者的疼痛评分,上肢功能活动,腕伸肌力均有改善且优于对照组。

Raman等^[43]对11项研究进行系统评价,发现各种不同形式的肌肉收缩训练均可在一定程度上帮助肱骨外上髁炎患者缓解疼痛并提高肌力,EST是目前备受关注的训练方案,但文章未就不同训练方案的效果进行比较。最新的系统评价结果支持肱骨外上髁炎患者接受EST。Cullinane等^[18]分析了12项对照试验(其中8项为随机对照试验),共616例患者。该系统评价对EST是否能改善患者疼痛、肌力和功能活动进行检验,结果发现EST可以减轻患者疼痛,提高肌力,改善功能活动,建议将EST纳入肱骨外上髁炎的综合训练方案之中,但由于纳入文献中高质量研究数目较少,各研究间存在异质性,仍需要进一步研究来证实该结果。

2.3 离心肌力训练预防腘绳肌损伤

Pestersen等^[11]对942名职业和业余足球运动员进行随机对照试验,受试者被随机分入EST组和常规训练组,调查运动员经过10周训练后1个赛季内腘绳肌拉伤的新发率、复发率和总发生率。EST时受试者跪位,由他人帮助固定踝关节,受试者双臂交叉于胸前,背部挺直,髋关节伸展,抗重力缓慢地使身体与地板靠近。当无法控制身体下降时,即放松、双臂向前倒下,然后用双手将身体推回起始位置。结果发现,EST组成员腘绳肌拉伤的总发生率、新发率和复发率均显著低于常规训练组,提示腘绳肌EST可以作为腘绳肌拉伤的一级和二级预防措施。EST除可降低腘绳肌拉伤的发生率,还可减轻损伤后疼痛。一项涉及43例有腘绳肌拉伤史的女性足球拉拉队员的病例回顾研究,发现在利用弹力带进行4个月,每周2—5次,每次3组,每组5—30次重复的下肢闭链EST后,赛季中腘绳肌损伤引起的疼痛明显下降^[44]。Salci等^[45]对25名健康女性业余运动员进行随机对照试验,测量受试者腘绳肌肌力与跳跃动作着陆时的肌肉动力学指标:前后方向地面反作用力峰值和垂直方向地面反作用力峰值。对照组不进行任何下肢力量训练。EST组成员的腘绳

肌力提高,跳跃动作着陆时前后方向地面反作用力峰值和垂直方向地面反作用力峰值显著下降,提示腘绳肌EST组接受10周腘绳肌EST,结果发现EST可通过降低跳跃着陆时地面反作用力,对肌肉起保护作用。目前缺少EST在腘绳肌损伤预防方面的系统评价,一项系统评价指出EST可以作为腘绳肌损伤一级和二级预防的手段^[46],但由于研究异质性高,未来仍需更多高质量临床随机对照试验来验证该结论。

3 存在问题与研究方向

虽然有研究表明EST对软组织损伤是安全有效的康复方法,但至今尚未出现公认有效的最佳运动方案。尽管针对相同类型的软组织损伤的离心收缩方式大体相同,但在运动处方的具体细节(强度、负荷、频率、是否结合向心收缩等)上仍存在较大差异,如何确定最佳训练方案成为目前关注的主要问题之一。

虽然已有循证医学证据表明EST的有效性,但实际应用时的临床效果可能不如试验研究的报告。其原因可能与EST完成度有关。Gabbe等^[47]对220足球运动员的随机对照研究发现,依从性越好的受试者,其腘绳肌损伤的复发率越低。与理疗、药物注射、手术等治疗手段相比,EST需要患者更积极主动的参与和良好的依从性,而几乎所有目前的训练方案均要求患者在训练过程中始终保持一定程度的、可忍受的疼痛,这可能影响患者训练的完成度。未来是否可以通过提高运动处方的效率,以提高患者依从性与实际临床疗效也值得进一步探讨。

此外,目前对EST治疗和预防软组织损伤的机制尚未明确,其理论体系也有待于进一步完善。本文概括了EST在软组织损伤康复领域的研究动态、作用机制与临床应用,以期能为软组织康复的实践和研究提供经验与参考。

参考文献

- [1] Alizadehkhayat O, Fisher A, Kemp G, et al. Pain, functional disability, and psychologic status in tennis elbow[J]. Clin J Pain, 2007, 23: 482—489.
- [2] Lieber RL, Shah S, Fridén J. Cytoskeletal disruption after eccentric contraction-induced muscle injury[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2002, 403: S90—S99.
- [3] Frizziero A, Trainito S, Oliva F, et al. The role of eccentric exercise in sport injuries rehabilitation[J]. Br Med Bull, 2014, 110(1):47—75.
- [4] Murtaugh B, Ihm J M. Eccentric training for the treatment of tendinopathies[J]. Current Sports Medicine Reports, 2013, 12(3): 175—182.
- [5] Skjong CC, Meininger AK, Ho SS. Tendinopathy treatment: where is the evidence[J]? Clinics in Sports Medicine, 2012, 31(2): 329—350.
- [6] Danielson P. Reviving the "biochemical" hypothesis for tendi-

- nopathy: new findings suggest the involvement of locally produced signal substances[J]. *Br J Sports Med*, 2009, 43: 265—268.
- [7] Andersson G, Danielson P, Alfredson H, et al. Presence of substance P and the neurokinin-1 receptor in tenocytes of the human Achilles tendon[J]. *Regul Pept*, 2008, 150:81—87.
- [8] Peterson M, Butler S, Eriksson M, et al. A randomized controlled trial of exercise versus wait-list in chronic tennis elbow (lateral epicondylitis)[J]. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 2011, 116(4): 269—279.
- [9] Roig Pull M, Ranson C. Eccentric muscle actions: Implications for injury prevention and rehabilitation[J]. *Physical Therapy in Sport*, 2007, 8(2): 88—97.
- [10] Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, et al. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 1998, 26(3): 360—366.
- [11] Petersen J, Thorborg K, Nielsen M B, et al. Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men's Soccer A Cluster-Randomized Controlled Trial[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2011, 39(11): 2296—2303.
- [12] Kingma JJ, de Knikker R, Wittink HM, et al. Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: a systematic review[J]. *Br J Sports Med*, 2007, 41:e3—5.
- [13] Wasielewski NJ, Kotsko KM. Does eccentric exercise reduce pain and improve strength in physically active adults with symptomatic lower extremity tendinosis? A systematic review[J]. *J Athl Train*, 2007, 42:409—421.
- [14] Woodley BL, Newsham-West RJ, Baxter GD. Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise[J]. *Br J Sports Med*, 2007, 41:188—98.
- [15] Meyer A, Tumilty S, Baxter GD. Eccentric exercise protocols for chronic non-insertional Achilles tendinopathy: how much is enough[J]? *Scand J Med Sci Sports*, 2009, 19:609—615.
- [16] Visnes H, Hoksrud A, Cook J, et al. No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season: a randomised controlled trial[J]. *Clin J Sport Med*, 2005, 15:225—234.
- [17] Gaida JE, Cook J. Treatment options for patellar tendinopathy: critical review[J]. *Curr Sports Med Rep*, 2011, 10:255—270.
- [18] Cullinane FL, Boockook M G, Trevelyan F C. Is eccentric exercise an effective treatment for lateral epicondylitis? A systematic review[J]. *Clinical rehabilitation*, 2014, 28(1): 3—19.
- [19] Nosaka K, Clarkson PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1995, 27(9): 1263—1269.
- [20] Lindstedt SL, Reich TE, Keim P, et al. Do muscles function as adaptable locomotor springs[J]? *Journal of Experimental Biology*, 2002, 205(15): 2211—2216.
- [21] Öhberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2004, 38(1): 8—11.
- [22] LaStayo PC, Woolf JM, Lewek MD, et al. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport[J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2003, 33(10): 557—571.
- [23] Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(3): 379—387.
- [24] Gleeson N, Eston R, Marginson V, et al. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage[J]. *British journal of sports medicine*, 2003, 37(2): 119—125.
- [25] Proske U, Morgan DL, Brockett CL, et al. Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them [J]. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2004, 31(8): 546—550.
- [26] Huijing PA, Jaspers RT. Adaptation of muscle size and myofascial force transmission: a review and some new experimental results[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2005, 15(6): 349—380.
- [27] Butterfield TA, Leonard TR, Herzog W. Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2005, 99(4): 1352—1358.
- [28] Öhberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Neovascularisation in Achilles tendons with painful tendinosis but not in normal tendons: an ultrasonographic investigation[J]. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2001, 9(4): 233—238.
- [29] Öhberg L, Alfredson H. Ultrasound guided sclerosis of neovessels in painful chronic Achilles tendinosis: pilot study of a new treatment[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2002, 36(3): 173—175.
- [30] Öhberg L, Alfredson H. Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis[J]? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2004, 12(5): 465—470.
- [31] Maffulli N, Walley G, Sayana MK, et al. Eccentric calf muscle training in athletic patients with Achilles tendinopathy [J]. *Disability & Rehabilitation*, 2008, 30(20—22): 1677—1684.
- [32] Sayana MK, Maffulli N. Eccentric calf muscle training in non-athletic patients with Achilles tendinopathy[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2007, 10(1): 52—58.
- [33] 杜锋,张志杰,朱毅,等. 肌肉离心训练结合康复治疗跟腱炎的临床观察[J]. *中华全科医学*, 2012, 8:1208—1209.
- [34] Yu JH, Park DS, Lee GC. Effect of eccentric strengthening on pain, muscle strength, endurance, and functional fitness factors in male patients with achilles tendinopathy[J]. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2013, 92(1): 68—76.
- [35] Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, et al. A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes: pilot study[J]. *British Journal of Sports*

- Medicine, 2001, 35(1): 60—64.
- [36] Bahr R, Fossan B, Løken S, et al. Surgical Treatment Compared with Eccentric Training for Patellar Tendinopathy (Jumper's Knee) A Randomized, Controlled Trial[J]. The Journal of Bone & Joint Surgery, 2006, 88(8): 1689—1698.
- [37] Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, et al. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy[J]. British Journal of Sports Medicine, 2004, 38(4): 395—397.
- [38] Kongsgaard M, Aagaard P, Roikjaer S, et al. Decline eccentric squats increases patellar tendon loading compared to standard eccentric squats[J]. Clinical Biomechanics, 2006, 21(7): 748—754.
- [39] Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, et al. Achilles and patellar tendinopathy loading programmes[J]. Sports Medicine, 2013, 43(4): 267—286.
- [40] Peterson M, Butler S, Eriksson M, et al. A randomized controlled trial of eccentric vs. concentric graded exercise in chronic tennis elbow (lateral elbow tendinopathy) [J]. Clin Rehabil, 2014, 28(9): 862—872.
- [41] Söderberg J, Grooten WJ, Äng BO. Effects of eccentric training on hand strength in subjects with lateral epicondylalgia: a randomized-controlled trial[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2012, 22(6): 797—803.
- [42] Tyler TF, Thomas GC, Nicholas SJ, et al. Addition of isolated wrist extensor eccentric exercise to standard treatment for chronic lateral epicondylitis: a prospective randomized trial[J]. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 2010, 19(6): 917—922.
- [43] Raman J, MacDermid JC, Grewal R. Effectiveness of different methods of resistance exercises in lateral epicondylitis—a systematic review[J]. Journal of Hand Therapy, 2012, 25(1): 5—26.
- [44] Greenstein JS, Bishop BN, Edward JS, et al. The effects of a closed-chain, eccentric training program on hamstring injuries of a professional football cheerleading team[J]. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 2011, 34(3): 195—200.
- [45] Salci Y, Yildirim A, Celik O, et al. The effects of eccentric hamstring training on lower extremity strength and landing kinetics in recreational female athletes[J]. Isokinetics and Exercise Science, 2013, 21(1): 11—18.
- [46] Hibbert O, Cheong K, Grant A, et al. A systematic review of the effectiveness of in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals[J]. N Am J Sports Phys Ther, 2008, 3(2): 67—81.
- [47] Gabbe BJ, Branson R, Bennell KL. A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2006, 9(1): 103—109.

· 综述 ·

前交叉韧带重建术后的生物力学研究现状

刘丽娟¹ 敖丽娟^{2,3}

膝关节前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤是临床上常见的运动损伤。近年来,用生物力学方法评价手术治疗对前交叉韧带重建术后的疗效是运动医学及康复医学领域的研究热点。通过对韧带重建术后的生物力学进行研究后发现尽管重建手术能够在一定程度上恢复膝关节的正常功能,但重建侧膝关节仍然存在运动学、动力学以及肌肉活动特征等的异常。因此,对重建侧膝关节进行全面的生物力学评价有利于了解外科手术的疗效和制定有针对性的康复治疗方案,从而尽量避免再发损伤并使患者能够重新恢复先前的运动项目。本文就ACL重建术后下肢仍然存在异常的运动学、动力学和肌肉活动特征做一综述。

1 膝关节前交叉韧带的解剖和功能

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.06.026

1 昆明医科大学,昆明,650001; 2 昆明医科大学第二附属医院康复科; 3 通讯作者
作者简介:刘丽娟,女,硕士研究生; 收稿日期:2014-03-23

ACL起自股骨外侧髁内侧面后部,远端呈扇形张开附着于胫骨平台髁间棘内侧部。ACL的长度为22—44mm(平均32mm),宽度为7—12mm^[1]。在功能上,ACL分为两部分,即前内侧束(anteromedial bundle, AMB)和后外侧束(postero-lateral bundle, PLB)。AMB起自股骨附着点的近前方,止于胫骨附着点的前内侧,而PLB起自股骨附着点的远后方,止于胫骨附着点的后外侧。AMB最主要的功能是限制胫骨相对于股骨的前移^[2],在慢性ACL缺失患者的膝关节中,出现胫骨前移是正常膝关节的4倍^[3]。PLB的主要功能是限制胫骨内旋,尤其是在膝关节接近完全伸直时这种作用更加明显;另外,ACL还有小部分限制胫骨外旋和内外翻运动的作用^[4]。对ACL解剖和功能的正确认识,为重建后通过生物力学方法评价膝关节的功能提供了重要的理论依据。