

- trolled trial and qualitative evaluation[J]. BMC Pulmonary Medicine, 2010, 10:41.
- [38] Nici L, Donner C, Wouters E, et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2006, 173(12): 1390—1413.
- [39] Bourbeau J, Julien M, Maltais F, et al. Reduction of hospital utilization in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a disease-specific self-management intervention[J]. Arch Intern Med, 2003, 163(5):585—591.
- [40] Linda N, Suzanne L, Richard Z. Pulmonary Rehabilitation in the Treatment of Chronic Obstructive Pulmonary Disease[J]. American Family Physician, 2010,82(6):655—660.
- [41] 张珍祥.慢性阻塞性肺疾病社区人群综合干预的研究[J].中华结核和呼吸杂志,2005,28(7):435—436.
- [42] Kaplan RM, Ries AL, Prewitt LM, et al. Self-efficacy expectations predict survival for patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Health Psychol, 1994, 13(4):366—368.
- [43] Fabbri LM, Hurd SS. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of COPD: 2003 update [J]. Eur Respir J, 2003, 22(1):1—2.
- [44] Ambrosino N, Casaburi R, Ford G, et al. Developing concepts in the pulmonary rehabilitation of COPD[J]. Respiratory Medicine, 2008, 102(Suppl 1):S17—26.
- [45] 张雯,陈文华,余波,等.康复专业人员慢性阻塞性肺病知识调查[J].中国康复理论与实践,2011,17(4):390—392.
- [46] 娄培安,余加席,陈培培,等.社区全科医生 COPD 防治能力的脆弱性调查[J].中华全科医学,2010,8(11):1429—1431.
- [47] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组.慢性阻塞性肺疾病诊治指南[J].中华结核和呼吸杂志,2007,30:8—17.
- [48] 江孙芳,祝培珠,周云,等.社区慢性阻塞性肺疾病患病情况的初步调查[J].中国临床医学,2005,12(5):780—781.
- [49] Zhong N, Wang C, Yao W, et al. Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in China: a large, population-based survey[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2007, 176(8):753—760.
- [50] 徐剑文.上海市静安寺社区慢性阻塞性肺病患者及高危人群现状分析[J].健康教育与健康促进,2011,6(2):146—148.

· 综述 ·

关节镜下前交叉韧带重建术后股四头肌肌力训练方式的选择——开链还是闭链？

冼祖新^{1,2} 杨延砚¹ 周谋望^{1,3}

关节镜下前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)重建术后的康复方案随着手术方式的进步一直在不断完善,但在功能训练的细节方面仍然存在着诸多争议,怎样在“尽早恢复关节功能及运动能力”与“移植韧带良好的愈合”两者之间找出最佳平衡点一直是相关研究的核心所在。本文拟从关节镜下 ACL 重建术后康复方案中的一点——选择闭链运动(closed kinetic chain,CKC)或开链运动(open kinetic chain,OKC)训练股四头肌肌力入手,对两种方案的基础及临床研究进行综述,探讨其安全性和治疗效果,以期对关节镜下 ACL 重建术后股四头肌肌力训练方式选择提供参考依据。

1 ACL 关节镜下重建术后股四头肌肌力训练

股四头肌是膝关节伸展的主要主动肌,在膝关节功能中扮演着重要角色。髌腱处取材、肌肉的废用、关节活动度受限或神经反射的影响等多种因素都可能导致术后股四头肌肌力下降^[1-2],且其下降幅度明显大于屈膝肌力量的下降幅

度,而且恢复缓慢^[3-4]。既往研究亦显示,ACL 损伤及重建术后存在股四头肌萎缩时膝关节功能多表现较差^[5-7]。因此,有效的股四头肌肌力训练是 ACL 重建术后康复方案中不可或缺的一环。

CKC 和 OKC 皆可以作为股四头肌力量训练的方式。其中 OKC 多采用坐位下抗阻伸膝,而 CKC 组的训练动作则以静蹲和下蹲—站起训练为主。目前多数学者认为 ACL 重建术后早期训练股四头肌肌力应采用 CKC 而避免 OKC,因其可提供移植韧带良好的生物力学环境,防止过大的张力导致失能^[8-15]。在某种程度上,与 OKC 相比,CKC 在术后早期股四头肌力量训练中的广泛应用还因为其存在以下优点:①减少胫骨相对于股骨向前移动的力^[8-13];②增大胫股关节间纵向压力^[9-12];③增强腘绳肌的协同性收缩^[8,13];④更接近于功能性活动^[10,14];⑤降低髌股关节疼痛的发病率^[9-10,14]。但是,也有学者研究发现,OKC 和 CKC 对胫骨前移^[15]、膝关节稳定性、功能恢复等方面的影响相似,而且 OKC 训练方式对股四头

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2012.12.026

1 北京大学第三医院康复医学科,北京市海淀区花园北路49号,100191; 2 现工作单位:中山市中医院康复科康复治疗部; 3 通讯作者
作者简介:冼祖新,男,本科,康复治疗师; 收稿日期:2012-10-31

1174 www.rehabi.com.cn

肌肌力的训练效果更明显,患者能更快恢复受伤前运动水平,他们因此认为OKC也应被纳入术后股四头肌力量训练方案中。

2 训练方式的安全性

肌腱移植后需要经过局部缺血坏死、血管再生及愈合的过程,在重建替代过程中其强度显著降低,抗旋转力很弱,若应力一旦超过其当时能承受应力的极限,就有可能发生断裂或松弛^[16]。因此,好的ACL重建术后股四头肌肌力训练方案必须能够在防止肌肉萎缩的同时,控制好重建韧带的张力环境,这可以通过多种方法进行测量。

2.1 间接估算移植ACL张力

2.1.1 测量胫骨前移估算移植ACL张力:有学者认为股四头肌的收缩和伸膝的过程会使胫骨相对前移,牵拉到移植植物而产生张力,因而通过测量在不同的训练方式中胫骨前移的程度来预测愈合中的移植物的张力^[13]。这种技术是以把ACL作为防止胫骨前移的最基本装置为基础的。

很多研究报道,ACL重建术后进行股四头肌力量训练时,与CKC相比,OKC导致更明显的胫骨前移,且随股四头肌负荷增加而增加,危险性更大。Jonsson等^[17]报道,膝关节从屈曲15°到屈曲10°的伸直(OKC)过程中,韧带重建侧胫骨前移比健侧平均多1.9mm;相反地,在下蹲(CKC)过程中并未发现韧带移植侧与健侧胫骨前移有不同。Kvist和Gillquist^[13]通过对比三种不同的下蹲训练(CKC)和三种不同阻力下的主动伸膝训练(OKC)时的胫骨前移与直接给予近端胫骨向前90N的力(Lanchman测试)时的胫骨前移,发现除抗8kg阻力主动伸膝训练外,其他训练方式发生的最大胫骨前移皆与Lanchman测试时相近。而且各种训练方式都是在接近屈膝20°时发生最大胫骨前移。抵抗8kg阻力主动伸膝训练时,产生的最大胫骨前移比Lanchman测试大20%。遗憾的是,我们还不清楚这种应变水平是否有害或者这是否能刺激再塑形过程。在康复计划中纳入OKC时,应注意控制好OKC的负荷。

Sawhney等^[18]应用KT-1000研究了股四头肌不同角度等长收缩对胫骨移位的影响。结果显示,在膝关节屈曲30°和45°位发现胫骨前移,而60°和75°位无移位。Sawhney认为,60°和75°无移位是由于股四头肌中立位角度的结果,在此角度股四头肌收缩不会造成胫骨前移,因此在此角度范围内的OKC是安全的。

2.1.2 分析模型预算移植物张力:分析模型也逐渐被用于估算在进行OKC和CKC时产生在移植植物上的张力。Escamilla等^[10]应用此法测量的结果显示,抗78kg阻力下主动伸膝,在膝关节屈曲15°时,ACL出现最大张力158N;然而,在抵抗146kg重力下蹲练习时,并未发现ACL出现额外张力。分析

模型估算重建ACL张力是一种间接的、无创的方法。不过,在构建模型时,必须得考虑很多假设条件。除了韧带、骨的几何学和半月板之间的相互作用必须考虑外,关节面复杂的几何学、膝关节周围软组织结构一般被忽略掉。这种模型与人正常的膝关节结构还是存在着一定的差距,所以其得出的结果与正常膝关节有不同。

2.2 直接测量活体内ACL张力

通过关节镜在活体内ACL植入张力传感器直接测量康复训练过程中ACL张力^[8,11-12]。这些研究主要测量在肌肉选择性收缩、胫骨关节压力负荷不同、开链和闭链运动时ACL的张力。

Beynnon等^[8]认为ACL所受张力由膝关节屈曲的角度和伸膝力矩决定,研究发现:股四头肌单独收缩,伸膝力矩为30Nm时,在膝关节屈曲15°情况下ACL张力比屈曲30°时大,而且在屈曲60°和90°时,ACL未出现张力;在膝关节屈曲15°和30°,股四头肌和腘绳肌同时收缩时ACL张力比股四头肌单独收缩时小。坐位伸膝时主要是股四头肌收缩;在蹲起训练时,股四头肌和腘绳肌同时收缩。Beynnon等^[8]还报道,简单下蹲训练(90°—10°)和坐位伸膝训练(90°—10°)引起ACL最大张力相近;且屈曲10°—40°之间,坐位主动伸膝时,ACL应变明显增加;在屈曲40°—90°之间,ACL应变无明显差别。但是在坐位伸膝训练时,随着阻力的增加(不抗阻坐位伸膝和抗44N力坐位伸膝对比),ACL张力增加;而下蹲时并不出现这种情况。这个区别源于CKC允许负重时关节表面加压,这种负重增加了稳定性,可减少胫骨移动和移植韧带的应变。

胫骨关节压力负荷会增加关节紧张度,减小胫骨前移,因此被认为可以起到保护愈合中的ACL的作用。但是Fleming等^[12]在患者保持下蹲姿势(膝关节屈曲20°,负40%体重)和坐位伸膝等长收缩(膝关节屈曲20°,抗小腿重力)时分别测量ACL张力,发现下蹲姿势时ACL出现了坐位伸膝时未出现的额外张力。这种张力很有可能是由胫骨的前中向滑移导致的,这在ACL功能障碍患者由不负重转移到负重过程中时可见。

为了系统地评估训练过程中增加阻力和额外的胫骨关节负荷的影响,Fleming等在增加阻力的情况下没有增加额外负重和增加额外负重模仿OKC和CKC训练过程中,分别测量ACL的张力。结果发现,在没增加额外负重的情况下伸膝时,随阻力增加ACL张力明显上升;而在增加额外负重的情况下伸膝时,随阻力增加ACL张力上升不明显。虽然ACL张力在OKC时上升明显,但是OKC和CKC在抗阻训练时产生的最大ACL张力差异并无显著性意义^[11]。也就是说,若闭链运动在移植韧带上产生的张力被认为是安全的,则在开链运动在训练过程中也是安全的。

直接测量活体内 ACL 张力的方法虽可以得到关节内 ACL 的张力环境,但是这种方法仍有很多限制。第一,测量的对象都是 ACL 未受伤者,不能将结论套用在 ACL 移植者。第二,这种方法用在进行关节镜下部分半月板切除和软骨清创的患者,这会改变膝关节的运动学。第三,测量时在麻醉下进行,这会改变肌肉的功能。最后,这种方法只能测到其中一束韧带(前内侧束)的张力,而这一束韧带这只占整条韧带横截面积的 65%,并不能反映 ACL 的整体张力情况。

3 不同训练方式的治疗效果

ACL 重建术的终极目标是重获关节稳定性,改善膝关节功能。因此,很多学者直接从疗效对两种训练方法进行比较。

3.1 膝关节稳定性:静态和动态稳定性

膝关节的稳定包括静力和动力两个因素,韧带重建手术修复了起静态稳定作用的韧带,而动态稳定则与关节几何学、软组织的限制作用、肌肉收缩、本体感觉等密切相关^[19]。早期的研究大多只是涉及了静态稳定,结论不一。如 Bynum 等^[9]用 KT-1000 测量 ACL 重建术 19 个月后的胫骨前移,通过患侧与健侧进行对比,发现 OKC 组患者患侧胫骨前移比健侧胫骨前移大 3.3cm,且与 CKC 组的 1.6cm 之间的差异有显著性意义。Mikkelsen 等^[20]测量的韧带重建术前和重建术后 6 个月后胫骨前移,显示采用 OKC 和 CKC 与 OKC 相结合方案皆未增加膝关节的胫骨前移。Morrissey 等^[14, 21-22]通过 Knee Signature System 测量韧带重建术后和经过术后不同时期训练后的胫骨前移,显示术后 2 到 6 周和术后 8 到 14 周两个时期采用 OKC 或 CKC 方案皆不会引起胫骨前移增加。

目前大多数研究者认为动态稳定与 ACL 重建术后膝关节的功能有更大的关系^[23-24]。Tagesson 等^[25]应用 CA-4000 记录患者步行时、单腿完全伸膝站立-60°屈膝-完全伸膝站立(男患者负重 10kg,女患者负重 8kg)过程胫骨前移,得出步行各期和后者整个过程中的最大胫骨前移,并以相差大于 1.5mm($P<0.05$)为标准,说明有差异。结果未发现步行时健侧在康复训练前后最大胫骨前移有差异,但是患侧在康复训练后步行时胫骨前移明显增加。而且研究者通过肌电图发现康复训练后比康复训练前腓肠肌、股内侧肌、腓肠肌有活动减弱的趋势,这正与动态稳定由神经肌肉控制决定这一观点相符合;而且这种趋势以 CKC 组更明显,但在研究中并未发现 CKC 组和 OKC 组在步行时和单腿完全伸膝站立-60°屈膝-完全伸膝站立过程中最大胫骨前移有差异。Tagesson^[26]最近的研究也显示相类似的结果:前交叉韧带重建术后,经过 5 周 CKC 或 OKC 康复训练,两组中患腿的胫骨前移与健腿之间差异无显著性意义,且步行和单腿或双腿下蹲时患腿的胫骨前移都比给予健侧腿胫骨 90N 向前的力时的 Lachman

测试时胫骨前移小,差异有显著性意义。

3.2 膝关节功能

Perry 等^[21]通过水平跳跃测试、垂直跳跃测试和交叉跳跃测试三项单腿跳测试和 Hughston 膝关节临床自我评估问卷评估 OKC 组和 CKC 组训练后膝关节客观功能和主观功能,发现三种测试结果和问卷得分两组间皆无差异。Tagesson 等^[25]的研究也显示相类似结果;同时他还通过 Lysholm 评分和 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)获取患者的主观功能状况。在训练前 CKC 组的 Lysholm 评分和 KOOS 中的日常生活功能项与运动、反应功能项评分皆比 OKC 组的要低($P=0.009$),训练后两组之间无差异($P=0.826$),表明 CKC 方案的训练效果对膝关节的功能恢复有更好的效果。

4 小结

闭链运动可提供移植物愈合过程中良好的力学环境,同时能很好地恢复膝关节功能;开链运动产生与闭链运动相似的胫骨前移和移植物张力,同时在膝关节稳定性和功能等方面的疗效也与闭链运动相似,但开链运动的肌肉力量恢复效果比闭链运动显著。开链运动也应当作为关节镜下前交叉韧带重建术后股四头肌肌力训练方案的一部分。在膝关节屈曲 90°—60°范围内的开链运动,可用于早期康复计划;如果患者能耐受,开链运动全范围膝关节伸直可用于康复晚期。虽然研究表明了开链运动训练的安全性及有效性,但要作为标准推荐到临床应用之前还需要进一步大样本、长期的临床研究。

参考文献

- [1] Lorentzon R, Elmqvist LG, Sjöström M, et al. Thigh musculature in relation to chronic anterior cruciate ligament tear: muscle size, morphology, and mechanical output before reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 1989, 17(3): 423—429.
- [2] Snyder-Mackler L, De Luca PF, Williams PR, et al. Reflex inhibition of the quadriceps femoris muscle after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament[J]. *J Bone Joint Surg Am*. 1994, 76(4): 555—560.
- [3] 王广志, 张立群, Nuber GW, 等. 膝关节前交叉韧带损伤及重建后肌肉力量变化的研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2000, 19(4): 389—391.
- [4] 周谋望, 葛杰, 于长隆, 等. 膝前交叉韧带损伤及重建术后的等张肌力评定[J]. *中国康复医学杂志*, 2003, 18(9): 520—522.
- [5] Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P, et al. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *J Orthop Res*, 2003, 21(2): 231—237.

- [6] Morrissey MC, Hooper DM, Drechsler WI, et al. Relationship of leg muscle strength and knee function in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2004(6), 14: 360—366.
- [7] Williams GN, Snyder-Mackler L, Barrance PJ, et al. Quadriceps femoris muscle morphology and function after ACL injury: a differential response in copers versus non-copers[J]. *J Biomech*, 2005, 38(4): 685—693.
- [8] Beynnon BD, Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: A review of previous work[J]. *J Biomech*, 1998, 31(6): 519—525.
- [9] Bynum EB, Barrack RL, Alexander AH. Open versus closed kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective randomized study[J]. *Am J Sports Med*, 1995, 23(4): 401—406.
- [10] Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1998, 30(4): 556—569.
- [11] Fleming BC, Ohlén G, Renström PA, et al. The effects of compressive load and knee joint torque on peak anterior cruciate ligament (ACL) strains[J]. *Am J Sports Med*, 2003, 31(5): 701—707.
- [12] Fleming BC, Renstrom P, Beynnon BD, et al. The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain[J]. *J Biomech*, 2001, 34(2): 163—170.
- [13] Kvist J, Gillquist J. Sagittal plane knee translation and electromyographic activity during closed and open kinetic chain exercises in anterior cruciate ligament-deficient patients and control subjects[J]. *Am J Sports Med*, 2001, 29(1): 72—82.
- [14] Hooper DM, Morrissey MC, Drechsler W, et al. Open and closed kinetic chain exercises in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction: Improvements in level walking, stair ascent, and stair descent[J]. *Am J Sports Med*, 2001, 29(2): 167—174.
- [15] Isaac DL, Beard DJ, Price AJ, et al. In-vivo sagittal plane knee kinematics: ACL intact, deficient and reconstructed knees[J]. *Knee*, 2005, 12(1): 25—31.
- [16] 许树柴, 王盛贤, 刘军. 前交叉韧带重建术后康复方案选择的若干争议[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2008, 16(9): 67—69.
- [17] Jonsson H, Kärrholm J. Three-dimensional knee joint movements during a step-up: Evaluation after anterior cruciate ligament rupture[J]. *J Orthop Res*, 1994, 12(6): 769—779.
- [18] Sawhney R, Dearwater S, Irrgang JJ, et al. Quadriceps exercise following anterior cruciate ligament reconstruction without anterior tibial displacement, Presented at the annual conference of the American Physical Therapy Association, CA, 1990.
- [19] Williams GN, Chmielewski T, Rudolph K, et al. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2001, 31(10): 546—566.
- [20] Mikkelsen C, Werner S, Eriksson E. Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2000, 8(6): 337—342.
- [21] Morrissey MC, Hudson ZL, Drechsler WI, et al. Effects of open versus closed kinetic chain training on knee laxity in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Knee Surg Sports Trauma Arthrosc*, 2000, 8(6): 343—348.
- [22] Perry MC, Morrissey MC, King JB, et al. Effects of closed versus open kinetic chain knee extensor resistance training on knee laxity and leg function in patients during the 8- to 14-week post-operative period after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2005, 13(5): 357—369.
- [23] Hurd WJ, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A 10-year prospective trial of a patient management algorithm and screening examination for highly active individuals with anterior cruciate ligament injury: part 2, determinants of dynamic knee stability[J]. *Am J Sports Med*, 2008, 36(1): 48—56.
- [24] Kvist J. Sagittal plane translation during level walking in poor-functioning and well-functioning patients with anterior cruciate ligament deficiency[J]. *Am J Sports Med*, 2004, 32(5): 1250—1255.
- [25] Tagesson S, Öberg B, Good L, et al. A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: A randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function[J]. *Am J Sports Med*, 2007, 36(2): 298—307.
- [26] Tagesson S, Öberg B, Kvist J. Tibial translation and muscle activation during rehabilitation exercises 5 weeks after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2010, 20(1): 154—164.