

髌股关节疼痛综合征康复治疗的研究进展*

李 男¹ 檀志宗^{1,2}

髌股关节疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)是困扰运动员的常见疾病之一。主要表现为髌后及髌周疼痛、膝关节功能受限、捻发音、关节不稳定等症状,其发生常与上下楼梯、下蹲、久坐等活动相关。目前,尚没有明确引起该症状的原因,一种学说认为PFPS的发生与髌骨周围肌力不平衡导致膝关节屈伸时髌骨运行轨迹不良相关。此外,髌股关节应力增大、劳损及外伤、相关肌肉力量下降、周围肌群弹性减退、髌骨活动受限、髌骨外侧支持带挛缩、下肢解剖紊乱(如Q角增大、扁平足、距下关节内转等)等都被认为与PFPS的发作相关。尽管PFPS多发于年轻人群,但也可发生于任何年龄,且其发生可伴随骨性关节炎,临床上与膝关节骨性关节炎鉴别存在一定的难度,特别是髌骨骨性关节炎。PFPS起病时多局限于髌骨后方,通过髌骨移动度、髌骨倾斜度和髌骨研磨实验等常规检查判断疼痛部位及周围组织情况。影像学检查如X线等可明确诊断。PFPS患者通常采用保守治疗,具体方法包括肌力训练、拉伸、电疗等多种物理治疗手段^[1]。本文将对PFPS康复治疗的最新成果进行综述。

1 肌力训练

肌力训练作为重要的康复治疗手段,对于增加肌肉力量、恢复肌肉围度具有重要作用。研究发现PFPS患者存在相应的肌肉力量下降、肌肉体积萎缩等现象,肌力训练也成为PFPS患者的重要治疗手段之一。

1.1 股四头肌肌力训练

1.1.1 PFPS患者股四头肌的力量:PFPS患者普遍存在伸膝肌力下降现象。Callaghan等^[2]通过膝关节等速肌力测试,发现PFPS患者患侧峰力矩值低于健侧18.4%,健康受试者两侧间差异为7.6%,组间存在显著性差异;通过超声扫描技术,观察到患者患侧和健侧股四头肌横截面积差异为3.38%,对照组两侧间差异为1.31%。相比两组横截面积的差异,峰力矩的差异更明显,因而作者认为伸膝峰力矩可作为预测PFPS的指标之一。Kaya^[3]比较了女性单侧PFPS患者股四头肌的肌肉力量、总体积、横截面积、下肢功能等指

标,发现患者患侧和健侧股四头肌肌肉体积和力量存在差异。伸膝力量下降可能是由于肌肉萎缩,也可能是由于疼痛的抑制作用。通过上述研究无法判断肌力下降与PFPS之间是否存在因果关系。而Duvigneaud等^[4]在军训前对62例无PFPS发作史的女性以向心60°/s和240°/s,离心30°/s的速度进行膝关节等速肌力测试。军训后42%的受试者发生了PFPS,将发生PFPS的受试者定为PFPS组,而无症状者定为对照组,比较后发现PFPS组向心60°/s和240°/s伸膝力量显著低于对照组。通过该前瞻性研究,作者推断股四头肌力量不足是PFPS发生的风险因素,股四头肌肌力训练对于治疗和预防PFPS有着重要的作用。

1.1.2 股四头肌肌力训练对PFPS的治疗效果:股四头肌肌力下降与PFPS的发生存在关联,因此,许多学者对PFPS患者股四头肌训练的作用进行了研究。Witvrouw等^[5-6]发现下肢开链或闭链训练都能显著改善PFPS患者的功能,似乎闭链训练的短期效果更佳;而两种方法长期效果相似,且似乎开链训练效果更好,作者建议康复计划应该包含这两种训练方式。Herrington等^[7]证实6周负重或不负重的股四头肌训练都能使PFPS患者疼痛水平降低,肌肉力量增加、功能改善,且组间无显著性差异。作者总结出,两种训练方式对于治疗PFPS效果相当。Chiu等^[8]发现PFPS患者在8周开链和闭链股四头肌力量训练后,肌肉力量和髌股关节接触面积增大,关节的应力减少,疼痛缓解、功能改善。Eapen等^[9]证实等动股四头肌离心训练能有效降低PFPS患者疼痛水平,改善功能,且建议等动离心训练可以作为PFPS患者康复训练的一部分。Hazneci等^[10]证实6周60°/s和180°/s的膝关节等速屈伸训练,不仅改善了PFPS患者的肌肉力量,还改善了患者膝关节的关节位置觉。通过上述研究看出,不论形式如何,适当的股四头肌肌力训练对于PFPS患者都能起到增加肌肉力量、缓解疼痛的作用。

1.2 PFPS患者股内侧斜肌的训练

1.2.1 PFPS患者股内侧斜肌存在肌肉萎缩:髌股关节的动态稳定性由关节周围的肌肉提供,股内侧斜肌(vastus medialis oblique, VMO)是唯一保持髌骨稳定的内侧肌肉,对于

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.02.022

*基金项目:上海市科委课题(12231203000)

1 上海体育科学研究所,上海,200030; 2 通讯作者

作者简介:李男,女,研究实习员; 收稿日期:2013-11-21

维持关节稳定具有重要作用。VMO选择性萎缩在PFPS患者中非常常见。理论上认为如果VMO力量相对股外侧斜肌(vastus lateralis oblique, VL)较弱,无法有效拮抗向外的分力,就会出现髌骨运动轨迹的异常,进一步导致PFPS的发生。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、计算机断层成像(computed tomography, CT)技术是评定肌肉体积的金标准,有学者通过影像学的手段对PFPS患者VMO的体积进行研究。Pattyn等^[11]通过MRI研究证实PFPS患者存在VMO萎缩,而VL则不存在差异。Jan等^[12]通过超声波扫描技术测量VMO的体积,发现PFPS组VMO体积小于无症状的健康对照组,作者提出PFPS患者康复过程中VMO的功能恢复是非常重要的因素。

1.2.2 股内侧斜肌针对性训练对PFPS的治疗效果:由于PFPS患者存在VMO选择性肌肉萎缩,有学者试图通过训练或其他物理治疗方法来增加肌肉体积、改善症状。Roush等^[13]证实PFPS患者通过加强VMO的训练显著改善疼痛和功能障碍,但是无法证实该方法选择性增加VMO的力量。Spairani等^[14]证实,开链和闭链的等长训练对VMO的激活效果并不优于VL和股内侧肌长头。选择性收缩VMO存在一定的困难,肌肉电刺激可以单独刺激VMO,有学者试图用该手段来刺激VMO,改善症状。Bily等^[15]比较了增加肌肉电刺激训练和不增加肌肉电刺激训练效果,两组疼痛程度都出现下降,然而却没能发现肌肉电刺激对等长肌肉力量影响的作用。此外,肌电图(electromyography, EMG)生物反馈技术也用来选择性刺激VMO。Yip等比较了EMG生物反馈结合运动训练和单独运动训练的效果,发现两组训练后患者力量增加,疼痛缓解。而EMG生物反馈组力量和力线恢复更快。作者提出,增加EMG生物反馈技术可能会加速最初几周的恢复^[16]。Syme等^[17]将PFPS患者分为三组,分别为选择性VMO刺激训练组,股四头肌整体训练组和对照组,8周后发现两个训练组疼痛程度、功能状况和生存质量都得到了显著的改善,证实两种训练方式对PFPS的康复都有效,但不存在差异。作者建议选择选择性训练VMO可在早期进行,但是不必过分强调VMO刺激训练,特别是对于慢性PFPS患者。Ben-nell^[18]比较了VMO运动控制再教育和股四头肌整体训练对PFPS的治疗效果,发现虽然在短期内不同方式分别改善其针对性指标(下楼梯的运动控制、肌力)的效果更明显,但是训练停止后两组效果类似。单独训练VMO肌力比较困难,且单独刺激VMO的效果尚存在一定的争议,还需要进一步的研究。

1.3 臀肌肌力训练

1.3.1 PFPS患者臀肌的力量:臀肌肌力不足常被认为与PFPS的发生相关。臀肌对于稳定躯干和骨盆,以及维持下肢末端力线具有重要作用,其力矩可以对抗身体重心在前一

后、内—外侧向上的移动,起到维持身体稳定、减少身体摆动的作用。Souza等^[19]比较了女性PFPS患者和健康对照组髋关节动力学、臀肌肌力、臀肌激活模式等指标,发现PFPS患者髋关节内旋活动增加、臀肌力量下降、臀大肌激活增加,提示患者试图动员虚弱的肌肉来增加臀肌的稳定性。因此,作者提出髋关节功能异常与PFPS的发生相关。Robinson等^[20]比较了PFPS患者和健康受试者臀肌的力量,证实PFPS患者等长臀肌伸、外展、外旋的力量都小于对照组。Bolga等^[21]人对女性PFPS患者进行了研究,证实女性PFPS患者臀肌力量较弱。上述研究基本都是通过手持测力仪或徒手完成,也有学者通过等速技术对PFPS患者臀肌进行了测试。Baldon利用等速肌力测试系统对女性PFPS患者髋关节内收、外展、内旋、外旋的离心力量进行了测试,发现PFPS组髋关节离心外展和内收峰力矩较低,而内收/外展的比率较高。作者建议女性PFPS患者进行康复训练时,应考虑髋关节离心外展力量的训练^[22]。Willson等^[23]测试了女性PFPS患者单腿跳前后疼痛水平、髋关节和躯干力量、3D下肢末端力学等指标后,发现PFPS组等长躯干屈曲力量比对照组低24%,髋关节外展力量低13%,髋关节外旋力量低14%,并认为恢复动力链,躯干及髋关节力量的训练应该作为PFPS保守治疗的方法。PFPS患者(特别是女性)存在臀肌肌力不足,已经得到相对一致的认识,臀肌训练应在康复训练中引起足够的重视。

1.3.2 臀肌训练对于PFPS的治疗效果:臀肌力量与PFPS的发生存在相关已得到证实,因此,许多学者对PFPS患者臀肌训练的效果进行了研究。Earl等^[24]的研究中,19例女性PFPS患者进行了8周近端为主的康复训练,其中17例患者收到了较好疗效。Tyler等^[25]证实PFPS患者通过6周髋关节力量和活动度的训练缓解了疼痛,作者认为应在康复训练中考虑加入髋关节力量和灵活性的训练。Nakaguna等^[26]研究发现6周股四头肌结合髋关节外展、外旋的肌力训练可以缓解PFPS患者疼痛,增加臀中肌肌电活动,但是髋关节肌力没有显著变化。作者提出该方法作用机制可能不是通过臀肌力量的增加,而是通过肌电活动的改善。Ismail等^[27]发现6周闭链训练结合髋关节训练同单一闭链训练相比,改善肌肉力量的效果接近,但是缓解疼痛的效果更明显。Fukuda等^[28]比较了4周膝关节结合髋关节训练和单纯膝关节训练对女性PFPS患者的治疗效果,发现两种训练方式都改善了膝关节功能,减少了疼痛,但增加髋关节训练组下台阶时疼痛改善程度更大。因此,作者建议在PFPS康复过程中,应将两种训练结合在一起。随后,Fukuda等^[29]进一步证实PFPS患者膝关节训练结合髋关节训练对PFPS患者的长期效果也优于单纯的膝关节训练。臀肌训练改善PFPS症状的作用已在一定程度上得到证实,可根据具体情况在PFPS康复训练中考虑加入髋关节的训练。

2 神经-肌肉训练

2.1 PFPS患者神经-肌肉控制的状况

精确的神经-肌肉控制对于髌股关节活动十分重要。VMO、VL活动的同步化程度可能对髌骨活动轨迹产生影响。研究表明正常人VMO的反应时间小于VL,而PFPS患者则相反。Cowan等^[30]发现,在上下楼梯活动中,PFPS患者VMO的激活晚于VL,证实PFPS患者肌肉激活发生改变。Ng等^[31]通过检查踝关节自主活动和膝关节干扰活动中VMO和VL的激活时间,来探讨活动中肌肉协调性的变化,发现在执行自主半蹲、脚趾站立、脚跟站立活动中VMO的激活晚于VL,但膝关节在有干扰情况下的反射活动中肌肉激活顺序则相反。这些结果提示姿势挑战活动可以激活PFPS患者VMO。Tiggelen等^[32]测试军训前健康受试者VMO、VL的激活时间,其中部分受试者在训练后出现了PFPS。作者发现PFPS发生前出现VMO激活延迟的受试者更容易发展成PFPS,因此,提出VMO激活延迟可以作为PFPS的预测因素。但也有研究发现两者激活时间没有差别,反而在下台阶的任务中,臀中肌和VMO的肌电活动增加,并认为这是由于臀中肌和VMO肌力不足,为完成任务而增加肌纤维的募集而造成^[21]。臀肌激活异常在其他的研究中也有发现。Cowan等^[33]在下台阶的任务中,发现PFPS臀中肌的激活晚于健康对照组,表明PFPS患者臀肌激活受到影响。Barton等^[34]对PFPS发生与臀肌的关系进行了总结,发现在台阶任务中,臀中肌肌电活动延迟且持续时间变短,而臀大肌的活动增加,表明髌关节控制在水平面或矢状面的活动受损。可见PFPS患者神经-肌肉异常可能不仅局限于某一环节,异常可能存在于整个动力链。

2.2 训练和治疗对VMO激活的作用

VMO激活异常可能与PFPS发生相关,因此许多学者对训练和治疗改善VMO激活的效果进行了研究。Cowan^[35]将PFPS患者随机分为训练组和对照组,分别在6周康复训练前后记录下台阶时的肌电活动,发现训练前两组的VMO激活时间都晚于VL组;训练后VMO激活时间和VL一致,而未进行训练的对照组则没有发生改变,以上结果表明物理治疗可以改善VMO相对较慢的激活¹。Boling等^[36]对14例PFPS患者进行6周负重训练,VMO激活迟于VL的情况得到了改善,两者激活时间与健康对照组已无显著差异。Ng等^[37]比较了增加生物电反馈训练和单纯训练的效果,发现生物电反馈可以增加VMO的激活,改善VMO/VL的比率,并认为EMG生物电反馈训练是有效改善VMO激活的治疗手段。同样也有研究发现肌贴可以改善VMO的激活^[38]。综上所述,在肌力训练的基础上增加EMG生物电反馈对于改善髌骨周围肌肉神经-肌肉活动不平衡现象具有一定作用。

3 肌肉灵活性训练

髌股关节周围肌肉的活动性被认为对髌骨活动轨迹产生影响。Piva^[39]比较了PFPS患者和健康对照组膝关节周围肌肉活动性的差异,发现对于PFPS组腓肠肌、比目鱼肌、股四头肌、腘绳肌的柔韧性较差。其中,腓肠肌、比目鱼肌活动性受限常引起踝关节背屈受限。步行中,背屈受限使得患者通过距下关节旋前和胫骨内旋代偿来获得相应的活动度,从而进一步导致股骨内旋,引起Q角的增大,从而增加髌股关节的压力。Witvrouw等^[40]通过2年前瞻性研究发现,PFPS组股四头肌的柔韧性与PFPS的发生相关,并认为股四头肌柔韧性训练应该作为PFPS康复治疗的手段。White等^[41]发现,PFPS组腘绳肌的活动性小于无症状的对照组,但是仅从该研究中无法确定其因果关系。Hudson等^[42]比较了PFPS患者患侧和健侧以及健康受试者双侧之间髂筋束紧张度,证实PFPS患者的髂筋束更紧。作者进而提出由于臀中肌的内向活动控制较差,导致髂筋束张力过高,从而引起PFPS患者在动态负重活动中髌骨向外活动。研究提示,在制订计划时应该考虑这些肌肉的活动性。而牵拉作为改善肌肉活动性的手段,通常仅作为训练的一部分,单独探讨牵拉对于PFPS患者作用的研究尚未发现。

4 其他物理治疗手段

4.1 肌贴对于PFPS的作用

肌贴是治疗PFPS的常见手段,大量研究证实肌贴可以缓解髌股关节疼痛的症状,但是具体治疗机制还没有形成定论,而其康复效果也存在一定争议。研究证实,肌贴可以改善VMO和VL的激活时间,因此提出髌骨肌贴可以作为PFPS的治疗手段。Christon等^[38]发现肌贴可以增加PFPS患者VMO的肌电活动,减少VL的肌电活动,但同时发现向内肌贴和安慰肌贴的效果一致,提示该治疗效果不是通过内向移动髌骨,而是通过加强周围韧带,或通过皮肤刺激调节疼痛而达到治疗效果。Aminaka等^[43]的研究中,PFPS患者和无症状的健康对照组分别在有贴扎和无贴扎的情况下进行星偏移平衡测试,PFPS患者在有贴扎的情况下够远距离增加而疼痛水平下降,而对照组则出现距离下降,作者推测这可能是由于疼痛缓解导致功能的提高。Osorio^[44]比较了McConnell法和Spider法两种不同肌贴方法对PFPS患者肌力、耐力和痛觉水平的影响,发现两种方法都可以降低疼痛,增加等速伸膝峰力矩和总功,且两种方式没有显著差异。然而并非所有研究都证实肌贴对于PFPS有效。Akbas等^[45]研究了肌内效贴对于PFPS患者的作用,发现除了腘绳肌柔韧性改善以外,肌内效贴并没有额外效果。而最近研究发现,肌贴在本体感觉任务中,改变了大脑局部区域的活动,提示肌贴可能是通过非生物力学的机制作用,为进一步研究肌贴对于

PFPS的作用机制提供了新的思路^[46]。

4.2 电疗对于PFPS的作用

电疗是一种常见的物理治疗手段。不同形式的电疗具有增加肌肉收缩,降低疼痛,减少炎症的作用。许多学者针对电疗对PFPS患者的作用进行了研究。电疗可以改善PFPS患者的疼痛和功能水平,其可以作为PFPS患者一种治疗方法。Collaghan等^[47]对PFPS患者施加6周不同方案的股四头肌电刺激,发现患者疼痛水平降低,力量增加。Akarcali等^[48]将高压电刺激结合运动训练与单独行运动训练对PFPS的治疗效果进行比较,发现两组股四头肌力量增长没有差异,但是3周时高压刺激组疼痛降低明显快于对照组,然而6周时差异已不明显,说明高压电刺激在短期内缓解疼痛的效果更快。Kaya等^[49]研究了高压脉冲电刺激对于PFPS患者的治疗效果,发现高压脉冲组在上下楼时缓解疼痛的效果明显优于对照组,因此总结出该方法可以缓解PFPS疼痛。综上所述,电疗缓解PFPS疼痛的作用已经得到了较为一致的认可。此外,髌骨矫形支具、传统中医疗法以及其他物理治疗方法也见用于PFPS的治疗。在保守治疗失败后,可通过手术来治疗PFPS。

5 小结

PFPS是一种常见的运动损伤。引起该症状的原因有很多。通过非手术治疗常会收到较好的效果。股四头肌、VMO、臀肌的肌力训练已证实对于PFPS具有治疗效果,应该予以重视。此外,拉伸、肌贴、EMG生物反馈、电刺激等治疗手段也具有一定的治疗效果。同时,应该注意到多数研究证实,没有任何一种方法可以治疗和改善所有PFPS患者的症状,而在具体康复过程中,工作人员应观察患者整个运动链中的异常环节,根据具体情况选择适当的康复治疗手段。

参考文献

- [1] Halabchi F, Mazaheri R, Seif-Barghi T. Patellofemoral pain syndrome and modifiable intrinsic risk factors; how to access and address[J]. Asia J Sports Med, 2013, 4(2):85—100.
- [2] Callaghan MJ, Oldham JA. Quadriceps atrophy: to what extent does it exist in patellofemoral pain syndrome[J]. Br J Sports Med, 2004, 38(3):295—299.
- [3] Kaya D, Citaker S, Kerimoglu U, et al. Women with patellofemoral pain syndrome have quadriceps femoris volume and strength deficiency[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011, 19(2):242—247.
- [4] Duvigneaud N, Bernard E, Stevens V, et al. Isokinetic assessment of patellofemoral pain syndrome: a prospective study in female recruits[J]. IOS Press, 2008,16(4):213—219.
- [5] Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, et al. Open versus closed kinetic chain exercise for patellofemoral pain. A prospective, randomized study[J]. Am J Sports Med, 2000, 28(5):687—694.
- [6] Witvrouw E, Danneels L, Van Tiggelen D, et al. Open versus closed kinetic chain exercise in patellofemoral pain: a 5-year prospective, randomized study[J]. Am J Sports Med, 2004, 32(5):1122—1130.
- [7] Herrington L, Al-Sherhi A. A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercise for patellofemoral pain[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2007, 37(4):155—160.
- [8] Chiu JK, Wong YM, Yung PS, et al. The effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2012, 91(2):98—106.
- [9] Eapen C, Nayak CD, Pazhyaottiyil Zulfequeer C. Effect of eccentric isotonic quadriceps muscle exercises on patellofemoral pain syndrome: an exploratory pilot study[J]. Asian J Sports Med, 2011, 2(4):227—234.
- [10] Hazneci B, Yildiz Y, Sekir U, et al. Efficacy of isokinetic exercise on joint position sense and muscle strength in patellofemoral pain syndrome[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2005, 84(7):521—527.
- [11] Pattyn E, Verdonk P, Steyaert A, et al. Vastus medialis obliquus atrophy: does it exist in patellofemoral pain syndrome[J]. Am J Sports Med, 2011, 39(7):1450—1455.
- [12] Jan MH, Lin DH, Lin JJ, et al. Differences in sonographic characteristics of the vastus medialis obliquus between patients with patellofemoral pain syndrome and healthy adults[J]. Am J Sports Med, 2009, 37(9):1743—1749.
- [13] Roush MB, Sevier TL, Wilson JK, et al. Anterior knee pain: a clinical comparison of rehabilitation methods[J]. Clin J Sport Med, 2000, 10(1):22—28.
- [14] Spairani L, Barbero M, Cescon C, et al. An electromyographic study of the vastii muscles during open and closed kinetic chain submaximal isometric exercise[J]. Int J Sports Phys Ther, 2012, 7(6):617—626.
- [15] Bily W, Trimmel L, Mödin M, et al. Training program and additional electric muscle stimulation for patellofemoral pain syndrome: a pilot study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(7):1230—1236.
- [16] Yin SL, Ng GY. Biofeedback supplementation to physiotherapy exercise programme for rehabilitation of patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study[J]. Clinical Rehabilitation, 2006, 20(12):1050—1057.
- [17] Syme G, Rowe P, Martin D, et al. Disability in patients with chronic patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial of VMO selective training versus general quadriceps strengthening[J]. Man Ther, 2009, 14(3):252—263.
- [18] Bennell K, Duncan M, Cowan S, et al. Effects of vastus medialis oblique retraining versus general quadriceps strengthening on vasti onset[J]. Med Sci Sports Exerc, 2010, 42(5):856—864.
- [19] Souza RB, Powers CM. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2009, 39(1):12—19.
- [20] Robinson RL, Nee RJ. Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2007, 37

- (5):232—238.
- [21] Bolgla LA, Malone TR, Umberger BR, et al. Comparison of hip and knee strength and neuromuscular activity in subjects with and without patellofemoral pain syndrome[J]. *Int J Sports Phys Ther*, 2011, 6(4):285—296.
 - [22] Baldon Rde M, Nakagawa TH, Muniz TB, et al. Eccentric hip muscle function in females with and without patellofemoral pain syndrome[J]. *J Athl Train*, 2009, 44(5):490—496.
 - [23] Willson JD, Binder-Macleod S, Davis IS. Lower extremity jumping mechanics of female athletes with and without patellofemoral pain before and after exertion[J]. *Am J Sports Med*, 2008, 36(8):1587—1596.
 - [24] Earl JE, Hoch AZ. A proximal strengthening program improves pain, function, and biomechanics in women with patellofemoral pain syndrome[J]. *Am J Sports Med*, 2011, 39(1):154—163.
 - [25] Tyler TF, Nicholas SJ, Mullaney MJ, et al. The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome[J]. *Am J Sports Med*, 2006, 34(4):630—636.
 - [26] Nakagawa TH, Muniz TB, Baldon Rde M, et al. The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study[J]. *Clin Rehabil*, 2008, 22(12):1051—1060.
 - [27] Ismail MM, Gamaleldein MH, Hassa KA, et al. Closed kinetic chain exercises with or without additional hip strengthening exercises in management of patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2013, 49(5):687—698.
 - [28] Fukuda TY, Rossetto FM, Magalhães E, et al. Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010, 40(11):736—742.
 - [29] Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, et al. Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2012, 42(10):823—830.
 - [30] Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82(2):183—189.
 - [31] Ng EC, Chui MP, Siu AY, et al. Ankle positioning and knee perturbation affect temporal recruitment of the vasti muscles in people with patellofemoral pain[J]. *Physiotherapy*, 2011, 97(1):65—70.
 - [32] Van Tiggelen D, Cowan S, Coorevits P, et al. Delayed vastus medialis obliquus to vastus lateralis onset timing contributes to the development of patellofemoral pain in previously healthy men: a prospective study[J]. *Am J Sports Med*, 2009, 37(6):1099—1105.
 - [33] Cowan SM, Crossley KM, Bennell KL. Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain[J]. *Br J Sports Med*, 2009, 43(8):584—588.
 - [34] Barton CJ, Lack S, Malliaras P, et al. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review[J]. *Br J Sports Med*, 2013, 47(4):207—214.
 - [35] Cowan SM, Bennell KL, Crossley KM, et al. Physical therapy alters recruitment of the vasti in patellofemoral pain syndrome[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, 34(12):1879—1885.
 - [36] Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, et al. Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2006, 87(11):1428—1435.
 - [37] Ng GY, Zhang AQ, Li CK. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2008, 18(1):128—133.
 - [38] Christou EA. Patellar taping increases vastus medialis oblique activity in the presence of patellofemoral pain[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2004, 14(4):495—504.
 - [39] Piva SR, Goodnite EA, Childs JD. Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2005, 35(12):793—801.
 - [40] Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, et al. Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study[J]. *Am J Sports Med*, 2000, 28(4):480—489.
 - [41] White LC, Dolphin P, Dixon J. Hamstring length in patellofemoral pain syndrome[J]. *Physiotherapy*, 2009, 95(1):24—28.
 - [42] Hudson Z, Darthuy E. Iliotibial band tightness and patellofemoral pain syndrome: a case-control study[J]. *Man Ther*, 2009, 14(2):147—151.
 - [43] Aminaka N, Gribble PA. Patellar taping, patellofemoral pain syndrome, lower extremity kinematics, and dynamic postural control[J]. *J Athl Train*, 2008, 43(1):21—28.
 - [44] Osorio JA, Vairo GL, Rozea GD, et al. The effects of two therapeutic patellofemoral taping techniques on strength, endurance, and pain responses[J]. *Phys Ther Sport*, 2013, 14(4):199—206.
 - [45] Akbaş E, Atay AO, Yüksel I. The effects of additional kinesio taping over exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2011, 45(5):335—341.
 - [46] Callaghan MJ, McKie S, Richardson P, et al. Effects of patellar taping on brain activity during knee joint proprioception tests using functional magnetic resonance imaging[J]. *Phys Ther*, 2012, 92(6):821—830.
 - [47] Callaghan MJ, Oldham JA. Electric muscle stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(6):956—962.
 - [48] Akarcali I, Tuay N, Kaya D, et al. The role of high voltage electrical stimulation in the rehabilitation of patellofemoral pain[J]. *Pain Clin*, 2002, 14(3):207—212.
 - [49] Kaya D, Yüsel I, Callaghan MJ, et al. High voltage pulsed galvanic stimulation adjunct to rehabilitation program for patellofemoral pain syndrome: a prospective randomized controlled trial [J]. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 2013, 24(1):1—8.