

不同训练方式对膝骨关节炎患者姿势稳定性研究探讨

彭晓静¹, 董心², 钟连超², 郑洁皎¹

【关键词】 膝骨关节炎; 姿势稳定性; 平衡; 跌倒

【中图分类号】 R49; R681 【DOI】 10.3870/zgkf.2020.05.011

膝骨关节炎(Kneeosteoarthritis, KOA)是中老年人最常见的慢性退行性关节疾病,给患者、家庭和社会造成巨大的经济负担^[1]。已被世界卫生组织列为增长最快的主要健康状况和第二大致残原因^[2]。症状性KOA在50岁以上的人群中非常普遍,影响全世界超过2.5亿人^[3],而伴随KOA进展而不断加重,疾病造成的疼痛及步态功能障碍严重影响其正常生活质量。目前,临床对KOA患者越来越推崇运动疗法,进而提高其姿势稳定性,美国风湿病协会强烈建议KOA患者进行有氧训练及耐力训练^[4]。因此,本文就KOA临床功能障碍及姿势稳定性受损机制基础之上对其不同训练方式做一陈述,目前临床常用训练方法,包括肌力训练、生物力学干预、步态训练、本体感觉训练和中医传统功法治疗等。

1 KOA姿势稳定性受损机制

KOA是一种由生物力学和炎症因子共同驱动的关节破坏的活动性疾病^[5],伴随机制研究的不断深入,目前较为认可的是生物力学结构的改变及炎症因子的作用。正常的姿势控制包括躯体感觉、视觉和前庭系统的整合。KOA患者缺乏有效运动模式以维持稳定的功能活动,证明了肌肉骨骼状况通过改变感觉输入,皮质处理和随后的神经肌肉输出对反馈回路的长期影响^[6]。KOA可能存在本体感觉缺失,影响姿势稳定性(静态和动态平衡),增加跌倒风险。另外,老年KOA的发生可能与年龄相关的膝关节软骨的负荷模式力学改变因素相关。在膝关节力学上的变化很可能是运动系统,特别是肌肉和神经功能全面恶化的表现,其中股

四头肌肌力减弱是影响KOA的重要因素之一。有研究指出疼痛和肌肉无力也是影响姿势受损的原因之一,中度至重度疼痛的参与者表现出姿势摇摆增加^[7,8]。在其行走及维持姿势稳态中,除涉及感觉运动功能外,还涉及执行功能^[9]。KOA患者存在的疼痛症状容易损害其执行功能,从而无法重新分配注意力进而增加其摔倒的风险,进一步影响姿势控制机制和防止跌倒的能力。

2 训练方式

2.1 肌力训练

2.1.1 膝关节神经肌肉运动训练 KOA患者关节周围肌力较弱,导致关节压力增加。股四头肌是影响膝关节稳定性的重要结构,骨骼肌肌力的减退对KOA患者姿势稳定性影响巨大,也被认为是跌倒的独立危险因素^[10]。股四头肌肌力的增强有助于减缓膝关节负荷和关节软骨磨损,改善功能和关节稳定性、减缓行走过程中地面反作用力的冲击。提高肌肉强度可能会延缓KOA的进展。在一项随机对照研究中,通过对股四头肌肌力训练,观察到KOA患者股四头肌肌力增强,明显改善了神经对股四头肌的潜在抑制,减轻临床疼痛和功能障碍,步行速度也得到提升。同时KOA患者伸膝关节肌群肌力较其他肌群下降明显,相比正常人的伸肌肌力要低40%,增强膝关节伸肌强度与降低KOA患者的步态速度起着重要作用^[11]。美国运动医学会曾对肌肉强化运动做了一项系统评价和Meta分析,证据支持肌肉增强干预能显著提高膝关节伸肌的力量,改善膝关节炎患者的身体功能^[12]。神经肌肉运动训练(neuromuscularexercise, NEMEX)是肌力训练的特一种殊训练技术。是基于生物力学与神经肌肉控制原理,通过对三个平面的运动质量控制来改善感觉运动控制能力及获得关节的功能性稳定的运动训练技术^[13]。神经肌肉运动训练主要作用于下肢运动和肌肉激活模式的效率,改善其运动控制能力和动态稳

基金项目:国家重点研发计划重点专项(2018YFC2002300);上海市科委科技创新行动计划(17411953800)。

收稿日期:2019-12-09

作者单位:1. 上海中医药大学, 康复医学院, 上海 200120; 2. 上海体育学院, 上海 200438;

作者简介:彭晓静(1993-),女,硕士研究生,主要从事老年康复临床研究。

通讯作者:郑洁皎, zjjcss@163.com

定性。Ageberg 等^[14]研究认为神经肌肉运动训练作为一种运动疗法,对于退行性骨关节疾病患者而言是与传统肌肉力量训练和有氧运动等效的,对改善 KOA 患者临床症状和功能有积极作用。与股四头肌肌力训练不同的是神经肌肉运动训练主要是采用功能性的负重训练方法对患者进行训练,通过训练可提升肌力和本体感觉的准确性,进而提高姿势稳定性以及减少 KOA 患者活动受限^[15]。

2.1.2 膝关节周围肌群抗阻训练 抗阻运动训练的定义是利用外部阻力负荷(如体重、阻力带、机械装置等)因素来促使骨骼肌收缩,使 KOA 的肌肉运动模式和关节生物力学恢复正常^[16]。抗阻训练可改变其肌肉运动模式,使其关节生物力学正常化,恢复肌力和关节正常力学,同时改善身体功能。抗阻训练已被证明是提高肌力的最有效的运动之一^[17]。在 KOA 患者中,肌无力、本体感觉障碍和疼痛是常见的临床表现,也是跌倒的主要危险因素。抗阻训练与理疗、药物及拉伸等治疗相比,在减轻疼痛、缓解僵硬以及改善身体功能方面具有优势。通过高速抗阻训练神经肌肉元素,对减少疾病症状,改善生理功能和肌肉力量具有潜在的积极影响,进而可以减少跌倒的风险。较之传统 KOA 抗阻训练和拉伸,高速抗阻在整合神经肌肉和结合本体感觉机制基础上具有更好的效果^[18]。Levinger 等^[19]通过高速抗阻训练和平衡训练提高下肢肌肉力量,可以预防跌倒,因而再次解释了 KOA 患者因下肢肌力的下降导致其平衡受损,抗阻训练对其平衡的积极影响。

2.2 生物力学干预 在 KOA 发病病因研究中,其生物力学改变是最为公认的因素。生物力学疗法作为一种非药物疗法,注重个体化治疗且客观全面地对患者进行干预治疗^[20]。主要通过改变足底压力中心、楔形鞋垫、膝关节支具等进行辅助治疗。基于生物力学评估后的外侧楔形鞋垫通过改变足底压力中心的位置,从而使地面反作用力相对于膝关节向外侧移动,即负重从内侧转移到外侧。有研究显示^[21],外侧楔使膝关节外收力矩减少 5%~6%,矢状位力矩和肌肉共收缩等其他因素可能对膝关节内侧负荷有重要影响。而膝关节外翻支具较外侧楔形鞋垫可以显著降低膝关节内收角^[22]。Khana 等^[23]通过对趾内步态、外侧楔形鞋垫以及膝关节支具的联合使用研究,发现三者可降低膝关节负荷上具有协同作用,同时可以有效降低膝关节内收力矩。膝关节内收力矩(kneeadductionmoment, KAM)作为评价膝关节姿势稳定性的一个生物力学参数,减少 KAM 也是减轻膝关节疼痛和增强其功能的一个重要方法。同时也被认为是膝关节动态负

荷分布的主要因素,因此也是内侧 KOA 进展的主要因素。KOA 患者稳定性降低的主要原因为关节应力失衡和下肢力学轴线异常,纠正膝关节的异常受力模式对于 KOA 患者受累关节的轴向对线以及异常受力有着良好的疗效^[24]。

2.3 步态训练

2.3.1 步态调整训练 步行是一种自主且复杂的运动,它与神经系统、肌肉骨骼系统、感觉系统、心肺系统等多种生理系统的正常功能高度协调统一。KOA 患者在空间和时间步态参数的变化都会对其姿势稳定性产生影响^[25],因而通过步态调整进行步态训练可以更好改善其姿势稳定性。临床常见的步态调整包括趾外步态(toe-outgait)、趾内步态(toe-ingait)^[26]、步幅缩短步态^[27]、内外侧躯干倾斜步态和内推力步态等^[28-29]。趾外步态和趾内步态是指脚的外部 and 内部旋转角度超过个人原有姿势相位的步行方式^[30]。已有研究表明趾外步态对膝关节具有明显的生物力学效应,降低疾病进展的风险^[31]。趾内、趾外步态对 KOA 进展有长期保护作用,通过对健康人群及 KOA 患者对比的一项随机对照研究,步态调整训练能够改善症状和身体活动水平,而不会增加相关的 KAM。部分内侧 KOA 患者会自然地采用一种改变的步态模式,减少膝关节内收力矩,并由内-外侧躯干摆动变化驱动。躯干倾斜和内侧推力可以有效降低 KOA 患者的 KAM,而不会对髋部和踝关节动力学造成不利影响^[29]。步态调整训练重新分布了整个下肢的负荷力学,使得膝关节内收力矩峰值减少,增强膝关节稳定性,延缓 KOA 进展^[32]。

2.3.2 步态再训练 步态再训练是指在常规步态训练基础上,使用实时运动反馈系统观察特定关节角度改变造成的步态模式改变,进而调整不正常步态模式下对机体稳定性造成的损害^[33]。膝关节内收力矩是一种重要的生物力学危险指标(膝关节负荷),可作为步态中膝关节负荷的替代指标。步态再训练从整体上讲,是通过调整身体负荷,降低患者膝关节的承重,进而减少了步行过程中的内收力矩。膝关节屈曲力矩(kneeflexionmoment, KFM)的作用是平衡关节处屈肌和伸肌的力量,主动反馈步态再训练是在原有基础之上佩戴主动反馈装置(即传感器),实时监测足底压力改变。研究结果表明足内侧负重移位引起的膝关节内收力矩减少,从而减少了膝关节内侧间隙负荷,因而对临床疼痛和功能有所改善^[34]。有研究经过对六周步态再训练计划的可行性和效果分析后得出步态再训练对 KOA 患者是有益的,在降低膝关节内收力矩方面可能具有积极的作用,减少膝关节内翻从而发展成

为内侧 KOA 的风险,但不同运动训练对膝关节内收力矩影响也存在差异^[35]。步态训练是在生物力学分析基础之上,针对具体问题采取的具体训练方法。矫正不正确的步行方式,实现下肢力矩的最大改善,从而达到训练目的。

2.4 本体感觉训练 本体感觉训练是基于肌肉运动训练进行,本体感觉相关的运动训练会引起下肢反馈刺激膝关节周围的本体感受器,尤其是屈肌纺锤体,肌肉纺锤体是膝关节最重要的本体感受体,从而改善膝关节本体感觉^[36]。本体感觉通过肌肉和皮肤组织的机械改变来收集和传递与关节的位置、方向和运动相关的感觉信息以此保持姿势平衡^[37]。KOA 躯体感觉功能出现障碍,主要表现为关节位置(本体感觉)障碍和运动感觉障碍(运动觉)。因此改善本体感觉可降低膝关节骨性关节炎患者步态中的负重率和协同激活,进而提高姿势稳定性^[38]。本体感觉训练能改善关节的稳定性,从而提高运动质量和改善本体感觉,长期本体感觉训练可降低 KOA 的疼痛强度^[39]。因而改善 KOA 患者的膝关节感觉运动特征,可以恢复步行过程动态功能平衡能力。

2.5 中医传统功法治疗 目前临床对 KOA 患者多采用保守治疗,长期运动功法运用得到证实 KOA 患者有积极作用,其无毒副作用且效果显著被广泛患者所接受。中医传统功法如太极拳、八段锦、易筋经等多属中小轻度运动,对提高 KOA 的稳定性以及促进其功能恢复具有重要的作用,传统功法锻炼可促进膝关节周围局部静脉和淋巴液的回流,加速新陈代谢,从而减轻恶性刺激所导致的膝关节疼痛^[40]。郭朝卿等^[41]在对易筋经进行生物力学分析中,锻炼过程中为维持姿势稳定性,需要肌肉和骨骼维持一定平衡,并加强了肌肉力量和柔韧性,保证了一定的关节活动度。肌力随年龄增长呈衰减趋势,尤其是下肢肌力对整体稳定性有至关重要作用,有研究显示坚持太极拳锻炼,对肌肉衰减症有预防作用^[42]。KOA 患者的步态相对常人不同,太极拳锻炼注重重心转移,增大了髌关节内收力矩或限制其减小,降低膝关节内收力矩或限制其增大。进而使得下肢肌肉控制的协调性增强,关节僵硬得到缓解,稳定性增加^[43]。

3 小结

KOA 已被认为是老年人跌倒的一个重要的危险因素,姿势稳定性的维持需要感觉统合系统和神经肌肉系统的协调配合得以实现,对预防 KOA 患者二次损伤具有重要意义。影响 KOA 姿势稳定性的因素也很多,股四头肌肌力减退是目前一致公认的影响因素

之一。但临床专门针对 KOA 姿势稳定性的治疗性研究相对较少,姿势稳定性的治疗主要着眼于其疼痛及功能障碍基础上,具体姿势受损机制研究也相对欠缺,因而总结前人治疗经验,从而进一步对 KOA 姿势稳定性进行探索研究尤为重要。

【参考文献】

- [1] 王斌,邢丹,董圣杰,等. 中国膝关节炎流行病学和疾病负担的系统评价[J]. 中国循证医学杂志, 2018, 18(2): 134-142.
- [2] Sun X, Zhen X, Hu X, et al. Osteoarthritis in the Middle-Aged and Elderly in China: Prevalence and Influencing Factors [J]. International journal of environmental research and public health, 2019, 16(23):4701.
- [3] Bruyere O, Cooper C, Pelletier JP, et al. A consensus statement on the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO) algorithm for the management of knee osteoarthritis-From evidence-based medicine to the real-life setting [J]. Seminars in arthritis and rheumatism, 2016, 45(4): 3-11.
- [4] Hochberg MC, Altman RD, April KT, et al. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee [J]. Arthritis care & research, 2012, 64(4): 465-474.
- [5] Messier SP, Mihalko SL, Legault C, et al. Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial [J]. Jama, 2013, 310(12): 1263-1273.
- [6] 王晓玲,王梦斌,刘巧灵,等. 老年膝骨关节炎患者膝关节本体感觉与疼痛和功能的相关性 [J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(11): 2761-2763.
- [7] Lihavainen K, Sipilä S, Rantanen T, et al. Contribution of musculoskeletal pain to postural balance in community-dwelling people aged 75 years and older [J]. The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences, 2010, 65(9): 990-996.
- [8] Sánchez-herán á, Agudo-Carmona D, FERRER-PE? A R, et al. Postural Stability in Osteoarthritis of the Knee and Hip: Analysis of Association With Pain Catastrophizing and Fear-Avoidance Beliefs [J]. Pm & R the Journal of Injury Function & Rehabilitation, 2016, 8(7): 618-628.
- [9] Lyytinen T, Iikavainio T, Bragge T, et al. Postural control and thigh muscle activity in men with knee osteoarthritis [J]. Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, 2010, 20(6): 1066-1074.
- [10] Kus G, Yeldan I. Strengthening the quadriceps femoris muscle versus other knee training programs for the treatment of knee osteoarthritis [J]. Rheumatology international, 2019, 39(2): 203-218.
- [11] Spinoso DH, Bellei NC, Marques NR, et al. Quadriceps muscle weakness influences the gait pattern in women with knee osteoarthritis [J]. Advances in rheumatology, 2018, 58(1): 26-33.
- [12] Nguyen C, Lefevre-Colau MM, Poiraudou S, et al. Rehabilitation (exercise and strength training) and osteoarthritis: A critical narrative review [J]. Annals of physical and rehabilitation medicine, 2016, 59(3): 190-195.
- [13] Day L, Fildes B, Gordon I, et al. Randomised factorial trial of falls pre-

- vention among older people living in their own homes [J]. *BMJ*, 2002, 325(7356): 128-135.
- [14] Ageberg E, Roos EM. Neuromuscular exercise as treatment of degenerative knee disease [J]. *Exercise and sport sciences reviews*, 2015, 43(1): 14-22.
- [15] Sanchez-Ranirez DC, Van Der Leeden M, Knol DL, et al. Association of postural control with muscle strength, proprioception, self-reported knee instability and activity limitations in patients with knee osteoarthritis [J]. *Journal of rehabilitation medicine*, 2013, 45(2): 192-197.
- [16] Li Y, Su Y, Chen S, et al. The effects of resistance exercise in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Clinical rehabilitation*, 2016, 30(10): 947-959.
- [17] Ciolac EG, Greve JM. Muscle strength and exercise intensity adaptation to resistance training in older women with knee osteoarthritis and total knee arthroplasty [J]. *Clinics*, 2011, 66(12): 2079-2084.
- [18] Pazit L, Jeremy D, Nancy B, et al. Safety and feasibility of high speed resistance training with and without balance exercises for knee osteoarthritis: A pilot randomised controlled trial [J]. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 2018, 34(2): 154-163.
- [19] Levinger P, Dunn J, Bifera N, et al. High-speed resistance training and balance training for people with knee osteoarthritis to reduce falls risk: study protocol for a pilot randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2017, 18(1): 384-390.
- [20] 殷梦媛, 石瑛, 张昱, 等. 生物力学疗法治疗膝骨关节炎的研究进展 [J]. *中医正骨*, 2016, 28(12): 33-37.
- [21] Parkes MJ, Maricar N, Lunt M, et al. Lateral wedge insoles as a conservative treatment for pain in patients with medial knee osteoarthritis: a meta-analysis [J]. *Jama*, 2013, 310(7): 722-730.
- [22] Jones RK, Nester CJ, Richards JD, et al. A comparison of the biomechanical effects of valgus knee braces and lateral wedged insoles in patients with knee osteoarthritis [J]. *Gait & posture*, 2013, 37(3): 368-372.
- [23] Khan SJ, Khan SS, Usman J, et al. Combined effects of knee brace, laterally wedged insoles and toe-in gait on knee adduction moment and balance in moderate medial knee osteoarthritis patients [J]. *Gait & posture*, 2018, 61(2): 243-249.
- [24] 张旻, 庞坚, 陈博, 等. 力学矫正疗法治疗膝骨性关节炎的研究进展 [J]. *中国康复*, 2016, 31(04): 312-315.
- [25] Peixoto JG, Ssouza MB, Diz JBM, et al. Analysis of symmetry between lower limbs during gait of older women with bilateral knee osteoarthritis [J]. *Aging clinical and experimental research*, 2019, 31(1): 67-73.
- [26] Simic M, Hinman RS, Wrigley TV, et al. Gait modification strategies for altering medial knee joint load: a systematic review [J]. *Arthritis care & research*, 2011, 63(3): 405-426.
- [27] Richards R, Van Den Noort JC, Van Der EM, et al. an [J]. *The Knee*, 2018, 25(5): 814-824.
- [28] Hunt MA, Simic M, Hinman RS, et al. Feasibility of a gait retraining strategy for reducing knee joint loading: increased trunk lean guided by real-time biofeedback [J]. *Journal of biomechanics*, 2011, 44(5): 943-947.
- [29] Gerbrands TA, Pisters MF, Theeven PJR, et al. Lateral trunk lean and medializing the knee as gait strategies for knee osteoarthritis [J]. *Gait & posture*, 2017, 51(2): 247-253.
- [30] Cochrane CK, Takacs J, Hunt MA. Biomechanical mechanisms of toe-out gait performance in people with and without knee osteoarthritis [J]. *Clinical biomechanics*, 2014, 29(1): 83-86.
- [31] Chang A, Hurwitz D, Dunlop D, et al. The relationship between toe-out angle during gait and progression of medial tibiofemoral osteoarthritis [J]. *Annals of the rheumatic diseases*, 2007, 66(10): 1271-1275.
- [32] Dowling AV, Fisher DS, Andriacchi TP. Gait modification via verbal instruction and an active feedback system to reduce peak knee adduction moment [J]. *Journal of biomechanical engineering*, 2010, 132(7): 071007.
- [33] Davis IS, Futrell E. Gait Retraining: Altering the Fingerprint of Gait [J]. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 2016, 27(1): 339-355.
- [34] Erhart-Hledik JC, Asay JL, Clancy C, et al. Effects of active feedback gait retraining to produce a medial weight transfer at the foot in subjects with symptomatic medial knee osteoarthritis [J]. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 2017, 35(10): 2251-2259.
- [35] Haim A, Rubin G, Rozen N, et al. Six-week gait retraining program reduces knee adduction moment, reduces pain, and improves function for individuals with medial compartment knee osteoarthritis [J]. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 2014, 32(2): 351-352.
- [36] Lai Z, Zhang Y, Lee S, et al. Effects of strength exercise on the knee and ankle proprioception of individuals with knee osteoarthritis [J]. *Research in sports medicine*, 2018, 26(2): 138-146.
- [37] Barry BK, Sturnieks DL. How important are perturbation responses and joint proprioception to knee osteoarthritis? [J]. *Journal of applied physiology*, 2014, 116(1): 1-2.
- [38] Blackburn JT, Pietrosimone B, Spang JT, et al. Somatosensory Function Influences Aberrant Gait Biomechanics Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction [J]. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 2019, 38(3): 620-628.
- [39] Ojoawo AO, Olaogun MO, Hassan MA. Comparative effects of proprioceptive and isometric exercises on pain intensity and difficulty in patients with knee osteoarthritis: A randomised control study [J]. *Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 2016, 24(6): 853-863.
- [40] 陈琦, 孟晓耘, 邓华萍, 等. 导引功法治疗膝骨关节炎的效果观察 [J]. *现代临床护理*, 2014, 13(10): 43-46.
- [41] 郭朝卿, 程英武, 孔令军, 等. 从生物力学角度探析易筋经的功法功理 [J]. *长春中医药大学学报*, 2014, 30(02): 262-264.
- [42] 周明, 彭楠, 黎春华, 等. 太极拳训练对老年人下肢骨骼肌肌力的影响趋势分析 [J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(11): 1050-1054.
- [43] 郑永智, 李孟飞, 周世博. 太极拳对早期膝骨关节炎步态参数的影响及疗效观察 [J]. *中医药临床杂志*, 2019, 31(4): 766-769.