

- [23] Johansen-Berg H, Rushworth MF, Bogdanovic MD, et al. The role of ipsilateral premotor cortex in hand movement after stroke[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2002,99:14518—14523.
- [24] Butefisch CM. Plasticity in the human cerebral cortex : lessons from the normal brain and from stroke [J]. Neuroscientist, 2004,10:163—173.
- [25] Foltys H, Krings T, Meister IG, et al. Motor representation in patients rapidly recovering after stroke: a functional magnetic resonance imaging and transcranial magnetic stimulation study [J]. Clin Neurophysiol, 2003,114:2404—2415.
- [26] Ward NS, Brown MM, Thompson AJ, et al. Neural correlates of motor recovery after stroke: a longitudinal fMRI study[J]. Brain, 2003,126(pt11):2476—2496.
- [27] Serrien DJ, Strens LH, Cassidy MJ, et al. Functional significance of the ipsilateral hemisphere during movement of the affected hand after stroke[J]. Exp Neurol, 2004,190:425—432.
- [28] Calautti C, Leroy F, Guincestre JY, et al. Sequential activation brain mapping after subcortical stroke; Changes in hemispheric balance and recovery [J]. Neuroreport, 2001,12:3883—3886.
- [29] Heiss WD, Kessler J, Thiel A, et al. Differential capacity of left and right hemispheric areas for compensation of post stroke aphasia[J]. Ann Neurol 1999,45:430—438.
- [30] Kurland J, Naeser MA, Baker EH, et al. Test-retest reliability of fMRI during nonverbal semantic decisions in moderate-severe nonfluent aphasia patients [J]. Behav Neurol, 2004,15:87—97.
- [31] Martin PI, Naeser MA, Theoret H, et al. Transcranial magnetic stimulation as a complementary treatment for aphasia[J]. Semin Speech Lang, 2004,25:181—191.
- [32] Naeser MA, Martin PI, Nicholas M, et al. Improved picture naming in chronic aphasia after TMS to part of right Broca's area: an open-protocol study[J]. Brain Lang, 2005,93:95—105.
- [33] Frogni F, Boggio PS, Mansur CG, et al. Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients[J]. Neuroreport, 2005,16:1551—1555.
- [34] Mansur CG, Frogni F, Boggio PS, et al. A sham stimulation-controlled hemisphere in stroke patients[J]. Neurology, 2005,64:1802—1804.
- [35] 朱晓峰,主编. 神经干细胞基础及应用[M].北京:科学出版社, 2005.21—23,181—187.
- [36] 裴雪涛,主编. 干细胞生物学[M].北京:科学出版社,2003.330—331,345—346.

· 综述 ·

腰痛患者姿势稳定性的研究进展

罗 春¹ 王宁华^{1,2}

腰痛是临床常见的症状,约有 70%—85%的人在一生中会经历腰痛。引起腰痛的原因至今不能确定,根据近年的文献回顾,其危险因素主要来自三方面:个人史、生物力学因素和心理因素。腰痛的诊断分为三类:根性腰痛、特异性腰痛和非特异性腰痛。根性腰痛由神经根受到损伤而引起,如坐骨神经痛;特异性腰痛由肿瘤、感染、骨折等具体病理变化所引起;而非特异性腰痛则没有特异性病理变化,引起疼痛的原因不清,需要除外前两种情况才能诊断,包括了软组织、小关节、间盘等微病变所导致的急、慢性疼痛。腰痛有其独特的发展转归规律:急性腰痛 80%—90%均可在 2 个月内恢复,但有一半的病例会再次发作,其中的 40%会发展为持续性症状。这种反复发作导致症状越来越重,造成功能障碍,20%的患者日常生活活动明显受限,其中 5%的患者日常生活活动严重受限^[1]。

姿势稳定性,即平衡能力,是在保证足够的关节活动范围(ROM)和肌力的基础上,由中枢神经系统调节的运动协调控制。它与年龄、性别、人体测量学、健康状态、用药情况、职业工作条件、呼吸方式、身体姿势及对线、功能性活动相关^[2]。在任何的病理性情况下,影响了上述各方面都会出现姿势稳定性受损。

腰痛会影响姿势稳定性并限制平衡受到干扰时的代偿性活动。疼痛可以改变肌肉、感觉器官的正确信号输入,从而导致姿势稳定性受损;而姿势稳定性不良还会引起椎间小关节及其周围韧带、肌肉、软组织的损伤,引起腰痛的加重或复发。近年研究发现:引起腰痛患者出现姿势控制异常主要有三个原因,即躯干肌的变化、本体感觉的异常和中枢神经系统调节的改变。本文首先从姿势控制测量的角度总结了腰痛患者姿势稳定性控制受损的表现,其后对以上三方面的原因进行了综合分析,最后总结相应的治疗手段。

1 腰痛患者姿势稳定性受损的测量

腰痛引发的姿势控制失稳可以通过测量姿势摆动进行定量分析。在 19 世纪以前,主要通过主观观察的方法进行姿势的评估,随着精密机械和计算机技术的发展,出现了更加客观的计算机辅助系统,目前已经广泛地应用到科研和临

1 北京大学第一医院物理医学与康复科,100034

2 通讯作者:王宁华(北京大学第一医院物理医学与康复科)

作者简介:罗春,女,住院医师

收稿日期:2007-04-05

床实践中,对姿势摆动进行准确测量。记录静息时姿势摆动的设备包括有:平稳测定器(stabilometers)、力台(force platform)描记系统和视频分析仪(videoanalysator)等。利用这些设备记录到的人体摆动的幅度、速度等参数来定量姿势摆动变化情况。与幅度参数对比,速度参数更加敏感。在上述评定方法中,力台描记系统是最可靠的。因为利用力台测试时必须持续 10s 以上,这可以稳定地代表姿势摆动真实情况。在力台描记系统上进行测试时,姿势摆动被定义为压力中心(central of pressure, COP)的摆动,它反映了重心的水平分布和肌肉反应力^[2]。而运动过程中包括肌肉的协调性、协同运动、调节机制、反应时间、运动技巧等在内的因素都会影响姿势控制的测量,比较难于监测,因此目前对姿势稳定性控制的研究绝大多数还是集中在对不同直立位下静息时的姿势控制。

目前腰痛患者姿势控制受损的表现已经可以通过姿势控制测量进行有效的评估^[3-6]。Gurfinkel(1971)首先发现了呼吸对姿势的影响。作者认为呼吸对平衡的干扰是由脊柱和下肢的少量活动来代偿。而腰痛患者与呼吸相关的脊柱代偿性运动比正常人群明显减少,导致了其 COP 摆动增加。更加细致的研究主要集中在力台上,研究证实了腰痛患者在平坦的力台上站立时 COP 位置比健康对照组更加靠后^[3-5]。在 Byl 的试验中,他们对 20 例腰痛患者和 25 例健康对照人群给予不同的感觉输入,并目测受试者的平衡反应(身体摆动)。与对照组比较,腰痛患者姿势摆动明显增多,压力中心更加靠后,在闭眼单足站立时更不可能保持平衡。正常成年人双足在平坦的表面上站立时,姿势调整通常采取的是“踝的调节”,表现为踝力矩所产生的垂直于足的压力中心的转移。而当支撑面变小时,这种反应就会被“髌的调节”所替代,表现为髌力矩所产生的水平剪切力^[7]。Mok 等^[8]试验研究了 24 例腰痛患者和 24 例与之年龄、性别相匹配的健康人群。试验的方法是让所有受试者在不同宽度的力台上静止站立,并给予不同的视觉输入,记录成功完成试验任务的次数、水平剪切力、压力中心的运动轨迹。结果显示:当支撑面变小时,腰痛患者在前后方向上的剪切力比正常人群都要小,这表明腰痛患者可能难以完成髌的调节。而这一结论与 Byl^[3]采用目测方法观察到腰痛患者应用髌的调节比对照组更加频繁的结论刚好相反。Byl 发现,腰痛患者压力中心的摆动更多的依靠髌和腰的调整,而对照组更多的应用踝。但 Mok 的试验数据是动力学参数,比起 Byl 的目测更加客观,故就这个方面来说其结果可能更加可靠。

Byl^[3]的试验显示了腰痛患者在闭眼单足站立时很难保持平衡。Luoto 等^[9]的研究更进一步支持了这一结论,即严重腰痛患者单足站立时姿势控制明显比对照组差。但是 Luoto 进一步发现,轻度腰痛者在单足站立时姿势控制的稳定性与健康对照在同一水平,这提示了姿势控制受损可能是腰痛的结果。

2 腰痛患者姿势稳定性受损的原因

2.1 躯干肌姿势活动的变化

良好的姿势控制需要一定水平的肌力、耐力及肌肉间的

协同和大脑中枢神经的调控。Gregory 等^[22]用 CT 观察了躯干肌肉构成和身体功能间的关系。研究结果显示 CT 图像上的躯干肌区域减少和脂肪浸润增加,这反映了肌肉的衰减。作者证明了肌肉的衰减是人体功能下降的独立影响因子。通常腰痛程度越重,对应的腰肌区域越少、肌肉衰减得越低、身体功能越弱。这既有可能是躯干肌构成变差引起腰痛发生从而影响功能,也有可能是腰痛导致身体活动水平降低引起躯干肌构成变差。更进一步研究揭示了躯干深、浅层肌肉对维持身体动、静态下姿势控制的平衡起着很重要的作用。每块肌肉对于脊柱的功能都有其特殊的作用,例如多裂肌的作用为脊柱节段性稳定,竖脊肌则是脊柱的原发动作肌。这些肌肉必须一起协调地运动才能产生适当的躯干稳定和功能。如果任何躯干肌出现不协调的活动,脊柱的稳定性就会减弱。有些研究已经发现了腰痛患者躯干肌出现了姿势活动的变化,表现为躯干深层肌肉,像腹深层肌(如腹横肌)与椎旁肌(如多裂肌)的活动及形态均不足;而另一方面,躯干浅层肌肉活动却是增加的。有证据显示^[10-15],腰痛患者的多裂肌受到损害,在二维超声图像上表现为活动减少、形态减小;保持姿势稳定时,腹部深层肌肉、腹横肌反应性活动的时间延迟。腰痛患者常常伴有躯干浅层肌肉活动增加,这可能是因为深层肌肉功能不足,要保持脊柱的稳定,特别是腰椎的稳定而发生的肌肉代偿性改变^[10,16-21]。

虽然腰痛患者躯干肌力量、活动度和耐力缺乏是姿势稳定性不良的原因,而近期研究还发现^[23-24],腰肌功能异常也是一个重要因素,这种功能不正常包括肌肉收缩的协调性差和不能有效的组合,这些肌肉功能上的不足可以增加脊柱的被动组织(即支持组织)的压力,从而出现临床症状。

2.2 本体感觉的异常

维持全身的平衡是一个很复杂的过程,不仅要有视觉、前庭、本体感觉及足的压力感受器等信号的输入,还需要多个关节有精确、协调的运动输出。而运动的中枢控制包括了三个水平:脊髓反射、脑干平衡和大脑认知,三者对输入的信息进行处理,共同产生适当的运动输出。脊髓反射通路应用的是肌梭和高尔基体的本体感觉输入;脑干通路将关节受体的本体感觉和足底压力感受器以及前庭和视觉输入的信息整合在一起;大脑认知则是在反复的经验和储存在中枢的命令引起自发的调节。Radebold^[25]的试验表明,腰痛患者躯干肌肉对快速释放的外力的反应潜伏期比健康对照组更长。他考虑其原因可能是本体感觉的缺乏,因为脊髓反射和脑干平衡通路都依赖于本体感觉的输入进行信息处理,并产生适当的运动输出,两种过程中的任何一个受损都将引起姿势控制失稳和对快速释放的外力的肌肉反应延迟。Della 等的研究结果是腰痛与对照组之间在稳定支撑面上的平衡控制没有明显差异性,而当支撑面活动的时候,腰痛患者为了保持姿势的稳定性增加了前后方向上的摆动,他考虑这种改变可能是由于周围本体感觉系统或中枢本体感觉信息整合功能障碍所致。

还有许多研究也证实了腰痛患者腰椎本体感觉的缺乏^[25-30],这些变化可能引起姿势代偿性控制问题。本体感觉系统受损导致了腰痛患者腰椎姿势控制不良,所以就有可能更

多的依靠视觉输入来控制平衡,当视觉输入改变或被阻断时就不可能维持身体的平衡,而表现为摆动增加或跌倒。在 Mok 的试验结果中^[8],双足在比较窄的支撑面上闭眼站立时失败率要比对照组多 4 倍,这说明腰痛患者的视觉输入对姿势控制很重要。另一些研究也支持视觉的依赖^[3,5,25,29,30],在这些研究中腰痛患者缺乏视觉输入时姿势控制受损得更明显,表现为失去平衡的比例增加或压力中心的摆动增加。

腰痛患者本体感觉的缺乏不仅会影响到站立平衡,也会影响到坐位平衡。Radebold 等^[25]测量了在不稳定坐位时健康人群和慢性非特异性腰痛患者脊柱的姿势控制,同时用 sEMG 记录躯干肌的活动。因为坐位可以排除姿势调整时下肢的参与,从而相对独立地研究脊柱情况。结果显示:患者在闭眼时比健康人群更难完成实验设计的任务。在最不稳定的水平上,闭眼时仅有 13% 的患者完成了实验任务,而对照组有 69% 完成,说明任务难度水平越高两组间的差异就越大,提示了本体感觉的异常影响了腰痛患者姿势控制的潜力。

2.3 中枢神经系统调节的改变

腰痛患者本体感觉的缺乏不仅会影响到站立位和坐位的平衡,而且对这两种体位下平衡机制的影响也是不同的。在对腰痛患者和健康对照进行的研究中,Radebold^[25]的结果表明:在不稳定坐位上保持平衡时,两组间前后方向上的姿势摆动的差异明显;而与之相反的是,Mientjes 和 Frank^[9]发现在站立位时两组姿势摆动在侧向上的差异更加明显。两个实验间结果的差别可能要归因于体位不同所引起的平衡机制的不同。

Brumagne 等^[26]还研究了腰痛患者在站立位下,对小腿三头肌和椎旁肌施以振动影响时,压力中心的分布情况。结果表明:压力中心的变化对小腿三头肌的振动更加敏感,而对于椎旁肌的振动却不敏感。这提示了腰痛患者可能是通过中枢神经系统对躯干和下肢的本体感觉的敏感性重新聚焦引起了姿势控制的变化。

Michelle^[31]的实验中,观察到受试者在实验性疼痛时躯干表面肌活动增加,躯干运动减少即脊柱僵硬增加,但姿势摆动没有增加,这可能是邻近节段运动增加的结果。所以认为在腰痛患者中,他们的姿势摆动增加不是由周围的伤害性刺激产生的,而可能是由中枢神经系统为增加脊柱安全界限、避免疼痛和进一步损伤所发生的调节变化所致。虽然这些变化的机制尚不清楚,但它代表了运动调节的变化,而不仅仅是运动通路及运动神经元兴奋性的变化。G.Lorimer 等^[32]的研究也得出相同的结论。

3 运动疗法对腰痛患者姿势稳定性的治疗效果

如果姿势控制受损,腰椎的静态、动态稳定性可能都会受到影响,使患者更容易遭受腰部损伤或使已有的腰部问题加重。虽然腰痛患者的自然转归是良好的,但有引起长期或永久残疾的可能性,所以应该对腰痛,包括急性腰痛患者进行适当的治疗。

G.Lorimer^[32]认为即将出现的疼痛也足以改变姿势的调节,而姿势调节的改变长期存在就会有脊柱结构改变的风险,即使当症状已经消退,躯干肌也不会马上恢复。因此有必

要使腰痛患者主动再学习正确的姿势控制。主动再学习可以通过实践活动和目的性运动进行。训练的目的包括增强躯干及下肢肌肉的力量、耐力;改善身体感觉,特别是本体感觉;促进动态稳定和控制姿势以减小轴向压力及间盘负荷;减轻疼痛;用身体主动训练去矫正适应综合征。还可以通过身体训练改善肌肉质量从而减轻腰痛程度,改善功能状态^[2]。

Tiina 等^[2]对 90 例非特异性或亚急性腰痛的患者分为 3 组,分别进行 3 个月的强化训练、有指导的家庭训练、没有任何指导的对照,随访 9 个月。结果表明无论是强化训练还是家庭练习,对于增强姿势控制能力都是有效的,并且姿势摆动幅度越少的受试者,其 Oswestry Index 和疼痛程度改善越明显,表明他们从中获益越多。Hides 等^[33]对 39 例急性腰痛患者进行随机分组,随访 3 年发现:首发急性腰痛患者脊柱稳定性训练可以明显减少复发的风险。Quittan^[34]回顾了运动疗法对急性腰痛无效,对慢性腰痛比传统治疗有效。增强椎旁肌和躯干肌肌力可以用于疼痛和椎间盘术后的治疗。Helmhout^[35]的试验表明,对于慢性非特异性腰痛患者恢复腰部功能来说,进行背伸肌的单独的高强度训练并不优于非渐进性、多变化性、低强度训练。由于腰痛被认为是腰后伸肌长期收缩引起的疲劳所致,所以 Eguchi^[36]的试验就是研究静态牵张对长期收缩引起的腰肌疲劳的作用。结果证实静态牵张可以减少腰肌的疲劳。还有文献总结了抑制大体肌群(腹直肌、腹外斜肌、髂腰肌的胸段等)的代偿,训练特定肌肉(腰多裂肌、腹横肌、膈肌等),对维持脊柱的动态稳定和节段性控制有重要作用^[37]。

许多心身技术被认为可以帮助腰痛患者加强包括本体感觉在内的身体觉醒、提高心理应对技巧、提高对身体压力和腰痛影响的自知力,这些技术包括有呼吸疗法、瑜伽等,其中呼吸治疗由于其简单易操作,对身体状况要求不高,患者可自己控制,被认为是一种安全的方法。Aust^[38]等的研究表明对健康志愿者进行呼吸治疗前和治疗后即刻进行力台评定,结果显示其平衡功能有改善。而 Wolf^[39]的研究最早证明了呼吸治疗对腰痛患者有效。但其详尽的作用机制还有待研究,目前相关报道认为增加本体感觉可能是机制之一。

4 小结

研究表明,有必要通过实践活动和目的性运动进行正确的姿势控制再学习,并要重视椎旁肌和躯干局部肌肉低强度的节段稳定性训练,以及腰后伸肌静态牵张。呼吸治疗是安全有效的增强躯干本体感觉、加强疾病认知、提高心理应对能力的方法之一。

参考文献

- [1] 顾新.下腰痛.临床康复医学[M].第 1 版.北京:北京大学医学出版社,2006.209—216.
- [2] Kuukkanen TM, Mäkiä EA. An exoerimental controlled study on postural sway and therapeutic exercise in subjects with low back pain[J]. Clinical Rehabilitation, 2000,14:192.
- [3] Byl NN, Sinnott PL. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. Subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction[J]. Spine, 1991,16:325.
- [4] Luoto S, Taimela S, Hurri H, et al. Psychomotor speed and

- postural control in chronic low back pain patients A controlled follow-up study[J]. *Spine*, 1996,21:2621.
- [5] Mientjes MI, Frank JS. Balance in chronic back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing[J]. *Clin Biomech*, 1999,14:710.
- [6] Takala E-P, Korhonen I, Viikari-Juntura E. Postural sway and stepping response among working population: Reproducibility, long-term stability, and associations with symptoms of the low back[J]. *Clin Biomech*, 1997,12:7.
- [7] Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations [J]. *J Neurophysiol*, 1986,55:1369.
- [8] Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain[J]. *Spine*, 2004 ,29(6):E107.
- [9] Luoto S, Aalto H, Taimela S, et al. One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up[J]. *Spine*, 1998 ,23(19):2081.
- [10] Ng JK, Richardson CA, Parnianpour M, et al. Fatigue-related changes in torque output and electromyographic parameters of trunk muscles during isometric axial rotation exertion: an investigation in patients with back pain and in healthy subjects[J]. *Spine*, 2002,27:637.
- [11] Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain[J]. *Spine*, 1996,21:2763.
- [12] Hides JA, Stokes MJ, Saide M, et al. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain[J]. *Spine*, 1994,19:165.
- [13] Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis [J]. *Spine*, 1996,21: 2640.
- [14] O'Sullivan P, Twomey L, Allison G, et al. Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain[J]. *Aust J Physiother*, 1997,43:91.
- [15] Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb [J]. *Phys Ther*, 1997, 77: 132—142.
- [16] Shirado O, Ito T, Kaneda K, et al. Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles: a comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back pain[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 1995,74:139.
- [17] Watson PJ, Booker CK, Main CJ, et al. Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients: the development of the flexion relaxation ratio [J]. *Clin Biomech*, 1997,12:165.
- [18] Kaigle AM, Wessberg P, Hansson TH. Muscular and kinematic behavior of the lumbar spine during flexion-extension [J]. *J Spinal Disord*, 1998,11:163.
- [19] Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T, Sværre H, et al. The influence of low back pain on muscle activity and coordination during gait: a clinical and experimental study[J]. *Pain*, 1995,64:231.
- [20] Sihvonen T, Partanen J, Hanninen O, et al. Electric behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1991,72:1080.
- [21] Nouwen A, Van Akkerveken PF, Versloot JM. Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic low-back pain[J]. *Spine*, 1987,12:777.
- [22] Gregory E. Hicks, Eleanor M. Simonsick, et al. Cross-sectional associations between trunk muscle composition, back pain, and physical function in the health, aging and body composition study[J]. *The journals of gerontology*, 2005,60A:7.
- [23] Lissens MA. Lumbar paraspinal motor evoked potentials in healthy humans and in patients with low back pain [C]. Presented at the 11th congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Enschede, The Netherlands, 1996.
- [24] Magnusson ML, Aleksiev A, Wilder DG, et al. Muscle response to sudden events in LBP patients & the effect of training [C]. Presented at the annual meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine, Burlington, Vermont, 1996.
- [25] Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, et al. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain[J]. *Spine*, 2001,26:724.
- [26] Brumagne S, Cordo P, Lysens R, et al. The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back pain[J]. *Spine*, 2000,25:989.
- [27] Gill KP CM. The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain[J]. *Spine*, 1998,23: 371.
- [28] Taimela S, Kankaanpää M, Luoto S. The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position: a controlled study[J]. *Spine*, 1999,24:1322.
- [29] Alexander KM, LaPier TL. Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1998,28:378.
- [30] Dvir Z, Daniel Atrakci R, Mirovski Y. The effect of frontal loading on static and dynamic balance reactions in patients with chronic low back dysfunction [J]. *Basic Appl Myol*, 1997,7:91.
- [31] Michelle Smith, Michel W. Coppieters, Paul W. Hodges. Effect of experimentally induced low back pain on postural sway with breathing[J]. *Exp Brain Res*, 2005,166:109.
- [32] G. Lorimer Moseley, Paul W. Hodges. Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference[J]. *Clin J Pain*, 2005,21:323.
- [33] Hides J, Jull G, Richardson C. Long-term effects of specific stabilising exercises for first-episode low back pain [J]. *Spine*, 2001,11:243.
- [34] Quittan M. Management of back pain[J]. *Disabil Rehabil*, 2002, 24(8):423.
- [35] Helmhout PH, Harts CC, Staal JB, et al. Comparison of a high-intensity and a low-intensity lumbar extensor training program as minimal intervention treatment in low back pain: a randomized trial[J]. *Eur Spine J*, 2004,13(6): 537—547.
- [36] Eguchi A. Effect of static stretch on fatigue of lumbar muscles induced by prolonged contraction [J]. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 2004,44(2):75.
- [37] 黄真,王荣丽. 腰椎节段性失稳的临床表现及稳定性训练[J]. *中国康复医学杂志*, 2005,20(3):229.
- [38] Aust G, Fischer K. Changes in body equilibrium response caused by breathing. A posturographic study with visual feedback[J]. *Laryngorhinootologic*, 1997,76(10):577.
- [39] Wolf E. Mehling, Kathryn A. Hamel, Michael Acree, et al. Randomized, controlled trial of breath therapy for patients with chronic low-back pain [J]. *Alternative therapies in health and medicine*, 2005,11:44.