

肌肉锻炼防治慢性腰痛的研究进展

杨元确¹, 陈 锋^{2*}, 李 治¹, 刘 涛¹, 刘 飞¹

¹广西中医药大学研究生院, 广西 南宁

²广西中医药大学附属瑞康医院脊柱外科, 广西 南宁

收稿日期: 2025年3月12日; 录用日期: 2025年4月18日; 发布日期: 2025年4月30日

摘 要

目的: 综合阐述目前国内外肌肉锻炼在防治慢性腰痛方面的作用机理及应用。方法: 系统检索PubMed、中国知网等数据库的相关文献并进行深入研读与归纳总结。结果: 目前国内外文献普遍认为脊柱力学平衡失调是导致慢性腰痛的主要原因。这种失衡往往是由于姿势不当、外伤、老年性退变性改变等因素造成。研究发现肌肉锻炼可以通过增强核心肌群肌力、恢复腰椎稳定、调整脊柱曲度、改善椎间盘营养、促进血液循环、缓解肌肉痉挛、改善本体感觉、推进内源性阿片类药物释放等作用防治慢性腰痛。腰部核心肌群由竖脊肌、多裂肌、膈肌、盆底肌、腹横肌、腹内、外斜肌及躯干深部肌构成, 上下、前后共同围成墙壁, 当肌群收缩, 产生腹压, 维持腰椎的动力平衡。核心肌肉锻炼现已成为国内外治疗慢性腰痛的推荐方案, 主要有呼吸锻炼、小飞燕、拱(臀)桥训练、后抬腿运动、直腿抬高运动、蹬足运动等。结论: 针对核心肌群的解剖与生物力学特点, 目前制定了如呼吸锻炼、小飞燕、拱(臀)桥训练等肌肉锻炼方式, 可以通过增强核心肌群肌力、维持腰椎稳定、加速血液循环、缓解肌肉痉挛等作用恢复脊柱力学平衡, 达到防治慢性腰痛的目的, 其临床效果好, 患者接受度高, 值得推广。

关键词

肌肉锻炼, 慢性腰痛, 综述, 防治

Research Progress on Muscle Exercise in the Prevention and Treatment of Chronic Low Back Pain

Yuanque Yang¹, Feng Chen^{2*}, Zhi Li¹, Tao Liu¹, Fei Liu¹

¹Graduate School, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

²Department of Spine Surgery, Ruikang Hospital Affiliated to Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

Received: Mar. 12th, 2025; accepted: Apr. 18th, 2025; published: Apr. 30th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 杨元确, 陈锋, 李治, 刘涛, 刘飞. 肌肉锻炼防治慢性腰痛的研究进展[J]. 中医学, 2025, 14(4): 1813-1822.
DOI: 10.12677/tcm.2025.144268

Abstract

Objective: To comprehensively elaborate on the current role mechanisms and applications of muscle exercises in the prevention and treatment of chronic low back pain at home and abroad. **Methods:** Systematically searched relevant literature in databases such as PubMed and CNKI and conducted in-depth study and inductive summary. **Results:** Currently, domestic and foreign literature generally believe that the imbalance of spinal force equilibrium is the main cause of chronic low back pain. This imbalance is often caused by factors such as improper postures, trauma, and senile degenerative changes. Research has found that muscle exercises can prevent and treat chronic low back pain by enhancing the muscle strength of the core muscle groups, restoring lumbar stability, adjusting the spinal curvature, improving the nutrition of the intervertebral discs, promoting blood circulation, relieving muscle spasm, improving proprioception, and promoting the release of endogenous opioids. The lumbar core muscle groups are composed of the erector spinae muscles, multifidus muscles, diaphragm, pelvic floor muscles, transversus abdominis muscles, internal and external oblique abdominal muscles, and deep trunk muscles. These muscles surround the lumbar area up-down and front-back, forming a “wall-like” structure. When the muscle groups contract, abdominal pressure is generated to maintain the dynamic balance of the lumbar spine. Core muscle exercises have now become a recommended treatment plan for chronic low back pain at home and abroad, mainly including respiratory training, prone hyperextension exercise, hip-bridge training, prone leg extension exercise, straight leg raising exercise, and foot pedaling exercise. **Conclusion:** In view of the anatomical and biomechanical characteristics of the core muscle groups, muscle exercise methods such as respiratory training, prone hyperextension exercise, and hip-bridge training have been developed. These exercises can restore the mechanical balance of the spine through enhancing the muscle strength of the core muscle groups, maintaining lumbar stability, accelerating blood circulation, and relieving muscle spasms, so as to achieve the purpose of preventing and treating chronic low back pain. They have good clinical effects and high patient acceptance and are worthy of promotion.

Keywords

Muscle Exercise, Chronic Low Back Pain, Review, Prevention and Treatment

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《柳叶刀》报道：随着生活工作环境的改变、社会节奏的加快，腰痛的发病率在 2006~2016 年间增加了 18%。腰痛是指起源于肌肉骨骼的疼痛，从肋骨延伸至臀褶，有时可因躯体性疼痛而延伸至大腿，持续 12 周及以上定义为慢性腰痛。慢性腰痛由于其高发病率，现已被认为是 21 世纪的主要健康问题之一[1]，全球约有 75%~85%的人口在人生某一阶段会受到腰痛的折磨[2]。慢性腰痛病情反复，发病趋势呈年轻化，病情严重影响患者的生活质量，给社会带来沉重的医疗成本。现代医学对于慢性腰痛的缓解方法多样，但还有许多患者深受腰痛的困扰，解决慢性腰痛仍是一个大难题。根据发病时组织病理学结构的变化，腰痛可分为特异性腰痛与非特异性腰痛两种类型[3]，而能发现明确病因的特异性腰痛仅占 10%~20%，找不到明确病因的非特异性腰痛占 80%~90%，其症状和放射学表现之间缺乏一致性[4]。慢性腰痛的病因错综复杂，但生物力学改变始终是其关键因素。腰椎及其周边组织生物力学改变必将引发组织病理、生化等方面的问题，两者互为因果，使得下腰痛迁延难愈[5]。

Hodges 等[6]观察发现慢性腰痛患者在每个方向移动时,腹横肌的 EMG 发生时间延迟,而腹直肌、竖脊肌和腹斜肌在特定方向移动时的 EMG 发生时间也延迟,并且他们在行走和肢体运动过程中腹横肌生理紧张性的激活丧失[7]。运动疗法是治疗腰痛极为常用的手段之一[8],特别是腰部和腹部肌肉的特定锻炼或“核心稳定性训练”已成为当下十分流行的治疗方法[9]。且核心肌肉锻炼也是所有慢性腰痛患者的有效康复技术[10]。

2. 慢性腰痛的病因

脊柱力平衡失调是腰痛的重要病因[11]。有证据表明,与无症状对照组相比,慢性腰痛患者的动态平衡降低[12]。脊柱的稳定性分为内源性和外源性稳定[13][14],前者包括椎体、椎间盘、椎间关节及韧带,其维持关节稳定和平衡的作用被定义为静力平衡;后者主要为脊柱周围肌群,和腹压一起维持腰椎稳定的作用为动力平衡[15]-[17]。假设人体是一个圆柱的活塞装置,顶端的膈肌是活塞,前面是腹部肌群,后面是背部肌群,底部是骨盆底肌,围成墙壁,当肌群收缩,圆柱体积减小,内部压力提高,产生腹压[18]-[20]。腹内压给予脊柱各方向的力量,减轻脊柱的负荷,起到稳定作用[21],Hodges 等人[22]报道脊柱的稳定性会随着腹内压的增高而增高。脊柱的稳定和功能的正常发挥取决于脊柱力的平衡协调。

脊柱力学失衡最终导致腰痛发生或加重。平衡异常和避免疼痛的补偿可能会进一步增加个体的再损伤风险[23]。这种失衡往往是由于平时坐、立、行的姿势不当以及长期从事某种固定姿态工作,或者扭、挫、撞、摔等外伤,或老年性退变性改变等因素造成。静力平衡失调,如腰椎间盘突出症、腰椎小关节错缝等脊柱形态结构改变,可压迫神经引发腰痛;动力平衡失调,如腰肌劳损、肌痉挛等,可刺激产生腰痛,且动力平衡与静力平衡也会相互影响[11]。肌肉的功能障碍可能导致腰椎支持的丧失、腰椎关节和韧带压力和负荷的增加[24]。核心肌肉群出现功能障碍,脊柱的动力平衡失调,腰椎稳定性下降,可能会进一步影响脊柱的静力平衡,是导致慢性腰痛患者持续性疼痛和功能障碍的重要原因之一[25]。因此,脊柱的平衡失调与新的平衡建立贯穿于腰痛发病与康复的全程。

3. 肌肉锻炼的机理

3.1. 增强核心肌群肌力

肌力减弱使脊柱动力平衡失调,引起腰背肌痉挛、疼痛,患者常减少腰部活动来避免腰痛,代偿后逐渐出现肌肉的失用性萎缩[26]。肌肉失用性萎缩使核心肌群肌力更加减弱,这种恶性循环可能是慢性腰痛病情反复的重要因素。一些研究人员[27]指出,慢性腰痛人群可能有不同程度的核心肌力损伤。肌肉锻炼能增强核心肌群肌力,恢复脊柱动力学平衡,防治腰痛。腰痛与肌力是相关的,对于腰痛患者加强肌力锻炼的意义,就在于加强脊柱的保护作用,以防再发。

3.2. 恢复腰椎稳定

核心肌群锻炼通过增加腰椎局部肌肉肌力促进对腰椎节段的控制力,提高腰椎稳定性,从而达到防治腰痛的作用。研究发现躯干核心肌反射领先原动肌动作的完成,运动前躯干稳定肌先行收缩,保障脊柱稳定,为运动肌收缩提供稳固的支撑[28]。

3.3. 调整脊柱曲度

脊柱屈、伸肌平衡失调,影响脊柱稳定性,致脊柱曲度改变。当腰曲变直时,锻炼背伸肌,恢复背伸力量,从而增大腰曲;当腰曲过大加深时,锻炼腹肌,腹肌力量加强,可以矫正、控制腰椎前凸曲度过大,恢复正常生理曲度。

3.4. 改善椎间盘营养

卧位进行腹肌、背部肌的收缩与舒张活动,有利于腰椎间盘的营养交换,改善椎间盘营养状态。

3.5. 促进血液循环

肌肉锻炼能改善其周围组织的血液循环,促进新陈代谢,有消炎退肿的作用[29]。有资料显示,腹横肌训练后,腰核心肌肉血液循环加快,促进疼痛炎症因子的吸收[30]。

3.6. 缓解肌肉痉挛

肌肉的主动活动与牵拉使肌肉得到舒张和放松,解除肌肉痉挛,血循环加快,从而改善局部代谢,促进肌肉功能和正常腰椎活动的恢复[31]。

3.7. 改善本体感觉

肌肉锻炼还可促进腰身本体感觉的改善[32]。即使是少量的运动也可能引起大脑皮层的改变,增加运动诱发电位[33]。增加训练可能促进躯体感觉皮层[34]的功能重组。大脑的可塑性有助于运动学习,改善腰椎和盆腔脊柱的日常控制,而没有疼痛[35]。

3.8. 推进内源性阿片类药物释放

慢性疼痛患者的中高强度核心肌肉训练可促进内源性阿片类药物的释放,引起内源性镇痛,改善压痛阈值[36][37]。这种现象是一个良性循环,而核心肌肉训练是其的开始[38]。

4. 核心肌群的解剖特点及生物力学特征

“核心”是介于肩关节与髋关节之间,涵盖骨盆的区域,是腰、腹、骨盆、髋关节共同构成的一个整体。核心肌群是指在上述区域内的肌群,起到稳定脊柱、躯干的作用。腰部核心肌群由竖脊肌、多裂肌、膈肌、盆底肌、腹横肌、腹内、外斜肌及躯干深部肌构成[39],这些肌肉需在上下、左右方向保持协调,前后协同发力,才能保障腰椎处于稳定状态。据报道,腹横肌和腰多裂肌在维持姿势稳定性方面发挥着至关重要的作用,在前馈机制中适当激活这些肌肉可以减少身体重心的位移[40]。

4.1. 竖脊肌

竖脊肌是骶骨背面至枕骨后方的肌肉群,包含髂肋肌、最长肌和棘肌[41]。主要功能是伸展躯干,稳定脊柱。当躯干屈曲时,竖脊肌收缩避免脊椎突然向前弯曲,起到缓冲作用;下固定时,两侧收缩则头和脊柱伸展,一侧收缩可使脊柱向同侧屈;上固定时,骨盆呈现前倾状态[42]。当站或坐、弯腰时,竖脊肌因持续用力而易劳损[43]。一些腰背痛,甚至头痛头晕都可能与竖脊肌劳损有关。竖脊肌病变可引起相应节段的脊柱活动受限,腰背部僵硬疼痛,翻身困难。

4.2. 多裂肌

多裂肌是起自骶骨背面,止于第二颈椎以下的全部椎骨棘突[44]。研究表明多裂肌在稳定腰椎方面起重要作用[45][46]。当人们从站立转移到坐姿时,多裂肌可以缓解身体的重量,使身体更容易转换。多裂肌可以提供必要的动力来帮助身体跳跃;同时支撑身体的重量,使身体保持稳定姿势,防止身体倾斜。稳定腰椎的力量有 2/3 是来自多裂肌;深层多裂肌虽是小肌肉群,同样可达到稳定脊椎的效果[47]。深层多裂肌耐力性、稳定性下降时,表层的竖脊肌会不堪重负。长期姿势不当,如弯腰搬重物、弯腰驼背等,可致多裂肌损伤。研究发现腰痛患者的多裂肌体积在几天内可能就会下降 30%,出现多裂肌萎缩的现象[48]。

4.3. 膈肌

膈肌不仅是核心肌，也是呼吸肌，位于胸腔与腹腔之间，和腹横肌一同收缩时，能拉紧胸腹筋膜，提升腹内压，以增强脊椎稳定性[42]。据报道，与健康对照组相比，慢性腰痛患者的膈肌疲劳发生率更高，这将造成缺乏主动的脊柱控制[49]。

4.4. 骨盆底肌

骨盆底肌由提肛肌与尾骨肌组成。骨盆底肌收缩之际，会让周边内脏筋膜与胸腰筋膜产生张力，促使腹内压力升高，进而助力脊柱稳定[42]。且骨盆底肌会与腹横肌同时收缩，共同作用稳定骨盆和腰椎关节。协同躯干肌肉，支持脊椎。

4.5. 腹横肌

腹横肌的中间紧置着一条胸腰筋膜，腹横肌肌纤维环形缠绕在腹部，腹横肌收缩时，通过拉紧胸腰筋膜，腹内压上升，从而增加脊椎稳定[42]。腹横肌无力时，调节腹内压失效，应力作用在腰肌，劳损疼痛，而下腰痛的患者其活动有延迟现象[24]。腹横肌功能障碍与慢性腰痛发病率的增高密切相关[50]。一项临床研究表明，横腹肌训练可以减少腰痛的辐射范围，增加压痛阈值，且高强度训练可以激活更多的腰围核心肌肉，比低强度训练更有好处[51]。

4.6. 腹内、外斜肌

腹内、外斜肌位于前腹部，均可调节腹内压。腹内斜肌的肌肉纤维走向与腹横肌相似。腹外斜肌位于表层且较大，可抑制骨盆前倾，同时避免腰椎过伸和扭转[52]。

4.7. 腹直肌

腹直肌有躯干屈曲的功能，维持矢状面上的动态平衡[52]。腹部肌肉在仰卧时是不活动的，而在站立时腹肌是呈现兴奋状态。半弯腰久坐、久站且身体持续保持前倾、仰卧起坐做太多次等容易造成其损伤。

5. 核心肌群锻炼的主要方式及应用

核心肌群训练包括激活脊柱深部和浅部肌肉[53]。首先对患者进行评估，指导他们做一些屈伸、侧向等基础活动，然后进行腹部深层肌肉的训练，下一步是深层肌肉和盆底肌肉的训练，最后将这些训练运用到日常生活动作中。

5.1. 呼吸锻炼(前方肌)

呼吸锻炼可以改善慢性腰痛患者的呼吸功能，增加核心稳定性，并减少疼痛强度，增强肌肉的功能活动[54]。腹式呼吸过程中，吸气阶段腹部会向外隆起，呼气阶段则向内收缩。吸气时需全力吸气，直至达到无法继续吸入的极限；呼气时同样要尽力呼出，直至达到呼气的最大限度。腹式呼吸往往较慢、较深、气息较长，让身体处于一个更加稳定的状态。国外临床研究证明，吸气训练与腰椎稳定运动被证明在改善疼痛方面优于呼气训练与腰椎稳定运动[55]。

5.2. 腰背肌(后方肌)锻炼

5.2.1. 小飞燕

俯卧位，以肩为轴缓慢抬臂，抬头，双脚同肩宽，伸直双腿后缓缓抬起。收缩腰背肌，用肋骨和腹部支撑身体，保持 3~5 秒，随后四肢与头部放松至起始位置[56]。

5.2.2. 拱(臀)桥训练

仰卧位，以双肘、双足作为支撑点，腹部和骨盆缓缓抬离床面，用力向上拱腰。在拱至最高点时，保持 4~5 秒，然后缓慢放下，休息 5~10 s 后再重复[57]。

5.2.3. 后抬腿运动

跪卧位，双臂支撑上半身，手肘微屈；下肢屈膝用单膝着地支撑身体，收紧腹部及下腰部，紧接着将另一条腿伸直向后上方抬起，到顶端后停留约 2 秒，再慢慢下降，双腿交替进行[58]。

5.3. 腰背肌、腹肌同时锻炼

5.3.1. 蹬足运动

仰卧位，一侧屈髋屈膝，让膝贴近胸部，然后足跟朝斜上方用力蹬，结束后放下归位。双腿交替循环，如同在进行骑自行车的蹬踏活动[59]。

5.3.2. 直腿抬高运动

仰卧位，双下肢伸直，用力把整个下肢抬高 30°~60°，每次保持 3~5 秒，然后将腿缓慢放下，双腿交替进行[60]。

5.4. 针对肌肉的锻炼

5.4.1. 多裂肌锻炼

多裂肌萎缩使脊柱稳定性下降，练习鸟狗式可针对性锻炼多裂肌，提高其肌力与耐力，为腰椎提供更稳固的支撑[61]。林平冬等人研究证明鸟狗式和平板支撑对锻炼多裂肌效果显著[62]。

5.4.2. 腹横肌锻炼

腰痛患者常使用护腰，不如训练好人体的“腰带”，即腹横肌。训练腹横肌可以保护腰部软组织，同时腹压的建立亦能减轻腰椎的压力[63]。腹横肌是位于腹部最深层处的肌肉，很难刺激到，通常使用腹部真空收缩运动进行训练效果较好[64]。

5.4.3. 腹直肌锻炼

悬垂曲腿卷腹有研究证明是激活腹直肌的最有效练习[65]。仰卧举腿着重锻炼腹直肌下半段。仰卧位，膝盖微曲，将腿抬起，直到与地面垂直，然后缓慢放下，接近地面[66]。

5.4.4. 膈肌锻炼

腹式呼吸主要训练膈肌的收缩与舒张。最新研究证明通过吹气球训练、腹式呼吸训练以及缩唇呼吸训练，可以提高呼吸肌、膈肌力量以及改善呼吸肌群功能[67]。

5.4.5. 骨盆底肌

提肛训练指有节律地向上提收肛门。腹式呼吸是通过膈肌的收缩与舒张来带动盆底的肌肉运动。呼吸与提肛运动结合进行，能增加训练协调性，锻炼盆底肌肉，提升盆底肌力，优化肌肉之间的协同效应[68]。

5.5. 器械锻炼

5.5.1. 抗力球

有证据表明[69]，腰痛患者腰椎本体感觉的改变可能导致视觉和前庭感觉输入的重新加权，以补偿本体感觉受损，从而维持平衡。通过使用抗力球，为训练增添不稳定因素，强化本体感觉反馈训练，进一

步改善身体平衡与稳定性,对慢性腰痛患者缓解疼痛、优化姿势控制产生积极影响[70]。

5.5.2. 悬吊训练

悬吊训练技术借助结合开链和闭链训练的方式,恢复多裂肌的协调控制功能,增加其体积,强化腰椎稳定性,在慢性腰痛的治疗上效果颇佳[71]。吊带训练可能引起运动皮层的可塑性变化,这些可塑性的变化与疼痛强度和活动受限的降低相对应[72]。悬吊系统能在训练时营造不稳定状态,强化本体感觉的反馈训练。通过将悬吊线设为支点,能减小抗力距,灵活调节所需阻力,防止超出下背痛患者可承受的重量范围。

5.6. 身心锻炼

中国传统的练习,如气功、瑜伽和普拉提,在临床治疗腰痛的实践中代表身心锻炼。身心锻炼是以注意力集中为基础的,使用正念、冥想、引导意象等,并结合温和的动作和路径控制,增强身心协调和意识,提高活力,促进能量流动和内源性神经激素的释放,激活自我调节能力,诱导神经丛抽搐变化[73]。

6. 总结

随着人们生活方式的转变,慢性腰痛发病率逐年升高,发病人群逐渐趋向年轻化。脊柱力平衡失调是慢性腰痛的关键因素,主要分为静力平衡和动力平衡两种,两者可相互影响。核心肌群功能失调和萎缩,即脊柱动力平衡失调,导致腰部脊柱稳定性下降,进而造成椎间小关节活动紊乱、周围韧带损伤等,进一步引起脊柱静力平衡失调,最终导致慢性腰痛,也是引起腰痛复发的重要原因[74]。研究证明肌肉锻炼可以通过增强核心肌群肌力、维持腰椎稳定、加速血液循环、缓解肌肉痉挛等作用恢复脊柱力学平衡,达到防治慢性腰痛的目的。针对竖脊肌、多裂肌、膈肌、骨盆底肌等核心肌群的解剖与生物力学特点,目前制定了相应的肌肉锻炼方式,如呼吸锻炼、小飞燕、拱(臀)桥训练、悬吊训练等。临床实践证明通过锻炼核心肌群治疗慢性腰痛,可使患者病程缩短,预后改善,明显减轻疼痛,改善患者生活质量。且其接受度较高、药物使用少、医疗成本低,非常适合无手术适应症的腰痛患者,临床值得推崇。但肌肉锻炼也存在着一定潜在风险与局限性。一方面,不当锻炼可能引发腰部肌肉拉伤扭伤、加重腰椎间盘突出、影响心血管等;另一方面,因个体差异肌肉锻炼的效果不同,且该方法通常需配合其他疗法共同使用以达到协同增效的目的。未来,运动中身体和认知行为调节的整合可能在慢性腰痛的康复治疗中发挥更大的作用,其机制值得进一步研究和探索。

基金项目

- 1) 国家自然科学基金资助项目(82360936);
- 2) 广西壮族自治区中西医结合骨与关节退行性疾病多学科交叉创新团队项目(GZKJ2310)。

参考文献

- [1] Safiri, S., Kolahi, A.A., Cross, M., Carson-Chahhoud, K., Almasi-Hashiani, A., Kaufman, J., et al. (2020) Global, Regional, and National Burden of Other Musculoskeletal Disorders 1990-2017: Results from the Global Burden of Disease Study 2017. *Rheumatology*, **60**, 855-865. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa315>
- [2] Violante, F.S., Mattioli, S. and Bonfiglioli, R. (2015) Low-Back Pain. *Handbook of Clinical Neurology*, **131**, 397-410. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-62627-1.00020-2>
- [3] Kim, B. and Yim, J. (2020) Core Stability and Hip Exercises Improve Physical Function and Activity in Patients with Non-Specific Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, **251**, 193-206. <https://doi.org/10.1620/tjem.251.193>
- [4] Psycharakis, S.G., Coleman, S.G.S., Linton, L., Kiliarantas, K. and Valentin, S. (2019) Muscle Activity during Aquatic and Land Exercises in People with and without Low Back Pain. *Physical Therapy*, **99**, 297-310.

- <https://doi.org/10.1093/ptj/pzy150>
- [5] 黄坤. 核心力量训练对慢性下腰痛患者康复效果的影响[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都体育学院, 2014.
- [6] Hodges, P.W. and Richardson, C.A. (1998) Delayed Postural Contraction of Transversus Abdominis in Low Back Pain Associated with Movement of the Lower Limb. *Journal of Spinal Disorders*, **11**, 46-56. <https://doi.org/10.1097/00002517-199802000-00008>
- [7] Saunders, S.W., Coppieters, M.W., Magarey, M., et al. (2004) Reduced Tonic Activity of the Transversus Abdominis Muscle during Locomotion in People with Low Back Pain. *Proceedings of the 5th World Congress on Low Back & Pelvic Pain*, Melbourne, 10-13 November 2004.
- [8] Airaksinen, O., Brox, J.I., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., et al. (2006) Chapter 4 European Guidelines for the Management of Chronic Nonspecific Low Back Pain. *European Spine Journal*, **15**, s192-s300. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-1072-1>
- [9] Borghuis, J., Hof, A.L. and Lemmink, K.A.P.M. (2008) The Importance of Sensory-Motor Control in Providing Core Stability: Implications for Measurement and Training. *Sports Medicine*, **38**, 893-916. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>
- [10] Kumar, T., Kumar, S., Nezamuddin, M. and Sharma, V.P. (2015) Efficacy of Core Muscle Strengthening Exercise in Chronic Low Back Pain Patients. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, **28**, 699-707. <https://doi.org/10.3233/bmr-140572>
- [11] 陈锋. 调整脊柱力平衡治疗腰痛 56 例[J]. 广西中医药, 1999, 22(3): 13-14.
- [12] Hooper, T.L., James, C.R., Brismée, J., Rogers, T.J., Gilbert, K.K., Browne, K.L., et al. (2016) Dynamic Balance as Measured by the Y-Balance Test Is Reduced in Individuals with Low Back Pain: A Cross-Sectional Comparative Study. *Physical Therapy in Sport*, **22**, 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.04.006>
- [13] 姜宏, 施杞. 颈椎运动学与生物力学研究进展[J]. 中国中医骨伤科, 1998(1): 50-54.
- [14] 潘之清. 实用脊柱病学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996: 67-68.
- [15] 王拥军. 施杞教授关于颈椎病理论与临床的探讨[J]. 中国中医骨伤科, 1997(3): 62-64.
- [16] 王羽丰, 邓晋丰, 谭明生. 实验性颈椎病动物模型的研究进展[J]. 中国中医骨伤科, 1999(1): 59-60.
- [17] 郝永强, 施杞, 吴士良. 颈椎动力平衡失调大鼠椎间盘蛋白多糖的观察[J]. 中国骨伤, 1999, 12(1): 11-13.
- [18] Faulkner, J.A. (1986) Power Output of the Human Diaphragm. *American Review of Respiratory Disease*, **134**, 1081-1083.
- [19] Miyamoto, K., Shimizu, K. and Masuda, K. (2002) Fast MRI Used to Evaluate the Effect of Abdominal Belts during Contraction of Trunk Muscles. *Spine*, **27**, 1749-1754. <https://doi.org/10.1097/00007632-200208150-00012>
- [20] Kolář, P., Neuwirth, J., Šanda, J., Suchánek, V., Svatá, Z., Volejník, J., et al. (2009) Analysis of Diaphragm Movement, during Tidal Breathing and during Its Activation While Breath Holding, Using MRI Synchronized with Spirometry. *Physiological Research*, **58**, 383-392. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931376>
- [21] 角南昌三, 乔子虹, 苏飞. 腰痛患者的肌力增强训练[J]. 国外医学(物理医学与康复学分册), 1990(4): 157-158.
- [22] W Hodges, P., Martin Eriksson, A.E., Shirley, D. and C Gandevia, S. (2005) Intra-Abdominal Pressure Increases Stiffness of the Lumbar Spine. *Journal of Biomechanics*, **38**, 1873-1880. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.08.016>
- [23] Etemadi, Y., Salavati, M., Arab, A.M. and Ghanavati, T. (2016) Balance Recovery Reactions in Individuals with Recurrent Nonspecific Low Back Pain: Effect of Attention. *Gait & Posture*, **44**, 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.11.017>
- [24] Hodges, P.W. and Richardson, C.A. (1996) Inefficient Muscular Stabilization of the Lumbar Spine Associated with Low Back Pain. A Motor Control Evaluation of Transversus Abdominis. *Spine*, **21**, 2640-2650. <https://doi.org/10.1097/00007632-199611150-00014>
- [25] Zou, J. and Hao, S. (2024) Exercise-Induced Neuroplasticity: A New Perspective on Rehabilitation for Chronic Low Back Pain. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, **17**, Article 1407445. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2024.1407445>
- [26] 黄杰, 孙乐蓉, 覃东, 等. 躯干肌背伸训练对非特异性腰痛康复的价值[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2008, 30(3): 191-192.
- [27] Saragiotto, B.T., Maher, C.G., Yamato, T.P., Costa, L.O., Menezes Costa, L.C., Ostelo, R.W., et al. (2016) Motor Control Exercise for Chronic Non-Specific Low-Back Pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **2016**, CD012004. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd012004>
- [28] Zattara, M. and Bouisset, S. (1988) Posturo-Kinetic Organisation during the Early Phase of Voluntary Upper Limb Movement. 1. Normal Subjects. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, **51**, 956-965. <https://doi.org/10.1136/jnnp.51.7.956>

- [29] 刘彦卿, 宋永伟, 张建福. 腰椎间盘突出症的功能锻炼[J]. 中医正骨, 2001, 13(9): 53-54.
- [30] Nambi, G., Abdelbasset, W.K., Alsubaie, S.F., Moawd, S.A., Verma, A., Saleh, A.K., *et al.* (2020) Isokinetic Training—Its Radiographic and Inflammatory Effects on Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Medicine*, **99**, e23555. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000023555>
- [31] 方华. 主动运动加理疗治疗腰椎间盘突出症[J]. 广东医学, 2004, 25(3): 302-303.
- [32] Jung, K., Jung, J., In, T. and Cho, H. (2020) The Effectiveness of Trunk Stabilization Exercise Combined with Vibration for Adolescent Patients with Nonspecific Low Back Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, Article 7024. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197024>
- [33] van Vliet, P.M. and Heneghan, N.R. (2006) Motor Control and the Management of Musculoskeletal Dysfunction. *Manual Therapy*, **11**, 208-213. <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.03.009>
- [34] Massé-Alarie, H., Beaulieu, L., Preuss, R. and Schneider, C. (2017) Repetitive Peripheral Magnetic Neurostimulation of Multifidus Muscles Combined with Motor Training Influences Spine Motor Control and Chronic Low Back Pain. *Clinical Neurophysiology*, **128**, 442-453. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.12.020>
- [35] Brumagne, S., Diers, M., Danneels, L., Moseley, G.L. and Hodges, P.W. (2019) Neuroplasticity of Sensorimotor Control in Low Back Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **49**, 402-414. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8489>
- [36] Paungmali, A., Joseph, L.H., Punturee, K., Silitertpisan, P., Pirunsan, U. and Uthaikhup, S. (2018) Immediate Effects of Core Stabilization Exercise on B-Endorphin and Cortisol Levels among Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Randomized Crossover Design. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, **41**, 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2018.01.002>
- [37] Karlsson, L., Gerdle, B., Ghafouri, B., Bäckryd, E., Olausson, P., Ghafouri, N., *et al.* (2014) Intramuscular Pain Modulatory Substances before and after Exercise in Women with Chronic Neck Pain. *European Journal of Pain*, **19**, 1075-1085. <https://doi.org/10.1002/ejp.630>
- [38] Tsao, H., Galea, M.P. and Hodges, P.W. (2010) Driving Plasticity in the Motor Cortex in Recurrent Low Back Pain. *European Journal of Pain*, **14**, 832-839. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2010.01.001>
- [39] Omkar, S.N. and Vishwas, S. (2009) Yoga Techniques as a Means of Core Stability Training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, **13**, 98-103. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2007.10.004>
- [40] Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T. and Fredericson, M. (2008) Core Stability Exercise Principles. *Current Sports Medicine Reports*, **7**, 39-44. <https://doi.org/10.1097/01.csmr.0000308663.13278.69>
- [41] 李文静, 尹莉, 潘爱星, 等. 特发性脊柱侧凸患者椎旁软组织超声形态学研究[J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(8): 715-718.
- [42] 邱扬. 核心稳定性训练对全膝关节置换术后患者平衡功能的影响[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津体育学院, 2021.
- [43] 范冉冉. 核心稳定性训练对高水平女排运动员动态平衡能力影响的实验研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京体育大学, 2020.
- [44] 邵诗泽, 张恩忠, 付松, 等. 腰骶段多裂肌的形态特点及功能意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2010, 28(1): 17-19.
- [45] Kiefer, A., Parnianpour, M. and Shirazi-Adl, A. (1997) Stability of the Human Spine in Neutral Postures. *European Spine Journal*, **6**, 45-53. <https://doi.org/10.1007/bf01676574>
- [46] Kiefer, A., Shirazi-Adl, A. and Parnianpour, M. (1998) Synergy of the Human Spine in Neutral Postures. *European Spine Journal*, **7**, 471-479. <https://doi.org/10.1007/s005860050110>
- [47] Gilligan, C., Volschenk, W., Russo, M., Green, M., Gilmore, C., Mehta, V., *et al.* (2023) Three-Year Durability of Restorative Neurostimulation Effectiveness in Patients with Chronic Low Back Pain and Multifidus Muscle Dysfunction. *Neuro-modulation: Technology at the Neural Interface*, **26**, 98-108. <https://doi.org/10.1016/j.neurom.2022.08.457>
- [48] Hides, J.A., Richardson, C.A. and Jull, G.A. (1996) Multifidus Muscle Recovery Is Not Automatic after Resolution of Acute, First-Episode Low Back Pain. *Spine*, **21**, 2763-2769. <https://doi.org/10.1097/00007632-1996121010-00011>
- [49] Janssens, L., Brumagne, S., McConnell, A.K., Hermans, G., Troosters, T. and Gayan-Ramirez, G. (2013) Greater Diaphragm Fatigability in Individuals with Recurrent Low Back Pain. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, **188**, 119-123. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.05.028>
- [50] Moseley, G.L. (2004) Impaired Trunk Muscle Function in Sub-Acute Neck Pain: Etiologic in the Subsequent Development of Low Back Pain? *Manual Therapy*, **9**, 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.math.2004.03.002>
- [51] Xu, C., Fu, Z. and Wang, X. (2021) Effect of Transversus Abdominis Muscle Training on Pressure-Pain Threshold in Patients with Chronic Low Back Pain. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, **13**, Article No. 35. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00262-8>

- [52] 南海鸥, 王燕. 核心肌力训练在康复医学中的意义[J]. 内蒙古医学院学报, 2012, 34(3): 259-264.
- [53] Wang, X., Zheng, J., Yu, Z., Bi, X., Lou, S., Liu, J., *et al.* (2012) A Meta-Analysis of Core Stability Exercise versus General Exercise for Chronic Low Back Pain. *PLOS ONE*, 7, e52082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052082>
- [54] Ahmadnezhad, L., Yalfani, A. and Gholami Borujeni, B. (2020) Inspiratory Muscle Training in Rehabilitation of Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29, 1151-1158. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0231>
- [55] Kavya, V. and Dhanesh Kumar, K.U. (2020) Effect of Expiratory Training and Inspiratory Training with Lumbar Stabilization in Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 11, 236-241. <https://doi.org/10.37506/v11/i2/2020/ijphrd/194790>
- [56] 尹娜. 核心力量训练对女子篮球运动员平衡能力、肌肉力量影响的实验研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安体育学院, 2019.
- [57] 詹晓婷, 叶衬莲, 常雪琴. 早期腰背肌功能锻炼对腰椎微创融合手术患者术后康复和生活能力的影响[J]. 黑龙江医药, 2022, 35(1): 179-182.
- [58] 刘耀元. 三步法治疗腰突症[J]. 按摩与导引, 2007(4): 32-34.
- [59] 许莉. 腰椎间盘突出症康复期的健康教育和运动指导[J]. 实用中西医结合临床, 2010, 10(1): 47-48.
- [60] 宋涵菁, 孙文江, 余波. 老年病人全脊柱内镜术后常规康复辅以髋部加强训练的临床效果分析[J]. 实用老年医学, 2024, 38(10): 1020-1024.
- [61] 陈伟男. 重组健身功法六字诀对肝肾亏虚型慢性腰痛的干预研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津中医药大学, 2020.
- [62] 林平冬, 周越, 苏文杰, 等. 基于远程指导的核心肌群训练对雷达兵腰痛的疗效观察[J]. 东南国防医药, 2022, 24(5): 546-548.
- [63] Yildirim, P. and Gultekin, A. (2022) The Effect of a Stretch and Strength-Based Yoga Exercise Program on Patients with Neuropathic Pain Due to Lumbar Disc Herniation. *Spine*, 47, 711-719. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000004316>
- [64] 张立干. 从肌群功能角度突破腹肌的训练模式——体育中考仰卧起坐测试的针对性训练[J]. 课程教育研究, 2016(13): 201-202.
- [65] Calatayud, J., Escriche-Escuder, A., Cruz-Montecinos, C., Andersen, L.L., Pérez-Alenda, S., Aiguadé, R., *et al.* (2019) Tolerability and Muscle Activity of Core Muscle Exercises in Chronic Low-Back Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, Article 3509. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193509>
- [66] 杜思聪. 核心力量训练对高校篮球运动员专项体能的影响[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安体育学院, 2017.
- [67] 江志国, 严荔, 王丝蕊, 等. 吞咽功能训练联合肺康复训练对老年住院患者吞咽功能及营养状态的影响[J/OL]. 武汉大学学报(医学版): 1-5. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=HgkNOCd8VPh672HYdkt2wt2k7-fBvaID62Bi6P-WBpEEkb8DNtZ-ljqRFGIf0ROHAadtqxYwt104QLIwx2QHFO3l2wauAERL4VI4kP1EoR3-8Ni05yBkCHw2LW-z6oaW6Ex12H7ek_V24n3B2axn1vQmq_TaJV092xkcptTGihDW4xxgO2XQw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS, 2025-01-06.
- [68] 朱秀梅, 蒋联群. 盆底肌训练联合电刺激用于产后尿失禁患者的效果观察[J]. 护理学报, 2012, 19(3): 49-51.
- [69] Byström, M.G., Rasmussen-Barr, E. and Grooten, W.J.A. (2013) Motor Control Exercises Reduces Pain and Disability in Chronic and Recurrent Low Back Pain: A Meta-Analysis. *Spine*, 38, E350-E358. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31828435fb>
- [70] Sipko, T., Glibowski, E. and Kuczyński, M. (2021) Acute Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Exercises on the Postural Strategy in Patients with Chronic Low Back Pain. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 44, Article ID: 101439. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101439>
- [71] 高宝龙, 荣湘江, 梁丹丹, 等. 悬吊运动技术对运动引起的腰痛的疗效分析[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(12): 1095-1097.
- [72] Li, X., Zhang, H., Lo, W.L.A., Ge, L., Miao, P., Liu, H., *et al.* (2022) Sling Exercise Can Drive Cortical Representation of the Transversus Abdominis and Multifidus Muscles in Patients with Chronic Low Back Pain. *Frontiers in Neurology*, 13, Article 904002. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.904002>
- [73] Zou, L., Wang, H., Xiao, Z., Fang, Q., Zhang, M., Li, T., *et al.* (2017) Tai Chi for Health Benefits in Patients with Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *PLOS ONE*, 12, e0170212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170212>
- [74] 周同, 陆爱云. 多裂肌与慢性腰痛康复的研究现状[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(4): 387-390.