

脊柱矢状面平衡的代偿机制 和矢状面失衡的运动疗法研究进展

李庆辉, 王辉昊, 俞仲翔

(上海中医药大学附属曙光医院, 上海 201203)

摘要 脊柱矢状面平衡对于维持人体的直立状态和日常活动至关重要, 且与目前高发的脊柱退行性疾病密切相关。脊柱矢状面平衡可以通过脊柱和骨盆的参数来描述。脊柱矢状面失衡通常从腰椎前凸减小开始, 主要通过骨盆后倾进行代偿, 但多数情况下, 脊柱的其他部分及下肢也会参与代偿。基于这些代偿机制, 可以有针对性地进行功能锻炼, 以增强人体的平衡能力。本文对脊柱矢状面平衡的代偿机制进行了探讨, 并从传统功法训练和现代功能锻炼两个方面, 对采用运动疗法防治脊柱矢状面失衡的可行性进行了综述。

关键词 脊柱; 骨盆; 矢状面; 平衡; 运动疗法; 综述

当前人口老龄化已成为全球普遍面临的问题, 与之相伴的脊柱退行性疾病给患者带来了巨大的痛苦和经济负担。脊柱矢状面平衡参数与脊柱的退变密切相关, 如颈椎病、腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症及腰椎滑脱等退行性疾病, 均不同程度地影响脊柱矢状面平衡^[1-2]。通过有针对性的功能锻炼来维持脊柱矢状面平衡, 对于缓解颈部、腰部、背部的相关症状以及确保日常生活的正常进行具有重要意义。本文就脊柱矢状面平衡的代偿机制和矢状面失衡的运动疗法综述如下。

1 脊柱矢状面平衡概述

1.1 脊柱矢状面平衡的概念和生理意义

被誉为“医学之父”的希波克拉底首先提出了脊柱矢状面曲线的概念。脊柱平衡是指在感觉神经的支配下, 作用于脊柱的外力(主要是重力)与躯干肌肉力量之间的平衡, 这种平衡是维持人体静态和动态平衡的关键^[3]。人类的直立行走使脊柱演化出矢状序列, 并且为了以最节能的方式维持直立姿势, 形成了腰椎生理弯曲, 这确保了人体在站立时重心位于两脚之间。在儿童和青少年时期, 随着骨骼的生长和姿势控制中枢的发育成熟, 脊柱序列也会发生变化, 从而增强脊柱平衡的稳定性。然而, 随着年龄的增长, 骨骼肌退化、脊柱畸形或退行性病变可能会使脊柱序列失衡^[2]。与类人猿相比, 人类的骨盆更加坚固且横向

宽度更大, 这有助于在直立姿势中维持躯干的稳定。此外, 骶骨倾斜角度的增加促进了腰椎前凸, 而腰椎数量的减少也促进了周围肌肉的发展。腰椎与骨盆在矢状面上的形态变化不断优化了人体的直立平衡能力, 从而维持身体平衡, 并确保眼睛的平视。

1.2 脊柱矢状面平衡的相关参数

为了量化分析脊柱矢状面平衡, 相关专家和学者提出了多项参数定义及其评估标准。目前, 临床多采用骨盆参数和脊柱参数来量化评估脊柱矢状面平衡^[4]。

1.2.1 骨盆参数 骨盆参数包括骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)和骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)。PI 是一个解剖学参数, 指 S_1 终板的中垂线与股骨头中点和 S_1 终板中点的连线所构成的夹角。每个人的 PI 通常是恒定的, 并且不受骨盆空间位置的影响。PI 的大小与骶髂关节, 尤其是骶骨的形态密切相关。由于骶髂关节的活动度在出生后基本保持不变, 个体在生长发育完成后, 其 PI 便确定下来。PI 值可反映骨盆的形态特点: PI 值较大, 表明骨盆尺寸较大, 前后径较长; PI 值较小, 表明骨盆尺寸较小, 前后径较短。PI 值还与腰椎前凸的程度有关, PI 值越大, 腰椎前凸的程度也越大。然而, 在 75 岁以上的老年人中, 由于韧带松弛或接受过脊柱长节段融合手术, PI 值可能会有一定程度的变化。SS 是 S_1 终板的切线与水平线之间的夹角, 表示了骶骨的倾斜程度。当骨盆向垂直方向旋转时, SS 值会减小; 当骨盆向水平方向旋转时, 骶骨的坡度降低, SS 值会增大。PT 是通过股骨头中心的轴线与通过股骨

基金项目: 国家自然科学基金项目(81973871)

通讯作者: 俞仲翔 E-mail: yuzhongxiang1@126.com

头中心和 S_1 终板中点的连线所构成的夹角,其大小与骨盆的方向有关。骨盆可以绕股骨头旋转,当骨盆旋前时,PT 值减小;当骨盆旋后时,PT 值增大。有研究^[5]表明,PI、PT、SS 三者之间存在一定的关系,即 PI 等于 PT 与 SS 之和。PI 值越大,表明骨盆更可能以后旋的方式代偿矢状面平衡。在健康人群中,每个 PI 值都对应着理论上的 PT 值和 SS 值。Le Huec 等^[6]研究发现,在健康人群中,通过对站立位的全脊柱和骨盆进行三维分析,可以得到理想的 PT 值计算公式,即 $PT = 0.44 \times PI - 11^\circ$ 。因此,可以通过拍摄站立位全脊柱 X 线片来计算 PT 值,以判断骨盆是否存在代偿性变化。

1.2.2 脊柱参数 脊柱参数包括脊柱矢状面垂直轴(sagittal vertical axis, SVA)、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)和腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)。理想状态下的 C_7 铅垂线应该恰好通过骶骨终板,但即使在这种理想情况下,脊柱和骨盆参数也不足以全面描述脊柱的平衡状态,因为脊柱可能处于代偿性平衡中。SVA 是 C_7 铅垂线与 S_1 后上角之间的水平距离,其与个人的生活质量密切相关。理想状态下的 SVA 值应小于 5 cm, SVA 值超过 5 cm 通常被视为脊柱矢状面失衡,而 SVA 值超过 9.5 cm 则被视为严重脊柱矢状面失衡。需要注意的是, SVA 值与年龄有关,随着年龄的增长 SVA 值也会增大。测量 SVA 值时并未考虑 PI 值的影响,因此在高 PI 值的情况下, SVA 值也相应增大。SVA 值通常用于评估个体在手术治疗前后一段时间内的脊柱矢状面平衡情况,不适用于比较不同患者的脊柱矢状面平衡情况,原因是每个人的 PI 值不同。TK 最初指 T_1 椎体上缘延长线和 T_{12} 椎体下缘延长线所成的夹角,但由于肱骨头的遮挡,在 X 线片上难以识别 T_1 椎体上缘。因此,目前有多数研究采用 T_5 椎体上缘延长线和 T_{12} 椎体下缘延长线的夹角计算 TK 值^[7]。需要注意的是, $T_1 \sim T_4$ 的曲度占整个胸椎后凸的 8% ~ 10%, 这为支撑颈椎提供了基础。LL 是 L_1 上终板切线与 S_1 上终板切线之间的夹角,对维持脊柱矢状面平衡具有重要作用。

2 脊柱矢状面平衡的代偿机制

脊柱矢状面平衡的代偿机制是链式的,这些代偿主要包括头颅重心移位、颈椎过伸、脊柱后伸、骨盆后倾、髋关节伸直、膝关节屈曲,以及踝关节伸直、屈曲、内翻或外翻^[8]。一般情况下,这些代偿不会同时出现

在同一个人身上。这些代偿的基本原理是通过延长脊柱后凸的相邻节段,以制衡重心轴的前移。虽然这些代偿能有效防止脊柱矢状面失衡,但也可能导致机械性疼痛或神经损伤。链式代偿机制通常是由腰椎前凸的减小触发的,这会导致 PI 和 LL 之间不匹配^[9]。脊柱退化的特征包括椎间盘退行性病变、椎体周围肌肉萎缩等,这些变化会导致腰椎后凸,进而引起脊柱矢状面失衡^[3,10]。多数腰椎退行性病变或慢性腰痛患者会出现腰椎前凸丧失,这会引起骨盆的代偿性反应,如倾斜度增加,最终可导致脊柱矢状面失衡^[11]。

在颈椎的代偿机制中,为了维持眼睛的平视,颈椎会过度伸展以补偿胸椎的后凸;但这种代偿可能会加速颈椎的退行性改变,甚至引起颈椎病^[12]。在胸椎的代偿机制中,竖脊肌的收缩可以维持胸椎的后凸,从而保持重心的平衡。通过对胸椎后凸的调整,可以限制人体重心前移,这种现象通常在脊柱柔韧性较好的年轻患者中较为常见;但老年患者因为脊柱退化,较难减小胸椎弯曲的幅度。在腰椎的代偿机制中,最常见的是通过相邻节段椎体的过伸来限制腰椎后凸对重心移动的影响。腰痛患者的腰椎远端前凸减小,骶骨变得更加垂直,而腰椎近端的前凸则更大。随着腰椎近端前凸的增加,其上端的伸展程度也随之增大。脊柱节段过伸可能是局部的,也可能是整体多节段的。这种过伸虽然会使颈胸段脊柱位于重心线的后方,但也增加了脊柱后部结构的压力,增大了椎体向后滑脱的风险,并可能导致关节突关节炎的加速发展及 Bastrup 病的发生^[13]。椎体退变引起的椎间隙狭窄也会导致腰椎后凸,同时关节突关节的退变可能导致腰椎后方结构膨大,从而限制了脊柱的伸展能力。骨盆区域的代偿机制为骨盆后倾,即骨盆倾斜度的增加,类似于髋关节伸展时的状态。骨盆后倾与髋关节伸肌的收缩是同步的,可导致骶骨相对于股骨头后移。骨盆的倾斜度决定了其向后倾斜的能力,PT 越大,骨盆后倾越容易实现。考虑到 PI 等于 PT 与 SS 之和,且 PI 不能为负数,因此较大的 PI 值相较于较小的 PI 值,意味着更强的骨盆倾斜能力。研究^[14]表明,多数患有慢性腰痛或腰椎退行性疾病的患者,其骶骨倾斜度会降低,而骨盆倾斜度会增加。对于患有严重脊柱退行性疾病的患者,可能会出现膝关节屈曲这一代偿现象,其具体表现为当腰椎矢状面 Cobb 角

减小时,膝关节呈屈曲状态。Lafage 等^[15]通过一项前瞻性研究发现,骨盆平移距离是与骨盆旋转度数同等重要的参数,且骨盆平移可能由踝关节背伸所致。Cohen 等^[16]对 63 名平均年龄为 73 岁的受试者进行了 Pearson 相关系数和多变量回归分析,以评估影响脊柱矢状面平衡的潜在可控因素,发现 SVA 与年龄、体质量指数、平衡能力、腰椎前凸具有相关性。在控制年龄和体质量指数变量后,腰椎前凸、平衡能力、髋关节伸展范围及腰椎伸展范围可解释 29% 的 SVA 差异^[17]。

3 脊柱矢状面失衡的运动疗法

老年人脊柱矢状面失衡的主要原因通常是椎旁肌肉的退变、萎缩或损伤,以及动力性平衡失调。进行功能锻炼可增强椎旁肌群的力量、促进局部血液循环,有助于恢复脊柱的生物力学平衡,并提高其稳定性^[18]。长期坚持功能锻炼可以松解脊柱周围深层软组织的粘连,抑制骨质增生和软组织退变,维持脊柱正常的矢状面曲度,保持脊柱的运动功能^[19]。防治脊柱矢状面失衡的功能锻炼方法较多,大致分为传统功法训练和现代功能锻炼两大类。

3.1 传统功法训练

3.1.1 易筋经 易筋经以脊柱的伸展、扭转等活动为主,对于脊柱疾病的防治有重要作用。练习易筋经可以使身体重心向腰椎后方转移,有助于维持脊柱的平衡。此外,易筋经运动能够在局部范围内增大腰椎的矢状面曲度,减轻椎间盘的压力,增大腰椎前凸,从而提高局部的平衡代偿能力^[20]。长期练习易筋经可增强颈部和肩部的肌肉力量,改善颈椎的生理曲度。王大中等^[21]研究发现,易筋经中的第十式“卧虎扑食”可降低腰部肌肉的张力,并改善腰椎的稳定性和活动度。

3.1.2 太极拳 练习太极拳时,应将身体保持在中正的位置,并在动作转换过程中始终注意保持身体重心的平衡。在练习左右对称协调的动作时,脊柱各部分的压力会不断重新分配,以适应身体的平衡需求,从而使脊柱得到伸展和放松。这有助于调整错位的脊柱,增强椎旁肌肉的平衡,使人体在保持脊柱平衡的情况下增强其前后方向的承受能力,从而维持脊柱(尤其是腰椎)的矢状面平衡。武冬等^[22]研究发现,在太极拳的“云手定势”中, T_7 以上的脊柱曲度无明显变化,但 T_7 以下的脊柱则呈后凸趋势,且这种趋势

越往下越明显。这表明太极拳能有效改善 T_7 以下胸椎和腰椎的矢状面曲度。李巧玲等^[23]研究发现,太极拳的“抱球桩”“开合桩”“左右云手”动作可改善骨盆前倾,其中“开合桩”对 PT 值的影响最大。

3.1.3 八段锦 八段锦是一种简单易学的锻炼方式。通过练习八段锦,可以加强颈椎在三维空间内的活动能力,从而解除关节嵌顿、松解局部粘连、增强关节的灵活性。任保亮等^[24]研究发现,练习八段锦中的“两手托天理三焦”可以改善颈椎的生理曲度。八段锦的整套动作遵循“以腰为轴”的训练原则,通过屈伸活动腰椎,达到放松肌肉、滑利关节的目的。陈和明等^[25]研究发现,练习八段锦可显著提高腰椎的活动度,增强腰背肌肌力,并降低背部肌肉张力,对增强腰椎的稳定性、提高腰椎矢状面平衡的代偿能力有重要作用。

3.1.4 石氏强筋功法 石氏强筋功法是由八段锦和现代腰背肌锻炼方法中的仰卧抬腿动作相结合而创造的一种锻炼方式。刘考强等^[26]研究发现,石氏强筋功法可以锻炼腰腹部的核心肌群(尤其是多裂肌),从而起到稳定腰椎、延缓腰椎退变的作用。安军伟等^[27]研究发现,石氏强筋功法能够增强腰背部肌肉力量,提高脊柱的稳定性。

3.1.5 桩功 桩功是一种形式多样的静态传统功法。张强等^[28]研究发现,练习桩功中的“浑圆桩”可以激活胸锁乳突肌、胸大肌、三角肌前部、肱二头肌、胸小肌、冈上肌、前锯肌、股四头肌、臀大肌、股后肌等多个肌群。在站桩过程中,应保持脊柱正中位,身体用力左右对称,这有助于改善脊柱两侧肌肉力量不平衡的问题,且能加强脊柱核心肌群对脊柱的控制,从而维持脊柱的稳定。吕嘉轩等^[29]研究发现,站桩训练可以减小胸椎的椎体间夹角,增加站立、负重、侧弯、前屈、后伸等情况下脊柱矢状面的活动度。这表明桩功可通过减小胸椎椎体间夹角来减小胸椎后凸,从而限制脊柱矢状面失衡。

3.2 现代功能锻炼

3.2.1 颈部功能锻炼 颈椎的矢状面失衡通常是由于颈部肌肉无法维持颈椎的稳定性,主要由静力失衡引起,可表现为颈椎椎体错位、椎体曲度改变等。孙康等^[30]研究发现,当颈部肌群的力量充足时,仅凭肌肉力量就足以维持颈椎矢状面的平衡;但老年人由于肌肉退化或颈椎术后肌肉损伤,颈椎的稳定性会通过

胸椎活动度的减小来代偿。颈部功能锻炼在训练方式上可分为静力训练和动力训练:静力训练可提高肌肉的强度和耐力,防止肌肉萎缩;动力训练可改善局部血液循环、促进无菌性炎症物质吸收,能够起到缓解疼痛和防止肌肉萎缩的作用,同时能够减轻椎间盘压力、改善并维持颈椎的生理曲度,从而改善颈椎功能。张亚芳^[31]研究发现,艾灸联合抗阻锻炼可显著改善颈型颈椎病患者的颈椎功能。郑辉^[32]研究发现,颈部动力训练主要通过缓慢的颈椎活动来牵拉和松解肌肉,有助于增强颈部肌力、提高颈椎的稳定性,并恢复颈椎的生物力学平衡。方川源^[33]研究发现,仰卧伸颈和仰卧屈颈的动力训练可增强颈部肌群的收缩和舒张能力,有助于恢复颈椎的矢状面平衡。

3.2.2 腰背部功能锻炼 郑嶠^[34]研究发现,在健康人群中,脊柱矢状面平衡参数(SVA、LL、TK)与椎旁肌的脂肪浸润程度有关,而椎旁肌的力量则与腰椎曲度的分型有关。王兆瀚等^[35]研究发现,椎旁肌的脂肪化比例与 LL 呈负相关,与 PT 在腰椎部位呈正相关。腰背部功能锻炼主要通过增强腰背部的肌肉力量来减轻椎体压力,重建腰椎的重心线,从而增强脊柱的内在稳定性。常用的腰背肌锻炼方法包括“小燕飞”、“五点支撑”、直腿抬高训练、麦肯基疗法等。周群等^[36]研究发现,“小燕飞”锻炼可改善腰椎间盘突出患者的腰椎功能。李海亮等^[37]研究发现,“五点支撑”锻炼能够减小椎体后凸 Cobb 角,认为“五点支撑”可通过腰背肌的收缩使脊柱背伸,从而提高前纵韧带和腰椎纤维环的张力,增大腰椎前凸,减小腰椎后凸,缓解腰椎后部压力,并提高腰椎的代偿能力。

3.2.3 臀部功能锻炼 骨盆通过后倾的方式来增加 PT,以此代偿重力轴的前向平移。作为骨盆的主要动力肌群,臀肌(尤其是臀大肌)与脊柱一样,在人体的直立行走中发挥着重要作用。锻炼臀肌可以提高骨盆和髋髂关节的稳定性,有助于增强身体的平衡能力。身体平衡能力的提高有助于矫正脊柱矢状面失衡,并防止脊柱矢状面失代偿。研究^[38]表明,当臀肌萎缩无力时,竖脊肌和腘绳肌会代偿性地代替臀肌进行髋关节的活动,可能导致骨盆前倾、腰椎前凸等代偿现象的发生。臀肌锻炼方法较多,主要包括臀桥、侧桥、夹臀、负重深蹲、单腿深蹲和向前跨步等。Lee 等^[39]研究发现,进行臀肌强化训练可以显著改善 SVA、PT 和 TK 等参数,并且这些改善与臀肌体积的

增加有关。这表明臀肌强化训练有助于维持脊柱矢状面平衡。

4 小 结

脊柱矢状面平衡在人体的直立行走和许多日常活动中扮演着重要角色,这一平衡可通过骨盆和脊柱的相关参数进行量化评估。脊柱矢状面失衡通常始于腰椎前凸的丢失,并在脊柱其他部分、骨盆和下肢区域出现代偿。通过功能锻炼,可以增强人体的平衡代偿能力。传统功法训练的优点是整体治疗,而现代功能锻炼则更侧重于局部治疗。然而,无论哪种锻炼方式,运动疗法都是防治脊柱矢状面失衡的一种简、便、廉、效的方法。目前,采用脊柱矢状面平衡参数评价脊柱疾病治疗效果的研究相对少见,希望未来防治脊柱退行性疾病时能有更多研究聚焦于脊柱矢状面平衡。

参考文献

- [1] SONG J, PAN F, ZHU W, et al. Characteristics of the sagittal spinal balance in the asymptomatic elderly Chinese population[J]. *Eur Spine J*, 2022, 31(2): 233–240.
- [2] 郑超, 伍骥. 正确认识退变性脊柱矢状位平衡与失衡[J]. *川北医学院学报*, 2021, 36(9): 1158–1161.
- [3] LE HUEC J C, THOMPSON W, MOHSINALY Y, et al. Sagittal balance of the spine[J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(9): 1889–1905.
- [4] 燕文海, 马楠山, 张坤, 等. 从矢状位平衡谈脊柱疾病治疗的整体观[J]. *中华中医药杂志*, 2022, 37(5): 2672–2676.
- [5] MAC-THIONG J M, BERTHONNAUD E, DIMAR J R 2nd, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29(15): 1642–1647.
- [6] LE HUEC J C, HASEGAWA K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(11): 3630–3637.
- [7] ROUSSOULY P, PINHEIRO-FRANCO J L, LABELLE H, et al. 脊柱矢状位平衡—从生理到病理: 治疗策略的关键[M]. 海涌, 李利, 李危石, 等译. 北京: 中国科学技术出版社, 2020: 64.
- [8] 越雷, 陈浩, 李淳德, 等. 脊柱矢状位动态平衡的研究和应用进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(11): 1034–1038.
- [9] 王秀龙. 腰椎后滑脱脊柱骨盆参数改变及发病机制研

- 究[D]. 大连:大连医科大学, 2021.
- [10] 刘子文, 杨玉明, 谢鸿儒, 等. 椎旁肌退变与矢状位力线的关系[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(36): 5891 – 5897.
- [11] 闫瑞忠, 郭志坚, 韩树峰. 脊柱骨盆运动单位矢状位平衡与髋关节功能相关性的研究进展[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(5): 555 – 557.
- [12] 唐彦超, 赵文奎, 于森, 等. 无症状中国年轻人颈椎矢状位曲度正常值及其与全脊柱平衡的关系[J]. 北京大学学报(医学版), 2022, 54(4): 712 – 718.
- [13] 马钧峰. 腰椎融合术后脊柱-骨盆矢状位参数与手术疗效及术后腰痛的相关性研究[D]. 天津:天津医科大学, 2019.
- [14] 阴勇杰. 退行性腰椎滑脱患者脊柱矢状位平衡特征及其退变转归[D]. 广州:南方医科大学, 2022.
- [15] LAFAGE V, SCHWAB F, SKALLI W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(14): 1572 – 1578.
- [16] COHEN L, PAPPAS E, REFSHAUGE K, et al. Associations between potentially modifiable clinical factors and sagittal balance of the spine in older adults from the general population[J]. Spine Deform, 2022, 10(2): 433 – 441.
- [17] BARREY C, ROUSSOULY P, LE HUEC J C, et al. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine[J]. Eur Spine J, 2013, 22(Suppl 6): S834 – S841.
- [18] 魏文广, 陈剑俊, 董成伟. 针刺、整脊、功能锻炼综合治疗产后骶髂关节错缝症疗效观察[J]. 上海针灸杂志, 2017, 36(1): 67 – 70.
- [19] 曹坤燕, 郭珈宜, 李峰, 等. 中医养生功法在颈型颈椎病中的应用与防治[J]. 中国疗养医学, 2023, 32(8): 801 – 804.
- [20] 付士芳, 李跃彤, 任凤蛟, 等. 中医传统功法易筋经在骨伤科疾病康复中的研究进展[J]. 天津中医药, 2022, 39(5): 675 – 680.
- [21] 王大中, 符积勤, 刘利涛. 传统功法易筋经治疗腰椎间盘突出症慢性腰痛疗效及对腰椎躯干肌张力、活动度的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2023, 32(11): 1560 – 1564.
- [22] 武冬, 闫晓鹏. 太极拳云手技术对脊柱曲度影响的实证研究[J]. 北京体育大学学报, 2017, 40(1): 129 – 137.
- [23] 李巧玲, 李继鑫. 太极拳运动对改善骨盆前倾的对比研究[J]. 中华武术(研究), 2017, 6(10): 25 – 30.
- [24] 任保亮, 董汝军, 李楠. 八段锦第一式锻炼治疗颈型颈椎病的效果观察[J]. 中国医药科学, 2023, 13(12): 154 – 157.
- [25] 陈和明, 兰雨燕, 陈乐春, 等. 八段锦改善腰肌劳损患者腰椎功能的疗效探讨[J]. 中外医疗, 2023, 42(21): 187 – 190.
- [26] 刘考强, 赵焯, 张承哲, 等. 强筋功法下腰骶部多裂肌收缩变化规律研究[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(8): 4793 – 4796.
- [27] 安军伟, 胡零三, 元唯安, 等. 石氏伤科强筋功法治疗臭氧消融术后腰椎间盘突出症的临床观察[J]. 辽宁中医杂志, 2018, 45(11): 2334 – 2336.
- [28] 张强, 王丽霞, 刘凤梅, 等. 运动解剖学视域下传统武术浑圆桩功的结构特征与功能研究[J]. 体育科技文献通报, 2023, 31(4): 259 – 262.
- [29] 吕嘉轩, 郭郁, 胡庆川, 等. 应用脊柱夹角测量法分析站桩调节腰椎的平衡效应[J]. 陕西中医药大学学报, 2018, 41(2): 40 – 47.
- [30] 孙康, 朱卫国, 鲁世保. 颈椎矢状位参数与颈后肌群质量的相关性[J]. 脊柱外科杂志, 2022, 20(2): 111 – 115.
- [31] 张亚芳. 艾灸联合抗阻锻炼治疗颈型颈椎病患者的康复效果观察[J]. 中国中医药科技, 2021, 28(4): 681 – 682.
- [32] 郑辉. 颈椎功能锻炼装置治疗颈型颈椎病的临床研究[D]. 南宁:广西中医药大学, 2022.
- [33] 方川源. 针刀联合颈部功能锻炼治疗神经根型颈椎病缓解期的临床疗效观察[D]. 福州:福建中医药大学, 2021.
- [34] 郑峤. 腰椎功能曲线与椎旁肌肉关系特点的研究[D]. 西安:中国人民解放军空军军医大学, 2021.
- [35] 王兆瀚, 王征, 吴兵, 等. 退行性脊柱侧凸患者椎旁肌退变与脊柱-骨盆参数的关系[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(2): 103 – 108.
- [36] 周群, 姜文燕, 万芳丹. 中药封包热敷联合“小燕飞”训练对腰椎间盘突出症患者腰椎活动度及功能的影响[J]. 护理与康复, 2023, 22(10): 37 – 40.
- [37] 李海亮, 冯明, 王奇, 等. PVP 结合五点支撑法治疗 OVCF 的临床观察[J]. 继续医学教育, 2021, 35(5): 71 – 73.
- [38] CHONG F, FAN W, LIU L, et al. Correlation between atrophy of the gluteus medius muscle and symptoms of lumbar spinal stenosis[J]. World Neurosurg, 2023, 172: E177 – E184.
- [39] LEE K Y, LEE J H, IM S K. Effect of gluteal muscle strengthening exercise on sagittal balance and muscle volume in adult spinal deformity following long-segment fixation surgery[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 9063.

(收稿日期:2023-11-28 本文编辑:郭毅曼)