

综述

不同方式腰椎牵引的参数及力学机制研究进展

Research progress on parameters and mechanical mechanism of different lumbar traction treatment methods

赵希云^{1,2}, 张晓刚^{1,2}, 王志鹏^{1,3}, 张宏伟³, 高国栋², 曹林忠¹, 谢飞洋¹, 刘 硕¹

(1 甘肃中医药大学 中医临床研究生院 730000 兰州市; 2 甘肃中医药大学附属医院脊柱外科 730020 兰州市;

3 甘肃中医药大学附属医院椎间盘中心 730020 兰州市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.08.11

中图分类号: R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2022)-08-0748-05

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是一种由脊神经根受压和/或刺激引起的疼痛综合征, 典型症状为腰痛(low back pain, LBP)伴有下肢放射性疼痛、感觉异常和/或肌肉无力等症状, 严重影响患者的生活质量^[1]。LDH 的发病率为 31%, 终生患病率为 60%~80%^[2], 其中只有 3%~5% 的 LDH 患者患有 LBP 伴腰神经病(lumbar radiculopathy, LR)症状^[3]。阶梯化治疗是目前治疗 LDH 的有效方案, 早期保守治疗可减缓病情发展, 有效避免手术治疗。其中腰椎牵引是治疗 LDH 的常用方法, 在临床保守治疗中应用广泛, 也是各种手法治疗的基础。在英国和美国, 分别有 41% 和 77% 的 LDH 患者通过腰椎牵引进行治疗^[4,5], 在缓解 LBP 症状方面有一定的疗效^[6,7]。

众多研究者选择不同的牵引方式、牵引参数和患者群体, 并且各文献研究的疗效评定标准不一, 最终取得的研究结果各有所异^[8-10]。使得腰椎牵引的有效性仍未在临床实践中得到验证。笔者回顾近年来相关腰椎牵引的文献资料, 对牵引类型、牵引重量、牵引角度、时间、频率以及牵引适应证等研究进展做一综述。

1 牵引方式及体位

临床上治疗 LDH 的牵引方式繁多, 包括机械牵引、自动牵引、手动牵引、自身重力牵引及水上牵引等^[11-14]。其中机械牵引在临床应用中最为广泛。许多研究表明, 牵引是治疗 LDH 的有效措施。Fritz 等^[11]利用机械牵引治疗伴 LR 症状的急性 LDH 患者, 2 周后患者症状明显缓解; 张晓刚等^[12]采用拔伸按压手法治疗 LDH 患者的 LBP 症状, 2 周后 LBP 症状明显改善; Prasad 等^[13]在治疗有手术指征的 LDH 患者过程中, 术前使用自身重力牵引结合物理疗法 6

周后, 可帮助 77% 的患者避免手术, 而单纯物理疗法的有效率仅为 22%; Gáti 等^[14]通过多中心随机研究证实, 水上牵引治疗慢性 LDH 患者 12 周后可显著改善 LBP 症状。总的来说, 各种腰椎牵引在治疗 LDH 的患者中均具有潜在有效性。

临床上常见的腰椎牵引体位与牵引方式存在着一定的对应关系, 这种对应关系也可能是腰椎牵引的系统评价与临床研究结果存在差异性的原因之一; 目前最常见的牵引体位是仰卧位和俯卧位, 另外倒悬位、坐位及直立位牵引也比较常见, 这些非卧位牵引多属于自身重力牵引的范畴。其中机械牵引以仰卧位为主, 但有研究表明, 在治疗慢性 LDH, 俯卧位牵引的临床疗效优于仰卧位牵引^[15]。手动牵引主要以人工牵拉为主, 为求与按压、旋转等手法形成耦联机制, 多采用俯卧位, 主要治疗急性慢性 LBP 伴或不伴有 LR 症状的 LDH 患者^[12]。但由于个体差异性较大, 牵引力不易控制, 很难形成统一标准化的牵引方案。Moret 等^[16]的研究中, 患者取坐位, 利用肋骨支持垫固定上身, 牵引椅不断下降使患者逐渐受到自身重力牵引; Khani 等^[17]的研究中选择垂直站立位, 固定杆固定下进行自动牵引, 从而向上牵拉使身体处于悬浮状态, 然后利用自身重力进行牵引; 而 Prasad 等^[13]在牵引时取倒立位, 在踝关节固定下利用上半身重力进行牵引; 虽然直立位和倒悬位牵引时人体悬吊的方向不同, 但生物力学研究发现, 脊柱受力方向、大小产生了明显的变化; 有研究认为倒悬牵引的疗效更为显著^[13,16,17], 但直接倒立 90° 状态下牵引时患者耐受性差, 不适宜进行持续长时间牵引; Kim 等^[18]在治疗慢性 LDH 引起的 LBP 时, 倒悬 60° 状态下自身重力牵引比 30° 或 0° 时明显改善 LBP 症状, 认为自身重力牵引应该倒悬至一定角度下进行, 可减少牵引时的副作用, 同时可进行持续牵引, 但倒悬牵引的具体适宜角度并没有明确说明。水上牵引主要以直立位负重牵引为主, 通过患者双侧腋下支撑悬吊, 脚踝两侧固定重物, 通过水的悬浮力进行牵引^[14]。

虽然临床上牵引方式及体位的选择各异, 但是对于牵引的力学机制而言, 牵引力线都需秉承腰椎筋骨平衡的

基金项目: 甘肃省科技厅重点研发项目(编号: 18YF1FA043)

第一作者简介: 男(1988-), 博士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0931)8653387 E-mail: 1071386436@qq.com

通讯作者: 张晓刚 E-mail: zxcg0525@163.com

原则,沿纵轴逆向施力,要求左右对称,目的在于改变腰椎异常受力状态。有研究认为持续轴向牵引使椎间隙高度增加,椎间隙内产生吸入性负压,促进突出髓核向盘回缩^[9]。也有研究指出持续牵引导致椎旁肌肉痉挛减轻,后纵韧带张力增加,突出髓核没有延伸到后纵韧带以外时,可通过后纵韧带张力促进突出物回纳^[20]。并且椎旁肌肉、椎间关节、韧带以及椎间盘的持续拉伸,刺激腰椎组织内部机械应力感受器,抑制疼痛冲动传导,减轻受压神经根的刺激,缓解疼痛^[21]。但是,目前由于脊柱整体功能活动的力学规律等基础研究的滞后及牵引相关认识的欠缺,使得腰椎牵引的力学机制尚不明确,很难对不同牵引方式及体位选择下腰椎牵引的疗效进行统一评定^[9]。这些腰椎牵引方法是否真正有效,仍尚未明了。但可以肯定的是,腰椎牵引必须在一定时间内持续牵引,解除肌肉痉挛,才可能引起腰椎受力状态的改变,这一点与神经根型颈椎病的牵引治疗意义是一致的^[22]。基于此,未来腰椎牵引研究的主要目标是确认最佳牵引方式及体位选择,明确这种牵引方式下腰椎体内的生物力学机制,制定标准化的牵引方案。

2 牵引重量和时间

目前临床上腰椎牵引的方式众多,但对牵引参数的标准化研究较少,使得牵引参数选择上存在很大差异^[9]。主要表现在牵引重量、牵引时间和频率的选择上各有所异。机械牵引的牵引力大多通过提前预定的重量或体重的百分比来施加的,从众多研究中发现一项试验的 2.3kg 到另一项试验的 60kg 不等^[10,11];也有任意选取 20%~100% 的患者体重百分比来确定牵引力^[10,18];虽然这种牵引力和牵引节律通过量化可达到精准牵引,但由于个体差异,组织依从性差,仍缺乏标准化的牵引方案。手动牵引和自动牵引涉及的牵引力分别取决于临床医生的技能和患者个体差异,很难进行精准量化牵引;重力牵引主要是通过自身重力进行牵引,坐位和直立位牵引时主要通过下半身的体重进行牵引,倒悬位牵引时根据牵引床的倾斜角度,通过上半身的体重进行牵引,牵引力主要根据患者体重的百分比来确定^[10,18],但是由于牵引床之间存在摩擦力,牵引力也很难精准量化;水上牵引主要采取直立位牵引,牵引力取决于水的浮力,悬浮力根据患者的体重和/或外部施加的重力而变化,其中外部施加的重量 3~6kg 最为多见^[14]。另外,牵引治疗中持续时间、频率及牵引次数等方面有很大差异^[9];通过近年相关文献回顾,有些研究的牵引时间仅仅持续 3~4min,也有研究中牵引时间持续超过 40min,牵引频率从少至单次到多达 20 次,6~10 周的牵引治疗^[10],而这些牵引参数大多都是根据以往文献中的应用而任意选择的,并没有标准化的牵引参数研究方案。因此,临床上许多医师对腰椎牵引中牵引参数的选择存在困惑。就目前而言,根据牵引重量和时间主要分为大重量间歇性牵引、低重量持续牵引及普通重量持续牵引 3 类。

2.1 大重量间歇性牵引

近年来,有些研究报道称腰椎牵引重量有不断增大的趋势,一般将超过患者自身体重的牵引称为大重量牵引,由于牵引力大,不可持续长时间牵引,多为间歇性;有研究指出,当牵引重量超过阈值后,牵引重量与椎间隙高度的变化呈现负相关趋势^[24];也有研究表明,轴向大重量牵引时后部纤维环产生高应力,若牵引力超过最大应力,可能导致这些纤维环撕裂,因此牵引力并非越大越好,需谨慎选择^[25]。通过相关文献回顾,大重量牵引时牵引重量多达患者自身体重的 1~3 倍,牵引时间多不超过 5min;临床上多以手动牵引为主,多采取俯卧位,其中“拔伸按压手法”最为常见^[12],但总体临床疗效差异较大,可能与适应证的选择及所采取的疗效评定标准不同有关^[9]。

2.2 低重量连续牵引

目前,临床报道的低重量连续牵引较少,牵引力多在 20kg 以下,并且牵引时间往往超过 1h,主要以仰卧位机械牵引为主^[9]。采用这种牵引方案的研究者认为,腰椎牵引改变腰椎运动节段力学结构的关键在于能否克服腰腹肌痉挛,延长牵引时间促进肌肉组织放松,促使椎间隙增宽,关节突关节以及相应韧带牵拉,减轻神经根和硬膜囊受压,达到治疗的目的。甚至有人选择牵引重量为 0.5~1.5kg,牵引时间多为 60~80h,提出睡眠牵引疗法,但由于牵引力远远小于传统轴向牵引的力度,而绝对卧床时间过长,其有效性是否与腰椎牵引有关仍有待商榷。

2.3 普通重量持续牵引

普通重量持续牵引在临床上应用最为广泛,有研究指出,牵引力一般为患者自身体重的 50%~80%,多从小重量开始,由轻到重,达到 40~80kg,牵引时腰椎运动节段力学改变的数值与牵引时间延长无关,一般每次牵引持续时间多为 15~40min^[26];目前认为利用自身体重的百分比似乎是对牵引力进行个性化、量化和标准化的更好方法^[10]。有报道称牵引力为自身体重的 25%(或更高)可使腰椎运动节段产生力学改变^[27]。而最新的研究指出,牵引力至少需要 50% 的自身体重才能达到治疗效果^[28]。普通重量持续牵引主要以机械牵引、自身重力牵引以及水上牵引为主,但目前大多文献中有关牵引方式和体位与牵引力之间的关系并没有明确的描述。因此,在腰椎牵引的系统评价中,将机械牵引和非机械牵引的干预措施一概而论,往往达不到预期的效果,应慎重考虑。选择合适的腰椎牵引方式,弥补以往牵引中存在个体差异和组织顺应性差的缺陷,完成对牵引力的精确控制和量化,在此基础上进一步进行临床对照试验以及生物力学研究分析,是目前制定标准化腰椎牵引方案的重要目标之一。

3 牵引角度

目前,腰椎牵引主要以传统轴向牵引为主,主要是利用牵引力与反作用力于腰椎,通过逆向施力达到治疗的目的;也有研究提出保持腰椎正常前凸曲线下轴向牵引及俯卧位成角牵引法等,认为正常的腰椎前凸曲线在维持矢状

面平衡方面起着关键作用,是影响 LDH 的重要因素^[29]。也有研究认为最大应力位置与腰椎牵引角度之间存在对应关系,当仰卧位进行传统(轴向)牵引时,由于脊柱前凸曲线减少,导致腰椎小关节、后纵韧带和棘间韧带等部位的应力异常增大,腰椎后柱结构过度拉伸而产生肌肉痉挛等负面影响,从而引起 LDH 患者 LBP 症状加重^[30]。为了弥补传统(轴向)牵引治疗的局限性,有研究在轴向牵引的基础上进行垂直(纵向)牵引(图 1),保持正常的腰椎前凸曲线,减少对脊柱后部结构施加过度张力,可增加椎间隙高度、腰椎前凸角及椎管中央面积^[31,32],在缓解 LBP、改善腰椎功能活动和形态变化方面比单纯轴向牵引更有效^[33]。Park 等^[34]通过生物力学研究证明,在轴向牵引的过程中进行垂直(纵向)牵引,保持正常的腰椎前凸曲线,可减少后纵韧带和后区纤维环上的拉伸应力,降低椎间盘内压力。

也有研究提出俯卧位成角牵引法^[35],将骨盆牵引带的拉力角度设置为 18°,可减缓对腰椎后方结构的过度牵拉,认为成角牵引增加后纵韧带的张力,增加后部椎间隙高度,促进突出髓核还纳;但也有研究提出相反的看法,认为腰椎前屈使髓核向后方移动,增加 LDH 的风险^[36]。但这些观点仍缺乏有力的生物力学验证。目前有研究通过有限元分析不同角度牵引对腰椎韧带的影响^[37],认为不同患者的最佳牵引角度应根据椎间隙高度、患者的体重和身高来确定,可提前构建患者的脊柱力学模型,根据预期结果模拟牵引力,调整牵引角度;此外,如果需要牵拉特定的病变节段,则可根据模拟结果来确定牵引力与牵引床面相应的牵引角度,但是,腰椎牵引角度和最大应力位置相对应的生物力学关系仍需要进一步研究。

4 牵引适应证

北美脊柱学会指出 LBP 伴或不伴有 LR 的 LDH 患者起初可进行保守治疗^[38],在不同的干预措施中,腰椎牵引主要用于治疗急性或慢性 LBP,伴或不伴有 LR 症状的 LDH 患者^[39]。目前,由于腰椎退行性疾患是腰椎牵引的主

要适应证,其中包括 LDH、腰椎小关节紊乱、腰椎肌肉痉挛性疼痛等,并且有临床医师认为腰椎牵引对 LDH 伴有神经根刺激征象的患者最为适宜^[4],但是这种临床经验的准确性尚未得到充分研究。在许多研究中,腰椎牵引选择对象为非特异性 LBP 伴或不伴有 LR 症状的患者,但并没有明确诊断具体疾病,并对 LBP 群体的亚组匹配并未做进一步详细的描述,导致牵引的结果各有不同。有研究将腰椎牵引的纳入标准选择为混合症状模式,选择急性(持续时间少于 4 周)、亚急性(持续时间 4~12 周)或慢性(持续时间超过 12 周)非特异性 LBP 伴或不伴 LR,最终研究结果认为腰椎牵引对 LBP 及功能活动改善没有影响^[40]。也有研究选择 LDH 为纳入标准,观察腰椎牵引后直腿抬高(straight leg raise, SLR)的活动范围(range of motion, ROM)及 LBP 的缓解情况,认为腰椎牵引可改善 SLR ROM,缓解 LBP,但由于缺乏相应软组织成像技术评定^[28],其研究结果的真实有效性仍有待考证。可见在腰椎牵引的研究中很少人关注 LBP 人群的同质性。因此,有研究认为,当腰椎牵引应用于所有 LBP 患者而不考虑亚组匹配时,其临床有效性方面的差异也就不足为奇^[10]。另外,疼痛作为患者的主观感知,能否成为临床疗效评定的指标仍存在争议。目前,有研究在腰椎牵引治疗前后和治疗过程中对患者行腰椎 MRI 检查,发现持续牵引时 LDH 患者突出髓核减小, LBP 症状减轻^[41],并证实腰椎 MRI T2 加权像椎间盘成像可发现 LBP 患者对负荷响应差异的测量^[42,43]。因此,在未来的研究中,需要重视 LBP 患者的基线特征选择的一致性,考虑 LBP 伴或没有 LR 症状的患者之间应有的牵引参数是否相同,为选择牵引的患者群体亚组匹配提供有力的依据。

5 总结与展望

临床上腰椎牵引的方式繁多,并且与牵引体位存在一定的对应关系,但哪种牵引方式的临床疗效最优,缺乏充足的证据支持。目前腰椎牵引的发展仍存在以下几个问

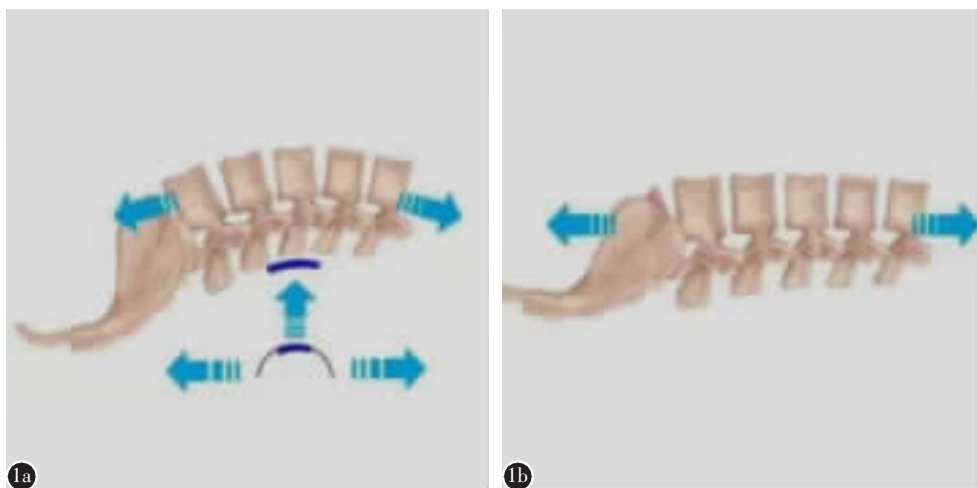


图 1 腰椎牵引 a 传统轴向牵引+垂直(纵向)牵引 b 传统轴向牵引

题:(1)不同牵引方式的牵引力、牵引时间和频率、牵引角度等参数选择差别很大,许多牵引参数是根据临床疗效观察及生物力学原理的推测而确定的,或者根据以往文献中的应用而任意选择的,并没有标准化的牵引参数研究方案,因而缺乏研究的可重复性。(2)对牵引的治疗机制而言,主要是改变腰椎异常受力状态的力学治疗和调整,但目前脊柱运动节段活动性的力学规律认识仍相对欠缺,这些力学机制研究的滞后,限制了对腰椎牵引机制的体内生物力学确认。(3)在腰椎牵引选择患者标准上,缺乏考虑 LDH 人群的同质性,LDH 患者的基线特征选择不一致,导致临床有效性方面存在差异;另外,疼痛作为患者的主观感知,能否成为临床疗效评定的指标仍存在争议,并且临床研究上多以症状改善作为治愈或治疗有效的标准,其中不同研究的疗效评定标准存在差异,因此,各文献中不同牵引治疗之间缺乏可比性。(4)缺少相关的实验研究证明其有效性,许多腰椎牵引的文献在实验设计上存在缺陷,甚至有些牵引治疗方法之间相互矛盾,导致这些文献资料的参考价值不高。基于此,腰椎牵引的系统评价认为腰椎牵引对改善腰痛症状及功能活动没有明确的疗效。

因此,腰椎牵引的有效性仍需要进行更多的研究,未来的研究应考虑两个重点:(1)寻求最佳牵引类型和牵引参数,为标准化牵引方案的制定提供理论依据。(2)探索腰椎牵引响应的重要基线变量,明确患者亚组匹配的选择标准。如 LDH(急性、亚急性和慢性)伴或不伴下肢疼痛(坐骨神经痛)和/或神经根受压征象的纳入标准评定,进一步分析 LDH 伴和/或不伴有下肢神经根刺激症状的患者进行牵引时参数是否相同。通过标准化腰椎牵引的参数类型,明确患者亚组匹配的选择标准以及对轴向应力的生物力学分析,可以进行更具临床意义的腰椎牵引研究。

6 参考文献

- Berry JA, Elia C, Saini HS, et al. A review of lumbar radiculopathy, diagnosis, and treatment[J]. *Cureus*, 2019, 11(10): e5934.
- Ohtori S, Inoue G, Miyagi M, et al. Pathomechanisms of discogenic low back pain in humans and animal models[J]. *Spine J*, 2015, 15(6): 1347-1355.
- Iversen T, Solberg TK, Romner B, et al. Accuracy of physical examination for chronic lumbar radiculopathy[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2013, 9(14): 206.
- Harte AA, Gracey JH, Baxter GD. Current use of lumbar traction in the management of low back pain: results of a survey of physiotherapists in the United Kingdom [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(6): 1164-1169.
- Madson TJ, Hollman JH. Lumbar traction for managing low back pain: a survey of physical therapists in the United States[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2015, 45(8): 586-595.
- Vanti C, Panizzolo A, Turone L, et al. Effectiveness of mechanical traction for lumbar radiculopathy: a systematic review and Meta-Analysis[J]. *Phys Ther*, 2021, 101(3): pzaa231.
- Thackeray A, Fritz JM, Childs JD, et al. The effectiveness of mechanical traction among subgroups of patients with low back pain and leg pain: a randomized trial [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2016, 46(3): 144-154.
- Cheng YH, Hsu CY, Lin YN. The effect of mechanical traction on low back pain in patients with herniated intervertebral disks: a systemic review and meta-analysis[J]. *Clin Rehabil*, 2020, 34(1): 13-22.
- Clarke J, van Tulder M, Blomberg S, et al. Traction for low back pain with or without sciatica: an updated systematic review within the framework of the Cochrane collaboration [J]. *Spine*, 2006, 31(14): 1591-1599.
- Alrwaily M, Almutiri M, Schneider M. Assessment of variability in traction interventions for patients with low back pain: a systematic review[J]. *Chiropr Man Therap*, 2018, 9(17): 26-35.
- Fritz JM, Lindsay W, Matheson JW, et al. Is there a subgroup of patients with low back pain likely to benefit from mechanical traction: results of a randomized clinical trial and subgrouping analysis[J]. *Spine*, 2007, 32(26): E793-E800.
- 张晓刚, 秦大平, 宋敏, 等. 拔伸按压手法对退变腰椎节段应力分布影响的有限元分析[J]. *中华中医药杂志*, 2013, 28(10): 3108-3114.
- Prasad KM, Gregson BA, Hargreaves G, et al. Inversion therapy in patients with pure single level lumbar discogenic disease: a pilot randomized trial[J]. *Disabil Rehabil*, 2012, 34(17): 1473-1480.
- Gáti T, Czímer E, Cserhúti G, et al. A multicentre randomized controlled follow-up study of the effects of the underwater traction therapy in chronic low back pain [J]. *Int J Biometeorol*, 2020, 64(8): 1393-1400.
- Khan RR, Riaz S, Rashid S, et al. Effectiveness of mechanical traction in supine versus prone lying position for lumbosacral radiculopathy [J]. *Pak J Med Sci*, 2021, 37(5): 1451-1455.
- Moret NC, van der Stap M, Hagmeijer R, et al. Design and feasibility of a randomized clinical trial to evaluate the effect of vertical traction in patients with a lumbar radicular syndrome[J]. *Man Ther*, 1998, 3: 203-221.
- Khani M, Jahanbin S. A randomized controlled trial on the effect of repeated lumbar traction by a door-mounted pull-up bar on the size and symptoms of herniated lumbar disk [J]. *Neurosurg Q*, 2014, 9(25): 1-5.
- Kim JD, Oh HW, Lee JH, et al. The effect of inversion traction on pain sensation, lumbar flexibility and trunk muscles strength in patients with chronic low back pain [J]. *Isokinet Exerc Sci*, 2013, 21(3): 237-246.
- Chung TS, Yang HE, Ahn SJ, et al. Herniated lumbar disks: real-time MR imaging evaluation during continuous traction

- [J]. Radiology, 2015, 275(3): 755–762.
20. Kamanli A, Karaca-Acet G, Kaya A, et al. Conventional physical therapy with lumbar traction; clinical evaluation and magnetic resonance imaging for lumbar disc herniation [J]. Bratislavske Lekarske Listy, 2010, 111(10): 541–544.
21. Choi J, Lee S, Hwangbo G. Influences of spinal decompression therapy and general traction therapy on the pain, disability, and straight leg raising of patients with intervertebral disc herniation[J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(2): 481–483.
22. Tadano S, Tanabe H, Arai S, et al. Lumbar mechanical traction: a biomechanical assessment of change at the lumbar spine[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20(1): 155.
23. 贺石生, 方凡夫. 颈椎病牵引治疗专家共识[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(12): 1136–1143.
24. Cyriax J. The treatment of lumbar disk lesions[J]. Br Med J, 1950, 2(4694): 1434–1438.
25. Park WM, Kim K, Kim YH. Biomechanical analysis of two-step traction therapy in the lumbar spine [J]. Manual Therapy, 2014, 19(6): 527–533.
26. Crisp E, Cyriax J, Christie B. Discussion on the treatment of backache by traction[J]. Proc R Soc Med, 1955, 48(10): 805–814.
27. Wegner I, Widyahening IS, van Tulder MW, et al. Traction for low-back pain with or without sciatica [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2013, 2013(8): CD003010.
28. Kumari A, Quddus N, Meena PR, et al. Effects of one-fifth, one-third, and one-half of the bodyweight lumbar traction on the straight leg raise test and pain in prolapsed intervertebral disc patients: a randomized controlled trial[J]. Biomed Res Int, 2021, 2021: 2561502.
29. Been E, Kalichman L. Lumbar lordosis[J]. Spine J, 2014, 14: 87–97.
30. Lee CH, Heo SJ, Park SH. The real time geometric effect of a lordotic curve-controlled spinal traction device: a randomized cross over study[J]. Healthcare, 2021, 9(2): 125.
31. Lee MH, Kim KE, Jang HY, et al. The effectiveness of using a spinal column thermal massage device on muscle pain[J]. [J] Korea Converge Soc, 2020, 11(19): 361–368.
32. Yoon YS, Lee JH, Lee M, et al. Mechanical changes of the lumbar intervertebral space and lordotic angle caused by posterior-to-anterior traction using a spinal thermal massage device in healthy people[J]. Healthcare(Basel), 2021, 9(7): 900.
33. Lee CH, Heo SJ, Park SH, et al. Functional changes in patients and morphological changes in the lumbar intervertebral disc after applying lordotic curve-controlled traction: a double-blind randomized controlled study[J]. Medicina, 2019, 56(1): 4.
34. Park WM, Kim K, Kim YH. Biomechanical analysis of two-step traction therapy in the lumbar spine [J]. Man Ther, 2014, 19(6): 527–533.
35. Lee RY, Evans JH. Loads in the lumbar spine during traction therapy[J]. Aust J Physiothe, 2001, 47(2): 102–108.
36. Liyew WA. Clinical presentations of lumbar disc degeneration and lumbosacral nerve lesions [J]. Int J Rheumatol, 2020, 2020: 2919625.
37. Farajpour H, Jamshidi N. Effects of different angles of the traction table on lumbar spine ligaments: a finite element study[J]. Clin Orthop Surg, 2017, 9(4): 480–488.
38. Kreiner DS, Hwang SW, Easa JE, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy[J]. Spine J, 2014, 14(1): 180–191.
39. Oliveira CB, Maher CG, Pinto RZ, et al. Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview[J]. Eur Spine J, 2018, 27(11): 2791–2803.
40. Vanti C, Turone L, Panizzolo A, et al. Vertical traction for lumbar radiculopathy: a systematic review[J]. Arch Physiother, 2021, 11(1): 7.
41. Karimi N, Akbarov P, Rahnama L. Effects of segmental traction therapy on lumbar disc herniation in patients with acute low back pain measured by magnetic resonance imaging: a single arm clinical trial [J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2017, 30(2): 247–253.
42. Abdollah V, Parent EC, Su A, et al. Could compression and traction loading improve the ability of magnetic resonance imaging to identify findings related to low back pain [J]. Musculoskelet Sci Pract, 2020, 12(50): 102250.
43. Abdollah V, Parent EC, Su A, et al. The effects of axial loading on the morphometric and T2 characteristics of lumbar discs in relation to disc degeneration [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2021, 3(83): 105291.

(收稿日期:2021-12-20 末次修回日期:2022-05-16)

(本文编辑 姜雅浩)