

正常人与腰痛患者的运动学比较研究

青莲

(锡林郭勒职业学院 026000)

摘要: 针对人体腰部的步态康复训练,设计了一种柔索气动肌肉混合驱动腰部康复机器人。通过对人体躯干在步态时运动状态的分析,确定康复机器人的基本功能要求。据此对康复机器人进行机械结构设计,使用双并联机构分别对人体腰部和下肢进行牵引驱动,并且采用柔性驱动,综合气动肌肉和柔索的驱动特点,不仅增加了康复机器人的适应性,还防止了受训人在训练过程中受到强迫性伤害。

关键词: 正常人;腰痛患者;运动学比较研究

Comparison of kinematics between normal subjects and patients with low back pain
violet

(Xilin Gol Vocational College 026000)

Abstract: Aiming at the gait rehabilitation training of human waist, a flexible pneumatic muscle hybrid driven waist rehabilitation robot was designed. The basic functional requirements of the rehabilitation robot are determined by analyzing the motion state of the human trunk during gait. On rehabilitation robots on the basis of the mechanical structure design, the use of double parallel mechanism to the human body the waist and lower limb traction drive, and using the flexible drive, integrated drive characteristics of pneumatic muscle and flexible, not only increase the adaptability of the rehabilitation robot, also prevents the trainees compulsive damage in the process of training.

Key words: normal person; Patients with low back pain; Comparative study of kinematics

引言

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)作为临床常见病之一,已成为世界范围内的一项重要公共健康问题,其脊髓活动功能受损导致的功能障碍问题,严重影响患者的生活质量。LDH引起的疼痛不仅会使患者静态姿势改变,更会影响动态任务(例如坐立)的表现。其中,坐立运动作为日常生活中的常见活动,是很重要的功能任务,且与LDH症状的恶化有关。因此,有必要对LDH患者进行坐立任务研究。许多研究都旨在观察腰痛患者从坐到站运动过程中生物力学方面的适应性改变。Claeys等研究发现,患有腰痛的受试者需要更多时间来执行从坐到站的运动任务,而且会表现出骨盆前倾姿势的延迟。Shum等研究表明,腰痛患者表现出腰椎和髋关节的运动速度和范围降低,腰椎相对于髋关节的运动贡献下降,这些区域之间的运动协调性显著改变。另一方面,Crosbie等研究发现,腰痛患者并不表现出躯干活动度(range of motion, ROM)受限,而是腰部区域活动延迟,下胸椎段ROM减少和髋关节ROM增加。由此可见,从坐姿到站立的一些运动学特征在文献中仍然呈现出不同结果,这阻碍了对LDH患者功能运动机制的真正理解,无法正确指导临床诊疗。且以往研究局限在比较离散参数,如ROM和所分析任务周期特定瞬间的值等,没有考虑整个测量域,忽略了任务沿着时间维度的差异。本文对LDH患者和无腰腿痛健康受试者坐立过程中不同的关节运动学特征进行对比,并且将分析扩展到给定运动任务的整个时间序列,提高对姿势控制策略的理解,以及不同人群如何使用不同自由度来实现相同的任务,从而为临床精准评估和治疗LDH提供生物力学基础理论依据。

1 结构设计

所设计的机构根据功能化分为两级:腰部训练装置和下肢牵引装置,在训练过程中根据任务的不同,腰部训练装置和下肢牵引装置协同,帮助受训者完成既定动作进行康复训练。不考虑人体在康复训练中的作用时,腰部训练装置和下肢牵引装置各具有3个自由度,x、y轴方向的转动以及z轴方向的移动,z轴的自由度保证了机构的适应性;当考虑人体在康复机器人的作用时,骨盆作为固

定的骨盆平台,腰部训练装置与脊柱连接并可以驱动它做x、y轴方向的转动,人体下肢将站立平台与骨盆连接在一起,下肢牵引装置与人体下肢看成柔索牵引杆问题,因此4根柔索牵引站立平台与人体下肢3个自由度运动,即x、y、z轴方向的转动,保证了康复机器人的康复性和训练性。而且通过气动肌肉驱动腰部康复装置时不仅保证了一定的柔性,也能获得较大的作用力;柔索牵引下肢不仅使康复机器人获得适应性强的特点,还具有工作空间大的优势。其组成元素包括可移动机架(包括4个移动滚轮)、康复腰带、均匀布置的4根气动肌肉组件、均匀布置的4根柔索及相应的驱动电机、重力平衡装置以及站立平台。其中气动肌肉组件一端固定在机架上,另一端通过球铰与康复腰带连接,气动肌肉组件主要由气动肌肉、弹簧、上下套筒以及基座组成,具体结构如图1所示。柔索一端缠绕在由电机驱动的卷筒上,另一端绕过固定在机架上的定滑轮与站立平台连接。通过4根柔索的长度调节可以根据不同高度的人调节站立平台到康复腰带的高度,实现适应性强的功能。重力平衡装置不仅帮助康复训练装置中的人体平衡掉重力,而且帮助患者固定在装置中,增加安全性。鉴于康复机器人工作过程中受训人随着康复机器人运动,易造成“被动性”损伤,驱动源选择电机驱动柔索和气动肌肉与弹簧并联的方式,使得机构在保证驱动精度的前提下本身具有一定的柔性,增加了康复机器人的柔性和安全性。



2 研究对象

于医院筛选出符合临床试验标准的20例LDH患者和20例健康对照受试者,所有受试者入组前签署知情同意书。上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院伦理委员会批准本研究。

2.1 健康对照受试者纳入标准

① 年龄 18~55 岁, 性别不限; ② 半年内无腰腿痛、无神经肌肉病变; ③ 腰椎影像无突出、椎间隙狭窄、无许莫氏结节及腰椎旋转侧弯; ④ 腰椎无峡部裂、隐裂; ⑤ 测试前 24 h 无剧烈运动; ⑥ 自愿参加本研究并签署知情同意书。

2.2 LDH 患者纳入标准

① 年龄 18~55 岁, 性别不限; ② 有反复的腰腿部疼痛病史, 病程超过 3 个月; ③ 有 4 种神经体征中(肌肉萎缩、运动无力、感觉减退和反射减弱)的两种征象; ④ 磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)显示 L4~5、L5~S1 突出; ⑤ 自愿参加本研究并签署知情同意书。

2.3 排除标准

具有下列情况之一, 不能纳入本试验: ① 既往严重脊柱创伤史; ② 影像学所见有脊柱骨质肿瘤、结核、骨质疏松等患者; ③ 合并心血管、脑血管、造血、消化系统等严重疾病或精神病患者; ④ 有其他自身免疫性疾病、变态反应性疾病和急、慢性感染者; ⑤ 妊娠期妇女; ⑥ 不宜进行核磁共振检查者, 如带有心脏起搏器、神经刺激器、体内有金属异物(金属植入物、避孕环)、胰岛素泵等; ⑦ 近 3 个月内参加其他临床试验者。

3 方法

3.1 仪器设备

应用红外高速运动捕捉系统(Oxford Metrics 公司, 英国)进行数据采集。主要硬件包括: 1 台 ViconVue 高速同步摄像机, 可将清晰的视频图像合并到运动捕捉中, 同步校准以获得更精细的运动细节; 15 台 Vicon Vero 2.2 红外超宽幅摄像机, 以捕捉反射的标记点, 该相机拥有 220 万像素(2 048 × 1 088), 最高采样频率可达 330 Hz, 本实验选用的采样频率为 100 Hz; 配件红外反光标记点(19 mm)。实验在国家中医药管理局推拿生物力学三级实验室进行。

3.2 模型贴点

选择 Vicon Nexus 运动捕捉系统的 Plug-in Gait 模型进行相应体表位置的贴点, 主要包括胸骨柄的颈静脉切迹、剑突、第 7 颈椎(C7)棘突、第 10 胸椎棘突、双侧髂前、髂后上棘、股骨大转子与股骨外上髁连线中点、股骨外上髁等。

3.3 实验步骤

在系统校准以及受试者基本参数(身高、体重、腿长等)采集和标志点贴点完成后, 首先进行静态站立位的数据采集, 以完成坐标标定与模型创建。然后, 在动态任务测试前, 让受试者热身并熟悉测试环境。研究发现, 使用上肢和初始脚摆放位置不同均会显著影响运动学、动力学变量以及运动策略。为了确保活动尽可能自然, 未对坐着站起和站着坐下的过程设置限制, 但不允许受试者用双手向上推, 并且脚必须待在地板上。受试者需要坐在既没有扶手也没有靠背的凳子上, 双腿处于垂直位置, 以直立的姿势向前看, 两臂自然垂于身旁。测试过程中, 受试者被要求以自己舒适的速度从坐姿到站立位, 达到站立位后需要保持一个舒适的直立姿势 3 s, 再以自己舒适的速度坐回凳子上, 重复 3 次。在测试过程中, 全由受试者自主完成, 不纠正任何偏差或身体动作。脑卒中患者的行走康复训练非常重要, 调查显示, 63% 的脑卒中患者在脑卒中后失去行走能力。行走治疗的目的在于改造脊髓行走 CpG (用于自动产生下肢左右交替式行走功能的核苷酸对), 而当患者运动功能很差、关节严重痉挛、不能独立行走时, 在行走训练中需要 1—3 个理疗师帮助, 即使是最好的理疗师, 尽最大努力也会因为体力的原因达不到好的训练效果, 这就难以起到促进脊髓行走中枢模式发生器(central pattern generator, CPG)改造的作用, 应用康复机器人可以解决这个问题。过去的康复机器人研究大多将注意力放在下肢的运动控制上, 而根据美国芝加哥康复研究所针对脑卒中患者和康复理疗师的

一项调查显示, 对于康复理疗师来说, 解决患者身体的控制和平衡问题比控制患者腿部的运动更加重要, 因为在康复训练时, 相较于控制患者身体的支撑和平衡来说, 控制患者腿部运动显得较为容易, 而将注意力放在下肢的运动控制上, 就需要康复理疗师帮助患者控制身体的平衡, 这样还是不能很好地解决因理疗师体力原因造成的训练效果不好的问题, 从而影响到脊髓行走 CPG 的改造, 并且以前在患者身体平衡控制方面的研究非常少。

结语

LDH 受试者在从坐到立初始阶段腰部屈曲 ROM 明显受限, 相应的髋关节屈曲角度则增加, 回到坐位时腰部最大屈曲角相较于健康受试者而言也明显降低, 髋关节屈曲角度则无显著差异, 但是髋关节外展角度明显减少。这种脊柱活动受限的性质显然与病理有关; 并且与髋关节运动之间的关系也发生改变, 与以往的研究结果一致。这种运动学变化可能是减轻疼痛或保护受伤组织的代偿反应, 疼痛会导致持续增加的肌肉激活(肌肉痉挛), 从而限制运动范围, 阻止受伤结构的过度运动。通过时相分析发现, 在最开始的坐起过程中, 腰部与臀部的联合协调有显著变化, 并且在站立过程中, LDH 受试者髋关节相对存在伸展趋势, 最小屈曲角明显下降。本文推测, 这种差异是由于不同的肌肉激活模式以及拮抗肌和激动肌之间施加的肌肉力矩存在不同比例导致。而在坐下阶段中, LDH 受试者腰部依然存在屈曲受限, 但髋关节屈曲角度与健康受试者相比无显著性差异, 外展角度则明显减少, 推测与髋关节外展肌受 LDH 影响导致相应功能下降有关。研究表明, 有腰痛的患者更容易表现出髋关节外展肌力量下降, 髋关节外展力输出减少和肌肉募集改变。本文认为, 与健康受试者相比, LDH 患者在坐-立-坐过程中表现出不同的运动模式, 相应的肌肉活动模式也会发生改变, 这种改变可能与腰椎间盘突出引起的疼痛与功能障碍有关。总体来说, LDH 受试者在坐起过程中腰部活动受限, 需要调动更多的髋关节活动来完成, 而坐时 LDH 受试者骨盆稳定功能受到影响, 髋关节外展能力明显下降。因此, 坐立运动作为日常生活中必不可少的功能活动, 临床上对 LDH 患者的治疗不仅应包括恢复主要运动学变量的策略, 还应包括恢复关节间运动协调的策略。这些策略包括缓解疼痛的药物和物理疗法, 以及恢复肌肉激活模式和伸展紧绷组织的锻炼计划等。希望本研究能够帮助临床医生更好评估 LDH 患者的功能障碍, 并设计精准的治疗方案来改善患者的运动异常和运动协调。本文仅从坐立运动进行分析, 进一步研究还可涉及其他的日常活动。并且从结果可以看出, 髋关节外展内收角度的个体差异性相对较大, 这可能与男女性坐姿差别有关。未来研究可将性别因素进行考虑, 同时对关节力矩以及相应的肌肉激活情况进行验证。

参考文献

- [1] Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, et al. Outcome and time course of recovery in stroke. Part I: Outcome. The Copenhagen stroke study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1995, 76, 399—405.
- [2] 吴宗耀. 机器人与截瘫患者的行走康复[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(8): 624—629.
- [3] Peshkin M, Brown DA, Santos-Munne JJ, et al. KineAssist: A robotic overground gait and balance training device[C]. Proceedings of the 2005 IEEE, 9th International Conference on Rehabilitation Robotics. Chicago UAS, 2005.
- [4] 张立勋, 赵凌燕, 王岚, 等. 一种测量人行走时骨盆运动轨迹的新方法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(1): 128—130.
- [5] 刘俊先, 张兴和. 中国正常人体测量值[M]. 北京: 中国医药技术出版社, 1994.72.
- [6] 王岚, 王婷, 王劲松, 等. 人体步态规律测量分析与研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2008, 29(6): 589—593.