·综 述·

腰椎关节突结构差异影响腰椎退变机制的生物力学研究现状

Progress of biomechanics study on mechanism of facet joint configuration diversity affecting lumbar degeneration

李 杰,肖 洪,周 跃 (第三军医大学新桥医院骨科,重庆 400037)

[关键词] 腰椎;关节突关节;腰椎退变;生物力学;有限元分析
[中图分类号] R318.17;R318.17 [文献标识码] B [文章编号] 1672-5042(2015)01-0090-03

腰椎退行性病变导致的腰腿痛是当今社会造成劳动力丧失和残疾的常见原因之一,严重影响患者的生活质量,产生了巨大的医疗费用支出。腰椎关节突关节作为腰椎应力传导和运动控制的重要部分,其复杂的解剖结构和生物力学特点决定其在腰椎退变过程中起到了重要作用。关节突结构差异可能通过对关节突退变和椎间盘退变的影响进而加速腰椎整体退变的进程。通过影像学观察发现,这种差异与部分腰椎退行性病变的发生存在相关性[1-6],提示关节突结构差异通过特殊的生物力学机制影响了腰椎退变的进程。而这种机制也日益受到研究者的关注,本文就探索这种机制的生物力学研究做如下综述。

1 关节突关节的生物力学特点

腰椎关节突关节为滑膜关节,由上下关节突以及关节囊组成,为复杂的三维结构,其主要生物力学作用是对抗轴向旋转和水平剪切,也参与了部分抗压缩和抗张力的作用。不同腰椎的关节突关节与矢状面的夹角不同,从上至下逐渐增加,该角度的方向性与其维持腰椎的旋转和抗剪切力有关。椎间盘和两侧关节突关节构成稳定的三角支撑关系,承载腰椎各方向上的耦合运动。腰椎间盘和小关节的退变是脊椎功能单位退变的基础。理论上,椎间盘高度改变或者关节突角度的异常将打破耦合运动的平衡,从而导致腰椎应力分布不均匀,形成应力集中区域的结构和形态发生改变。生物力学实验研究证实关节突结构的完整性在维持脊柱稳定中起到了非常重要的作用[7-8]。

2 关节突结构差异影响腰椎退变的影像学证据

目前,影像学研究的腰椎关节突相关的重要结构参数包括关节突关节角、两侧关节的不对称性和关节突间距,而CT平扫观察是最常用的研究手段。测量的基本方法是在椎体的上终板的CT扫描层面上,测量上关节面前后两端点连线和该椎体正中矢状线的夹角,定义为关节突关节角[9]。关节突关节的不对称性即两侧关节突关节角的差值大于7°,7°~15°为中度不对称,大于15°为重度不对称[10]。

影像学研究发现关节角减小是L_2~L_3节段发生关节突骨关节炎的独立危险因素,而成角增大与L_4~L_5节段的关节突骨关节炎的发生率显著相关[1-3]。对于腰椎退变性滑脱而言,关节角减小与退变性滑脱的发生率相关,同时这些研究提出的关节突不对称性和关节突间距也是值得关注的指标[4-5]。动态磁共振研究发现关节面矢状面化的患者在运动状态下骨性的椎管结构更加狭窄[6]。关节突关节角和椎间盘退变的相关性尚未达成共识。一种观点认为不存在关节突的不对称性与特定节段的椎间盘突出的相关性[11-12],下腰椎高发椎间盘突出是该部位应力集中所致,与关节突关节方向性无关。而另一种观点认为这种相关性是存在的[13-16],特别是在青少年腰椎间盘突出症患者中,研究证实在该群体中腰椎关节突关节不对称的发生率较高。这一结果从侧面提示了在排除椎间盘自身退变对椎间盘突出的影响前提下,关节突关节不对称性在椎间盘突出发生中起到了重要的作用。

3 关节突结构差异影响腰椎退变的理论基础

根据影像学研究的发现,有学者提出了"关节突结构差异影响腰椎退变"假说[17-18]。理论上,异常关节突结构会导致腰椎应力传导异常,加剧关节软骨的磨损,加速关节突退变过程,从而会进一步导致腰椎退变失稳的进展[12]。然而,这一假说并没有获得充分证据支持,原因包括几方面:首先,临床影像学研究多采用横断面研究设计,只能发现关节突结构与腰椎退行性病变发生率之间是否存在相关性,而不能评价异常结构对于腰椎退变是否起到了加速作用,需要纵向设计的影像学研究来弥补这一缺陷[2-3,16]。其次,关节突关节是复杂的三维结构,而在目前的临床影像学研究中所纳入的指标相对单一,多围绕上关节面成角进行,而忽略了关节突间距等其他因素对于腰椎退变的影响。因此,需要综合多种关节突结构参数进行联合分析[5]。更为重要的是,由于在实验生物力学研究中人体标本的间盘压力和关节突应力难以测量,同时不同标本拥有独特的关节突解剖参数和生物力学特性,因此实验生物力学研究难以构建参数化的关节突结构模型,对影像研究发现的现象不能进行

doi:10.11659/jjssx.07E014016
[基金项目] 国家科技支撑计划(2012BAI14B02);重庆市科委重大项目(CSTC2012GG_YYJSB10012)
[收稿日期] 2014-10-11 [修回日期] 2014-11-15

深入的生物力学研究,需要借助于有限元分析技术展开进一步的研究[5]。有限元分析方法可以实现参数化建模,模拟关节突关节的不同结构,计算不同模型在不同条件下的生物力学特点,为研究关节突结构差异影响腰椎退变的生物力学机制提供了方法。

4 生物力学研究方法

通过有限元分析方法研究关节突不同结构所产生的生物力学效应在技术上是可行的。刘耀升等[19]建立 $L_4 \sim L_5$ 单侧三维有限元模型,研究关节突成角改变联合退变椎间盘对于退变性滑脱的作用,研究证实关节突成角矢状面化是退变性腰椎滑移的原发诱因,其内在不稳定性受椎间盘退变程度的影响。该研究率先将关节突结构的问题进行了有限元分析研究,但因为其采用单侧有限元模型,未能对关节突不对称性等参数进行建模运算。Park 等[20]通过有限元分析技术完善了构建不同椎间盘退变程度模型的方法,为研究关节突结构差异联合腰椎间盘退变所造成的生物力学影响打下了基础。Niemeyer 等[21]的研究指出不同椎体几何结构将会影响椎间盘应力、节段活动度和关节突接触应力,因此需要在研究中将三者作为比较的指标。Kim 等[22]首次通过有限元技术构建了 $L_2 \sim L_3$ 节段不同关节突朝向和对称性的模型,研究结果证实关节突不对称性显著增加了椎间盘的压力和关节接触面的应力分布,同时也证明了通过有限元方法来探索不同关节突结构生物力学特点的可行性。但由于该研究所采用的节段不是腰椎退变易发生的部位,同时未将椎间盘退变纳入研究参数之中,因此得出的结论向腰椎退变外延的可靠性有限,需要在此基础上开展更加深入的有限元分析研究。

有限元分析研究方法研究关节突结构相关生物力学特性的研究也存在自身的局限性。该方法是在模型模拟的基础上,通过改变关节突几何形状得到不同结构的模型,这种模拟过程忽略了关节突以外的椎体结构的几何形状改变所产生的效应,得到的是一种拟合模型[21-22]。拟合模型与真实模型在几何结构上的差异需要进行对比验证。同时,从模型运算得到结果也需要纵向的临床影像学研究进行可靠性验证,以进一步说明研究结果的外延性。

5 展望

关于关节突结构差异影响腰椎退变的生物力学机制的研究,下一步方向在于通过有限元分析技术,针对不同关节突结构参数进行模拟计算,同时采用多种方法对模型和计算结果进行验证。因此,需要在研究中纳入更多的结构参数,包括关节突关节角,关节突不对称性和关节突间距,由单节段模型扩展到双节段或者三节段,同时将关节突结构参数与不同椎间盘退变程度联合建模并加以分析。此外,为了突破有限元分析技术的局限性,需要比较拟合模型和真实模型的差异。可从 CT 资料库中找出和该参数匹配的资料,通过该资料构建真实模型,与拟合模型进行比较,并分析这种差异带来的生物力学特性的改变,分析拟合模型结果的外延效果,从模型比较的角度进行结果验证。此外,还需要通过纵向的影像学研究来弥补既往横断面研究的不足,观察时间变化下不同关节突结构和腰椎退变之间的关系[16]。通过临床影像学研究方法验证有限元模型结果的有效性,完善相关生物力学机制的探索,进一步揭示关节突关节在腰椎退变发展中的作用,为腰椎退行性疾病的预防和治疗提供理论依据。

[参考文献]

[1] Jentzsch T, Geiger J, Zimmermann SM, et al. Lumbar facet joint arthritis is associated with more coronal orientation of the facet joints at the upper lumbar spine[J]. Radiol Res Pract, 2013: 693971.

[2] Linov L, Klindukhov A, Li L, et al. Lumbar facet joint orientation and osteoarthritis: a cross-sectional study [J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2013, 26(4): 421 - 426.

[3] Kalichman L, Suri P, Guermazi A, et al. Facet orientation and tropism: associations with facet joint osteoarthritis and degenerative spondylolisthesis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(16): E579 - 585.

[4] Chung SB, Lee S, Kim H, et al. Significance of interfacet distance, facet joint orientation, and lumbar lordosis in spondylolysis[J]. Clin Anat, 2012, 25(3): 391 - 397.

[5] Rankine JJ, Dickson RA. Unilateral spondylolysis and the presence of facet joint tropism [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(21): E1111 - 1114.

[6] Miyazaki M, Morishita Y, Takita C, et al. Analysis of the relationship between facet joint angle orientation and lumbar spine canal diameter with respect to the kinematics of the lumbar spinal unit [J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(4): 242 - 248.

[7] 罗 刚,李长青,腾海军,等. 单节段腰椎小关节分级切除对腰椎稳定性影响的生物力学研究[J]. 第三军医大学学报, 2005, 27(18): 1871 - 1873.

[8] 靳安民,袁 野,曹 虹,等. 单双侧小关节分级切除的有限元分析[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(6): 473 - 474.

[9] 陈宏亮,丁文元,李宝俊,等. 腰椎关节突关节退变的影像学改变及意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(19): 1482 - 1485.

[10] Vanharanta H, Floyd T, Ohnmeiss DD, et al. The relationship of facet tropism to degenerative disc disease[J]. Spine, 1993, 18(8): 1000 - 1005.

[11] Lee DY, Ahn Y, Lee SH. The influence of facet tropism on herniation of the lumbar disc in adolescents and adults [J]. J Bone Joint Surg Br, 2006, 88(4): 520 - 523.

[12] 段 文,张建湘,刘金锐,等. 腰椎小关节不对称与椎间盘及小关节退变的关系[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(48): 9044 - 9047.

[13] Kong MH, He W, Tsai YD, et al. Relationship of facet tropism with degeneration and stability of functional spinal unit [J]. Yonsei Med J, 2009, 50(5): 624 - 629.

[14] Chadha M, Sharma G, Arora SS, et al. Association of facet tropism with lumbar disc herniation[J]. Eur Spine J, 2013, 22(5): 1045 - 1052.

[15] 王大林,吴小涛,王黎明. 腰椎关节突关节不对称与青少年腰椎间盘突出症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15(6): 341 - 344.

[16] 范洪武,曾建勇,湛先发,等. 腰椎间盘突出症患者腰椎小关节突不对称的时间变化[J]. 中华创伤杂志,2010,26(9):826 - 828.
[17] Masharawi Y, Rothschild B, Dar G, et al. Facet orientation in the thoracolumbar spine: three-dimensional anatomic and biomechanical analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(16): 1755 - 1763.
[18] Kozanek M, Wang S, Passias PG, et al. Range of motion and orientation of the lumbar facet joints in vivo [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(19): E689 - 696.
[19] 刘耀升,陈其昕,廖胜辉,等. 小关节角矢状化、椎间盘退变对退变性腰椎滑移作用的有限元研究[J]. 国际生物医学工程杂志,2006,29(5):8 - 14.
[20] Park WM, Kim K, Kim YH. Effects of degenerated intervertebral discs on intersegmental rotations, intradiscal pressures, and facet joint forces of the whole lumbar spine [J]. Comput Biol Med, 2013, 43(9): 1234 - 1240.
[21] Niemeyer F, Wilke HJ, Schmidt H. Geometry strongly influences the response of numerical models of the lumbar spine--a probabilistic finite element analysis [J]. J Biomech, 2012, 45(8): 1414 - 1423.
[22] Kim HJ, Chun HJ, Lee HM, et al. The biomechanical influence of the facet joint orientation and the facet tropism in the lumbar spine[J]. Spine J, 2013, 13(10): 1301 - 1308.

(编辑:杨 颖)

腹腔镜技术在创伤性膈肌损伤诊治中的应用

Application of laparoscopy in traumatic diaphragm injury

何 弦[1],沈国庆[1],杨益忠[2],李 阳[3] (1. 南京军区 73676 部队卫生队,江苏 无锡 214000;2. 南京军区 73676 部队保障部,江苏 无锡 214000;3. 第三军医大学大坪医院野战外科研究所全军战创伤中心,创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室,重庆 400042)

[关键词] 腹腔镜;创伤;膈肌损伤
[中图分类号] R685.4 [文献标识码] B [文章编号] 1672-5042(2015)01-0092-03

膈肌损伤在胸腹部外伤是罕见的,但创伤患者容易漏诊,严重地威胁到患者生命。虽然距第 1 例创伤性膈肌损伤的报道已有 400 余年[1],但是到目前为止其具体发病率仍不明确。由于缺乏典型的临床表现和确切的诊断方法,在胸腹部创伤中,膈肌的损伤常容易漏诊。据统计,创伤性膈肌损伤术前诊断正确率不到 50%[2]。随着腹腔镜技术的不断进步,腹腔镜技术以其创伤小、恢复快的优势,得到了广泛的应用[3],然而其在膈肌损伤诊治中的应用目前尚存在争议。在此背景下,本文就腹腔镜技术在创伤性膈肌损伤诊治中的应用现状及所存在的问题作一综述以供临床医师参考。

1 应用现状

1.1 创伤性膈肌损伤的伤情评估策略

据文献报道,膈肌损伤在胸腹部创伤患者中的发生率约为 1% ~6%[4],且左侧损伤概率高于右侧,是右侧膈肌损伤的 9 倍[5],可能原因是右侧膈肌下方有肝脏作为缓冲[6]。根据损伤机制,胸腹部创伤中膈肌损伤主要分为穿透性损伤和钝性损伤 2 种类型。其中钝性损伤中右侧膈肌损伤占 15% ~24%,左侧占 70% ~80%,双侧损伤占 5% ~8%[7]。胸部和上腹部创伤可引起膈肌损伤,从第 4 肋平面至脐部贯通伤,均应考虑是否有膈肌损伤。创伤性膈肌损伤主要是胸部和腹部外伤引起的膈肌破裂或损伤,腹部脏器容易通过膈肌破裂进入胸腔,而成为疝出物。由于常合并有其他部位严重的复合性损伤、临床表现错综复杂、影像学检查无法提供明确诊断证据以及外科医生缺乏对膈肌损伤的意识,经常造成误诊和漏诊,因而影响治疗和疗效。虽然目前剖腹探查仍是创伤性膈肌损伤的标准诊断方式,但迄今已有大量研究对腹腔镜、胸腔镜、超声、CT、磁共振等方法联合用于创伤性膈肌损伤的诊断进行了探索和实践,并已初见成效。对胸腹部创伤怀疑有膈肌损伤的患者,传统的诊断评估手段主要依靠以下几方面。

外伤史:创伤性膈肌损伤患者一般存在明显的胸腹部外伤史,尤其是从第 4 肋平面到脐部的穿透伤。闭合性创伤患者,临床诊治中要有意识地注意询问暴力作用的部位和是否存在导致腹压瞬间增加的因素。

临床表现:创伤性膈肌损伤患者较为特异的临床表现是同时表现出的呼吸、循环系统功能不全和消化系统症状,且容易被其他合并伤的临床表现所掩盖。尤其当患者有以下症状时应提高警惕,注意是否存在创伤性膈肌损伤:①外伤后出现进行性呼吸困难;②患者病情不断加重,并呈现用除创伤性膈肌损伤以外的原因不能够解释的低血压、休克;③胸部创伤中,出现伴有恶心、呕吐等消化系统症状的上腹痛。

影像学检查:有研究显示,创伤性膈肌损伤术前确诊率只有 30% ~40%[8]。影像学检查中多种方法被用于创伤性膈肌损伤

doi:10.11659/jjssx.06E014292
[基金项目] 国家卫生行业科研专项基金(201302016)
[通讯作者] 李 阳;E-mail:liyang360@163.com
[收稿日期] 2014-08-25 [修回日期] 2014-09-13