doi:10.11659/jjssx.09E018063

·临床研究·

后纤维环 T_2 弛豫时间与腰椎间盘突出的相关性

张启川,雷 盛,熊廷伟,舒通胜,廖翠薇 (陆军军医大学第二附属医院放射科,重庆 400037)

[摘 要] **目的** 探讨腰椎间盘后纤维环 T_2 弛豫时间和腰椎间盘突出之间的相关性。**方法** 采用3.0T磁共振成像系统对54例腰痛研究对象共256个腰椎间盘进行矢状位 T_2WI和 T_2mapping扫描,分析扫描图像并根据椎间盘突出或膨出的程度进行分级及分组;正常椎间盘为G1组,存在侧面突出和膨出的椎间盘为G2组,存在正中、中间侧面和旁正中局限性后部突出的椎间盘为G3组。计算各组的Pfirrmann得分,通过后处理计算得到各纤维环、后10%椎间盘(PAF-10)和后20%椎间盘(PAF-20)的 T_2 弛豫时间,进行统计学分析。**结果** 256个椎间盘中G1组104个(40.6%),G2组116个(45.3%),G3组36个(14.1%),各组Pfirrmann平均得分依次为(2.16±0.55)分、(2.59±0.71)分、(3.21±0.74)分。经过后处理计算,G1组,G2组及G3组椎间盘PAF-10和PAF-20的 T_2 弛豫时间分别为(32.6±5.6)ms/(67.8±12.3)ms、(34.2±5.4)ms/(55.6±10.2)ms、(40.2±7.2)ms/(46.9±9.8)ms。PAF-20的 T_2 值从G1组到G3组逐渐降低,而PAF-10的 T_2 弛豫时间呈现相反的变化趋势,从G1组到G3组逐渐升高。和G2组比较,G3组PAF-10的 T_2 值明显升高,且和髓核的 T_2 弛豫时间无相关性。而G3组PAF-20的 T_2 弛豫时间和髓核之间存在一定的相关性。**结论** MR T_2mapping能对腰椎间盘 T_2 弛豫时间进行定量评估,且PAF-10的高 T_2 值与椎间盘突出存在明显的相关性。

[关键词] 腰椎间盘;后纤维环;突出;磁共振成像;T_2mapping成像

[中图分类号] R445.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2018-09-14

Correlation between T_2 relaxation time of posterior annulus fibrosus and lumbar disc herniation

ZHANG Qi-chuan, LEI Sheng, XIONG Ting-wei, SHU Tong-sheng, LIAO Cui-wei (Department of Radiology, Second Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400037, China)

Abstract: Objective To investigate the relationship between the T_2 relaxition time of the posterior annulus fibrosus and lumbar disc herniation. **Methods** The sagittal T_2WI and T_2mapping images of a total of 256 lumbar intervertebral discs from 54 patients were scanned by the 3.0T magnetic resonance imaging system. The images were analyzed, and the discs were rated and divided into 3 groups according to the degree of disc herniation or bulging, namely the G1 group (normal disc), the G2 group (intervertebral disc with lateral protrusion and bulging), and the G3 group (intervertebral disc with central, medial and paramedian localized posterior protrusion). The T_2 relaxation time of each annulus fibrosus, posterior 10% intervertebral discs (PAF-10) and posterior 20% intervertebral discs (PAF-20) was calculated and stastistically analyzed. **Results** Among the 256 discs, 104 discs (40.6%) were in the G1 group, 116 discs (45.3%) were in the G2 group, and 36 discs (14.1%) were in the G3 group. The mean scores of Pfirrmann in each group were (2.16±0.55), (2.59±0.71), and (3.21±0.74) respectively. The T_2 relaxation times of PAF-10 and PAF-20 in G1, G2, and G3 group were (32.6±5.6)ms/(67.8±12.3)ms, (34.2±5.4)ms/(55.6±10.2)ms, and (40.2±7.2)ms/(46.9±9.8)ms, respectively. The T_2 value of PAF-20 gradually decreased from G1 to G3 group, while the T_2 relaxation time of PAF-10 showed an opposite trend, which gradually increased from G1 to G3 group. Compared with the G2 group, the T_2 value of PAF-10 in G3 group was significant higher in the herniation intervertebral disc and showed no association to the nucleus pulposus. However, there was a certain correlation between the T_2 relaxation time of the PAF-20 and the nucleus pulposus in the G3 group. **Conclusion** MR T_2mapping can quantitatively evaluate the T_2 relaxation time of lumbar intervertebral disc, and there is a significant correlation between high T_2 value of PAF-10 and intervertebral disc herniation.

Keywords: lumbar intervertebral disc; posterior annulus fibrosus; protrusion; magnetic resonance imaging; T_2 mapping imaging

随着生活方式的改变和生活节奏的加快,腰痛的发病率越来越高,且呈年轻化趋势,已经成为影响现代人生活质量非常重要的一个因素[1-3]。引起腰痛的原因较多,到目前为止其确切机制还没有被完全揭露,但是研究表明,椎间盘退行性变和椎间盘突出等是引起腰痛的主要因素[4-5]。因此对椎间盘退行性变和椎间盘突出的早期诊断和干预对保持腰椎正常形态、降低腰痛的发生非常重要。在常规的临床工作中,医生多是根据Pfirrmann得分对椎间盘的退变和突出进行评价。但是,该评价方法具有较强的主观性,而且Pfirrmann得分是基于MRI T_2WI图像上的形态学改变

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金(81501521)

[通信作者] 廖翠薇,E-mail:lcw15@163.com

得出,对椎间盘的早期退变缺乏敏感性,存在较大的局限性[6-8]。

众所周知,椎间盘退行性变或椎间盘突出在引起形态学改变之前,其水含量和胶原分布会出现明显的改变[9-10]。因此,采用 MRI T_2mapping 序列对椎间盘进行扫描,定量测量椎间盘的 T_2 弛豫时间,能对其水含量、水流动性和胶原分布进行定量评估,从而实现椎间盘退变的早期诊断。已经有研究表明椎间盘髓核的 T_2 值和 Pfirrmann 评分存在明显的负相关,且和椎间盘退变之间存在明显的相关性[11-13]。随着研究的深入,我们发现影响髓核 T_2 弛豫时间的因素较多,单纯基于髓核 T_2 弛豫时间对椎间盘退行性变进行评估存在一定的局限性。同时,研究表明椎间盘后纤维环的结构稳定性对于椎间盘突出的发生至关重要[14]。正常椎间盘的后纤维环由大量的胶原蛋白和少量的水分组成,硬度从内向外逐渐增加,T_2 弛豫时间较短,其 T_2 值的增高提示其胶原蛋白结构的紊乱或者水含量的上升,对诊断和预测椎间盘突出具有较大的意义。因此,相对于髓核,后纤维环 T_2 弛豫时间的改变似乎更能提示椎间盘退行性变[14]。基于以上理论,本研究拟对入组患者进行 MRI T_2WI 和 T_2mapping 序列扫描,测量椎间盘的髓核及后纤维环的 T_2 弛豫时间,并根据 Pfirrmann 标准对椎间盘进行评分,评估椎间盘后纤维环 T_2 值和椎间盘 Pfirrmann 评分之间的相关性。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集 2016 年 11 月至 2017 年 11 月在本院就诊的单次或者反复腰痛患者 54 例作为研究对象,共 256 个腰椎间盘纳入本次研究。其中男 21 例,女 33 例;年龄 18 ~ 65 岁,平均(38.3 ± 10.5)岁。排除标准:神经根痛、下肢神经性缺陷、有脊椎手术史、腰椎骶化、骶椎腰化和存在 MRI 禁忌证的患者。

1.2 MRI 检查

检查设备为 3.0T 磁共振成像系统(型号:GE Signa HDx),选用脊椎线圈。成像序列包括矢状位和轴位 FSE T_1WI 和 T_2WI 及矢状位 T_2 mapping,成像参数如下:TR = 1500 ms、TE = 8.3、17.0、26.5、34.2、42.8、49.9、57.6、66.8 ms;FOV = 320 mm × 320 mm;矩阵 256 × 256;层间距 1 mm。

1.3 MRI 图像分析

将扫描所得图像传至 GE ADW4.5 后处理工作站,选取各个序列中心层面进行分析。矢状位和轴位 T_1WI 和 T_2WI 图像用于椎间盘的形态学评估。所有图像均由 2 位经验丰富、具有高级职称的放射科医师独立审阅并依据椎间盘的病理指南对其进行分级。参考 Fardon 和 Milette 的椎间盘病理分级指南,将椎间盘突出组织占据少于椎间盘圆周 1/2 的定义为突出,超过椎间盘圆周 1/2 的称为椎间盘膨出[15]。根据椎间盘的形态对其进行分组:G1 组为正常椎间盘;G2 组包括 Fardon 和 Milette 分级系统中被认为存在侧面突出和膨出的椎间盘;G3 组包含 Fardon 和 Milette 评分系统中存在正中、中间侧面和旁正中局限性后部突出的椎间盘。同时,基于 Pfirrmann 分级评估各椎间盘的退变程度:Ⅰ级,呈与脑脊液等信号的高亮均匀信号影,髓核和纤维环分界清晰,椎间隙未窄;Ⅱ级,呈与脑脊液等信号的高亮不均匀信号影,其中混杂或不混杂水平带状灰色信号影,髓核和纤维环分界清晰,椎间隙未窄;Ⅲ级,呈中等不均匀信号且混杂有不连续灰色信号影,髓核和纤维环分界不清晰,椎间隙未窄或轻微变窄;Ⅳ级,呈不均匀中等或低信号,夹杂灰色或黑色信号影,髓核和纤维环分界消失,椎间隙未窄或中度变窄;Ⅴ级,呈黑色不均匀低信号,髓核和纤维环界限消失。当存在意见分歧时经讨论达成共识。

选取感兴趣区,在 T_2 mapping 序列上测量纤维环的 T_2 弛豫时间。为了更好地显示纤维环和髓核,所有的测量都是在矢状位最中间层面上进行。将椎间盘从前到后平均分为 5 等分,将后 1/5 标记为后 20% 椎间盘(posterior annulus fibrosus 20%,PAF-20),后 1/5 的 1/2 标记为后 10% 椎间盘(posterior annulus fibrosus 10%,PAF-10),见图 1。分别测量上述两个区域及髓核的 T_2 弛豫时间。

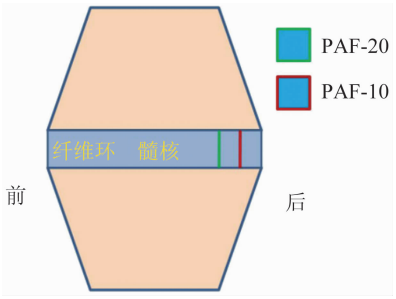


图 1 ROI 划分示意图

1.4 统计学分析

统计分析用 SPSS 19.0 软件进行。不同区域的平均 T_2 值用单因素方差分析进行比较。PAF-20 和髓核以及 PAF-10 和髓核 T_2 弛豫时间之间的相关性用 Pearson 相关分析进行。$P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 椎间盘形态学表现

256 个椎间盘中共有 104 个(40.6%)正常椎间盘,113 个(44.1%)膨出椎间盘和 39 个(15.3%)突出椎间盘。其中突出椎间盘中 24 个(61.5%)椎间盘突出出现在正中层面,10 个(25.6%)出现在中间外侧层面,2 个(5.1%)出现在旁正中层面,3 个(7.7%)出现在侧面区域(图 2)。因此,G1 组、G2 组和 G3 组的入组椎间盘数分别为 104 个(40.6%)、116 个(45.3%)和 36 个(14.1%)。

基于 Pfirrmann 评分系统,5 个(2.0%)椎间盘为Ⅰ级,148 个(57.8%)椎间盘为Ⅱ级,78 个(30.5%)椎间盘为Ⅲ级,24 个(9.4%)椎间盘为Ⅳ级,1 个(0.4%)椎间盘为Ⅴ级。G1 组椎间盘的 Pfirrmann 的得分为(2.16 ±0.55)分,G2 组(2.59 ±0.71)分,G3 组(3.21 ±0.74)分。

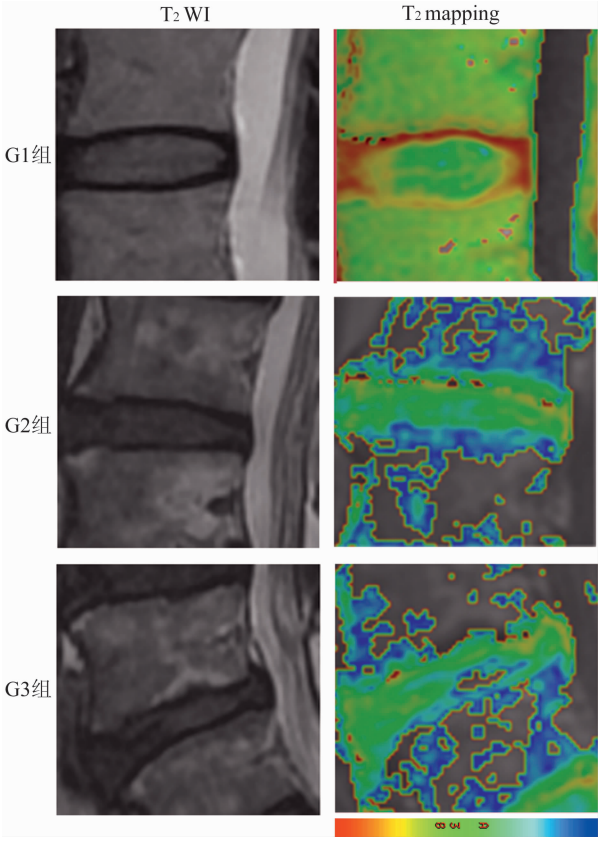


图 2 各组椎间盘的 T_2WI 和 T_2mapping MRI 表现

2.2 椎间盘 T_2 mapping 测量结果

在椎间盘 PAF-10 和 PAF-20 的 T_2 弛豫时间上,G1 组为(32.6 ±5.6)ms/(67.8 ±12.3)ms,G2 组为(34.2 ±5.4)ms/(55.6 ±10.2)ms,G3 组为(40.2 ±7.2)ms/(46.9 ±9.8)ms。PAF-20 的 T_2 值从 G1 组到 G3 组逐渐降低,而 PAF-10 的 T_2 弛豫时间呈现相反的变化趋势,从 G1 组到 G3 组逐渐升高(图 3)。单因素方差分析发现,G3 组椎间盘 PAF-10 的 T_2 值明显高于 G2 组($P=0.038$)和 G1 组($P=0.059$),G1 组和 G2 组椎间盘 PAF-10 的 T_2 值非常接近($P=0.95$)。G1 组椎间盘 PAF-20 的 T_2 弛豫时间均显著高于 G2 组和 G3 组($P<0.05$)。G2 组椎间盘 PAF-20 的 T_2 值与 G3 组比较差异无统计学意义($P=0.159$)。相关性分析显示 PAF-10 和髓核的 T_2 值之间无相关性($r=0.05$,$P=0.36$),而 PAF-20 和髓核存在较强相关性($r=0.448$,$P<0.05$),见图 4。

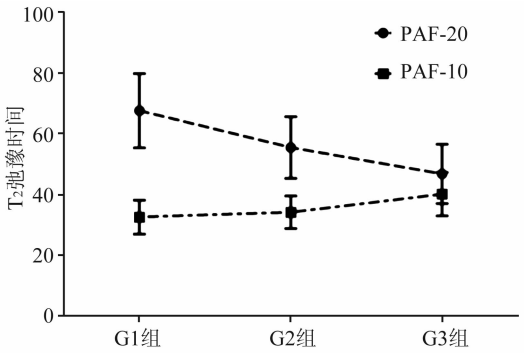


图 3 各组椎间盘的 PAF-20 和 PAF-10 平均 T_2 弛豫时间

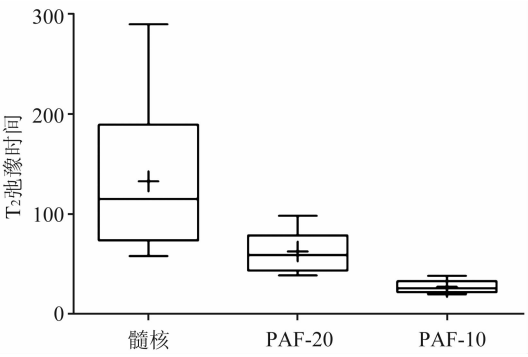


图 4 髓核、PAF-20 和 PAF-10 的 T_2 弛豫时间

3 讨论

椎间盘是由上下面的软骨板、周围的纤维环和中间的髓核三部分组成。软骨板紧贴在椎骨的上下面,为椎间盘上下面的密封盖。纤维环由多层纤维软骨环按同心圆排列而成,主要成分为Ⅰ型胶原蛋白。髓核中含有黏多糖蛋白复合体、硫酸软骨素和大量水分,为富有弹性的胶状物质。随着年龄的增加、生活节奏的加快和生活方式的改变,腰椎间盘的代谢和营养状况逐渐发生变化,致使软骨板、纤维环和髓核的组分逐渐改变,最终导致纤维环破裂、髓核突出,引起包括背痛在内的一系列临床症状[16-17]。

目前,临床上通常依据 Pfirrmann 得分对腰椎间盘

进行评价,主要依据是 MRI T_2WI 图像上髓核 MR 信号强度的改变。但是该评价方法具有较强的主观性,且对椎间盘的早期退变缺乏敏感性,存在较大的局限性。MRI T_2mapping 序列能对椎间盘的 T_2 弛豫时间进行精确测量,对其水含量、水流动性和胶原分布进行定量评估,从而实现椎间盘退变的早期诊断。已经有研究通过对椎间盘髓核进行 T_2 mapping 成像,基于髓核 T_2 弛豫时间对椎间盘退变进行早期诊断,取得了较大成功[18-19]。但是,这种评价方法忽略了后纤维环在椎间盘突出发生中的重要作用。正常情况下,后纤维环由大量的胶原蛋白和少量的水分组成,硬度从内向外逐渐增加,是阻止椎间盘突出的主要力量。当后纤维环胶原蛋白的结构出现紊乱,并且其水含量逐渐上升后,其硬度逐渐降低,最终出现破裂,发生椎间盘突出。因此,通过 MRI T_2 mapping 成像能对后纤维环的 T_2 弛豫时间进行定量评估,从而评价其胶原蛋白结构的紊乱或者水含量的上升,将有可能提高对椎间盘突出预测和诊断的准确性[20-22]。

因此,基于以上理论,本研究就后纤维环 T_2 mapping 成像能否预测椎间盘突出进行了探讨,结果显示突出椎间盘、膨出椎间盘和正常椎间盘之间后纤维环的 T_2 值差异有统计学意义。进一步分析不同分组椎间盘 PAF-10 和 PAF-20 的 T_2 弛豫时间,发现 PAF-20 的平均 T_2 弛豫时间显著高于 PAF-10。不同分组椎间盘 PAF-20 的 T_2 弛豫时间差异也有统计学意义,G2 组和 G3 组明显低于正常椎间盘组,但 G2 组和 G3 组之间差异没有统计学意义。这和之前的相关研究结果相似,即膨出或突出椎间盘 PAF-20 的平均 T_2 弛豫时间显著低于正常椎间盘[23]。相关性分析结果显示 PAF-20 和髓核 T_2 弛豫时间之间存在较强相关性,这充分证明 PAF-20 的 T_2 弛豫时间不能作为椎间盘突出的独立预测及诊断因素。不同于 PAF-20,PAF-10 T_2 弛豫时间和髓核之间没有相关性,且 G3 组 PAF-10 的平均 T_2 弛豫时间明显高于 G2 组。因此,我们可以推论,突出椎间盘的 PAF-10 存在特征性的 T_2 弛豫时间改变,能作为一个独立参数描述后纤维环的状态、预测椎间盘突出。

综上所述,当后纤维环的后部出现结构破坏时更容易发生椎间盘突出,对后纤维环 PAF-10 进行 MRI T_2mapping 成像能定量评价腰椎间盘后纤维环的结构破坏,从而对椎间盘突出进行预测。

[参考文献]

[1] Kamper SJ, Apeldoorn AT, Chiarotto A, et al. Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for chronic low back pain: cochrane systematic review and meta-analysis[J] Int J Osteop Med, 2015, 18(3): 239 - 240. doi:10.1136/bmj.h444.

[2] Carvalho C, Caetano JM, Cunha L, et al. Open-label placebo treatment in chronic low back pain: a randomized controlled trial[J]. Pain, 2016, 157(12):2766 - 2772. doi: 10.1097/j.pain.0000000000000700.

[3] Turner JA, Anderson ML, Balderson BH, et al. Mindfulness-based stress reduction and cognitive behavioral therapy for chronic low back pain: similar effects on mindfulness, catastrophizing, self-efficacy, and acceptance in a randomized controlled trial[J]. Pain, 2016, 157(11):2434 - 2444. doi: 10.1097/j.pain.0000000000000635.

[4] Yorimitsu E, Chiba K, Toyama Y, et al. Long-term outcomes of standard discectomy for lumbar disc herniation: a follow-up study of more than 10 years[J]. Spine, 2001, 26 (6): 652 - 657. doi: 10.1097/00007632 - 200103150 - 00019.

[5] Luoma K, Riihimäki H, Luukkonen R, et. al. Low back pain in relation to lumbar disc degeneration[J]. Spine, 2000, 25(4): 487 - 492. doi: 10.1097/00007632 - 200002150 - 00016

[6] Urrutia J, Besa P, Campos M, et al. The Pfirrmann classification of lumbar intervertebral disc degeneration: an independent inter-and intra-observer agreement assessment[J]. Eur Spine J, 2016, 25(9): 2728 - 2733. doi:10.1007/s00586 - 016 - 4438 - z.

[7] Yu HJ, Bahri S, Gardner V, et al. In vivo quantification of lumbar disc degeneration: assessment of ADC value using a degenerative scoring system based on Pfirrmann framework[J]. Eur Spine J, 2015, 24(11): 2442 - 2448. doi: 10.1007/s00586 - 014 - 3721 - 0.

[8] Radek M, Pacholczyk-Sienicka B, Jankowski S, et al. Assessing the correlation between the degree of disc degeneration on the Pfirrmann scale and the metabolites identified in HR-MAS NMR spectroscopy[J]. Magn Reson Imaging, 2016, 4(4):376 - 380. doi:10.1016/j.mri.2015.12.005.

[9] 温 群,孟凡华,钱 亭,等. 1.5T 磁共振 T_2 mapping 成像在腰椎间盘退行性变中的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2017, 25(7): 531 - 535. doi:10.3969/j.issn.1005 - 5185.2017.07.014.

[10] 龚静山,凌人男,周阳泱,等. 采用 3.0T MRI T2 和 T2 * mapping 评价下腰痛患者腰椎间盘退变[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2016, 14(10):113 - 116. doi:10.3969/j.issn.1672 - 5131.2016.10.036.

[11] 张啸波,孙维荣,张 肖,等. T2 mapping 对腰椎间盘退行性变的定量研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2015, 23(7):544 - 548. doi: 10.3969/j.issn.1005 - 5185.2015.07.018.

[12] Cui YZ, Yang XH, Liu PF, et al. Preliminary study on diagnosis of lumbar disc degeneration with magnetic resonance T1p, T2 mapping and DWI quantitative detection technologies[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2016, 20(16):3344 - 3350.

[13] Foltz MH, Kage CC, Johnson CP, et al. Noninvasive assessment of biochemical and mechanical properties of lumbar discs through quantitative magnetic resonance imaging in asymptomatic volunteers[J]. J Biomech Eng, 2017, 139(11). doi:10.1115/1.4037549.

[14] Menezes-Reis R, Salmon CE, Bonugli GP, et al. Lumbar intervertebral discs T2 relaxometry and T1rho relaxometry correlation with age in asymptomatic young adults[J]. Quant Imaging Med Surg, 2016, 6(4): 402 - 412. doi:10.21037/qims.2016.08.01.

doi:10.11659/jjssx.07E018115

·临床研究·

高龄高危患者1470 nm半导体激光膀胱肿瘤切除术安全性探讨

季 健[1],普 超[2],朱元全[1],冯 伟[1],李胜斌[1],褚永波[1] (1.云南省第三人民医院泌尿外科,云南 昆明 650011;2.云南省老年病医院内三科,云南 昆明 650041)

[摘 要] **目的** 比较经尿道1470 nm半导体激光膀胱肿瘤切除术和经尿道膀胱肿瘤电切术(TURBT)治疗高龄高危膀胱癌患者的安全性。**方法** 回顾性分析2015年2月至2018年4月在云南省第三人民医院行手术治疗的59例高龄高危膀胱癌患者的临床资料。根据手术方式分为经尿道1470 nm半导体激光膀胱肿瘤切除术组(半导体激光组)和经尿道膀胱肿瘤电切组(电切组),比较2组手术时间、冲洗液用量、出血量、导尿管留置时间、住院时间、超敏C反应蛋白(CRP)、发热和感染发生率及并发症相关指标。**结果** 半导体激光组较电切组在冲洗液用量、出血量、留置导尿管时间、住院时间、超敏C反应蛋白(CRP)值、发热及感染发生率等方面有优势,差异有统计学意义($P<0.05$),但2组手术时间差异无统计学意义($P>0.05$)。在并发症方面,电切组闭孔神经反射发生率与半导体激光组比较,差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 经尿道1470 nm半导体激光膀胱肿瘤切除术较TURBT具有出血少、恢复快、损伤应激小、安全性高的特点,且无闭孔反射,在治疗高龄高危膀胱癌患者方面优势尤为明显。

[关键词] 半导体激光;经尿道膀胱肿瘤电切术;膀胱肿瘤;高龄;高危;激光手术

[中图分类号] R694 [文献标识码] A [收稿日期] 2018-07-27

Study on safety of 1470 nm diode laser resection of bladder tumor in elderly patients with high-risk

JI Jian[1],PU Chao[2],ZHU Yuan-quan[1],FENG Wei[1],LI Sheng-bin[1],CHU Yong-bo[1] (1. Department of Urology,Third People's Hospital of Yunnan Province,Kunming Yunnan 650011,China;2. Third Ward,Department of Medicine,Geriatric Hospital of Yunnan Province,Kunming Yunnan 650041,China)

Abstract: Objective To compare the safety of transurethral 1470 nm diode laser resection and standard transurethral resection of bladder tumor (TURBT) in elderly patients with high-risk. **Methods** Retrospectively analyzed the clinical data of 59 elderly patients with bladder

[基金项目] 云南省卫生科技计划项目(2016NS209);昆明理工大学人才培养项目(kksy201460021)

[通信作者] 普 超,E-mail:ynpuchao@sina.com

[15] Fardon DF,Williams AL,Dohring EJ,et al. Lumbar disc nomenclature: version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society,the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology[J]. Spine J,2014,14(11):2525-2545. doi:10.1016/j.spinee.2014.04.022.

[16] Nilsson M,Lagerstrand K,Kasperska I,et al. Axial loading during MRI influences T2-mapping values of lumbar discs: a feasibility study on patients with low back pain[J]. Eur Spine J,2016,25(9):2856-2863. doi:10.1007/s00586-016-4670-6.

[17] Nisolle JF,Bihin B,Kirschvink N,et al. Prevalence of age-related changes in ovine lumbar intervertebral discs during computed tomography and magnetic resonance imaging[J]. Comp Med,2016,66(4):300-307.

[18] Detiger SE,Holewijn RM,Hoogendoorn RJ,et al. MRI T2* mapping correlates with biochemistry and histology in intervertebral disc degeneration in a large animal model[J]. Eur Spine J,2015,24(9):1935-1943. doi:10.1007/s00586-014-3498-1.

[19] Ogon I,Takebayashi T,Takashima H,et al. Analysis of chronic low back pain with magnetic resonance imaging T2 mapping of lumbar intervertebral disc[J]. J Orthop Sci,2015,20(2):295-301. doi:10.1007/s00776-014-0686-0.

[20] Yamabe D,Murakami H,Chokan K,et al. Evaluation of water content in lumbar intervertebral discs and facet joints before and after physiological loading using T2 mapping MRI[J]. Spine (Phila Pa 1976),2017,42(24):E1423-E1428. doi:10.1097/BRS.0000000000002204.

[21] Yoo YH,Yoon CS,Eun NL,et al. Interobserver and test-retest reproducibility of T1rho and T2 measurements of lumbar intervertebral discs by 3T magnetic resonance imaging[J]. Korean J Radiol,2016,17(6):903-911. doi:10.3348/kjr.2016.17.6.903.

[22] Yoon MA,Hong SJ,Kang CH,et al. T1rho and T2 mapping of lumbar intervertebral disc: Correlation with degeneration and morphologic changes in different disc regions[J]. Magn Reson Imaging,2016,34(7):932-939. doi:10.1016/j.mri.2016.04.024.

[23] Messner A,Stelzeneder D,Trattnig S,et al. Does T2 mapping of the posterior annulus fibrosus indicate the presence of lumbar intervertebral disc herniation? A 3.0 Tesla magnetic resonance study[J]. Eur Spine J,2017,26(3):877-883. doi:10.1007/s00586-016-4873-x.

(编辑:杨 颖)